

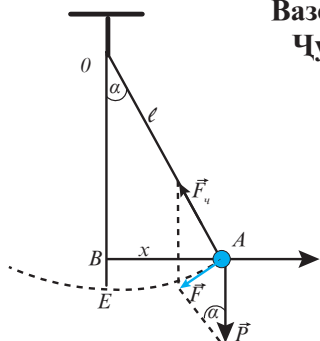
ҲАМИД МАҶИДОВ

# ФИЗИКА

Китоби дарсӣ барои синфи 10-уми  
муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ

Нашри якум

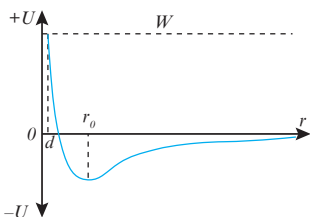
Вазорати маориф ва илми  
Ҷумҳурии Тоҷикистон  
тасдиқ кардааст



## Механика

Асосҳои кинематика.  
Асосҳои динамика. Лапшиш ва  
мавҷҳои механикӣ. Қонунҳои бақо.  
Гидростатика ва гидродинамика.

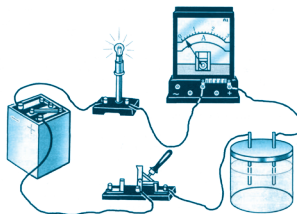
## Физикаи молекулӣ ва асосҳои термодинамика



Физикаи молекулӣ.  
Асосҳои термодинамика.

## Электродинамика

Электростатика.  
Қонунҳои ҷараёни доимӣ.



ДУШАНБЕ  
МАОРИФ  
2021

**ТДУ (УДК) 22. 3Я 72 +74. 265.1**  
**ТКБ (ББК) 53(075)+373.1+371.6**  
**М-53**

**М-53.** Мачидов Х. **Физика.** Китоби дарсӣ барои синфи 10-ум. – Душанбе: Маориф, 2021. – 400 сах.

### **Хонандагони азиз!**

Китоб манбаи донишу маърифат аст, аз он баҳравар шавед ва онро тоза нигоҳ доред! Кӯшиш кунед, ки соли таҳсили оянда ҳам ин китоб ҳамин гуна зебову ораста дастраси хонандагони дигар гардад ва онҳо низ аз он истифода баранд.

### **Ҷадвали истифодаи китоб:**

№	Ному насаби хонанда	Синф	Соли таҳсил	Ҳолати китоб (баҳои китобдор)	
				аввали сол	охир
1					
2					
3					
4					
5					

**ISBN 978-99947-1-619-7**  
**Моликияти давлат**

**© МАОРИФ, 2021**

## МУҚАДДИМА

Физика яке аз фанҳои асосии табиатшиносӣ ба шумор меравад. Ақсарияти ҳодисаю протсессҳои дар табиат гузаранда аз нуқтаи назари қонунҳои физика маънидод карда мешаванд. Физика илме мебошад, ки табиати ғайризиндари меомӯзад.

Физика ҳосиятҳои асосии материя, сохти он, намудҳои гуногуни ҳаракати ҷисмҳо, энергия, таъсири мутақобили ҷисмҳоро омӯхта, қонунҳои умумии табиатро муқаррар мекунад. Ҳама чизе, ки моро ихота кардааст, дунёи материалӣ ё материяро ташкил мекунад.

Масалан, Замин, Офтоб, ситораҳо, сайёраҳо, кӯҳҳо, дарёҳо, баҳрҳо, ҷисмҳо, электрик, рӯшноӣ ва ғайраҳо материя мебошанд. Яке аз хусусиятҳои асосии материя ҳаракат ба шумор меравад. Материя бе ҳаракат ва ҳаракат бе материя мавҷуд буда наметавонад. Оромӣҳое, ки дар рӯйи Замин ба назар мерасад, оромӣҳои нисбӣ мебошанд.

Панҷ намуди ҳаракати материяро аз ҳамдигар фарқ мекунанд: механикӣ, гармӣ, электрикӣ, рӯшноӣ, дохилиатомӣ.

Вобаста ба омӯзиши намудҳои ҳаракати материя физика ба 5 қисм тақсим мешавад: механика, физикаи молекулаӣ ва асосҳои термодинамика, электродинамика (электрик ва магнитизм), оптика ва физикаи квантӣ (физикаи атомӣ ва ядрӣ).

Дар байни намудҳои ҳаракати материя алоқаи органикӣ мавҷуд мебошад ва аз як намуд ба намуди дигар мубаддал мегардад. Масалан, ҳаракати механикӣ ба гармӣ, ҳаракати гармӣ ба механикӣ, электрикӣ, рӯшноӣ ва ғайра мубаддал мегардад. Ҳаракати материя дар фазо ва вақт ба амал меояд. Фазо ва вақт шакли мавҷудияти материя ба шумор меравад. Хусусияти асосии фазо сеченака (қад, бар, баландӣ) будани он аст.

Хусусияти асосии вақт аз он иборат аст, ки такрорнашаванда мебошад. Нисбат ба вақт ҳамаи воқеаҳо ва ҳодисаҳо, фақат ба пеш иҷро мешаванд, вақт қафо намегардад.

Ҷисмҳои физикӣ (материя) ҳамеша тағйир меёбанд. Тағйироти дар ҷисмҳо ба вучуд омадари ҳодиса меноманд. Ҳодисаҳо бо роҳи мушоҳида ва таҷрибагузаронӣ омӯхта мешаванд. Омӯхтани ҳодисаҳо дар шароити табиӣ мушоҳида номида мешавад. Дар шароити лабораторӣ бо ёрии асбобҳои омӯхтани ҳодисаҳо таҷриба номида мешавад. Натиҷаҳоеро, ки дар вақти мушоҳидаҳо ва таҷрибагузаронӣ ба даст меоянд, далелҳо меноманд.

Алоқамандие, ки дар байни далелҳои муқаррар карда мешаванд, қонунҳои физикиро ба вучуд меоранд. Барои маънидодии ҳодисаҳо ва ҷараёнҳои дар табиат гузаранда фарзияҳо бунёд карда мешаванд.

Дурустии фарзияҳо бо таҷриба санҷида мешаванд. Фарзияҳои нодуруст партофта мешаванд ва фарзияҳои дар таҷриба тасдиқгардида ба назарияи илмӣ мубаддал мегарданд.

Ҳамин тариқ, назария аз таҷриба ба вучуд меояд ва ҳар як назария дар таҷриба санҷида мешавад. Назария бо таҷриба алоқамандии зич дорад ва онҳоро аз ҳамдигар ҷудо кардан мумкин нест.

Қонунҳои физика вобастагии байни ҳодисаҳои табиатро муқаррар менамоянд. Инсоният қонунҳои табиатро тағйир дода ё рад карда наметавонад, ӯ қонунҳои табиатро кашф менамояд, меомӯзад ва бо мақсади лозимӣ истифода мебарад. Қонунҳои табиатро доништа ояндаро пешгӯӣ кардан мумкин аст.

Физика бо фанҳои химия, геология, биология, астрономия, математика ва техника алоқамандии зич дорад. Ин алоқамандиро мавҷудияти фанҳои физикаи химиявӣ, астрофизика, геофизика, биофизика, теплотехника, электротехника ва ғайраҳо тасдиқ мекунанд. Физика дар натиҷаи талаботи ҷамъият ба вучуд омадааст ва дар тараққиёти техникаю саноат нақши асосиро мебозад.

Дар навбати худ тараққиёти техника пешравии физикаро таъмин менамояд. Бо инкишофи техника лабораторияҳои физикӣ бо асбобҳои нав бой мешаванд ва ҳалли масъалаҳои физикӣ осон мегардад.

Дар инкишофи физика олимони рус саҳми арзанда гузоштаанд. Назарияи кинетикии гармо ва қонуни бақои ҳаракат ва материяро Ломоносов, машинаи буғиро Ползунов, лампочкаи электрикиро Лодигин ва Яблочков, камони электрикиро Петров, қонунҳои фотоэффектро Столетов, фишори рӯшноиро Лебедев, радиоро Попов, асосҳои аэродинамика ва назарияи авиатсияро Жуковский, гидродинамикаро Бернуллӣ кашф кардаанд.

Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон низ илми физика ба қомебиҳои беназир соҳиб гардидааст. Дар назди Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон Пажӯҳишгоҳҳои физикаю техникаи ба номи С. Умаров ва Астрофизика фаъолият менамоянд, ки дар онҳо як қатор олимони машҳури ҷумҳурӣ доир ба соҳаҳои гуногуни физика, астрономия ва техника қорҳои тадқиқотӣ бурда истодаанд ва ба тарбияи кадрҳои илмӣ – педагогӣ машғуланд. Дар ҷумҳурӣ ба тарбияи физикадонҳои ватанӣ аҳамияти зарурӣ дода мешавад. Дар факултаҳои физикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон, Донишгоҳи давлатии омӯзгории Тоҷикистон ба номи Садриддин Айнӣ, Донишгоҳи давлатии Хучанд ба номи Бобочон Ғафуров, Донишгоҳи давлатии шаҳри Кӯлоб ба номи Абӯабдуллоҳи Рӯдакӣ, Донишгоҳи давлатии шаҳри Бохтар ба номи Носири Хусрав, Донишгоҳи давлатии шаҳри Хоруғ ба номи Моёншо Назаршоев ҳар сол садҳо мутахассиси соҳаҳои физика тайёр карда мешаванд. Дар факултети физикаи Донишгоҳи миллии Тоҷикистон Шӯрои диссертатсионӣ доир ба дифоӣ рисолаҳои докторӣ фаъолият менамояд, ки ҳар сол даҳҳо физикадонии ватанӣ рисолаҳои докторию номзадӣ дифоӣ намуда, ба гирифтани дараҷаҳои илмӣ доктори илмҳои физикаю математика ва номзоди илмҳои физикаю математика мушарраф мегарданд.

Қайд кардан зарур аст, ки саҳми олимони физикадонии тоҷик дар инкишоф соҳаҳои гуногуни физика, ба монанди академик А. Адҳамов дар соҳаи назарияи молекулавии моеъҳо, профессор Б. Нарзуллоев дар соҳаи физикаи қисмҳои саҳт ва полимерҳо, узви вобастаи АИ ҶТ, профессор Ф. Ҳакимов дар соҳаи физикаи плазма ва ҷараёнҳои ғайриҳаттӣ дар муҳитҳои конденсӣ, Арбоби илм ва техникаи Тоҷикистон, академики Академияи муҳандисии байналхалқӣ, профессор Х. Мачидов дар соҳаи физикаи гармӣ ва ғайраҳо хеле қалон мебошад. Дар мактабҳои илмӣ таъсисдодаи онҳо даҳҳо докторону номзоди илм сабзиданд.



Махсусан, тадқиқотҳои олимони тоҷик дар соҳаи астрофизика дар арсаи байналхалқӣ маълуму машҳуранд.

Якчанд сайёраҳои хурде, ки астрофизикони амриқоӣ кашф кардаанд, ба шарафи олимони астрофизикони тоҷик Бобочонов П., Ибодинов Х. Добровольский О. В. ва дигарон номгузори шудаанд. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки дар соҳаи тадқиқоти ҷирмҳои осмонӣ астрофизикҳои тоҷик саҳми арзанда гузоштаанд.

## МЕХАНИКА

Қисми физикае, ки намудҳои гуногуни ҳаракати механикиро меомӯзад, механика номида мешавад. Ҳаракати қатора, ҳавопаймо, автомобил, одам, сайёраҳо мисоли ҳаракати механикӣ мебошанд. Ҳаракати механикӣ намуди содатарини ҳаракати материя мебошад.

Ҳар як ҷисм дар лаҳзаи вақти додашуда дар фазо нисбат ба ҷисмҳои дигар мавқеи муайян дорад.

Бо мурури замон дар фазо нисбат ба ҷисмҳои дигар тағйир ёфтани мавқеи ҷисмро ҳаракати механикӣ меноманд. Дар амалия мавқеи ҷисмро барои ҳар лаҳзаи вақт доништан зарур аст. Ҷисми дар ҳолати оромӣ буда, мавқеъашро тағйир намедиҳад.

Вазифаи асосии механика аз муайян кардани мавқеи ҷисм дар лаҳзаи дилхоҳи вақт иборат мебошад.

Механика ба се қисм тақсим мешавад: кинематика, динамика ва статика.

Кинематика яке аз фаслҳои механика буда, намудҳои ҳаракати ҷисмҳо ро бе муоинаи массаи онҳо ва қувваҳои ба онҳо таъсирбахшанда меомӯзад.

Динамика ҳаракати ҷисмҳоеро меомӯзад, ки таҳти таъсири қувваҳои ба онҳо гузошташуда ба амал меояд.

Статика мувозინати ҷисмҳоеро меомӯзад, ки таҳти таъсири қувваҳои гуногун қарор гирифтаанд.

Механика яке аз қисмҳои қадимтарини физика ба шумор меравад.

Физикдони англис Исаак Нютон ва физикдони италийӣ Галилео Галилей асосгузори механика ба шумор мераванд ва қонунҳои механикаро муқаррар намудаанд.

Механикае, ки Галилей ва Нютон қонунҳои онро муқаррар намудаанд, механикаи классикӣ номида мешавад.

Механикаи классикӣ қонунҳои ҳаракати ҷисмҳои макроскопиеро, ки суръаташон нисбат ба суръати паҳншавии рӯшноӣ дар вакуум хеле хурд аст, меомӯзад. Қонунҳои ҳаракати ҷисмҳои макроскопии суръаташон бо суръати паҳншавии рӯшноӣ дар вакуум муқоисашавандаро механикаи релятивистӣ меомӯзад. Қонунҳои ҳаракати ҷисмҳои микроскопиеро (атомҳои алоҳида ва зарраҳои элементариро) механикаи квантӣ меомӯзад.

Дар физика барои тавсифи ҳосиятҳои материя ва тағйиротҳои он аз бузургҳои физикӣ истифода мебаранд. Бузургҳои физикиро чен намуда, бо ададҳо ифода менамоянд. Вобастагии байни бузургҳои физикӣ бо таносубҳои математикӣ ифода карда мешаванд.

Галилео Галилей доир ба аҳамияти математика дар омӯзиши физика хеле хуб гуфтааст: забони физика ин забони математика (риёзиёт) аст.

Чен кардани бузургии физикӣ чунин маънӣ дорад, ки он бо ягон усул бо бузургии якчинсае, ки шартан чун воҳиди хамин бузургӣ пазируфта шудааст, муқоиса карда мешавад.

Воҳидҳои бузургиҳои физикӣ ба воҳидҳои асосӣ ва ҳосилавӣ тақсим мешаванд. Масалан, дар механика воҳидҳои дарозӣ, масса ва вақт воҳидҳои асосӣ мебошанд. Воҳиди суръат воҳиди ҳосилавӣ ба шумор меравад, чунки он дар асоси воҳидҳои дарозӣ ва вақт ҳосил мешавад. Воҳидҳои асосӣ ва ҳосилавии бузургиҳои физикиро дар яқоягӣ системаи воҳидҳо меноманд.

Дар амалия аз системаи воҳидҳои гуногун (сгс, мкс, техникӣ ва ғайраҳо) истифода мебаранд. Системаи воҳидҳо аз ҳам бо маҷмӯи бузургиҳои асосӣ ва ҳам бо интиҳоби воҳиди он бузургиҳо фарқ мекунанд.

Дар замони ҳозира аз Системаи воҳидҳои байналхалқӣ (мухтассар СИ – Системаи Интернационалӣ), ки соли 1960 дар конференсияи генералии доир ба андоза ва вазн қабул шудааст, ба таври васеъ истифода мебаранд. Воҳидҳои асосии физикӣ дар СИ ба шумор мераванд: метр (м) – воҳиди дарозӣ, килограмм ( $kg$ ) – воҳиди масса, сония (с) – воҳиди вақт, Келвин (К) – воҳиди ҳарорат, Ампер (А) – воҳиди қувваи ҷараён, Кандела (кд) – воҳиди қувваи рӯшноӣ.

Метр (м) масофаест, ки онро мавҷи ҳамвори электромагнитӣ дар вакуум дар муддати  $1/299792458$  ҳиссаи сония мепаймояд.

Килограмм ( $kg$ ) – ададан ба массаи силиндри платинагӣ – иридийе, ки баландӣ ва диаметри якхела ( $39\text{ мм}$ ) дорад, баробар мебошад.

Сония (с) ба  $9192631770$  даври нурафкании мутобиқ ба гузарише, ки дар байни ду савияи фавқуннозуки ҳолати асосии атоми сезий – 133 рӯй медахад, баробар аст.

Келвин (К) –  $1/273,16$  ҳиссаи ҳарорати термодинамикии нуқтаи сегонаи об аст.

Мол (мол) миқдори моддаест, ки теъдоди зарраҳои структуравиаш ба адади атомҳои  $0,012\text{ кг}$  карбони  $C^{12}$  баробар мебошад.

Ампер (А) қувваи ҷараёни доимиест, ки ҳангоми аз ду ноқили рости ба ҳамдигар параллели беинтиҳои масоҳати буриши арзишашон ночиз чорӣ шудан, ҳангоми дар вакуум  $1\text{ м}$  дур аз якдигар воқеъ гаштани ин ноқилҳо, дар қитъаи  $1\text{ м}$  қувваи  $2 \cdot 10^{-7}\text{ Н}$  ба вучуд меояд.

Кандела (кд) қувваи рӯшноии манбаест, ки басомади афканишоти монохроматикаш  $540 \cdot 10^{12}\text{ Х}$  буда, қувваи рӯшноии энергетикаш ба самти додашуда ба  $1/693\text{ Вт/стерадиан}$  баробар мебошад.

Қайд кардан лозим аст, ки ҳангоми омӯзиши физика дар баъзе мавридҳо дар катори СИ, аз системаи СГС, системаи техникӣ ва воҳидҳои ғайрисистемавӣ истифода бурда мешавад.

# БОБИ 1

## АСОСҶОИ КИНЕМАТИКА

### 1.1. НУҚТАИ МАТЕРИАЛӢ

Дар ҳаракати пешравандаи ҷисм ҳамаи нуқтаҳои он як хел ҳаракат карда роҳҳои баробарро тай мекунад. Бинобар ин барои муайян кардани тағйирёбии мавқеи ҷисми ҳаракати пешраванда омӯхтани ҳаракати ягон нуқтаи он ва муайян кардани координатаҳош кифоя аст. Инро ба эътибор гирифта дар механика барои омӯхтани ҳаракати ҷисмҳо аз фаҳмиши нуқтаи материалӣ истифода мебаранд.

***Ҷисме, ки масса дорад ва андозаи он дар шароити муайян ба эътибор гирифта намешавад, нуқтаи материалӣ номида мешавад.***

Нуқтаи материалӣ фаҳмиши абстрактӣ мебошад ва истифодаи он омӯхтани ҳаракатҳоро осон мегардонад.

Ҳангоми омӯхтани ҳаракат ҷисм, шакл ва андозаи он ягон аҳамият надошта бошад ва андозааш нисбат ба роҳи тайкардааш хеле хурд бошад, онро нуқтаи материалӣ қабул кардан мумкин аст. Масалан, дар ҳисобкуниҳо сайёраҳои дар атрофи Офтоб даврзанандаро ҳамчун нуқтаи материалӣ қабул кардан мумкин аст. Сайёраҳо, ситораҳо, Офтоб андозаҳои калон доранд. Радиуси Замин нисбат ба масофаи байни Замину Офтоб тақрибан 24000 маротиба хурд аст, бинобар ин ҳангоми омӯхтани ҳаракати Замин дар атрофи Офтоб онро нуқтаи материалӣ пиндоштан мумкин аст.

Ҳавопаймоеро, ки аз шаҳри Маскав ба шаҳри Душанбе парвоз мекунад, ҳамчун нуқтаи материалӣ дида баромадан мумкин аст, чунки андозаи ҳавопаймо нисбат ба масофаи тайкардаи он хеле хурд аст ва он ба эътибор гирифта намешавад.

Хонандаеро, ки ҳангоми ба мактаб омаданаш аз хонашон 1,5 км дур мешавад, ҳамчун нуқтаи материалӣ пиндоштан мумкин аст, чунки қадди он нисбат ба масофаи тайкардааш хеле кӯтоҳ аст. Аммо худи хонандаро ҳангоми ҳаракаташ дар дохили синфхона нуқтаи материалӣ ҳисоб кардан номумкин аст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОП

1. Нуқтаи материалӣ гуфта чиро меноманд?
2. Бо кадом мақсад аз фаҳмиши нуқтаи материалӣ истифода мебаранд?
3. Дар кадом мавридҳо ҷисмро нуқтаи материалӣ ҳисоб кардан мумкин аст?
4. Дар ин мисолҳо кадом вақт ҷисмро ҳамчун нуқтаи материалӣ ҳисоб кардан мумкин аст:
  - а) Конкисавор масофаи тӯлоии мусобиқаро тай мекунад. Ҳамон конкисавор дар саҳни сирк машиқҳои барномаи ихтиёриро иҷро мекунад.
  - б) Замин дар атрофи меҳвари худ гардиши дорад. Замин аз рӯйи мадори худ атрофи Офтоб ҳаракат мекунад.

### 1.2. ТРАЕКТОРИЯ (МАСИР)

**Хатте, ки нуқтаи материалӣ ҳангоми ҳаракати худ дар фазо мекашад, траектория (масир) номида мешавад.** Масалан, роҳи оҳан траекторияи қатора ба шумор меравад. Траекторияи ҳаракати Замин дар атрофи Офтоб мадори эллипсмонанди он мебошад. Хатте, ки бо бӯр дар тахта менависем, траекторияи бӯр ба шумор меравад. Вобаста ба шакли траектория ҳаракатҳои ростхатта ва қачхаттаро аз ҳамдигар фарқ менамоянд.

**Агар траекторияи ҳаракат аз хатти рост иборат бошад, ҳаракатро ростхатта меноманд.**

**Агар траекторияи ҳаракат аз хатти қач иборат бошад, ҳаракатро қачхатта меноманд.**

Ҳаракати қачхатта шаклҳои мураккаби гуногун дошта-наш мумкин аст. Ҳаракати ҷисм аз рӯйи давра намуди содатарини ҳаракати қачхатта ба шумор меравад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОП

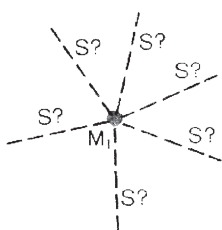
1. Траектория гуфта чиро меноманд?
2. Доир ба траекторияи ҳаракати ҷисмҳои гуногун мисолҳо биёред.
3. Чӣ гуна ҳаракатро ростхатта меноманд?
4. Чӣ гуна ҳаракатро қачхатта меноманд?
5. Доир ба ҳаракатҳои ростхатта ва қачхатта мисолҳо биёред.
6. Траектория ва шаклҳои онро бо мисолҳои ҳаётии фаҳмонед.

### 1.3. РОҲ ВА КҶИШ

Ҳангоми ҳаракат ҷисмҳо мавқеи худро тағйир медиҳанд. **Масофае, ки ҷисм аз рӯйи он ҳаракат карда аз як нуқта то нуқтаи дигар мавқеаширо тағйир медиҳад, роҳи тайкардаи**

**ҷисм номида мешавад.** Дарозии роҳи тайкардаи ҷисм ба дарозии траекторияи он баробар аст. Барои мавқеи ҷисмро баъд аз лаҳзаи вақти муайян ёфтаи танҳо дониستاني роҳи тайкардаи он кифоя нест ва дониستاني бузургии дигар - кӯчиши ҷисм зарур мебошад.

Агар ҷисм (нуқта) баъди ягон лаҳзаи вақт аз мавқеи  $M_1$  ба мавқеи ояд, ки аз мавқеи аввала дар масофаи  $s$  ҷойгир бошад, барои муайян кардани мавқеи баъдинаи ҷисм дониستاني танҳо масофаи  $s$  кофӣ нест, чунки нуқтаҳои хеле зиёде мавҷуданд, ки аз нуқтаи  $M_1$  дар масофаи  $s$  ҷойгиранд (ниг. расми 1.3.1).

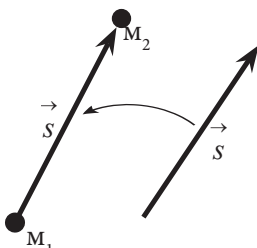


Расми 1.3.1

Барои муайян кардани мавқеи баъдинаи ҷисм самти порчаеро донистан лозим аст, ки мавқеи аввалаи ҷисмро бо мавқеи нави он пайваст менамояд. **Ин порчаи самтдори хатти рост кӯчиши ҷисмро ифода менамояд.** Дар охири порчаи кӯчишро ифодакунанда тирча кашаида мешавад.

Аввали ин порча мавқеи аввалаи ҷисм (нуқтаи  $M_1$ ) ва охири он мавқеи нави он, яъне нуқтаи  $M_2$ -ро нишон медиҳад (расми 1.3.2).

**Порчаи самтдори хатти росте, ки мавқеи аввалаи ҷисмро бо мавқеи нави мепайвандад, кӯчиши ҷисм номида мешавад.**



Расми 1.3.2

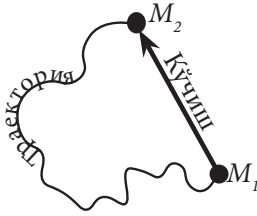
Кӯчиш бузургии векторӣ мебошад, бинобар ин ҳарфи болояш бо тирча ( $\vec{s}$ ) ишора карда мешавад.  $\vec{s}$ -ро вектори кӯчиш менаманд. Модул (ё дарозӣ)-и вектори кӯчиш ба чанд воҳиди дарозӣ ( $m, km$  ва  $\Gamma.$ ) баробар будани кӯчишро нишон медиҳад.

Ҳамин тарик, барои дар лаҳзаи дилхоҳ муайян кардани мавқеи ҷисм мавқеи аввала ва кӯчиши то ин лаҳзаи онро донистан лозим аст.

Барои ҳаракати ростхатта кӯчиши ҷисм ба дарозии траекторияи ҳаракат баробар аст. Дар мавриди ҳаракати қавҷхатта кӯчиш ва траектория аз ҳамдигар фарқ доранд (расми 1.3.3).

Дарозии кӯчиши ҷисм ба порчаи  $M_1 M_2$  баробар аст, ин

маънои онро надорад, ки чисм аз рӯйи хатти рости  $M_1$ ,  $M_2$  ҳаракат кардааст.



Расми 1.3.3

Ҳамин тариқ, траекторияи чисм ҳамандоза ва ҳамранги дарозии вектори кӯчиш набуданаш мумкин аст. Масалан, ҳангоми бо ҳавопаймо аз шаҳри Душанбе ба шаҳри Хучанд парвоз кардан кӯчиш аз хатти рост иборат буда, дарозии он тахминан ба 400 км ва ҳангоми бо автомобил ба воситаи ағбаи Анзоб ҳаракат кардан траекторияи он аз хати қачмақачак иборат буда, дарозии тахминан ба 800 км баробар мебошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОП

1. Барои мавқеи чисми ҳаракаткунандаро муайян кардан кадом бузургиро доништан лозим аст?
2. Кӯчиши гуфта чиро меноманд?
3. Кӯчиши аз траектория чӣ фарқ дорад?
4. Кӯчиши чисм ба траекторияи он баробар шуда метавонад ё не?
5. Футболбоз дар як бозӣ тақрибан 12 км масофаро тай менамояд. Ин масофа чиро ифода мекунад?
6. Киштии дар баҳр 100 км масофаро тай менамояд. Ин масофа чиро ифода мекунад?
7. Баъди рӯзи корӣ нишондоди спидометри автомобил 300 км зиёд гардид. Ин рақам чиро ифода мекунад?

## 1.4. ВЕКТОРҲО. АМАЛҲО БО ВЕКТОРҲО

Ду намууди бузургҳои физикиро аз ҳамдигар фарқ менамоянд:

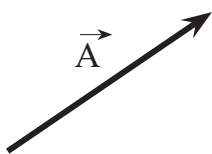
1. Бузургҳои скалярӣ;
2. Бузургҳои векторӣ.

**Бузургҳои скалярӣ, ки танҳо бо қимати ададӣ тавсиф карда мешаванд, бузургҳои скалярӣ номида мешаванд.**

Масалан, дарозӣ, масса, ҳарорат, қор, энергия ва монанди инҳо бузургҳои скалярӣ мебошанд.

**Бузургҳои векторӣ, ки ҳам бо қимати ададӣ ва ҳам бо самт тавсиф карда мешаванд, бузургҳои векторӣ номида мешаванд.**

Ба бузургиҳои векторӣ кӯчиш, суръат, шитоб, қувва, импульс ва монанди инҳо тааллуқ доранд.



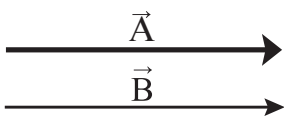
Расми 1.4.1

Бузургиҳои векториро бо ҳатти рости тирчадор тасвир мекунанд (расми 1.4.1), дарозии ҳатти рост бо масшабҳои интихобкардашуда қимати ададии бузургии муоинашаванда (модули векторро) ва тирча самти онро нишон медиҳад.

Барои аз бузургиҳои скалярӣ фарқ кардан дар болои ҳарфи векторро ишораткунанда тирча гузошта мешавад.

Масалан, ишорати вектори кӯчиш  $\vec{s}$  аст. Модули (дарозӣ) ин вектор низ бо ҳамон ҳарфи  $s$  ишора карда мешавад, вале дар болояш тирча гузошта намешавад.

Векторҳо ба якдигар дар мавриде баробар доништа мешаванд, ки ба якдигар параллел буда, самт ва модули яхела дошта бошанд (расми 1.4.2).



Расми 1.4.2

Самти векторҳо иваз накарда ба нуқтаи дилхоҳ кӯчонидан мумкин аст.

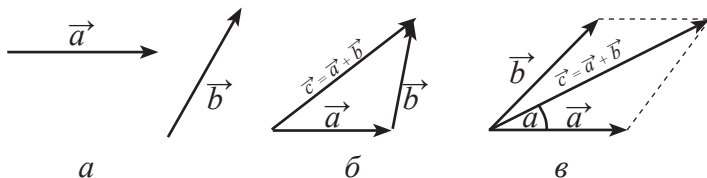
**Чамъи векторҳо.** Бузургиҳои скалярӣ алгебрӣ ва бузургиҳои векторӣ геометрӣ чамъ карда мешаванд:

$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$  – чамъи геометрии бузургиҳои векторҳо;

$C = A + B$  – чамъи алгебрии бузургиҳои скалярҳо.

Барои чамъ намудани бузургиҳои векторӣ аз қоидаҳои параллелограмм, секунҷа ва бисёркунҷа истифода мебаранд.

Фарз мекунем, ки вектори  $\vec{a}$  вектори кӯчиши гурӯҳи сайёҳоне бошад, ки ба сӯйи шарқ равонанд. Пас аз ин гуна кӯчиш онҳо ҳаракати худро ба сӯйи шимолу шарқ идома доданд ва вектори кӯчишашон ба  $\vec{b}$  баробар аст (расми 1.4.3, а).



Расми 1.4.3

Барои суммаи ин ду векторро ёфтан, вектори  $\vec{b}$ -ро параллелан ба худ тавре мекӯҷонем, ки ибтидои он бо интиҳои вектори  $\vec{a}$  якҷоя шавад. Вектореро, ки ибтидои вектори  $\vec{a}$ -ро ба интиҳои вектори  $\vec{b}$  мепайвандад, вектори натиҷавӣ ( $\vec{c}$ ) меноманд (расми 1.4.3, б). Агар гурӯҳи сайёҳон ба чойи кӯчишҳои  $\vec{a}$  ва  $\vec{b}$  танҳо кӯчиши  $\vec{c}$  мекарданд ҳам, ба ҳамон нуқтаи охири вектори  $\vec{c}$  мерасиданд. Бинобар ин вектори  $\vec{c}$  ба ҷамъи векторҳои  $\vec{a}$  ва  $\vec{b}$  баробар аст. **Чунин тарзи ҷамъи векторҳоро қоидаи секунҷа меноманд.**

Ин натиҷаро ба тарзи дигар низ ҳосил кардан мумкин аст. Дарозӣ ва самти векторҳои  $\vec{a}$  ва  $\vec{b}$ -ро тағйир надода (расми 1.4.3, а) онҳоро ба як нуқта мекӯҷонем (расми 1.4.3, в). Аз охири вектори  $\vec{a}$  ба вектори  $\vec{b}$  хатти параллел ва аз охири вектори  $\vec{b}$  ба вектори  $\vec{a}$  хатти параллел гузаронида, нуқтаи буриши он хатҳоро бо нуқтаи кӯҷонидашудаи аввали векторҳо пайваस्त намуда, вектори натиҷавии  $\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$ -ро, ки ба диагонали параллелограмм баробар аст, ҳосил менамоем. **Ин тарзи ҷамъи векторҳоро қоидаи параллелограмм меноманд.**

Аз муқоисаи ҳолатҳои  $b$  ва  $\alpha$ -и расми 1.4.3 дида мешавад, ки дар ҳар ду тарзи ҷамъкунии векторҳои  $\vec{a}$  ва  $\vec{b}$  вектори натиҷавии  $\vec{c}$  модули ва самти якхела дорад. Аз расми 1.4.3,  $\alpha$  модули вектори натиҷавӣ мувофиқи теоремаи косинусҳо баробар аст:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \alpha}. \quad (1.4.1)$$

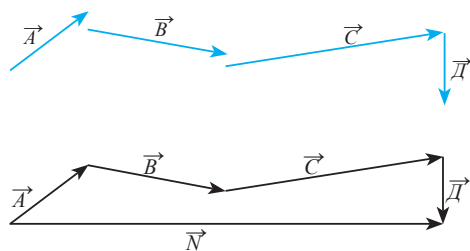
Аз ин формула дида мешавад, ки модули вектори натиҷавӣ аз кунҷи  $\alpha$  вобаста мебошад. Агар  $\alpha = 0^\circ$  бошад,  $\cos 0^\circ = 1$  ва  $c = a + b$  мешавад.

Ҳангоми  $\alpha = 90^\circ$  будан,  $\cos 90^\circ = 0$  ва модули вектори натиҷавӣ баробар мешавад:  $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ .

Агар  $\alpha = 180^\circ$  бошад,  $\cos 180^\circ = -1$  ва  $c = a - b$  мешавад. Дар ин маврид модули вектори натиҷавӣ ба фарқи векторҳои  $\vec{a}$  ва  $\vec{b}$  баробар аст.

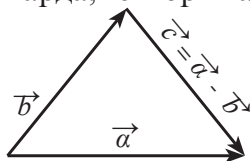
Барои якҷанд векторро ҷамъ кардан аз қоидаи бисёркунҷа истифода бурдан хеле қулай мебошад.





Расми 1.4.4

Барои ҷамъ кардани векторҳои  $\vec{A}$ ,  $\vec{B}$ ,  $\vec{C}$ ,  $\vec{D}$  дарозӣ ва самти векторҳоро тағйир надода ибтидои вектори  $\vec{B}$ -ро ба интиҳои вектори  $\vec{A}$ , ибтидои вектори  $\vec{C}$ -ро ба интиҳои вектори  $\vec{B}$  ва ибтидои вектори  $\vec{D}$ -ро ба интиҳои вектори  $\vec{C}$  кӯчонида, охири вектори  $\vec{D}$ -ро ба аввали вектори  $\vec{A}$  пайваस्त карда, вектори натиҷавии  $\vec{N}$ -ро ҳосил менамоем (расми 1.4.4).



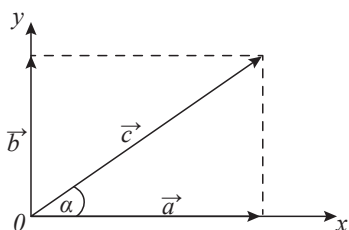
Расми 1.4.5

**Тарҳи векторҳо.** Векторҳоро аз ҳамдигар тарҳ кардан мумкин аст. Барои ин векторҳои  $\vec{a}$  ва  $\vec{b}$ -ро (расми 1.4.3) параллел ба худ тавре мекӯчонем, ки онҳо аз як нуқта оғоз ёбанд (расми 1.4.5). Баъд

охирҳои векторҳоро бо вектори  $\vec{c}$  мепайвандем, ки он аз охири вектори тарҳшаванда ( $\vec{b}$ ), сӯйи охири вектори камшаванда ( $\vec{a}$ ) равона бошад ва он ба фарқи векторҳои  $\vec{a}$  ва  $\vec{b}$  баробар аст. Аз расм дида мешавад, ки ҳосили ҷамъи векторҳои  $\vec{b}$  ва  $\vec{c}$  ба вектори  $\vec{a}$  баробар мебошад.

**Ҷудо кардани векторҳо.** Баъзан зарурати ба ташкилдихандаҳо ҷудо кардани бузургиҳои векторӣ лозим мешавад.

Аз рӯйи вектори додашуда ёфтани ташкилдихандаҳои он, ҷудо кардани вектор номида мешавад.



Расми 1.4.6

Дар расми 1.4.6 ба ду ташкилдихандаҳои  $\vec{a}$  ва  $\vec{b}$  ҷудо кардани вектори  $\vec{c}$  дар болои тирҳои x ва y нишон дода шудааст.

Барои ба ташкилдихандаҳо

чудо кардани вектори  $\vec{c}$ , аз охири он ба тирҳои  $x$  ва  $y$  хатҳои перпендикуляр гузаронда, ташкилдихандаҳои онро ба самти тирҳои  $x$  ва  $y$  муайян менамоем.

Аз ин расм барои модулиҳои ташкилдихандаҳои  $\vec{a}$  ва  $\vec{b}$  ҳосил менамоем:

$$a = c \cos \alpha,$$

$$b = c \sin \alpha.$$

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна бузургихоро векторӣ меноманд?
2. Чӣ гуна бузургихоро скалярӣ меноманд?
3. Векторҳо чӣ тавр ҳам карда мешаванд?
4. Тарҳ кардани векторҳоро фаҳмонед.
5. Векторҳо чӣ тавр чудо карда мешаванд?
6. Истифодаи ҳам ва тарҳи векторҳоро дар амал фаҳмонед.

## 1.5. СИСТЕМАИ САРҲИСОБ

Ҳаракати механикии ҷисмҳо нисбат ба ягон ҷисми шартан беҳаракат ҳисобкардашуда омӯхта мешавад.

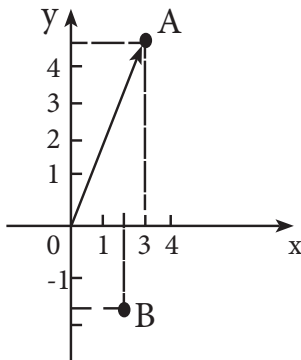
**Ҷисми шартан беҳаракат ҳисоб кардашудае, ки нисбат ба он ҳаракати ҷисмҳои дигар омӯхта мешавад, ҷисми сарҳисоб номида мешавад.**

Ҷисми сарҳисобро ихтиёрӣ интихоб кардан мумкин аст. Масалан, барои омӯзиши ҳаракати автомобилҳое, ки аз шаҳри Душанбе ба ноҳияҳои ҷумҳурӣ ба сафар мебароянд, маркази автомобилро ба сифати ҷисми сарҳисоб қабул кардан мумкин аст. Барои омӯзиши ҳаракати қаторҳо вокзали роҳи оҳан ҷисми сарҳисоб ба шумор меравад. Фурудгоҳи тайёраҳо барои омӯзиши ҳаракати тайёраҳо ба сифати ҷисми сарҳисоб хизмат менамояд. Замин, Офтоб, ситораҳо низ ҷисми сарҳисоб буда метавонанд. Барои кулай гардондани омӯзиши ҳаракати ҷисмҳо ба ҷисми сарҳисоби интихобшуда, системаи координата алоқаманд карда мешавад ва мавқеи ҳар гуна нуктаро дар фазо ба воситаи координатаҳо тасвир кардан мумкин аст.

Ба воситаи координата муайян кардани мавқеи ду машин дар расми 1.5.1 нишон дода шудааст.



Расми 1.5.1



Расми 1.5.2

Три координата  $x$  қад-қад роҳ равона шудааст. Ибтидои координата дар нуқтаи  $0$  ҷой дода шудааст. Соҳаи тарафи рост нуқтаи  $0$  мусбат ва соҳаи тарафи чапаш манфӣ қабул карда мешавад. Мавқеи мошинаи якум (1) мувофиқи масштаби интихоб шуда бо координатаи  $X_1 = OB$  (1200 м) ва мавқеи мошинаи дуюм (2) бо координатаи  $X_2 = OA$  (400м) муайян карда мешавад.

Ҳамин тариқ, дар ҳатти рост мавқеи ҷисм бо як координата муайян карда мешавад.

Ҳангоми дар ҳудуди ягон ҳамворӣ (масалан, ҳаракати заврақ дар рӯи оби кӯл) ҳаракат кардан ҷисм, мавқеи он бо ду координата муайян карда мешавад (расми 1.5.2).

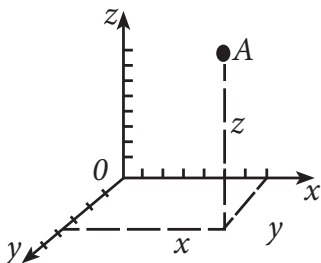
Дар нуқтаи  $A$  мавқеи ҷисм нисбат ба ибтидои координата бо координатаҳои  $x = 3, y = 4,5$  ва дар нуқтаи  $B$  бо координатаҳои  $x = 2, y = -1,5$  муайян карда мешавад.

Порчаи  $OA = \vec{r}$ , ки ибтидои координатаро бо нуқтаи  $A$  пайваст менамояд, радиус-вектор номида мешавад. Дар асоси теоремаи Пифагор, координатаҳои нуқта  $x$  ва  $y$ -ро дониста, мавқеи ҷисмро муайян кардан мумкин аст:

$$r^2 = x^2 + y^2; r = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Агар нуқтаи  $A$  ҳаракат намояд, он гоҳ координатаҳои  $x$  ва  $y$  аз вақт вобаста мешаванд, яъне  $x = f_1(t)$  ва  $y = f_2(t)$  мешавад.

Агар ҳаракати ҷисм дар фазо ба амал ояд (масалан, ҳавопаймо дар



Расми 1.5.3

хаво), он гоҳ мавқеи он бо се координата  $x, y, z$  муайян карда мешавад (расми 1.5.3).

Агар вобаста ба вақт мавқеи ҷисм тағйир ёбад, он гоҳ ин вобастагӣ ба шакли риёзӣ чунин ифода карда мешавад:

$$x = f_1(t), y = f_2(t), z = f_3(t).$$

Ҳамин тариқ, ҳангоми ҳаракат қардани ҷисм мавқеи он бо гузаштани вақт тағйир меёбад. Бинобар ин, барои тавсифи пурраи ҳаракати ҷисм, ғайр аз ҷисми сарҳисоб ва системаи координатаҳои ба он алоқаманд, боз асбобе лозим аст, ки бо алоқамандӣ ва тағйирёбии мавқеи ҷисм вақтро ҳисоб намояд. Ба сифати ин гуна асбоб соат, сониясанҷ ва ғайраҳо хизмат менамоянд.

Маҷмӯи ҷисми сарҳисоб, системаи координатаҳои ба он алоқаманд ва асбоби вақтро ченкунанда системаи сарҳисоб номида мешавад.

Ҳамин тариқ, ҳаракати ҷисми дилхоҳ нисбат ба системаи сарҳисоб муоина карда мешавад.

Агар координатаҳои аввал ( $x_0, y_0, z_0$ ) ва охири нуқтаи ҳаракаткунанда ( $x, y, z$ )-ро донем, дар фосилаи вақти додашуда масофаи байни ин вазъиятҳо  $\Delta x = x - x_0, \Delta y = y - y_0, \Delta z = z - z_0$  -ро муайян карда метавонем. Дар ин ҷо  $\Delta$  (ҳарфи юнонӣ «делта») тағйирёбии бузургҳои физикиро ифода менамояд. Бузургҳои  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  тағйироти координатаҳои  $x, y, z$ -ро ифода менамоянд.

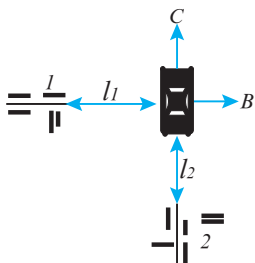
## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ҷисми сарҳисоб гуфта чиро меноманд?
2. Дар қадом мавридҳо аз як, ду ва се координатаҳо истифода мебаранд?
3. Мавқеи ҷисм дар фазо чӣ тавр муайян карда мешавад?
4. Системаи сарҳисоб гуфта чиро меноманд?
5. Оё координата бузургии манфӣ шуда метавонад?
6. Зарурати истифодаи системаи сарҳисобро фаҳмонед.

## 1.6.НИСБИЯТИ ҲАРАКАТ

Чи тавре ки мо медонем, мавқеи ҷисмҳо ҳангоми ҳаракат нисбат ба системаи сарҳисоб муайян карда мешаванд. Ҳангоми мавқеи ҷисмро нисбат ба системаҳои сарҳисоби гуногун

муайян намудан координатаҳои он вобаста ба системаҳои сарҳисоб ба қиматҳои гуногун соҳиб мегардад. Масалан, нисбати мавқеи мошинаи дар расми 1.6.1 нишон додашуда гуфтан мумкин аст, ки он нисбати маҳалаи 1 дар масофаи  $l_1$  ва нисбати маҳалаи 2 дар масофаи  $l_2$  воқеъ мебошад.



Расми 1.6.1

**Ҳамин тариқ, қисм нисбат ба системаҳои сарҳисоби гуногун мавқеи гуногун дорад, яъне мавқеи қисм нисбӣ мебошад.**

Қайд кардан лозим аст, ки на танҳо мавқеи қисм, инчунин ҳаракати он низ нисбӣ мебошад.

Нисбати системаи сарҳисоби гуногун қисм ҳаракатҳои гуногун мекунад. Масалан, чомадони дар рафаки қатораи мунтазаму ростхатта ҳаракаткунанда ҷойгир буда, нисбат ба системаи сарҳисоби бо вагон алоқаманд дар ҳолати оромӣ буда, нисбат ба системаи сарҳисоби бо Замин алоқаманд ҳаракат менамояд. Пуфаки бо ҳаво пур кардашудаи шамол бурдаистода нисбат ба системаи сарҳисоби бо он алоқаманд ором буда, нисбат ба системаи сарҳисоби бо Замин алоқаманд дар ҳаракат мебошад. Ҳавопаймои дар қатор бо ҳавопаймоҳои дигар бо суръати якхелаи  $800 \text{ км/соат}$  парвозкунанда, нисбат ба системаи координатаи ба ин ҳавопаймоҳо алоқаманд ором буда, нисбат ба системаи сарҳисоби ба Замин алоқаманд бо суръати  $800 \text{ км/соат}$  ҳаракат мекунад ва нисбати системаи сарҳисоби бо ҳавопаймои бо ҳамин суръат ба самти муқобил ҳаракаткунанда алоқаманд, бо суръати  $1600 \text{ км/соат}$  ҳаракат мекунад.

Ҳамин тариқ, ҳамагуна ҳаракат, инчунин оромии қисм (ҳамчун мавриди хусусии ҳаракат) нисбӣ мебошанд. Ҳаракати платформи роҳи оҳанро дар қисми рости роҳ, ки дар болояш одам ҳаракат менамояд, дида мебароем (расми 1.6.2). Ҳаракати одамро дар ду системаи ҳисобкунӣ, ки яке аш бо Замин ва дигараш бо платформа алоқаманд аст, дида мебароем. Ҷойивазкунии одамро нисбати системаи сарҳисоби бо платформа алоқаманд бо вектори  $\vec{s}_j$  ва ҷойивазку-

нии платформро нисбат ба системаи сарҳисоби бо Замин алоқаманд бо  $\vec{s}_2$  ишора менамоем. Аз расми 1.6.2 дида мешавад, ки ҷойивазкунии одам нисбат ба системаи сарҳисоби бо Замин алоқаманд ба  $s$  баробар аст, ки он диагонали параллелограмм мебошад, ки векторҳои  $\vec{s}_1$  ва  $\vec{s}_2$  тарафҳои онро ташкил менамоянд, бинобар ин навиштан мумкин аст:

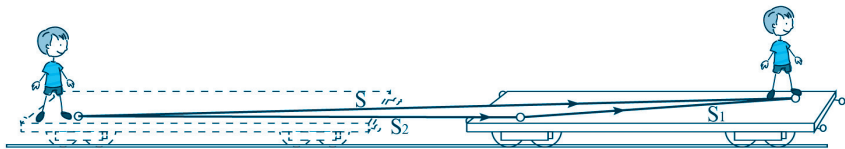
$$\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2. \quad (1.6.1)$$

Ҳамин тариқ, ҳангоми аз як системаи сарҳисоб ба дигараш гузаштан ҷойивазкунии ҷисм  $\vec{s}_1$  ва ҷойивазкунии системаҳо нисбат ба якдигар  $\vec{s}_2$  векторӣ ҳам мешаванд.

Агар ҳаракати одам нисбати платформа ва ҳаракати платформа нисбати Замин ростхатта ва мунтазам бошад, он гоҳ ҳаракати одам нисбат ба Замин ҳам ростхатта ва мунтазам мешавад. Дар ин маврид ҳар ду тарафи баробарии 1.6.1-ро ба фосилаи вақти  $t$ , ки дар давоми он ҷойивазкунии ҷисм ба амал омадааст, тақсим намуда ҳосил менамоем:

$$\begin{aligned} \vec{q} &= \frac{\vec{s}}{t} = \frac{\vec{s}_1}{t} + \frac{\vec{s}_2}{t}, \\ \vec{q} &= \vec{q}_1 + \vec{q}_2. \end{aligned} \quad (1.6.2)$$

Дар ин ҷо  $\vec{q}_1$  – суръати одам нисбат ба системаи сарҳисоби бо платформа алоқаманд,  $\vec{q}_2$  – суръати платформа нисбат ба системаи сарҳисоби бо Замин алоқаманд ва  $\vec{q}$  – суръати одам нисбат ба системаи сарҳисоби бо Замин алоқаманд мебошанд.



Расми 1.6.2

Баробарии (1.6.2.) формулаи ҳамбандии суръатҳои он суръати ҷисм нисбат ба системаи сарҳисоби беҳаракат ба суммаи геометрии суръати ҷисм нисбат ба системаи сарҳисоби ҳаракаткунанда ва суръати худӣ системаи сарҳисоби ҳаракаткунанда нисбат ба системаи сарҳисоби беҳаракат баробар мебошад.

Ҳамин тарик, маълум гардид, ки ҳам кӯчиши ҷисм ва ҳам суръати ҳаракати он нисбат ба системаҳои сарҳисоби гуногун ҳархела мебошанд.

Агар одам қад-қади платформа ҳаракат намояд ва ҳамаи кӯчиш аз рӯи як ҳатти рост ба амал ояд, он гоҳ ҷамъи вектори кӯчиш ва суръат ба ҷамъи алгебрии онҳо иваз гардида, баробариҳои (1.6.1) ва (1.6.2) чунин навишта мешаванд:

$$s = s_1 + s_2, \quad \mathcal{V} = \mathcal{V}_1 + \mathcal{V}_2.$$

Дар ин формулаҳо аломати кӯчиш ва суръат ҳангоми ба як тараф ҳаракат кардани ҷисмҳо якхела ва ҳангоми ба самтҳои гуногун ҳаракат кардани онҳо гуногун мешавад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Нисбияти мавқеи ҷисмҳоро бо мисолҳо фаҳмонед.
2. Нисбияти оромӣ ва ҳаракатро бо мисолҳо фаҳмонед.
3. Комбайни галладараве, ки нисбат ба Замин бо суръати муайян ҳаракат мекунад, аз ҳаракат намонда галлаи бордонаширо ба мошини боркаш ҳолӣ мекунад. Мошин нисбат ба кадом системаи сарҳисоб дар ҳаракат аст? Нисбат ба кадомаш ором?
4. Писарбача қайқаро рӯ-рӯи дарё тела медиҳад. Писарбача нисбат ба кадом системаи сарҳисоб дар ҳаракат аст? Ҷ нисбат ба кадом системаи сарҳисоб беҳаракат мебошад.
5. Формулаи ҷамъбандии суръатҳоро навишта маънидод намоед.
6. Истифодаи формулаи (1,6,2)-ро бо мисолҳои ҳаётии фаҳмонед.

## 1.7. ҲАРАКАТИ РОСТҲАТТАИ МУНТАЗАМ. СУРЪАТ

**Ҳаракате, ки дар он нуқтаи материалӣ (ҷисм) дар ғо-силаҳои баробари вақт кӯчишҳои якхела мекунад, ҳаракати мунтазам номида мешавад.**

**Агар траекторияи ҳаракати мунтазам аз хати рост иборат бошад, ҳаракатро ростхаттаи мунтазам меноманд.** Ҳаракати мошини мунтазам ҳаракаткунанда дар қитъаи ҳамвори роҳ ҳаракати ростхаттаи мунтазам ба шумор меравад.

Барои тавсифи ҳаракатҳо аз бузургии физикӣ – суръат истифода мешавад.

Суръати ҷисм  $\vec{V}$  бузургии векторӣ мебошад ва бо нисба-

ти кӯчиши ҷисм  $\vec{s}$  бар фосилаи вақти рӯй додани ин кӯчиш  $t$  муайян карда мешавад:

$$\vec{g} = \frac{\vec{s}}{t}. \quad (1.7.1)$$

**Дар ҳаракати мунтазам суръати ҷисм бузургии собит ( $g = \text{const}$ ) мебошад ва дар ҳаракати ростхаттаи мунтазам ба самти вектори кӯчиши равона мебошад.**

Агар суръати ҷисм  $g$  маълум бошад, кӯчиши онро барои харгуна фосилаи вақт аз формулаи (1.7.1) муайян кардан мумкин аст:

$$\vec{s} = \vec{g} \cdot t. \quad (1.7.2)$$

Дар амалия барои ҳисобкунӣ шакли скалярии формулаҳои (1.7.1) ва (1.7.2) истифода бурда мешаванд:

$$g = \frac{s}{t}, \quad (1.7.3)$$

$$s = g \cdot t, \quad (1.7.4)$$

дар ин ҷо  $s$ -роҳи тайкардаи ҷисмро ифода менамояд. Формулаи (1.7.4) муодилаи роҳи ҳаракати ростхаттаи мунтазам номида мешавад.

Мувофиқи формулаи (1.7.3) суръати ҷисмро чунин таъриф додан мумкин аст: **роҳи тайкардаи ҷисмро дар воҳиди вақт суръат меноманд.**

Барои чен кардани бузургии суръати мошинҳо аз асбобҳои махсус – спидометрҳо (суръатсанҷҳо) истифода мекоранд. Спидометрҳо новобаста ба самти ҳаракат модули суръати автомобилро нишон медиҳанд. Бинобар ин аз рӯйи нишондоди спидометрҳо на самти ҳаракати автомобил ва на мавқеи он дар ин ё он лаҳзаи вақт муайян карда намешавад.

Аз формулаи (1.7.3) воҳиди суръатро дар системаҳои воҳидҳои байналхалқӣ *СИ* ва *СГС* муайян менамоем.

$$\text{Дар СИ: } g = \frac{1\text{м}}{1\text{с}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$\text{Дар СГС: } g = \frac{1\text{см}}{1\text{с}} = 1 \frac{\text{см}}{\text{с}}.$$



Воҳиди суръат воҳиди ҳосилавӣ мебошад.  $1 \frac{M}{c}$  ба чунин суръати чисме баробар аст, ки он дар  $1$  сония  $1$  метр масофаро тай менамояд.

$1m/c=100cm/c$ . Воҳидҳои ғайрисистемавии суръат  $км/соат$ ,  $км/с$  мебошанд.  $1 км/соат=(1/3,6)m/c$ ;  $1m/c=3,6км/соат$ .

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ҳаракати ростхаттаи мунтазам гуфта чӣ гуна ҳаракатро меноманд?
2. Суръати чисмро чӣ тавр муайян менамоянд ва он чӣ гуна бузургӣ мебошад?
3. Муодилаи роҳи ҳаракати ростхаттаи мунтазамро нависед ва маънидод намоед.
4. Суръати чисм бо кадом асбоб чен карда мешавад?
5. Воҳидҳои суръатро дар системаҳои СГС ва СИ навишта маънидод намоед.
6. Фарқи суръати чисмҳои гуногунро бо мисолҳо фаҳмонед.

## 1.8. ҲАРАКАТИ РОСТХАТТАИ ТАҒЙИРЁБАНДА. СУРЪАТИ ЛАҲЗАВӢ

Дар амалия аксаран ҳаракатҳое ба амал меоянд, ки суръат дар онҳо бо мурури вақт тағйир меёбад.

*Ҳаракате, ки дар он чисм дар фосилаҳои баробари вақт кӯчишҳои гуногун мекунад, ҳаракати тағйирёбанда (номунтазам) номида мешавад.*

*Агар траекторияи ҳаракати тағйирёбанда аз хатти рост иборат бошад, ҳаракатро ростхаттаи тағйирёбанда меноманд.*

Ба ҳаракати тағйирёбанда ҳаракатҳои мошинҳо, чисмҳои афтаанда, чисмҳои ба сӯйи боло партофташуда, парвози ҳавопаймо ва ғайраҳо дохил мешаванд.

Дар ҳаракати тағйирёбанда суръати чисм тағйир ёфта меистад, бинобар ин барои тавсифи ҳаракати тағйирёбанда аз мафҳуми суръати миёна истифода мебаранд.

Суръати миёнаи чисм  $\vec{g}_m$  ба ҳосили тақсими кӯчиши чисм  $\vec{s}$  бар вақти рӯйдодии ин кӯчиш  $t$  баробар аст:

$$\vec{g}_m = \frac{\vec{s}}{t}. \quad (1.8.1)$$

Масалан, қатори мусофирбар дар роҳи рост  $500$  км масофаро дар муддати  $10$  соат тай намудааст. Суръати миёнаи

қатора ба 50 км/соат баробар мешавад. Ин роҳро қатора гоҳ ҳаракаташро афзуда, гоҳ ҳаракаташро суст намуда, гоҳ дар истгоҳ истода тай менамояд. Ҳангоми муайян кардани суръати миёнаи қатора мо инро ба эътибор нагирифта, чунин мепиндорем, ки он дар 1 соат 50 км, дар ним соат 25 км ва ғайра роҳро тай намудааст.

Агар суръати миёнаи ҷисм маълум бошад, кӯчиши он аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$\vec{s} = \vec{v}_m t. \quad (1.8.2)$$

Аз ин формула танҳо барои он қитъаи роҳе истифода бурдан мумкин аст, ки суръати миёна маҳз дар ҳамон қитъа муайян шуда бошад. Дар мисоли боло суръати миёна барои ҳаракати 10 соатаи қатора муайян шудааст. Агар аз ин суръати миёнаи қатора истифода бурда, кӯчиши онро дар 2, 4, 6 соат ҳисоб кунем, натиҷаи ғалат ба даст меорем.

Барои ҳамон як ҳаракати тағйирёбанда дар фосилаҳои гуногуни вақт суръати миёна ба қиматҳои гуногун соҳиб мебошад.

Ҳамин тариқ, доништани суръати миёна имкон намедахад, ки кӯчиш ва координатаҳои ҷисми ҳаракаткунанда дар лаҳзаҳои вақтҳои гуногун муайян карда шавад.

Бинобар ин доништани танҳо суръати миёна барои тавсифи пурраи ҳаракати тағйирёбанда кифоя намебошад.

Барои тавсифи пурраи ҳаракати тағйирёбанда ғайр аз суръати миёна боз доништани суръати лаҳзавӣ зурур мебошад.

Ҷисми ҳаракати тағйирёбандакунанда дар ҳар як нуқтаи хатти ҳаракат ба ин ё он қимати суръат соҳиб мешавад ва ин суръатро суръати лаҳзавӣ меноманд.

***Суръати ҷисм дар лаҳзаи муайяни вақт ё дар нуқтаи муайяни хатти ҳаракат, суръати лаҳзавӣ номида мешавад.***

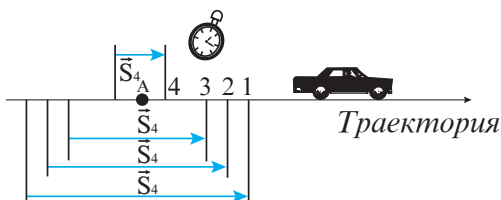
Суръати лаҳзавии мошинро дар нуқтаи  $A$  муайян менамоем (расми 1.8.1). Дар хатти ҳаракати ҷисм қитъаҳои 1, 2, 3, 4-ро ҷудо намуда, ба нуқтаи  $A$  наздик шудан мегирем. Ҳангоми ба нуқтаи  $A$  наздиктар гардидан, бо кӯтоҳшавии кӯчиш фосилаи вақте, ки кӯчиши ҷисм муоина мешавад, кӯтоҳ шудан мегирад. Дар қитъаи 4 фосилаи вақт барои

тай кардани он чунон кӯтоҳ мешавад, ки дар он тағйироти суръатро дигар ба эътибор нагирифтани мумкин мегардад ва дар ин қитъа ҳаракатро мунтазам ҳисоб кардан мумкин аст. Барои ин қитъа суръатро ба суръати лаҳзавии ҷисм дар нуқтаи  $A$  баробар ҳисоб кардан мумкин мешавад.

Ҳамин тариқ, суръати лаҳзавии мошинро бо формулаи зерин ифода кардан мумкин аст:

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{s}_4}{t}.$$

Яъне, суръати лаҳзавии ҷисм ё суръати ҷисм дар ин ё он нуқта ба нисбати кӯчиши ба қадри кофӣ кӯтоҳе, ки дар қитъаи ба ҳамон нуқта пайвасти хатти ҳаракат рӯй медиҳад, бар фосилаи бағоят кӯтоҳи муддати рӯй додани ин кӯчиш баробар аст.



Расми 1.8.1

Дар нуқтаи муайяни траектория самти суръати лаҳзавӣ ба самти кӯчиш мувофиқ меояд. Нишондоди спидометри мошин дар лаҳзаи вақти додасуда ба суръати лаҳзавии он баробар мебошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ҳаракати тағйирёбандаро таъриф диҳед ва бо мисолҳо фаҳмонед.
2. Барои тавсифи ҳаракати тағйирёбанда аз кадом суръатҳо истифода мебаранд?
3. Суръати миёнаи ҷисм чӣ тавр муайян карда мешавад?
4. Оё суръати миёнаи ҳаракати ҷисмро барои фосилаи муайяни вақт доништа, кӯчиши дар лаҳзаҳои дигари вақт рӯйдодаро муайян кардан мумкин аст?
5. Суръати лаҳзавӣ чист? Вектори суръати лаҳзавӣ чӣ гуна самт дорад?
6. Дар ҳаракати тағйирёбанда кадом вақт аз суръати миёна ва кадом вақт аз суръати лаҳзавӣ истифода бурдан мумкин аст?

## 1.9. ШИТОБ

Барои ҳаракатҳои тағйирёбандаи гуногун суръати ҳисмҳо ба таври гуногун тағйир меёбанд. Масалан, суръати мошини сабукрав тезтар ва мошини боркаш сусттар тағйир меёбад.

Барои гуфтугӯй, гуфтани суханҳои «Суръати ин ҳисм тезтар ва суръати ҳисми дигар сусттар тағйир меёбад» номуносиб мебошад. Барои аз ин гуфтаҳо раҳо ёфтани аз бузургии махсуси физикӣ – шитоб истифода бурдан қулай мебошад.

Барои фарқ кардани ҳаракатҳои тағйирёбандаи ҳисмҳо мегӯянд, ки ин ҳисм шитоби калон ва он ҳисм шитоби хурд дорад.

Шитоб тавсифи ҳаракати тағйирёбанда буда, тағйирёбии суръати ҳисмро дар фосилаи вақти рӯй додани ин тағйирот муайян менамояд.

**Бузургии физикие, ки тағйироти суръати ҳисмро дар фосилаи муайяни вақт ифода менамояд, шитоб номида мешавад.**

Агар дар фосилаи вақт  $t_0$  суръати ҳисм ба  $\vec{v}_0$  ва дар фосилаи вақти  $t$  ба  $\vec{v}$  баробар бошад, он гоҳ дар фосилаи вақти  $t-t_0$  тағйирёбии суръат ба  $\vec{v} - \vec{v}_0$  ва шитоби ҳисм  $\vec{a}$  баробар аст:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0}. \quad (1.9.1)$$

Агар  $t_0=0$  бошад, он гоҳ барои шитоби ҳисм ҳосил менамоем:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}. \quad (1.9.2)$$

Дар ин ҷо  $v_0$  – суръати ибтидоӣ ва  $v$  – суръати интиҳои ҳисм мебошад.

**Шитоб бузургии векторӣ мебошад.**

Аз формулаи 1.9.2 воҳидҳои шитобро ҳосил мекунем:

Дар СИ: 
$$a = \frac{1 \text{ м/с}}{1 \text{ с}} = 1 \text{ м/с}^2.$$

Яъне дар СИ воҳиди шитоб  $1 \text{ м/с}^2$  мебошад.  $1 \text{ м/с}^2$  чунин шитобе мебошад, ки дар  $1$  сония суръати ҳисм ба  $1 \text{ м/с}$  тағйир меёбад.

Дар системаи СГС:  $a = \frac{1 \text{ см/с}}{1 \text{ с}} = 1 \text{ см/с}^2$ .

$1 \text{ см/с}^2$  чунин шитобе мебошад, ки дар  $1$  сония суръати чисм ба  $1 \text{ см/с}$  тағйир меёбад.

## САВОЛҶО БАРОИ ТАҚРОР

1. Шитоби чисм чист?
2. Шитоби чисм бо кадом формула ифода карда мешавад?
3. Шитоби чисм чӣ гуна бузургӣ мебошад?
4. Воҳидҳои шитобро дар СИ ва системаи СГС навишта маънидод намоед.
5. Барои чӣ гуна ҳаракатҳо аз мафҳуми шитоб истифода мебаранд?

### 1.10. ҲАРАКАТИ РОСТХАТТАИ СОБИТШИТОБ

Ҳаракатеро дида мебароем, ки дар он суръат дар ҳама лаҳзаҳои баробари вақт бо бузургҳои баробар тағйир меёбад.

**Ҳаракате, ки дар он дар фосилаҳои баробари вақт суръат бо бузургҳои баробар тағйир меёбад, ҳаракати собитшироб номида мешавад.**

*Дар ҳаракати собитшироб шитоб бузургии собит мебошад.*

Агар траекторияи ҳаракати собитшироб аз хатти рост иборат бошад, ҳаракатро ростхаттаи собитшироб меноманд.

**Ҳаракати собитширобии афзуншаванда ва сустшаванда-ро аз ҳамдигар фарқ менамоянд.**

Дар ҳаракати собитширобии афзуншаванда суръати чисм бо бузургҳои баробар афзуда меравад ва шитоб мусбат мебошад (самти вектори шитоб бо самти вектори суръат мувофиқ меояд).

Дар ҳаракати собитширобии сустшаванда суръати чисм кам шуда меравад ва шитоб манфӣ мебошад (самти вектори шитоб ба самти вектори суръат муқобил мебошад).

Масалан, агар мошин дар соати якум бо суръати  $20 \text{ км/соат}$ , дар соати дуюм бо суръати  $40 \text{ км/соат}$ , дар соати сеюм бо суръати  $60 \text{ км/соат}$  ва дар соати чорум бо суръати  $80 \text{ км/соат}$  ҳаракат кунад, ҳаракати он собитширобии афзуншаванда ба шумор меравад. Дар мавриди дар соати якум суръати мошин ба  $80 \text{ км/соат}$ , дар соати дуюм ба  $60$

км/соат, дар соати сеюм ба 40 км/соат ва дар соати чорум ба 20 км/соат баробар будан, ҳаракати он собитшитоби суҷшаванда мешавад.

Агар суръати ибтидоии ҷисм  $\vec{g}_0$  ва шитоби он  $\vec{a}$  маълум бошад, суръати ҳаракати ҷисм  $\vec{g}$ -ро барои ҳар лаҳзаи вақт аз формулаи 1.9.2 муайян кардан мумкин аст:

$$\vec{g} = \vec{g}_0 + \vec{a}t. \quad (1.10.1)$$

Қайд кардан лозим аст, ки дар ҳисобкуниҳо аз муодилаҳои истифода мебаранд, ки дар онҳо на векторҳо, балки проексияҳои онҳо дар тирҳои координата истифода мешаванд.

Тири  $x$ -ро аз рӯи траекторияи ҳаракат равона намуда, проексияҳои векторҳои  $\vec{g}$ ,  $\vec{g}_0$  ва  $\vec{a}$ -ро дар болои он бо  $g_x$ ,  $g_{0x}$  ва  $a_x$  ишора менамоем ва дар асоси ифодаи 1.10.1 ҳосил мекунем:

$$g_x = g_{0x} + a_x t. \quad (1.10.2)$$

Азбаски векторҳои  $\vec{g}$  ва  $\vec{g}_0$  дар як хатти рост меҳобанд, модули проексияи онҳо ба модули худ векторҳо баробаранд, вале аломатҳои проексияҳо аз самти векторҳо нисбат ба тир вобастааст.

Дар мавриди ҳамсамт будани проексияҳои векторҳои  $\vec{g}$  ва  $\vec{a}$  модули суръат  $\vec{g}$  бо гузаштани вақт меафзояд. Агар аломати проексияҳои ин ду вектор муқобили якдигар бошад, модули суръат бо гузаштани вақт кам мешавад.

Ҳамин тариқ, барои ҳаракати собитшитоби афзуншаванда векторҳои  $\vec{g}$ ,  $\vec{g}_0$ ,  $\vec{a}$  ҳамсамт мебошанд ва барои ҳаракати собитшитоби суҷшаванда вектори  $\vec{a}$  ба векторҳои  $\vec{g}$  ва  $\vec{g}_0$  самти муқобил дорад.

Агар проексияи суръати ибтидоӣ  $g_{0x} = 0$  бошад, он гоҳ мувофиқи формулаи 1.10.2 суръати ҷисм аз ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$g_x = a_x t. \quad (1.10.3)$$

Барои ҳаракати собитшитоби суҷшаванда формулаи (1.10.2) чунин навишта мешавад:

$$g_x = g_{0x} - a_x t. \quad (1.10.4)$$

Азбаски дар ҳаракати собитшито бо бузургиҳои баробар тағйир меёбад, суръати миёна дар ин ҳаракат ҳамчун қимати миёнаи арифметикии суръатҳои ибтидоӣ ва интиҳоӣ муайян карда мешавад:

$$g_m = \frac{g_{0x} + g_x}{2}. \quad (1.10.5)$$

Проексияи кӯчиш  $s_x$  дар ҳаракати собитшито бо формулаи зерин ифода карда мешавад:

$$s_x = g_m \cdot t. \quad (1.10.6)$$

Аз формулаҳои 1.10.2, 1.10.5 ва 1.10.6 барои проексияи кӯчиш ифодаи зеринро ҳосил менамоем:

$$s_x = \frac{g_{0x} + g_x}{2} \cdot t = \frac{g_{0x} + g_{0x} + a_x t}{2} \cdot t$$

ё

$$s_x = g_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}. \quad (1.10.7)$$

Баробарии 1.10.7 муодилаи роҳи ҳаракати собитшито номида мешавад.

Ҳангоми  $g_{0x} = 0$  будан, формулаи 1.10.7 шакли зайро соҳиб мешавад:

$$s_x = \frac{a_x t^2}{2}. \quad (1.10.8)$$

Яъне, дар ҳаракати собитшито афзуншавандаи суръати ибтидоӣ надошта роҳи тайкардашуда ба квадрати вақт мутаносиб мебошад.

Азбаски проексияи вектори кӯчиш  $\vec{s}$  ба тағйироти координатӣ  $x - x_0$  баробар аст, бинобар он формулаи 1.10.7-ро ин тавр навиштан мумкин аст:

$$x - x_0 = g_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2},$$

ё

$$x = x_0 + g_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}. \quad (1.10.9)$$

Аз баробарии (1.10.9) ҳангоми маълум будани координатаи ибтидоӣ ва шитоб, координатаи ҷисм  $x$ -ро барои лаҳзаи дилхохи вақт муайян кардан мумкин аст.

Қимати вақтро аз формулаи (1.10.2) ва қимати  $g_m$ -ро аз формулаи (1.10.5) ба формулаи (1.10.6) гузошта, барои кӯчиши ҷисм формулаи зеринро ҳосил менамоем:

$$s_x = \frac{g_{0x} + g_x}{2} \cdot \frac{g_x - g_{0x}}{a}.$$

Аз ин ҷо

$$s_x = \frac{g_x^2 - g_{0x}^2}{2a}. \quad (1.10.10)$$

Ҳангоми  $g_{0x} = 0$  будан аз формулаи (1.10.10) ҳосил мешавад:

$$s_x = \frac{g_x^2}{2a}. \quad (1.10.11)$$

Аз ин ҷо

$$g_x = \sqrt{2a s_x}. \quad (1.10.12)$$

Формулаҳои (1.10.10)-(1.10.12) имконият медиҳанд, ки ҳангоми маълум набудани вақт, кӯчиши ҷисм ва суръати он муайян карда шавад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна ҳаракатро собитиишоб меноманд?
2. Ҳаракати собитиишоби афзунишаванда аз ҳаракати собитиишоби сустишаванда чӣ фарқ дорад?
3. Формулаи суръатро барои ҳаракати собитиишоб навишта маънидод намоед.
4. Вектори ишоб дар ҳаракати собитиишоби афзунишаванда чӣ гуна самт дорад?
5. Вектори ишоб дар ҳаракати собитиишоби сустишаванда чӣ гуна самт дорад?
6. Суръат бузургии векторӣ мебошад ва ҳангоми ҳаракат ҳам модули суръат тағйир ёфта метавонаду ҳам самти вектори он. Дар ҳаракати ростхаттаи собитиишоб чӣ тағйир меёбад?
7. Дар ҳаракати собитиишоб суръати миёна чӣ тавр муайян карда мешавад?
8. Муодилаи роҳи ҳаракати собитиишобро навишта маънидод намоед.



9. Дар ҳаракати собитшиноб координатаи ҷисм дар лаҳзаи дилхоҳи вақт аз кадом формула муайян карда мешавад?
10. Агар вақти ҳаракат маълум набошад, қўчиши ҷисм ва суръати он аз кадом формулаҳо муайян карда мешаванд?
11. Бо мисолҳо ҳисоб карда нишон диҳед, ки дар ҳаракати собитшиноб шитоб бузургии собит мебошад.

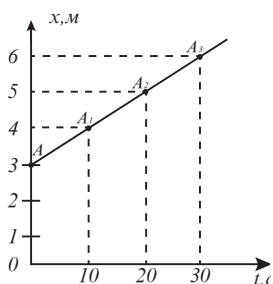
## 1.11. ГРАФИКИ ВОБАСТАГИИ БУЗУРГИҶОИ КИНЕМАТИКӢ АЗ ВАҚТ ДАР ҲАРАКАТИ МУНТАЗАМ ВА СОБИТШИНОБ

Ба таври аёни ҳаракатро графикӣ низ ифода кардан мумкин аст. Бигузур дар лаҳзаи аввали вақт  $t = 0$ , координатаи ҷисм  $x = 3$  м ва дар лаҳзаҳои  $t_1 = 10$  с,  $t_2 = 20$  с,  $t_3 = 30$  с ва ғайра ҷисм дар нуқтаҳои бошад, ки координатаҳои онҳо мувофиқан  $x_1 = 4$  м,  $x_2 = 5$  м,  $x_3 = 6$  м ва ғайра бошанд. Тирҳои координат кашаида тири абсиссаро ҳамчун тири вақт ва тири ординатаро ҳамчун тири координат  $x$  қабул карда, дар онҳо порчаҳои баробарро шартан чудо менамоем. Ҳар як чуфт қимати дар боло овардашударо дар координатаҳо гузошта, нуқтаҳои  $A_1, A_2, A_3, A_4$  ва ғ.-ро меёбем ва онҳоро пайваст намуда, графики бо гузаштани вақт тағйирёбии координатаи ҷисмро ҳосил менамоем (расми 1.11.1).

Аз расми 1.11.1 дида мешавад, ки бо афзоиши вақт координатаи ҷисм аз рӯи қонуни хаттӣ зиёд мешавад. Ин вобастагии графики ҳаракат номида мешавад. Аз рӯи ин график дар лаҳзаи дилхоҳи вақт координатаи ҷисми ҳаракаткунандаро муайян кардан мумкин аст.

Графики ҳаракат инчунин имконият медиҳад, ки бузургии суръати ҷисм муайян карда шавад.

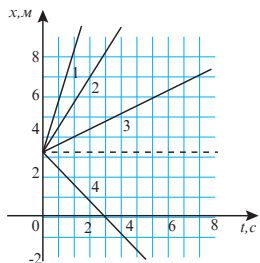
Дар расми 1.11.2 чанд графики ҳаракат нишон дода шудааст. Аз рӯи моилии график ба бузургии суръати ҷисм баҳо додан мумкин аст. Чӣ қадаре ки кунҷи байни график ва тири вақт калон бошад, суръати ҷисм ҳамон қадар калон мебошад.



Расми 1.11.1

Графикҳои 1,2,3 нишон медиҳанд, ки

чисмҳо ба самти мусбати тири  $x$  равонаанд ва мувофиқи гра-  
фики 4 самти ҳаракати ҷисм муқобили тири  $x$  равона мебошад.



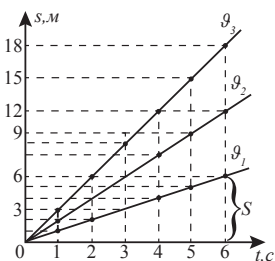
Расми 1.11.2

Инчунин аз графикҳои ҳаракат бузур-  
гии кӯчиши ҷисмро барои лаҳзаҳои гуно-  
гуни вақт муайян кардан мумкин аст.

Масалан, аз расми 1.11.2 маълум аст,  
ки ҷисми 3 дар 4 сонияи аввал ба самти  
мусбати тири  $x$ , 2 м ва ҷисми 4 дар ҳамон  
муддат ба самти муқобил 4 м кӯчидааст.

Акнун графикҳои роҳи ҳаракати мун-  
тазамро дар асоси муодилаи  $s = \vartheta t$  ба-  
рои  $\vartheta_1 = 1 \text{ м/с}$ ,  $\vartheta_2 = 2 \text{ м/с}$  ва  $\vartheta_3 = 3 \text{ м/с}$  месозем.

Дар тири абсисса қиматҳои вақти ҳаракатро ва дар тири  
ордината қиматҳои роҳи тайкардашударо гузошта, гра-  
фикҳои роҳи ҳаракати мунтазамро барои қиматҳои гуногу-  
ни суръат ҳосил менамоем (расми 1.11.3).



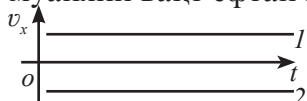
Расми 1.11.3

Аз ин расм дида мешавад, ки гра-  
фики роҳи ҳаракати мунтазам аз хат-  
ти рости аз сари координата гузаран-  
да иборат аст ва бо афзоиши суръати  
ҷисм қунҷи моилии хатти рости  $\vartheta$  бо  
тири абсисса зиёд мешавад. Аз расми  
1.11.3 намоён аст, ки модули суръат  
дар ҳаракати мунтазам ададан ба тан-  
генсӣ қунҷи байни графикҳои роҳ ва тири вақт баробар аст.

Барои ҳаракати мунтазам суръат бузургии собит аст, би-  
нобар он графикҳои он хатти росте мебошад, ки ба тири вақт  
параллел аст (расми 1.11.4).

Хати 1 ба мавриди ба самти мусбати тири  $x$  ҳаракат кар-  
дани ҷисм ва хати 2 ба мавриди ба самти муқобили тири  $x$   
ҳаракат кардани ҷисм (барои мавриде, ки проексияи суръат  
манфӣ аст) мансуб мебошад.

Аз рӯи графикҳои суръат кӯчиши ҷисмро барои фосилаи  
муайяни вақт ёфтан мумкин аст.



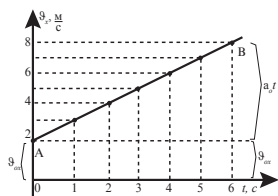
Расми 1.11.4

Ҳамин тарик, ҳосили зарби  $\vartheta_x t$ , ба  
проексияи вектори кӯчиши ҷисм баро-  
бар аст.

Акнун графики суръати ҳаракати собитшитоби афзуншавандаро, ки суръати аввалаи ҷисм  $\vartheta_x = 2\text{ м/с}$  ва шитобаш  $a_x = 1\text{ м/с}^2$  аст, месозем.

Барои ин маврид формулаи (1.10.2) намуди  $\vartheta_x = 2+t$ -ро соҳиб мешавад. Барои қиматҳои гуногуни  $t$  ҷадвали во-бастагии суръатро аз вақти ҳаракат тартиб медиҳем:

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6
$\vartheta_x, \text{ м/с}$	2	3	4	5	6	7	8



Расми 1.11.5

Дар асоси қиматҳои ин ҷадвал графики во-бастагии суръати ҷисмро аз вақт дар ҳаракати собитшитоби афзуншаванда месозем (расми 1.11.5).

Аз расми 1.11.5 намоён аст, ки суръат дар ҳаракати собитшитоби афзуншаванда бо гузаштани вақт аз рӯи қонуни хаттӣ меафзояд.

Аз ин график муодилаи роҳи ҳаракати собитшитобро ҳосил кардан мумкин аст.

Роҳи тайкардаи ҷисм дар фосилаи вақт  $t = OD$  ададан ба масоҳати сатҳи тропетсияи  $AODB$  баробар аст.

Масоҳати тропетсияи  $AODB$  ба ҷамъи масоҳатҳои чоркунҷаи  $AODC$  ва секунҷаи  $ABC$  баробар мебошад:

$$S = S_{AODC} + S_{ABC} = AO \cdot OD + \frac{1}{2} BC \cdot AC.$$

Дар ин ҷо  $OA = \vartheta_{0x}$ ,  $OD = t$ ,  $AC = t$ ,  $BC = a_x t$  аст.

Бинобар ин ҳосил менамоем:

$$s = \vartheta_{0x} t + \frac{1}{2} \cdot a_x t \cdot t,$$

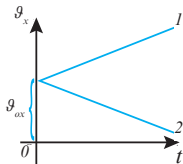
ё

$$s = \vartheta_{0x} t + \frac{at^2}{2}.$$

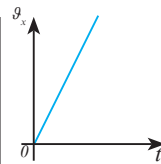
Ҳамин тариқ, бо усули графикӣ муодилаи роҳи ҳаракати собитшитоиб ҳосил карда шуд.

Дар расмҳои 1.11.6 графики ҳаракати собитшитоби сустшаванда (хатти 2) ва графики ҳаракати собитшитоби афзун-

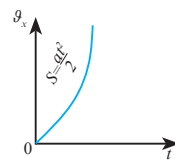
шаванда (хатти 1) барои мавриди  $\vartheta_{ox} \neq 0$  ва дар расми 1.11.7 хангоми  $\vartheta_{ox} = 0$  нишон дода шудаанд.



Расми 1.11.6



Расми 1.11.7



Расми 1.11.8

Дар расми 1.11.8 графикаи роҳи ҳаракати собитшитоби афзуншаванда барои мавриди  $\vartheta_{ox} = 0$  нишон дода шудааст.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Тасвири графикаи ҳаракат гуфта чиро меноманд?
2. Ҳаракатҳое, ки графикашон дар расми 1.11.2 бо рақамҳои 1,2,3,4 ишора шудааст, аз якдигар чӣ фарқ доранд?
3. Графикҳое, ки дар расми 1.11.3 бо  $\vartheta_1$ ,  $\vartheta_2$ ,  $\vartheta_3$  ишора шудаанд, аз ҳамдигар чӣ фарқ доранд?
4. Графикҳои 1 ва 2-и расми 1.11.4 ба чӣ гуна ҳаракат тааллуқ доранд?
5. Аз рӯи суръати ҳаракати қисм кӯчиши онро чӣ тавр муайян мекунанд?
6. Дар расми 1.11.6 графикҳои 1 ва 2 ба кадом намуди ҳаракат тааллуқ доранд?
7. Графикҳои кӯчиши ҳаракатҳои мунтазам ва собитшитоби афзуншаванда аз ҳамдигар чӣ фарқ доранд?
8. Зарурати ба таври графикаӣ ифода намудани ҳаракатҳоро фаҳмонед.

## 1.12. АФТИШИ ОЗОД. ШИТОБИ АФТИШИ ОЗОД

*Дар фазои беҳаво афтидани қисмҳоро афтиши озод меноманд.*

Афтиши озоди қисмҳоро дар охири асри XVI олими итолиёӣ Галилео Галилей омӯхтааст. Дар тадқиқоти худ Галилей муқаррар намуд, ки қисмҳои озодафтанда таҳти таъсири қувваи вазнинӣ ҳаракати ростхаттаи собитшитоби афзуншаванда менамоянд.

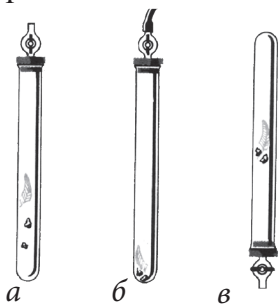


Галилео Галилей

Санҷишҳои ӯ тасдиқ намуданд, ки дар ин гуна ҳаракат шитоб амудан ба поён равона буда, қимати мутлақаш ба  $9,81 \text{ м/с}^2$  баробар аст. Ин шитобро шитоби афтиши озод меноманд ва бо ҳарфи латинӣ  $g$  ишора карда мешавад.

Барои ҳамаи ҷисмҳои озодафтанда қимати якхела доштани шитоби афтиши озод натиҷаи ҳайратовар буд.

Ҳангоми мушоҳидаи ҳаракати ҷисмҳои гуногуни (тӯби футбол, себ, варақи коғаз, пар ва ғайраҳо) аз баландӣ партофташуда маълум мегардад, ки онҳо бо шитобҳои гуногун меафтанд. Сабаби бо шитобҳои гуногун афтидани ҷисмҳои гуногун ба онҳо таъсири ҳархела доштани муқовимати ҳаво мебошад. Ҳангоми барҳам додани таъсири муқовимати ҳаво шитоби афтиши ҳамаи ҷисмҳо баробар мешавад. Барои ин ба дохили лӯлаи шишагии деворғафси як нӯғаш



Расми 1.12.1

маҳкаму нӯғи дигараш чумакдори дарозиаш тақрибан 1 м (лӯлаи Нютон) донаи сочма, пӯк ва парро меандозем ва зуд чаппагардон мекунем. Мебинем, ки ин ҷисмҳо дар лаҳзаҳои гуногуни вақт ба қаъри лӯла омада мерасанд (расми 1.12.1, а). Агар ҳавои лӯларо бо насос кашида, (расми 1.12.1, б) онро чаппагардон намоем, (расми 1.12.1, в)

мебинем, ки донаи сочма, пӯк ва пар дар ҳамон як лаҳзаи вақт ба қаъри лӯла омада мерасанд.

Ҳамин тарик, дар фазои беҳаво (вакуум) ҷисмҳо озод ҳаракат карда, бо шитоби якхела меафтанд. Тири координатро амудан сӯйи боло ё поён равона намуда, бо у ишора менамоем ва модули проексияи шитоби озодафтӣ  $\vec{g}$  ҳамчени модули вектори шитоби озодафтӣ  $\vec{g}$  мешавад.

Ин проексия дар мавриди сӯйи поён равона будани тири у мусбат ва дар мавриди сӯйи боло равона будани он манфӣ гирифта мешавад.

Барои ҷисмҳои озодафтанда суръати ибтидоӣ ба сифр баробар аст ( $v_{0y} = 0$ ).

Инро ба эътибор гирифта, аз формулаҳои суръат ва кӯчиши ҳаракати ростхаттаи собитшитоби афзуншаванда  $s_x$ -ро ба  $h_y$  ва  $a_x$ -ро ба  $g_y$  иваз намуда, формулаҳои барои ҳаракати ҷисми озодафтанда ҳосил менамоем.

Барои суръати афтиш:

$$g_y = g_y t, \quad (1.12.1)$$

$$g_y = \sqrt{2g_y h_y}. \quad (1.12.2)$$

Барои баландии афтиш:

$$h_y = \frac{g_y t^2}{2}. \quad (1.12.3)$$

Агар  $t=1c$  бошад, аз формулаи (1.12.3)  $h_y = \frac{g_y}{2} = 4,9m$  мешавад.

Яъне, чисми озодафтанда дар сонияи аввал роҳро тай ме-намояд, ки ададан ба нисфи шитоби афтиши озод баробар аст.

Чисми бо суръати ибтидоии  $g_0$  амудӣ ба боло партофташуда ҳаракати собитшитоби сустанаванда мекунад. Дар нуктаи баландтарин суръати ҷисм ба сифр баробар гардида ва аз ин баландӣ озод меафтад.

Ҳаракати ҷисми амудӣ ба боло партофташуда бо муодилаҳои зерин ифода карда мешавад:

$$\text{суръати ҳаракат} \quad g_y = g_{oy} - g_y t; \quad (1.12.4)$$

$$\text{баландии бардошташуда} \quad h_y = g_{oy} t - \frac{g_y t^2}{2}. \quad (1.12.5)$$

Барои нуктаи баландтарин  $g_y = 0$ ;  $g_{oy} - g_y t = 0$ ,  $t = \frac{g_{oy}}{g_y}$  мешавад.

Қимати  $t$ -ро ба формулаи (1.12.5) гузошта ҳосил мекунем:

$$h_{\max} = g_{oy} \frac{g_{oy}}{g_y} - \frac{g_y g_{oy}^2}{2g_y^2} = \frac{g_{oy}^2}{2g_y}.$$

Аз ин ҷо

$$g_{oy} = \sqrt{2g_y h_{\max}}. \quad (1.12.6)$$

Агар ҷисм аз баландии  $h_{\max}$  озод афтад, суръати он баробар мешавад:

$$g_y = \sqrt{2g_y h_{\max}}. \quad (1.12.7)$$

Аз муқоисаи баробариҳои (1.12.6) ва (1.12.7)  $\mathcal{G}_{oy} = \mathcal{G}_y$  мешавад.

Ҳамин тариқ, бо кадом суръати ибтидоие, ки ҷисм аз нуқтаи додашуда амудӣ ба боло партофта мешавад, бо ҳамон суръат ба нуқтаи партофташуда бармегардад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

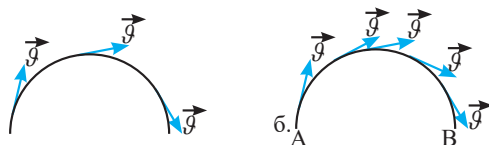
1. Афтиши озод гуфта чиро меноманд?
2. Шитоби афтиши озод гуфта чиро меноманд ва қимати он ба чӣ баробар аст?
3. Ҷисми озодафтанда чӣ гуна ҳаракат менамояд?
4. Муодилаҳои ҳаракати ҷисми озодафтандаро нависед ва маънидод намоед.
5. Ҷисми амудӣ ба боло партофташуда чӣ гуна ҳаракат менамояд?
6. Муодилаҳои ҳаракати ҷисми амудӣ ба боло партофташударо нависед ва маънидод намоед.
7. Доир ба тадқиқоти Галилео Галилей маълумот диҳед ва хулосаҳоятонро баён намоед.

## 1.13. ҲАРАКАТИ ҶИСМ АЗ РҶЙИ ДАВРА

Дар табиат асосан ҳаракатҳои дучор меоянд, ки траекторияи онҳо аз хатти қач иборат аст.

**Ҳаракате, ки траекторияаш аз хатти қач иборат аст, ҳаракати қачхатта номида мешавад.** Ҳаракати ҳамагуна воситаҳои нақлиёт, қисмҳои мошинҳои механизмҳо, оби дарёҳо, сайёраҳои радиҳои маснуъ ва ғайра ҳаракати қачхатта мебошанд.

Дар ҳаракати қачхатта самти вектори суръати ҷисм ва инчунин самти вектори шитоби он бефосила тағйир меёбанд.

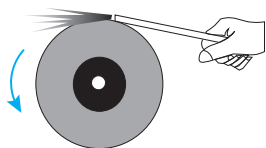


Расми 1.13.1

Дар ҳаракати қачхатта вектори суръат ҳамеша ба нуқтаи дилҳои траектория аз рӯйи расанда равона мебошад (расми 1.13.1).

Дар расми 1.13.2 ва 1.13.3 ҳангоми гардиши санги чарх ва чархи мошин аз рӯйи расанда равон гаштани зарраҳои санг ва пошидаҳои чархи мошин ба таври аёнӣ нишон дода шудаанд.

Суръати ҷисм дар лаҳзаҳои гуногуни вақт дар нуқтаҳои гуногуни траекторияи қачхатта самти гуногун дорад. Модули суръат метавонад ҳамеша бузургии собит бошад ё метавонад аз як нуқта то нуқтаи дигар тағйир ёбад.



Расми 1.13.2



Расми 1.13.3

**Ҳаракати қачхаттае, ки дар он модули суръат собит аст, ҳаракати қачхаттаи мунтазам номида мешавад.**

Дар ҳаракати қачхаттаи мунтазам суръати ҷисм танҳо аз рӯйи самт тағйир меёбад.

Дар ҳаракати қачхаттаи тағйирёбанда ҳам модули суръати ҷисм ва ҳам самти он тағйир меёбад.

Яке аз намудҳои содатарини ҳаракати қачхатта, ҳаракати ҷисм аз рӯйи давра ба шумор меравад. Нуқтаҳои параҳои вентилятор, турбинаҳо, чархи кордтезкуни, парма ва ғайра аз рӯйи давра ҳаракат мекунад.

Агар ҳангоми ҳаракат аз рӯйи давра нуқтаҳои ҷисм дар фосилаҳои баробари вақт камонҳои якхеларо тай кунанд, ҳаракатро мунтазам аз рӯйи давра меноманд.

**Фосилаи вақте, ки дар давоми он ҷисм давраро пурра тай (як гардиши пурра) мекунад, даври гардиш  $T$  номида мешавад.** Ҳаракати ҷисм аз рӯйи давра инчунин бо адади гардишҳо тавсиф мешавад, ки дар воҳиди вақт рӯй медеҳанд.

Адади гардишҳои ҷисмро дар воҳиди вақт басомади гардиш  $n$  меноманд. Басомади гардиш бо даври гардиш чунин алоқамандӣ дорад:

$$n = \frac{1}{T}. \quad (1.13.1)$$

Яъне, басомади гардиш ба даври он мутаносиби чаппа мебошад.

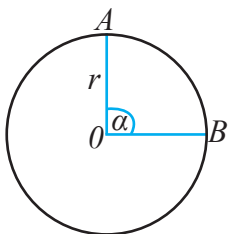
Ҳангоми ба  $0,1$ с баробар будани даври гардиш, ҷисм дар муддати  $1$ с  $10$  бор гардиш мекунад. Воҳиди басомади гардиш  $1/с$  ё  $1Х$  (хертс) мебошад.



## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна ҳаракатро қачхатта меноманд?
2. Дар ҳаракати қачхатта суръат чӣ гуна самт дорад ва онро ба таври графикӣ нишон диҳед?
3. Чӣ гуна ҳаракатро қачхаттаи мунтазам меноманд?
4. Чӣ гуна ҳаракатро қачхаттаи тағйирёбанда меноманд?
5. Чӣ гуна ҳаракати ҷисро мунтазам аз рӯйи давра меноманд?
6. Даври гардиш чист?
7. Басомади гардиш чист?
8. Даври гардиш бо басомади гардиш чӣ гуна алоқамандӣ дорад?
9. Ҳаракати қачхаттаро бо мисолҳо фаҳмонда доир ба тавсифҳои он маълумот диҳед

### 1.14. СУРЪАТИ ХАТӢ ВА КУНӢ



Расми 1.14.1

Ҳангоми ҳаракати ҷисм аз рӯйи давра дарозии давраеро, ки аз рӯйи он ҷисм ҳаракат мекунад, роҳи хаттӣ меноманд (расми 1.14.1).

Дар расми 1.14.1  $OA=r$  радиуси давраном дорад.

Кунче, ки ҳангоми ҳаракати ҷисм ба радиуси давра майл мекунад, роҳи кунҷӣ  $\alpha$  номида мешавад.

Ҳамин тариқ, барои тавсифи ҳаракати ҷисм аз рӯйи давра аз роҳи хаттӣ ва роҳи кунҷӣ истифода мебаранд.

Бинобар ин ҳаракати ҷисм аз рӯйи давра бо ду хел суръат – суръати хаттӣ ва суръати кунҷӣ тавсиф карда мешавад.

Суръати хаттии ҷисм  $s$  бо нисбати роҳи хаттии тайкардаи ҷисм  $s$  бар воҳиди вақти  $t$  муайян карда мешавад:

$$s = \frac{s}{t} \cdot t \quad (1.14.1)$$

Суръати кунҷии ҷисм  $\omega$  бо нисбати роҳи кунҷии ҷисм  $\alpha$  бар воҳиди вақте, ки дар давоми он ин майлқунӣ амалӣ гардидааст ( $t$ ), баробар мебошад:

$$\omega = \frac{\alpha}{t} \cdot t \quad (1.14.2)$$

Воҳиди суръати кунҷӣ радиан/сония мебошад.

Ҳангоми як гардиши пурра кардани чисм  $t=T$ ,  $s=2\pi r$  (дарозии давра) ва  $\alpha=2\pi$  радиан мешавад ва аз формулаҳои (1.14.1) ва (1.14.2) ҳосил менамоем:

$$g = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r n, \quad (1.14.3)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n. \quad (1.14.4)$$

Аз формулаҳои (1.14.3) ва (1.14.4) дида мешавад, ки суръатҳои хаттӣ ва кунҷӣ ба адади гардишҳо мутаносиби роста мебошанд.

**Мувофиқи формулаи (1.14.3) суръати хаттӣ чисм ба ҳосили зарби дарозии давра ба шумораи гардишҳо баробар аст.**

**Мувофиқи формулаи (1.14.4) суръати кунҷӣ чисм ба ҳосили зарби шумораи радианҳои давра бар шумораи гардишҳо баробар мебошад.**

Аз муқоисаи баробарҳои (1.14.3) ва (1.14.4) ҳосил менамоем:

$$g = \omega r. \quad (1.14.5)$$

Формулаи (1.14.5) вобастагии байни суръатҳои хаттӣ ва кунҷиро муқаррар менамояд.

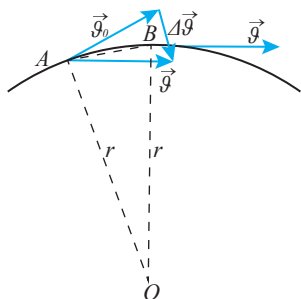
**Мувофиқи ин формула суръати хаттӣ чисм ба ҳосили зарби суръати кунҷӣ он ба радиуси давра баробар мебошад.**

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Роҳи хаттӣ гуфта чиро меноманд?
2. Роҳи кунҷӣ гуфта чиро меноманд?
3. Суръати хаттӣ гуфта чиро меноманд ва бо кадом формула ифода карда мешавад?
4. Суръати кунҷӣ гуфта чиро меноманд ва бо кадом формула ифод карда мешавад?
5. Вобастагии суръатҳои хаттӣ ва кунҷиро нависед ва маънидод намоед.
6. Доир ба истифодаи суръатҳои хаттӣ ва кунҷӣ дар ҳаракати чисм аз рӯи давра маълумот диҳед.

## 1.15. ШИТОБИ ҲАРАКАТИ ЧИСМ АЗ РҶҲИ ДАВРА

Ҳаракати мунтазами ҷисмро аз рӯйи давраи радиусаш  $r$  дида мебароем (расми 1.15.1). Азбаски дар ҳаракати мунта-



Расми 1.15.1

зами ҷисм аз рӯйи давра самти вектори суръат бо гузашти замон тағйир ёфта меистад, бинобар ин ин гуна ҳаракат шитобдор ба шумор меравад.

Бузургӣ ва самти шитобро дар ҳаракати мунтазам аз рӯйи давра муайян менамоем.

Маълум аст, ки шитоб бо формулаи зерин ифода карда мешавад:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}. \quad (1.15.1)$$

Дар ин ҷо  $\vec{v} - \vec{v}_0 = \Delta \vec{v}$  тағйироти суръат мебошад.

Он гоҳ формулаи (1.15.1) намуди зерин мегирад:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{t}. \quad (1.15.2)$$

Аз ифодаи (1.15.2) дида мешавад, ки вектори  $\vec{a}$  бо вектори  $\Delta \vec{v}$  ҳамсамт мебошад.

Фарз мекунем, ки дар нуқтаи  $A$  (онро чун нуқтаи аввали ҳисоби вақт  $t=0$  қабул мекунем) суръати ҷисм  $\vec{v}_0$  аз рӯйи расандаи аз ҳамин нуқта гузаранда равона аст. Пас аз лаҳзаи вақти  $t$  ҷисм ба нуқтаи  $B$ , ки дар наздикиҳои нуқтаи  $A$  ҷойгир аст, мерасад. Бигузор, нуқтаи  $A$  ва  $B$  ба ҳамдигар чунон наздик бошанд, ки камони  $AB$  аз хордаи  $AB$  қариб фарқ накунад. Чӣ қадаре ки нуқтаи  $B$  ба нуқтаи  $A$  наздик набошад, суръати ҷисм дар нуқтаи  $B$   $\vec{v}$  аз  $\vec{v}_0$  модулан фарқ накунад ҳам,  $\vec{v} - \vec{v}_0$  бо самташ фарқ мекунанд.

Дар асоси қоидаи амалҳо бо векторҳо, вектори  $\vec{v}$ -ро параллелан ба нуқтаи  $A$  кӯчонида, охириҳои векторҳо бо порчаи хатти росте мепайвандем. Ин порча вектори  $\Delta \vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_0$ -ро ифода менамояд ва мувофиқи расми 1.15.1 ба самти да-руни давра равона аст.

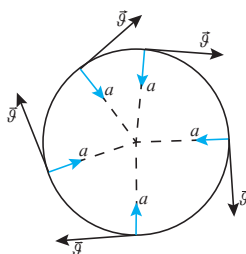
Дар мавриди ба нуқтаи  $A$  кӯчонидани  $\Delta\vec{g}$ , он аз рӯйи радиус ба маркази давра равона мегардад.

Ҳамин тарик, маълум гардид, ки хангоми ҳаракати ҷисм аз рӯйи давра, дар ҳама нуқтаҳои он вектори шитоби ҷисм ба сӯйи маркази он самт дорад. Бинобар ин онро шитоби марказрав меноманд ва он низ бо  $\vec{a}$  ишора карда мешавад.

Яъне, шитоби ҷисм дар ҳаракати мунтазам аз рӯйи давра шитоби марказрав ба шумор меравад. Дар ҳамаи нуқтаҳои давра вектори шитоби марказрав  $\vec{a}$  ба вектори суръат перпендикуляр мебошад (расми 1.15.2).

Модули шитоби марказрав ( $a$ ) аз ифодаи зерин муайян карда мешаванд:

$$a = \frac{g^2}{r}. \quad (1.15.3)$$



Расми 1.15.2

Баробарии (1.15.5) формулаи модули шитоби марказравро дар ҳаракати мунтазам аз рӯйи давра ифода менамояд.

**Яъне, шитоби марказрав дар ҳаракати мунтазами ҷисм аз рӯйи давра ба квадрати суръат мутаносиби роста буда, ба радиуси давра мутаносиби чаппа мебошад ва барои ҳамаи нуқтаҳои давра қимати яхела дорад.** Вале самти шитоб ҳамеша

сӯйи маркази давра равона буда, аз як нуқта то нуқтаи дигар тағйир ёфта меистад.

Бинобар ин, ҳаракати мунтазами ҷисм аз рӯйи давра ҳаракати собитшитоб ба шумор намеравад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ҷисми аз рӯйи давра мунтазам ҳаракаткунанда чӣ гуна шитоб дорад?
2. Шитоби марказрав чӣ гуна самт дорад?
3. Формулаи модули шитоби марказравро навишта маънидод намоед.
4. Ба таври нақшавӣ самти шитоби марказравро нишон диҳед.
5. Барои чӣ ҳаракати мунтазами ҷисм аз рӯйи давра ҳаракати собит-шитоб ба шумор намеравад?
6. Шитоби марказравро дар ҳаракати мунтазам аз рӯйи давра дар нақша нишон дода, формулаи онро навишта маънидод намоед.

## ХУЛОСАҲОИ МУҲИММИ БОБ

Барои омӯхтани ҳаракатҳои механикии ҷисмҳо аз фаҳмиши нуқтаи материалӣ истифода бурда мешавад.

*Ҷисме, ки масса дорад ва андозаи он дар шароити муайян ба эътибор гирифта намешавад, нуқтаи материалӣ номида мешавад.*

*Изе, ки нуқтаи материалӣ ҳангоми ҳаракати худ мекашад, траектория номида мешавад.* Вобаста ба шакли траектория ҳаракатҳои ростхатта ва қачхаттаро аз ҳамдигар фарқ менамоянд.

Инчунин барои омӯзиши ҳаракати ҷисмҳо аз системаи сарҳисоб истифода мебаранд.

*Маҷмӯи ҷисми сарҳисоб, системаи координатаҳои ба он алоқаманд ва асбоби вақтро ченкунанда системаи сарҳисоб номида мешавад.*

Барои тавсифи ҳаракати тағйирёбанда аз мафҳумҳои суръати миёна, суръати лаҳзавӣ ва шитоб истифода мебаранд.

*Бузургии физикие, ки тағйироти суръати ҷисмро дар фосилаи муайяни вақт ифода менамояд, шитоб номида ва бо формулаи зерин ифода карда мешавад:*

$$\vec{a} = \frac{\vec{g} - \vec{g}_0}{t}$$

Дар ҳаракати собитшитоб шитоб бузургии собит мебошад. Дар ҳаракати собитшитоб ҳангоми маълум набудани вақти ҳаракат суръати ҷисм аз формулаи зерин ёфта мешавад:

$$g_x = \sqrt{2a_x s_x}$$

Дар ҳаракати қачхатта вектори суръат тағйир ёфта меистад ва ҳамеша ба нуқтаи дилхоҳи траектория аз рӯйи расанда равона мебошад.

Яке аз намуди содатарини ҳаракати қачхатта, ҳаракати ҷисм аз рӯйи давра ба шумор меравад.

Ҳаракати ҷисм аз рӯйи давра бо суръати хаттӣ, суръати кунҷӣ, даври гардиш ва басомади гардиш тавсиф карда мешавад.

## БОБИ 2

### АСОСҲОИ ДИНАМИКА

Дар фасли «Асосҳои кинематика» бо намудҳои гуногуни ҳаракати механикии ҷисмҳо шинос гардидем.

Маълум гардид, ки ҳаракатҳои гуногун аз ҳамдигар бо шитобашон фарқ мекунанд.

Масалан, дар ҳаракати мунтазам шитоби ҷисм ба сифр баробар буда, дар ҳаракати собитшитоб ҳам аз ҷиҳати самт ва ҳам аз ҷиҳати модул собит аст ва дар ҳаракати мунтазами ҷисм аз рӯйи давра аз ҷиҳати модул собит буда, ҳамеша сӯйи маркази давра равона мебошад.

Донишмандони шитоби ҷисм масъалаи хеле муҳим ба шумор меравад ва онро надонишмандони масъалаҳои механикаро ҳал кардан имконнопазир аст.

Барои муайян кардани шитоби ҷисм сабабҳои ба вучуд омадани онро донишмандон зарур мебошад.

Сабабҳои ба амал омадани ҳаракатҳои гуногун ва дорони шитоб гардидани ҷисмҳо ро фасли асосии механика – динамика меомӯзад.



*Исаак Нютон*

Асосгузори динамика олими англис Исаак Нютон (1643-1727) мебошад.

Нютон соли 1686 асари машҳури худ «Ибтидои математикаи фалсафai нату-ралӣ»-ро нашр намуд, ки дар он се қонуни худро баён кардааст ва онҳо ҳулосаи таҷрибаҳои дониши бисёрасраи инсоният доир ба ҳаракатҳои гуногун ба шумор мераванд.

Қонунҳои Нютон, қонунҳои механикаи классикӣ буда, ҳудудҳои муайяни татбиқи худро доранд. Барои ҳаракатҳои муқаррарии рӯйизаминӣ қонунҳои механикаи классикӣ татбиқи васеъ доранд ва мо ҳангоми омӯзиши ин фасли механика бо онҳо шинос мешавем.

## 2.1. НАВЪҲОИ ҚУВВАҲОИ МЕХАНИКӢ ДАР ТАБИАТ

Ҳаракатҳои механикӣ дар таҳти таъсири ҳамдигарии ҷисмҳо ба амал меоянд.

Таъсири байнихамдигарии ҷисмҳо бо бузургии махсуси физикӣ-қувва тавсиф карда мешавад.

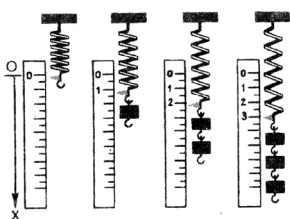
*Бузургии физикӣ, ки таъсири як ҷисмро ба ҷисми дигар ифода менамояд, қувва номида мешавад.*

Нютон қувваро чунин таъриф додааст: "Қувваи ба ҷисм гузошташуда таъсиротест барои тағйир додани ҳолати оромӣ ё ҳаракати ростхаттаи мунтазами он". Қувва бузургии векторӣ мебошад.

Қувваро бо тарозуҳои пружинадор – динамометрҳо чен мекунанд. Дар СИ ба сифати воҳиди қувва Нютон (Н) қабул карда шудааст.

Аз рӯйи табиаташон чунин навъҳои қувваҳои механикӣ – қувваи чандирӣ, қувваи вазнинӣ, қувваи соиш ва қувваи ҷозибаро аз ҳамдигар фарқ менамоянд.

Сохти динамометр ба вобастагии қувваи чандирӣ аз ёзиши пружин асос карда шудааст. Барои дар пружин вобастагии қувваи чандириро аз ёзиши он муқаррар кардан ба нӯги он ба таври амудӣ ҷисмҳои гуногунмасса оварта, ҳар дафъа ёзиши онро бо шкала чен кардан лозим аст (расми 2.1.1).



Расми 2.1.1

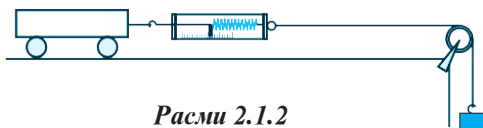
Бар муқобили хатҳои шкала ададҳои нависем, ки қимати қувваи чандирии пружинро бо нютонҳо ифода намояд, пружин дараҷабандӣ мешавад. Ин гуна пружини дараҷабандишуда асбобест, ки барои чен кардани қувва истифода бурда мешавад ва он

динамометр (қуввасанҷ) номида мешавад.

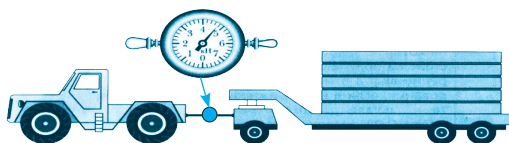
Дар расмҳои 2.1.2 ва 2.1.3 бо динамометр чен кардани қувва дар мавридҳои гуногун нишон дода шудааст.

Дар расми 2.1.1 як нӯги динамометр ба ҷисм баста шудаасту нӯги дигараш тавре маҳкам карда шудааст, ки беҳаракат нигоҳ дошта мешавад. Таҳти таъсири қувваи  $\vec{F}$  ҷисм

шитоб гирифта, ба ҳаракат мебарояд ва нӯги пружини динамометрро мекашад. Дар натиҷаи ёзиши пружин қувваи ҷандирии самти ба қувваи  $\vec{F}$  муқобил ҳосил мешавад. Ҳангоми қувваи ҷандирий  $\vec{F}_r$  ба қувваи  $\vec{F}$  модулан баробар гардидан, ҷисм қарор мегирад ва ақрабаки динамометр дар шкала бузургии қувваи  $\vec{F}$ -ро нишон медиҳад.



Расми 2.1.2



Расми 2.1.3

Дар расми 2.1.3 тарзи чен кардани қувва бо динамометр ҳангоми ҳаракати трактор нишон дода шудааст. Динамометр дар ин маврид қувваи аз тарафи Замин ба аробаи ба трактор басташуда таъсиркунандаро чен мекунад.

Дар ин гуна мавридҳо барои дуруст чен кардани қувва суръати трактор собит буданаш зарур аст.

Бо табиати ин қувваҳо, ҷӣ тавр ва ҷӣ гуна ба ҷисмҳо шитоб бахшидани онҳо дар баёни мавзӯҳои дигар шинос мегардем.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Қувва гуфта ҷиро меноманд?
2. Қувва ҷӣ гуна бузургӣ аст ва бо кадом воҳидҳо чен карда мешавад?
3. Қувва бо кадом асбоб чен карда мешавад?
4. Сохти динамометр ба ҷӣ асос карда шудааст?
5. Ҷӣ тавр бо динамометр дар мавридҳои гуногун қувваро чен мекунанд?
6. Аз рӯи табиаташон кадом навъи қувваҳоро аз ҳамдигар фарқ менамоянд?
7. Пайдоиши қувваро бо мисолҳо фаҳмонед ва доир ба воҳиди ченкунии он маълумоти муфассал диҳед.



## 2.2. ҚОНУНИ ЯКУМИ НЬУТОН.

### ИНЕРСИЯ

Таҷрибаҳо тасдиқ менамоянд, ки ҳеҷ як ҷисми нисбат ба ҷисми дигар ором буда, худ аз худ аз ин ҳолат намебарояд. Ҷисмҳо таҳти таъсири ҷисмҳои дигар аз ҳолати оромӣ мебароянд.

Масалан, тӯби ороми дар болои Замин буда бо таъсири пойи писарбача ба ҳаракат медарояд.

Ҳамин тариқ, агар ба ҷисм дигар ҷисмҳо таъсир наку-  
нанд, вай ҳолати оромии худро нигоҳ медорад.

Ҷисме, ки аз таъсири ҷисмҳои дигар озод аст, абадӣ ҳа-  
ракати мунтазам менамояд. Чунин ҳаракатро ҳаракати иде-  
алӣ меноманд. Фаҳмиши ҳаракати идеалиро аввалин бор  
дар асри XVII Галилей пешниҳод намуда буд.

Дар табиат ин гуна шароитро муҳайё кардан имконно-  
пазир аст, чунки ҳамаи ҷисмҳо байни ҳамдигар таъсири му-  
тақобил мекунанд.

Галилей нишон дод, ки ҳангоми набудани таъсири беру-  
на ҷисм на танҳо дар ҳолати оромӣ мешавад, балки ростхат-  
та ва мунтазам ҳаракат менамояд.

Масалан, агар барои мизи ҳаракатгирифта қувваи соиш  
барҳам дода шавад, он бе таъсири беруна ҳаракати мунтаза-  
ми худро давом медиҳад.

Исаак Нютон хулосаҳои Галилейро чамъбаст намуда қо-  
нунеро муқаррар намуд, ки он қонуни якуми Нютон номида  
ва чунин таъриф карда мешавад: ***агар ба ҷисм дигар ҷисмҳо  
таъсир накунанд, вай ҳолати оромӣ ё ҳаракати ростхаттаи  
мунтазами худро нигоҳ медорад.***

Қонуни якуми Нютон имконият медиҳад, ки ба саволи  
дар кадом маврид ҷисм ором аст ё ҳаракати ростхаттаи мун-  
тазам мекунад, ҷавоб гӯем. Мувофиқи ин қонун агар қувваи  
натиҷавии ба ҷисм таъсиркунанда ба сифр баробар бошад,  
он гоҳ ҷисм дар ҳолати оромӣ мешавад ё ҳаракати ростхат-  
таи мунтазам мекунад.

Масалан, китоб дар рӯйи миз ором аст ё мошин дар роҳи  
рости ҳамвор мунтазам ҳаракат мекунад. Дар ин шароит ба

китоб қувваи вазнинӣ ва ба мошин қувваи пешбарандаи ҳаракатдиханда таъсир мерасонад. Ин қувваҳо дар навбати худ бо қувваи чандирии миз ва қувваи соиш байни роҳ ва чархҳои мошин дар мувозинат мебошанд ва қувваи натиҷавии ба ҷисмҳо таъсиркунанда ба сифр баробар аст.

*Ҳангоми набудани таъсири берунӣ ҳолати оромӣ ё ҳаракати ростхаттаи мунтазами худро нигоҳ доштани ҷисмро инерсия меноманд.*

Қонуни якуми Нютонро қонуни инерсия низ меноманд.

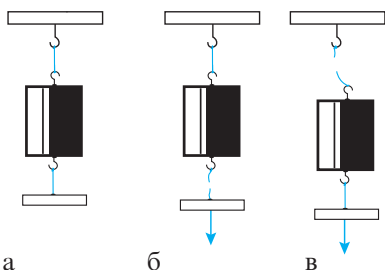
Инерсия яке аз хусусиятҳои умумитарини ҷисмҳо ба шумор меравад ва қатъи назар аз андоза ва мавқеи ишғолкардааш ба ҳамаи ҷисмҳо хос аст. Аз сабаби мавҷуд будани инерсия ҷисмҳо суръаташонро якбора тағйир дода наметавонанд, яъне барои ин қадре вақт зарур мебошад. Ин хусусияти ҷисмҳо инертият – хосияти ҷисмҳоро ифода менамояд.

Барои ҷисми бе шитоб ҳаракаткунанда мегӯянд, ки он бо инерсия ҳаракат мекунад. Ҷисме, ки ҳангоми таъсири мутақобил суръати худро камтар тағйир медиҳад, инерсияи зиёдтар ва ҷисме, ки суръати худро бештар тағйир медиҳад, инерсияи камтар дорад.

Дар таҷрибаи зерин зоҳиршавии хосияти инертияти ҷисмҳо ва нақши муддати таъсири мутақобилро дида мебароем (расми 2.2.1).

Дар расмони борик бор овехта ва аз поёни он ҳамин гуна расмон баста шудааст (расми 2.2.1, а). Ҳангоми расмони поёнро якбора кашидан, он канда мешавад ва бор овезон менамояд (расми 2.2.1, б). Ин бо он маънидод карда мешавад, ки ҳангоми якбора кашидани расмон муддати таъсири мутақобили даст ва расмон чунон кӯтоҳ аст, ки дар ин муддат бор суръати худро тағйир дода наметавонад ва расмони боло намеканад, яъне инертияти бор калон мебошад. Расмони поён ҳангоми якбора кашидан суръаташро бештар тағйир медиҳад, инертияти хурд дорад, бинобар ин канда мешавад. Ҳангоми расмони поёнро оҳиста-оҳиста кашидан, расмони боло канда мешавад ва бор меафтад (расми 2.2.1, в). Дар ин

маврид таъсири мутақобили дасту бор муддати зиёдтар давом меёбад ва дар ин муддат суръати бор то дараҷае зиёд мешавад, ки кӯчиши он боиси кандани ресмони таранг кашидашуда мегардад.



Расми 2.2.1

Ҳамин тариқ, инертият яке аз хосиятҳои муҳимтарини ҷисмҳо ба шумор меравад. Шитобе, ки ҷисмҳо дар натиҷаи таъсири мутақобил бо дигар ҷисмҳо соҳиб мешаванд, аз инертияти онҳо вобаста мебошад.

Дар техника ва истеҳсолот мавҷудияти инерсияро ба эътибор гирифтани зарур мебошад.

Мавҷудияти инерсияро ба эътибор гирифта ронандагон дар гардишҳои роҳ нақлиётҳо ро бо суръати паст меронанд ва ҳаракати нақлиёти суръаташ баландро оҳиста-оҳиста қатъ менамоянд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кадом вақт ҷисмҳо дар ҳолати оромӣ мешаванд ё ҳаракати рост-хаттаи мунтазам менамоянд?
2. Қонуни якуми Нютон чӣ тавр таъриф карда мешавад?
3. Инерсия гуфта чиро меноманд?
4. Мавҷудияти инерсия ва хосияти инертияти ҷисмҳо ро бо мисолҳо фаҳмонед.
5. Доир ба муқаррар намудани қонуни якуми Нютон маълумот диҳед ва иҷрошавии онро бо мисолҳои ҳаёти фаҳмонед.

## 2.3. СИСТЕМАИ ИНЕРСИАЛИИ САРҲИСОБ

Маълум аст, ҳаракати ҷисмҳо нисбат ба системаи сарҳисоб омӯхта мешавад ва ҳаракату оромии онҳо нисбианд. Ҳамон як ҷисм нисбати як системаи сарҳисоб дар ҳолати оромӣ ва нисбат ба системаи сарҳисоби дигар дар ҳаракат буда метавонад. Масалан, истгоҳи автобуси мусофирбар нисбат ба системаи сарҳисоби бо Замин алоқаманд ором аст. Нисбат ба системаи сарҳисоби бо автобуси аз назди

истгоҳ мунтазаму ростхатта ҳаракаткунанда алоқаманд, истгоҳ ором набуда мунтазаму ростхатта, вале сӯйи муқобил ҳаракат мекунад.

Ҳамин тавр, дар ҳолати оромӣ ё дар ҳаракати мунтазаму ростхатта будани ҷисмҳо аз ҳолати системаҳои сарҳисоб вобастагӣ дорад.

Масалан, нисбат ба системаи сарҳисоби бо вағони мунтазаму ростхатта ҳаракаткунанда алоқаманд ҷисмҳои дар дохили вағон ором буда, оромии худро нигоҳ медоранд.

***Системаи сарҳисобе, ки нисбат ба он ҷисмҳо ҳаракати ростхаттаи мунтазам менамоянд ё ҳолати оромии худро нигоҳ медоранд, системаи инерсиалии сарҳисоб номида мешавад.***

Ҳамаи системаҳои инерсиалии нисбат ба якдигар ороманд ё бо суръати собит ҳаракат мекунанд.

Дар мисолҳои боло системаи сарҳисоби бо Замин алоқаманд ва системаи сарҳисоби нисбат ба Замин ростхатта ва мунтазам ҳаракаткунанда, системаҳои сарҳисоби инерсиалии мебошанд.

Маълум гардид, ки дар системаҳои инерсиалии қонуни якуми Нютон аниқ иҷро мешавад. Дар системаҳое, ки нисбат ба системаи сарҳисоби асосӣ ростхатта ва мунтазам ҳаракат мекунанд, қувваи инерсия мавҷуд нест. Бинобар ин, агар ба ҷисми дар даруни вағони ростхатта ва мунтазам ҳаракаткунанда шитоби муайяни  $\vec{a}$  доданӣ шавем, ба он бо чунин қувва таъсир кардан лозим меояд, ки ҳангоми ором будани вағон лозим аст.

***Бинобар он, дар дохили системаи ҳаракати ростхатта ва мунтазам кардаистода (системаи инерсиалии), бо ёри таҷрибаҳои механикӣ суръати системаро ва умуман он далеле, ки система ҳаракати ростхаттаи мунтазам мекунад ё ором меистад, муайян кардан мумкин нест. Ин хулосаро Галилей баён кардааст ва принципи нисбии Галилей номида мешавад.***

Ҳамин тариқ, дар ҳамаи системаҳои инерсиалии сарҳисоб ҳамаи ҷараёнҳои механикӣ якхела мегузаранд. Дар мавриди тағйир ёфтани суръати вағони ҳаракаткунанда, ҷисмҳои дар он ором буда, ба ҳаракат мебароянд.

Ҳар як одам аз таҷрибаи худ медонад, ки дар автобусу троллейбусҳо дар вақти тағйир ёфтани суръат онҳо мувозинати худро гум мекунанд ва бе таъсири дигар ҷисмҳо ба ҳаракат медароянд. Яъне, дар ин маврид қонуни якуми Нютон риоя намешавад.

Ҳамин тавр, дар системаҳои сарҳисоби нисбат ба системаҳои инерсиалии сарҳисоби бо Замин алоқаманд бо шитоб ҳаракаткунанда қонуни якуми Нютон риоя карда намешавад.

Системаи сарҳисобе, ки нисбат ба системаи инерсиалии сарҳисоб бо шитоб ҳаракат мекунад, системаи ғайриинерсиалии сарҳисоб номида мешавад.

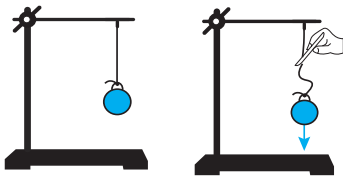
## **САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР**

- 1. Нисбат ба як системаи сарҳисоб дар ҳолати оромӣ ва нисбат ба системаи сарҳисоби дигар дар ҳаракат будани ҳамон як ҷисмро маънидод намоед.*
- 2. Чӣ гуна системаи ҳисобкуниро системаи инерсиалии сарҳисоб меноманд?*
- 3. Дар кадом системаи сарҳисоб қонуни якуми Нютон аниқ иҷро мешавад?*
- 4. Чӣ гуна системаи сарҳисобро системаи ғайриинерсиалии сарҳисоб меноманд?*
- 5. Доир ба системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ ва ғайриинерсиалӣ маълумоти муфассал диҳед ва бо мисолҳои ҳаётии фаҳмонед.*

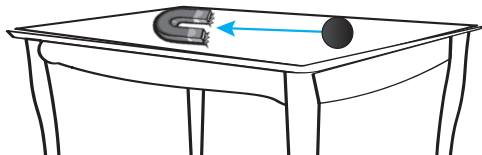
## **2.4. ШИТОБ ГИРИФТАНИ ҶИСМҲО ДАР НАТИҶАИ ТАЪСИРИ МУТАҚОБИЛИ ОНҲО**

Дар табиат ҳамаи ҷисмҳо ба ҳамдигар таъсири мутақобил менамоянд. Ҳамаи намудҳои ҳаракати механикӣ дар натиҷаи таъсири байниҳамдигарии ҷисмҳо ба амал меоянд.

Масалан, саққои дар ресмон овезон (расми 2.4.1) баъди буридани ресмон таҳти таъсири ҷозибаи Замин ба поён ҳаракат менамояд. Шайбаи дар рӯйи ях хобида бо зарбаи ҷӯби чавгон ба ҳаракат медарояд. Саққои пӯлодин бо таъсири магнит ба ҳаракат медарояд (расми 2.4.2). Тӯби футбол бо таъсири пой футболбоз ба ҳаракат медарояд. Тахтаи болои ҷӯйбор ҳангоми дар болояш истодани одам қат мегардад.



Расми 2.4.1



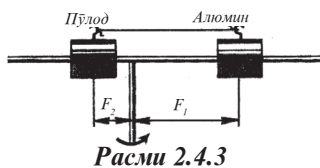
Расми 2.4.2

Ҳамин тариқ, ҳаракати ҷисмҳо ва тағйирёбии шаклу андозаи онҳо бо таъсири дигар ҷисмҳо ба амал меояд.

Дар мисолҳои овардашуда ҷисмҳо таҳти таъсири ҷисмҳои дигар ҳаракати тағйирёбанда карда ба шитоб соҳиб мегарданд. Масалан, саққои дар назди магнит буда бо таъсири магнит бошитоб ҳаракат менамояд.

Ҳамин тариқ, сабаби бошитоб ҳаракат кардани ҷисмҳо таъсири ҷисмҳои дигар мебошад.

Ҳангоми таъсири мутақобили ду ҷисм якеаш таъсиркунанда ва дигараш таъсирбинанда ба шумор меравад. Ҳар ду ҷисми таъсири мутақобилкунанда "баробарҳуқуқ" мебошанд. Ҳар яки онҳо ба дигараш таъсир бахшида ва аз он таъсир дида метавонад.



Расми 2.4.3

Таъсири мутақобили силиндрҳои андозаашон якхелаи алюминию пӯлодиرو, ки ҳаракати гирдхаттаи мунтазам мекунанд, дида мебароем (расми 2.4.3).

Силиндрҳо ба қади меҳварашон сӯроҳӣ доранд ва ба мила пӯшонида шудаанд. Онҳо қад-қади мила бо соиши кам ин сӯ – он сӯ лағзида метавонанд.

Миларо бо силиндрҳо ба мошини марказгурез васл намуда ба гардиш мебарорем. Силиндрҳо дар ҳол сӯйи нӯғҳои мила мелағзанд. Дар ин маврид силиндрҳо бо якдигар таъсири мутақобил намекунанд.

Силиндрҳоро бо ресмони борик пайваст карда миларо аз нав ба гардиш мебарорем. Дар ин маврид силиндрҳо ба воситаи ресмон таъсири мутақобил мекунанд. Онҳо аз ҳамдигар дур шуда, дар масофаи муайян аз меҳвари гардиш лағзиши худро қатъ мегардонанд ва аз рӯйи давраҳои

радиусашон  $r_1$  ва  $r_2$  ҳаракати гирдхатта мекунад. Шитоби марказрави цилиндрҳо дар ҳаракати гирдхатта  $a = 4\pi^2 n^2 r$  ( $n$  – басомади гардиш,  $r$  – радиуси траекторияи гирдхатта) буда, сӯйи марказ самт дорад.

Барои нисбати модулоҳои шитобҳои марказрави цилиндрҳо навиштан мумкин аст:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{4\pi^2 n^2 r_1}{4\pi^2 n^2 r_2} = \frac{r_1}{r_2}.$$

Радиусҳои  $r_1$  ва  $r_2$  -ро чен карда мебинем, ки нисбати онҳо ба 3 баробар аст, яъне нисбати шитобҳои цилиндрҳо низ ба 3 баробар мебошад. Ҳангоми тағйир додани дарозии ресмони бандандаи цилиндрҳо ё суръати гардиши мила шитоби цилиндрҳо тағйир меёбанд, вале нисбати шитоби онҳо ҳамеша ба 3 баробар мешавад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Сабаби шитоб гирифтани ҷисмҳоро фаҳмонед.
2. Ҳангоми таъсири мутақобили ҷисмҳо шитоби онҳо чӣ гуна самт доранд ва нисбати модули шитоби онҳо ба чӣ гуна бузургӣ соҳиб мешаванд?
3. Собит мондани нисбати модули шитобҳои ҷисмҳои таъсири мутақобилкунандаро бо мисолҳо фаҳмонед.
4. Агар цилиндрҳои алюминӣ ва пӯлодӣ дар расми 2.4.3 бо ресмони дарозии 8 см пайваст карда шаванд, ҳангоми гардиш ҳар яки онҳо аз меҳвар дар чӣ қадар дурӣ ҷой мегирад?
5. Сабаби ба шитоб соҳиб гардидани ҷисмҳоро бо мисолҳои мушаххас фаҳмонед.

## 2.5. МАССАИ ҶИСМҲО

Ҳангоми таъсири якхела бахшидан суръати ҷисмҳои гуногун ҳархела тағйир меёбад. Ба таври дигар, таъсири якхела ба ҷисмҳои гуногун шитобҳои гуногун мебахшад.

Шитобе, ки ба он ҷисмҳо соҳиб мешаванд, бо афзоиши бузургии таъсир зиёд гардида, аз бузургии махсуси физикӣ, ки хосияти ҷисмро тавсиф менамояд ва масса номида мешавад, вобастагӣ дорад. Массайи ҷисмҳо бо ҳарфи  $m$  ишора карда мешавад.

Чисме, ки ҳангоми таъсири мутақобил ба шитоби модулаш кам соҳиб мешавад, яъне инертияти бештару массаи калон ва чисми ба шитоби модулаш калон соҳиб гардида инертияти кам ва массаи хурд дорад.

Яъне, чӣ қадаре ки массаи чисм калон бошад, инертияти он низ калон мешавад. Масалан, инертияти вағони бордор аз инертияти вағони холӣ калон аст.

Аз муҳокимарониҳои боло хулоса мебарояд, ки массаи чисмҳо ба моддаи таркиби онҳо вобаста мебошад ва чӣ қадаре, ки миқдори моддаи таркиби чисм зиёд бошад, массаи он низ ҳамон қадар калон мешавад. Бинобар ин массаро ин тавр таъриф медиҳем: миқдори моддаи дар таркиби чисм бударо массаи чисм меноманд.

Ба сифати воҳиди масса дар Системаи байналхалқии воҳидҳои бузургҳои физикӣ (*СИ*) 1 килограмм (*кг*) қабул карда шудааст. Килограмм яке аз воҳидҳои асосии *СИ* ба шумор меравад. 1 *кг* ба массаи цилиндри платинагӣ – иридийи баландиву диаметраш 39 миллиметрӣ баробар аст, ки дар Бюрои байналхалқии чену вазн дар Севр (Фаронса) нигоҳ дошта мешавад. Муайян гардидааст, ки массаи 1 л оби тозаи ҳарораташ 15°C ба 1 *кг* баробар мебошад.

Барои чен кардани массаи чисмҳо инчунин аз усули баркашкунӣ истифода мебаранд, ки усули асосӣ ба шумор меравад.

Қайд кардан лозим аст, ки бо усули баркаш кардан чен намудани массаи Офтоб, сайёраҳо, чирмҳои дигари осмонӣ, массаи атомҳою зарраҳои таркиби онҳо имконнопазир аст. Бинобар ин, чен кардани массаи чирмҳои осмонӣ, атомҳою зарраҳои элементарӣ аз рӯи нисбати шитобҳои чисмҳои таъсири мутақобилкунанда усули ягона ба шумор меравад.

Массаи чисмҳо аз чӣ тавр таъсири мутақобил кардан ва чӣ гуна ҳаракат кардани чисмҳо вобаста набуда, дар кучое ки набошад, ҳамеша собит мебошад.

Ҳамин тариқ, дар механикаи классикӣ, ки механикаи нютонӣ номида мешавад, чунин ҳисоб карда мешавад:



1. Масса андозаи миқдори модда ба шумор меравад;
2. Массаи системаи ҷисмҳо ба суммаи массаи ҷисмҳои алоҳидаи он баробар аст;
3. Массаи системаи ҷисмҳои маҳдуд кардашуда ҳамеша собит буда, бо гузашти вақт тағйир намеёбад;
4. Массаи ҷисмҳо, ҳангоми аз як системаи сарҳисоб ба дигараш гузаштан, тағйир намеёбад, инчунин дар системаҳои инерсиалии гуногун яхела мебошад;
5. Массаи ҷисмҳо андозаи инертияти онҳо ба шумор меравад;
6. Массаи ҷисмҳо манбаи ҷазбшавии гравитатсионии байни онҳо ба шумор меравад.

Чи тавре ки қайд кардем, массаи ҷисмҳо аз ҷӣ гуна ҳаракат кардани онҳо вобастагӣ надорад ва ҳамеша собит мебошад. Ин тасдиқҳо танҳо барои суръатҳои хурд дуруст мебошанд. Барои суръатҳои калон (ба суръати рӯшноӣ наздик) бо афзоиши суръат массаи ҷисмҳо афзуда меравад.

Дар назарияи нисбии Эйнштейн вобастагии массаи ҷисмҳо аз суръати онҳо бо формулаи зерин ифода карда мешавад:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (2.5.1)$$

дар ин ҷо  $m_0$  - массаи ҷисм дар ҳолати оромӣ,  $m$  - массаи ҷисм ҳангоми бо суръати  $v$  ҳаракат кардани он,  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{M}{C}$  – суръати рӯшноӣ дар вакуум аст.

Мавридҳои хусусии формулаи (2.5.1)-ро дида мебароем:

1. Агар  $v \ll c$  бошад,  $\frac{v^2}{c^2} \approx 0$ ,  $m = m_0$  мешавад, яъне барои суръатҳои хурд массаи ҷисм ба массаи ороми он баробар аст;

2. Агар  $v = c$  бошад,  $\frac{v^2}{c^2} \approx 1$ ,  $m = \infty$  мешавад, яъне ҳангоми суръати ҷисм ба суръати рӯшноӣ наздик шудан, массаи ҷисм беохир калон мешавад.

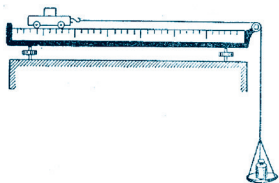
Барои ҷисмҳои макроскопӣ массаи онҳоро ҳамеша собит ҳисобидан мумкин аст, чунки онҳо бо суръатҳои аз суръати рӯшноӣ хеле хурд ҳаракат мекунанд.

Зиёдшавии масса бо афзоиши суръат хоси зарраҳои элементарӣанд, махсусан дар суръатфизоҳои зарраҳои элементарӣ массаи зарраҳо дар суръатҳои калон (ба суръати рӯшноӣ наздик) афзуда меравад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Оё суръати ҷисро якбора тағйир додан имконпазир аст?
2. Моҳияти хосияти инертиятро маънидод намоед.
3. Инертияти ҷисм бо чӣ гуна бузургӣ тавсиф карда мешавад?
4. Барои чен кардани массаи ҷисмҳо аз кадом усулҳо истифода мебаранд?
5. Дар СИ ба сифати воҳиди масса чӣ қабул карда шудааст?
6. Дар механикаи классикӣ массаи ҷисм чӣ тавр тавсиф карда мешавад?
7. Массаи ҷисм бо афзоиши суръат (ба суръати рӯшноӣ наздик) чӣ гуна тағйир меёбад?
8. Доир ба мафҳуми массаи ҷисмҳо маълумоти муфассал диҳед ва аз кадом бузургӣҳо вобаста будани онро фаҳмонед.

## 2.6. ҚОНУНИ ДУҶОМИ НЮТОН



Расми 2.6.1

Қонуни дуҷоми Нютон алоқамандии байни шитоби ҷисро бо қувваи ба ҷисм таъсирбахшанда ва массаи ҷисм муқаррар менамояд. Барои ин вобастагиро микдоран муқаррар кардан Нютон таҷрибаи зеринро гузаронид. Ӯ аробачаеро истифода бурд, ки дар сатҳи шишагии уфқӣ таҳти таъсири бор ҳаракат менамуд (расми 2.6.1).

Массаи аробачаро дар тарозуи фашангӣ, роҳи тайкарда ва вақти ҳаракати онро таҳти таъсири қувва (бор) чен намуда, аз формулаи зерин шитоби онро ҳисоб намуд:

$$a = \frac{s}{t^2}. \quad (2.6.1)$$

Қувваи ба ҳаракаторандаро (борро) 2 бор, 3 бор ва ғайра зиёд намуда, ченкунӣҳоро тақрор карда, ҳисоб намуд, ки

шитоби аробача низ 2 маротиба, 3 маротиба ва ғайра зиёд гардид.

Дар асоси таҷрибаҳои сершумор Нютон муқаррар кард, ки ҳангоми собит будани массаи ҷисм, шитоби он бо афзоиши қувваи таъсирбахшанда мутаносибан зиёд мешавад, яъне ҳангоми якчанд маротиба афзудан ё камшавии қувваи таъсирбахшанда, шитоби он ҳамон қадар зиёд ё кам мешавад. Ин вобастагиро ба шакли риёзӣ чунин ифода кардан мумкин аст:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_1}{F_2}. \quad (2.6.2)$$

Барои муқаррар кардани вобастагии байни масса ва шитоби ҷисм Нютон қувваи (бори) ба аробача таъсирбахшандаро собит нигоҳ дошта, массаи аробачаро 2 маротиба, баъд 3 маротиба ва ғайра зиёд намуда, ченкуниҳои масофаи тайкардаи аробача ва вақти ҳаракати онро гузаронида, шитоби онро ҳисоб намуд. Натиҷаҳои ҳисоб нишон доданд, ки шитоби аробача 2 маротиба, баъд 3 маротиба ва ғайра кам гардид.

Аз натиҷаҳои таҷрибаҳои сершумор Нютон ба хулосае омад, ки ҳангоми собит будани қувваи таъсирбахшанда шитоби аробача ба массаи он мутаносиби чаппа мебошад, яъне ҳангоми якчанд маротиба афзудани массаи ҷисм шитоби он ҳамон қадар кам мешавад. Ин вобастагӣ ба шакли риёзӣ ба намуди зайл ифода мешавад:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}. \quad (2.6.3)$$

Ин хулосаҳоро ҷамъбаст намуда, Нютон қонуни дуюми худро муқаррар намуд: **шитобе, ки бо он ҷисм ҳаракат менамояд, ба қувваи ба ҷисм таъсирбахшанда  $\vec{F}$  мутаносиби роста буда, ба массаи он мутаносиби чаппа мебошад:**

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}. \quad (2.6.4)$$

Ифодаи (2.6.4) шакли математикии қонуни дуҷуми Нютонро ифода менамояд ва муодилаи асосии динамикаи ҳаракати пешравӣ ба шумор меравад.

Аз формулаи (2.6.4) ҳосил мекунем:

$$\vec{F} = m\vec{a}. \quad (2.6.5)$$

Мувофиқи формулаи (2.6.5) қувваи ба ҷисм таъсирбахшанда ба ҳосили зарби массаи ҷисм ва шитоби соҳибгардидаи он баробар аст.

Аз формулаҳои (2.6.4) ва (2.6.5) дида мешавад, ки шитоби ҷисм ва қуввае, ки ин шитобро ба вучуд меорад, ҳамеша ҳамсамтанд.

Агар ба ҷисм якбора якчанд қувва таъсир расонад, дар ифодаи (2.6.5)  $\vec{F}$  баробартаъсиркунандаи ин қувваҳоро, ки қувваи натиҷавӣ ном дорад, ифода менамояд:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i, \quad (2.6.6)$$

дар ин ҷо аломати  $\Sigma$  (сумма) тарзи мухтасари навишти ҷамъи  $n$  қувваҳоро ифода менамояд.

Бо назардошти ифодаи (2.6.6) қонуни дуҷуми Нютонро ин тавр навиштан мумкин аст:

$$\vec{a} = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{F}_i}{m}. \quad (2.6.7)$$

Қайд кардан лозим аст, ки ифодаи (2.6.7) танҳо ҳангоми ҳаракати пешравандаи ҷисм дуруст аст.

Мувофиқи формулаи (2.6.7) қонуни дуҷуми Нютон ин тавр таъриф карда мешавад: **шитобе, ки ҷисм дар таҳти таъсири қувваи натиҷавӣ ба он соҳиб мегардад, ба бузургии ин қувва мутаносиби рости буда, ба массаи он мутаносиби чаппа мебошад ва он ба самти қувваи натиҷавӣ раван аст.**

Қонуни дуҷуми Нютонро қонуни асосии динамикаи низ меноманд, чунки бо ёрии он дар мавриди маълум будани қувваи ба ҷисм таъсирбахшанда, траектория ва қонуни ҳаракати нуқтаи материалиро муайян кардан мумкин аст.

Қонуни дуҷуми Нютон инчунин имконият медиҳад, ки дар мавриди муайян будани траектория ва қонуни ҳаракати нуқтаи материалӣ қувваи ба он таъсирбахшандаро муайян кунем.

Қонуни дуҷуми Нютон мисли қонуни якумаш танҳо ба-рои системаҳои инерсиалии сарҳисоб дуруст мебошад.

Дар асоси қонуни дуҷуми Нютон воҳиди қувваро дар системаҳои воҳидҳои гуногун муайян кардан мумкин аст.

Дар СИ:

$$F = 1 \text{ кг} \cdot 1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 1 \text{ Н (Нютон)}.$$

1Н қувваест, ки ба ҷисми массааш 1 кг таъсир намуда, онро шитоби  $1 \text{ м/с}^2$  мебахшад.

Дар системаи СГС:

$$F = 1 \text{ г} \cdot 1 \frac{\text{сМ}}{\text{с}^2} = 1 \text{ дн (дина)}.$$

1 дн қуввае мебошад, ки ба ҷисми массааш 1 г таъсир карда, онро бо шитоби  $1 \text{ см/с}^2$  соҳиб мегардонад.

Қувваи 1Н-ро бо қувваи 1 дн муқоиса менамоем:

$$1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot 1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 1 \cdot 10^3 \text{ г} \cdot 1 \cdot 10^2 1 \frac{\text{сМ}}{\text{с}^2} = 1 \cdot 10^5 \text{ дн}.$$

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Шитоби ҷисм ба қувваи таъсирбахшанда чӣ гуна вобастагӣ дорад?
2. Шитоби ҷисм ба массаи ҷисм чӣ гуна вобастагӣ дорад?
3. Қонуни дуҷуми Нютон ба шакли риезӣ чӣ тавр ифода ва таъриф карда мешавад?
4. Барои чӣ қонуни дуҷуми Нютонро қонуни асосии динамика меноманд?
5. Барои чӣ формулаи қонуни дуҷуми Нютонро муодилаи асосии динамикаи ҳаракати пешравӣ меноманд?

## 2.7. ҚОНУНИ СЕҶОМИ НҶОТОН

Таъсири ҷисмҳо ба якдигар ҳамеша таъсири мутақобил ба шумор мераванд.

Агар ҷисми  $A$  ба ҷисми  $B$  бо ягон қувва таъсир намояд, ҷисми  $B$  ҳам дар навбати худ ба ҷисми  $A$  бо ягон қувва таъсир мерасонад.

Барои ду ҷисми таъсири мутақобилкунанда муқаррар карда шудааст, ки нисбати модулҳои шитобҳои ҷисмҳо ба нисбати чаппаи массаи онҳо баробар аст:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad \ddot{\text{e}} \quad m_1 a_1 = m_2 a_2. \quad (2.7.1)$$

Азбаски шитоби ҷисмҳои таъсири мутақобилкунанда муқобили ҳамдигаранд, баробарии болоро чунин навиштан мумкин аст:

$$m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2. \quad (2.7.2)$$

Аз муқоисаи формулаи қонуни дуёми Нютон ва ифодаи (2.7.2) навишта метавонем:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad (2.7.3)$$

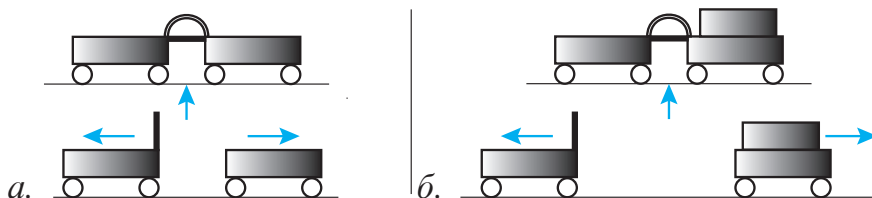
дар ин ҷо  $F_1 = m_1 a_1$  – қуввае, ки ба ҷисми якум аз тарафи ҷисми дуум ва  $F_2 = m_2 a_2$  – қуввае, ки ба ҷисми дуум аз тарафи ҷисми якум таъсир мекунад.

Формулаи (2.7.3) шакли математикии қонуни сеюми Нютонро ифода менамояд ва чунин таъриф карда мешавад: *қувваҳои, ки бо онҳо ду ҷисм ба ҳамдигар таъсири мутақобил менамоянд, ҳамеша аз ҷиҳати бузургӣ баробар буда, аз ҷиҳати самт муқобили ҳамдигаранд ва аз рӯйи хатти рости ҷисмҳоро пайвасткунанда равона мебошанд*. Инҳо қувваҳои мебошанд, ки ба ҷисмҳо гуногун гузошта мешаванд, табиати яқхела доранд ва якдигарро ягон вақт мувозинат намекунанд.

Масалан, ҳангоми таъсири мутақобили болғаю мех қувваи  $\vec{F}_1$  аз тарафи болға ба мех ва қувваи  $F_2$  аз тарафи мех ба болға таъсир мекунад.

Қонуни сеюми Нютон низ ба монанди қонунҳои якуму дуюмаш ҳамон вақт дуруст иҷро мешавад, ки агар ҳаракат дар системаи инерсиалии сарҳисоб муоина карда шавад.

Барои моҳияти қонуни сеюми Нютонро равшан наму-  
дан, таҷрибаи дар расми 2.7.1 овардашударо дида мебароем.



Расми 2.7.1

Ду аробачаи якхела дода шудааст. Ба аробачаи якум лавҳаи пӯлодии чандир маҳкам карда шудааст. Лавҳача қат карда нӯғҳояш бо ришта баста шудааст. Аробачаи дуюм ба аробачаи якум то ба нӯғи озоди лавҳача расидан наздик оварда мешавад (2.7.1, а).

Баъди риштаро буридан лавҳача рост шуда, ҳар ду аробачаҳо ба ҳаракат мебарорад ва шитобро соҳиб мешаванд.

Азбаски массаи аробачаҳо якхела аст, онҳо ба модули шитобҳои якхела ба суръатҳои якхела соҳиб мегарданд ва кӯчишҳои якхела мекунанд.

Ҳангоми ба яке аз аробачаҳо гузоштани бор (расми 2.7.1, б) кӯчиши аробачаҳо ва шитоби онҳо нобаробар мешавад. Аммо ҳосили зарби массаи аробачаҳо бар шитоби онҳо, яъне қувваи ба ҳар як аробача таъсирбахшанда модули якхела дорад.

Ин таҷриба низ ба монанди мисолҳои дигар табиати якхела доштани қувваҳое, ки ҳангоми таъсири мутақобили ду ҷисм дар як вақт ба амал меояд, тасдиқ менамояд.

Масалан, агар ба яке аз ин ҷисмҳо аз тарафи ҷисми дигар қувваи чандирӣ таъсир кунад, он гоҳ ҷисми дигар ба он ҷисм бо ҳамон гуна қувваи чандирӣ таъсир мекунад.

Қонуни сеюми Нютон дар техника татбиқи васеъ дорад. Таъсири мутақобили чархҳои қайқ ва оби дарё қувваи кашӣ ба вучуд меорад, ки қайқро ба ҳаракат мебарорад. Чархҳои қайқ обро бо ягон қувва ба қафо тела медиҳад, об чархро бо ҳамроҳи қайқ бо ҳамон гуна қувва ба пеш тела медиҳад ва дар натиҷа қайқ ба пеш ҳаракат мекунад.

Пропеллери ҳавопаймо ҳаворо ба қафо тела медиҳад, ҳаво пропеллерро бо ҳавопаймо ба пеш тела медиҳад ва дар натиҷа ҳавопаймо ба пеш ҳаракат мекунад. Бо баъзе татбиқҳои дигари қонуни сеюми Нютон ҳангоми баёни мавзӯҳои дигар шинос мегардем.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Қонуни сеюми Нютонро ба шакли ривзи нависед ва таъриф диҳед.
2. Доир ба татбиқи қонуни сеюми Нютон мисолҳо биёред.
3. Барои чӣ ҳангоми аз милтиқ парондани тир тавсия дода мешавад, ки онро ба китф саҳт қафс кардан лозим аст?
4. Ҳангоми таъсири мутақобили ду ҷисм қувваҳои пайдошуда якдигарро мувозинат менамоянд?
5. Чаро дар натиҷаи ба якдигар бархӯрдани мошини сабукрав ва мошини боркаш ҳамеша мошини сабукрав зиёдтар зарар мебинад?
6. Қонуни сеюми Нютон барои чӣ гуна системаи сарҳисоб дуруст иҷро мегардад?

## 2.8. ҚОНУНИ ҚОЗИБАИ УМУМИҶАҲОНӢ

Ба мо маълум аст, ки ҳамаи ҷисмҳои афтон бо шитоб сӯйи Замин ҳаракат мекунанд, яъне Замин ҳамаи ҷисмҳоро ба худ мекашад. Муқаррар кардан лозим буд, ки ҷисмҳои аз ҳамдигар дар масофаҳои калон ҷойгир буда низ, якдигарро қазб менамоянд.

Баъди кашфи қонунҳои Кеплер, ки танҳо ҳаракати сайёраҳоро менавиштанд, дар назди олимони ҳамон замон чунин савол пайдо мешавад: чӣ маҷбур мекунад, ки сайёраҳо доимо дар гирди Офтоб давр мезананд, суръати худро ҳам аз ҷиҳати бузургӣ ва ҳам аз ҷиҳати самт тағйир медиҳанд?

Ба ин савол Нютон ҷавоб медиҳад. Ӯ муқаррар мекунад, ки дар байни сайёраҳо ва Офтоб қувваи кашиш ё қувваи ҷозоба таъсир менамояд ва ин қувва сабаби дар атрофи Офтоб даврзании сайёраҳо мебошад.

Дар асоси қонунҳои Кеплер, таҳлили математикии онҳо ва ҷамъбасти тадқиқотҳои худ Нютон ба хулосае омад, ки ду ҷисми дилхоҳ чӣ гуна андозае, ки надошта бошанд, аз ҳам-



дигар дар чӣ гуна масофае, ки ҷойгир набошанд, якдигарро ҷазб мекунанд ва қувваи якдигарро ҷазбкунӣ онҳо аз массаи ҳардуи ҷисмҳо ва масофаи байни онҳо вобастагӣ дорад.

**Қувваҳои ҷозибаи умумичаҳонӣ ё қувваҳои гравитатсионӣ (аз латинӣ *gravitas*- вазнинӣ) номида мешаванд.**

Дар асоси ҳисобкунӣ Нютон муқаррар намуд, ки қувваи ҷозибаи байни сайёраҳо ва Офтоб (масофа байни марказҳои Офтоб ва сайёраҳо қабул карда мешавад), Моҳ ва Замин, инчунин Замин ва ҷисмҳои дилхоҳ ба ҳосили зарби массаи онҳо мутаносиби роста буда, ба квадрати масофаи байни онҳо мутаносиби чаппа мебошад.

Нютон тадқиқотҳои худро ҷамъбаст намуда, соли 1687 қонунеро кашф намуд, ки аз рӯйи он қувваи ҷозибаи дар байни ҷисмҳо таъсиркунанда муайян карда мешавад ва он қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ ном дорад.  $\vec{U}$  қонуни кашф кардаи худро ба ҳиссаҳои материалӣ низ татбиқ намуд.

Қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ ба шакли риёзӣ чунин навишта мешавад:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}. \quad (2.8.1)$$

Дар асоси формулаи (2.8.1) қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ чунин таъриф карда мешавад: **модули қуввае, ки таҳти таъсири он ду ҷисм ба якдигар ҷазб мешаванд, ба ҳосили зарби массаи ҷисмҳо  $m_1$  ва  $m_2$  мутаносиби роста буда, ба квадрати масофаи байни онҳо  $r^2$  мутаносиби чаппа мебошад.**

Қувваи ҷозиба, ҳамеша қувваи кашиш ба шумор меравад ва аз рӯйи хатти ростии аз маркази ҷисмҳои таъсири мутақобилкунанда гузаранда равона мебошад.

Дар формулаи (2.8.1)  $G$  коэффитсиенти мутаносиб буда, собити гравитатсионӣ ё собити ҷозибаи умумичаҳонӣ номида мешавад.

Формулаи (2.8.1) ҳангоми масофаи байни ҷисмҳо хеле зиёд будан, ҳангоми онҳоро чун нуқтаи материалӣ пиндоштан дуруст мебошад. Ҳангоми ҳисоб кардани қувваи

қозибайни байни Замину Моҳ ва Офтобу сайёраҳо онҳоро чун нуқтаи материалӣ пиндоштан мумкин аст.

Дар мавриди шакли куравӣ доштани ҷисмҳо ва ба масофаи байнашон наздик доштани андозаашон онҳо низ чун нуқтаҳои материалӣ ҷазб мешаванд, ки  $g$  дар маркази кураҳо воқеъ бошанд. Дар ин ҳолат  $R$  дар формулаи (2.8.1) масофаи байни марказҳои кураҳо ро ифода мекунад.

Агар ҷисм дар наздикии сатҳи Замин бошад, он гоҳ дар формулаи (2.8.1)  $R$  радиуси Заминро ифода мекунад.

Маънои физикии собитҳои гравитатсиониро дида мебароем. Агар массаи ҷисмҳои таъсири мутақобил  $m_1 = m_2 = 1$  кг ва масофаи байни онҳо  $R = 1$  м бошад, он гоҳ  $F$  ададан ба  $G$  баробар мешавад. Яъне, собитҳои гравитатсионӣ ададан ба қувваи кашиши ду ҷисми массаи ҳар якеашон 1 кг-ӣ, ки аз якдигар дар масофаи 1 м воқеанд, баробар аст.

Аз формулаи (2.8.1) барои собитҳои гравитатсионӣ ҳосил мекунем:

$$G = \frac{F \cdot R^2}{m_1 m_2}. \quad (2.8.2)$$

Аз ифодаи (2.8.2) дида мешавад, ки ченаки  $G$ ,  $H \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$  мебошад.

Қимати ададии  $G$ -ро танҳо бо роҳи таҷрибавӣ муайян кардан мумкин аст. Барои ин қувваи қозибайни байни ду ҷисми массаҳо ва масофаи байнашон маълумро аниқ чен кардан лозим аст. Чунин таҷрибаҳо бо усулҳои гуногун гузаронида шудаанд ва мувофиқи онҳо қимати ададии собитҳои гравитатсионӣ баробар аст:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}.$$

Қимати собитҳои гравитатсионӣ бори аввал бо усули таҷрибавӣ аз тарафи Квендиш соли 1798 бо ёрии тарозуи тобхӯранда муайян карда шудааст. Аз қимати собитҳои гравитатсионӣ дида мешавад, ки собитҳои гравитатсионӣ бузургии хеле хурд мебошад. Бинобар ин, мо қозибайни ҷисмҳои муқаррариро дида наметавонем.

Масалан, ду кураи массашон яктона дар мавриди ба 1 м баробар будан, масофаи байнашон бо қувваи  $6,67 \cdot 10^{-5}$  Н қазб мешаванд.

## САВОЛҶО БАРОИ ТАҚРОР

1. Қонуни қозибай умумичаҳониро ба шакли риёзӣ навишта таъриф диҳед.
2. Қувваи қозибай байни ду кура дар мавриди ду маротиба кам кардани массаи якеи онҳо чӣ қадар кам мешавад?
3. Қувваи қозибай байни ду кура дар мавриди ду маротиба зиёд кардани масофаи байнашон чӣ тавр тағйир меёбад?
4. Барои чӣ мо ба якдигар қазбшавии ҷисмҳоро дида наметавонем, бо вучуде ки сӯйи Замин қазб шудани онҳоро мушоҳида кардан осон аст?
5. Собити гравитационӣ чӣ гуна қимат ва маънои физикӣ дорад?
6. Собити гравитациониро чӣ тавр ва кӣ барои аввал муайян кардааст?

## 2.9. ҚУВВАИ ВАЗНИНӢ

Таҳти таъсири қувваи қозибай ҷисмҳои Замин кашида мешаванд. *Қуввае, ки бо он Замин ҷисмҳоро ба худ қазб мекунад, қувваи вазнинӣ номида мешавад.*

Қувваи аз тарафи Замин ба ҷисм таъсирбахшанда дар асоси қонуни қозибай умумичаҳонӣ муайян карда мешавад:

$$F = G \frac{M \cdot m}{R^2}, \quad (2.9.1)$$

дар ин ҷо  $M$ -массаи Замин,  $m$ - массаи ҷисм мебошад.

Ин қувва сӯйи маркази Замин равона буда, қувваи вазниниро ифода менамояд.

Ҳангоми дар рӯйи Замин воқеъ будани ҷисм ё аз сатҳи Замин чандон баланд ҷойгир нагардидани он, дар формулаи (2.9.1) ба ҷойи  $R$ , радиуси Замин истифода бурда мешавад.

Таҳти таъсири қувваи вазнинӣ ҷисмҳо озод афтида бо шитоби  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  ҳаракат мекунанд.

Мувофиқи қонуни дуҷоми Нютон навиштан мумкин аст:

$$g = \frac{F}{m}. \quad (2.9.2)$$

Қимати  $F$ -ро аз формулаи (2.9.1) гузошта ҳосил мекунем:

$$g = G \frac{M}{R^2}. \quad (2.9.3)$$

Аз ифодаи (2.9.3) дида мешавад, ки шитоби афтиши озод аз массаи ҷисм вобаста набуда, барои ҳамаи ҷисмҳо қимати якхела дорад. Ин хусусияти қувваи вазнинӣ (умуман қувваи ҷозибаи умумичаҳонӣ) тааҷҷубангез аст, чунки мувофиқи қонуни дуҷоми Нютон шитоби ҷисм ба массаи он бояд мутаносиби чаппа бошад. Ин аҷоиботро қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ чунин маънидод менамояд: қувваи ҷозибаи умумичаҳонӣ ҳама ҷисмҳоро аз он сабаб шитоби якхела мебахшад, ки худ ин қувва ба массаи ҷисми таъсирбахшанда мутаносиб аст.

Дар асоси мулоҳизаҳои боло қувваи вазниниро  $F_g$  ба намуни зерин ифода кардан мумкин аст:

$$F_g = mg. \quad (2.9.4)$$

Яъне, қувваи вазнинии ба ҷисм таъсиркунанда ба массаи ҷисм мутаносиб мебошад.

Ҳангоми дар баландии  $h$  аз сатҳи Замин ҷойгир будани ҷисм шитоби афтиши озод аз рӯйи муодилаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$g = G \frac{M}{(R + h)^2}. \quad (2.9.5)$$

Аз ифодаи (2.9.5) хулоса бармеояд, ки бо афзоиши баландӣ  $h$  аз сатҳи Замин шитоби афтиши озод бояд кам шавад. Барои он ки шитоби афтиши озод ба  $1 \text{ м/с}^2$  кам шавад, бояд ҷисм аз сатҳи Замин дар баландии 300 км ҷойгир бошад.

Дар баландиҳои то чанд ҳазор метр шитоби афтиши озод ва қувваи вазниниро аз мавқеи ҷисм новобаста пиндошта, собит ҳисобидан мумкин аст. Бинобар ин, дар наздиқиҳои сатҳи Замин афтиши озоди ҷисмҳо ҳаракати собитшитоб ба шумор меравад.

Ба ифодаи (2.9.4) тарзи хеле осони ҷенкунии массаи ҷисмҳо – баркашидан асос карда шудааст. Бо ёрии динамометр (тарозуи пружинӣ) қувваи вазниниро ҷен карда ва шитоби афтиши озод  $g$ -ро доништа, массаро ҳисоб кардан мумкин аст:

$$m = \frac{F_g}{g} . \quad (2.9.6)$$

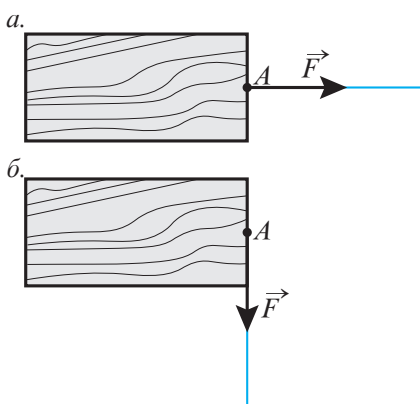
Ба тарозуи фашангдор низ массаи ҷисмҳоро чен меку-  
нанд. Ҳангоми дар мувозинат будани паллаи бордор ва  
паллаи сангдори тарозу вазни ҷисм баробари вазни санги  
тарозу мешавад, яъне ҳам ба ҷисм ва ҳам ба сангҳои тарозу  
қувваи вазнинии якхела таъсир менамояд.

Ин чунин маънӣ дорад, ки массаи ҷисм ба массаи санг-  
ҳои тарозу баробар аст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Қувваи вазнинӣ чист?
2. Ба массаи ҷисм вобаста набудани шитоби ба ҷисм бахшидаи қувваи вазниниро маънидод намоед.
3. Шитоби афтиши озод аз массаи ҷисм вобастагӣ надорад. Қувваи вазнинӣ чӣ?
4. Қувваи вазнинӣ бо афзоиши баландӣ аз сатҳи Замин чӣ тавр тағйир меёбад?
5. Аз рӯйи қимати қувваи вазнинӣ массаи ҷисмҳо чӣ тавр муайян карда мешавад?
6. Барои чен кардани массаи ҷисмҳо кадом усул бартарӣ дорад ва ҳасос ба шумор меравад?
7. Мавҷудияти қувваи вазниниро бо мисолҳои ҳаётий шарҳ диҳед.

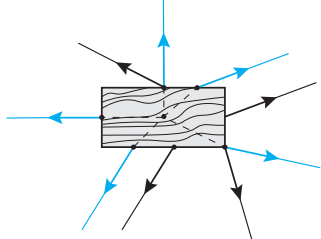
## 2.10. МАРКАЗИ ВАЗНИНӢ



Расми 2.10.1

Ҳангоми омӯзиши ҳаракати пешраванда муқаррар карда будем, ки ҳамаи нуқтаҳои ҷисм бо суръату шитоби якхела ҳаракат мекунанд. Бинобар ин, барои омӯзиши ҳаракати пешравандаи ҷисм омӯзиши ҳаракати яке аз нуқтаҳои он кифоя мебошад ва андозаи ҷисмро ба эътибор нагирифта, онро ҳамчун нуқтаи материалӣ дида баромадан мумкин аст.

Ҳамин тариқ, ҳангоми омӯзиши ҳаракати пешраванда ҷисми воқеиро бо нуқтаи материалӣ иваз менамоем. Дида мебароем, ки дар кадом мавридҳо ҷисмро бо нуқтаи материалӣ иваз кардан мумкин аст. Барои ин таҷрибаи зеринро дида мебароем.



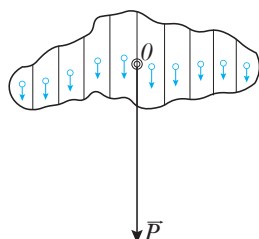
Расми 2.10.2

Ба нуқтаи  $A$ -и ҷӯбҷаи хиштшакл ресмон баста, ба рафти дарозии он бо қувваи  $F$  таъсир расонем (расми 2.10.1, а), хиштча ҳаракати пешраванда мекунад.

Агар ба ҳамон нуқтаи хиштча тавре таъсир кунем, ки самти қувва ба меҳвари он амудан равона шавад (расми 2.10.1, б), хиштча гардиш меҳӯрад ва ғайрипешраванда ҳаракат мекунад. Маълум гардид, ки дар мавриди аз рӯйи хатти рости ба рафти дарозии ҷисм таъсир кардани қувва хиштча ҳаракати пешраванда мекунад.

Дар расми 2.10.2 бо хатҳои кабуд самтҳои нишон дода шудаанд, ки ҳангоми қад-қади он таъсир намудани қувва ҷисм ҳаракати пешраванда мекунад. Ҳангоми қад-қади хатҳои сиеҳи нишон додашуда таъсир намудани қувва ҷисм гардиш меҳӯрад. Дар расми 2.10.2 ҳамаи хатҳои кабуд (хатҳои таъсири қувва) якдигарро дар як нуқта мебуранд ва ин нуқтаро маркази вазнинии ҷисм ё маркази массаҳо меноманд.

**Нуқтае, ки хатти таъсири қувваи ҷисмро пешбаранда аз он мегузарад, маркази вазнинӣ ё маркази массаҳо номида мешавад.** Ҳар гуна қуввае, ки хатти таъсири он аз маркази вазнинӣ намегузарад (мисли хатти сиеҳ), ҷисмро ин ё он сӯ мегардонад ё онро гардиш медиҳад.



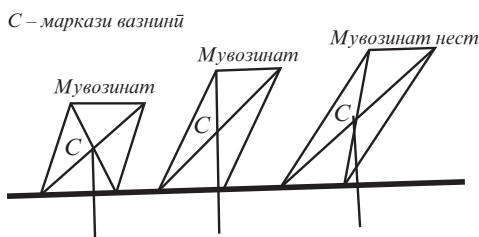
Расми 2.10.3

Ҳамин тариқ, дар ҳар як ҷисм нуқтае мавҷуд мебошад, ки таъсири ҳар гуна қувваи аз ин нуқта нагузаранда, гардиши онро ба вуҷуд меорад. Инчунин қайд кардан лозим аст, ки маркази вазнинӣ нуқтае мебошад, ки дар омӯзиши ҳаракати пешраванда, ҷисми воқеӣ бо он иваз

карда мешавад. Тахти таъсири қувваи вазнинӣ низ ҷисмҳо ҳаракати пешраванда мекунанд, чунки қувваи вазнинӣ ба ҳамаи зарраҳои ҷисм шитоби якхела мебахшад. Қувваи вазнинӣ ба ҳар як қисми алоҳидаи ҷисм таъсир мекунад ва ин қувваҳо параллел буда, амудан ба маркази Замин равонаанд (расми 2.10.3).

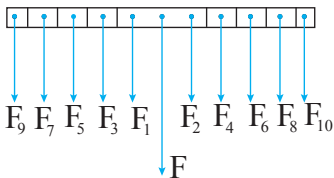
Барои ёфтани баробартаъсиркунандаи ин қувваҳо, яъне қувваи вазнинии ба ҷисм таъсиркунанда, ҳамаи қувваҳои параллелиро пайдарпай ҳам кардан лозим аст. Баробартаъсиркунандаи ин қувваҳо аз ҷиҳати бузургӣ ба суммаи ҳамаи онҳо баробар буда, аз қувваи кашиши ба ҷисм аз тарафи Замин таъсиркунанда иборат аст, ки ба нуқтаи муайяни ҷисм гузошта шудааст (нуқтаи  $O$  расми 2.10.3). Нуқтаи гузориши баробартаъсиркунандаи қувваи вазнинӣ ба маркази вазнинӣ мувофиқ меояд. Ҷисми дар сатҳи уфуқӣ таъсиркунанда дар мавриде устувори худро нигоҳ медорад, ки хати амудии аз маркази вазнинӣ гузаронидашуда аз дохил ё сарҳади масоҳати таъсиркунанда гузарад (расми 2.10.4)

Барои муайян кардани маркази вазнинии ҷисми дилхоҳ онро ба қисмҳои алоҳидаи шакли одӣ тақсим намуда, нуқтаи гузориши баробартаъсиркунандаи қувваҳои ба ин қисмҳо таъсиркунандаро муайян кардан лозим аст.

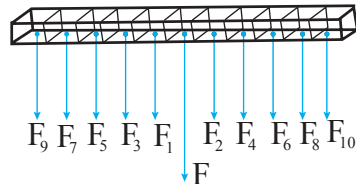


**Расми 2.10.4**

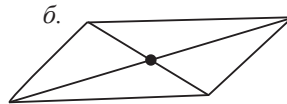
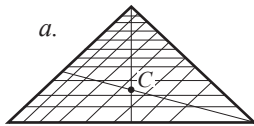
Маркази вазнинии лавҳаи якҷинсаи тунук дар миёнаҳои он (расми 2.10.5), милаи рости якҷинса дар миёнаҳои он (расми 2.10.6), масоҳати секунҷа дар нуқтаи буриши меридиани он (расми 2.10.7, а), масоҳати параллелограмм дар нуқтаи буриши диагонали он (расми 2.10.7, б) ва ҳалқаи якҷинса, диски якҷинса, кура дар маркази геометрии онҳо ҷойгир мебошанд.



Расми 2.10.5



Расми 2.10.6



Расми 2.10.7

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кадом вақт ҷисм ҳаракати пешираванда мекунад?
2. Ҷиро маркази вазнинӣ (маркази массаҳо) меноманд?
3. Ҷисме, ки дар он хати таъсири қувва аз маркази вазнинии он намегузарад, чӣ гуна ҳаракат мекунад?
4. Маркази вазнинии ҷисмҳоро чӣ тавр муайян кардан мумкин аст?
5. Ҷисмҳои дар сатҳи уфуқӣ таҷакунанда устувории худро дар кадом ҳолатҳо нигоҳ медоранд?
6. Доир ба тарзи муайян кардани маркази вазнинии ҷисмҳо маълумот диҳед.

## 2.11. ҲАРАКАТИ ҶИСМ ТАҲТИ ТАЪСИРИ ҚУВВАИ ВАЗНИНӢ.

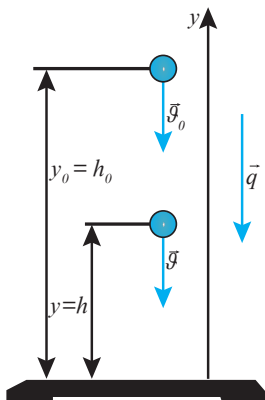
### ҲАРАКАТИ АМУДИИ ҶИСМ

Чи тавре ки аз мавзӯҳои гузашта ба мо маълум аст, таҳти таъсири қувваи вазнинӣ ҷисмҳои афтон бо шитоби афтиши озод ҳаракат намуда, ҳаракати собитшитоб менамоянд.

Ҳангоми ҷисми афтонро ба поён тела додан, яъне ба он бахшидани суръати ибтидоии  $\vec{g}_0$  низ шитоби он бетағйир мемонад. Дар ин маврид афзоиши суръати ҷисм на аз сифр, балки аз суръати  $\vec{g}_0$  оғоз меёбад.

Ҳангоми бо суръати ибтидоии  $\vec{g}_0$  амудан ба боло партофтани ҷисм низ модул ва самти шитоби афтиши озод тағйир намеёбад, чунки сӯйи боло такон додани ҷисм қувваи вазнинии ба он таъсирбахшандаро тағйир намедихад. Дар





Расми 2.11.1

хар ду маврид ҳам траекторияи ҳаракати ҷисм аз хати рости амудӣ иборат аст.

Дар мавриди ҳалли масъалаҳо доир ба ин гуна ҳаракат ба сифати ҷисми сарҳисоб Замиро гирифта, тири координатӣ  $y$ -ро амудан боло ё поён равона кардан қулай мебошад. Ҳисоби координата аз сатҳи Замин ё аз ягон нуқтаи нисбат ба он болотар ё поёнтар ҷойгирбуда ба қайд гирифта мешавад. Одатан, баландӣ бо  $h$  ишора карда мешавад (расми 2.11.1),  $y$  координати ҷисм буда,

баландии мавқеи ҷисмро нисбат ба ибтидои ҳисоби координат нишон медиҳад.

Проексияи вектори кӯчиш  $y - y_0$  ба тағйироти баландӣ  $h - h_0$  баробар мебошад.  $h_0$  баландии ибтидоӣ аст. Дар ин мавридҳо барои ҳисоби координатаҳо (баландиҳо) ва суръатҳо ҳамон формулаҳои, ки барои ҳаракати ростхаттаи собитшитоиб ҳосил карда шудааст, истифода бурда мешавад:

барои ҳисоби координатаи (баландии) ҷисм

$$y = h = h_{0y} + g_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}; \quad (2.11.1)$$

барои суръати ҷисм дар лаҳзаи дилхоҳи вақт

$$g_y = g_{0y} + g_y t; \quad (2.11.2)$$

барои суръати ҷисм дар ин ё он нуқтаи роҳ

$$g_y = \sqrt{g_{0y}^2 + 2g_y(h - h_0)}. \quad (2.11.3)$$

Дар мавриди  $y$  амудан поён равона будан, проексияи  $g_y$  мусбат ва ҳангоми ба боло равона будан – манфӣ, проексияҳои  $g_{0y}$  ва  $g_y$  ҳангоми бо тири  $y$  ҳамсамт будани суръатҳо мусбат ва дар сурати зидди он самт доштан манфӣ қабул карда мешаванд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

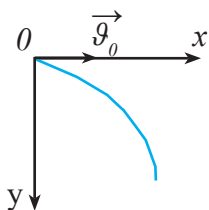
1. Ҷисми озодафтанда ва боло партофташуда бо чӣ гуна ишторб ҳаракат мекунад?

2. Шитобе, ки ба ҷисм қувваи вазнинӣ мебахшиад, аз шитоби ба ҷисм бахшидаи қувваҳои дигар чӣ фарқ дорад?
3. Чаро шитоби ба ҷисм бахшидаи қувваи вазнинӣ собит буда, аз массаи ҷисм вобастагӣ надорад?
4. Ҳаракати ҷисме, ки аз баландии чандсад ё чанд ҳазор километр ба рӯйи Замин меафтад, собитшитоб ҳисоб кардан мумкин аст?
5. Координата ва суръатҳои ҷисми амудӣ ҳаракатқунанда аз кадом формулаҳо ҳисоб карда мешаванд?

### 2.11.1. ҲАРАКАТИ ҶИСМИ БА УФУҚ ПАРТОҒТАШУДА

Ҳаракати ҷисми ба уфуқ бо суръати ибтидоии  $\vec{g}_0$  партофташударо дида мебароем (расми 2.11.2).

Ба самти тири  $x$  ҷисм бо суръати  $\vec{g}_0$  ҳаракати мунтазам ва ба самти тири  $y$  таъсири қувваи вазнинӣ ҳаракати собитшитоб менамояд.



Расми 2.11.2

Роҳи тайкардаи ҷисм  $s$  ба самти тири  $x$  ва баландии афтидани он  $h$  ба самти тири  $y$  бо муодилаҳои зерин ифода карда мешаванд:

$$x = s = g_0 t, \quad (2.11.4)$$

$$y = h = \frac{g t^2}{2}. \quad (2.11.5)$$

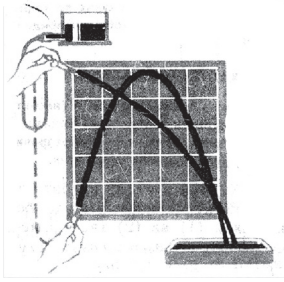
Аз ифодаҳои (2.11.4) қимати  $t$ -ро ба ифодаи (2.11.5) мегузорем:

$$y = \frac{g \cdot \left(\frac{x}{g_0}\right)^2}{2} = \frac{g x^2}{2 g_0^2}.$$

Аз ин ҷо навиштан мумкин аст:

$$x^2 = \frac{2 g_0^2}{g} y. \quad (2.11.6)$$

Баробарии (2.11.6) муодилаи ҳаракати ҷисми ба уфуқ партофташударо ифода менамояд ва муодилаи парабола мебошад. Яъне, ҷисми ба уфуқ бо суръати ибтидоии  $\vec{g}_0$  партофташуда аз рӯйи траекторияи параболамонанд ҳаракат намуда, ба Замин мефарояд. Бомбаҳо ва борҳои аз ҳавопай-



Расми 2.11.3

мои уфуқӣ парвозкунанда бо суръати аввалии  $\mathcal{V}_0$  партофташуда аз рӯйи траекторияи параболамонанд ҳаракат мекунад. Зарфи шишагии пуробро болотар аз сатҳи Замин ҷой дода, найчаи резинии нӯгаш чумақдорро ба он мепайвандем (расми 2.11.3). Оби аз чумақ чоришаванда аз рӯйи траекторияи параболамонанд ҳаракат карда, ба Замин мерезад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чисми ба уфуқ бо суръати аввала партофташуда дар кадом ҳаракатҳо иштирок мекунад?
2. Ҳаракати чисми ба уфуқ бо суръати ибтидоӣ партофташуда бо кадом муодила ифода карда мешавад?  $\rightarrow$
3. Чисми ба уфуқ бо суръати ибтидоии  $\mathcal{V}_0$  партофташуда аз рӯйи кадом траектория ҳаракат мекунад?  $\rightarrow$
4. Чаро ҳаракати чисми ба уфуқ бо суръати аввалии  $\mathcal{V}_0$  партофташударо ба равиши тири у собитии тоб ҳисоб мекунад?
5. Доир ба татбиқи амалии ҳаракати чисмҳои ба уфуқ партофташуда маълумот диҳед.

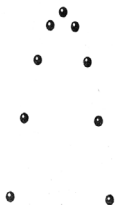
### 2.11.2. ҲАРАКАТИ ЧИСМИ БО СУРЪАТИ ИБТИДОӢ ТАҲТИ КУНҶ НИСБАТ БА УФуқ ПАРТОФТАШУДА

Аксар вақт дар табиат ба ҳаракатҳои дучор меоем, ки дар онҳо суръати ибтидоии чисм ба қувваи вазнинӣ ҳамсамт набуда, нисбат ба он (ё нисбат ба уфуқ) таҳти ягон кунҷ равона аст.

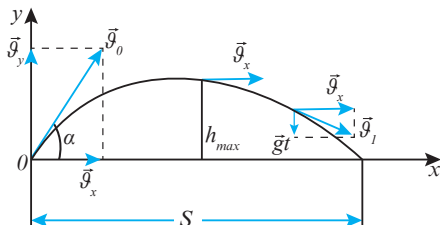
Масалан, варзишгар ҳангоми партофтани гулӯла, диск, найза ба онҳо ҳамин гуна суръат мебахшад. Муқовимати ҳаворо ба эътибор нагирифта, ҳаракати чисмҳои бо суръати ибтидоӣ таҳти кунҷ ба уфуқ партофташударо дида мебароем.

Дар расми 2.11.4 суръати стробоскопии курае тасвир ёфтааст, ки нисбат ба уфуқ таҳти кунҷи  $60^\circ$  партофта шудааст. Мавқеҳои пайдарпайи кураро бо хатти равон пайваستا траекторияи онро ҳосил мекунем, ки аз парабола иборат аст.

Ҳамин тарик, ҷисми бо суръати ибтидоӣ  $\vec{g}_0$  таҳти кунҷ нисбат ба уфуқ партофташуда, аз рӯи траекторияи параболамонанд ҳаракат менамояд.



Расми 2.11.4



Расми 2.11.5

Ҳаракати ҷисми ба уфуқ бо суръати ибтидоии  $\vec{g}_0$  таҳти кунҷи  $\alpha$  аз нуқтаи  $0$  партофташударо дида мебароем (расми 2.11.5). Тири  $x$ -ро ба самти уфуқӣ ва тири  $y$ -ро ба самти амудӣ равона менамоем. Дар ин маврид ҳаракати ҷисм аз ҷамъи ду ҳаракат иборат мебошад. Ҷисми партофташуда ба самти тири  $x$  бо суръати  $g_x$  мунтазам ва ба самти тири  $y$  ҳаракати собитшитоб менамояд.

Мувофиқи расми 2.11.5 проексияи суръати ибтидоии  $g_0$  дар тирҳои  $x$  ва  $y$  баробаранд:

$$g_x = g_0 \cos \alpha,$$

$$g_y = g_0 \sin \alpha.$$

Азбаски ба ҷисм танҳо қувваи вазнинӣ таъсир мекунад, ҳангоми ҳаракати ҷисм проексияи  $g_y$  тағйир меёбаду проексияи  $g_x$  бе тағйир мемонад.

Муодилаҳои ҳаракати ҷисм ба самтҳои тирҳои  $x$  ва  $y$  намуди зерин доранд:

$$x = g_x t, \quad (2.11.7)$$

$$y = g_y t - \frac{gt^2}{2}. \quad (2.11.8)$$

Қиматҳои  $g_x$  ва  $g_y$ -ро ба ифодаҳои (2.11.7) ва (2.11.8) гузошта, ҳосил менамоем:

$$x = g_0 t \cos \alpha, \quad (2.11.9)$$

$$y = g_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}. \quad (2.11.10)$$

Аз муодилаи (2.11.9) қимати  $t$ -ро ба муодилаи (2.11.10) гузошта, муодилаи ҳаракати ҷисми нисбат ба уфуқ тахти кунҷ партофташударо ҳосил менамоем:

$$y = g_0 \frac{x}{g_0 \cos \alpha} \sin \alpha - \frac{gx^2}{2g_0^2 \cos^2 \alpha},$$

ё

$$y = xtga - \frac{gx^2}{2g_0^2 \cos^2 \alpha}. \quad (2.11.11)$$

Баробарии (2.11.11) муодилаи парабола мебошад, яъне дар ин ҳаракат ҳам ҷисми нисбат ба уфуқ тахти кунҷ партофташуда аз рӯйи траекторияи параболамонанд ҳаракат мекунад.

Дар охири парвози ҷисм  $y = 0$  мешавад ва муодилаи (2.11.10)-ро чунин навиштан мумкин аст:

$$g_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0.$$

Ин муодилаи квадратиро нисбат ба  $t$  ҳал намуда, барои вақти парвози ҷисм ифодаи зеринро ҳосил менамоем:

$$t_{\text{парвоз}} = \frac{2g_0 \sin \alpha}{g}. \quad (2.11.12)$$

Муддати вақти то нуқтаи баландтарини траекторияи ҳаракат расидани ҷисм ба нисфи муддати вақти парвоз баробар аст:

$$t_{\text{боло}} = \frac{g_0 \sin \alpha}{g}. \quad (2.11.13)$$

Ба формулаи (2.11.10) қимати  $t_{\text{боло}}$ -ро аз формулаи (2.11.13) гузошта, ифодаро барои ҳисоб намудани баландии зиёдтарини парвоз  $h_{\text{max}}$  ҳосил менамоем:

$$h_{\text{max}} = \frac{g_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}. \quad (2.11.14)$$

Ба формулаи (2.11.9) қимати  $t_{\text{парвоз}}$ -ро аз муодилаи (2.11.12) гузошта, ифодаро барои ҳисоб намудани дурии парвози ҷисм  $s = x_{\text{max}}$  ҳосил мекунем:

$$s = x_{\max} = \frac{g_0^2 \sin 2\alpha}{g}. \quad (2.11.15)$$

Аз формулаи (2.11.15) дида мешавад, ки ба қимати калонтарини дурии парвоз чисм ҳангоми  $\sin 2\alpha = 1$ , яъне дар мавриди  $\alpha = 45^\circ$  будан соҳиб мешавад.

Ба ин бо ёрии таҷрибаи дар расми 2.11.3 нишондодашуда боварӣ ҳосил кардан мумкин аст. Чараёни оби аз чумак барояндаро дар таҳти кунчи гуногун равона карда, мушоҳида кардан мумкин аст, ки об аз рӯйи траекторияи параболамонанд ҳаракат намуда, дар таҳти кунчи  $45^\circ$  аз ҷама дуртар мерезад.

Аз формулаҳои (2.11.12)-(2.11.15) дар қорҳои ҳарбӣ (артиллерия) ба таври васеъ истифода мебаранд.

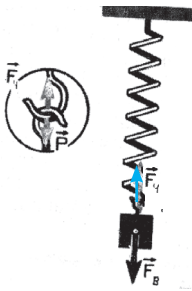
Ҳамин тариқ, мо чанд мисоли бо таъсири қувваи вазнинӣ ҳаракат кардани ҷисмҳоро омӯхта дидем, ки дар ҷама мавридҳо чисм бо шитоби афтиши озод ҳаракат мекунад ва ин шитоб ба самти уфуқӣ суръати ибтидоӣ доштан ё надоштани чисм вобастагӣ надорад. Аз ҳамин сабаб тири аз туфанг ба самти уфуқӣ паронидашуда ва тири тасодуфан дар лаҳзаи парондани тири аввал тирандоз афтондагӣ дар ҳамон як вақт ба Замин меафтад. Вале тири афтондагӣ дар пеши пойи тирандоз ва тири парондагӣ чандсад метр дуртар аз  $\bar{y}$  меафтад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Умумияти ҳаракати ҷисмҳои ба таври амудӣ, уфуқӣ ва нисбат ба уфуқ таҳти кунҷ партофташударо маънидод намоед.
2. Чисми нисбат ба уфуқ таҳти кунҷ партофташуда аз рӯйи чӣ гуна траектория ҳаракат мекунад?
3. Ҳаракати ҷисми нисбат ба уфуқ таҳти кунҷ партофташударо собитшитоб ҳисоб кардан мумкин аст?
4. Дар кадом маврид ҷисми нисбат ба уфуқ таҳти кунҷ партофташуда аз ҷама дуртар парвоз мекунад?

## 2.12. ВАЗНИ ҶИСМ

**Қуввае, ки ҷисм бо сабаби сӯйи Замин ҷазб шудани худ ба таъҷоҳ ё овеза таъсир расонида, онро деформатсия менамояд, вазни ҷисм номида мешавад.**



Расми 2.12.1

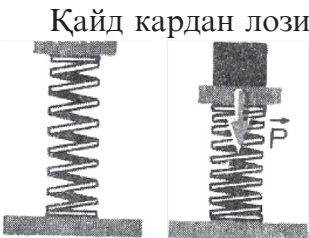
Сабаби пайдоиши ин қувва, ба кадом самт равона будани он ва ба чӣ гуна бузургӣ соҳиб будани онро дида мебароем. Бори дар пружин овезонро муоина менамоем (расми 2.12.1).

Аз расм дида мешавад, ки ба бор қувваи вазнинии  $\vec{F}_g = m\vec{g}$ , ки амудӣ ба поён равона аст, таъсир менамояд. Бинобар ин бор сӯйи Замин ҳаракат карда, нӯги пружинро аз паси худ кашида, қувваи чандирии  $\vec{F}_c$ -ро ба вучуд меорад ва он ба канори болоии бор таъсир намуда, амудӣ ба боло равона мебошад.

Бинобар ин, ҳангоми ҳаракати бор канори болои он нисбат ба қисмҳои дигараш (аз таъсири қувваи чандирии пружина озоданд) «ақиб мемонад». Ин бошад боиси деформатсияшавии ҷисм ва пайдоиши қувваи чандирии дигар мегардад. Ин қувваи чандирӣ ба пружин «таъсир мекунад» ва амудӣ ба поён равона аст. Маҳз ҳамин қувва вазни ҷисм ба шумор меравад. Ин қувваҳои чандирӣ мувофиқи қонуни сеюми Нютон модулан баробари ҳамдигаранд ва самтҳои муқобил доранд. Бор якҷанд маротиба лаппида аз ҳаракат мемонад, яъне модули қувваи вазнинӣ  $m\vec{g}$  ба қувваи чандирӣ баробар мебошад ва вазни ҷисм низ ба ин қувва баробар аст. Вазни ҷисм бо ҳарфи  $P$  ишора карда мешавад ва модулан ба қувваи вазнинӣ баробар мебошад:

$$P = mg. \quad (2.12.1)$$

Агар ҷисм дар болои тақягоҳ бошад, ба тақягоҳ низ қувваи таъсир мекунад, ки чун дар мавриди дар овеза будани бор ба амал меояд ва он низ вазни ҷисм номида мешавад (расми 2.12.2).



Расми 2.12.2

Қайд кардан лозим аст, ки вазни ҷисм ва қувваи вазнинӣ ба ҷисм таъсиркунанда якхела нестанд.

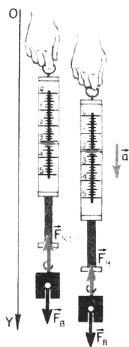
Вазни ҷисм қувваи чандириест, ки ба овеза (нуқтаи овезиш) ва қувваи вазнинӣ қувваи ҷозибаст, ки ба ҷисм таъсир мекунад.

1. Вазни ҷисм чист?
2. Вазни ҷисм аз қувваи вазнинӣ чӣ фарқ дорад?
3. Ба ҷисми дар болои тақягоҳ истода ва тақягоҳ чӣ гуна қувваҳо таъсир мекунад?
4. Вазни ҷисм бо кадом воҳидҳо чен карда мешавад?

## 2.13. ВАЗНИ ҶИСМЕ, КИ БО ШИТОБ ҲАРАКАТ МЕКУНАД

Дар системаҳои инерсиалӣ (системаҳои беҳаракат ё мунтазам ҳаракаткунанда) вазни ҷисмҳо ба қувваи вазнинӣ баробар аст. Дар системаҳои бо шитоб ҳаракаткунанда (системаҳои ғайринерсиалӣ), вазни ҷисмҳо аз қувваи вазнинӣ фарқ менамояд.

Динамометри бордори нисбат ба Замин бо шитоб ҳаракаткунандаро дида мебароем. Динамометрро бо бораш аз даст сар надода, бо шитоби  $\vec{a}$  ба поён мефурорем ва мебинем, ки ақрабаки динамометр боло меравад ва вазни борро (нисбат ба мавриди ором будани он) кам нишон медиҳад (расми 2.13.1).



Расми 2.13.1

Аз расм дида мешавад, ки ба бор қувваҳои вазнинӣ ( $\vec{F}_g = mg$ ), ки амудӣ поён раван аст ва чандирӣ  $F_q$ , ки сӯйи боло самт дорад, таъсир намуда, ба он шитоби  $\vec{a}$  мебахшанд.

Мувофиқи қонуни дуҷуми Нютон муодилаи ҳаракати динамометру борро навиштан мумкин аст:

$$\vec{F}_q + m\vec{g} = m\vec{a}. \quad (2.13.1)$$

Аз ба с.к. векторҳо дар ин муодила ба тири  $y$  параллеланд, он барои проексияҳои ин векторҳо ба намуди зерин навишта мешавад:

$$(F_q)_y + mg_y = ma_y. \quad (2.13.2)$$

Векторҳои  $\vec{g}$  ва  $\vec{a}$  бо тири  $y$  ҳамсамтанд, бинобар ин проексияҳои онҳо мусбат буда, ба модулҳои ҳақиқӣ векторҳо



баробаранд:  $g_y = g$ ,  $a_y = a$ . Вектори  $\vec{F}_c$  муқобили тири  $y$  самт дорад ва проексияш манфӣ аст:  $(F_c)_y = -F_c$ .

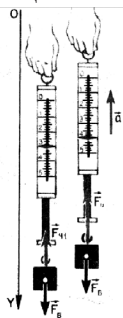
Бинобар он, формулаи (2.13.2)-ро чунин навиштан мумкин аст:

$$-F_c + mg = ma. \quad (2.13.3)$$

Мувофиқи қонуни сеюми Нютон вазни ҷисм  $\vec{P}$  модулан ба қувваи ҷандирӣ  $\vec{F}_c$  баробар аст, бинобар ин аз ифодаи (2.13.3) ҳосил менамоем:

$$P = m(g-a). \quad (2.13.4)$$

Аз ифодаи (2.13.4) дида мешавад, ки ҳангоми бо шитоби амудӣ ба поён ҳаракат кардани ҷисму такягоҳ (овеза) вазни ҷисм нисбат ба мавриди ором буданаш кам мешавад, яъне камвазнӣ ба амал меояд. Бо афзоиши шитоби ҷисму такягоҳ (овеза) камвазнӣ зиёдтар ба амал меояд. Қайд кардан лозим аст, ки дар ин маврид қувваи вазнинӣ кам намегардад. Камвазнӣ ҳангоми бо лифтҳои тезгард аз қабатҳои болоии биноҳои бисёрқабата фуromaдан хеле хуб ҳис карда мешавад.



Расми 2.13.2

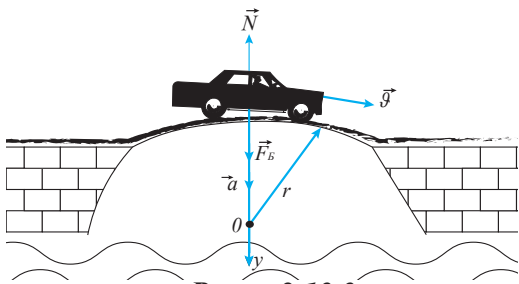
Акнун динамометру борро бо шитоби  $\vec{a}$  ба сӯйи боло ҳаракат мекунонем (расми 2.13.2).

Дар ин маврид акрабаки динамометр поён меафтад, яъне вазни бор меафзояд. Дар асоси мулоҳизаҳои боло дар ин маврид проексияи вектори  $\vec{a}$  дар тири  $y$  манфӣ мебошад, бинобар ин формулаи (2.13.4) барои вазни ҷисм чунин навишта мешавад:

$$P = m(g+a). \quad (2.13.5)$$

Яъне, дар ин маврид вазни ҷисм  $P$  нисбат ба қувваи вазнинӣ  $mg$  (ё назар ба вазни ҷисми ором) зиёд мебошад.

Ҳамин тариқ, ҳангоми бо шитоби муқобили шитоби афтиши озод



Расми 2.13.3

равонбуда ҳаракат кардани бору такаюҳ, вазни он нисбати бори ором зиёд мешавад ва зиёдвазнӣ ба амал меояд. Бо афзоиши шитоби чисму бор ба самти боло зиёдвазнӣ зиёдтар ба назар мерасад.

Қайд кардан лозим аст, ки каму зиёдшавии вазни чисми дар ҳаракати шитобдор буда, на танҳо ҳангоми дар динамометр овезон будани он, балки барои ҳама гуна овезаву такаюҳҳо дуруст мебошад.

Акнун доир ба зоҳиршавии камвазнию зиёдвазнӣ ҳангоми бо шитоб ҳаракат кардани чисмҳо мисолҳоро дида мебароем.

1. Мошини дар болои пули (кӯпрук)-и барҷаста ҳаракат кардаистода нисбат ба мавриди дар болои ҳамин пул дар ҳолати оромӣ будани он сабуктар аст (расми 2.13.3).

Ҳангоми аз рӯйи пули барҷаста ҳаракат кардани мошин ба шитоби марказрав соҳиб мегардад, ки модули он баробар аст:

$$a = \frac{g^2}{r}, \quad (2.13.6)$$

дар ин ҷо  $g$  – суръати мошин,  $r$  радиуси качии пул мебошад.

Ин шитобро ба мошин қувваи натиҷавии қувваҳои вазнинии  $\vec{F}_g = m\vec{g}$  ва қувваи реаксияи пул (такаюҳ) мебахшанд ва ҳангоми дар нуқтаи баландтарини пул ҳаракат кардани он амудӣ ба поён раван мебошад.

Барои ин маврид қонуни дуҷуми Нютон ин тавр навишта мешавад:

$$m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}. \quad (2.13.7)$$

Барои проексияҳои векторҳо дар тири  $y$  муодилаи (2.13.7) ба чунин шакл соҳиб мешавад:

$$mg_y + N_y = ma_y. \quad (2.13.8)$$

Маълум аст, ки  $g_y = g$ ,  $N_y = -N$ ,  $a_y = a = \frac{g^2}{r}$  мебошад, бинобар он, ҳосил менамоем:

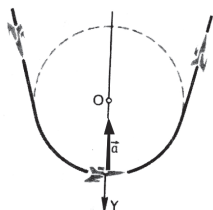
$$mg - N = \frac{mg^2}{r}. \quad (2.13.9)$$

Аз ин ҷо барои  $N$  ҳосил мешавад:

$$N = m \left( g - \frac{g^2}{r} \right). \quad (2.13.10)$$

Мувофиқи қонуни сеюми Нютон вазни мошин  $P$  ба қувваи реаксияи пул  $N$  муқобил равона мешавад, он гоҳ навиштан мумкин аст:

$$P = N = m \left( g - \frac{g^2}{r} \right). \quad (2.13.11)$$



Расми 2.13.4

Аз ифодаи (2.13.11) дида мешавад, ки  $P < mg$  мебошад, яъне ҳангоми аз рӯи пули барҷаста ҳаракат карда гузаштани мошин, вазни он кам мешавад ва камвазнӣ ба амал меояд. Дар ин маврид вазни саворони мошин низ кам мешавад ва онро худи онҳо ҳис менамоянд.

2. Вазни лочини ҳавопаймо ҳангоми сарозер ҳаракат кардани он дар қисмати поёни траекторияи даврашакл зиёд мешавад ва он зиёдвазниро ҳис менамояд (расми 2.13.4).

Дар ин маврид ҳавопаймо бо шитоби марказрави  $\frac{g^2}{r}$  парвоз мекунад, ки ба маркази давра равона мебошад.

Мувофиқи формулаи (2.13.5) вазни лочин баробар аст:

$$P = m \left( g + \frac{g^2}{r} \right). \quad (2.13.12)$$

Аз формулаи (2.13.12) дида мешавад, ки  $P > mg$  мебошад, яъне вазни лочин аз вазни аслии он, ки ба қувваи вазнинӣ баробар аст, ба бузургии  $\frac{mg^2}{r}$  зиёд мегардад ва зиёдвазнӣ ба амал меояд. Агар дар лаҳзаи аз ҳолати сарозер баромадан шитоби марказрав аз шитоби афтиши озод  $n$ -бор зиёд  $\left( \frac{g^2}{r} \right) = ng$  бошад, вазни лочин аз вазни аслиаш  $n + 1$  маротиба зиёд мегардад:

$$P = mg(n + 1). \quad (2.13.13)$$

Зиёдвазнӣ боиси пайдоиши ҳиссиёти дардмандии узвҳои дарунии лочин мегардад. Бинобар ин зиёдвазнии фавқулода барои саломатӣ хатарнок мебошад. Лочинҳои машқӣ ба зиёдвазнии то  $10 mg$  тоб оварда метавонанд.

Зиёдвазнӣ ҳангоми бо лифтҳои тезгард аз қабатҳои по-

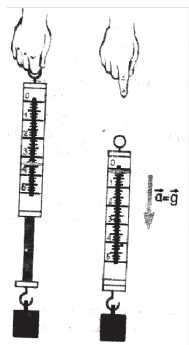
ёнии биноҳои бисёрқабата ба қабатҳои болоӣ баромадан хеле хуб ҳис карда мешавад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дар кадом маврид камвазӣ ба амал меояд?
2. Дар кадом маврид зиёдвазӣ ба амал меояд?
3. Вазни ҷисме, ки уфуқӣ бо шитоб ҳаракат мекунад, тағйир меёбад?
4. Кайҳоннавард ҳангоми ҷастани мушак (мушак)-е, ки киштии кайҳониро ба мадор мебарорад, худро дар кадом ҳолат ҳис менамояд?
5. Кайҳоннавард ҳангоми тормоз хӯрдани мушаки кайҳонии ба Замин фароянда, худро дар кадом ҳолат ҳис менамояд?
6. Ҳангоми тағйирёбии вазни ҷисм массаи он тағйир меёбад?

## 2.14. БЕВАЗНӢ

Динамометри бордорро ба монанди дар расми 2.14.1 нишондодашуда нигоҳ медорем. Дар ин маврид динамометр вазни ҷисмро, ки модулан ба қувваи вазнинӣ  $mg$  баробар аст, нишон медиҳад.



Расми 2.14.1

Агар динамометрро бо бор сар диҳем, он озодона ба афтидан сар мекунад ва дар ин маврид акрабаки динамометр сифрро нишон медиҳад. Дар ҳақиқат ҳам динамометру бор ҳар ду бо шитоби якхелаи  $g$  ҳаракат карда, озод меафтанд ва бор нӯги поёнии пружини динамометрро ба поён намекашад, балки ҳуди динамометр аз паси бор ҳаракат мекунад. Азбаски пружини динамометр деформатсия намешавад ва қувваи чандирӣ ба амал намеояд, бор аз таъсири чунин қувва озод мегардад.

Бор низ деформатсия намешавад ва ба пружини динамометр таъсир намерасонад.

Вазни бор гум мешавад, яъне бевазн мегардад ва ҳолати бевазӣ ба вучуд меояд.

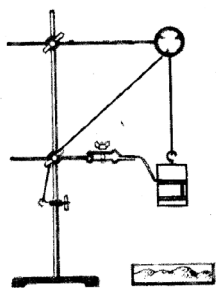
Дар ҳақиқат ҳам ҳангоми бо шитоби  $a = g$  ҳаракат кардани система (бор бо динамометр), мувофиқи баробарии (2.13.4)  $P = 0$  мешавад, ҷисм дар ҳолати бевазӣ шуда, ба такягоҳ таъсир намекунад.

Ҳамин тариқ, бевазнӣ ҳангоми таҳти таъсири қувваи вазнинӣ ҳаракат кардани ҷисм ба амал меояд ва ҳаргиз маънои гум шудани қувваи вазниниро надорад. Дар ин маврид вазн ё қуввае гум мешавад, ки бор бо он ба овеза таъсир менамояд.

Қайд кардан лозим аст, ки дар мавриди бевазнӣ, яъне сифрро нишон додани акрабаки динамометр бор ба нуқтаи овезишаш таъсир намекунад.

Маҳз қувваи вазнинӣ ба динамометр ва бор таъсир намуда, сабабгори афтиши озои онҳо мегардад.

Варзишгар ҳангоми ҷаҳиш аз лаҳзаи аз Замин канда шуданаш то дами ба Замин расидан ва шиновари обҷаҳ аз лаҳзаи аз манораи ҷаҳиш канда шудани пойҳояш то лаҳзаи ба об расидан дар ҳолати бевазнӣ мешаванд. Барои мушоҳидаи ҳолати бевазнӣ таҷрибаи дар расми 2.14.2 нишоншуда ро дида мебароем.



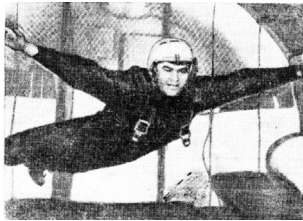
Расми 2.14.2

Дар байни ду борсанг қоғазпораи тасмашакл гузошта ва нӯги озои  $\bar{u}$  дар қаппаки штатив маҳкам карда мешавад. Ҳангоми оҳиста-оҳиста сар додани бор қоғаз кашида шуда мебарад, яъне қоғаз дар байни борсангҳо хеле саҳт фишурда шуда будааст. Қоғаз нав гузошта ба борҳо имконият медиҳем, ки озод афтанд. Дар ин маврид қоғаз аз байни борсангҳо озод шуда, дар қаппаки штатив овезон мемонад. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки бор ҳангоми озодона афтидан ба таҷағоҳ таъсир намекунад ва дар ҳолати бевазнӣ мешавад.

Ҳангоми ба мадори ҷарҳзанӣ баромадани киштии кайҳонӣ, радифони маснӯи Замин ҳаракати онҳо танҳо таҳти таъсири қувваи ҷозибаи умумичаҳонӣ воқеъ мешавад ва ин қувва ҳам киштию радиф ва ҳамаи ашӯҳои дохили онро шитоби якхела мебахшад.

Дар ҳақиқат ҳам дар ҳар як лаҳзаи вақт система (киштии кайҳонӣ ва кайҳоннавард) суръати собити ба самти расандаи траекторияи даврашакл равонбуда дорад ва бо шитоби

$g$  аз рӯи радиуси мадор меафтад. Дар натиҷаи ҷамъ шудани ин ду ҳаракат система ҳамеша болои траекторияи давршакл мондан мегирад.



Расми 2.14.3

Чи тавре ки дар боло қайд кардем, ба ҷисм ҳангоми афтиши озод танҳо қувваи вазнинӣ таъсир менамояд ва он деформатсия намешавад. Дар ин ҳолат на дар байни қисмҳои ҷисм, на аз тарафи ҷисм ба ҷисмҳои бо он дар тамосбуда, қувва таъсир намекунад.

Инчунин ҷисм ба тақягоҳ ё овеза фишор намеорад. Ин маънои онро дорад, ки ҳамаи ҷисмҳо дар киштӣ, аз ҷумла кайҳоннавардон дар ҳолати бевазний мебошанд (расми 2.14.3).

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дар қадом мавридҳо ҷисм дар ҳолати бевазний мешавад?
2. Дар ҳолати бевазний таъсири қувваи вазнинӣ ба ҷисм қатъ мегардад?
3. Ҷисми аз даст сар додашуда дар ҳолати бевазний мешавад? Агар ҷисм ба боло партофта шуда бошад-чӣ?
4. Барои чӣ киштии кайҳонӣ ва кайҳоннавардон дар мадори чархзанӣ дар ҳолати бевазний мешаванд?

## 2.15. ҚУВВАИ ВАЗНИНӢ ДАР САӢӢРАҲОӢИ ДИГАР

Бо дур шудан аз сатҳи Замин қувваи вазнинӣ ва шитоби афтиши озод кам шуда меравад. Ҷисми массааш  $m$  дар наздикии сатҳи Замин бо қувваи зерин ба Замин кашида мешавад:

$$P_0 = mg_0 = G \frac{Mm}{R^2}, \quad (2.15.1)$$

дар ин ҷо  $m \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}$  ва  $R = 6371 \text{ км}$  масса ва радиуси Замин,  $g_0$ -шитоби афтиши озод дар наздикии сатҳи Замин мебошад.

Ҷисми аз Замин ба баландии  $h$  бардошташуда, ба Замин бо чунин қувва ҷазб карда мешавад:

$$P = mg = G \frac{Mm}{(R+h)^2}. \quad (2.15.2)$$

Аз ифодаи (2.15.2) дида мешавад, ки қувваи вазнинӣ ва шитоби афтиши озод бо афзоиши баландӣ якхела тағйир меёбанд.

Дар баландиҳои на он қадар калон, аз радиуси Замин хеле хурд ин тағйиротро ба эътибор нагирифта, қувваи вазнинӣ ва шитоби афтиши озодро собит ҳисобидан мумкин аст.

Дар ҳақиқат ҳам дар баландиҳои садҳо километр аз сатҳи Замин танҳо асбобҳои хеле ҳассос тағйирёбии бузургиҳои қувваи вазнинӣ ва шитоби афтиши озодро ба қайд гирифтаниш мумкин аст. Аз баробариҳои (2.15.1) ва (2.15.2) ҳосил менамоем:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{R^2}{(R+h)^2}, \quad (2.15.3)$$

ё

$$\frac{g}{g_0} = \frac{R^2}{(R+h)^2}. \quad (2.15.4)$$

Агар  $h = 300 \text{ км}$  бошад, он гоҳ аз баробариҳои (2.15.3) ва (2.15.4) ҳосил мекунем:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{g}{g_0} = \frac{(6371 \text{ км})^2}{(6671 \text{ км})^2} = 0,955.$$

Ин қимат аз 1 ба 4,5% фарқ мекунад. Дар баландии  $h = 30 \text{ км}$  ин нисбат ба 0,9957 баробар мешавад, ки аз 1 ба 0,43% фарқ менамояд.

Шитоби афтиши озод дар наздикии сатҳи Замин  $g_0 = 9,8 \text{ м/с}^2$ -ро бо шитобе, ки ҷисми дар болои Моҳ гузошташуда ба Замин меафтад ( $g_{\text{моҳ}}$ ), муқоиса менамоем. Масофаи байни марказҳои Замин ва Моҳ ба 60 радиуси Замин баробар аст. Дар асоси баробарии (2.15.4) барои ин маврид навиштан мумкин аст:

$$\frac{g_{\text{моҳ}}}{g_{\text{замин}}} = \frac{R^2}{(60R)^2} = \frac{1}{3600}.$$

Аз ин ҷо

$$g_{\text{моҳ}} = \frac{g_{\text{замин}}}{3600} = 0,0027 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$$

Ҳамин тариқ, Замин ҳар 1 кг массаи то Моҳ дурбударо бо қувваи  $P = 1 \text{ кг} \cdot 0,0027 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 0,0027 \text{ Н}$  мекашад.

Маълум гардид, ки дар масофаҳои калон аз сатҳи Замин шитоби афтиши озод хеле хурд мешавад.

Аз ифодаи (2.15.1) собити гравитатсиониро доништа, аз рӯи шитоби афтиши озоди маълум, массаи Замин (сайёраҳои дигар, Офтоб, Моҳ)-ро муайян кардан мумкин аст.

Сайёраҳо ҷисмҳои осмонӣанд, ки дар атрофи Офтоб аз рӯи мадорҳои гуногун давр мезананд. Дар Системаи офтобӣ 8 сайёра мавҷуд аст, ки аз рӯи тартиби зиёд шудани радиуси мадорҳояшон аз Офтоб бо тартиби зерин ҷойгир мешаванд: Уторид, Зухра, Замин, Миррих, Муштарӣ, Зуҳал, Уран, Нептун. Сайёраҳо бо таъсири қувваи ҷозиба аз рӯи мадорҳои эллипсмонанди аз доира камфарқкунанда ҳаракат мекунанд. Барои осон гардидани ҳисобкуниҳо мадори сайёраҳо ҳамчун доира дида баромада мешавад. Мувофиқи қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ сайёраҳо ҳам ба Офтоб ва ҳам ба якдигар ҷазб мешаванд. Азбаски массаи ҳамаи сайёраҳо дар якҷоягӣ аз массаи Офтоб 700 маротиба хурд аст, бинобар ин ҷозибаи байни сайёраҳоро ночиз ҳисоб намуда, ба эътибор гирифта намешавад ва дар ҳисобкуниҳо танҳо ба Офтоб ҷазбшавии онҳо ба назар гирифта мешавад.

Массаи Заминро аз рӯи формулаи (2.15.1) ҳисоб мекунем:

$$M_3 = \frac{gR^2}{G} = \frac{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot (6,37 \cdot 10^6 \text{ м})^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}} \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}.$$

Инчунин аз ифодаи (2.15.1) собити гравитатсиониро доништа, аз рӯи массаи сайёра ва радиуси он шитоби афтиши озод ва қувваи вазниниро муайян кардан мумкин аст.

Масалан, барои сайёраи Уторид  $R_{\text{уторид}} = 2,42 \cdot 10^6 \text{ м}$ ,  $M_{\text{уторид}} = 3,24 \cdot 10^{23} \text{ кг}$  аст ва шитоби афтиши озод дар он баробар мешавад:

$$g_{\text{уторид}} = \frac{GM_{\text{уторид}}}{R_{\text{уторид}}^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot 3,24 \cdot 10^{23} \text{ кг}}{(2,42 \cdot 10^6 \text{ м})^2} = 3,7 \text{ м/с}^2.$$



Қиматҳои шитоби афтиши озод, ки дар асоси формулаи (2.15.1) ҳисоб карда шудааст, барои сайёраҳо дар ҷадвали 2.15.1 оварда шудааст.

**Ҷадвали 2.15.1**

**Шитоби афтиши озод дар сайёраҳо ва Моҳ**

Моҳ ва сайёраҳо	Моҳ	Уторид	Зухра	Замин	Миррих	Муштарӣ	Зухал	Уран	Нептун
$g, м/с^2$	1,6	3,7	8,3	9,8	3,8	25,9	11,5	9	11,2

Аз ҷадвали 2.15.1 дида мешавад, ки шитоби афтиши озод дар сайёраҳо қиматҳои ҳарҳела дорад ва қимати калонтарини он ба сайёраи Муштарӣ ва қимати хурдтарини он ба сайёраи Уториду Миррих мувофиқ меояд. Аз рӯи қиматҳои шитоби афтиши озод ба бузургии қувваи вазнинӣ дар сайёраҳо баҳо додан мумкин аст.

Масалан, модули қувваи вазниние, ки ба ҷисми массааш 100 кг дар сайёраҳои гуногун таъсир мекунад, дар ҷадвали 2.15.2 нишон дода шудааст.

**Ҷадвали 2.15.2**

**Модули қувваи вазниние, ки ба ҷисми массааш 100 кг дар сайёраҳо ва Моҳ таъсир мекунад**

Моҳ ва сайёраҳо	Моҳ	Уторид	Зухра	Замин	Миррих	Муштарӣ	Зухал	Уран	Нептун
$P, Н$	160	370	831	980	380	2590	1150	900	1120

Аз ҷадвали 2.15.2 дида мешавад, ки қувваи вазниние, ки ба ҷисмҳо дар сайёраҳои гуногун таъсир мекунад, аз ҷиҳати бузургӣ гуногун мебошад ва қувваи вазнинии калонтарин ба Муштарӣ мувофиқ меояд. Муштарӣ сайёраи аз ҳама калонтарини Системаи офтобӣ буда, радиуси он 11 маротиба ва массааш 318 маротиба нисбат ба Замин калон мебошад. Ба массаи хурдтар сайёраҳои хурди Системаи офтобӣ соҳиб мебошанд. Сайёраҳои хурд асосан дар атрофи Офтоб дар байни мадорҳои Миррих ва Муштарӣ гардиш намуда, минтақаи астероидҳо номидашавандаро ташкил менамоянд.

Астероиди аввалин ва калонтарин – Серера соли 1801 кашф карда шудааст ва радиуси он ба 500 км, массааш тахминан ба  $1,2 \cdot 10^{21}$  кг (5000 маротиба аз массаи Замин хурд) мебошад. Шитоби озодафтӣ дар Серера 32 маротиба нисбат ба Замин хурд мебошад ва вазни ҷисми дилхоҳ низ ҳамин қадар хурд мешавад. Бинобар он кайҳоннавард дар Серера бори массааш 1,5т-ро бардошта метавонад.

Ба Серера то ҳол ҳеҷ кас нарафтааст. Аввалин маротиба тобистони соли 1969 бо киштии кайҳонии «Аполлон-11» се кайҳоннаварди америкой – Н. Армстронг, Э. Олдрин ва М. Коллинз ба болои Моҳ фароманд. Н. Армстронг нақл менамояд, ки дар шароити ҷозибай Моҳ ба боло ҷаҳидан мефорад. Баландии калонтарини ҷаҳидан 2 метрро ташкил намудааст. Азбаски шитоби озодафтӣ дар Моҳ нисбат ба Замин 6 маротиба хурд аст, бинобар он дар Моҳ одам нисбат ба Замин 6 маротиба ба баландии зиёдтар меҷаҳад.

Кайҳоннавардҳои аввалин дар Моҳ 21 соату 36 дақиқа буданд. 21-уми июл онҳо аз Моҳ парвоз карда 24 июли соли 1969 бо «Аполлон-11» дар уқёнуси Ором фароманд. Пеш аз Моҳро тарк намудан кайҳоннавардҳо дар он 5 медалро бо расмҳои 5 кайҳоннаварди вафоткарда – Ю. А. Гагарин, В. М. Комаров, В. Грисс, Э. Увайт ва Р. Чаффи гузоштанд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Шитоби афтиши озод бо дур шудан аз сатҳи Замин чӣ гуна тағйир меёбад?
2. Сайёраҳои калони Системаи офтобиро номбар намоед.
3. Сайёраи калонтарин ва хурдтаринро номбар кунед.
4. Массаи сайёраҳо ва қувваи вазнинӣ дар онҳо чӣ тағйир муайян карда мешавад?
5. Дар қадом сайёраҳо шитоби афтиши озод ва қувваи вазнинӣ бузургии калонтарин ва хурдтарин дорад ва барои чӣ?
6. Дар Миррих чанд маротиба қувваи вазнинӣ нисбат ба Замин хурд аст?
7. Дар бораи Серера чӣ медонед?
8. Дар бораи ҷадвалҳои 2,15,1 ва 2,15,2 хулосаҳоятонро пешниҳод намоед.

## 2.16. МАССАИ ИНЕРТӢ ВА ҚОЗИБАВӢ

Маълум гардид, ки хосияти қозибавии байни ҷисмҳо аз массаи онҳо вобаста мебошад. Мувофиқи қонуни қозибавии умумичаҳонӣ массаи ҷисмҳо манбаи ҷазбшавии гравитатсионӣ ба шумор меравад ва бо афзоиши он қувваи қозибавии байни онҳо меафзояд.

Ҳамин тариқ, масса яке аз бузургиҳои физикии асосист, ки хосиятҳои инертиятдорӣ ва гравитатсионии (қозибавии) материяро тавсиф менамояд.

**Массаи ҷисро, ки дар асоси қонуни дуҷуми Нютон муайян карда мешавад, массаи инертӣ меноманд:**

$$m_{ин} = \frac{F}{a}. \quad (2.16.1)$$

Массаи инертӣ ин тавр таъриф дода мешавад: **бузургии физикие, ки хосияти инертияти ҷисро дар ҳаракати пешраванда тавсиф менамояд, массаи инертӣ номида мешавад.**

**Массаи ҷисро, ки дар асоси қонуни қозибавии умумичаҳонӣ муайян карда мешавад, массаи қозибавӣ меноманд:**

$$m_{ин} = \frac{F \cdot R^2}{GM}. \quad (2.16.2)$$

Массаи қозибавӣ ин тавр таъриф дода мешавад: **бузургии физикие, ки хосияти гравитатсионӣ (қозибадорӣ)-и ҷисро тавсиф медиҳад, массаи қозибавӣ номида мешавад.**

Дар физикаи муосир дар асоси таҷрибаҳои зиёде муқаррар карда шудааст, ки массаҳои инертӣ ва қозибавӣ эквивалентанд.

Қувваи қозибавии байни ҷисм ва Замин ба массаи қозибавии он  $m_ч$  мутаносиб мебошад:

$$F = G \frac{Mm_ч}{R^2}. \quad (2.16.3)$$

Қуввае, ки ҷисро дар майдони қозибавӣ шитоб мебахшад, ба воситаи массаи инертии он чунин ифода карда мешавад:

$$F = m_{ин} g. \quad (2.16.4)$$

Ифодаҳои (2.16.3) ва (2.16.4)-ро ба ҳамдигар баробар намуна, барои шитоби афтиши озод ҳосил мекунем:

$$g = G \frac{M}{R^2} \frac{m_q}{m_{\text{ци}}}. \quad (2.16.5)$$

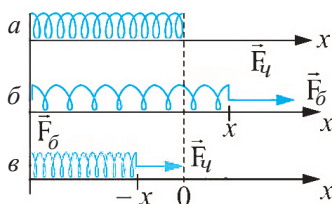
Азбаски шитоби афтиши озод барои ҳамаи ҷисмҳо қимати якхела дорад ва аз массаи онҳо вобастагӣ надорад, қиматҳои массаҳои инертӣ ва ҷозибавӣ ба ҳамдигар баробаранд ( $m_{\text{ин}} = m_q$ ). Барои ҳамин ин массаҳоро аз ҳамдигар фарқ накарда, танҳо дар бораи масса сухан меронанд. Эквивалент будани массаҳои инертӣ ва ҷозибавиро ба эътибор гирифта, аз формулаи (2.16.5) барои шитоби озодафти навишта метавонем:

$$g = G \frac{M}{R^2}. \quad (2.16.6)$$

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чиро массаи инертӣ меноманд?
2. Чиро массаи ҷозибавӣ меноманд?
3. Ба ҳамдигар эквивалент будани массаҳои инертӣ ва ҷозибавиро исбот намоед.

## 2.17. ҚУВВАИ ЧАНДИРӢ

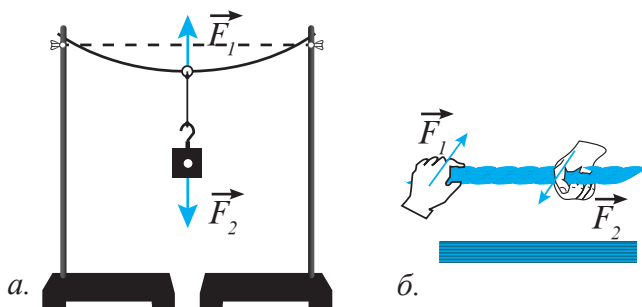


Расми 2.17.1

Ҳангоми деформатсияи ҷисмҳо қуввае пайдо мегардад, ки шакл ва андозаи аввалаи ҷисмро барқарор кардан меҳақад ва ин қувваро қувваи чандирӣ меноманд. Ҳангоми ёзиши пружин қувваи чандирии пайдогардида тавре равона мебошад,

ки баъд аз катъ гардидани қувваи деформатсиякунанда пружинро ба ҳолати аввалааш бармегардонад. Дар мавриди фишурдани пружин қувваи чандирии пайдошуда онро кушодан меҳақад.

Ҳамин тариқ, қувваи чандирӣ чунин қуввае мебошад, ки шакл ва андозаи аввалаи то лаҳзаи фишурдашавӣ ё кашидашавӣ доштаи ҷисмро барқарор менамояд.



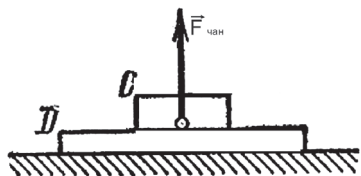
Расми 2.17.2

Дар расми 2.17.1 самти қувваи чандирии пайдошуда ҳангоми кашидашавии пружин (расми 2.17.1,б) ва ҳангоми фишурдашавии пружин (расми 2.17.1, в) нишон дода шудааст. Дар мавриди кашидашавӣ қувваи чандирӣ  $F_1$  ба муқобили кӯчиши нӯги пружин ва дар мавриди фишурдашавӣ ба тарафи рост равона мебошад.

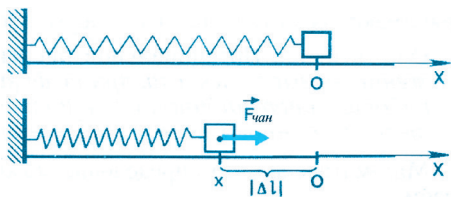
Қувваи чандирӣ ҳангоми деформатсияи гуногуни ҷисмҳо ба амал омада метавонад. Дар расми 2.17.2 бавучудоии қувваи чандирӣ ҳангоми ҳам кардан (расми 2.17.2, а) ва ҳангоми тоб додани ҷисмҳо (расми 2.17.2, б) нишон дода шудааст.

Сабаби пайдоиши қувваи чандириро дида мебароем. Қувваи чандирӣ табиати электромагнитӣ дошта, пайдоиши он ба таъсири мутақобили молекулаҳою атомҳои ҷисмҳо вобаста мебошад. Тавре ки маълум аст, масофаи байни молекулаҳо чун андозаашон хеле хурд мебошад. Хусусияти қувваҳои таъсири мутақобили молекулаҳо аз он иборат мебошад, ки ҳангоми масофаи байни молекулаҳо андаке зиёд гардидани он ба қувваи кашиш ва ҳангоми андаке кам гардидани масофаи байни молекулаҳо ба қувваи теладихӣ табдил меёбад. Ҳангоми кашиши пружин масофаи байни молекулаҳою атомҳо зиёд ва дар мавриди фишурдани он хурд мегардад ва ин боиси пайдоиши қувваи чандирӣ мегардад.

Қувваи чандирӣ ба сатҳи тамоми ҷисмҳои мутақобил таъсиркунанда перпендикуляр равона мебошад (расми 2.17.3) ва барои пружини фишурдашуда самти он дар расми 2.17.4 нишон дода шудааст.



Расми 2.17.3



Расми 2.17.4

Дар расми 2.17.3 аз тарафи тахтаи деформатсияшудаи Д ба ғулачӯби С-и дар болои он хобида қувваи чандирии  $F_{\text{ч}}$  таъсир менамояд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна қувваро қувваи чандирӣ меноманд?
2. Дар кадом мавридҳо қувваи чандирӣ ба амал меояд? Бо мисолҳо фаҳмонед.
3. Сабаби пайдоиши қувваи чандириро фаҳмонед.
4. Табиати электромагнитӣ доштаи қувваи чандириро маънидод намоед.
5. Бо мисолҳои ҳаёӣ ба амал омадани қувваи чандириро фаҳмонед.

## 2.18. ҚОНУНИ ГУК

Маълум гардид, ки ҳангоми ҳама гуна деформатсия (ёзиш, фишурдашавӣ, тобхӯрӣ, лағзиш, хамшавӣ) қувва чандирӣ ба амал меояд. Таҷрибаҳо тасдиқ менамоянд, ки бо афзоиши бузургии деформатсия бузургии қувваи чандирӣ зиёд мешавад.

Барои ёзишҳои хурд қувваи чандирӣ ба бузургии ёзиши пружин  $x = l_1 - l_2$  (расми 2.17.1) мутаносиб буда, ба он самти муқобил дорад ва ин вобастагӣ ба шакли риёзӣ чунин ифода карда мешавад:

$$F_{\text{ч}} = -kx, \quad (2.18.1)$$

дар ин ҷо  $k$  коэффитсиенти мутаносиб буда, саҳтии ҷисм (пружин) номида мешавад ва аз андозаю навъи ҷисм вобаста мебошад.

Аз формулаи (2.18.1) воҳиди саҳтии ҷисмро дар СИ муайян менамоем:

$$k = \frac{F_c}{x} = 1 \frac{H}{M}.$$

Қайд кардан лозим аст, ки  $x$  барои ёзиши чисм мусбат ва барои фишурдашавии чисм манфӣ қабул карда мешавад.

Формулаи (2.18.1) шакли риёзии қонуни таҷрибавии олими англис Гукро ифода менамояд ва он соли 1660 муқаррар карда шуда буд.

*Мувофиқи қонуни Гук қувваи чандирии ҳангоми деформатсияи чисм пайдогардида ба бузургии ёзиши чисм мутаносиб мебошад.*

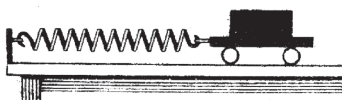
Ба қонуни Гук тарзи кори динамометрҳо – асбобҳое, ки қувваро чен мекунанд, асос карда шудааст. Дар динамометрҳо қувваи ченшавандаи  $F$  бо қувваи чандирии ҳосил кардаи пружини он, ки самти муқобил дорад, баробар мегардад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Бузургии қувваи чандирӣ аз бузургии деформатсия чӣ гуна вобастагӣ дорад?
2. Шакли риёзии вобастагии қувваи чандириро аз бузургии деформатсия навишта маънидод намоед.
3. Қонуни Гукро таъриф диҳед ва доир ба татбиқи амалии он маълумот диҳед.
4. Доир ба ҳудуди татбиқи қонуни Гук маълумот диҳед.

## 2.19. ҲАРАКАТИ ЧИСМ ТАҲТИ ТАЪСИРИ ҚУВВАИ ЧАНДИРӢ

Аробачаи бордори дар пружин басташударо дида мебароем (расми 2.19.1).



Расми 2.19.1

Қувваи вазнинии аробача бо қувваи реаксияи тақягоҳ рафъ шудааст. Ҳангоми аробачаро каша ва сар додан, он таҳти таъсири қувваи чандирӣ аввал ба тарафи чап ва баъд ба тарафи

рост ҳаракат намуда, ҳаракаташро тақрор кардан мегирад. Ин гуна ҳаракатро лаппиш меноманд. Яъне, таҳти таъсири қувваи чандирӣ чисм лаппиш меҳӯрад.

Бори дар пружин овезони аз ҳолати мувозинатӣ баровардашуда низ лаппиш меҳӯрад.

Тири координата  $x$ -ро ба самти ҳаракати бори лаппанда равона намуда, қонуни дуҷоми Нютонро барои он чунин навиштан мумкин аст:

$$m a_x = - kx.$$

Азбаски қувваи чандирӣ бефосила тағйир меёбад ва во-баста ба он шитоби ҷисми лаппанда низ бефосила тағйир ёфта меистад. Дар мавриди таҳти қувваи чандирӣ лаппидани ҷисм, кӯчиши ҷисм ва самти қувваи чандирӣ аз рӯйи як хати рост равона мебошанд.

Агар самти қувваи чандирӣ ба самти ҳаракати ҷисм амудӣ равона бошад, он гоҳ шитоби ҷисм низ нисбат ба суръати он амудӣ равона гардида, он шитоби марказрав ба шумор меравад.

Бо шитоби марказрав ҷисмҳо аз рӯйи давра ҳаракат менамоянд. Яъне, ҳангоми самти қувваи чандирӣ ба самти ҳаракати ҷисм перпендикуляр равона будан, ҷисм ҳаракати чархзанӣ мекунад.

Ҳангоми ҳаракати чархзании бори ба сари ресмон басташуда, қувваи чандирии ресмони кашидашуда ба самти ҳаракати бор перпендикуляр равона мебошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дар таҳти таъсири қувваи чандирӣ ҷисм чӣ гуна ҳаракат менамояд?
2. Ҳангоми қувваи чандирӣ ба самти ҳаракати ҷисм перпендикуляр таъсир намудан, он чӣ тавр ҳаракат мекунад?
3. Ҷисми таҳти таъсири қувваи чандирӣ ҳаракаткунанда чӣ гуна шитоб дорад?
4. Ба бори сари ресмони ҳаракати гирдхаттакунанда чӣ гуна қувва таъсир менамояд ва он чӣ тавр равона аст?

## 2.20. ҚУВВАИ СОИШ

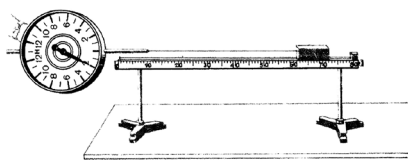
Таъсири мутақобиле, ки ҳангоми ба ҳамдигар расидани сатҳи ҷисмҳо ба амал омада ба ҳаракати нисбии он монёф мегардад, соиш номида мешавад. *Қуввае, ки ҳангоми ҳара-*



кат кардани як ҷисм аз рӯи сатҳи ҷисми дигар ба вуҷуд меояд ва таъсири мутақобили ин ҷисмҳоро тавсиф менамояд, қувваи соиш менаманд. Қувваи соиш ҳамеша рӯ-рӯи сатҳи расиши ҷисмҳо равона мебошад.

Соиш дар натиҷаи таъсири мутақобили молекулаҳои ҷисмҳои ба ҳам расанда, ё қисмҳои алоҳидаи ҳамон як ҷисм ба амал меояд. Сабаби дигари соиш ноҳамвории сатҳи ҷисмҳои ба ҳам расанда мебошад. Ҳар қадаре ки сатҳи ҷисмҳоро суфта намоем, ноҳамвориҳои онҳоро барҳам зада наметавонем.

Соишҳои ором, лағзиш ва ғелишро аз ҳамдигар фарқ менамоянд. Соише, ки дар натиҷаи таъсири мутақобили ҷисмҳои саҳти соишхӯранда ба амал меояд, *соиши берунӣ* номида мешавад. Дар мавриди нисбат ба ҳамдигар ором будани ҷисмҳо соишро *соиши ором*, ҳангоми аз болои ҳамдигар ҳаракат кардани ҷисмҳо *соиши лағзиш* ва дар мавриди яке аз ҷисмҳо аз рӯи ҷисми дигараш чархзада ҳаракат кардан соишро *соиши ғелиш* менаманд.



Расми 2.20.1

Қайд кардан лозим аст, ки ҳангоми нисбат ба ҳамдигар ҳаракат кардани қабатҳои моеъҳо ё газҳо соиши пайдошударо *соиши дохилӣ* менаманд. Барои моеъҳо ва газҳо

соиши оромӣ мавҷуд нест.

Пайдошавии қувваи соишро дар дастгоҳи таҷрибавӣ дида мебароем (расми 2.20.1).

Динамометри (қуввасанҷӣ) ба ҷисми ороми рӯи таъягоҳ басташударо кашида, бузургии қувваи соиши оромро чен кардан мумкин аст. Барои ин маврид самти қувваҳои ба ҷисми ором таъсиркунанда дар расми 2.20.2 нишон дода шулдааст. Дар ин расм қувваи  $\vec{F}$  ба сатҳи расиши ҷисму миз параллел равона аст ва қуввасанҷ бузургии онро чен менамояд,  $\vec{F}_e$  – қувваи вазнинӣ,  $\vec{N}$  – қувваи реаксияи миз, ки дар натиҷаи деформатсияи сатҳи миз ба вуҷуд меояд, қувваи

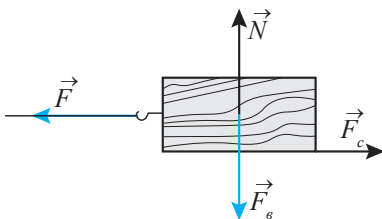
вазниниро мувозинат мекунад,  $\vec{F}_c$  – қувваест, ки модулан ба қувваи  $\vec{F}$  баробар буда, ба он муқобил таъсир менамояд ( $\vec{F}_c = -\vec{F}$ ) ва он қувваи соиши оромӣ номида мешавад.

Агар қувваи  $\vec{F}$ -ро зиёд намоем, дар ягон қимати муайяни он ҷисм ба лағзидан оғоз менамояд. Дар ин маврид қувваи  $\vec{F}$  ба қимати калонтарини (максималии) қувваи соиши оромӣ  $(\vec{F}_c)_{\max}$  баробар мешавад.

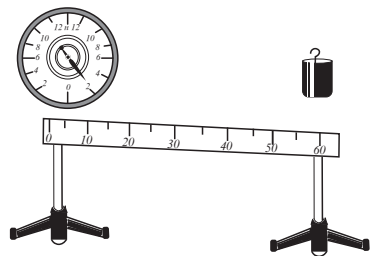
Ҳамин тариқ, ҳангоми қувваи  $\vec{F}$  аз  $(\vec{F}_c)_{\max}$  андаке зиёд будан ҷисм ба шитоб соҳиб мегардад.

Маҳз таъсири қувваи соиши оромӣ лағзонида ни ашӯҳои вазнин – ҷевон, миз, сандуқ ва ғайраҳоро душвор мегардонад.

Дар болои ҷисм бори иловагӣ гузошта мушоҳида менамоем, ки бо афзоиши қувваи вазнинӣ  $\vec{F}_g$ , қувваи соиши оромӣ  $\vec{F}_c$  низ зиёд мешавад (расми 2.20.3).



Расми 2.20.2



Расми 2.20.3

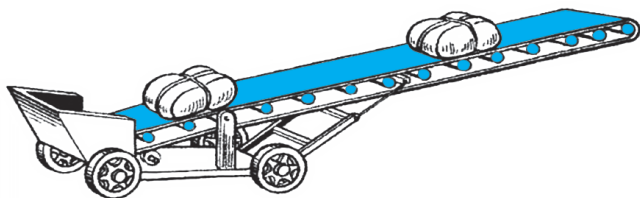
Азбаски қувваи вазнинӣ  $\vec{F}_g$  модулан ба қувваи реаксияи такаҷоҳ баробар аст, вобастагии қимати калонтарини модули қувваи соиши оромиро аз қувваи вазнинӣ  $\vec{F}_g = P$  ба шакли риёзӣ навиштан мумкин аст:

$$(F_c)_{\max} = \mu P, \quad (2.20.1)$$

дар ин ҷо  $\mu$  коэффитсиенти соиш номида мешавад.

Мувофиқи формулаи (2.20.1) қувваи калонтарини соиши оромӣ ба қувваи вазнинӣ мутаносиб мебошад.

Қувваи соиши оромӣ қуввае мебошад, ки гӯё ба оғози ҳаракати ҷисм монёе мегардад. Дар мавридҳои зиёд маҳз тавассути қувваи соиши оромӣ ҷисмҳо ба ҳаракат мебароянд. Дар расми 2.20.4 дар болои тасма-транспортёр бор тавассути соиши оромӣ кӯчонида мешавад.



Расми 2.20.4

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чиро соиши меноманд?
2. Намудҳои соиширо номбар намоед ва пайдоиши онҳоро бо мисолҳо фаҳмонед.
3. Пайдоиши қувваи соиши оромиро шарҳ диҳед ва он чӣ гуна самт дорад?
4. Қувваи соиши оромӣ чӣ тавр чен карда мешавад?
5. Бузургии қувваи соиши оромиро чӣ тавр ҳисоб кардан мумкин аст?
6. Коэффитсиенти соиши чист?
7. Дар кадом ҳолатҳо қувваи соиши оромӣ сабабгори ҳаракати ҷисмҳо мегардад?

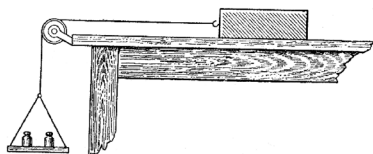
## 2.21. СОИШИ ЛАҒЗИШ

Ҳангоми қувваи ба сатҳи ҷисм параллелан таъсиркунанда аз қувваи калонтарини соиши оромӣ андаке зиёд гардидан, ҷисм ба шитоб соҳиб гардида, аз рӯйи ҷисми дигар ба лағзиш мебарояд.

Ҳангоми ҳаракати чана, лижа дар болои барф, порше-ни ҳаракатдиҳандаи мошин, ҳавопаймо, мотосикл ва ғайраҳо соиши лағзиш ба амал меояд. Дар ин маврид соиши оромӣ ба соиши лағзиш табдил меёбад. Қувваи соиши дар ин вақт ба ҷисми ҳаракаткунанда таъсиркунандаро қувваи

соиши лағзиш меноманд, он ҳамеша ба самти суръати ҳаракати ҷисм муқобил таъсир намуда, сабаби кам шудани суръати ҷисм мегардад. Ченкуниҳо тасдиқ менамоянд, ки модули қувваи соиши лағзиш тақрибан ба қувваи калонтарини соиши оромӣ баробар мебошад.

Соиши лағзишро бо ёрии трибометр (аз калимаи юнонӣ "трибо"-соиш) меомӯзанд, сохти он дар расми 2.21.1 нишон дода шудааст.



Расми 2.21.1

Ба лаъличаи овеза борҳои мувофиқро гузошта, ҳаракати мунтазаму ростхаттаи ғўлачӯбро ба амал овардан мумкин аст. Дар ин маврид қувваи соиши лағзиш ба қувваи ба ҳаракатдароранда, яъне вазни борҳо ва лаълича баробар мешавад. Агар болои ғўлачӯб борҳои иловагиро гузоштан гирем, қувваи соиши лағзиш ҳам зиёд шудан мегирад.

Аз ин ҷо хулоса мебарояд, ки қувваи соиши лағзиш аз қувваи фишори перпендикулярӣ ба сатҳҳои соишхӯранда таъсиркунанда вобаста мебошад. Дар таҷрибаи мо қувваи фишори перпендикулярӣ вазни ғўлачӯб ва борҳои гузошташуда ба шумор мераванд.

Ҳамин тариқ, қувваи соиши лағзиш ҳам ба монанди қувваи соиши оромӣ ба қувваи вазнинии ҷисми лағзанда мутаносиб мебошад:

$$F_{\text{сmax}} = \mu P, \quad (2.21.1)$$

дар ин ҷо  $\mu$  коэффитсиенти соиши лағзиш мебошад ва он ба коэффитсиенти соиши оромӣ ҳангоми қимати калонтарини қувваи соиши оромӣ баробар мебошад.

Таҷрибаҳо тасдиқ мекунанд, ки  $F_c$  аз  $P$  ҳамеша хурд мебошад, бинобар он  $\mu$  ҳамеша аз 1 хурд аст.

Аз формулаи (2.21.1) барои коэффитсиенти соиши лағзиш ҳосил мекунем:

$$\mu = \frac{F_c}{P}. \quad (2.21.2)$$

Яъне, коэффитсиенти соиши лағзиш нишон медиҳад, ки қувваи соиш кадом ҳиссаи қувваи вазниниро ташкил менамояд.

Тадқиққо бо трибометр нишон доданд, ки коэффитсиенти соиши лағзиш аз сатҳи ҷисм, бузургии сатҳи соишхӯранда ва суръати ҳаракат вобастагӣ дорад.

Аввалин бор қонунҳои зерин соиши хушкро физики фаронсавай Кулон муқаррар намуда буд:

*Қонуни якум. Коэффитсиенти соиши лағзиш барои як модда ва тозагии коркарди сатҳи соишхӯранда бузургии собит мебошад.*

*Қонуни дуюм. Коэффитсиенти соиши лағзиш аз маводди сатҳи соишхӯранда вобаста аст.*

Коэффитсиенти соиши лағзиш барои баъзе мавод дар ҷадвали 2.21.1 оварда шудааст.

#### Ҷадвали 2.21.1

#### Коэффитсиенти соиши лағзиш барои баъзе мавод

Мавод	Коэффитсиенти соиши лағзиш
Чӯб бо чӯб	0,25
Резин бо бетон	0,75
Бронза аз болои бронза	0,20
Оҳан аз болои оҳан	0,14
Чарм бо чӯян	0,56
Пӯлод бо пӯлод	0,20
Пӯлод бо ях	0,02
Дуб аз болои дуб (бо дарозӣ)	0,48
Дуб аз болои дуб (бо кӯндалангӣ)	0,34

Қиматҳои дар ҷадвали 2.21.1 овардашудаи коэффитсиенти соиши лағзиш барои сатҳҳои равшан намолида тааллуқ дорад.

Соиши байни ду моддаи равшан намолидаро соиши хушк меноманд.

Барои кам кардани соиш ба сатҳҳои соишхӯранда равшан мемоланд ва дар ин маврид соишро соиши тар меноманд.

Қувваи соиши тар нисбат ба қувваи соиши хушк хеле кам мешавад. Равғани ба сатҳҳои соишхӯранда молидашуда қувваи соишро кам мекунад.

**Қонуни сеюм. Коэффитсиенти соиши лағзиш аз бузургии масоҳати сатҳи баҳамрасии ҷисмҳо вобастагӣ надорад (агар он ниҳоят хурд набошад).**

Дар расми 2.21.2 бо трибометр чен кардани қувваи соиши лағзиш барои мавридҳои ҳархела будани масоҳати сатҳи баҳамрасии ҷисмҳо нишон дода шудааст. Дар ҳар ду маврид ҳам барои қувваи соиши лағзиш қиматҳои якхела ҳосил мешавад.

**Қонуни чорум. Коэффитсиенти соиши лағзиш бо афзудани суръати ҳаракат кам мешавад.**

Дар чадвали 2.21.2 вобастагии коэффитсиенти соиши лағзиш аз суръати мошин барои колодкаҳои ҷўянии тормоздиҳӣ аз рӯйи сатҳи пўлодии чархи он оварда шудааст.

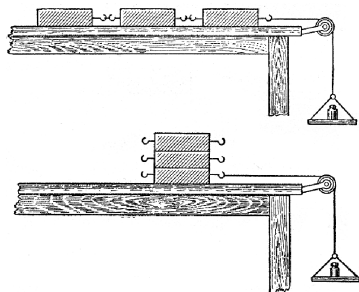
**Чадвали 2.21.2**

**Вобастагии коэффитсиенти соиши лағзиш аз суръати мошин**

Суръат, км/соат	8	16	40	72	96,5
Коэффитсиенти соиши лағзиш	0,273	0,242	0,166	0,127	0,074

Аз чадвали 2.21.2. дида мешавад, ки ҳангоми ҳаракат бо афзудани суръати мошин коэффитсиенти соиши лағзиш кам мешавад.

Дар амалия соиш ҳам зарар ва ҳам фоида дорад. Агар соиш фойданок бошад, барои зиёд кардани он кўшиш менамоянд. Масалан, ба роҳҳои лағзонак ва релсҳо рег мепوشанд, тасмаҳои ҳаракатдиҳандаҳо бо хоқаҳои махсус гардолуд карда мешаванд, ба камончаи ғичак ширеш мемоланд



**Расми 2.21.2**

ва ба гилдирақҳои ақибии мошин занҷир мепечонанд ва ғайраҳо.

Ҳангоми зараровар будани соиш барои кам кардани он мекўшанд. Дар амалия аз ду усули кам кардани соиш истифода мебаранд:

**1. Усули равғанмоӣ.** Раवғанмоӣ соишро 8-10 маротиба кам

менамоянд. Сабаб дар он аст, ки равған ҳамаи ноҳамвориҳои сатҳҳои соишхӯрандаро пур карда, дар байни онҳо ба намуни пардаи тунук ҷойгир мешавад, қабатҳои равған нисбат ба якдигар мелағзанд ва гӯё сатҳҳо ба якдигар намерасанд. Яъне соиши берунӣ ба соиши дарунӣ табдил меёбад.

**2. Усули табдил додани соиши лағзиш ба соиши ғелиш.** Дар мошинҳо барои кам кардани соиш аз ин усул истифода бурда, подшипникҳои лағзандаро бо подшипникҳои саққомонанд иваз менамоянд ва соиши лағзиш ба ғелиш табдил меёбад, ки ин соишро 20-30 маротиба кам мекунад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кадом вақт қувваи соиши оромӣ ба соиши лағзиш табдил меёбад?
2. Пайдоиши қувваи соиши лағзишро шарҳ диҳед ва он чӣ гуна самт дорад?
3. Трибометр чӣ гуна сохт дорад ва барои чӣ истифода бурда мешавад?
4. Қувваи соиши лағзиш бо қувваи вазнинӣ чӣ гуна вобастагӣ дорад?
5. Коэффитсиенти соиши лағзиш аз чӣ вобастагӣ дорад?
6. Соиши хушк аз соиши тар чӣ фарқ дорад?
7. Қонунҳои соиши лағзишро таъриф ва шарҳ диҳед.
8. Фоида ва зарари соишро бо мисолҳо фаҳмонед.
9. Бо кадом усулҳо соишро кам кардан мумкин аст?
10. Барои чӣ дар даст нигоҳ доштани моҳии зинда душвор аст?
11. Барои чӣ ба системаи тормоздиҳии мошин равған наменоманд?

## 2.22. ҲАРАКАТИ ҶИСМ БО ТАЪСИРИ ҚУВВАИ СОИШ

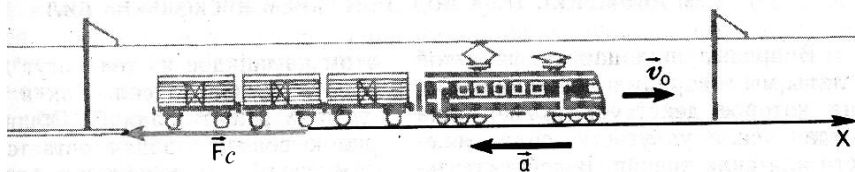
Дар ҳаракатҳои реалӣ ҳамеша қувваи соиш ба вучуд меояд ва он ҳамеша ба самти вектори суръати ҷисми ҳаракаткунанда самти муқобил дорад. Бинобар он хангоми тартиб додани муодилаи ҳаракати ҷисм дар қатори дигар қувваҳои ба он таъсирбахшанда, таъсири қувваи соиш  $F_c$  -ро ба эътибор гирифта зарур мебошад.

Қонуни дуҷуми Нютон бо ба эътибор гирифтани қувваи соиш ба намуни зерин навишта мешавад:

$$m\vec{a} = \vec{F} - \vec{F}_c \quad (2.22.1)$$

Аз баробарии (2.22.1) бармеояд, ки дар шароити реалӣ

(вокей) барои ҳаракати мунтазами ҷисм, бояд қувваи ба он таъсирбахшанда  $F$  қувваи соиши ба вучудояндаро мувозинат намояд.



Расми 2.22.1

Ҳамин тариқ, ҳаракати мунтазам ва ростхаттаи ҷисм ҳангоми бо қувваи соиши бавучудоянда дар мувозинат будани қувваи берунаи таъсирбахшанда ба амал меояд.

Бинобар ин барои ҷен кардани қувваи соиши ба ҷисм таъсирбахшанда, ҷен кардани қувваи берунае, ки таҳти таъсири он ҷисм мунтазаму ростхатта ҳаракат мекунад, кифоя мебошад.

Қувваи соиш боиси кам гардидани қимати ададии суръати ҷисмҳо мегардад. Ҳангоми ба ҷисм танҳо таъсир намудани қувваи соиш, он оҳиста-оҳиста аз ҳаракат мемонад. Масалан, агар ронандаи қатора муҳаррики поездро хомӯш карда тормозашро пахш кунад, дар ин ҳолат ба поезд танҳо қувваи соиши бузургиаш собит таъсир мекунад (қувваи вазниниро қувваи реаксияи релсҳо мувозинат менамоянд ва қувваи муқовимати ҳаво бо сабаби хурд буданаш аз эътибор соқит карда мешавад).

Баъди фосилаи вақти  $t$  поезд масофаи  $s$ -ро тай карда аз ҳаракат мемонад.  $s$ -масофаи тормозхӯрӣ номида мешавад.

Шитобе, ки поезд таҳти таъсири қувваи соиш  $F_c$  соҳиб мегардад, аз ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_c}{m}. \quad (2.22.2)$$

Қувваи соиш  $\vec{F}_c$  ва шитобе, ки таҳти таъсири он поезд соҳиб мешавад ( $\vec{a}$ ), муқобили самти тири  $x$  равона мебошанд (расми 2.22.1).



Поезд баъди тормоздиҳӣ ҳаракати собитшитоби сустшаванда мекунад, бинобар ин суръати ибтидоии он  $g_0$  аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$g_0 = \sqrt{2as}.$$

Аз ин ҷо:

$$s = \frac{g_0^2}{2a}. \quad (2.22.3)$$

Аз формулаи (2.22.2) қимати  $a$ -ро ба ифодаи (2.22.3) гузошта ифодаро барои масофаи тайкардаи поезд баъди тормоздиҳӣ ҳосил менамоем:

$$s = \frac{m g_0^2}{2F_c}. \quad (2.22.4)$$

Мувофиқи ифодаи (2.22.4) баъди тормоздиҳӣ роҳи тайнамудаи поезд то аз ҳаракат бозмонданааш ба квадрати суръати ибтидоии он мутаносиб мебошад. Яъне ҳангоми ду маротиба афзудани  $g_0$  барои боздоштани поезд роҳи 4 маротиба дарозтар лозим мешавад. Бояд ҳамаи шахсоне, ки воситаҳои нақлиётро идора мекунанд, инро ба эътибор гирифтанишон лозим аст.

Қайд кардан ба маврид аст, ки пиёдагардҳое, ки аз роҳи нақлиёт мегузаранд, бояд донанд, ки барои аз ҳаракат бозмондани нақлиёт ҳам вақт ва ҳам масофаи муайян лозим аст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Шитобе, ки қувваи соиш ба ҷисм мебахшад, чӣ гуна самт дорад?
2. Ҷисме, ки ба он танҳо қувваи соиш таъсир мекунад, чӣ гуна ҳаракат менамояд?
3. Кадом вақт ҷисмҳо ҳаракати мунтазам ва ростхатта мекунанд?
4. Баъди тормоздиҳӣ масофаи тормозхӯрӣ аз кадом бузургӣҳо вобаста аст?
5. Ҳангоми ду маротиба зиёд гардидани қувваи соиш масофаи тормоздиҳӣ чӣ тавр тағйир меёбад?
6. Ҳангоми ду маротиба зиёд гардидани суръати ибтидоии ҷисми тормоз додашуда, масофаи тормоздиҳии он чӣ тавр тағйир меёбад?
7. Доир ба истифодаи формулаи (2.22.4) маълумот диҳед.

## 2.23. ҲАРАКАТИ ЧИСМ ТАҲТИ ТАЪСИРИ ЧАНД ҚУВВА

Дар мавзӯҳои гузашта ҳаракати ҷисмро таҳти таъсири қувваҳои алоҳида – қувваи вазнинӣ, қувваи чандирӣ, қувваи соиш дида баромадем. Дар амалия ҳолатҳое, ки ба ҷисм танҳо як қувва таъсир мекунад, қариб дучор намешавад. Аксар вақт ба ҷисм дар як вақт якчанд қувва таъсир менамояд. Дар мавриди дилхоҳ ба ҷисмҳо дар баробари қувваҳои дигар (чандирӣ, вазнинӣ ва ғайраҳо), қувваи соиш таъсир мекунад.

Ҳангоми ба ҷисм таъсир намудани якчанд қувва дар формулаи қонуни дуҷуми Нютон  $\vec{F} = m\vec{a}$ , қувваи  $\vec{F}$  ҳосили ҷамъи векториҳои ҳамаи қувваҳои ба ҷисм таъсиркунандаро ифода менамояд.

Ҷамъи векториҳои қувваҳои ба ҷисм таъсирбахшандаро ба ҷамъи алгебравии проексияҳои онҳо дар тирҳои координата иваз кардан мумкин аст.

Ҳангоми ҳалли масъалаҳо проексияи ҳамаи қувваҳо ва вектори шитоби ҷисмро дар самтҳои интиҳобкардаи тирҳои координата тасвир кардан лозим аст. Муодилаи қонуни дуҷуми Нютонро барои ҳамаи проексияҳо навишта, онҳоро якҷоя ҳал кардан зарур мебошад.

Агар системаи муойинашаванда аз якчанд ҷисм иборат бошад, он гоҳ қонуни дуҷуми Нютонро барои ҳар як ҷисми алоҳида, аввал дар шакли векторӣ ва баъд ба шакли скалярӣ навишта, онҳоро якҷоя ҳал бояд кард.

Дар мавриди ба сифр баробар гардидани ҷамъи қувваҳои ба ҷисм таъсирбахшанда ( $F = 0$ ), шитоби ҷисм низ ба сифр баробар мешавад. Мувофиқи қонуни якуми Нютон дар ин ҳолат ҷисм ҳаракати мунтазам ва ростхатта мекунад ё дар ҳолати оромӣ мешавад.

Дар амалия ба ҳаракати ростхаттаи мунтазам кам дучор мегардем, аммо аксар ҳолатҳо ҷисмҳо нисбати ин ё он системаи сарҳисоб ороманд. Ҷисмҳое, ки қароранд дар ҳолати мувозинатанд ва барои онҳо ҳосили ҷамъи қувваҳои таъсирбахшанда баробари сифраст.

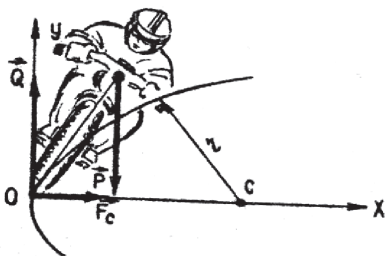
Ҳамин тариқ, агар чамъи проексияҳои ҳама қувваҳо дар ҳар як тири координатӣ ба сифр баробар бошад, ҷисм дар ҳолати мувозинатӣ мешавад. Ин гуфтаҳо барои ҳаракати пешраванда тааллуқ доранд.

Қайд кардан лозим аст, ки агар ҳосили чамъи қувваҳои ба ҷисм таъсирбахшанда ба сифр баробар бошад ҳам, ҷисм дар атрофи меҳвар ҷарҳ зада метавонад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дар амалия дар як вақт ба ҷисмҳо чӣ гуна қувваҳо таъсир карданишон мумкин аст?
2. Қонуни дуюми Нютон дар мавриди ба ҷисм таъсир намудани якчанд қувва чӣ тавр навишта ва таъриф карда мешавад?
3. Дар мавриди баробари сифр будани ҳосили чамъи қувваҳои ба ҷисм таъсирбахшанда, ҷисм дар кадом ҳолат шуда метавонад?
4. Қонуни дуюми Нютон дар мавриди дар ҳаракат иштирок кардани якчанд ҷисм чӣ тавр татбиқ карда мешавад?

## 2.24. ҲАРАКАТ ДАР ХАМГАШТҲО



Расми 2.24.1

Дар ҳамгаштҳо ба ҷисми ҳаракаткунанда (масалан, ба мототсикл, велосипед ва мошин) қувваи вазнинӣ  $\vec{P}$ , қувваи реаксияи такаюғ  $\vec{N}$  ва қувваи соиш  $F_c$  таъсир менамояд (расми 2.24.1). Қувваҳои  $\vec{P}$  ва  $\vec{N}$  якдигарро ҷуброн (компенсатсия) менамоянд ва қувваи соиш ба самти суръати мототсикл перпендикуляр равона буда, нақши қувваи марказзавро мебозад. Бинобар ин барои ин маврид қонуни дуюми Нютон ба намуди скалярӣ чунин навишта мешавад:

$$F_c = \frac{m g^2}{R}, \quad (2.24.1)$$

ё

$$\kappa P = \kappa m g = \frac{m g^2}{R}.$$

Аз ин чо барои суръати ҷисм дар ҳамгашти роҳ ифодаи зеринро ҳосил менамоем:

$$g = \sqrt{kgR}. \quad (2.24.2)$$

Аз баробарии (2.24.2) дида мешавад, ки суръати ҷисм дар ҳамгашти роҳ ба радиуси қачии ҳамгашт  $R$  вобаста мебошад.

Мувофиқи баробарии (2.24.2) агар ҷисм дар ҳамгашти роҳ бо ҳамин суръат ҳаракат намояд, налагзида мегузарад.

Дар асоси расми 2.24.1 кунҷи моилӣ  $\alpha$  аз ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_c}{P} = \kappa. \quad (2.24.3)$$

Яъне, кунҷи моил ададан ба коэффитсиенти соиш баробар мебошад.

Ҳангоми дар болои курси (диски) чархзананда ҷойгир будани ҷисм низ қувваи соиш нақши қувваи марказравро мебозад. Барои ин маврид дар формулаи (2.24.1)  $g = \omega R$  буданашро ба эътибор гирифта навиштан мумкин аст:

$$F_c = m\omega^2 R. \quad (2.24.4)$$

Дар ин чо  $\omega$  – суръати кунҷии чархзании курс,  $R$  масофаест, ки ҷисм аз маркази курс дар он ҷойгир аст.

Мувофиқи баробарии (2.24.4) бо афзоиши суръати кунҷии курс қувваи соиш то қимати максималӣ зиёд мешавад. Ҳангоми афзоиши минбаъдаи суръати чархзанӣ қувваи соиш барои ҳамроҳи курс чарх занонидани ҷисм нокифоя мегардад ва ҷисм ба канори курс лағзида меравад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дар ҳамгаштҳои роҳ ба ҷисми ҳаракаткунанда чӣ гуна қувваҳо таъсир мекунанд?
2. Қувваи соиш ба ҷисми дар ҳамгаштҳо ҳаракаткунанда чӣ гуна нақширо мебозад?
3. Суръати ҷисм дар ҳамгаштҳои роҳ аз кадом формула муайян карда мешавад ва он аз радиуси қачии роҳ чӣ гуна вобастагӣ дорад?
4. Барои ҷисми чархзананда вобастагии қувваи соишро аз суръати он маънидод намоед.

## 2.25. МУВОЗИНАТИ ҚУВВАҲО ВА ЧИСМҲО

Аз қонуни дуҷуми Нютон маълум аст, ки таҳти таъсири қувва ҷисм ба шитоб соҳиб мешавад.

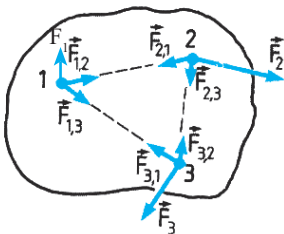
Қайд кардан лозим аст, ки аксар вақт ҷисмҳо таҳти таъсири қувваҳои гуногун дар ҳолати оромӣ мешаванд ва инро ҳолати мувозинати ҷисмҳо меноманд.

Дар ҳақиқат ҳам вақте ки мо ба атроф назар мекунем, ҷисмҳои оромро, ба монанди биноҳо, кӯҳҳо, китоби болои миз, дарахтон ва ғайраҳо мебинем.

Дар кадом шароит ҷисмҳо дар ҳолати оромӣ ё мувозинатӣ мешаванд? Дар амалия барои сохтани иморатҳо, иншоотҳо, кӯпрукҳо, мошинҳо, асбобҳо ва ғайраҳо ин ҳолатҳо аҳамияти бузург доранд.

*Қисми механике, ки шартҳои мувозинати қувваҳои ба ҷисмҳо гузошташударо меомӯзад, статика номида мешавад. Аз калимаи юнонӣ – статика маънои оромро дорад.*

Ҳангоми дида баромадани мувозинати ҷисмҳо деформатсияи онҳоро сарфи назар мекунем ва ҷисмро саҳт ҳисоб менамоем.



Расми 2.25.1

Дар ҳақиқат ҳам барои ҷисмҳои саҳти реалӣ дар аксар мавридҳо деформатсияшон ночиз аст ва онро ба эътибор нагирифтани мумкин аст.

Аниқ менамоем, ки дар кадом шароит ҷисмҳо дар ҳолати мувозинатӣ мешаванд. Ҷисмро фикран ба қисмчаҳои хурди шуморашон зиёд

тақсим менамоем ва ҳар яки онро ҳамчун нуқтаи материалӣ дида мебароем. Дар расми 2.25.1 баъзе қисмчаҳои хурд нишон дода шудааст.

Қувваҳои аз тарафи ҷисмҳои дигар ба ҷисм таъсиркунанда қувваҳои берунӣ ва қувваҳои дохилӣ, ки бо он қисмчаҳои ҷисм байни ҳамдигар таъсири мутақобил менамоянд, қувваҳои дохилӣ номида мешаванд.

$\vec{F}_{1,2}$  – қуввае, ки ба қисмчаи 1 аз тарафи қисмчаи 2,  $\vec{F}_{2,1}$  қувваи аз тарафи қисмчаи 1 ба қисмчаи 2 таъсир мекунад.

Қувваҳои  $\vec{F}_{1,3}, \vec{F}_{3,1}, \vec{F}_{2,3}, \vec{F}_{3,2}, \vec{F}_{1,2}, \vec{F}_{2,1}$  қувваҳои дохилӣ ва қувваҳои  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$  қувваҳои берунӣ мебошанд. Бо  $\vec{F}_1', \vec{F}_2'$  ва  $\vec{F}_3'$  суммаи геометрии (ҳандасии) қувваҳои дохилии ба қисмчаҳои 1, 2, 3 таъсиркунандаро ишора мекунем.

Агар қисм ором бошад, шитоби ҳар як қисмча ба сифр баробар мебошад. Бинобар ин мувофиқи қонуни дуҷуми Нютон суммаи геометрии ҳамаи қувваҳои ба қисмчаҳои дилхоҳ таъсиркунанда ба сифр баробар мешавад:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_1' = 0, \quad \vec{F}_2 + \vec{F}_2' = 0, \quad \vec{F}_3 + \vec{F}_3' = 0. \quad (2.25.1)$$

Яъне, барои дар ҳолати мувозинатӣ будани қисм бояд суммаи геометрии ҳамаи қувваҳои ба қисмчаи дилхоҳи қисм таъсиркунанда ба сифр баробар бошад.

Аниқ менамоем, ки қувваҳои берунии ба қисм таъсиркунанда кадом шартро қаноат кунонанд, ки қисм дар ҳолати мувозинатӣ бошад.

Барои ин баробарии (2.25.1)-ро, ки барои мувозинати қисмҳои дилхоҳи қисм зарур ва кифоя мебошад, чамъ менамоем:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots (\vec{F}_1' + \vec{F}_2' + \vec{F}_3' + \dots) = 0. \quad (2.25.2)$$

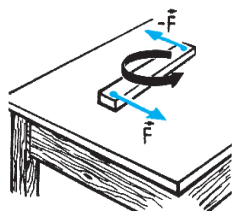
Қавси якуми ин баробарӣ суммаи вектории ҳамаи қувваҳои берунии ба қисм гузошташударо ва қавси дуҷуми суммаи вектории ҳамаи қувваҳои дохилии ба қисмҳои қисм таъсиркунандаро ифода мекунад.

Мувофиқи қонуни сеҷуми Нютон ба қувваи дохилии дилхоҳ қувваи модулан баробару муқобилтаъсиркунанда мувофиқ меояд, бинобар ин суммаи вектории қувваҳои дохилии ба қисмҳои қисм таъсирбахшанда ба сифр баробар аст ва аз баробарии (2.25.2) барои суммаи геометрии қувваҳои берунии ба қисм гузошташуда ҳосил менамоем:

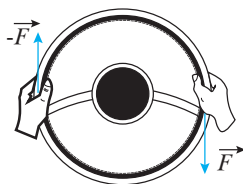
$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = 0. \quad (2.25.3)$$

**Яъне, агар қисм дар ҳолати мувозинатӣ бошад, он гоҳ суммаи геометрии қувваҳои берунии ба он гузошташуда ба сифр баробар аст.**

Қувваҳои модулашон баробару самташон гуногун тахтача ё рули (фармони) мошинро чарх мезанонанд (расмҳои 2.25.2 ва 2.25.3).



Расми 2.25.2



Расми 2.25.3

Сабаби ин гардишкунӣҳо дар он аст, ки суммаи қувваҳои ба қисмҳои алоҳидаи тахтача ва рули мошин таъсирбахшанда ба сифр баробар нест, бинобар ин қисмҳо дар ҳолати мувозинатӣ набуда, гардиш менамоянд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Статика чиро меомӯзад?
2. Чиро қувваҳои дохилӣ меноманд?
3. Чиро қувваҳои берунӣ меноманд?
4. Кадом вақт қисм дар ҳолати мувозинатӣ мешавад?
5. Кадом ҳолати қисмро мувозинатӣ меноманд?
6. Қувваҳои мавҷудашон якхелаю самти муқобилдошта ба қисм чӣ гуна таъсир мекунад?
7. Муодилаи (2.25.3)-ро навишта маънидод намоед.

## ХУЛОСАҲОИ МУҲИММИ БОБ

Динамика яке аз қисмҳои механика буда, сабабҳои ба вучуд омадани ҳаракатҳои гуногун ва дорои шитоб гардишдани қисмҳоро меомӯзад.

Асосгузори динамика олими физикдони англис Исаак Нютон (1643-1727) мебошад. Соли 1686 Нютон асари машҳури худ «Ибтидои математикаи фалсафаи натуралӣ»-ро нашр намуд ва дар он се қонуни худро баён кардааст, ки онҳо хулосаи таҷрибаҳо ва дониши бисёрасраи инсоният доир ба ҳаракатҳои гуногун ба шумор меравад. Ин қонунҳо бевоси-

та ҳангоми дида баромадани ҳаракатҳо нисбат ба системаи сарҳисоби инерсиалии дуруст мебошанд.

Қонуни якуми Нютон тасдиқ менамояд, ки ҷисм нисбат ба системаҳои инерсиалии сарҳисоб дар мавриде ростхатта ва мунтазам ҳаракат мекунад ё дар ҳолати ором мемонад, ки қувваи натиҷавии ҳамаи қувваҳои ба ҷисм таъсирбахшанда ба сифр баробар бошад.

*Системаи сарҳисобе, ки нисбат ба он ҷисмҳо ҳаракати ростхаттаи мунтазам менамояд ё ҳолати оромии худро нигоҳ медорад, системаи инерсиалии сарҳисоб номида мешавад.*

*Мувофиқи қонуни дуҷуми Нютон шитобе, ки бо он ҷисм ҳаракат менамояд, ба қувваи ба ҷисм таъсирбахшанда  $\vec{F}$  мутаносиби роста буда, ба массаи он  $m$  мутаносиби чаппа мебошад:*

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}.$$

Мувофиқи қонуни сеҷуми Нютон қувваҳое, ки бо он ду ҷисм ба ҳамдигар таъсири мутақобил менамоянд, ҳамеша аз ҷиҳати бузургӣ баробар буда, аз ҷиҳати самт муқобили ҳамдигаранд ва аз рӯйи хатти рости ҷисмҳоро пайваस्ताкунанда равона мебошанд:

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2.$$

Қонунҳои Нютон имкон медиҳад, ки масъалаҳои гуногуни механика ҳал карда шавад. Дар мавриди маълум будани қувваи ба ҷисм таъсирбахшанда шитоби ҷисмро дар нуқтаҳои гуногуни траектория ва дар лаҳзаи вақти дилхоҳ суръат, кӯчиш ва координатаҳои ҷисмро муайян кардан мумкин аст.

Дар механика асосан қувваҳои ҷозиба, чандирӣ ва соиш афзалиятнок мебошанд.

Қувваи ҷозибаи байни ду ҷисми нуқтавии массаашон  $m_1$  ва  $m_2$ , ки аз ҳамдигар дар масофаи  $R$  ҷойгиранд, дар асоси қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ муайян карда мешавад:



$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2},$$

Дар ин чо  $G=6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{K^2}$  собити гравитатсионӣ мебошад.

Қувваи қозиба дар намуди қувваи вазнинӣ зоҳир мегардад.

Муҳимтарин хусусияти қувваи вазнинӣ аз он иборат аст, ки вай ба ҳамаи ҷисмҳо шитоби якхела мебахшад.

**Қуввае, ки ҷисм бо он бо сабаби сӯйи Замин ҷазб шудани худ ба таъғоҳ ё овеза таъсир расонида, онро деформатсия менамояд, вазни ҷисм номида мешавад.** Дар системаҳои инерсиалӣ вазни ҷисмҳо  $P$  ба қувваи вазнинӣ баробар мебошад:

$$P = mg,$$

дар ин чо  $m$ -массаи ҷисм,  $g$ -шитоби озодафтии ҷисм аст.

## БОБИ 3 ЛАППИШ ВА МАВҶҶОИ МЕХАНИКӢ

### 3.1. ҲАРАКАТИ ЛАППИШНОК

*Дар синфи 9-ум Шумо бо ҳаракати лаппишнок шинос шуда будед. Ҳоло ин намуди ҳаракатро пурратар дида мебароем.*

Ҳаракати лаппишнокро дар физикаи муосир яке аз фаслҳои он – физикаи лаппишҳо меомӯзад.

Дар байни ҳаракатҳои механикӣ, ки мо дучор мегардем, аксар вақт ҳаракатҳои такроршаванда ба назар мерасанд.

Чархзании мунтазами қисмҳои гуногун ҳаракати такроршаванда ба шумор меравад: гардиши Моҳ дар атрофи Замин, ҳаракати сайёраҳо, чархзании қисмҳои мошинҳо ва ғайраҳо.

Ҳаракатҳои айнан такроршавандаро ҳаракати даврӣ меноманд. Масалан, ҳаракати раққосак, ҳаракати бори дар пружин овезон буда, тори асбобҳои мусиқӣ, раққосаки соатҳо, заминларза низ ҳаракати даврӣ ба шумор мераванд.

*Ҳаракатҳои, ки пас аз фосилаҳои муайяни вақт айнан ё қариб айнан такрор мешаванд, лаппиш меноманд.*

*Системае, ки лаппиш хӯрда метавонад, системаи лаппанда меноманд (ин гуна система лаппишнахӯрда низ шуда метавонад).*

Масалан, қисми ба пружин овезон ё бори дар ресмон овезон дар якҷоягӣ бо Замин системаи лаппанда ба шумор мераванд.

Лаппишҳо дар табиат хеле зиёд ба амал меоянд. Шохи дарахтон ҳангоми вазиши бод, арғунчаки аз мавҷеи мувозинатӣ майлдида, таппиши дили одам ва ғайраҳо ҳаракатҳои такроршавандаанд, лаппиш ба шумор мераванд. Рӯшноие, ки ба мо имконияти диданро медиҳад, табиати лаппишӣ дорад. Атомҳои, ки моддаҳо аз он ташкил ёфтаанд, лаппиш менамоянд.

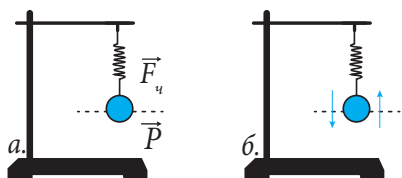
Лаппишҳо дар амалия татбиқи васеъ доранд. Соҳаи илме нест, ки дар он лаппиш нақши асосиро набозад. Лаппишҳо асоси акустика, оптика, электротехника ва радиотехникаро ташкил менамоянд.

Лаппишҳои озод ва маҷбурии системаҳои лаппандаро аз ҳамдигар фарқ менамоянд. Қувваҳои дар байни қисмҳои сис-

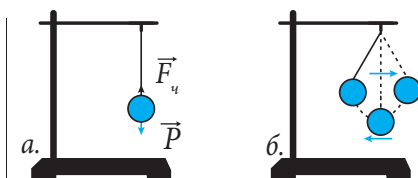
темаи лаппанда таъсиркунандаро, қувваи дохилӣ меноманд. Қувваҳои ба ҷисмҳои системаи лаппанда, аз тарафи ҷисмҳои берунӣ таъсиркунандаро, қувваҳои берунӣ меноманд.

**Лаппишҳое, ки дар системаи лаппанда бо таъсири қувваҳои дохилӣ, баъди аз ҳолати мувозинатӣ баровардани он ба амал меоянд, лаппишҳои озод меноманд.**

Лаппиши бори дар пружин овезон (расми 3.1.1 а, б) ва бори дар ресмон овезон (расми 3.1.2, а, б) лаппишҳои озод ба шумор мераванд. Лаппишҳои озодро баъзан лаппишҳои хусусӣ низ мегӯянд.



Расми 3.1.1



Расми 3.1.2

Дар расми 3. 1. 1, а қувваи чандирии ҳангоми ёзиши пружин бавучудоянда  $\vec{F}_c$ , қувваи вазнинии ба сакқо таъсиркунанда  $\vec{P}$  -ро мувозинат мекунад.

Ҳангоми аз мавқеи мувозинатӣ баровардани сакқо, яъне онро андаке ба поён кашида сар додан (расми 3.1.1, б) вай болою поён ҳаракат карда, лаппиши озод менамояд.

Дар расми 3.1.2, а қувваи чандирии ҳангоми тарангшавии ресмон бавучудоянда  $\vec{F}_c$ , қувваи вазнинии ба сакқо таъсиркунанда  $\vec{P}$  -ро мувозинат мекунад. Ҳангоми сакқоро аз мавқеи мувозинатиаш майл кунонида сар додан, вай ба чапу рост ҳаракат карда, лаппиши озод менамояд (расми 3.1.2, б).

Сакқои дар нӯги ресмон овезон раққосак ба шумор меравад. Ҷисми дилхоҳи овезоне, ки маркази вазниниаш аз нуқтаи овезиш поён ҷойгир аст, раққосак ҳисоб кардан мумкин аст. Болғаи дар мех овезон, шоҳини тарозуҳои фашангӣ, хаткашаки дар мех овезон ва амсоли онҳоро раққосак ҳисоб кардан мумкин аст.

Ҳамин тариқ, баъди аз ҳолати мувозинатӣ баровардани системаҳои лаппанда шароите пайдо мешавад, ки ҷисмҳо

бе таъсири қувваҳои берунии даврӣ тағйирёбанда лаппиши озод менамоянд.

Чисмҳои лаппанда энергия доранд ва лаппиши онҳо дар муҳит ба амал меояд. Ҳангоми лаппиш байни чисм ва муҳит қувваи соиш таъсир менамояд. Барои баргараф кардани қувваи соиш қор иҷро кардан лозим аст ва ин қор аз ҳисоби энергияи чисми лаппанда иҷро мешавад. Бинобар ин энергияи чисми лаппанда оҳиста-оҳиста кам шуда ва дар охир лаппиши чисм хомӯш мегардад. Ҳамаи лаппишҳои реалӣ хомӯшшаванда мебошанд. Агар ба чисм қувваи берунии даври тағйирёбанда таъсир намояд, он гоҳ лаппиши он хомӯш намегардад.

***Лаппишҳое, ки бо таъсири қувваҳои даври тағйирёбандаи беруни ба амал меоянд, лаппишҳои маҷбури номида мешаванд.***

Ҳамин тариқ, лаппишҳои маҷбури хомӯшнашавандаанд. Лаппиши поршен дар силиндри ҳаракатдиҳандаи дарунсӯз, сӯзани мошини дарздӯзи, мембранаи микрофон мисолҳои лаппиши маҷбури ба шумор мераванд. Лаппишҳои маҷбури татбиқи васеи амалӣ доранд.

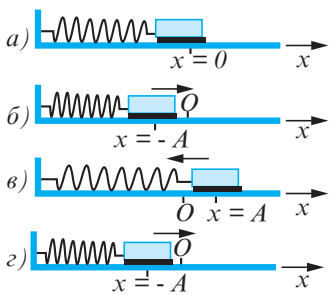
## **САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР**

1. Лаппиш гуфта чиро меноманд?
2. Ҳаракати лаппишнок аз дигар намудҳои ҳаракат бо чӣ фарқ мекунад?
3. Системаи лаппанда гуфта чиро меноманд?
4. Дар амалия лаппишҳоро дар қучо истифода мебаранд?
5. Чӣ гуна лаппишҳоро аз ҳамдигар фарқ мекунад?
6. Чаро лаппишҳои озод хомӯшшавандаанд?
7. Чӣ гуна лаппишҳоро лаппишҳои маҷбури меноманд?
8. Лаппишҳои маҷбуриро чӣ тавр ҳосил кардан мумкин аст?
9. Бавуҷуди лаппишҳои маҷбуриро бо мисолҳои ҳаёти маънидод намоед.

## **3.2. АМПЛИТУДА, ДАВР ВА БАСОМАДИ ЛАППИШ**

Бузургҳои асосие, ки лаппишро тавсиф менамоянд, амплитуда, давр ва басомад ба шумор мераванд.

Дар расми 3.2.1 лаппиши бори ба пружин пайваст кардашуда нишон дода шудааст. ***Майлқунии калонтарини чисми***



Расми 3.2.1

лаппандаро аз мавқеи мувозинатӣ амплитудай лаппиш меноманд. Қимати амплитуда барои пружини фишурдашуда ба  $-A$  (расми 3.2.1, б) ва барои пружини дарозшуда ба  $A$  (расми 3.2.1, в) баробар мебошад. Вобаста ба қимати майлқунии ҷисм аз мавқеи мувозинатиаш, амплитуда қиматҳои гуногун гирифта

метавонад.

**Фосилаи вақте, ки дар давоми он ҷисм як лаппиши пурра менамояд, даври лаппиш  $T$  номида мешавад.** Даври лаппиш бо сонияҳо ифода карда мешавад.

**Адади лаппишҳои  $n$  дар воҳиди вақт  $t$  ба амал ояндаро басомади лаппиш  $\nu$  меноманд:**

$$\nu = \frac{n}{t}. \quad (3.2.1)$$

Басомади лаппиш бо Ҳертс ( $X$ ) ифода карда мешавад.  $1X$  басомаде мебошад, ки дар  $1c$  як лаппиш ба вучуд меояд:

$$1X = \frac{1}{c}.$$

Инчунин аз воҳидҳои басомад килоҳертс ( $kX$ ) ва мегаҳертс ( $MX$ ) истифода мебаранд:

$$1kX = 1000 X = 10^3 X, \quad 1MX = 1000 kX = 10^6 X.$$

Басомади лаппиш бо даври он чунин вобастагӣ дорад:

$$\nu = \frac{1}{T}. \quad (3.2.2)$$

Барои тавсифи лаппиш инчунин аз басомади даврӣ ё сиклӣ истифода бурда мешавад. Басомади даврӣ  $\omega$  аз басомад  $\nu$ ,  $2\pi$  маротиба калон мебошад:

$$\omega = 2\pi\nu. \quad (3.2.3)$$

Басомади сикли шумораи лаппишҳои дар  $2\pi$  сония ё дар як давр баамалояндаро нишон медиҳад.

Басомади даврӣ низ бо Ҳертсҳо чен карда мешавад.

Аз формулаҳои (3.2.2) ва (3.2.3) барои алоқамандии даври лаппиш ва басомади даврӣ ифодаи зеринро ҳосил менамоем:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (3.2.4)$$

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Лапшишҳо бо кадом бузургӣҳо тавсиф карда мешаванд?
2. Амплитудаи лапшиш чист?
3. Даври лапшиш гуфта чиро меноманд?
4. Басомади лапшиш гуфта чиро меноманд?
5. Басомади лапшиш бо даври он чӣ гуна алоқамандӣ дорад?
6. Басомад ва даври лапшиш бо кадом воҳидҳо чен карда мешаванд?
7. Басомади даврӣ бо басомади лапшиш чӣ гуна алоқамандӣ дорад?
8.  $1X$ ст ( $X$ ) чӣ гуна басомад мебошад?
9.  $5X, 10X$  ва  $15X$ -ро маънидод намоед.

### 3.3. ЛАПШИШҲОИ ГАРМОНИКӢ

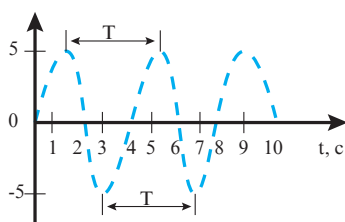
Ҳангоми лапшиш мавқеи ҷисми лаппанда тағйир ёфта меистад.

Агар тасмаи коғазиро гирифта, онро бо суръати собит дар пеши ҷисми лаппандаи бо перои рангдор ё қалам пайваस्तбуда ба ҳаракат дарорем, дар болои он графики во-бастагии координатаи ҷисми лаппанда аз вақт кашида мешавад, ки он аз синусоида иборат мебошад ва онро графики лапшиш меноманд.

*Лапшише, ки дар он координатаи ҷисми лаппанда бо гузоштани вақт аз рӯи қонуни синус ё косинус тағйир меёбад, лапшиши гармоникӣ номида мешавад.*

Аз графики лапшиш ҳамаи бузургӣҳои тавсифдиҳандаи лапшишро ба осонӣ муайян кардан мумкин аст. Масалан, графики дар расми 3.3.1 овардашуда лапшиши амплитудааш  $A = 5\text{ см}$ , давраш  $T = 4\text{ с}$ , басомадаш  $\nu = \frac{1}{T} = 0,25\text{ X}$  ва басомади давриаш  $\omega = 2\pi\nu = 0,5\text{ с}^{-1}$  -ро ифода менамояд.

Қайд кардан лозим аст, ки лапшишҳои озод лапшиши гармоникӣ ба шумор намераванд. Дар мавриди хеле хурд будани соиш, вақти кӯтоҳ, ки амплитудаи лапшиш хеле кам тағйир ёфтааст, лапшиши озодро гармоникӣ ҳисоб кардан мумкин аст ва он бо графики расми 3.3.1 ифода карда мешавад.

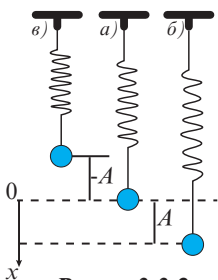


Расми 3.3.1

Ҳамин тарик, графикаи расми 3.3.1 графикаи лаппиши гармоникӣ ба шумор мераванд.

Ҳангоми кам будани соиш лаппишҳои бори дар пружин овезон ва раққосаки математикӣ лаппиши гармоникӣ ба шумор меравад.

Барои ҳосил намудани муодилаи лаппиши гармоникӣ лаппиши озоди бори дар пружин овезонро дида мебароем (расми 3.3.2)



Расми 3.3.2

Барои ҳолати  $A$  қувваи чандирии ҳангоми кашидашавии пружин бавучудоянда  $\vec{F}_q$ , қувваи вазнинии ба бор таъсиркунанда  $\vec{P}$ -ро мувозинат мекунад.

Координати  $x$ -ро ба тарафи поён равона менамоем ва аввали он ба маркази вазнинии бор ҳангоми дар мавқеи мувозинат буданаш мувофиқ меояд. Барои вазъияти мувозинати бор  $x = 0$  мебошад.

Акнун борро аз мавқеи мувозинат ба поён то ба масофаи  $x = A$  мекӯчонем (расми 3.3.2, б). Дар ин маврид қувваи чандирии бавучудомада  $\vec{F}_q$  аз қувваи вазнинӣ  $\vec{P}$  калон мешавад. Агар борро сар диҳем, таҳти таъсири қувваи  $\vec{F}_q$  он бо шитоб ба сӯи мавқеи мувозинатӣ ҳаракат мекунад, аммо он наистода, аз сабаби мавҷуд будани инерсия ҳаракаташро ба сӯи боло давом дода, аз мавқеи мувозинат ба масофаи  $-A$  майл мекунад. Дар ин маврид пружин фишурда мешавад ва ба бор қувваи чандирии бавучудомадаи  $-\vec{F}_q$  таъсир менамояд, ки ба сӯи поён равона аст. Дар таҳти таъсири ин қувва бор пас аз лаҳзаи хеле кӯтоҳ ба поён ҳаракат мекунад ва боз аз мавқеи мувозинат гузашта бори дигар ба масофаи  $A$  майл меҳӯрад ва ба нуқтае меояд, ки ҳаракат аз он ҷо оғоз гардида буд (расми 3.3.2, б). Ҳамин тавр, ҷисм як лаппиши пурра мекунад. Аз ҳамин лаҳза сар карда лаппиши дуҷуми бор, ки аз ҳама ҷиҳат ба лаппиши яқум монанд аст, оғоз мегардад.

Ҳамин тариқ, ҳаракати бор гоҳ ба сӯйи поён ва гоҳ ба сӯйи боло такрор мешавад ва он мелаппад.

Маълум гардид, ки дар ҳамаи нуқтаҳои роҳи ҳаракати қисми лаппанда қувваи бозгардонанда ба мавқеи мувозинат равона мебошад ва ба тамоюли бор муқобил аст. Қувваи бозгардонанда ба бузургии тамоюл аз мавқеи мувозинатӣ  $x$  мутаносиб мебошад:

$$\vec{F}_q = -kx, \quad (3.3.1)$$

дар ин ҷо  $k$  коэффитсиенти мутаносибӣ буда, саҳтии пружин номида мешавад.

Мувофиқи қонуни дуоми Нютон:

$$F = ma = m \frac{d^2x}{dt^2} = mx''. \quad (3.3.2)$$

Аз формулаҳои (3.3.1) ва (3.3.2) ҳосил менамоем:

$$mx'' = -kx,$$

ё

$$mx'' + kx = 0.$$

Аз ин ҷо навиштан мумкин аст:

$$x'' + \frac{k}{m}x = 0. \quad (3.3.3)$$

Дар баробарии (3.3.3) ишораи  $\frac{k}{m} = \omega_0^2$ -ро дохил намуда ҳосил менамоем:

$$x'' + \omega_0^2x = 0, \quad (3.3.4)$$

дар ин ҷо  $\omega_0$  басомади даврии лаппиш мебошад.

Формулаи (3.3.4) муодилаи дифференсиалии тартиби дуюм мебошад ва ҳалли зерин дорад:

$$x = A_0 \cos \omega_0 t. \quad (3.3.5)$$

Дар ин ҷо  $A_0$  -амплитудай лаппиш,  $\omega_0 t$  - фазаи лаппиш номида мешавад.

Аз формулаи (3.3.5) дида мешавад, ки дар ҳақиқат ҳам координатаи бори дар пружин овезон ҳангоми лаппиш аз рӯйи қонуни косинус ё синус тағйир меёбад ва лаппиши он гармоникӣ ба шумор меравад.

Аз вобастагии басомади даврӣ ва басомади лаппиш  $\omega_0 = 2\pi\nu$  истифода бурда ифодаи зеринро ҳосил мекунем:



$$\sqrt{\frac{\kappa}{m}} = \frac{2\pi}{T}.$$

Аз ин чо

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\kappa}}. \quad (3.3.6)$$

Баробарии (3.3.6) формулаи даври лаппиши гармоникӣ бори дар пружин овезонро ифода менамояд.

Яъне, даври лаппиши бори дар пружин овезон аз сахтии пружин ва массаи ҷисми лаппанда вобаста мебошад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна лаппиширо лаппиши гармоникӣ меноманд?
2. Графики лаппиши гармоникиро кашида, дар он амплитуда ва даври лаппиширо нишон диҳед.
3. Сабаби лаппиши озоди бори дар пружин овезон чӣ аст?
4. Чӣ гуна қувваро қувваи бозгардонанда меноманд?
5. Лаппиши гармоникӣ бо кадом муодила ифода карда мешавад?
6. Даври лаппиши бори дар пружин овезон бо кадом формула ифода карда мешавад ва он аз кадом бузургӣҳо вобастагӣ дорад?

### 3.4. ФАЗАИ ЛАППИШ

Фаза аз калимаи юнонӣ *phasis* гирифта шудааст ва маънои пайдоиш, марҳалаи инкишофи ин ё он ҳодисаро дорад.

Фазаи лаппиш дар қатори амплитуда, давр, басомад ва басомади даврӣ бузургииест, ки лаппиширо тавсиф менамояд.

Тавре ки дар мавзӯи гузашта қайд гардида буд, дар баробарии (3.3.5) бузургии  $\omega_0 t = \varphi$  фазаи лаппиширо ифода менамояд.

Фаза қимати координата, суръат ва шитобро, ки мувофиқи қонуни гармоникӣ тағйир меёбанд, муайян менамояд. Яъне, фазаи лаппиши амплитудааш муайян ҳолати системаи лаппандаро дар лаҳзаи дилхоҳи вақт муайян мекунад.

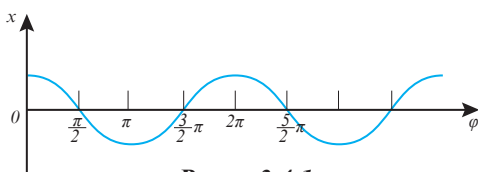
Қимати  $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$  -ро ба ифодаи  $\varphi = \omega_0 t$  гузошта ҳосил менамоем:

$$\varphi = 2\pi \frac{t}{T}. \quad (3.4.1)$$

Дар ин чо  $t/T$  нишон медиҳад, ки аз ибтидои лаппиш кадом ҳиссаи давр гузаштааст.

Ба ҳар қимати вақти  $t$  бо ҳиссаҳои давр қимати муайяни фаза бо радианҳо мувофиқ меояд. Масалан, пас аз чаҳорҷак

давр  $\left(t = \frac{T}{4}\right) \varphi = \frac{\pi}{2}$ , пас аз нимдавр  $\varphi = \pi$  ва баъди як давр  $\varphi = 2\pi$  ва ғайраҳо мешавад.



Расми 3.4.1

Дар расми 3.4.1 во-бастагии координатаи нуқтаи лаппанда аз фазаи лаппиш нишон дода шудааст.

Қайд кардан лозим аст, ки аргументи синус нисбат ба косинус ба бузургии чаҳорҷак давр, яъне ба  $\pi/2$  пеш мебошад:

$$\cos \varphi = \sin \left( \varphi + \frac{\pi}{2} \right). \quad (3.4.2)$$

Бинобар ин барои ифодаи лаппиши гармоникӣ формулаи зеринро истифода бурдан мумкин аст:

$$x = A_0 \sin \left( \omega_0 t + \frac{\pi}{2} \right). \quad (3.4.3)$$

Дар ин маврид қимати фазаи аввала дар лаҳзаи  $t = 0$  ба  $\pi/2$  баробар мебошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Фазаи лаппиши гуфта чиро меноманд?
2. Фазаи лаппиши чӣ гуна бузургӣ мебошад?
3. Қимати ададии фазаи лаппиши чӣ тавр муайян карда мешавад?
4. Ба шакли графикӣ во-бастагии координатаи нуқтаи лаппанда аз фазаи лаппиши чӣ тавр ифода карда мешавад?

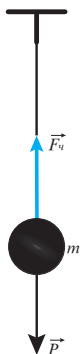
### 3. 5. РАҚҚОСАКИ МАТЕМАТИКӢ

*Нуқтаи материалие, ки дар ресмони борики бевазни на-  
ёзандаи дароз овехта шудааст, раққосаки математикӣ но-  
мида мешавад.* Лаппиши раққосаки математикӣ яке аз ми-  
солҳои лаппиши гармоникӣ ба шумор меравад. Раққосаки  
математикӣ фаҳмиши идеалӣ мебошад ва барои сода наму-  
дани ҳисобкуниҳои математикии лаппишҳои раққосакҳои  
физикии реалӣ аз он истифода мебаранд.

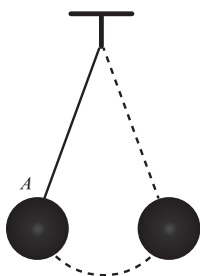
Ҷисми сахте, ки дар атрофи тири уфуқии аз маркази ваз-  
нинии он боло ҷойгирбуда, мелапад, раққосаки физикӣ  
номида мешавад. Барои раққосаки физикии дилхоҳ, чунин  
раққосаки математикие интиҳоб кардан мумкин аст, ки  
онҳо басомади лаппиши якхела дошта бошанд.

Дарозии раққосаки математикие, ки бо раққосаки фи-  
зикии додашуда, басомади лаппиши якхела дорад, дарозии  
овардашуда номида мешавад.

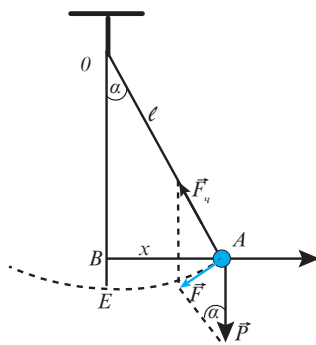
Саққои массааш назар ба массаи ресмони борики андо-  
зааш нисбат ба андозаи саққо хеле калони дар он овехташуд-  
даро раққосаки математикӣ ҳисобидан мумкин аст.



Расми 3.5.1



Расми 3.5.2



Расми 3.5.3

Агар ресмон бо саққои овезонаш мавқеи амудӣ дошта  
бошад, раққосак ором меистад ва ин ҳолат мавқеи мувози-  
нати раққосак мебошад (расми 3.5.1).

Агар раққосакро аз ҳолати мавқеи мувозинатӣ бароварда сар диҳем, ба лаппиш медарояд (расми 3.5.2).

Аз расми 3.5.1 дида мешавад, ки дар мавқеи мувозинатӣ ба раққосак қувваи вазнинӣ ва қувваи чандирии ришгаи кашидашуда  $\vec{F}_y$  таъсир мекунанд ва онҳо якдигарро мувозинат менамоянд:

$$\vec{P} + \vec{F}_y = 0. \quad (3.5.1)$$

Агар раққосакро ба кунчи  $a$  майл кунонем (расми 3.5.3), ба бор чун пештара худи ҳамон қувваҳо таъсир мекунанд, аммо қувваи натиҷавии онҳо ба сифр баробар намешавад ва дар ин маврид мувозинат вайрон мегардад.

Қувваи натиҷавӣ  $\vec{F}$  аз рӯйи расандаи камони  $AE$  равона мешавад. Агар кунчи  $a$  хурд бошад, камони  $AE$  (роҳи ҳаракати бор) аз нимхордаи  $AB$  кам фарқ мекунад.

Бинобар ин гуфтан мумкин аст, ки саққои раққосак аз рӯйи хордаи  $x$  ҳаракат мекунад.

Барои ин маврид ба ҷойи баробарии (3.5.1) навиштан мумкин аст.

$$\vec{F} = \vec{P} + \vec{F}_y. \quad (3.5.2)$$

Қувваи натиҷавӣ  $\vec{F}$  ба маркази траекторияи доиравии раққосак равона мебошад ва ба он шитоби марказрав мебахшад.  $\vec{F}_y$ -ро қувваи бозгардонанда меноманд. Ин гуна қувваҳои бозгардонандаи табиати чандирӣ надоштаро, қувваҳои квазичандирӣ (чандирмонанд) меноманд. Таҳти таъсири ин қувва раққосак ба лаппиш медарояд. Аз расми 3.5.3:

$$\frac{F}{P} = \sin \alpha; \quad \sin \alpha = \frac{x}{l}.$$

Аз ин ҷо

$$F = -\frac{mg}{l}x = -kx, \quad (3.5.3)$$

дар ин ҷо  $k$  коэффитсиенти мутаносиби буда, коэффитсиенти қувваи бозгардонанда номида мешавад. Аломати «-» барои он гузошта шудааст, ки самтҳои қувваи  $\vec{F}$  ва ҷойивазкунии раққосак  $x$  муҳолифанд. Давр ва басомади лаппиши раққосаки математикӣ аз рӯйи формулаҳои зерин ҳисоб карда мешаванд:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}, \quad (3.5.4)$$

$$v = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}. \quad (3.5.5)$$

дар ин чо  $\ell$  - дарозии раққосаки математикӣ,  $g$  шитоби афтиши озод аст.

Аз ин формулаҳо дида мешавад, ки давр ва басомади лаппиши гармоникӣ раққосаки математикӣ аз массаи он ва амплитудаи лаппиш (барои амплитудаҳои хурд) вобастагӣ надорад.

Формулаи (3.5.4)-ро аввалин бор олими ҳоландӣ Г. Гй-уйгенс ҳосил намуда, дар таҷриба санҷидааст.

Барои ҷойҳои муайяни рӯйи Замин шитоби афтиши озод  $g$  қимати собит дорад. Бинобар ин, даври лаппиши раққосаки математикӣ танҳо ба дарозии он вобаста мебошад ва бо афзоиши он калон мегардад.

Раққосаки математикиро дар ҷустуҷӯҳои геологӣ истифода бурдан мумкин аст. Дар ҷойҳои гуногуни рӯйи Замин шитоби афтиши озод қимати гуногун дорад, зеро Замин кураи начандон дуруст мебошад. Ғайр аз ин, дар ҷойҳои маъданҳои металлӣ дошта зичии моддаи Замин зиёд аст ва қимати  $g$  аз қимати миёнааш хеле зиёд мешавад. Бо ёрии раққосаки математикӣ  $g$ -ро чен карда, ҷойи маъданҳоро дар Замин муайян кардан мумкин аст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Раққосаки математикӣ гуфта чиро меноманд?
2. Раққосаки физикӣ гуфта чиро меноманд?
3. Даври лаппиши раққосаки математикӣ бо кадом формула ифода карда мешавад ва аз дарозии он чӣ гуна вобастагӣ дорад?
4. Аз раққосаки математикӣ дар ҷустуҷӯҳои геологӣ чӣ тавр истифода бурдан мумкин аст?

### 3. 6. ЭНЕРГИЯИ ЛАППИШИ ЧИСМ. ТАБДИЛҶБИИ ЭНЕРГИЯ ҲАНГОМИ ЛАППИШИ ГАРМОНИКӢ

Лаппиши бори дар пружин овезон ва раққосаки математикӣ мисолҳои лаппиши гармоникӣ ба шумор мераванд.

Дар мавриди набудани соиш системаи лаппанда системаи консервативӣ ба шумор меравад ва барои он қонуни бақои энергияи механикӣ иҷро мешавад:

$$E = E_k + E_n = const. \quad (3.6.1)$$

Барои раққосаки пружинӣ энергияи пурраи механикӣ баробар аст:

$$E = \frac{m g^2}{2} + \frac{\kappa x^2}{2}. \quad (3.6.2)$$

Барои раққосаки математикӣ энергияи пурраи механикӣ аз суммаи энергияи кинетикӣ ва потенциалии он иборат мебошад:

$$E = \frac{m g^2}{2} + mgh. \quad (3.6.3)$$

Табдили энергияро ҳангоми лаппиши бори пружин дида мебароем. Дар баробарии (3.6.2)  $\frac{\kappa x^2}{2}$  энергияи потенциалии пружини кашида ё фишурдашуда мебошад. Дар ин ҷо  $\kappa$  саҳтии пружин,  $x$  ёзиши он мебошад. Барои системаи лаппандаи мо тамоюли калонтарини бор аз мавқеи мувозинат  $x = A$  мебошад, бинобар он энергияи потенциалии система ба  $\frac{\kappa A^2}{2}$  баробар аст. Энергияи кинетикии система дар ин лаҳза ба сифр баробар аст, чунки дар ин ҳолат суръати бор ба сифр баробар мебошад. Пас дар ин лаҳза энергияи потенциалӣ  $\frac{\kappa A^2}{2}$  энергияи пурраи системаро ифода менамояд.

Агар системаи лаппандаро сарбаста қабул намоем (дар мавриди ба сифр баробар будани қувваи соиш), он гоҳ ҳангоми ҳаракат энергияи пурраи система тағйир намеёбад. Вақте ки бор ба мавқеи болои (расми 3.3.1,в)  $x = -A$  мерасад, энергияи кинетикии он боз ба сифр баробар ва энергияи пурраи система баробари энергияи потенциалӣ  $\frac{\kappa A^2}{2}$  мешавад.

Дар мавқеи мувозинатӣ энергияи потенциалӣ ба сифр баробар (чунки  $x=0$ ) ва энергияи пурраи бор ба энергияи пурраи кинетикии он  $\frac{m g_m^2}{2}$  баробар мешавад ( $m$  - массаи ҷисм,  $g_m$  – суръати максималии он дар нуқтаи  $x = 0$ ). Энергияи кинетикии бор дар нуқтаи мувозинат ба  $\frac{\kappa A^2}{2}$  баробар мебошад.

Ҳамин тариқ, маълум мешавад, ки ҳангоми лаппиши бор энергияи потенциалӣ ва кинетикии он ба ҳамдигар табдил меёбанд ва энергияи пурраи механикӣ собит мондан мегирад. Дар нуқтаҳои байни мавқеи мувозинат ва нуқтаҳои канорӣ низ суммаи энергияи кинетикӣ ва потенциалии он баробар аст:

$$W = \frac{\kappa A^2}{2}.$$

Энергияи пурраи ҷисми лаппанда ба квадрати амплитудай он мутаносиб мебошад.

Аз баробарии энергияи кинетикӣ ва энергияи потенциалии бор ифодаро барои вобастагии амплитудай лаппиш ва суръати максималии бор ҳосил менамоем:

$$\frac{m g_m^2}{2} = \frac{\kappa A^2}{2}.$$

Аз ин ҷо барои нисбати  $A/g_m$  ҳосил менамоем:

$$\frac{A}{g_m} = \sqrt{\frac{m}{\kappa}}.$$

Яъне, нисбати  $A/g_m$  ба массаи бори дар пружин овезон ва сахтии пружин вобаста мебошад.

Ҳангоми лаппиши раққосаки математикӣ низ табдилёбии энергияи кинетикӣ ба потенциалӣ ва баръакс ба амал меояд.

## САВОЛҶО БАРОИ ТАҚРОР

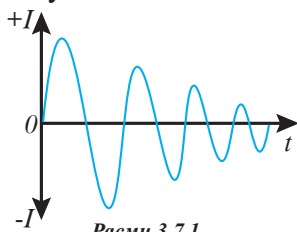
1. Бори дар пружин овезон ва раққосаки математикӣ чӣ гуна лаппиш менамоянд?
2. Ҳангоми лаппиши бори дар пружин овезон ва лаппиши раққосаки математикӣ табдилёбии энергияро маънидод намоед.

3. Энергияи кинетикӣ ва потенциали бори бо пружин лапанда бо кадом формулаҳо ифода карда мешаванд?
4. Энергияи потенциали бори дар пружин лапанда аз амплитудай лапши ва сахтии пружин чӣ гуна вобастагӣ дорад?

### 3.7. ЛАПШИШҶОИ МАҶБҶҮРӢ. РЕЗОНАНС

Чи тавре ки дар параграфи 3.1 қайд гардид, лапшишҶои озод хомӯшшавандаанд. Дар ҳақиқат ҳам дар шароити воқеии заминӣ ягон ҳаракат аз таъсири зараровари қувваи соиш эмин намебошад. Қувваи соиш ҳамеша муқобили ҳаракат самт дорад ва кори он манфӣ аст.

Ин кори манфӣ энергияи пурраи ҷисми лапандаро кам мекунад. Камшавии энергия хурдшавии амплитудай лапширо ба вуҷуд меорад ва охира охира лапши хомӯш мешавад (расми 3.7.1).



Ҳамин тариқ, лапшишҶои хомӯшшаванда лапшишҶоесанд, ки амплитудашон бо гузашти вақт хурд шуда меравад. Ҳар қадаре ки қувваи соиш

калон бошад, амплитудай лапшишҶо зудтар хурд мешаванд.

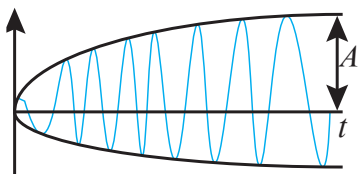
Дар сурати калон будани қувваи соиш лапши ба амал намеояд.

ЛапшишҶои озоди механикӣ, ки дар муҳитҶо бе муқовимат ба амал меоянд, лапшишҶои хусусӣ ва басомади онҳоро басомади лапши хусусӣ меноманд. Басомади лапши механикӣ хусусии ҷисми лапанда бо андозаи геометрӣ ва хосияти ҷандирии ҷисм муайян карда мешавад.

Барои хомӯш нагардидани лапши ба системаи лапанда бо қувваи даври тағйирёбанда таъсир намудан лозим аст. Дар ин маврид басомади лапши система, аз андоза ва хосияти ҷисми лапанда вобаста набуда, балки аз басомади тағйирёбии қувваи берунӣ вобаста мебошад. Таҳти таъсири қувваи даври тағйирёбанда амплитудай лапши собит мемонад.



*Лаппишҳое, ки бо таъсири қувваи даври тағйирёбандаи берунӣ ба амал меоянд, лаппишҳои маҷбурӣ номида мешаванд.*



Расми 3.7.2

Агар ҳисми оромбуда, тахти таъсири қувваи даври тағйирёбанда ба лаппиши маҷбурӣ сар кунад, амплитудаи он аз сифр то қимати максималӣ зиёд мешавад ва дигар тағйир намеёбад. Дар расми 3.7.2 тағйирёбии амплитудаи лаппиши

маҷбурӣ вобаста ба вақт оварда шудааст.

Масалан, таҳкурсие, ки ба он ҳаракатдиханда маҳкам карда шудааст, лаппиши маҷбуриё мекунад, ки басомади он бо шумораи гардишҳои ҳаракатдиханда, дар ҳар сония муайян карда мешавад ва аз андозаи таҳкурсии вобастагӣ надорад.

Мембранаи микрофон лаппиши маҷбуриё мекунад, ки бо басомади садои ба он додасуда муайян карда мешавад.

Фарз менамоем, ки қувваи берунӣ мувофиқи қонуни зерин тағйир меёбад:

$$F_6 = F_0 \cos \omega t, \quad a_x = -\omega^2 x, \quad (3.7.1)$$

дар ин ҷо  $F_0$  – қимати амплитудавии (максималии) қувва,  $\omega$  – басомади даврии лаппиши қувва,  $t$  – вақт мебошад.

Қонуни дуҷуми Нютонро дар мавриди сарфи назар кардани қувваи соиш чунин навиштан мумкин аст:

$$ma = F_4 + F_6. \quad (3.7.2)$$

Дар ин ҷо  $F_4 = -kx = -m\omega_0^2 x$  ва  $a = -\omega^2 x$  буданаширо ба эътибор гирифта, муодилаи (3.7.2)-ро ба намуди зерин навиштан мумкин аст:

$$m\omega^2 x = -m\omega_0^2 x + F_0 \cos \omega t,$$

ё

$$m(\omega_0^2 - \omega^2)x = F_0 \cos \omega t.$$

Аз ин ҷо:

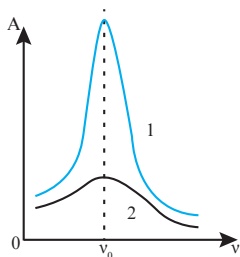
$$x = \frac{F_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)} \cos \omega t. \quad (3.7.3)$$

Ин муодиларо бо муодилаи лаппиши гармоникӣ муқоиса намуда ифодаро барои амплитудаи лаппиши маҷбурӣ ҳосил менамоем:

$$A_{\text{маҷ}} = \frac{F_0/m}{\omega_0^2 - \omega^2}. \quad (3.7.4)$$

Аз ифодаи (3.7.4) дида мешавад, ки амплитудаи лаппиши маҷбурӣ аз таносуби басомади қувваи берунӣ  $\omega$  ва басомади хусусии ҷисми лаппанда  $\omega_0$  вобастагӣ дорад.

Мувофиқи формулаи (3.7.4) бо афзоиши  $\omega$  амплитудаи лаппиши маҷбурӣ аввало тадричан меафзояду ба қимати калонтарин соҳиб мешавад ва сипас хурд шуда меравад (расми 3.7.3). Аз расми 3.7.3 қачии 1 дида мешавад, ки ҳангоми  $\omega = \omega_0$  шудан, амплитудаи лаппиши маҷбурӣ ба қимати калонтарин соҳиб мегардад. **Ҳодисаи якбора афзудани амплитудаи лаппишҳои маҷбурӣ, ҳангоми баробар шудани басомади лаппиши қувваи берунӣ  $\omega$  ва басомади хусусии системаи лаппанда  $\omega_0$ , резонанс (аз лотинӣ ҳамоҳанг, акси садо) номида мешавад.**



Расми 3.7.3

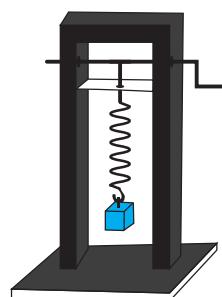
Бо афзоиши қувваи соиш қимати максималии амплитудаи лаппиш хурд мешавад (расми 3.7.3, қачии 2).

Барои мушоҳидаи ҳодисаи резонанс таҷрибаи зеринро дида мебароем (расми 3.7.4). Дар ҷойи ҳамидагии мила раққосаки пружинӣ овехта шудааст. Поёнтар аз мила лавҳае шинонда шудааст, ки сӯроҳӣ дорад ва он ба раққосак имконият медиҳад, ки танҳо болою поён ҳаракат намояд. Миларо бо ягон басомади собит  $\omega$  гардиш медиҳем, яъне ба раққосаки пружинӣ бо қувваи даври тағйирёбанда таъсир менамоем. Раққосаки пружинӣ бо басомади хусусии  $\omega_0$  лаппиши маҷбурӣ менамояд. Аз ин таҷриба дида мешавад, ки амплитудаи лаппишҳои маҷбурӣ ба басомади қувваи маҷбуркунанда (берунӣ) вобастагии калон дорад. Дар мавриди баробар шудани басомади қувваи

мачбуркунанда ба басомади лаппишҳои хусусии системаи лаппанда (ракқосаки пружинӣ) амплитудай лаппишҳои мачбурӣ аз ҳама калон мешавад ва ҳодисаи резонанс ба амал меояд.

Сабаби ба амал омадани резонанс дар он аст, ки ҳангоми мувофиқ омадани басомадҳо, ҳам қувваи чандирӣ дар худ системаи лаппанда ва ҳам қувваи мачбуркунанда, ҳамоҳанг ба ҳамон як тараф таъсир мекунад, он гоҳ таъсири онҳо зам мегардад ва амплитудай лаппиши мачбурӣ афзуда меравад. Агар қувваи мачбуркунанда суст бошад ҳам, афзуншавии амплитударо ба амал меорад, чунки ин қувваи суст дар ҳар давр, ба қувваи чандирии дар система амалкунанда зам мешавад.

Ҳодисаи резонанс фойданок буда метавонад, чунки дар мавриди зарурӣ (бо таъсири қувваи хурд ҳам) амплитудай лаппишро зиёд кардан мумкин аст. Резонанс дар табиат, илм ва техника аҳамияти калон дорад.



Рисми 3.7.4

Масалан, сохти асбобҳои басомадсанҷ, вибраторҳои зичкунандаи бетон, қувватфизоҳии сигналҳои хурд, суръатфизоҳии резонансии зарраҳои элементарӣ (бунёди) ва ғайраҳо ба ҳодисаи резонанс асос карда шудааст.

Инчунин, ҳодисаи резонанс зарарноку хавфнок шудани мумкин аст. Ҳангоми бунёди чархбол, ҳавопаймоҳо, киштиҳо, мошину механизмҳо ва сохтмони заводу фабрикаҳо, ки дар онҳо дастгоҳҳо ҷой дода мешаванд, ҳодисаи резонанс бояд ба эътибор гирифта шавад.

Масалан, лаппишҳои танай чархбол бо басомаде ба амал ояд, ки аз басомади чархзании парраҳои чархбол фарқи калон дошта бошад, вагарна лаппишҳои таная парраҳо ба резонанс афтада, боиси ба фалокат дучор гардидани чархбол мегардад.

Мавридҳои будааст, ки ҳангоми аз болои пулҳо (кӯпрӯкҳо) ҳамоҳанг қадамзанон гузаштани аскарон, дар натиҷа ба амал омадани резонанс, ҳангоми баробар гардидани басомади қадамгузори аскарон, бо басомади хусусии лаппиши пулҳо, онҳо хароб гаштаанд.

Соли 1750 дар наздикии шаҳри Анчераи Франсия хангоми ба воситаи пули занҷирии дарозиаш 102 м бо пойзани гузаштани аскарон ҳодисаи резонанс ба амал омада, занҷирҳо канда шуданд, пул бо аскарон ба дарё афтид ва 226 аскар фарқ шуда вафот намуданд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. *Чӣ гуна лапшиҳоро хомӯшиаванда меноманд?*
2. *Чӣ гуна лапшиҳоро лапшиҳои маҷбурӣ меноманд?*
3. *Амплитудаи лапшии маҷбурӣ аз рӯи кадом формула муайян карда мешавад?*
4. *Чӣ гуна ҳодисаро резонанс меноманд?*
5. *Ҳангоми резонанс амплитудаи лапши аз қувваи соиш чӣ гуна во-бастагӣ дорад?*
6. *Доир ба баамалоши резонанс мисолҳо биёред.*
7. *Дар бораи аҳамият ва зарари резонанс маълумот диҳед.*
8. *Фарқи байни қачиҳои 1 ва 2-ро дар расми 3,7,3 маънидод намоед.*

### 3.8. ИНТЕРФЕРЕНСИЯИ МАВҶҲО

Паҳншавии лапширо дар муҳити чандир мавҷи механикӣ меноманд.

Ҳодисаи интерференсия барои ҳама намудҳои мавҷҳо хос мебошад ва ҳодисаи хеле мураккаб ба шумор меравад.

Интерференсия аз калимаи лотинӣ *inter* – мутақобил, байни ҳамдигар ва *ferio* – зарба мезанам, ба тааҷҷуб меорам гирифта шудааст.

Дар ин мавзӯ чӣ тавр ба вучуд омадани ҳодисаи интерференсияи мавҷҳои механикиро дида мебароем.

Аз ду санги ба об партофташуда мавҷҳои ҳалқамонанд паҳн мегарданд ва хангоми паҳншавӣ ин мавҷҳо ба ҳамдигар вохӯрда чунон паҳн мегарданд, ки гӯё мавҷи дигаре вучуд надошта бошад, яъне ба якдигар ҳалал намерасонанд. Мавҷҳои садо низ бе ҳалалрасонӣ ба якдигар дар фазо паҳн мегарданд.

Агар дар ҷойи ба ҳамдигар ҷамъшавии мавҷҳои аз ду санги ба об партофташуда бодикқат назар кунем, мебинем, ки баъзе қитъаҳои сатҳи об ором мемонаду дар баъзе қитъаҳои дигар об ба изтиробии саҳт меояд. Изтиробии об дар

китъаҳое ба амал меояд, ки теги мавҷҳо ба ҳамдигар дучор ва сатҳи об дар китъаҳое ором мемонад, ки теги як мавҷ бо ҳамии мавҷи дигар мувофиқ меояд.

Дар ҳар як нуқтаи муҳит лапшишҳои бавучудовардаи ҳарду мавҷ ҳам мешаванд. Ҷойивазкунии натиҷавии зарраи дилхоҳи муҳит аз суммаи ҷойивазкуниҳое иборат мешавад, ки онҳоро ҳар як мавҷ дар алоҳидагӣ хангоми набудани мавҷи дигар ба вуҷуд меорад.

**Ҳодисаи дар фазо ҳам мавҷҳои мавҷҷоро, ки дар натиҷаи он тақсимоти нисбат ба вақт доими амплитудии лапшишҳои натиҷавӣ ба амал меояд, интерференсия меноманд.**



Расми 3.8.1

Шароити бавучудоии интерференсияро дида мебароем.

Ба воситаи ду сакҳои дар мила маҳкам кардашуда, ки лапшиши гармоникӣ мекунад, дар оби зарф ду мавҷи куравӣ

ҳосил мекунем (расми 3.8.1).

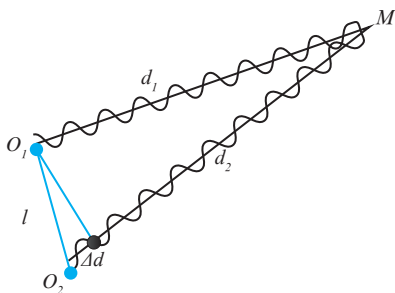
Лапшишҳои бавучудовардаи ин манбаъҳо дар нуқтаи дилхоҳи сатҳи об ҳам мешаванд (расми 3.8.2).

Азбаски мавҷҳои аз манбаъҳои  $O_1$  ва  $O_2$  паҳншаванда то нуқтаи  $M$  роҳҳои гуногуни  $d_1$  ва  $d_2$ -ро тай мекунад, амплитудии лапшишҳои онҳо дар нуқтаи  $M$  аз ҳамдигар фарқ мекунад.

Агар масофаи байни манбаъҳо  $l$  аз роҳҳои тайкардаи онҳо хеле хурд бошанд  $l \ll d_1$ ,  $l \ll d_2$ , он гоҳ амплитудаҳоро дар нуқтаи  $M$  якхела ҳисоб намудан мумкин аст.

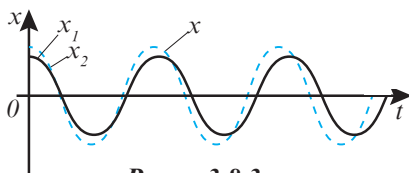
Натиҷаи ҳамшавии мавҷҳо дар нуқтаи  $M$  аз фарқи роҳи онҳо вобастагӣ дорад. Фарқи роҳи мавҷҳо дар нуқтаи  $M$  ба  $\Delta d = d_2 - d_1$  баробар мебошад.

Агар фарқи роҳи мавҷҳо ба дарозии мавҷ  $\lambda$  баробар бошад, он гоҳ мавҷи дуюм нисбат ба



Расми 3.8.2

мавҷи якум ба як давр дер мемонад ва дар нуқтаи  $M$  тегаҳои ҳар ду мавҷро ба ҳамдигар мувофиқ меоянд (расми 3.8.3).



Расми 3.8.3

Фарқи фазаҳои лаппишҳо дар расми 3.8.3 ба сифр баробар мебошад. Дар натиҷаи ҷамъшавии мавҷро лаппиши натиҷавии амплитудааш ду маротиба калон ҳосил мешавад

(хати пунктири  $x$ ), яъне дар нуқтаи  $m$  амплитудай лаппиши натиҷавӣ ба қимати максималӣ мерасад ва онро максимуми интерференсионӣ меноманд.

Ҳангоми ба порчаи  $\Delta d$  мувофиқ омадани адади бутуни дилхоҳи дарозии мавҷ чунин ҳодиса рух медиҳад.

Ҳамин тарик, шартҳои максимумҳои интерференсионӣ ин тавр баён карда мешавад: **дар нуқтаҳое, ки фарқи ғайти роҳи мавҷро ба шумораи бутуни дарозии мавҷ ё ба шумораи ҷуфти нимдарозии мавҷ баробар аст, максимумҳои интерференсионӣ ҳосил мегардад.**

Ба шакли риёзӣ шартҳои максимумҳои интерференсионӣ ин тавр ифода карда мешавад:

$$\Delta d = k\lambda = 2k\frac{\lambda}{2}, \quad (3.8.1)$$

дар ин ҷо  $k = 0, 1, 2, \dots$  қиматҳои мегирад.

Агар ба порчаи  $\Delta d$  нимдарозии мавҷ мувофиқ ояд, он гоҳ мавҷи дуҷум аз мавҷи якум ба нимдавр дер мемонад ва фарқи фазаҳо ба  $\pi$  баробар мешавад, яъне дар нуқтаи  $m$  лаппишҳо бо фазаҳои муқобил ба амал меоянд. Дар натиҷаи ҷамъшавии ин лаппишҳо амплитудай лаппиши натиҷавӣ ба сифр баробар мешавад ва минимумҳои интерференсионӣ ҳосил мегарданд, яъне дар нуқтаи  $m$  лаппиш ба амал намеояд (расми 3.8.4). Ҳангоми ба порчаи  $\Delta d$  мувофиқ омадани дилхоҳ шумораи тоқи нимдарозии мавҷ низ чунин ҳодиса рух медиҳад.

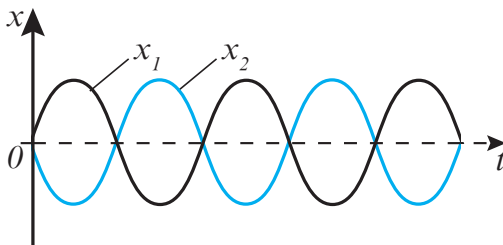
Шартҳои минимумҳои интерференсионӣ чунин баён карда мешавад: **дар нуқтаҳое, ки фарқи роҳи мавҷро лаппиширо ба-**

*амалоранда ба шумораи тоқи нимдарозии мавҷ баробар аст, минимумҳои интерференсионӣ ҳосил мегарданд.*

Шарти минимумҳои интерференсионӣ ба шакли риёзӣ ин тавр ифода карда мешавад:

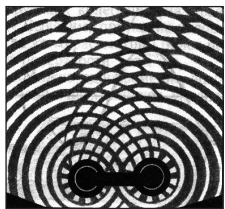
$$\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (3.8.2)$$

дар ин ҷо низ  $k = 0, 1, 2, \dots$  қиматҳо мегардад.



Расми 3.8.4

Дар нуқтаҳое, ки фарқи роҳи мавҷҳо ба қиматҳои байни  $\lambda$  ва  $\frac{\lambda}{2}$  баробар буда, амплитудайи лапшиши натиҷавӣ ба қимати мобайни амплитудайи дучанда ва сифр соҳиб мегардад.



Расми 3.8.5

Кайд кардан лозим аст, ки дар сатҳи об тақсимои амплитудайи лапшишҳои бо гузашти вақт тағйирнаёбанда ҳосил мегардад ва онро манзараи интерференсионӣ меноманд.

Дар расми 3.8.5 сурати манзараи интерференсионии ду мавҷи куравии аз ду манбаъ (кураҳои сиёҳ) нишон дода шудааст.

Дар қисми миёнаи сурат тасмаҳои сафед ба максимумҳо ва тасмаҳои сиёҳ ба минимумҳо мувофиқ меоянд.

Барои ҳосилшавии манзараи интерференсионии устувор зарур аст, ки манбаъҳои мавҷҳо басомади якхела дошта, фарқи фазаи лапшишҳои онҳо собит бошад. Чунин манбаъҳоро когерентӣ (аз лотинӣ *coherens* – робитаи мутақобил) меноманд. Мавҷҳои ҳосилкардаи онҳоро низ когерентӣ меноманд. Танҳо ҳангоми ҷамъшавии мавҷҳои когерентӣ манзараи интерференсионии устувор ҳосил мегардад.

Ҳангоми интерференсияи мавҷҳо тақсимои энергияи нақлкардаи мавҷҳо ба амал меояд. Дар максимумҳо энергия чамъгардида ба минимумҳо ворид намегардад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна ҳодисаро интерференсия меноманд?
2. Кадом вақт ҳодисаи интерференсия ба амал меояд?
3. Манзараи интерференсионӣ гуфта чиро меноманд?
4. Кадом вақт максимуми интерференсионӣ ба амал меояд?
5. Ба шакли риёзӣ шартҳои максимуми интерференсионӣ чӣ тавр ифода карда мешавад?
6. Кадом вақт минимуми интерференсионӣ ба амал меояд ва шартҳои минимуми интерференсионӣ ба шакли риёзӣ чӣ тавр ифода карда мешавад?
7. Чӣ гуна манбаъҳои когерентӣ меноманд?
8. Фарқи ғайти роҳи мавҷҳоро барои қимматҳои  $k = 1, 2, 3, 4$  аз формулаҳои (3.8.1) ва (3.8.2) ҳисоб намуда, хулосаатонро баён намоед.

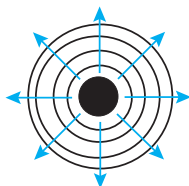
## 3.9. ПРИНЦИПИ ГҲУЙГЕНС

Таҷрибаҳо тасдиқ менамоянд, ки суръати мавҷ ба хосияти чандирӣ, ҳолати муҳит (зичӣ, модули чандирӣ, ҳарорат) вобаста аст. Фарз менамоем, ки маркази лаппиш дар муҳити яклухт ҷойгир шудааст ва аз он лаппиш ба ҳама равиш паҳн мешавад.

**Ҷойи геометрии нуқтаҳои, ки дар ягон лаҳзаи вақт, лаппиш омада мерасад, фронти мавҷ номида мешавад. Дар муҳити изотропӣ мавҷ аз маркази лаппиш бо як хел суръат паҳн мешавад. Муҳите, ки ба ҳама самт хосиятҳои якхела дорад, муҳити изотропӣ номида мешавад.**

**Самте, ки рӯйи он мавҷ паҳн мешавад, шуоъ номида мешавад.** Агар фронти мавҷ аз сфера иборат бошад (расми 3.9.1), шуоъҳо аз рӯйи радиусҳо равона мегарданд.

Ҳамин тариқ, дар муҳити изотропӣ шуоъҳо ба фронти мавҷ перпендикуляр мебошанд.



Расми 3.9.1

Агар маркази лаппиш бе охир дур бошад, фронти мавҷ ба ҳамворӣ мубаддал мегардад (расми 3.9.2). Мавҷе, ки фронташ аз ҳамворӣ иборат аст, мавҷи ҳамвор номида мешавад. Барои мавҷи ҳамвор шуоъҳо параллел мебошанд.



Фарз менамоем, ки дар рӯйи об мавҷ паҳн шуда истодааст. Дар роҳи мавҷ тахтаи сӯрохидорро мегузorem (расми 3.9.3).

Андозаи сӯрохии тахта аз дарозии мавҷ  $\lambda$  хурд мебошад. Мавҷ ба тахта расида, аз он инъикос меёбад ва аз сӯроҳӣ мавҷҳои дубора паҳн мешаванд. Сӯроҳӣ манбаи нави лаппиш ба шумор меравад. Аз ин ҷо хулосаи зерин баровардан мумкин аст: *ҳар як нуқтаи муҳит, ки то он мавҷ омада меравад, манбаи нави мавҷҳои дубораи куравӣ ба шумор меравад. Ин хулосаро физикдони ҳолландӣ Х. Гйуйгенс муқаррар намулдааст ва принципи Гйуйгенс номида мешавад.*

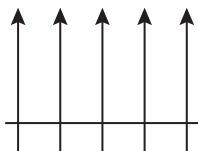
Шакли фронти мавҷро дар ягон лаҳзаи вақти  $t$  доништа, дар асоси принципи Х. Гйуйгенс шакли фронти мавҷро дар лаҳзаи вақти  $t + \Delta t$  муқаррар карда метавонем.



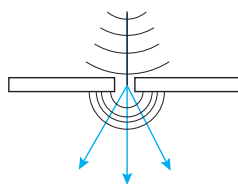
Х. Гйуйгенс

Фарз мекунем, ки аз маркази лаппиш  $O$  дар муҳити изотропӣ дар лаҳзаи вақти  $t$  мавҷ масофаи  $R$ -ро тай намуд. Барои ин гуна муҳит фронти мавҷ сатҳи кураи радиусаи  $R$  ба шумор меравад (расми 3.9.4).

Дар асоси принципи Гйуйгенс ҳар як нуқтаи ин сатҳро маркази нави мавҷҳои нимкуравӣ ҳисоб кардан мумкин аст.



Расми 3.9.2

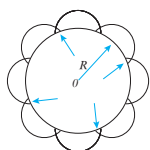


Расми 3.9.3

Ба мавҷҳои нави нимкуравӣ расандаи умумӣ гузаронида, фронти нави мавҷро ҳосил менамоем.

Дар расми 3.9.5 дар асоси принципи Гйуйгенс паҳншавии мавҷи ҳамвор нишон дода шудааст.

$A, B_1$ - фронти нави мавҷҳои дубора ба шумор меравад. Дар ҳақиқат мушоҳидаҳо ва таҷрибаҳо тасдиқ менамоянд, ки танҳо нуқтаҳои дар болои ин фронти мавҷ хобанда мелаппанд.



Расми 3.9.4



Расми 3.9.5

Дар дигар нуқтаҳо лаппишҳо якдигарро нест мекунанд, аз он чумла мавҷ қафо паҳн намешавад.

Аксарияти қонунҳои гузариши мавҷ, аз он чумла қонунҳои инъикос ва шикасти мавҷҳо дар асоси принципи Г'юйгенс шарҳ дода мешаванд.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

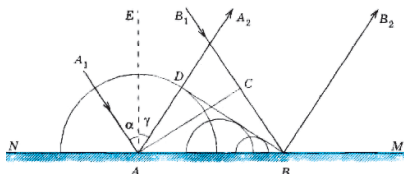
1. Фронти мавҷ гуфта чиро меноманд?
2. Нур чист?
3. Мавҷҳо чанд намуд мешаванд?
4. Мавҷҳои ҳамвор ва мавҷҳои куравӣ аз ҳамдигар чӣ фарқ доранд?
5. Принципи Г'юйгенсро таъриф диҳед.
6. Дар асоси принципи Г'юйгенс фронти нави мавҷ чӣ тавр ҳосил карда мешавад?
7. Барои мавҷҳои куравӣ ва ҳамвор фронти мавҷҳои дубораро сохта хулосабарорӣ намоед.

### 3.10. ҚОНУНҲОИ ИНЪИКОС ВА ШИКАСТИ МАВҶҲО

Агар мавҷ ба сарҳади ду муҳити ҳосиятхояшон гуногун омада расад, вай ба ду мавҷ ҷудо мешавад. Яке аз онҳо ба муҳити яқум бармегардад ва ин ҳодисаро инъикоси мавҷ меноманд. Дуюмаш ба муҳити дуюм паҳн шуда, самти худро тағйир медиҳад ва ин ҳодисаро шикасти мавҷ меноманд.

Аз принципи Г'юйгенс истифода бурда қонунҳои муқаррар кардан мумкин аст, ки ба он мавҷҳои инъикосшуда ва шикаста итоат мекунанд.

Дар расми 3.10.1 мавҷи ҳамвори ба сатҳи  $MN$  афтанда нишон дода шудааст.



Расми 3.10.1

Хатҳои  $A_1A$  ва  $B_1B$  – шуъҳои ин мавҷ мебошанд ва ба якдигар параллеланд. Ҳамвории  $AC$  фронти мавҷи афтанда мебошад.  $\alpha$  - кунҷи байни шуои афтанда ва перпендикуляри ба нуқтаи афтиши шуъ дар сатҳи

инъикоскунанда гузаронидашуда аст ва кунчи афтиш номида мешавад.  $\gamma$ -кунчи байни перпендикуляр ба нуқтаи афтиши шуоъ дар сатҳи инъикоскунанда гузаронидашуда ва шуои инъикосшуда аст ва кунчи инъикос номида мешавад.

Аз принципи Гйуйгенс истифода бурда fronti мавчи инъикосшударо ҳосил менамоем. Аз нуқтаҳои гуногуни fronti мавчи афтанда  $AC$ , ба сатҳи инъикоскунанда мавҷҳо дар як вақт омада намерасанд.

Ба нуқтаи  $B$  нисбат ба нуқтаи  $A$  мавҷи афтанда баъди фосилаи вақти  $\tau$  мерасад ( $\tau = \frac{CB}{g}$ ,  $g$  – суръати мавҷ). Дар нуқтаи  $A$  мавҷҳои дубораи нимсферии радиусаш  $R = AD = \tau g = CB$  ҳосил мешаванд. Радиуси мавҷҳои дубора дар байни нуқтаҳои  $A$  ва  $B$  тағйир меёбад (расми 3.10.1). Расандаи  $BD$ , ки ба сатҳҳои сферии мавҷҳои дубора гузаронида шудаанд, fronti мавҷи инъикосшударо ифода мекунад. Шуоъҳои инъикосшудаи  $AA_2$  ва  $BB_2$  ба fronti мавҷҳои дубора перпендикуляранд.

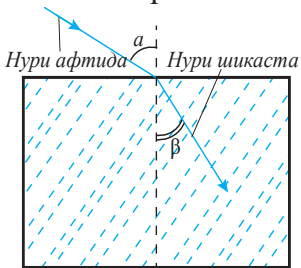
Мавҷҳои афтанда ва инъикосгардида дар ҳамон як муҳит паҳн мегарданд ва суръатҳояшон баробаранду дар фосилаҳои баробари вақт масофаҳои баробарро тай мекунанд.

Азбаски  $AD = BC$  аст ва секунҷаҳои  $ADB$  ва  $ACB$  росткунҷаанду гипотенузаи умумӣ доранд, ба ҳамдигар баробаранд. Бинобар ин кунҷҳои  $DBA - \alpha$  ва  $CAB - \gamma$ , чун кунҷҳои тарафҳои ба ҳамдигар перпендикуляр баробаранд.

Ҳамин тариқ, бузургии кунчи афтиши шуоъ ба бузургии кунчи инъикоси он баробар мебошад:  $\alpha = \gamma$ . Ин хулоса дар асоси принципи Гйуйгенс бармеояд ва таҷрибаҳо онро тасдиқ менамоянд, қонуни инъикоси мавҷро ифода менамоянд ва ба таври зайл таъриф карда мешавад: *шуои афтанда,*

*шуои инъикосшуда ва перпендикулярӣ дар нуқтаи афтиши шуоъ дар сарҳади ду муҳит фурувардашуда, дар як ҳамворӣ мехобанд ва кунҷҳои афтишу инъикоси шуоъ баробаранд.*

Қонуни инъикос барои мавҷҳои дилхоҳ, аз он ҷумла мавҷҳои садоӣ ва рӯшноӣ низ иҷро мешавад.



Расми 3.10.2

Масалан, дар мавриди ба мамониат бархӯрдани мавҷҳои садо, он инъикос меёбад ва эхо – акси садо шунида мешавад. Дар кӯҳҳо садо баъди чанд муддати бароварданиш такроран шунида мешавад.

Новобаста аз табиаташон ҳамаи мавҷҳо мешикананд. Шиканиши мавҷҳо дар сарҳади ду муҳит ба қонуни муайян итоат мекунанд ва онро қонуни шикасти мавҷҳо меноманд. Дар расми 3.10.2 шиканиши мавҷҳо дар сарҳади ду муҳит нишон дода шудааст.

Фарз мекунем, ки суръати паҳншавии мавҷ дар муҳити якум  $g_1$ , аз суръати паҳншавии он дар муҳити дуюм  $g_2$  калон аст.

Аз расми 3.10.2 дида мешавад, ки шуои мавҷи афтанда дар сарҳади ду муҳит шикаста самташро тағйир медиҳад.  $\beta$ -кунҷи шикасти шуоъ номида мешавад.

**Мувофиқи қонуни шикасти мавҷҳо:**

*1. Шуои шикаста, шуои афтанда ва перпендикулярӣ дар нуқтаи афтиши шуоъ дар сарҳади ду муҳит фурувардашуда дар як ҳамворӣ меҳобанд;*

*2. Нисбати синуси кунҷи афтиши мавҷ ба синуси кунҷи шикасти он барои ду муҳити додашуда бузургии собит мебошад ва он нишондоди шикасти муҳити дуюм нисбат ба муҳити якум ( $n_{21}$ ) номида мешавад:*

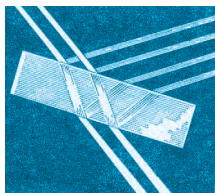
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21};$$

Дар ин ҷо  $n_{21} = \frac{g_1}{g_2}$  аст.

Нишондоди шикасти муҳит нисбат ба вакуум, нишондоди шикасти мутлақ номида мешавад.

Аз тарафи дигар мувофиқи таъриф  $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ ,  $n_1$ ,  $n_2$  – мувофиқан нишондоди шикасти мутлақи муҳитҳои якум ва дуюм мебошад. Аз ин ҷо маълум мешавад, ки ҳар як муҳит нишондоди шикасти худро дорад.

Дар мисоли мо  $g_1 > g_2$ , бинобар он  $n_{21} > 1$ ,  $\alpha > \beta$  ва шуоъ дар муҳити дуюм ба перпендикуляр наздик мешавад. Агар  $g_1 < g_2$  бошад,  $n_{21} < 1$ ,  $\alpha < \beta$  ва шуоъ дар муҳити дуюм аз перпендикуляр дур мешавад. Агар  $g_1 = g_2$  бошад,  $n_{21} = 1$ ,  $\alpha = \beta$  шуда, мавҷ аз муҳити якум ба муҳити дуюм нашикаста мегузарад.



Расми 3.10.3

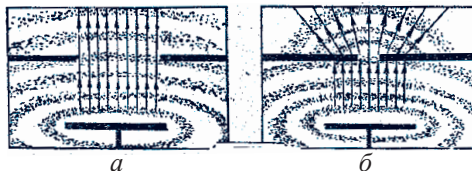
Инъикос ва шиканиш барои мавҷҳои рӯшноӣ ба таври аёнӣ хеле хуб мушоҳида карда мешавад.

Дастаи борики рӯшноиро ба лавҳаи шишагии ғавс равона намуда, дар сарҳади ҳаво ва шиша дар як вақт инъикос ва шикасти рӯшноиро мушоҳида менамоем (расми 3.10.3).

1. Инъикоси мавҷ гуфта чиро меноманд?
2. Шикасти мавҷ гуфта чиро меноманд?
3. Нури афтанда ва шикаста гуфта, чиро меноманд?
4. Қонуни инъикоси мавҷ чӣ тавр таъриф карда мешавад?
5. Қонуни шикасти мавҷ чӣ тавр таъриф карда мешавад?
6. Нишондоди шикасти мутлақ гуфта чиро меноманд?
7. Кадом вақт кунҷи афтиши нур аз кунҷи шикаст калон ва хурд мешавад?
8. Кадом вақт нури ба сарҳади муҳитҳо афтанда нашикаста мегузарад?
9. Барои мавридҳои  $n_{21} < 1$  ва  $n_{21} > 1$  дар нақша шуоъҳои афтанда ва шикастаре нишон дода, хулосабарорӣ намоед.

### 3.11. ДИФРАКСИЯИ МАВҶҲО

Барои фаҳмидани ҳодисаи дифраксияи мавҷҳо таҷрибаҳои зеринро дида мебароем. Дар ваннаи обдор бо ёрии вибратор – чадвал мавҷ ҳосил намуда, дар роҳи онҳо монегии сӯрохидорро ҷойгир менамоем (расми 3.11.1). Ҳангоми андозаи таркиш аз дарозии мавҷ  $\lambda$  хеле калон будан  $d \gg \lambda$ , мавҷ аз сӯроҳӣ гузашта тавре паҳн мешавад, ки гӯё монеа набошад (расми 3.11.1, а).



Расми 3.11.1

Дар мавриди андозаи сӯрохиро ба кадри кофӣ хурд намудан дар паси он қачии фронти мавҷ меафзояд ва ҳангоми андозаи сӯроҳӣ ба дарозии мавҷ  $\lambda$  баробар ё аз он хурд гардидан ( $d \leq \lambda$ ) фронти мавҷ шакли куравӣ гирифта, мавҷ ба соҳаи паси монеа дохил гардида, самти паҳншавиашро тағйир медиҳад ва аз ҳаракати ростхаттаи худ майл менамояд (расми 3.11.1, б).

**Ҳодисаи аз ҳаракати ростхаттаи худ майл кардани мавҷ, монеаро давр зада гузаштани онро дифраксия меноманд.** Дифраксия аз калимаи латинии *diffractus* – шикаста гирифта шудааст.

Ҳамин тариқ, ҳангоми бо дарозии мавҷ тартиби яхела доштани андозаи монеа ё аз он хурд будан ҳодисаи дифраксия ба амал меояд.

Дифраксия ба монанди интерференсия ба ҳамаи намудҳои мавҷҳо хос мебошад. Дар натиҷаи дифраксия дар канорҳои монеаҳо қадшавии сатҳи мавҷӣ ба амал меояд ва мавҷ монеаро давр зада мегузарад.

Ҳодисаи дифраксия барои мавҷҳои садоӣ хеле хуб мушоҳида карда мешавад. Шумо садои сигнали мошинро дар кунҷи бино истода ҳангоми намоён набудани он мешунавед. Дар ҷангалзор дарахтони зиёд шуморо паноҳ мекунад ва барои дарёфт намудани рафиқатон шумо садо мебароред ва садои шумо танҳо дарахтонро давр зада то рафиқатон рафта мерасад.

Дифраксияи мавҷҳоро дар асоси принсипи Гйуйгенс ба осонӣ шарҳ додан мумкин аст. Дар сӯроҳҳои андозаашон хеле хурд манбаҳои мавҷҳои дубора ба якдигар ниҳоят наздик ҷойгир мешаванд ва онҳоро ҳамчун як манбаи нуқтавӣ ҳисоб намудан мумкин аст. Аз ин манбаъ мавҷҳои дубора ба паси монеа мегузаранд, яъне қадшавии фронти мавҷ ба амал меояд ва баъди монеа самти паҳншавии мавҷ тағйир меёбад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дифраксияи мавҷ гуфта чиро меноманд?
2. Кадом вақт дифраксияи мавҷҳо ба амал меояд?
3. Дифраксия ба чӣ гуна мавҷ хос мебошад?
4. Дифраксияи мавҷҳо дар асоси принсипи Гйуйгенс чӣ тавр шарҳ дода мешавад?

## ХУЛОСАҲОИ МУҲИММИ БОБ

*Ҳаракате, ки пас аз фосилаҳои муайяни вақт айнан ё қариб айнан тақрор мешавад, лапшиш меноманд. Системае, ки лапшида метавонад, системаи лапшида меноманд.*

Лапшишҳои озод ва маҷбурии системаҳои лапшидаро аз ҳамдигар фарқ менамоянд.

*Лапшишҳое, ки дар системаи лапшида бо таъсири қувваҳои дохилӣ, баъди аз ҳолати мувозинатӣ баровардани он ба амал меояд, лапшишҳои озод меноманд.*

*Лапшишҳое, ки бо таъсири қувваҳои даврӣ тағйирёбандаи берунӣ ба амал меоянд, лапшишҳои маҷбурии номида мешаванд.*

Таҳти таъсири қувваи соиш амплитудай лаппиш оҳишта-оҳишта кам мешавад ва лаппишро дар ин маврид хомӯшшаванда меноманд.

*Ҳодисаи дар фазо ҷамъ шудани мавҷҳоро, ки дар натиҷаи он тақсимооти нисбат ба вақт доими амплитудии лаппишҳои натиҷавӣ ба амал меояд, интерференсия меноманд.*

Ҷойи геометрии нуқтаҳое, ки дар ягон лаҳзаи вақт, лаппиш омада мерасад, fronti мавҷ меноманд.

*Мувофиқи принсипи Гйуйгенс ҳар як нуқтаи муҳит, ки то он мавҷ омада мерасад, манбаи нави мавҷҳои дубораи куравӣ ба шумор меравад.*

Аксарияти қонунҳои густариши мавҷ, аз он ҷумла қонунҳои инъикос ва шикасти мавҷҳо дар асоси принсипи Гйуйгенс шарҳ дода мешаванд.

*Мувофиқи қонуни инъикоси мавҷ шуои афтанда, шуои инъикосшуда ва перпендикулярӣ дар нуқтаи афтиши шуоъ дар сарҳади ду муҳит фурувардашуда дар як ҳамворӣ мехобанд ва кунҷҳои афтишу инъикоси шуоъ ба ҳамдигар баробаранд.*

*Мувофиқи қонуни шикасти мавҷҳо: 1) шуои шикаста, шуои афтанда ва перпендикулярӣ дар нуқтаи афтиши шуоъ дар сарҳади ду муҳит фурувардашуда дар як ҳамворӣ мехобанд; 2) Нисбати синуси кунҷи афтиши мавҷ ба синуси кунҷи шикасти он барои ду муҳити додашуда бузургии собит мебошад ва он нишондоди шикасти муҳити дуюм нисбат ба якум  $n_{21}$  номида мешавад:*

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{2,1}$$

дар ин ҷо  $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ ,  $n_1$ ,  $n_2$  мувофиқан нишондоди шикасти мутлақи муҳитҳои якум ва дуюм мебошанд.

*Ҳодисаи аз ҳаракати ростхаттаи худ майлқунии мавҷ, монеаро давр зада гузаштани мавҷро дифраксия меноманд.*

## БОБИ 4

### ҚОНУНҲОИ БАҚО

#### 4.1. ИМПУЛСИ ЧИСМ

Ҳаракати ҷисмро таҳти таъсири қувваи собитӣ  $\vec{F}$  дида баромада фаҳмиши импульси ҷисмро дохил менамоем. Дар ин маврид ҳаракат собитшитоб мебошад ва шитоби ҷисм баробар аст:

$$\vec{a} = \frac{\vec{g} - \vec{g}_0}{t}, \quad (4.1.1)$$

дар ин ҷо  $\vec{g}_0$  – суръати ибтидоӣ,  $\vec{g}$  – суръати интиҳой,  $t$  – фосилаи вақте, ки тағйироти суръат  $\vec{g} - \vec{g}_0$  ба амал меояд, яъне фосилаи вақти таъсири қувва мебошад.

Ифодаи (4.1.1)-ро ба формулаи қонуни дуҷуми Нютон гузошта ҳосил менамоем:

$$\vec{F} = m \frac{\vec{g} - \vec{g}_0}{t}. \quad (4.1.2)$$

Формулаи (4.1.2)-ро ба намуди зайл менависем:

$$\vec{F} = m\vec{g} - m\vec{g}_0. \quad (4.1.3)$$

Формулаи (4.1.3) тарзи дигари ифодаи қонуни дуҷуми Нютон ба шумор меравад, ки он бузургии нав – импульси ҷисм ё аниқтараш тағйироти импульсро дар бар мегирад.

**Ҳосили зарби массаи ҷисмро бар суръати он импульси ҷисм ( $m\vec{g}$ ) меноманд.**

Импульси ҷисм бузургии векторӣ мебошад ва самти он ба самти вектори суръат мувофиқ мебошад.

Мувофиқи формулаи (4.1.3) тағйироти импульси ҷисм ба ҳосили зарби қувваи ба ҷисм таъсирбахшанда  $\vec{F}$  бар фосилаи вақти  $t$  баробар аст. Бузургии  $\vec{F} \cdot t$  импульси қувва ном дорад. Яъне, тағйироти импульси ҷисм ба импульси қувва баробар аст. Самти импульси қувва ба самти вектори қувва мувофиқ мебошад.

Воҳиди импульси ҷисм  $m \vec{g}$  кг·м/с (килограмм-метр бар сония) буда, воҳиди импульси қувва  $H \cdot c$  (Нютон·сония) мебошад.

Гуфтаҳои боло барои мавриди ба ҷисм дар як вақт таъсир бахшидани якҷанд қувва низ дуруст мебошад. Дар ин



ҳолат дар формулаи (4.1.3) дар таҳти  $\vec{F}$  баробар таъсирбахшандаи (суммаи вектории) ҳамаи қувваҳои ба ҷисм таъсирбахшанда фаҳмида мешавад. Он дар асоси қоидаи параллелограмм пай дар пай ҳамчун қувваҳои ёфта мешавад.

Агар баробартаъсирбахшандаи ҳамаи қувваҳои ба сифр баробар бошад, он гоҳ мувофиқи формулаи (4.1.3)  $m \vec{g} = m \vec{g}_0$  мешавад, яъне импульси ҷисм собит мемонад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Импульси ҷисм чист? Модули импульс ба чӣ баробар аст ва импульси ҷисм чӣ гуна самт дорад?
2. Импульси қувва чист? Модули импульси қувва ба чӣ баробар аст ва импульси қувва чӣ гуна самт дорад?
3. Кадом вақт импульси ҷисм ба сифр баробар мешавад?
4. Воҳиди импульси ҷисм ( $\text{кг}\cdot\text{м}/\text{с}$ ) ва воҳиди импульси қувва ( $\text{Н}\cdot\text{с}$ ) яқхеланд ё аз ҳамдигар фарқ мекунанд?

## 4.2. ҚОНУНИ БАҚОИ ИМПУЛС

Импульси ҷисм хосияти собит мондан дорад. Собит мондан ин маънои бетағйир монданро дорад, хосияти собит мондани импульс ба мавриде тааллуқ дорад, ки ду ҷисм ё зиёда ҷисмҳои байни худ таъсири мутақобил менамоянд ва ба онҳо қувваҳои берунӣ таъсир намебахшанд.

Маҷмӯи ҷисмҳои, ки байни худ таъсири мутақобил намуда, бо ҷисмҳои дигар таъсири мутақобил намекунад, системаи сарбастаро ташкил менамоянд.

**Системае, ки дар он гайр аз қувваҳои дохилӣ қувваҳои берунӣ таъсир намекунад, системаи сарбаста номида мешавад.**

Фарз менамоем, ки ду сакҳои массаашон  $m_1$  ва  $m_2$  нисбат ба Замин бо суръатҳои  $\vec{v}_1$  ва  $\vec{v}_2$  ҳаракат менамоянд.

Агар  $\vec{v}_1 > \vec{v}_2$  бошад, баъди фосилаи муайяни вақт онҳо ба ҳамдигар бармехӯранд ва суръати онҳо тағйир ёфта ба  $\vec{v}_1^1$  ва  $\vec{v}_2^1$  баробар мешавад.

Мувофиқи формулаи (4.1.3) барои тағйирёбии импульси ин ҷисмҳо навиштан мумкин аст:

$$\begin{aligned}\vec{F}_1 t &= m_1 \vec{g}_1 - m_1 \vec{g}_1^I, \\ \vec{F}_2 t &= m_2 \vec{g}_2 - m_2 \vec{g}_2^I.\end{aligned}$$

дар ин ҷо  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  қувваҳои, ки ҳангоми таъсири мутақобил ҷисмҳо байни ҳамдигар таъсир менамоянд,  $t$  – фосилае вақте, ки таъсири мутақобили ҷисмҳо ба амал меояд.

Мувофиқи қонуни сеюми Нютон қувваҳои  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  аз рӯи қимати мутлақашон ба ҳамдигар баробар буда, аз ҷиҳати самташон муқобили ҳамдигаранд, яъне  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ .

Қиматҳои  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  -ро ба ифодаи қонуни сеюми Нютон гузошта ҳосил менамоем:

$$\begin{aligned}m_1 \vec{g}_1 - m_1 \vec{g}_1^I &= -m_2 \vec{g}_2 + m_2 \vec{g}_2^I, \\ \ddot{\phantom{x}} \\ m_1 \vec{g}_1 + m_2 \vec{g}_2 &= -m_1 \vec{g}_1^I + m_2 \vec{g}_2^I.\end{aligned}\quad (4.2.1)$$

Тарафи чапи баробарии (4.2.1) суммаи импульси ҷисмҳоро то бархӯрӣ ва тарафи ростии он суммаи импульси ҷисмҳоро баъди бархӯрӣ ифода менамояд. Ин суммаҳо байни ҳамдигар баробаранд.

Гарчанде ки импульси ҷисмҳо баъди таъсири мутақобил тағйир ёбанд ҳам, суммаи импульси онҳо тағйир наёфта собит мемонад.

Яъне, дар системаи сарбаста суммаи геометрии импульси ҷисмҳои таъсири мутақобилкунанда бузургии собит мебошад:

$$m_1 \vec{g}_1 + m_2 \vec{g}_2 = const.\quad (4.2.2)$$

Агар дар системаи сарбаста  $n$  -то ҷисмҳо таъсири мутақобила наоянд, баробарии (4.2.2) ин тавр навишта мешавад:

$$m_1 \vec{g}_1 + m_2 \vec{g}_2 + m_3 \vec{g}_3 + \dots + m_n \vec{g}_n = const,\quad (4.2.3)$$

ё

$$\sum_{i=1}^n m_i \vec{g}_i = const.\quad (4.2.4)$$

Баробариҳои (4.2.1) - (4.2.4) шакли математикии қонуни бақои импульсро ифода менамоянд.

**Мувофиқи қонуни бақои импульс дар системаи сарбаста бо гузашти вақт суммаи геометрии импульси ҷисмҳо ҳамеша бузургии собит мебошад.**

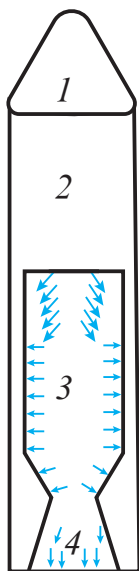
### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна системаро сарбаста меноманд?
2. Қонуни бақои импульсро таъриф диҳед.
3. Иҷрошави қонуни бақои импульсро ҳангоми бархӯрди саққоҳои билиард фаҳмонед.

### 4.3. ҲАРАКАТИ РЕАКТИВӢ

Яке аз татбиқҳои хеле муҳим ва мароқангези қонуни бақои импульс ҳаракати реактивӣ ба шумор меравад.

*Ҳаракате, ки ҳангоми аз ҷисм бо ягон суръат қанда шудани қисме аз он ба амал меояд, ҳаракати реактивӣ номида мешавад.*



Расми 4.3.1

Мавриди бефосила гумшавии массаи ҷисми ҳаракаткунанда, ба монанди ҳаракати автомобили обпошаки кӯчаҳо, ҳаракати вагоне, ки аз болои он қад-қад роҳ кум мепоянд, ҳаракати мушаке, ки дар натиҷаи сӯختани сӯзишворӣ ҷараёни гази ҳосилшударо мепартояд ва ғайраҳо хеле мароқангезанд.

Дар омӯзиши фазои кайҳон мушакҳо саҳми арзанда доранд. Нақшаи сохти мушакҳо дар расми 4.3.1 нишон дода шудааст.

Дар қисми пеши мушак (1) бори зарурӣ, ба монанди хӯроқворӣ, асбобҳои илмӣ, кайҳоннавард ва ғайраҳо ҷой дода мешавад. Дар қисми дигари он (2) системаи идоракунӣ ва захираи сӯзишворӣ гузошта мешавад.

Дар камераи сӯзонанда (3) сӯзишвории додашуда аланга гирифта, ба гази ҳарорат ва фишораш баланд табдил ёфта, ба воситаи сопло (4) ба берун партофта мешавад. Сопло аз лӯлаи буришаш тағйирёбанда иборат аст, ки баҳри афзун намудани суръати гази аз камераи сӯзонанда ба он дохилшаванда хизмат менамояд.

Ҳамин тариқ, мушак аз системаи ду ҷисми байни ҳамдигар таъсири мутақобилкунанда иборат мебошад. Ҷисми якум мушак бо сӯзишвории носӯхта ва ҷисми дуюм гази ба берун партофташуда ба шумор меравад.

Агар таъсири қувваи муқовимати ҳаворо ба инобат нагирем, он гоҳ мушакро бо гази ба берун партофташуда ҳамчун системаи сарбаста дида баромадан мумкин аст.

Пеш аз парвоз импулси мушак нисбати Замин ба сифр баробар аст. Мувофиқи қонуни бақои импулс баъди сар додани мушак ва гази ба берун партофташуда низ импулси система бояд ба сифр баробар мондан гирад.

Ҳангоми парвози мушак гази ба берун партофташуда ба импулси муайян ва мушак низ дорои импулси модулан ба импулси гази ба берун партофташуда баробару самти муқобилдошта соҳиб мегирад. Дар расми 4.3.1 бо хатҳои ғафс қувваи фишори газе, ки ба мушак ин гуна импулсро мебахшад, нишон дода шудааст.

Аз формулаи умумии (4.2.1) барои муайян кардани суръати мушак баъди сар додани он истифода бурда намешавад, чунки массаи мушак собит намонда оҳиста-оҳиста кам мегардад. Ҳисобкунҳои дар асоси назарияи ҳаракати ҷисми массааш тағйирёбанда иҷрокардашуда ва аз ҷониби олимони шӯравӣ Мишерский ва Сиолковский такмил додашуда нишон доданд, ки ҳангоми суръати ҷараёни гази ба берун партофташуда ба 2000 м/с баробар будан, барои ба суръати кифояи баҳри ба ҳамсафари сунъии Замин табдил додани мушак соҳиб гардидани он, бояд массаи сӯзишворӣ аз массаи қисми асосии мушак 55 маротиба зиёд бошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

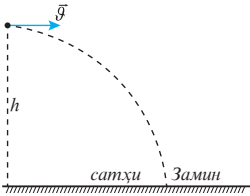
1. Ҳаракати реактивӣ чист?
2. Ҳаракати реактивӣ чӣ гуна татбиқи амалӣ дорад?
3. Ракета чӣ гуна сохт дорад?
4. Чаро аз формулаи (4.2.1) барои ҳисоб намудани суръати мушак истифода бурдан мумкин нест?
5. Бо мисолҳои ҳаётий ба амал омадани ҳаракати реактивиро фамонед.

## 4.4. СУРЪАТҲОИ КАЙҲОНӢ

Агар ҷисмро аз баландии  $h$  аз сатҳи Замин бо суръати  $\vec{g}$  партоем, он аз рӯйи траекторияи параболамонанд ҳаракат намуда, ба сатҳи Замин меафтад (расми 4.4.1).

Исбот карда шудааст, ки агар ба ҷисм суръати муайяне бахшида шавад, вай ба сатҳи Замин наафтада аз рӯйи давраи радиусаш  $R + h$  гирди Замин чарх задан мегирад, яъне ба радифи маснӯи Замин табдил меёбад.

**Барои ҷисмҳои кайҳони сунъиро сар додан ба онҳо суръати аввалаи муайяни кифоя калон, ки суръатҳои кайҳонӣ номида мешаванд, бахшидан лозим аст.**



Расми 4.4.1

Барои он ки ҷисм дар атрофи Замин аз рӯйи мадори доиравӣ ҳаракат намуда ба радифи маснӯи он табдил ёбад, ба он суръати якуми кайҳонӣ бахшидан лозим аст. Суръати якуми кайҳониро муайян менамоем.

Ба ҷисми массааш  $m$ , дар баландии  $h$  аз сатҳи Замин мунтазам аз рӯйи давра ҳаракаткунанда (расми 4.4.2) қувваи марказрави зерин таъсир менамояд:

$$F_M = \frac{m g_1^2}{R_3 + h}, \quad (4.4.1)$$

дар ин ҷо  $R_3$  радиуси Замин аст. Аз тарафи дигар, ба ин ҷисм қувваи ҷозиба таъсир менамояд, ки модули он баробар аст:

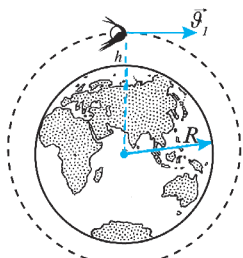
$$F = G \frac{M_3 m}{(R_3 + h)^2}, \quad (4.4.2)$$

дар ин чо  $M_3$  – массаи Замин,  $G$  – собити гравитатсионӣ мебошад. Азбаски қувваи марказрав қувваи ҷозибаи Замин ба шумор меравад, бинобар ин баробариҳои (4.4.1) ва (4.4.2)-ро баробар намуда, ҳал менамоем:

$$g_1^2 = G \frac{M_3}{R_3 + h}.$$

Аз ин чо

$$g_1 = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3 + h}}. \quad (4.4.3)$$



Расми 4.4.2

Аз ин формула суръати ҷисми дар баландии  $h$  аз сатҳи Замин аз рӯйи мадори доиравӣ ҳаракаткунанда муайян карда мешавад.

**Ҷисме, ки аз рӯйи мадори доиравӣ дар атрофи Замин ҳаракат мекунад, радифи маснӯи Замин номида мешавад.**

Аз формулаи (4.4.3) бармеояд, чи қадаре, ки ҳамсафар аз сатҳи Замин баландтар парвоз намояд, ҳамон қадар суръати ҳаттии он хурд мешавад.

Агар радифи маснӯъ ба сатҳи Замин наздиктар ҳаракат намояд, баландиро аз сатҳи Замин тахминан ба сифр ( $h = 0$ ) баробар ҳисобидан мумкин аст ва аз формулаи (4.4.1) ҳосил менамоем:

$$g_1 = \sqrt{R_3 g}, \quad (4.4.4)$$

дар ин чо  $g = G \cdot \frac{M_3}{R_3^2}$  шитоби афтиши озод дар сатҳи Замин мебошад. Баробарии (4.4.4) формулаи суръати якуми кайҳонӣ номида мешавад.

Ба формулаи (4.4.4) қиматҳои  $g = 9,8 \frac{M}{c^2}$  ва  $R = 6,4 \cdot 10^6$  м-ро гузошта, барои қимати ададии суръати якуми кайҳонӣ ҳосил менамоем:

$$g_1 = \sqrt{9,8 \frac{M}{c^2} \cdot 6,4 \cdot 10^6 \text{ м}} = 7,9 \cdot 10^3 \frac{M}{c^2} = 7,9 \frac{KM}{c}.$$

Ҳамин тавр, қимати суръати якуми кайҳонӣ ба  $7,9 \text{ км/с}$  ё тахминан ба  $8 \text{ км/с}$  баробар аст.

Аз расми 4.4.2 маълум аст, ки ба ҷисми дар атрофи Замин аз рӯи давра ҳаракаткунанда суръати самти уфуқи-дошта бахшидан лозим аст. Натиҷаи тааҷҷубовар он аст, ки суръати якуми кайҳонӣ аз массаи ҷисми партофташуда вобастагӣ надорад. Яъне, ба сангчаи хурд ва ҷисми массааш калон барои ба радифи маснӯи Замин табдил додан суръати якхела бахшидан лозим аст. Ба суръати якуми кайҳонӣ соҳиб гардида ҷисм ба Замин намеафтад. **Барои аз майдони ҷозибавӣ Замин баромадани ҷисм, суръати  $\vartheta_1$  кифоя нест. Барои аз майдони ҷозибавӣ Замин баромадани ҷисм, бояд он бо суръати  $\vartheta_2$ , ки суръати дуҷуми кайҳонӣ номида мешавад, соҳиб бошад.** Суръати дуҷуми кайҳонӣ аз рӯи формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$\vartheta_2 = \sqrt{2gR_3} = 1,41 \cdot 7,9 \frac{\text{км}}{\text{с}} = 11,2 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$



*К.Э. Сиолковский*

Бо ин суръат ҷисм аз рӯи траекторияи параболамонанд ҳаракат карда, ба Замин барнамегардад ва ба сайёраи сунъии Системаи офтобӣ табдил меёбад. Бузургии ин суръат аз самти сардиҳӣ нисбат ба самти ҳаракати Замин вобаста нест. Аз самти сардиҳии ҷисм танҳо траекторияе, ки ҷисм аз рӯи он ҳаракат намуда, аз Замин дур мешавад, вобаста аст.

Барои он ки ҷисм аз худуди Системаи офтобӣ баромада равад, бояд он ғайр аз қувваи кашиши Замин, боз қувваи кашиши Офтобро баргараф намояд.

**Суръати барои он заруриро суръати сеҷуми кайҳонӣ  $\vartheta_3$  меноманд.** Суръати  $\vartheta_3$  аз самти сардиҳии ҷисм вобаста аст. Ҳангоми ба самти ҳаракати мадори Замин сар додани ҷисм  $\vartheta_3 = 17 \text{ км/с}$  ва ба муқобили ҳаракати мадори Замин сар додан  $\vartheta_3 = 73 \text{ км/с}$  мешавад.

Дар аввали садсолаи гузашта олими барҷастаи рус Кон-

стантин Эдуардович Сиолковский гоџи истифодаи мушакхоро барои омӯзиши фазои кайхон пешниҳод намуда буд. Ғояҳои К. Э. Сиолковский тахти роҳбарии олими барҷастаи рус Сергей Павлович Королев амалӣ гардид ва 4 октябри соли 1957 бо ёрии мушакҳои пуриқтидор аввалин радифони маснӯи Замин ба мадор бароварда шуданд. 12 апрели соли 1961 дар Иттиҳоди шӯравӣ бо суръати якуми кайхонӣ, бо киштии кайҳонии «Восток» Юрий Гагарин ба кайхон парвоз намуд ва ӯ як маротиба атрофи Заминро давр зада ба Замин фаромад.



*С. П. Королёв*

21 июли соли 1969 аввалин бор одамон ба болои Моҳ фароварда шуданд. Онҳо Н. Армстронг ва Э. Олдрин буданд, ки дар киштии кайҳонии «Аполлон-II» парвоз намуда буданд.

Дар даҳсолаҳои охир маҷмӯи соҳаҳои илм ва техника баҳри тадқиқ ва омӯзиши кайхон бо истифодаи дастгоҳи кайҳонӣ – космонавтика инкишоф ёфта истодааст. Дастгоҳҳои кайҳонии автоматӣ бо муваффақият Миррих, Зуҳра, Уторид, Муштарӣ, Зуҳал ва дигар сайёраҳо, инчунин Офтобро тадқиқ карда истодаанд.

Бо ёрии пойгоҳҳои кайҳонии мадорӣ ва радифони маснӯи Замин масъалаҳои илмӣ ва амалӣ бомуваффақият ҳал шуда истодаанд. Масалан, бо ёрии радифони маснӯи Замин робита ва намоишҳои телевизионӣ ретранслятсия карда шуда истодаанд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. *Қадам қувва ҳангоми ҳаракати радифи маснӯи Замин нақши қувваи марказравро мебозад?*
2. *Суръати якуми кайҳонӣ аз массаи ҷисми ба мадор баровардашуда вобастагӣ дорад?*
3. *Ҳаракати радифи маснӯи Замин чӣ гуна ҳаракат ба шумор меравад?*
4. *Самти суръати дуҷуми кайҳонӣ бояд чӣ гуна бошад?*
5. *Доир ба комёбиҳо дар тадқиқи кайҳон маълумот диҳед.*



## 4.5. ҲАРАКАТИ САЙЁРАҶО ВА РАДИФОНИ МАСНӢИ ЗАМИН

Сайёраҳо қисмҳои массаи хеле калон доштаи Системаи офтобӣ ба шумор мераванд, ки дар атрофи Офтоб аз рӯи мадори эллипсмонанди аз давра кам фарқкунанда ҳаракат мекунанд. Дар атрофи Офтоб ҳамагӣ 8 сайёра давр мезананд. Сайёраҳо аз Офтоб бо чунин тартиб ҷойгир шудаанд: Уторид, Зухра, Замин, Миррих, Муштарӣ, Зухал, Уран, Нептун. Ҳаракати сайёраҳо дар атрофи Офтоб таҳти таъсири қувваи ҷозибаи Офтоб, ки нақши қувваи марказзавро мебозад, ба амал меояд, ба монанди он ки қувваи ҷозибаи Замин радифони маснӯъ ва радифи табиӣ Моҳро маҷбур месозад, ки дар атрофи он ҷарх зананд. Ҳамин тариқ, ҳаракати сайёраҳо, ки радифони табиӣ Офтоб ба шумор мераванд, асосан аз ҳаракати радифони маснӯъ ҳеҷ фарқе надоранд. Аммо баъзе фарқҳои мавҷуданд, ки ҳоло мо онҳоро аниқ менамоем.

Мувофиқи қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ сайёраҳо на танҳо ба Офтоб, балки ба яқдигар низ ҷазб мешаванд.

Аммо массаи сайёраҳо нисбат ба массаи Офтоб хурд мебошад. Ин имконият медиҳад, ки ҷазбшавии сайёраҳо байни ҳамдигар ба эътибор нагирифта, танҳо ҷазбшавии онҳоро ба Офтоб ба эътибор гирем. Бо вучуди ин таъсири сайёраҳои ҳамсоя ба ҳаракати ҳар як сайёра таъсир мерасонад. Махсусан, тағйирёбиҳои хурд соли 1846 кашфиётеро имконпазир гардонид, ки музаффарияти қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ ба шумор меравад. Дар он вақт сайёраи аз Офтоб аз ҳама дуртар ҷойдошта, Уран ба шумор мерафт. Мушоҳидаи ҳаракати сайёраи Уран нишон дод, ки он нисбат ба он мавриде, ки ҳангоми ба он таъсир бахшидани танҳо қувваҳои ҷозибаи Офтоб ва дигар сайёраҳои маълум, ба таври дигар ба амал меояд. Он вақт астрономи фаронсавӣ Лавере дар асоси тадқиқи ҳаракати Уран пешниҳод намуд, ки боз як сайёраи дигар – ҳаракати Уранро тағйирдиҳанда мавҷуд аст ва бо ҳисобкуниҳои мавқеи ин сайёра муайян намуд. Соли 1846 астрономи олмонӣ Галле дар ҷойи муайянкардашуда сайёраи навро ба қайд гирифт ва он номи Нептунро гирифт.

Аммо бо ин корҳо қатъ нагардиданд. Баъдтар муқаррар карда шуд, ки барои маънидоди тағйироти ҳаракати Уран мавҷудияти як худи Нептун кифоя набуда, балки боз як сайёраи дигар мавҷуд аст. Бо ҳисобкуниҳо мавқеи ин сайёра низ дар кайҳон муайян карда шуд. Соли 1930 ин сайёраи хурд ҳам дар ҷои муайянкардашуда ба қайд гирифта шуд ва онро Плутон номиданд.

Маълум аст, ки радифони маснӯи Замин дар атрофи он абадӣ ҳаракат намекунад. Бо гузашти вақт онҳо охишта-охишта паст фаромада, ба қабатҳои болоии атмосфера дохил гардида, дар натиҷаи таъсири қувваи муқовимати ҳаво месӯзанд. Барои чӣ ин ҳодиса рух медиҳад? Сабаб он аст, ки ба радифони маснӯъ ғайр аз қувваи кашиши Замин, қувваи ҷозибаи Моҳ таъсир менамояд. Таъсири мутақобил бо Моҳ сабаби асосии ноустувории мадори радифони маснӯъ ба шумор меравад.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чанд сайёра дар атрофи Офтоб давр мезананд ва онҳо кадомҳоянд?
2. Сабаби дар атрофи Офтоб давр задани сайёраҳо чӣ аст?
3. Ба сайёраҳо чӣ гуна қувваҳо таъсир мекунанд ва нақши асосиро кадоме аз онҳо мебозад?
4. Чӣ тавр сайёраи Нептун ва сайёраи хурд Плутон кашф гардиданд?

#### 4.6. КОРИ ҚУВВАҲО

Ҳангоме ки одам ҳезум мекафонад, трактор заминро шудгор мекунад, крани борбардор борро мебардорад кор иҷро карда мешавад. Умумият дар мисолҳои овардашуда аз он иборат аст, ки ҷисм таҳти таъсири қувваи гузошташуда ба ҳаракат мебарояд. Дар ин маврид мегӯянд, ки қувва кор иҷро менамояд. Таҳти таъсири қувваи собитӣ  $\vec{F}$  ба самти таъсири қувва кӯчиши  $\vec{s}$  кардани ҷисм кори  $A$  иҷро карда мешавад ва бузургии ин кор ба ҳосили зарби модулҳои қувва ва кӯчиш баробар мебошад:

$$A = F \cdot s. \quad (4.6.1)$$

Кор бузургии скалярӣ буда, ба ҳосили зарби модули бузургиҳои векторӣ баробар аст. Воҳидҳои корро муайян менамоем:

дар СИ:  $A = 1Н \cdot 1м = 1Ҷ$  (Ҷоул);

дар системаи СГС:  $A = 1дн \cdot 1см = 1эрг$ .

$1Ҷ = 10^5 дн \cdot 10^2 см = 10^7 эрг$ .

Қувваҳое, ки ба самти кӯчиши ҷисм муқобил равонанд, кор иҷро мекунанд?

Кор иҷро карда мешавад, аммо кори ҷунин қувва манфӣ ба шумор меравад. Ҳамин тариқ, кори қувваҳо мусбат ва манфӣ мешаванд. Ҳангоме ки самти қувва ба самти кӯчиши ҷисм мувофиқ меояд, кори он мусбат ба шумор меравад.

Агар самти қувваи ба ҷисм таъсирбахшанда ба самти кӯчиши он муқобил бошад, кори он манфӣ ба шумор меравад.

Масалан, ҳангоми боло бардоштани бор қувваи вазнинӣ ва ҳангоми ҳаракати автомобил таҳти таъсири қувваи кашӣш, қувваи соиш кори манфӣ иҷро мекунанд.

Аз формулаи (4.6.1) кор ҳангоми самти қувва ва самти кӯчиш аз рӯйи як хатти рост мувофиқ омадан ҳисоб карда мешавад.

Дар мавриди самти қувва ба самти кӯчиш кунҷи  $\alpha$  -ро ташкил намудан бузургии кор аз кунҷи  $\alpha$  вобаста мешавад ва бо формулаи зерин ифода карда мешавад:

$$A = F \cdot s \cos \alpha. \quad (4.6.2)$$

Аз формулаи (4.6.2) ҳамчун мавриди хусусӣ мавридҳои дида баромадамон баромада меояд. Агар самти векторҳои  $\vec{F}$  ва  $\vec{s}$  мувофиқ ояд,  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\cos 0^\circ = 1$  ва  $A = F \cdot s$  мешавад, яъне формулаи (4.6.1) ҳосил мегардад. Агар векторҳои  $\vec{F}$  ва  $\vec{s}$  самтҳои муқобил дошта бошанд  $\alpha = 180^\circ$ ,  $\cos 180^\circ = -1$  ва  $A = -F \cdot s$  мешавад. Дар ин маврид  $F$  қувваи муқовимат номида мешавад.

Дар мавриди  $\alpha$  кунҷи тезро ташкил намудан  $\cos \alpha$  қиматҳои мусбат мегирад ва кори қувва мусбат мешавад.

Дар мавриди  $\alpha$  кунҷи кундро ташкил намудан  $\cos \alpha$  қиматҳои манфӣ мегирад ва кори қувва манфӣ мешавад.

Кори қувваи собит ба ҳосили зарби модули вектори қувва бар модули вектори кӯчиш ва косинуси кунчи ин векторҳо баробар мебошад.

Агар самти қувваи ба ҷисм гузошташуда ба кӯчиши ҷисм перпендикуляр бошад, он гоҳ  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\cos 90^\circ = 0$  мешавад ва мувофиқи формулаи (4.6.2) қор ба сифр баробар мегардад.

Масалан, қувваи вазнинии ба ҷисми дар ҳамвории уфуқӣ ҳаракаткунанда таъсирбахшанда қор иҷро намекунад. Қувваи марказраве, ки таҳти таъсири он ҷисм аз рӯйи давра ҳаракат мекунад, қор иҷро намекунад, чунки дар нуқтаи дилхоҳи траектория ба самти кӯчиш перпендикуляр мебошад.

Агар ба ҷисми ҳаракаткунанда якҷанд қувваи самти гуногундошта гузошта шуда бошад, он гоҳ кори умумии ҳамаи қувваҳо ба суммаи алгебравии қорҳо, ки қувваҳои алоҳида иҷро менамоянд, баробар аст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кори механикӣ гуфта чиро менаманд?
2. Кори механикӣ аз қунчи байни самти қувва ва кӯчиши чӣ гуна вобастагӣ дорад?
3. Дар кадом маврид қувваи ба ҷисми ҳаракаткунанда гузошташуда қори мусбат ва дар кадом маврид қори манфӣ иҷро менамояд?
4. Қувваи ҷозибии ба радифи маснӯи Замин аз рӯйи мадори доиравӣ таъсиркунанда қор иҷро мекунад?
5. Қувваи вазнинӣ дар кадом маврид қори мусбат ва дар кадом маврид қори манфӣ иҷро мекунад: 1) ҳангоми амудӣ ба боло ҳаракат намудани ҷисм; 2) ҳангоми афтидани ҷисм.
6. Иҷрошавии қори механикаро бо мисолҳои ҳаётий фаҳмонед.

## 4.7. ЭНЕРГИЯИ МЕХАНИКӢ. ЭНЕРГИЯИ КИНЕТИКИИ ЧИСМ

Энергия аз калимаи юнонӣ буда, маънои фаъолият, амалиётро дорад. Энергия бузургии муҳими физикӣ буда, қобилияти қоричроқунии ҷисм ё системаи ҷисмҳоро тавсиф менамояд. Масалан, саққои гелидаистода бо саққои ором бархӯрда онро ҷойиваз мекунонад, яъне қор иҷро мекунад. Агар ба нӯги озоди пружин борро пайваст намуда, онро қашида сар диҳем, он ҳангоми кӯтоҳшавиаш қор иҷро менамояд. Ҷисми аз сатҳи Зами́н дар ягон баландӣ нигоҳ дошташуда дорои энергия мебошад, чунки он ҳангоми афтидан қор иҷро менамояд.

Энергияе, ки бо ҳаракати ҷисм ва вазъияти байниҳамдигарии ҷисмҳо алоқаманд аст, энергияи механикӣ ба шумор меравад. Ду намуди энергияи механикиро аз ҳамдигар фарқ менамоянд. *Энергияе, ки ба он ҷисм дар натиҷаи ҳаракат соҳиб мешавад, энергияи кинетикӣ номида мешавад.*

*Энергияи бо вазъияти байни ду ҷисм ё ҷисмҳои зиёдтар алоқамандро энергияи потенциалӣ меноманд.*

Ифодаро барои энергияи кинетикӣ ҳосил менамоем.

Таҳти таъсири қувваи собитӣ  $\vec{F}$  ҷисми массааш  $m$  собитшито́б ҳаракат намуда, суръаташро аз  $\vec{g}_1$  то  $\vec{g}_2$  тағйир медиҳад. Мавридеро дида мебароем, ки векторҳои қувва ва кӯчиш ба як самт равонаанд. Векторҳои шито́б  $\vec{a}$  ва  $\vec{g}$  низ ҳамин гуна самт доранд.

Барои ин маврид қори қувва ва қонуни дуоми Нютон ин тавр навишта мешаванд:

$$A = F \cdot s, \quad (4.7.1)$$

$$F = ma. \quad (4.7.2)$$

Азбаски ҳаракат собитшито́б аст, шито́б ва роҳи тайкарда аз рӯйи ифодаҳои зерин муайян карда мешаванд:

$$a = \frac{g_2 - g_1}{t}, \quad (4.7.3)$$

$$s = \frac{g_1 + g_2}{2} t, \quad (4.7.4)$$

дар ин ҷо  $t$  - вақте, ки ҷисм роҳи  $s$  -ро тай мекунад.

Аз формулаҳои (4.7.2) ва (4.7.3) ҳосил менамоем:

$$F = m \frac{g_2 - g_1}{t}. \quad (4.7.5)$$

Қиматҳои  $F$  ва  $s$  -ро аз баробариҳои (4.7.5) ва (4.7.4) ба (4.7.1) гузошта, барои кори қувва ҳосил мекунем:

$$A = m \frac{(g_2 - g_1)(g_2 + g_1)}{2} = \frac{m g_2^2}{2} - \frac{m g_1^2}{2}. \quad (4.7.6)$$

Ин формула кори қувваро бо тағйирёбии суръати ҷисм алоқаманд менамояд. Дар тарафи рости ин формула тағйирёбии бузургии  $\frac{m g^2}{2}$  истодааст, ки онро энергияи кинетикӣ меноманд ва бо  $E_k$  ишора менамоянд.

Формулаи (4.7.6) ба намуди зерин соҳиб мешавад:

$$A = E_{k2} - E_{k1}. \quad (4.7.7)$$

**Мувофиқи формулаи (4.7.7) кори қувва ба тағйироти энергияи кинетикӣ ҷисм баробар мебошад. Ин хулоса теорема дар бораи энергияи кинетикӣ ба шумор меравад.**

Аз формулаи (4.7.7) дида мешавад, ки энергияи кинетикӣ низ бо воҳидҳои кор, яъне Ҷоулҳо (Ҷ) чен карда мешавад.

Агар суръати аввалаи ҷисми массааш  $m$  ба сифр баробар бошад ва он суръаташро то қимати  $g$  афзун намояд, он гоҳ кори қувва ба қимати охири энергияи кинетикӣ ҷисм  $E_k$  баробар мебошад:

$$A = \frac{m g^2}{2} - 0 = E_k. \quad (4.7.8)$$

Яъне энергияи кинетикӣ ҷисми массааш  $m$  -и бо суръати  $g$  ҳаракаткунанда ба кори қувваи ба ҷисми ором таъсирбахшанда, ки ба он ин суръатро мебахшад, баробар аст.

Ҳамин тавр, баробариҳои (4.7.6)-(4.7.8)-ро ба эътибор гирифта, барои энергияи кинетикӣ ҷисм навиштан мумкин аст:

$$E_k = \frac{m g^2}{2}. \quad (4.7.9)$$

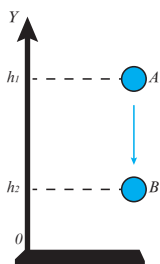
**Мувофиқи формулаи (4.7.9) энергияи кинетикӣ ҷисм ба нисфи ҳосили зарби массаи ҷисм ва квадрати суръати он баробар мебошад.**

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Энергия кадом қобилияти ҳисро тавсиф менамояд?
2. Энергияи кинетикӣ гуфта чӣ гуна энергияро меноманд?
3. Теорема дар бораи энергияи кинетикиро таъриф диҳед.
4. Агар самти қувваи ба ҳисм таъсирбахшанда ба самти ҳаракат мувофиқ бошад, энергияи кинетикӣ ҳисм чӣ тавр тағйир меёбад? Дар мавриди ба самти ҳаракат муқобил равона будан-чӣ?
5. Доир ба истифодаи энергияи кинетикӣ дар амалия маълумот диҳед.

## 4.8. КОРИ ҚУВВАИ ВАЗНИНӢ.

### ЭНЕРГИЯИ ПОТЕНСИАЛИИ ҲИСМИ АЗ САТҲИ ЗАМИН БАРДОШТАШУДА



Расми 4.8.1

Афтиши озоди ҳисми массааш  $m$ -ро аз баландии  $h_1$  нисбат ба сатҳи Замин то баландии  $h_2$  таҳти таъсири қувваи вазнинӣ  $P = mg$  дида мебароем (расми 4.8.1).

Азбаски самти ҷойивазкунӣ  $h_1 - h_2$  ва қувваи вазнинӣ мувофиқ меоянд, он гоҳ кори қувваи вазнинӣ мусбат буда, баробар аст:

$$A = mg(h_1 - h_2). \quad (4.8.1)$$

Дар баландии на он қадар калон аз сатҳи Замин шитоби афтиши озод  $g$  собит мебошад, яъне қувваи вазнинӣ низ собит аст.

Баробарии (4.8.1)-ро ба намуди зайл менависем:

$$A = -(mgh_2 - mgh_1). \quad (4.8.2)$$

Дар тарафи рости ин баробарӣ дар қавс тағйирёбии бузургии  $mgh$  истодааст. Ин тағйироти бо аломати муқобил гирифташуда ба кори қувваи вазнинӣ баробар мебошад. Бузургии  $E_n = mgh$  энергияи потенциалии ҳисми ба баландии нисбат ба сатҳи сифрӣ бардошташуда номида мешавад. Аломати минус пеш аз тағйирёбии энергияи потенциалӣ дар тарафи рости формулаи (4.8.2) чунин маъно дорад, ки ҳангоми мусбат будани кори қувваи вазнинӣ, энергияи потенциалии ҳисм кам мешавад (ин ҳангоми афтидани ҳисм ба амал меояд).

Ҳангоми қимати манфӣ доштани кори қувваи вазнинӣ энергияи потенциалии ҷисм меафзояд (мавриди ба боло партофта шудани ҷисм).

Формулаи (4.8.2)-ро ба намуди зайл менависем:

$$A = - (E_{n1} - E_{n2}).$$

Агар ҷисм аз баландии  $h$  то сатҳи сифрӣ афтад, он гоҳ кори қувваи вазнинӣ ба энергияи потенциалии баробар мешавад:

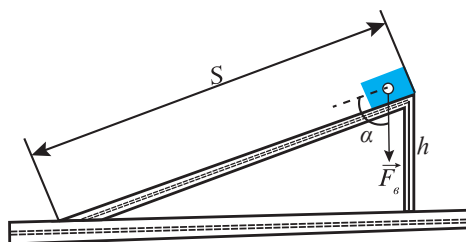
$$A = - E_n = mgh. \quad (4.8.3)$$

Яъне, энергияи потенциалии ҷисми дар ягон баландӣ нисбат ба сатҳи сифрӣ ҷойгирбуда, ба кори иҷрокардаи қувваи вазнинӣ ҳангоми афтидани ҷисм то сатҳи сифрӣ баробар мебошад.

Дар фарқ аз энергияи кинетикӣ, ки аз суръати ҳаракати ҷисм вобаста аст, энергияи потенциалии аз мавқеи ҷисм нисбат ба сатҳи сифрӣ, яъне аз координатаи ҷисм вобаста мебошад.

Кори на ҳамаи қувваҳо ба воситаи тағйирёбии энергияи потенциалии ифода карда мешавад.

Дар бораи энергияи потенциалии ҷисм танҳо дар мавриде сухан рондан мумкин аст, ки кори қувва аз траекторияи ҳаракати ҷисм вобаста набуда, танҳо бо координатаҳои аввал ва охири роҳи тай-



Расми 4.8.2

кардашуда муайян карда шавад. Ин шартро кори қувваи вазнинӣ қаноат менамояд.

Ба сифати мисол ҳаракати ҷисмро дар ҳамвории моил дида мебароем (расми 4.8.2). Кори қувваи вазнинӣ ҳангоми ҷойивазкунии ҷисми массааш  $m$  аз рӯи ҳамвории моили дарозияш  $s$  баробар аст:

$$A = mgs \cos \alpha,$$

дар ин ҷо  $\alpha$  – кунҷи байни векторҳои қувва ва кӯчиш мебошад.



Азбаски  $s \cos \alpha = h$  аст, бинобар ин барои кори қувваи вазнинӣ ҳосил менамоем:

$$A = mgh.$$

Мо барои кори қувваи вазнинӣ ҳамон ифодаи (4.8.3)-ро ҳангоми афтиши ҷисм ба таври амудӣ ҳосил намудем. Ин ифода на танҳо барои ҳаракати ҷисм аз рӯйи ҳамвори мӯл, балки аз рӯйи траекторияи дилхоҳ дуруст мебошад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кори қувваи вазнинӣ аз чӣ вобастагӣ дорад?
2. Кори қувваи вазнинӣ аз шакли траекторияи ҳаракати ҷисм вобастагӣ дорад?
3. Кори қувваи вазнинӣ ба энергияи потенциалӣ чӣ гуна алоқамандӣ дорад?
4. Сатҳи сифрӣ гуфта чиро менаманд?
5. Энергияи потенциалӣ ҳангоми ба сатҳи сифрӣ параллел ҳаракат намудани ҷисм тағйир меёбад?

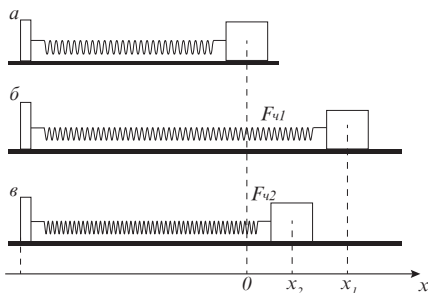
## 4.9. КОРИ ҚУВВАИ ЧАНДИРӢ.

### ЭНЕРГИЯИ ПОТЕНСИАЛИИ ҶИСМИ ЧАНДИР ДЕФОРМАТСИЯШУДА

Қувваи чандирӣ  $F_c$  ҳангоми деформатсияи ҷисм ба амал меояд ва ба қонуни Гук итоат менамояд:

$$F_c = -kx.$$

Ба сифати ҷисми деформатсияшуда пружини дар охираш бор овехташударо дида мебароем. Дар ин маврид қувваи чандирӣ ба дарозшавии пружин мутаносиб буда, ба тарафи ба ҷойивазкунии зарраҳои пружин ҳангоми деформатсия тахти



Расми 4.9.1

ягон қувваи беруна муқобил равона мебошад. Агар таъсири қувваи беруна қатъ гардад, пружин фишурда мешавад ва ба ҳолати аввали деформатсияшуда баргашта борро ҷойивазкунонида кор иҷро менамояд. Дар рафти ба ҳолати муво-

зинатӣ баргаштани пружин самти қувваи чандирӣ ба самти ҷойивазкунии бор мувофиқ меояд. Дар расми 4.9.1, а пружини деформатсияшуда нишон дода шудааст ва дар он ба сифати ибтидоӣ ҳисобкунӣ ( $x = 0$ ) мавқеи маркази вазнинии бор қабул карда шудааст. Дар расмҳои 4.9.1, б, в ҷойивазкунии бор таҳти таъсири қувваи чандирӣ аз ҳолати  $x_1$  то ҳолати  $x_2$  нишон дода шудааст. Дар ин маврид қувваи чандирӣ собит намонда аз як нуқта ба нуқтаи дигар тағйир меёбад.

Дар ҳолати  $x_1$ ,  $F_{c1} = kx_1$  дар ҳолати  $x_2$ ,  $F_{c2} = kx_2$  буда, қимати миёнаи қувваи чандирӣ баробар аст:

$$F_M = \frac{kx_1 + kx_2}{2} = k \frac{(x_1 + x_2)}{2}.$$

Барои ҳосил намудани ифодаи қори қувваи чандирӣ қимати миёнаи қувваи чандириро ба ҷойивазкунии  $x_1$ - $x_2$  зарб задан лозим аст:

$$A = k \frac{(x_1 + x_2)}{2} (x_1 - x_2) = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}. \quad (4.9.1)$$

Аз ин формула дида мешавад, ки қори қувваи чандирӣ танҳо аз координатаҳои мавқеи аввала  $x_1$  ва мавқеи охирин  $x_2$ -и ҷисм, ки таҳти таъсири қувваи чандирӣ қарор дорад, вобаста аст. Ин чунин маъно дорад, ки қувваи чандирӣ қувваи консервативӣ ба шумор меравад.

Формулаи (4.9.1)-ро ба намуди зайл менависем:

$$A = - \left( \frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2} \right). \quad (4.9.2)$$

Тарафи рости ин баробарӣ тағйирёбии бузургии  $E_n = \frac{kx^2}{2}$ -ро ифода менамояд, ки онро энергияи потенциалии ҷисми деформатсияшуда (пружин) меноманд. Дар як вақт ин бузургӣ ба энергияи потенциалии бори ба нӯги озоди ҷисм (пружин) мустақамкардашуда баробар аст. Инро маънидод менамоем. Бузургии энергияи потенциалии ҷисми деформатсиякардашуда низ ба монанди қувваи чандирӣ аз як нуқта ба нуқтаи дигар дар дохили ҷисм тағйир меёбад. Бузургии қувваи чандирӣ дар нӯги озоди ҷисми деформатсияшуда ба қимати максималӣ соҳиб аст, бо дур шудан аз нӯги

озод, кам шуда меравад ва дар нӯги мустаҳкам ба сифр майл менамояд. Энергияи потенциали низ дар нӯги озоди ҷисми деформатсияшуда ба қимати максималӣ соҳиб аст. Тасдиқ кардан мумкин аст, ки ба ҳамин гуна энергияи потенциали бори дар нӯги озоди ҷисм басташуда соҳиб мебошад.

Баробарии (4.9.2)-ро ба намуди зайл менависем:

$$A = - (E_{n_2} - E_{n_1}). \quad (4.9.3)$$

Мувофиқи баробарии (4.9.3) кори қувваи чандирӣ ба аломати баръакси тағйироти энергияи потенциалии ҷисми деформатсияшуда баробар мебошад.

Кори қувваи чандирӣ ба монанди кори қувваи вазнинӣ аз шакли траекторияи ҳаракати бори дар нӯги озоди пружин басташуда вобаста набуда, танҳо аз координатаи маркази вазнинии бор дар аввал ва охири роҳ вобастагӣ дорад. Ин чунин маъно дорад, ки қувваи чандирӣ қувваи потенциали ба шумор меравад.

Дар мавзӯи 4.8 ва ин мавзӯъ мо оиди энергияи потенциалии ҷисми алоҳида суҳанронӣ карда истодаем ва ин на он қадар боварибахш мебошад. Танҳо ҳуди ҷисм ба энергияи потенциали доро буда наметавонад. Ба энергияи потенциали танҳо ҷисмҳои таъсири мутақобилкунанда соҳиб шуда метавонанд ва дар ин ҳолат қувваи таъсири мутақобил бояд потенциали бошад. Энергияи потенциали энергияи таъсири мутақобил мебошад. Масалан, ҷисми ба ягон баландӣ бардошташуда барои он дорои энергияи потенциали мешавад, ки он бо Замин таъсири мутақобил менамояд.

Агар қувваи кашиши Замин набошад, ҷисм ба энергияи потенциали соҳиб намегардад. Энергияи потенциалии ҷисми чандирӣ деформатсияшуда низ энергияи таъсири байниҳамдигарӣ ба шумор меравад. Ин энергияи таъсири байниҳамдигарии зарраҳое мебошад, ки аз он ҷисм иборат аст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Қимати миёнаи қувваи чандирӣ ба чӣ баробар аст?
2. Қувваи чандирӣ чӣ гуна қувва ба шумор меравад?

3. Кори қувваи чандирӣ аз координатаи ҳолати ҷисм чӣ гуна вобастагӣ дорад?
4. Кори қувваи чандирӣ аз энергияи потенциалии чӣ гуна вобастагӣ дорад?
5. Кори қувваи чандириро таъриф диҳед.
6. Энергияи потенциалии ҷисми чандирӣ деформатсияшуда ба чӣ баробар аст?
7. Кадом вақт ҷисм ба энергияи потенциалии соҳиб мегардад?
8. Агар қувваи кашиши Замин мавҷуд набошад, энергияи потенциалии ҷисм ба чӣ баробар мешавад?

#### 4.10. ҚОНУНИ БАҚОИ ЭНЕРГИЯ ДАР МЕХАНИКА

Қувваи дилхоҳ, аз он ҷумла қувваи вазнинӣ ва қувваи чандирӣ коре иҷро менамоянд, ки ба фарқи энергияи кинетикии ҷисм дар ибтидо ва охири ҳаракат баробар аст:

$$A = E_{\kappa_2} - E_{\kappa_1}. \quad (4.10.1)$$

Ҳамин кор дар мавриди қувваҳои потенциалии ба тағйирёбии энергияи потенциалии бо аломати баръакс баробар аст:

$$A = - (E_{n_2} - E_{n_1}). \quad (4.10.2)$$

Аз формулаҳои (4.10.1) ва (4.10.2) ҳосил менамоем:

$$E_{\kappa_2} - E_{\kappa_1} = - (E_{n_2} - E_{n_1}).$$

Аз ин ҷо

$$E_{\kappa_2} + E_{n_2} = E_{\kappa_1} + E_{n_1}. \quad (4.10.3)$$

Тарафи чапи ин баробарӣ суммаи энергияи кинетикӣ ва потенциалии ҷисмро дар ягон лаҳзаи вақт ва тарафи ростии он ин суммаро дар лаҳзаи вақти дилхоҳи дигар дар бар мегирад.

Суммаи  $E = E_{\kappa} + E_n$  энергияи пурраи механикӣ номида мешавад. Барои энергияи пурраи механикии ҷисми афтанда ё ба боло партофташудае, ки қувваи вазнинӣ таъсир мебахшад, навиштан мумкин аст:

$$E = \frac{m\mathcal{G}^2}{2} + mgh. \quad (4.10.4)$$

Барои ҷисме, ки қувваи чандирӣ таъсир менамояд, энергияи пурраи механикӣ баробар аст:

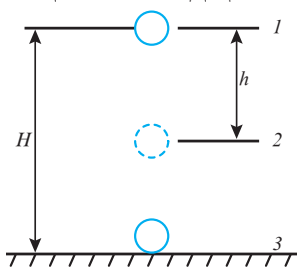
$$E = \frac{m\mathcal{G}^2}{2} + \frac{kx^2}{2}.$$

Аз баробарии (4.10.3) бармеояд, ки энергияи пурраи механикӣ собит мебошад. Ин хулоса қонуни бақои энергияи пурраи механикиро ифода менамояд.

**Мувофиқи ин қонун энергияи пурраи механикӣ чисме, ки ба он танҳо қувваҳои потенциалӣ таъсир менамояд, ҳамеша собит мебошад.**

Агар чисмро бо суръати  $\mathcal{V}$  ба боло партоем, дар лаҳзаи аввали ҳаракат энергияи кинетикии он қимати максималӣ дорад ва энергияи потенциалиаш ба сифр баробар аст. Бо афзоиши баландӣ энергияи кинетикиаш кам гардида, энергияи потенциалиаш меафзояд. Дар нуқтаи баландтарини траектория энергияи кинетикии чисм ба сифр баробар гардида, энергияи потенциалиаш ба қимати максималӣ соҳиб мегардад, ки он ба энергияи кинетикии чисм дар ибтидои ҳаракат баробар аст.

Ҳангоми ҳаракати чисм таҳти қувваи ҷандирӣ низ натиҷаи монанд ҳосил мешавад.



Расми 4.10.1

Қайд кардан лозим аст, ки қонуни бақои энергия хеле аниқ барои системаҳои сарбаста – системаҳое, ки чисмҳои ба он шомил буда танҳо байни ҳамдигарӣ бо қувваҳои потенциалӣ таъсири мутақобил менамоянд, иҷро мешавад.

Барои санҷидани иҷрошавии формулаи (4.10.4) системаи аз Замин ва чисми дар баландии  $H$  иборат бударо дида мебароем (расми 4.10.1). Ба ин система ғайр аз қувваи кашиши байни чисм ва Замин дигар қувваҳо (зиддияти ҳаво, соиш ва ғайраҳо) таъсир намекунанд.

Ҳангоми дар баландии  $H$  беҳаракат будани чисм (ҳолати 1) энергияи кинетикии он  $E_{к1} = 0$ , энергияи потенциалиаш  $E_{п1} = mgH$  аст. Энергияи пурраи механикии чисм баробар аст:

$$E = E_{к1} + E_{п1} = mgH. \quad (4.10.5)$$

Баъди ба масофаи  $h$  фаромадани чисм дар ҳолати 2 он ба суръати  $\mathcal{V} = \sqrt{2gh}$  молик мегардад ва энергияи потенциалиаш кам гардида, ба энергияи кинетикӣ соҳиб мегардад:

$$E_{n_2} = mg(H - h) = mgH - mgh,$$

$$E_{\kappa_2} = \frac{m\mathcal{G}^2}{2} = \frac{m \cdot 2gh}{2} = mgh.$$

Дар ҳолати 2 энергияи пурраи механикии ҷисм баробар мешавад:

$$E = E_{n_2} + E_{\kappa_2} = mgH - mgh + mgh = mgH.$$

ё

$$E = mgH. \quad (4.10.6)$$

Вақте ки ҷисм ба рӯйи Замин меафтад (ҳолати 3):

$$E_{\kappa_3} = \frac{m\mathcal{G}^2}{2} = \frac{m \cdot 2gH}{2} = mgH,$$

$$E_{n_3} = 0.$$

Энергияи пурраи механикӣ дар ҳолати 3 баробар мешавад:

$$E = E_{\kappa_3} + E_{n_3} = mgH. \quad (4.10.7)$$

Аз баробариҳои (4.10.5)-(4.10.7) бармеояд, ки дар системаи сарбаста  $E = E_{\kappa} + E_n = const$  ва тағйирёбии энергия  $\Delta E = 0$  мебошад.

**Яъне, дар системаи сарбаст энергияи пурраи механикӣ бузургии собит мебошад, энергия нест намешавад ва аз нав пайдо намегардад, танҳо аз як ҷисм ба ҷисми дигар мегузарад ё аз як намуд ба намуди дигар (аз кинетикӣ ба потенциалӣ, баръакс аз потенциалӣ ба кинетикӣ) ба миқдори баробар табдил меёбад.** Ин ҳулоса қонуни бақо ва табдилёбии энергияро ифода менамояд ва қонуни умумии табиат ба шумор меравад.

Қонуни бақо ва табдилёбии энергияро бори аввал олими машҳури рус М. В. Ломоносов кашф намуда буд.

Аз замонҳои қадим одамон кӯшиш менамуданд, перпетуум мобиле, яъне ҳаракатдиҳандаи абадӣ, чунин машинае, ки пас аз як маротиба ба ҳаракат даровардан, бе сарфи энергия дурудароз кор иҷро кардан гирад, созанд. Баъд аз кашфи қонуни бақо ва табдилёбии энергия маълум гардид, ки сохтани перпетуум мобиле имконнопазир аст.

Қонуни бақои энергияро ба монанди қонуни бақои импульс барои ҳалли масъалаҳои механика татбиқ намудан мумкин аст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Энергияи пурраи механикӣ гуфта чиро меноманд?
2. Қонуни бақои энергияи механикӣ чӣ тавр таъриф дода мешавад?
3. Қонуни бақо ва табилёбии энергияи механикиро бо мисолҳо фаҳмонед.
4. Дар системаи кушод энергияи механикӣ собит менамояд?
5. Дар неругоҳи обии электрикӣ табилёбиҳои намудҳои гуногуни энергияро фаҳмонед.

## ХУЛОСАҲОИ МУҲИММИ БОБ

**Ҳосили зарби массаи ҷисмро  $m$  ба суръати он  $\vec{g}$  импульси ҷисм меноманд.** Импульси ҷисм бузургии векторӣ мебошад ва самти он ба самти вектори суръат мувофиқ меояд.

**Ҳосили зарби қувваи ба ҷисм таъсирбахшанда  $\vec{F}$  бар фосилаи вақти таъсири он  $t$  импульси қувва номида мешавад.**

Импульси қувва ба тағйироти импульси ҷисм баробар аст:

$$\vec{F} t = m \vec{g} - m \vec{g}_0.$$

Воҳиди импульси ҷисм  $кг \cdot м/с$  (килограмм  $\cdot$  метр бар сония) буда, воҳиди импульси қувва  $Н \cdot с$  (Нютон  $\cdot$  сония) мебошад.

Дар системаи сарбаста суммаи геометрии импульси ҷисмҳои таъсири мутақобилкунанда бузургии собит мебошад:

$$m_1 \vec{g}_1 + m_2 \vec{g}_2 = const.$$

Агар дар системаи сарбаста  $n$  - ҷисмҳо таъсири мутақобил намоёнд, ин баробарӣ ин тавр навишта мешавад:

$$m_1 \vec{g}_1 + m_2 \vec{g}_2 + m_3 \vec{g}_3 + \dots + m_n \vec{g}_n = const.$$

Ду баробарии охириин шакли математикии қонуни бақои импульсро ифода менамоёнд.

**Мувофиқи қонуни бақои импульс дар системаи сарбаста бо гузашти вақт, суммаи геометрии импульси ҷисмҳо ҳамеша бузургии собит мебошад.**

**Ҳаракате, ки ҳангоми аз ҷисм бо ягон суръат канда шудани ягон қисми он ба амал меояд, ҳаракати реактивӣ номида мешавад.** Парвози тайёраҳо, мушакҳо ва киштиҳои кайҳонӣ ба ҳаракати реактивӣ асос карда шудаанд.

Барои он ки ҷисм дар атрофи Замин аз рӯи мадори до-

иравӣ ҳаракат намуда, ба радифи маснӯи он табдил ёбад, ба он суръати якуми кайҳонӣ бахшидан лозим аст.

Суръати якуми кайҳонӣ аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$g_1 = \sqrt{gR_s}.$$

Суръати якуми кайҳонӣ тахминин ба 8 км/с баробар мешавад.

Суръати дуҷуми кайҳонӣ аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад ва баробар аст:

$$g_2 = \sqrt{2gR} = 11,2 \text{ км/с}.$$

Бо суръати дуҷуми кайҳонӣ ҷисм аз рӯи траекторияи параболамонанд ҳаракат карда, ба Замин барнамегардад ва ба сайёраи сунъии Системаи офтобӣ табдил меёбад.

Барои он ки ҷисм аз ҳудуди Системаи офтобӣ баромада равад, бояд он ғайр аз қувваи кашиши Замин, боз қувваи кашиши Офтобро баргараф намояд. Суръати барои он заруриро суръати сеҷуми кайҳонӣ  $g_3$  меноманд. Суръати  $g_3$  аз самти сарҳадии ҷисм вобаста аст. Ҳангоми ба самти ҳаракати мадори Замин сар додани ҷисм  $g_3 = 17 \text{ км/с}$  ва ба муқобили ҳаракати мадори Замин сар додан  $g_3 = 73 \text{ км/с}$  мешавад.

Ду намуди энергияи механикиро аз ҳамдигар фарқ менамоянд. *Энергияе, ки бо он ҷисм дар натиҷаи ҳаракат соҳиб мешавад, энергияи кинетикӣ номида мешавад ва бо формулаи зерин ифода карда мешавад:*

$$E_k = \frac{m g^2}{2}.$$

*Энергияи бо вазъияти байни ду ҷисм ё ҷисмҳои зиёдтар алоқамандро энергияи потенциалӣ меноманд ва бо формулаи зерин ифода карда мешавад:*

$$E_n = mgh.$$

Суммаи энергияи кинетикӣ ва энергияи потенциалиро ( $E = E_k + E_p$ ) энергияи пурраи механикӣ меноманд.

*Барои системаҳои сарбаста энергияи пурраи механикӣ ҳамеша бузургии собит мебошад.* Ин хулоса қонуни бақои энергияи механикиро ифода менамояд.



## БОБИ 5

### ГИДРОСТАТИКА ВА ГИДРОДИНАМИКА

Қисми механикае, ки хусусиятҳои механикии моеъҳоро меомӯзад, гидромеханика номида мешавад. Гидромеханика ба ду қисм тақсим мешавад:

1. Гидростатика;
2. Гидродинамика.

Қисми механикае, ки хусусиятҳои механикии моеи оромро меомӯзад, гидростатика номида мешавад.



*Д. Бернуллӣ*

Қисми механикае, ки қонунҳои моеи ҳаракаткунандаро меомӯзад, гидродинамика номида мешавад.

Асосгузори гидродинамика Д. Бернуллӣ (1707-1782) ва Л. Эйлер (1707-1783) ба шумор мераванд, ки солҳои тӯлонӣ дар Академияи илмҳои Петербург кор кардаанд.

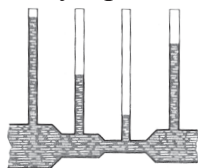
#### 5.1. ВОБАСТАГИИ ФИШОРИ МОЕЪҲО АЗ СУРЪАТИ ЧОРИШАВИИ ОНҲО

Барои муқаррар намудани вобастагии фишори моеъҳо аз суръати чоришавии онҳо ҳаракати моеъҳоро дар лӯлаҳо дида мебароем. Дар амалия мо ба ҳаракати моеъҳо дучор мегардем. Ба воситаи лӯлаҳо об ба хонаҳои истиқоматӣ, нафт аз як ҷой ба ҷойи дигар раван карда мешавад. Гардиши хун дар рағҳои хунгард низ як навъи ҳаракати моеъҳо дар лӯлаҳо ба шумор меравад.

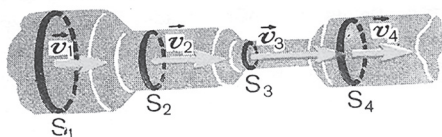
Таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки ҳангоми чоришавии моеъ суръати он дар ҷойҳои борики лӯла нисбат ба ҷойҳои ғафси он зиёдтар мебошад (расми 5.1.1). Аз расм дида мешавад, ки баландии бардошташавии сутунчаи моеъ дар найчаҳо дар ҷойҳои борики лӯла нисбат ба ҷойҳои ғафси он пасттар аст.

Барои фаҳмидани сабаби он чоришавии моеъро дар лӯлаи уфуқии буриши кӯндалангии қитъаҳои хархела муоина менамоем (расми 5.1.2).

Агар мо микдори моеи аз ҳар як буриши лӯла чоришавандаро барои вақти муайяни  $t$  чен намоем, он гоҳ маълум мегардад, ки аз буришҳои  $S_1, S_2, S_3, S_4$  микдори баробари моеъ мегузарад.



Расми 5.1.1



Расми 5.1.2

Ҳаҷми моеи аз буришҳои  $S_1$  ва  $S_2$  гузаранда аз рӯи ифодаҳои зерин муайян карда мешаванд:

$$V_1 = S_1 \ell_1 = S_1 \vartheta_1 t;$$

$$V_2 = S_2 \ell_2 = S_2 \vartheta_2 t.$$

Массаи моеи аз ин буришҳо гузаранда баробар аст:

$$m_1 = \rho_1 V_1 = \rho_1 S_1 \vartheta_1 t; \quad (5.1.1)$$

$$m_2 = \rho_2 V_2 = \rho_2 S_2 \vartheta_2 t. \quad (5.1.2)$$

Азбаски дар ҳамон як муддати вақт аз буришҳои  $S_1$  ва  $S_2$  массаи якхелаи моеъ мегузарад, аз ифодаҳои (5.1.1) ва (5.1.2) ҳосил менамоем:

$$\rho_1 S_1 \vartheta_1 t = \rho_2 S_2 \vartheta_2 t.$$

Азбаски моеъҳо фишурданашавандаанд, бинобар ин  $\rho_1 = \rho_2$  мебошад ва аз ифодаи боло ҳосил менамоем:

$$S_1 \vartheta_1 = S_2 \vartheta_2. \quad (5.1.3)$$

Барои буриши дилхоҳи лӯла ин баробарино татбиқ намуда навиштан мумкин аст:

$$S_1 \vartheta_1 = S_2 \vartheta_2 = S_3 \vartheta_3 = S_4 \vartheta_4,$$

ё

$$S \vartheta = const. \quad (5.1.4)$$

**Яъне, ҳосили зарби масоҳати буриши кӯндалангии лӯла бар суръати чоришавии моеъ барои ҳамаи буришҳо бузургии собит мебошад.** Ин хулоса теоремаи бефосилагии шарраро ифода менамояд.

Аз теоремаи бефосилагии шарра хулоса бармеояд, ки суръати чоришавии моеъ ба масоҳати буриши кўндалангии лўла мутаносиби чаппа мебошад.

Яъне, дар буришҳои васеи лўла суръати моеъ паст буда, дар буришҳои танги он суръати моеъ баланд мебошад.

Агар моеъ аз буриши васеъ ба тарафи буриши хурд қорӣ гардад, суръати моеъ зиёд гардида, дорой шитоб мегардад. Ин чунин маънӣ дорад, ки аз тарафи моеи дар буриши васеи лўла буда, ба моеъ дар ҷойи танги он қувваи  $F$  таъсир менамояд. Ин гуна қувва дар натиҷаи фарқи фишор дар ҷойҳои васеъ ва танги лўла ба амал меояд.

Ҳамин тарик, дар ҷойҳои васеи лўла фишори моеъ баланд ва дар ҷойҳои танги он фишори он паст мебошад.

Яъне, фишори моеъҳо ба суръати чоришавии онҳо вобаста буда, бо афзоиши он кам мешавад. Дар ҷойҳои васеи лўла суръати моеъ паст буда, фишораш баланд ва дар ҷойҳои танги лўла суръати моеъ афзуда, фишори он паст мегардад.

Ин тарзи чоришавии моеъҳо ҳангоми чоришавии об дар буришҳои андозаҳои гуногундоштаи дарёҳо ба назар мерасад. Дар ҷойҳои борики дарё об бо суръати баланд ва дар ҷойҳои васеи он бо суръати паст қорӣ мегардад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

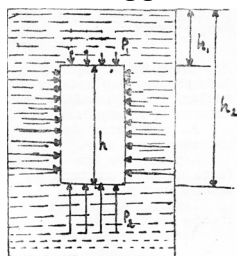
1. Гидромеханика чиро меомӯзад ва аз кадом қисмҳо иборат аст?
2. Гидростатика чиро меомӯзад?
3. Гидродинамика чиро меомӯзад?
4. Теоремаи бефосилагии шарра чӣ тавр таъриф ва ба шакли риезӣ ифода карда мешавад?
5. Фишори моеъҳо аз буриши кўндалангии лўлаҳо чӣ гуна вобастагӣ дорад?

## 5.2. ҚУВВАИ БОЛОБАРДОР

Ба даруни моеъ ҷисми шакли параллелолипедро меғўтонем (расми 5.2.1).

Ба ин ҷисм аз ҳама тараф фишори дохилии моеъ таъсир мекунад. Фишори моеъ аз болои параллелолипед кам ва аз поёни он зиёд таъсир менамояд. Ба сатҳҳои паҳлугии

параллелопипед фишор аз боло ба поён зиёд шуда меравад. Фишорҳои ба паҳлуҳои параллелопипед таъсиркунанда ҳамдигарро ба мувозинат меоранд.



Расми 5.2.1

Ба параллелопипед аз боло ва поён қувваҳои гуногуни  $F_1 = P_1 S$  ва  $F_2 = P_2 S$  таъсир менамоянд.

Фарқи ин қувваҳо ё қувваи натиҷавӣ амудан ба боло самт дорад ва ададан баробар аст:

$$F = F_2 - F_1 = P_2 S - P_1 S. \quad (5.2.1)$$

Дар ин ҷо  $P_1$  ва  $P_2$  ҳамчун суммаи фишори атмосферӣ ва фишори гидростатикӣ аз боло ва поёни параллелопипед таъсиркунанда муайян карда мешаванд:

$$P_1 = P_0 + \rho g h_1, \quad (5.2.2)$$

$$P_2 = P_0 + \rho g h_2. \quad (5.2.3)$$

Қиматҳои  $P_1$  ва  $P_2$ -ро аз баробариҳои (5.2.2) ва (5.2.3) ба баробарии (5.2.1) гузошта ҳосил менамоем:

$$F = (P_0 + \rho g h_2) \cdot S - (P_0 + \rho g h_1) S.$$

Аз ин ҷо навиштан мумкин аст:

$$F = \rho g (h_2 - h_1) S. \quad (5.2.4)$$

Дар ин ҷо  $h_2 - h_1 = h$ -баландии параллелопипед мебошад.

Аз ифодаи (5.2.4) барои қувваи натиҷавии ба боло самт дошта ҳосил мекунем:

$$F = \rho g h S = \rho g V. \quad (5.2.5)$$

Дар ин ҷо  $\rho$  – зичии моеъ,  $g$  – шитоби афтиши озод,  $S$  – масоҳати асоси параллелопипед,  $V$  – ҳаҷми параллелопипед мебошад.

Мувофиқи формулаи (5.2.5) қувваи қисдро амудан ба боло теладиханда аз шакли қисм вобаста набуда, ба ҳосили зарби зичии моеъ, шитоби афтиши озод ва бузургии ҳаҷми қисми ба моеъ гӯтида баробар мебошад.

Ин таъриф қонуни таҷрибавии Архимедро ифода менамояд. Ин қонунро олими юнонӣ Архимед тақрибан

2200 сол пеш кашф карда буд. Қувваи ба ҷисми ба моеъ ғўтонидашуда таъсиркунандаро қувваи архимедӣ меноманд.

Ҳамин тариқ, ба ҳама гуна ҷисми ба моеъ ғўтонидашуда қувваи архимедии амудан ба боло равона кардашуда таъсир мекунад.

Дар формулаи (5.2.5)  $\rho g V$  – вазни моеи аз тарафи ҷисм танг кардашуда мебошад.

Яъне, қувваи архимедӣ ба вазни моеи аз тарафи ҷисм тангкардашуда баробар мебошад.

Маълум гардид, ки ба ҷисми ба моеъ ғўтонидашуда қувваи вазнинӣ  $P$  ва қувваи архимедӣ  $F$  таъсир мекунад ва вазъияти ҷисм дар дохили моеъ аз фарқи ин қувваҳо вобастагӣ дорад.

Фарқи қувваи вазнинӣ ва қувваи архимедиро қувваи болобардор меноманд. Вобаста ба бузургии қувваи болобардор ҳолатҳои зерини ҷисми дар моеъ бударо аз ҳамдигар фарқ мекунанд:

1. Агар қувваи вазнинӣ  $P$  аз қувваи архимедӣ зиёд бошад ( $P > F$ ), ҷисм ба даруни моеъ ғарқ мешавад;

2. Агар қувваи вазнинӣ ба қувваи архимедӣ баробар бошад ( $P = F$ ), ҷисм дар моеъ дар ҳолати мувозинатӣ мешавад ва дурудароз дар ҳамин вазъият мондан мегирад;

3. Агар қувваи вазнинӣ аз қувваи архимедӣ хурд бошад ( $P < F$ ), ҷисм шино карда ба сатҳи моеъ мебарояд.

Шинокунии киштиҳо ба таъсири қувваи архимедӣ асос карда шудааст.

Дар рӯи об баромадан ё ғўтидани киштиҳои зеробӣ ба нисбати қувваҳои вазнинӣ ва архимедӣ вобаста аст. Агар киштиро ғўтонидан лозим шавад, зарфи маҳсули онро бо об пур намуда, қувваи вазниниро аз қувваи архимедӣ зиёд менамоянд ва киштӣ ба қаъри об мефарояд. Ҳангоми аз об ҳоли будани ин зарфи маҳсул киштӣ ба рӯи об мебарояд, чунки қувваи вазнинӣ аз қувваи архимедӣ хурд мешавад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Сабаби дар дохили моеъ ба боло бардошташавии ҷисмро маънидод намоед.
2. Қонуни Архимед чӣ тавр таъриф дода мешавад?
3. Қувваи архимедиро чӣ тавр муайян кардан мумкин аст?
4. Чӣ гуна қувваро қувваи болобардор меноманд?
5. Кадом вақт ҷисм ба моеъ гарқ мешавад?
6. Кадом вақт ҷисм шино карда ба сатҳи моеъ мебарояд?
7. Бо мисолҳои ҳаётии таъсири қувваи архимедиро фаҳмонед.

### 5.3. БУЗУРГИҲОИ ТАВСИФДИҲАНДАИ МОЕИ РАВОН

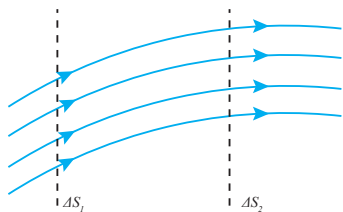
Яке аз хусусиятҳои моеъҳо ҷоришавандагии онҳо ба шумор меравад. Ҳаракати моеъҳо хеле мураккаб мебошад.

Аз мушоҳидаҳо маълум аст, ки дар ҷойҳои гуногуни дарёҳо суръати ҷоришавии об ҳархела мебошад. Дар қисми мобайнии дарё суръати ҷоришавӣ тез буда, дар наздикии соҳили он суст мебошад ва дар ҷойҳои муайян гирдобҳо ба амал меоянд.

Тақсимшавии суръатро дар ҷараёни моеъҳо бо хатҳои ҷараён тавсиф менамоянд.

**Хатте, ки ба рафти он моеъ ҷорӣ мешавад, хатти ҷараён номида мешавад.** Хатҳои ҷараёнро чунон мегузаронанд, ки аз рӯйи зичии онҳо ба суръати ҷоришавии моеъ баҳо додан мумкин аст. Дар ҷойҳое, ки суръати ҷараёни моеъ баланд аст, зичии хатҳои ҷараён зиёд ва дар ҷойҳое, ки суръати ҷараёни моеъ паст аст, зичии хатҳои ҷараён кам мебошад. Масалан, дар буриши  $\Delta S_1$  суръати ҷоришавии моеъ паст (зичии хатҳои ҷараён кам) ва дар буриши  $\Delta S_2$  суръати ҷоришавии моеъ калон (зичии хатҳои ҷараён зиёд) мебошад (расми 5.3.1).

Барои дар моеъҳои равон мушоҳида кардани хатҳои ҷараён ба он алюминмайдахоро омехта намуда, бо манбаи рӯшноӣ равшан мекунанд. Рӯшноӣ аз алюминмайдаҳои ҳаракатнок инъикос гардида, хатҳои ҷараёнро тавсиф менамоянд.



Расми 5.3.1

**Қисми моеъ, ки бо хатҳои ҷараён**

*маҳдуд мебошад, найчаи чараён номида мешавад.* Дар найчаи чараён ҳаҷми моеи дар  $1c$  аз буриши дилхоҳ гузаранда бетағйир мемонад. Бинобар ин хатҳои чараён ҳеҷ гоҳ якдигарро намебуранд ва канда намешаванд.

*Агар бо гузаштани вақт дар буриши найчаи чараён суръати ҷоришавии моеъ тағйир наёбад, ҷоришавии моеъро статсионарӣ (барқароршуда) меноманд.*

*Агар дар буриши найчаи чараён бо гузаштани вақт суръати ҷоришавии моеъ тағйир ёбад, ҷоришавии моеъро гайростатсионарӣ (барқарорнашуда) меноманд.*

Ҳангоми омӯзиши ҳаракати моеъҳо часпакии онҳоро ба назар нагирифта, онҳоро фишурданашаванда қабул мекунамд. Вобаста ба суръати ҷоришавии моеъҳо ҷоришавии ламинарӣ ва турбулентии онҳоро аз ҳамдигар фарқ менамоянд. Дар ҷоришавии ламинарӣ (аз лотинӣ табақагӣ) ҳаракати моеъ ором буда, намуди шаррагӣ дорад.

Дар лӯлаҳои дароз ва ҷойҳои васеи дарёҳо қабатҳои об ба ҳам омехта нашуда ҳаракат мекунамд ва чараёни об ламинарӣ ба шумор меравад.

Дар ҷоришавии турбулентӣ (аз юнонӣ – бенизомӣ) ҳаракати моеъ бетартиб буда, намуди гирдобӣ дорад.

Дар дарёҳои кӯҳии Тоҷикистон ҷоришавии об асосан турбулентӣ ба шумор меравад. Бо афзоиши суръати моеъ қабатҳои он омехта гардида, ҷоришавии ламинарӣ ба турбулентӣ табдил меёбад. *Суръати ҷоришавии моеъ, ки аз он сар карда ҷоришавии ламинарӣ ба турбулентӣ табдил меёбад, суръати «буҳронӣ» номида мешавад.*

Дар натиҷаи тадқиқот соли 1883 О.Рейнолдс муқаррар намуд, ки намуди ҷоришавии моеъ бо бузургии беандозаи  $\rho d/\eta$  муайян карда мешавад. Ин бузургиро адади Рейнолдс меноманд ва чунин ишора карда мешавад:

$$Re = \frac{\vartheta \cdot \rho d}{\eta}, \quad (5.3.1)$$

дар ин ҷо  $\vartheta$  – суръати ҷоришавии моеъ,  $\eta$  – коэффитсиенти часпакӣ,  $d$  – диаметри лӯлае, ки аз он моеъ ҷорӣ мешавад, мебошад.

Гузариш аз чоришавии ламинарӣ ба турбулентӣ дар кимати бухронии адади Рейнолдс ба амал меояд.

Масалан, ҳангоми ҳаракати моеъҳо дар лӯлаҳо кимати бухронии адади Рейнолдс ба 2000 баробар мебошад.

Инчунин, дар лӯлаи моеъ чоришаванда моеъ бо суръат, фишор ва энергия тавсиф карда мешавад.

Ҳангоми аз ҷойҳои васеъ ба ҷойҳои танги лӯла гузаштани моеъ суръати ҳаракати моеъ зиёд гардида, энергияи кинетикиаш меафзояд. Мувофиқи қонуни бақои энергия ин афзоиши энергияи кинетикӣ бояд аз ҳисоби камшавии энергияи потенциалӣ ба амал ояд. Азбаски лӯла мавқеи уфуқӣ дорад ва баландии  $h$  барои ҳамаи қитъаҳои он якхела мебошад, энергияи камшуда энергияи потенциалии  $mgh$  намебошад. Сухан дар бораи энергияи потенциалие меравад, ки он бо қувваи чандирӣ алоқаманд аст.

Азбаски дар қисми васеи лӯла нисбат ба қисми танги он моеъ зиёдтар фишурда мегардад, он боиси пайдоиши қувваҳои чандирӣ мегардад. Бинобар ин, дар қисмҳои васеи лӯла нисбат ба қисмҳои танги он энергияи потенциалии моеъ зиёд мегардад ва афзоиши энергияи кинетикии моеъ ҳангоми аз ҷойҳои васеъ ба ҷойҳои танг қорӣ гардидани он аз ҳисоби ҳамин энергияи потенциалӣ ба амал меояд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. *Хатти ҷараён гуфта чиро меноманд?*
2. *Найчаи ҷараён чист?*
3. *Чӣ гуна ҷоришавии моеъҳоро статсионарӣ ва чӣ гуна ҷоришавии онҳоро гайрестатсионарӣ меноманд?*
4. *Ҷоришавии ламинарии моеъҳо гуфта чӣ гуна ҷоришавиро меноманд?*
5. *Ҷоришавии турбулентӣ гуфта чӣ гуна ҳаракати моеъҳоро меноманд?*
6. *Адади Рейнолдс гуфта чиро меноманд?*
7. *Моеи ҷоришаванда боз бо чӣ гуна бузургӣҳо тавсиф карда мешавад?*
8. *Барои ягон лӯлаи обгузар қимати адади Рейнолдсро ҳисоб намуда, доир ба ҷоришавии моеъ маълумот диҳед.*



## 5.4. МУОДИЛАИ БЕРНУЛЛӢ

Қонуни бақои энергияро ба чараёни моеъ татбиқ менамоем.

Қоришавии моеи фишурданашавандаи часпакиаш ночизро аз лӯлаи моили буришаш тағйирёбанда дида мебароем (расми 5.4.1). Қоришавии моеъро ламинарӣ ҳисоб мекунем.

Моеи аз буриши  $\Delta S_1$  гузаранда ба энергияи кинетикии  $\frac{\Delta m \vartheta_1^2}{2}$  ва энергияи потенциалии  $\Delta m g h_1$  соҳиб мебошад.

Дар буриши  $\Delta S_1$  қувваи фишори  $P_1$  моеъро дар давоми вақти  $\Delta t$  аз чап ба рост ба масофаи  $\Delta \ell_1$  кӯчонида, кори  $A = F_1 \Delta \ell_1 = P_1 \Delta S_1 \vartheta_1 \Delta t$ -ро иҷро менамояд.

Ҳамин тариқ, энергияи пуррае, ки аз буриши  $\Delta S_1$  дар фосилаи вақти  $\Delta t$  мегузарад, ба

$$\frac{\Delta m \vartheta_1^2}{2} + \Delta m g h_1 + P_1 \Delta S_1 \vartheta_1 \Delta t$$

баробар аст.

Энергияи пуррае, ки аз буриши  $\Delta S_2$  дар фосилаи вақти  $\Delta t$  мегузарад, ба

$$\frac{\Delta m \vartheta_2^2}{2} + \Delta m g h_2 + P_2 \Delta S_2 \vartheta_2 \Delta t$$

баробар мебошад.

Дар асоси қонуни бақои энергия навиштан мумкин аст:

$$\frac{\Delta m \vartheta_1^2}{2} + \Delta m g h_1 + P_1 \Delta S_1 \vartheta_1 \Delta t = \frac{\Delta m \vartheta_2^2}{2} + \Delta m g h_2 + P_2 \Delta S_2 \vartheta_2 \Delta t. \quad (5.4.1)$$

Дар ин ҷо  $\Delta S_1 \vartheta_1 \Delta t$  ва  $\Delta S_2 \vartheta_2 \Delta t$  ҳаҷмҳои моеъҳои аз буришҳои  $S_1$  ва  $S_2$  гузаранда мебошад ва дар асоси теоремаи бифосилагии шарра навиштан мумкин аст:

$$\Delta S_1 \vartheta_1 \Delta t = \Delta S_2 \vartheta_2 \Delta t.$$

Ҳар ду тарафи ифодаи (5.4.1)-ро ба ин ҳаҷм тақсим намуда,  $\frac{\Delta m}{\Delta S_1 \vartheta_1 \Delta t} = \frac{\Delta m}{\Delta S_2 \vartheta_2 \Delta t} = P$  буданаширо ба эътибор гирифта ҳосил менамоем:

$$\frac{\rho \vartheta_1^2}{2} + \rho g h_1 + P_1 = \frac{\rho \vartheta_2^2}{2} + \rho g h_2 + P_2 \quad (5.4.2)$$

ё

$$\frac{\rho \vartheta^2}{2} + \rho g h + P = const. \quad (5.4.3)$$

Муодилаҳои (5.4.2) ва (5.4.3)-ро аввалин бор академики Академияи Петербург Даниел Бернуллӣ ҳосил намудааст ва муодилаи Бернуллӣ номида мешавад.

Муодилаи Бернуллӣ қонуни бақои энергияро барои гидродинамика ифода менамояд.

Акнун баъзе хулосаҳо, ки аз муодилаи Бернуллӣ бармеоянд, дида мебароем. Барои лӯлаҳои уфуқӣ ( $h_1 = h_2$ ) муодилаи Бернуллӣ ба таври зерин навишта мешавад:

$$\frac{\rho \vartheta_1^2}{2} + P_1 = \frac{\rho \vartheta_2^2}{2} + P_2. \quad (5.4.4)$$

дар ин ҷо  $P_1$  ва  $P_2$  – фишорҳои статикӣ ва бузургиҳои  $\frac{\rho \vartheta_1^2}{2}$  ва  $\frac{\rho \vartheta_2^2}{2}$ , ки андозаи фишорро доранд, фишорҳои динамикӣ номида мешаванд.

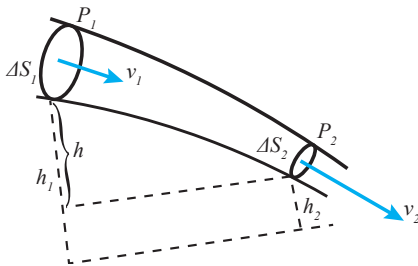
Суммаи фишорҳои статикӣ ва динамикиро фишори пурраи ҷараёни моеъ меноманд.

Мувофиқи баробарии (5.4.4) суммаи фишорҳои динамикӣ ва статикӣ ҷараёни статсионари моеъҳо бузургии собит мебошад:

$$\frac{\rho \vartheta^2}{2} + P = const. \quad (5.4.5)$$

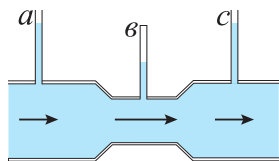
Яъне, агар фишори динамикӣ зиёд шавад, фишори статикӣ кам ва ҳангоми камшавии фишори динамикӣ фишори статикӣ зиёд мешавад.

Ба лӯлаи буришҳои гуногундошта найчаҳои манометрии *a*, *b*, *c*-ро пайваст менамоем (расми 5.4.2).

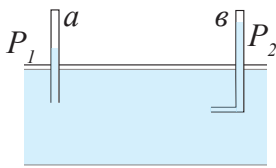


Расми 5.4.1

Дар буришҳои васеи лӯла найчаҳо зиёд (найчаҳои *a*, *c*) ва дар буриши танги он кам будани фишорро (найчаи *b*) нишон медиҳанд. Бо ҳамин усул фишори статикӣ моеъро чен кардан мумкин аст (расми 5.4.3).



Расми 5.4.2



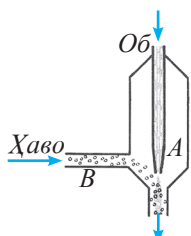
Расми 5.4.3

Найчаи қачро найчаи Пито меноманд. Дар назди сӯроҳии найчаи Пито суръати ҷоришавии моеъ  $v_2 = 0$  буда, формулаи (5.4.4) намуди зеринро соҳиб мешавад:

$$P_2 = P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2}. \quad (5.4.6)$$

Бо найчаи манометрии Пито фишори пурраи ( $P_2$ ) ва бо найчаи рост фишори статикӣ  $P_1$ -ро чен намуда, аз формулаи

(5.4.6) фишори динамикӣ  $\left(\frac{\rho v_1^2}{2}\right)$  ва суръати ҷоришавии ҷараёни моеъ ҳисоб карда мешавад. Муодилаи Бернуллиро барои моеъҳои реалии часпакии камдошта, ба монанди об ва карасин татбиқ намудан мумкин аст.

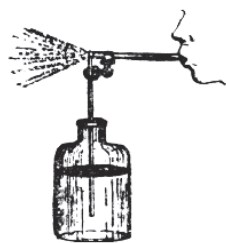


Расми 5.4.4

Мувофиқи муодилаи Бернуллӣ ҳангоми сӯроҳии найчаро хеле хурд кардан суръати ҷоришавии моеъ дар он чунон қалон шуданаш мумкин аст, ки дар натиҷа фишор аз фишори атмосферӣ паст мешавад. Амали кори насосҳои ҳавокашаки обӣ, аэрошак (пулверизатор), карбюраторҳо, инжекторҳо ва ғайраҳо ба ҳамин ҳодиса асос ёфтааст.

Дар расми 5.4.4 нақшаи насоси ҳавокаши обӣ нишон дода шудааст.

Ҷараёни об ба найчаи *A*, ки дар нӯғаш сӯроҳии танг дорад, равона карда мешавад. Фишори моеъ дар наздикиҳои



Расми 5.4.5

сӯрохии танги найча аз фишори атмосферӣ паст мегардад ва ҳаво аз зарфи ҳавояш гирифташаванда ба воситаи найчаи *B* ба оби аз нӯги найчаи *A* чоришаванда ҳамроҳ гардида, ба берун партофта мешавад. Муодилаи Бернуллиро барои газҳо низ татбиқ намудан мумкин аст, ба шарте ки газ на чандон фишурда шавад, ки ҳаҷмаш тағйир ёбад.

Ҳангоми атрпошакро сахт пуф кардан (расми 5.4.5) фишор дар қисми болои найчаи амудӣ аз фишори атмосферӣ кам мешавад ва фишори атмосферӣ атрро ба найчаи амудӣ то қисми болояш мебардорад ва аз он ҷо атр пош дода мешавад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Муодилаи Бернуллӣ чӣ гуна намуд дорад ва он чиро ифода менамояд?
2. Фишори статикӣ гуфта чӣ гуна фишорро меноманд?
3. Фишори динамикӣ гуфта чӣ гуна фишорро меноманд?
4. Фишори нурраи ҷараёни моеъ гуфта чиро меноманд?
5. Фишори динамикӣ ва статикиро чӣ тавр ҷен менамоянд?
6. Суръати ҷоришавиши моеъҳо чӣ тавр ҳисоб карда мешаванд?
7. Дар бораи татбиқи амалии муодилаи Бернуллӣ маълумот диҳед.
8. Амали кори насосҳои ҳавокашии обӣ ва атрпошакро фаҳмонед.
9. Аз формулаи (5.4.6) ҳисоб кардани суръати ҷоришавиши моеъро фаҳмонед.

## 5.5. ЧАСПАКӢ

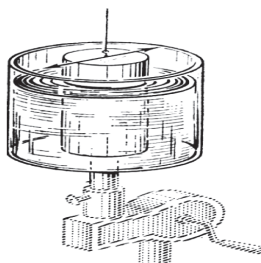
Дар моеъҳои реалӣ ҳангоми нисбат ба якдигар ҷойиваз кардани қабатҳои он қувваи соиш ба амал меояд. Қабатҳои тезҳаракаткунанда ба қабатҳои сустҳаракаткунанда таъсир намуда, суръати онҳоро зиёда қабатҳои сустҳаракаткунанда суръати қабатҳои тезҳаракаткунандаро суст менамоянд. Қуввае, ки дар байни қабатҳои моеъ ҳангоми нисбат ба ҳамдигар ҳаракат намудани қабатҳои он ба амал меояд, қувваи соиши дохилӣ номида мешавад. Дар байни қабатҳои газҳо низ соиши дохилӣ мавҷуд аст, вале он нисбат ба моеъҳо хеле кам мебошад. Дар расми 5.5.1 ду лавҳаи доирашакли аз ҳам дар масофаи хеле наздик ҷойгир буда нишон дода шудааст. Агар лавҳаи поёнро ба муқобили самти ҳаракати

ақрабаки соат чарх занонем, лавҳаи дуҷум низ ба ҳамон самт ба ҳаракат мебарояд. Ин ҳодиса мавҷуд будани қувваи соиши дохилоро дар байни қабатҳои газ нишон медиҳад.

Ин ҳодисаро барои моеъҳо низ мушоҳида кардан мумкин аст. Дар расми 5.5.2 дар ноқили борик силиндри вазнин овезон ва дар дохили зарфи силиндрии обдор ҷой дода шудааст. Ҳангоми силиндри беруниро чарх занонидан силиндри дохилӣ ба ягон кунҷ гардиш меҳӯрад. Яъне, моеи чархзананда ба сатҳи силиндри дохилӣ бо қуввае таъсир менамояд, ки бо қувваи чандирии ноқили тобхӯрда дар мувозинат мешавад.



Расми 5.5.1



Расми 5.5.2

Ин қувва аз масофаи байни силиндриҳо, суръати чархзании силиндри берунӣ, намуди моеъ ва ҳарорати он вобаста мебошад.

Нютон соиши дохилоро дар моеъҳо омӯхта муқаррар намуд, ки қувваи соиши дохилӣ  $F$  ба суръати силиндри беруна  $\vartheta$ , масоҳати сатҳи он  $S$  мутаносиби роста буда, ба масофаи байни силиндриҳо  $d$  мутаносиби чаппа мебошад:

$$F = \eta \frac{S\vartheta}{d}, \quad (5.5.1)$$

дар ин ҷо  $\eta$  – коэффитсиенти мутаносибӣ буда, барои моеъҳои гуногун қиматҳои гуногун дорад ва коэффитсиенти соиши дохилӣ ё часпакӣ номида мешавад.

Соиши дохилӣ дар қатори ҳодисаҳои гармигузаронӣ ва диффузия ба ҳодисаҳои гузарониш (кӯчиш) дохил мешавад. Ин ҳодисаҳо ба ҷараёни гузарониш алоқаманд мебошанд. Дар ҳодисаи соиши дохилӣ аз як қабати моеъ ба дигараш импульси молекулаҳо гузаронида мешавад.

Формулаи (5.5.1) қонуни Нютонро барои қувваи соиши дохилӣ ифода менамояд.

Аз формулаи (5.5.1) истифода бурда, воҳиди часпакиро дар системаи байналхалқии воҳидҳо (*СИ*) муайян менамоем:

$$\eta = \frac{F \cdot d}{Sg} \quad (5.5.2)$$

$$\eta = \frac{1Н \cdot м}{м^2 \cdot \frac{м}{с}} = 1Па \cdot с.$$

Яъне, дар *СИ* ба сифати воҳиди часпаки  $1Па \cdot с$  қабул карда шудааст.

Дар ҳарорати  $0^\circ\text{C}$  часпакии глитсерин ба  $4,8 Па \cdot с$ , об ба  $1,8 Па \cdot с$ , симоб ба  $1,8 \cdot 10^{-3} Па \cdot с$  баробар мебошад.

Дар ҳарорати  $20^\circ\text{C}$  часпакии об ба  $3,2 \cdot 10^{-4} Па \cdot с$  баробар мешавад.

Бо афзоиши ҳарорат часпакии моеъ кам ва часпакии газҳо зиёд мегардад.

Физикдон ва риёзидони англис Стокс муқаррар намудааст, ки барои ҷисмҳои саққомонанди бо суръати паст ҳаракаткунанда, қувваи муқовимати моеъ  $F$  ба суръати ҳаракати саққо  $g$ , радиуси саққо  $r$  ва коэффитсиенти часпакии моеъ  $\eta$  мутаносиб мебошад:

$$F = 6\pi\eta r g. \quad (5.5.3)$$

Формулаи (5.5.3) қонуни Стокс номида мешавад ва онро инчунин барои ҳаракати ҷисмҳои саққомонанд дар газҳо, масалан, дар мавриди афтидани қатраҳои борон дар атмосфера низ истифода бурдан мумкин аст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна қувваро қувваи соиши дохилӣ меноманд?
2. Қонуни Нютонро барои қувваи соиши дохилӣ ба шакли риёзӣ навишта маънидод намоед.
3. Дар ҳодисаи соиши дохилӣ аз як қабати модда ба дигараш кадом бузургӣ кӯчонида мешавад?
4. Дар *СИ* коэффитсиенти соиши дохилӣ ё часпакӣ бо кадом воҳид чен карда мешавад?
5. Қонуни Стоксро ба шакли риёзӣ навишта маънидод намоед.

## 5.6. ҲАРАКАТИ ОРОМОНАИ МОЕЪҲО ДАР ЛҶЛАҲО

Муодилаи Бернуллӣ барои моеъҳои фишурданашавандаю часпакии ниҳоят камдошта (мои идеалӣ), иҷрошаванда мебошад.

Барои моеъҳои реалӣ муодилаи Бернуллӣ иҷро намешавад, чунки қисми энергияи мои ҳаракаткунанда ба кори зидди қувваи соиш сарф мешавад, бинобар ин навиштан мумкин аст:

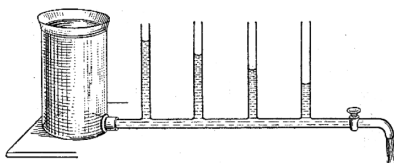
$$\left( \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 + P_1 \right) - \left( \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 + P_2 \right) = A_{\text{соиш}} \quad (5.6.1)$$

Ҳангоми буриши якхела доштани лӯла ва уфуқӣ ҷойгир будани он,  $v_1 = v_2$ ,  $h_1 = h_2$  мешавад ва баробарии (5.6.1) чунин намуд мегирад:

$$P_1 - P_2 = A_{\text{соиш}} \quad (5.6.2)$$

Яъне, фарқи фишорҳои статикӣ дар буришҳои лӯлаи уфуқӣ ба кори бар зидди қувваи соиш дар воҳиди ҳаҷм дар 1 с иҷрошуда баробар мебошад.

Барои моеъҳои реалӣ аз лӯла ҷоришаванда фишори статикӣ кам шуда меравад (расми 5.6.1).



Расми 5.6.1

Аз рӯи баландии сутуни моеъ дар найчаҳои манометрӣ дар ҷойҳои гуногуни лӯла фишори статикӣ муайян карда мешавад. Аз расми 5.6.1 дида мешавад, ки бо дур шудан аз аввали лӯла фишори статикӣ мои ҷоришудаи стода кам шуда меравад. Дар лӯлаҳои борик нисбат ба лӯлаҳои васеъ камшавии фишор тезтар ба амал меояд. Дар лӯлаҳои кӯтоҳи кифояи васеъ ҳангоми на он қадар баланд будани суръати ҷоришавии моеъ камшавии фишор амалан намоён намебошад. Ҳодисаи камшавии фишор дар лӯлаҳои обтақсимкунии шаҳрӣ (водопроводҳо) ба назар

мерасанд. Ҳангоми руст будани чумакҳо дар лӯлаҳои обтақсимкунанда, об қорӣ намешавад ва фишори об ба фишори об дар манораи обғуншаванда баробар мебошад. Агар чумакҳо кушода бошанд, он гоҳ об қорӣ мешавад ва соиш дар лӯлаҳои камшавии фишорро ба амал меорад.

Чи қадаре ки шумораи чумакҳои кушода зиёд бошад ва об тезтар қорӣ шавад, фишор тезтар кам шуда меравад.

Ҳангоми на он қадар баланд будани манораи обғункунанда камшавии фишор дар лӯлаҳои нисбат ба камшавии фишор дар манораи обғундор, ки ба қабатҳои баландтари биноҳои мувофиқ меояд, зиёдтар мебошад. Бинобар ин аз чумакҳои лӯлаҳои қабатҳои болоии биноҳои қоришавии об қатъ мегардад. Дар соатҳое, ки истеъмоли об камтар мешавад, пастшавии фишор камтар ба амал меояд, дар чумакҳои қубури қабатҳои болоии биноҳои об қорӣ шуда меистад. Ҳангоме ки сарфшавии об кам аст, суръати қоришавии об паст аст, соиш на он қадар зиёд мешавад ва камшавии фишор дар қубурҳои на он қадар зиёд мешавад.



Расми 5.6.2

Дар лӯлаҳои ҳаракати моеъ ламинарӣ ба шумор меравад ва дар он қабатҳои моеъ аз болои ҳамдигар лағзида бо суръатҳои гуногун соҳиб мебошанд. Суръати қабати дар девори қубур часпидагӣ ба сифр баробар буда, аз девор ба маркази лӯла зиёд шуда меравад. Дар маркази лӯла суръати моеъ нисбат ба дигар қабатҳо зиёдтар мебошад. Дар расми 5.6.2 тақсимшавии суръати қабатҳои моеъ дар ҳаракати ламинарӣ нишон дода шудааст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Муодилаи Бернуллӣ барои чӣ гуна моеъҳо иҷро мешавад?
2. Дар буришҳои лӯлаҳои уфуқӣ фарқи фишори статикӣ ба чӣ баробар аст маънидод намоед.
3. Дар лӯлаҳои уфуқие, ки моеъ қорӣ мешавад, фишори статикӣ чӣ тавр тағйир меёбад?
4. Сабаби камшавии фишори статикиро дар қубурҳои обтақсимкунии шахрӣ маънидод намоед.



## ХУЛОСАҲОИ МУҲИММИ БОБ

*Қисми механикае, ки хусусиятҳои механикии моеъҳоро меомӯзад, гидромеханика номида мешавад.*

*Қисми механикае, ки хусусиятҳои механикии моеъҳои оромро меомӯзад, гидростатика номида мешавад.*

*Қисми механикае, ки қонунҳои моеъҳои ҳаракаткунандаро меомӯзад, гидродинамика номида мешавад. Асосгузори гидродинамика Д. Бернуллӣ мебошад.*

*Фарқи қувваи вазнинӣ ва қувваи архимедиро қувваи болобардор меноманд.*

Тақсимшавии суръатро дар ҷараёни моеъҳо бо хатҳои ҷараён тавсиф менамоянд.

*Хатте, ки ба рафти он моеъ ҷорӣ мешавад, хатти ҷараён номида мешавад.* Аз рӯйи зичии хатҳои ҷараён ба суръати ҷоришавии моеъ баҳо дода мешавад.

Вобаста ба суръати моеъҳо ҷоришавии *ламинарӣ ва турбулентии* онҳоро аз ҳамдигар фарқ мекунам.

Дар ҷоришавии ламинарӣ ҳаракати моеъ ором буда, намуди шаррағӣ дорад.

Дар ҷоришавии турбулентӣ ҳаракати моеъ бетартиб буда, намуди гирдобӣ дорад.

Муодилаи Бернуллӣ барои ҷоришавии моеъҳо ба шакли риёзӣ чунин навишта мешавад:

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + P = const.$$

Муодилаи Бернуллӣ қонуни бақои энергияро барои гидродинамика ифода менамояд.

Барои лӯлаҳои уфуқӣ муодилаи Бернуллӣ намуди зерин дорад:

$$\frac{\rho v^2}{2} + P = const.$$

*Яъне суммаи фишорҳои динамикӣ  $\frac{\rho v^2}{2}$  ва статикӣ  $P$  барои ҷараёни статсионарию моеъҳо бузургии собит мебошад.*

## ФИЗИКАИ МОЛЕКУЛӢ ВА АСОСҲОИ ТЕРМОДИНАМИКА

Мувофиқи назарияи молекулӣ-кинетикӣ моддаҳо аз молекулаю атомҳо ташкил ёфтаанд. Тасаввурот дар бораи сохти атомии моддаҳо аз давраҳои қадим дар байни олимони вучуд дошт. Дар асри IV-и пеш аз мелод Ҷайлосуф ва табиатшиноси машҳури юнонӣ Демокрит ақида дошт, ки ғайр аз атом ва фазои холи чизе вучуд надорад. Тасаввуротҳои Демокрит аз нуқтаи назари физикаи ҳозиразамон ба кулӣ фарқ кунанд ҳам, дар инкишофи илми табиатшиносӣ ниҳоят нақши калон бозид.



*М. В. Ломоносов*

Назарияи атомии моддаҳо дар нимаи асри XVIII аз тарафи олими машҳури рус М. В. Ломоносов (1711-1765) ривочу раванқ дода шуд. Мувофиқи таълимоти М. В. Ломоносов ҳамаи ҷисмҳо аз зарраҳои хурд «Элементҳо» ва «Корпускулаҳо» иборатанд. Корпускулаҳо аз маҷмӯи элементҳо иборат мебошанд.

Гуфтан мумкин аст, ки «Элемент» ва «Корпускула»-и Ломоносов атом ва молекулаи ҳозиразамонро шабоҳат медиҳад. М. В. Ломоносов атомҳоро ҳамчун сакҳои сатҳи шахшӯлдошта, ки дар ҳаракати бетартибонаанд, тасаввур мекунад. Ӯ дар асоси ақидаҳои худ доир ба сохти атомии моддаҳо, як қатор хосиятҳои газҳоро ва хусусан табиати гармиро хеле хуб маънидод менамояд.

Аз сабаби суст тараққӣ кардани фанҳои табиатшиносӣ дар замони М. В. Ломоносов ақидаҳои ӯ ба эътибор гирифта нашуданд. Танҳо дар нимаи дууми асри XIX назарияи молекулӣ-кинетикӣ аз тарафи Клаузиус, Максвелл, Болсман ва дигарон дар шакли ҳозиразамон ба вучуд оварда шуд. Ба инкишофи илми химия дар охири асри XVIII ва аввалҳои асри XIX хеле кӯмак расонд. Дар он замон Гей – Люссак, Далтон, Авогадро ва дигарон қонунҳои асосии газҳоро дар таҷриба муқаррар намуданд. Қайд кардан лозим аст, ки ғалабаи сохти атомии модда дар натиҷаи муборизаи дурудароз ба вучуд омад.

Физикдонҳои идеалист сохти атомӣ доштани моддаро рад мекарданд. Дар мубориза барои ғалабаи сохти атомии модда хизмати олимони мамлакатҳои гуногун хеле калон мебошад.

Дар охири асри XIX далелҳои таҷрибавие ба вучуд омаданд, ки ба таври реалӣ сохти атомӣ доштани моддаҳоро тасдиқ намуданд. Ба ин далелҳои таҷрибавӣ ҳаракати броунӣ, таҷрибаи Перрен, ҳодисаи диффузия дохил мешаванд ва онҳо исбот намуданд, ки моддаҳо аз молекулаю атомҳо иборатанд ва онҳо ҳамеша дар ҳаракати бетартибонаанд.

Дар замони ҳозира бо микроскопҳои электронӣ молекулаҳои алоҳидаи моддаҳои органикӣ бевосита мушоҳида карда мешавад. Тасаввурот оид ба сохти атомӣ-молекулии материя асоси яке аз қисмҳои физикаро, ки физикаи молекулярӣ номида мешавад, ташкил мекунад.

Физикаи молекулярӣ хусусиятҳои макроскопии ҷисмҳоро дар ҳолатҳои гуногун-газӣ, моеӣ ва сахтӣ, қонуниятҳои аз як ҳолат ба ҳолати дигар гузаштани онҳоро дар асоси тасаввуроти сохти молекулии моддаҳо, хусусиятҳои ҳаракати атомҳою молекулаҳо ва қувваҳои байни онҳо таъсиркунанда меомӯзад.

Пешрафти физикаи молекулярӣ боиси ба миён омадани фаслҳои дигари физика – физикаи моеъҳо, физикаи газҳо, физикаи полимерҳо, физикаи плазма, физикаи металлҳо ва дигар соҳаҳои физика гардид.

Физикаи молекулярӣ ба монанди дигар фанҳо усулҳои тадқиқотии худро дорад. Яке аз онҳо усули назарияи молекулярӣ-кинетикӣ буда, хусусиятҳои молекулаҳои ҷудоғона ё гурӯҳи онҳоро омӯхта, аз рӯйи қиматҳои миёнаи бузургҳои физикӣ, доир ба хусусиятҳои ҷисмҳои макроскопӣ ҳулоса мебарорад.

Усули дуюми он усули термодинамикӣ буда, бо ёрии он хусусиятҳои физикии ҷисмҳои яклухти макроскопӣ омӯхта мешавад ва барои ин метод сохти молекулярӣ атомӣ доштани моддаҳо аҳамият надоранд.

Назарияи молекулярӣ-кинетикӣ ва термодинамика бо ҳам алоқаманданд, яқдигарро пурра менамоянд ва хосиятҳои моддаҳоро аз нуқтаи назари гуногун меомӯзанд.

## БОБИ 6 ФИЗИКАИ МОЛЕКУЛӢ

### 6.1. АСОСҲОИ НАЗАРИЯИ МОЛЕКУЛӢ-КИНЕТИКӢ ВА ТАСДИҚИ ТАҶРИБАВИИ ОНҲО

*Назарияе, ки хосиятҳои ҷисмҳои макроскопиро дар асоси тасаввуроти сохти атомӣ-молекулӣ доштани онҳо маънидод менамояд, назарияи молекулӣ-кинетикӣ номида мешавад.* Таъбиқи назарияи молекулӣ-кинетикӣ, барои газҳои идеалӣ натиҷаи хуб медиҳад ва асоси ин назарияро нуктаҳои зерин ташкил менамоянд:

1. Моддаҳо аз атом ва молекулаҳои хеле зиёд ташкил ёфтаанд ва дар байни онҳо фосила мавҷуд аст;

2. Молекулаю атомҳои модда бефосила ва хаотикӣ ҳаракат мекунанд;

3. Молекулаю атомҳои модда таъсири мутақобила менамоянд: дар масофаҳои на он қадар калон ҷазб мешаванд ва вақте ки ин масофа хурд мешавад, тела меҳӯранд;

4. Моддаҳо дар қадом ҳолате ки набошанд, зичии атомҳо ва молекулаҳои онҳо хеле калонанд (як мол гази идеалӣ  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекула дорад);

5. Андозаи молекулаҳо нисбат ба масофаи байни онҳо хеле хурданд (диаметри молекулаҳо тақрибан  $2 \cdot 10^{-10}$  -  $3 \cdot 10^{-10}$  м-ро ташкил медиҳанд);

6. Зарбаи молекулаҳо ба якдигар ва ба деворҳои зарф мутлақ чандир ҳисоб карда мешаванд;

7. Ҳангоми набудани таъсири беруна молекулаҳои газ ба ҳамаи ҳаҷми зарф баробар тақсим мешаванд;

8. Барои молекулаҳо ҳамаи самтҳои ҳаракат баробарқувва буда, массаи онҳо якхела қабул карда мешавад.

Атом микрозарраи аз ҷиҳати электрикӣ нейтрал буда, аз ядро мусбатзаряддор ва қабати электроникии онро иҳотақунанда иборат аст.

*Маҷмӯи атомҳои як намураи элементҳои химиявӣ номида мешавад.* Дар табиат дар ҳолати табиӣ 90 элементҳои химиявӣ мавҷуд аст. Ҳангоми наздикшавӣ атомҳо ба ҳам муттаҳид гардида, гурӯҳи устуворро таъсис доданашон мумкин аст.

**Системаи аз атомҳои ба ҳамдигар алоқамандро молекула меноманд.** Молекулаҳо хосиятҳои асосии химиявии моддаҳоро муайян менамоянд. Моддаҳои, ки аз атомҳои алоҳида иборатанд, ҳолати атомиро ташкил менамоянд. Моддаҳои аз молекулаҳо ташкилёфта ҳолати молекулиро ташкил менамоянд. Масалан, гелий ( $He$ ) аз атомҳои алоҳида ва об ( $H_2O$ ) аз молекулаҳои сеатома иборат аст.

Атом ва молекулаҳо бо чашм ва ёрии микроскопҳои (заррабин) оптикӣ дидан имконнопазир аст. Дар замони ҳозира бо ёрии микроскопҳои электронӣ ва бо лавозимоти микроскопии голографӣ на танҳо тасвири молекулаҳо, балки атомҳои алоҳида мушоҳида карда мешавад.

Ғайр аз таҷрибаҳои бевоситае, ки ба мушоҳидаи атом ва молекулаҳо имконият медиҳанд, мавҷудияти воқеии онҳо далелҳои таҷрибавӣ, ба монанди васеъшавии ҷисмҳо, фишурдашавии онҳо, маҳлулшавии як модда дар моддаи дигар тасдиқ менамоянд.

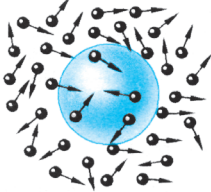
Ҳамаи ин ҳодисаҳо дар асоси сохти атомӣ-молекули доштани онҳо ба осонӣ маънидод карда мешаванд.

Сохти атомӣ-молекули доштани моддаҳо ҳодисаҳои диффузия, бухоршавӣ, фишори газ ба деворҳои зарф ва ҳодисаи ҳаракати броунӣ бевосита тасдиқ менамоянд.

**Диффузия ин худ аз худ омехташавии моддаҳои ба ҳам расанда мебошад.** Мувофиқи назарияи молекули-кинетикӣ омехташавии моддаҳои ба ҳам расанда дар натиҷаи ҳаракати бетартибонаи молекулаи як модда ба фосолаи молекулаҳои моддаи дигар ба амал меояд.

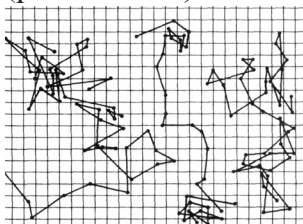
**Ҳаракати броунӣ гуфта, ҳаракати бетартибонаи ҷиссаи хеле хурди ягон моддаро дар моеъ ё газ меноманд.** Ин ҳаракатро соли 1827 гиёҳшиноси англис - Р. Броун ҳангоми бо микроскоп мушоҳида намудани рафтори гардчаҳои гул дар об кашф карда буд. Ӯ мушоҳида намуд, ки гардчаҳои гул бефосола аз рӯи траекторияи аҷоиб ҳаракат менамоянд. Соли 1874 физикдони белгиягӣ - И. Карбонелл пешниҳод намуд, ки ҳаракати броунии гардчаи гулро ҳаракати молекулаҳои ихотақунандаи моеъ ба амал меоранд.

Дар натиҷаи омӯзиш муқаррар карда шуд, ки интенсивияти ҳаракати броунӣ бо афзоиши ҳарорати муҳит ва хурдшавии андозаи зарраи броунӣ меафзояд, дар моеъҳои часпакиаш калон сусти гардида, аз маводди зарраи броунӣ вобастагӣ надошта, бефосила ва бетартибона ба амал меояд.



Расми 6.1.1

Зарраҳои онро ихотакунанда таъсиркунанда мебошад (расми 6.1.1).



Расми 6.1.2

Баъдтар ҳаракати броунӣ тасдиқи худро дар таҷрибаҳои соли 1906 гузаронидаи физикдони фаронсавӣ Перрен ёфт. Перрен ҳаракати зарраи броуниро бо микроскоп мушоҳида намуда, баъди фосилаҳои баробари вақт ( $\Delta t = 30c$ ) мавқеи онҳоро қайд намуда, онҳоро бо порчаҳои хатҳои рост пайваст намуд. Дар расми 6.1.2 ҳаракати се зарраи броунӣ нишон дода шудааст.

Перрен барои корҳои доир ба ҳаракати броунӣ ба мукофоти Нобелӣ сазовор гардид. Перрен корҳои ӯро чамбаст намуда, чунин қайд намуд: «Назарияи атом ғалаба кард».

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Физикаи молекулярӣ чиро меомӯзад?
2. Назарияи молекулярӣ-кинетикӣ чӣ гуна таълимот мебошад?
3. Назарияи молекулярӣ-кинетикӣ газҳо ба кадом нуқта таъҷибовар аст?
4. Атом чӣ гуна зарра мебошад?
5. Молекула гурӯҳи чиро меноманд?
6. Дар бораи далелҳои таҷрибавӣ, ки сохти молекулярӣ-атомӣ доштани моддаҳоро тасдиқ мекунанд, маълумот диҳед.

## 6.2. АНДОЗА ВА МАССАИ МОЛЕКУЛАҲО

Андоза ва массаи молекулаҳо хеле хурд мебошанд. Муайян намудани андозаи молекулаҳо реалӣ будани онҳоро тасдиқ менамояд.

Барои муайян кардани андозаи молекулаҳо паҳншавии  $I$  қатра равшани зайтунро дар сатҳи об дида мебароем. Агар зарф калон бошад, равшан ба ҳамаи сатҳи об паҳн шуда наметавонад (расми 6.2.1).

Фарз менамоем, ки молекулаҳои  $1\text{мм}^3$ -и равшани зайтун дар болои об ба қабати ғафсиаш ба андозаи  $l$  молекула баробар паҳн шуда, масоҳати  $0,6\text{м}^2$ -ро ишғол менамояд.

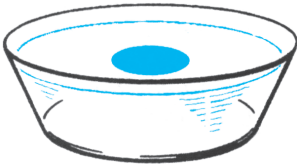
Ғафсии қабати равшанро муайян намуда, ба андозаи молекулаҳои равшани зайтун баҳо додан мумкин аст.

Ҳаҷми қабати равшан  $V$  ба ҳосили зарби масоҳати сатҳи он  $S$  бар ғафсиаш  $d$  баробар аст:

$$V = S \cdot d.$$

Аз ин ҷо андозаи молекулаи равшани зайтун баробар мешавад:

$$d = \frac{V}{S} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{см}^3}{6 \cdot 10^3 \text{см}^2} = 1,7 \cdot 10^{-7} \text{см}.$$



Расми 6.2.1

Андозаи молекулаҳо аз андозаи атомҳо калон мебошад. Диаметри атоми дилхоҳ тартиби  $10^{-8}\text{см}$ -ро дорад. Ин андоза чунон хурд аст, ки тасаввур кардан душвор аст.

Барои тасаввур кардани андозаи атомҳо чунин муқоиса мегузаронем. Агар ангуштҳоямонро мушт намоем ва онро то андозаи кураи Замин калон кунем, атом ҳангоми ҳамин гуна калонкунӣ ба андозаи мушт баробар мешавад.

Азбаски андозаи молекулаҳо хеле хурд мебошад, дар ҷисми дилхоҳ шумораи онҳо хеле зиёд мебошад.

Шумораи молекулаҳоро дар  $1\text{г}$  об, ки ҳаҷми  $1\text{см}^3$ -ро ишғол менамояд, муайян менамоем. Диаметри молекулаи об

тахминан ба  $3 \cdot 10^{-8}$  см баробар аст. Агар ҳангоми зич ҷойгир шудан, молекулаи об ҳаҷми  $(3 \cdot 10^{-8} \text{ см})^3$ -ро ишғол намояд, он гоҳ ҳаҷми қатраи обро ( $1 \text{ см}^3$ ) ба ҳаҷми як молекула тақсим намуда, шумораи молекулаҳоро ( $N$ ) муайян менамоем:

$$N = \frac{1 \text{ см}^3}{(3 \cdot 10^{-8})^3 \text{ см}^3} \approx 3,7 \cdot 10^{22} \text{ молекула.}$$

Ҳамин тариқ, маълум гардид, ки ҳақиқатан ҳам шумораи молекулаҳо дар ҳаҷмҳои хурди моддаҳо хеле зиёд мебошад. Ҳангоми як нафаскашӣ чунин миқдори молекулаҳоеро кашида мегирем, ки агар ҳангоми баровардан ба ҳамаи одамони кураи Замин тақсим намоем, 2-3 донагӣ мерасад. Барои баҳо додан ба андозаи молекулаҳо ва атомҳо аз воҳиди хеле хурд – ангстрем (ишорааш  $\text{\AA}$ ) истифода мебаранд:

$$1 \text{\AA} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ см.}$$

Диаметри молекулаи кислотаи олеин ба  $30 \text{\AA}$  баробар аст.

Молекулаҳои аз шумораи ками атомҳо иборатбуда, андозаи хурд ва молекулаҳои шумораи зиёди атомҳо дошта андозаи калон доранд. Молекулаҳои мураккаби сафедаҳо аз якчанд ҳазор атом иборат мебошанд ва андозаи онҳо ба даҳҳо ҳазор ангстрем баробар аст.

Молекулаҳои хеле калонро (сафедаҳо, полимерҳо) бо ёрии микроскопҳои оптикӣ пурқувват дидан мумкин аст. Молекулаҳои андозаашон хурд ва баъзе атомҳо бо ёрии микроскопҳои махсуси электронӣ ва нақбӣ сохти мураккаб дошта дидан мумкин аст.

Дар расми 6.2.2 сурати молекулаҳои кислотаи нуклеин, дар расми 6.2.3 сурати атомҳои торий ва дар расми 6.2.4 сурати кристалли силитсий, ки ба воситаи микроскопи нақбӣ гирифта шудааст, нишон дода шудааст.

Дунгичаҳои равшан сохти атомии силитсийро инъикос менамоянд. Бо ёрии чунин микроскопҳо ва усулҳои дигар андозаи атомҳо ва масофаи байни онҳо дар молекулаҳои гуногун муайян карда шудаанд.



Дар молекулаҳо масофаи байни атомҳо гуногун буда, аз 1 то 4 Å-ро ташкил менамоянд.



Расми 6.2.2

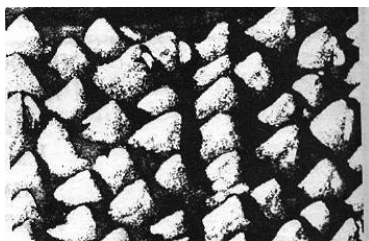


Расми 6.2.3

Массаи молекулаю атомҳои алоҳида хеле хурд буда, тавсифи асосии онҳо ба шумор меравад.

1г об  $3,7 \cdot 10^{22}$  молекула дорад ва массаи як молекулаи он баробар аст:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} \approx \frac{1\text{г}}{3,7 \cdot 10^{22}} \approx 2,7 \cdot 10^{-23}\text{г} = 27 \cdot 10^{-27}\text{кг}.$$



Расми 6.2.4

Молекулаҳои моддаҳои дигар ҳам тақрибан ҳамин гуна масса доранд (ғайр аз молекулаҳои моддаҳои органикӣ, масалан, молекулаи сафедаҳо садҳо ва ҳазорҳо маротиба аз массаи атомҳои алоҳида калон мебошад).  
Массаи молекулаҳо ба суммаи

массаи атомҳои он баробар мебошад.

Азбаски массаи атомҳо ва молекулаҳо хеле каманд, бинобар он, дар физикаи молекули, аз массаи нисбии атомӣ ва массаи нисбии молекули истифода мебаранд. Массаи ҳамаи атомҳо ва молекулаҳо ро бо массаи атоми изотопи  $\text{C}^{12}$  (карбон) муқоиса менамоянд.

Массаи нисбии атомӣ, ба нисбати массаи атоми додашуда, бар  $\frac{1}{12}$  массаи атоми  $\text{C}^{12}$  баробар аст. Массаи нисбии молекули ( $M$ ) ба нисбати массаи молекулаи додашуда

( $m_0$ ), бар  $\frac{1}{12}$  массаи атоми  $\text{C}^{12}$  ( $m_c$ ) баробар аст:

$$M = \frac{m_0}{\frac{1}{12}m_c}. \quad (6.2.1)$$

Мувофиқи таърифи боло массаи нисбии атомии  $C^{12}$  ба 12,  $O^{16}$  ба 15,9949 ва гидроген  $H^1$  ба 1,008 баробар аст. Барои муайян намудани массаи нисбии молекули, массаи нисбии атомии атомҳои ба таркиби молекула дохилшавандаро ҳам кардан лозим аст.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Молекулаҳо чӣ гуна андоза ва масса доранд?
2. Дар таҷриба андозаи молекулаҳоро чӣ тавр муайян кардан мумкин аст?
3. Дар 1 г об чӣ қадар молекула мавҷуд аст?
4. Молекулаи об чӣ гуна масса дорад?
5. Ангестрем чӣ гуна воҳиди ченкунӣ мебошад?
6. Массаи нисбии молекули гуфта чиро меноманд?

## 6.3. МИҚДОРИ МОДДА. АДАДИ АВОГАДРО

Миқдори модда шумораи молекулаҳои ин моддаро тавсиф менамояд.

Чисмҳои макроскопӣ аз шумораи хеле зиёди атомҳо ё молекулаҳо иборат мебошанд, бинобар ин миқдори моддаро бо воҳиди калоне, ки шумораи зиёди зарраҳоро дар бар мегирад, чен кардан қулай мебошад.

*Дар системаи байналхалқии воҳидҳо (СИ) ба сифати воҳиди миқдори модда 1 мол қабул карда шудааст.*

*1 Мол миқдори моддаест, ки адади молекулаҳо дар он ба адади атомҳои таркиби 0,012 кг изотопи  $C^{12}$  баробар аст.* Яъне, шумораи атомҳо ё молекулаҳо дар моли моддаи дилхоҳ ҳамеша якхела мебошад. Ин адад аз тарафи олими итоллийё Авогадро дар таҷриба муайян карда шудааст ва адади Авогадро ( $N_A$ ) ном дорад. Массаи атоми карбонро доништа, адади Авогадроро муайян кардан мумкин аст. Массаи атоми карбон  $m_{oc} = 1,995 \cdot 10^{-26}$  кг мебошад.

Барои ёфтани адади Авогадро  $N_A$ , массаи  $l$  мол карбон ( $0,012 \frac{\text{кг}}{\text{мол}}$ )-ро ба массаи атоми карбон тақсим кардан лозим аст:

$$N_A = \frac{0,012 \frac{\text{кг}}{\text{мол}}}{m_{oc}} = \frac{0,012 \frac{\text{кг}}{\text{мол}}}{1,995 \cdot 10^{-26} \text{кг}} \approx 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{мол}}.$$

Барои шумораи молҳои моддаро  $\nu$  муайян намудан шумораи умумии молекулаҳои онро ( $N$ ) ба адади Авогадро  $N_A$  тақсим мекунанд:

$$\nu = \frac{N}{N_A}. \quad (6.3.1)$$

Авогадро инчунин муайян кардааст, ки моли ҳамаи моддаҳо дар шароити муътадил ҳаҷми якхеларо ишғол менамоянд ва ба  $22,4 \cdot 10^{-3} \text{м}^3$  баробар мебошад. Дар қатори мол аз киломол низ истифода мебаранд:

$$1 \text{кмол} = 10^3 \text{мол}.$$

Дар физикаи молекулаи дар қатори массаи нисбии молекулаи  $M$ , бештар аз массаи молӣ  $\mu$  истифода мебаранд. Массаи молӣ ба массаи  $l$  мол модда баробар аст, ки онро ҳамчун ҳосили зарби массаи як молекулаи моддаи додашуда  $m_0$  бар адади Авогадро муайян кардан мумкин аст:

$$\mu = m_0 N_A. \quad (6.3.2)$$

Массаи молӣ моддаҳо ва қиматҳои гуногун дошта, ҳамеша шумораи якхелаи молекулаҳо дорад. Массаи атом  $m_a$  ҳамчун нисбати массаи атомии моддаи додашуда  $A$  бар адади Авогадро  $N_A$  муайян карда мешавад:

$$m_a = \frac{A}{N_A}. \quad (6.3.3)$$

Массаи ҷисми дилхоҳ  $m$  ба ҳосили зарби массаи як молекула  $m_0$  бар шумораи умумии молекулаҳои ҷисм  $N$  баробар аст:

$$m = m_0 N. \quad (6.3.4)$$

Дар формулаи (6. 3. 1)  $N_A$  ва  $N$ -ро аз ифодаҳои (6. 3. 2) ва (6. 3. 4) иваз намуда, барои миқдори модда ифодаи зеринро ҳосил менамоем:

$$\nu = \frac{m}{\mu} . \quad (6.3.5)$$

Яъне, миқдори модда ба нисбати массаи он бар массаи молиаш баробар мебошад.

Адади умумии молекулаҳо дар моддаи дилхоҳи массааш  $m$  ва массаи молиаш  $\mu$  мувофиқи формулаҳои (6.3.1) ва (6.3.5) баробар аст:

$$N = \nu N_A = N_A \frac{m}{\mu} . \quad (6.3.6)$$

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. *Миқдори модда гуфта чиро меноманд?*
2. *Як мол чӣ гуна миқдори модда мебошад?*
3. *Адади Авогадро гуфта чиро меноманд?*
4. *Массаи молӣ гуфта чиро меноманд ва он чӣ тавр муайян карда мешавад?*
5. *Шумораи молекулаҳоро доништа массаи моддаро чӣ тавр муайян намудан мумкин аст?*
6. *Шумораи молҳои модда чӣ тавр муайян карда мешавад?*
7. *Шумораи молекулаҳо бо шумораи молҳо чӣ гуна алоқамандӣ дорад?*

## 6.4. ҚУВВАҲОИ ТАЪСИРИ МУТАҚОБИЛИ МОЛЕКУЛАҲО

Дар байни молекулаҳо қувваи таъсири байни молекули мавҷуд мебошад. Қувваҳои таъсири байни молекули аз қувваҳои теладиҳӣ ва ҷозиба иборат мебошанд. Мавҷудияти қувваи таъсири байниҳамдигарии атомию молекулиро ба осонӣ фаҳмидан мумкин аст. Масалан, ба мо шикастани чисмҳои саҳт хеле душвор аст. Ин аз мавҷудияти қувваҳои таъсири байни молекули шаҳодат медиҳад. Агар дар байни молекулаҳо қувваи ҷозиба мавҷуд набошад, он гоҳ ҳамаи чисмҳо дар шароити дилхоҳ дар ҳолати газӣ мешаванд.

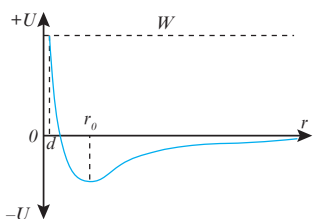
Танҳо мавҷудияти қувваи ҷозибаи байни молекули мавҷудияти системаҳои устувори атомию молекулиро ташкил дода наметавонад. Дар масофаҳои хеле кӯтоҳ дар байни молекулаҳо қувваҳои теладиҳӣ таъсир менамояд.

Тавассути ин қувваҳо молекулаҳо ба ҳамдигар дохил намегарданд ва ҷисмҳо то ҳаҷмҳои молекули фишурда намешаванд.

Чӣ тавр ба амал омадани таъсири мутақобили молекулаҳо дида мебароем. Молекулаҳо аз атомҳо ва атомҳо аз ядро мусбатзаряддор ва электронҳои манфизаряддор иборат мебошад. Гарчанде ки молекулаҳо аз ҷиҳати электрикӣ нейтрал бошанд ҳам, дар масофаҳои кӯтоҳ дар байни онҳо қувваи электрикӣ таъсир менамояд, таъсири мутақобили электронҳо ва ядро молекулаҳои ҳамсоя ба амал меояд.

Дар масофаҳои аз андозаи молекулаҳо якчанд маротиба калон қувваи таъсири мутақобил ба амал намеояд. Қувваҳои байни молекулаҳои аз ҷиҳати электрикӣ нейтрал кӯтоҳтаъсиранд.

Дар масофаҳои аз 2-3 диаметри молекулаҳо қувваи ҷозиба калонтар таъсир менамояд.



Расми 6.4.1

Бо камшавии масофаи байни молекулаҳо қувваи ҷозиба дар байни онҳо дар аввал меафзояд ва баъд ба камшавӣ сар мекунад ва ҳангоми масофаи байни молекулаҳо ба суммаи радиуси онҳо баробар гардидан ба сифр баробар мешавад.

Ҳангоми камшавии ояндаи байни молекулаҳо ҷилдҳои электрони атомҳо якдигарро мепошонанд ва дар байни молекулаҳо қувваи теладиҳии афзуншаванда ба амал меояд.

Қувваи теладиҳии байни молекули вобаста ба масофаи байни молекулаҳо нисбат ба қувваҳои ҷозибаи байнимолекулӣ тезтар тағйир меёбад.

Азбаски молекулаҳо байни худ таъсири мутақобил менамоянд, онҳо дорои энергияи потенциали мебошанд. Энергияи потенциалии теладиҳӣ ( $U_1$ ) мусбат ва энергияи потенциалии ҷозиба ( $U_2$ ) манфӣ қабул карда мешавад.

Энергияи потенциалии пурраи системаи аз ду молекула иборат буда аз суммаи энергияи потенциалии мусбати  $U_1$  ва энергияи потенциалии манфии  $U_2$  иборат мебошад.

Дар расми 6.4.1 вобастагии энергияи потенциалии молекулаҳо аз масофаи байни онҳо нишон дода шудааст.

Аз расм дида мешавад, ки дар масофаи калон аз ҳамдигар дар байни молекулаҳо асосан қувваи ҷозиба таъсир менамоянд. Ҳангоми масофаи байни марказҳои молекулаҳо ба  $r_0$  баробар шудан қувваҳои ҷозиба ва телаҳурӣ баробар мешаванд ва энергияи потенциалӣ ба қимати минималӣ соҳиб мешавад. Наздикшавии ояндаи молекулаҳо зиёдшавии қувваи теладиҳиро тезтар ба вучуд меорад ва энергияи потенциалӣ ба соҳаи мусбат гузашта, афзуда меравад. Ба энергияи потенциалӣ молекулаҳо аз ҳисоби энергияи кинетикие, ки то наздикшавӣ доштанд, соҳиб мешаванд. Ҳангоме ки энергияи кинетикии молекулаҳо пурра ба энергияи потенциалӣ табдил меёбад, молекулаҳо аз ҳама зиёдтар ба ҳам наздик мешаванд ва масофаи байни онҳо ба  $d$  баробар мешавад.

Хати  $W$  ин энергияи пурраи системаи аз ду молекула иборат бударо ифода менамояд ва ба суммаи энергияи кинетикии мусбат, энергияи потенциалии мусбат ва манфӣ баробар аст.

Дар ин ҳолат қачии энергияи потенциалӣ ва қувваи теладиҳии байни молекулаҳо боз ҳам тезтар афзуда меравад. Баъди наздикшавии молекулаҳо ба масофаи  $d$ , ки аз суммаи радиуси онҳо калон аст, онҳо дар таҳти таъсири қувваи теладиҳӣ аз ҳам дур мешаванд ва энергияи потенциалии онҳо ба энергияи кинетикӣ табдил меёбад.

Ҳамин тариқ, таъсири мутақобили молекулаҳо дар масофаи муайян аз ҳамдигар ба амал омада, онҳо то ба ҳамдигар расидан наздик шуда наметавонанд.

Назарияи молекули-кинетикии модда хосияти моддаҳоро тавассути сохти молекули доштани онҳо маънидод менамояд.

Моделҳои асосии физикии ин назария маҷмӯи молекулаҳои

ҳаракаткунанда ва байни худ таъсири мутақобилкунанда ба шумор меравад. Ҷойгиршавии байнихамдигарӣ, намуди ҳаракат, таъсири мутақобили молекулаҳои ҳамон як модда аз шароити беруна (ҳарорат, фишор) вобастагии калон дошта, ҳолати агрегатии онро тавсиф медиҳад.

Чор ҳолати агрегатии моддаро (ё фазаҳои) аз ҳамдигар фарқ менамоянд: сахтӣ, моеӣ, газӣ ва плазмавӣ.

*Аз як ҳолати агрегатӣ ба ҳолати дигари агрегатӣ гузаштанро гузариши фазавӣ меноманд.* Ҳолатҳои агрегатии моддаҳо аз таносуби энергияҳои кинетикӣ ва потенциалии молекулаҳои онҳо вобастагӣ дорад.

Ҳангоми гарм кардани қисми сахт энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо, лаппиши онҳо дар вазъияти мувозина-тиашон меафзояд. Афзоиши энергияи кинетикии молекулаҳо ба афзоиши амплитудаи лаппиши онҳо оварда мерасонад.

Дар натиҷа энергияи алоқамандӣ кам гардида молекулаҳо аз як ҳолати мувозинатӣ ба дигараш мегузаранд ва ботартиб ҷойгиршавии молекулаҳо, ки ба панҷараи кристаллии қисмҳои сахт хос буд, вайрон мешавад.

Дар ин маврид гузариши фазавӣ ба амал меояд ва модда аз ҳолати сахтӣ ба ҳолати моеъ мегузарад.

*Ҳангоми энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо бо энергияи потенциалии миёнаи ҷозибии онҳо муқоисашаванда гардидан, модда дар ҳолати моеъ мешавад.*

Парокандашавии нурҳои рентгенӣ, нейтронҳо ва электронҳо дар моеъҳо нишон медиҳанд, ки дар масофаҳои хурд молекулаи моеъҳо бо тартиби муайян ҷойгир шуда, сохти структураи онҳо ба қисмҳои сахт монанд аст, аммо дар масофаҳои ба се ё чор диаметри молекула баробарбуда ин монандӣ нест мешавад. Бинобар ин, бар хилофи қисмҳои сахт дар ҷойгиршавии ҳиссачаҳои моеъҳо тартибнокии наздик ҷой дорад.

Дар асоси таҷрибаҳо муқаррар шудааст, ки бо афзоиши ҳарорат дар моеъҳо тартибнокии ҷойгиршавии молекулаҳои ҳамсоя кам мешавад ва масофаи байни онҳо афзуда, ҷойгиршавии онҳо бетартиб мегардад.

Дар таҳти таъсири қувваҳои беруна (масалан, қувваи вазнинӣ) моеъҳо қорӣ шуда, шакли зарфро соҳиб мегарданд.

Ҳангоми гарм кардани моеъҳо суръати молекулаҳои он чунон меафзоянд, ки барои бартараф кардани қувваҳои қозибаи молекулаи кифоя мекунанд. Дар ин маврид моеъ ба ҳолати бугӣ (газӣ) мегузарад.

***Ҳангоми энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо аз энергияи потенциалии миёнаи онҳо калон гардидан модда дар ҳолати газӣ мешавад.***

Дар фишори атмосферӣ зичии газҳо тахминан 1000 маротиба аз зичии моеъҳо хурд мебошад.

Газҳо беохир васеъ шуда метавонанд, чунки қувваи қозибаи байни молекулаҳои он хеле кам мебошад.

Газҳо нисбат ба моеъҳо ва ҷисмҳои сахт фишурдашавии калон доранд. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки дар газҳо фазои байнимолекулавии калон мавҷуд мебошад.

Ҳангоми фишурдани газ масофаи байни молекулаҳои он хурд мегардад, аммо қувваи таладиҳии байни молекулави дар ин масофаҳо он қадар калон нест ва онҳо ба фишурдашавии газ монев намешаванд.

Ҳангоми газро гарм намудан суръати ҳаракати молекулаҳо ва мувофиқан энергияи кинетикии онҳо меафзоянд. Молекулаҳои газ ба энергияи кинетикии калон соҳиб гардида, ҳангоми бархӯрӣ аз атомҳои молекулаҳои ҳамсоя электронҳои валентиро зада мебароранд. Дар ин маврид атоми электронгумкарда ба иони мусбат табдил меёбад ва дар газ ионҳо ба вучуд меоянд.

***Протсессии аз атомҳо ҳосил гардидани ионҳоро, ионизатсияи газ меноманд.***

Дар натиҷаи ионизатсия дар газ зарраҳои заряддор (электронҳо, ионҳо) пайдо мешаванд.

Заряди электрикии пурраи газ дар натиҷаи ионизатсия тағйир намеёбад, чунки суммаи заряди ионҳои мусбат модулан ба суммаи зарядҳои электронҳои манфизаряддор баробар аст.

Тағйироти сифатии таркиби газ ба ҳолати нави агрегатӣ-плазма оварда мерасонад.



### ***Плазма маҷмӯи аз ҷиҳати электрикӣ нейтралӣ зарраҳои нейтрал ва заряддор мебошад.***

Яъне, ҳолати газро дар мавриди аз атомҳои нейтрал, ионҳо ва электронҳо иборат бударо плазма меноманд. Ба таври дигар гази қисман ё пурраи ионизатсияшударо плазма меноманд. Плазми аз атомҳои нейтрал, ионҳо ва электронҳо иборатбударо сетакиба меноманд.

Плазми реалӣ бисёртаркиба мебошад. Он аз атомҳо ва молекулаҳои асосан дар ҳолати бедоршуда буда, аз ионҳои мусбат ва манфӣ, электрон ва фотонҳо иборат аст.

Афканишоти интенсивноки сутуни плазмавӣ дар разряди электрикии дар атмосфераи Замин баамалоянда ҳангоми раъду барқ ва фарчи шимолӣ ба амал меояд.

Афканишоти плазмаро ҳангоми таъсиси манбаъҳои сунъии рӯшноӣ лампаҳои люминесценсионӣ, симобӣ, натрийгӣ ва лазерҳо истифода мебаранд. 99,9%-и модда дар кайҳон дар ҳолати плазмавӣ мавҷуд аст.

Маҷмӯи бузурги плазмавӣ туманнокӣҳо, ситораҳо, аз он ҷумла Офтоб ба шумор мераванд.

Ҳамин тариқ, маълум гардид, ки дар ҳолатҳои агрегатии гуногун будани моддаҳо ба сохти молекулии онҳо вобастагӣ дорад.

### **САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР**

- 1. Дар байни молекулаҳои модда чӣ гуна қувваҳо таъсир менамоянд?*
- 2. Дар байни молекулаҳои модда кадом вақт қувваи ҷозиба ва кадом вақт қувваи теладиҳӣ таъсир менамояд?*
- 3. Графики вобастагии энергияи потенциалии байни молекулаҳои моддаро вобаста ба масофаи байни онҳо кашиде маънидод намоед.*
- 4. Моддаҳо дар чанд ҳолати агрегатӣ мавҷуд буда метавонанд?*
- 5. Ҳангоми гузариши фазавӣ дар модда чӣ гуна тағйирот ба амал меояд?*
- 6. Дар кадом шароит модда дар ҳолати сахтӣ буда метавонад?*
- 7. Дар кадом шароит ҳолати моеӣ ба вуҷуд меояд?*
- 8. Дар кадом шароит модда дар ҳолати газӣ буда метавонад?*
- 9. Плазма гуфта чиро меноманд?*
- 10. Плазми сетакиба аз чӣ иборат аст? Доир ба ҳолати плазма мисолҳо биёред.*

## 6.5. МУОДИЛАИ АСОСИИ НАЗАРИЯИ МОЛЕКУЛӢ-КИНЕТИКИИ ГАЗҶОИ ИДЕАЛӢ

Барои маънидоди хосиятҳои газҳо аз мафҳуми гази идеалӣ истифода мебаранд.

Мафҳуми гази идеалӣ барои гази тунуккардашуда дуруст мебошад.

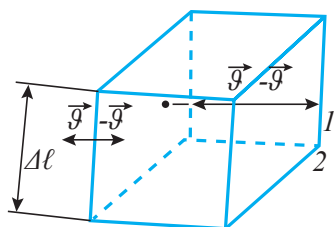
Барои гази тунуккардашуда масофаи байни молекулаҳо аз андозаи онҳо хеле калон мебошад. Дар ин маврид таъсири мутақобили молекулаҳо хеле кам ва энергияи кинетикии молекулаҳо аз энергияи потенциалии онҳо хеле калон аст. Молекулаҳои гази дар зарф бударо ҳамчун сакқоҳои сахти хеле хурди ҳаракати хаотикӣ кунандаи байни худ ва деворҳои зарф бархӯранда дида баромадан мумкин аст.

Дар ин маврид зарбаи молекулаҳо байни худ ва деворҳои зарф мутлақ чандир ҳисоб карда мешавад.

Азбаски барои гази тунуккардашуда ҳаҷми он хеле калон аст, ҳаҷми хусусии молекулаҳо хеле ночиз мебошад, бинобар ин ҳангоми ҳисобкуниҳо ҳаҷми хусусии молекулаҳоро ба эътибор нагирифтани мумкин аст.

*Газе, ки дар он қувваи таъсири мутақобил молекулаҳо ва ҳаҷми хоси онҳо ба эътибор гарифта намешавад, гази идеалӣ номида мешавад.* Дар асоси модели гази идеалӣ хосияти газҳо хеле хуб маънидод карда мешавад. Ҳамаи газҳои реалии тунуккардашударо ҳамчун гази идеалӣ дида баромадан мумкин аст.

Модели гази идеалиро истифода бурда, дар асоси назарияи молекулӣ-кинетикӣ фишори ба деворҳои зарф овардаи газро ҳисоб менамоем. *Зарбаи молекулаҳо ба деворҳои зарф фишори газро ба вуҷуд меорад.*



*Расми 6.5.1*

Барои ин зарфи шаклаш кубмонанди рӯяхояш  $\Delta \ell$  -ро, ки як мол газ дорад, дида мебароем (расми 6.5.1).

Ҳаракати яке аз молекулаҳои

газро, ки массаи  $m$  дорад, меомӯзем. Ҳангоми ба девори зарф бо суръати  $\mathcal{V}$  бархӯрдани молекула, он ба девори зарф импульс  $m\mathcal{V}$  медиҳад ва аз он бо суръати  $\mathcal{V}$  дур шуда, ба импульси  $-m\mathcal{V}$  соҳиб мегардад.

Мувофиқи қонуни дуҷоми Нютон тағйирёбии импульси ҷисм ба импульси қувва баробар аст:

$$f\Delta t = m\mathcal{V} - (-m\mathcal{V}) = 2m\mathcal{V}, \quad (6.5.1)$$

дар ин ҷо  $\Delta t$  – фосилаи вақти байни ду зарбаи пайдарпайи молекула,  $f$  – қувваи таъсири мутақобили молекула бо девори зарф мебошад.

Фосилаи вақти ду зарбаи пайдарпайи молекула бо девори зарф ин тавр муайян карда мешавад:

$$\Delta t = \frac{2\Delta\ell}{\mathcal{V}}. \quad (6.5.2)$$

Аз ифодаҳои (6.5.1) ва (6.5.2) ҳосил мекунем:

$$f = \frac{m\mathcal{V}^2}{\Delta\ell}, \quad (6.5.3)$$

Азбаски дар газ молекулаҳо бо суръатҳои гуногун  $\mathcal{V}_1, \mathcal{V}_2, \mathcal{V}_3, \dots, \mathcal{V}_{N_A}$ , моликанд ва тағйироти умумии импульсро зарбаи ҳамаи молекулаҳо ба рӯяҳои куб ба вучуд меоранд, бинобар он қимати миёнаи қувваи таъсири молекулаҳо ба рӯяҳои куб ба эътибор гирифта, ифодаи (6.5.3)-ро ин тавр менависем:

$$f = \frac{mN_A}{\Delta\ell} \left( \frac{\mathcal{V}_1^2 + \mathcal{V}_2^2 + \dots + \mathcal{V}_{N_A}^2}{N_A} \right), \quad (6.5.4)$$

дар ин ҷо  $N_A$  адади Авогадро мебошад.

Баробарии (6.5.4)-ро ба намуди зерин ифода мекунем:

$$f = \frac{N_A}{\Delta\ell} \cdot m \bar{\mathcal{V}}^2, \quad (6.5.5)$$

дар ин ҷо  $\bar{\mathcal{V}}^2 = \frac{\mathcal{V}_1^2 + \mathcal{V}_2^2 + \mathcal{V}_3^2 + \dots + \mathcal{V}_{N_A}^2}{N_A}$  қимати миёнаи

квадрати суръатҳо номида мешавад.

Ҳар ду тарафи ифодаи (6.5.5)-ро ба  $\Delta\ell^2$  тақсим намуда ҳосил менамоем:

$$\frac{f}{\Delta\ell^2} = \frac{N_A}{\Delta\ell^3} m \bar{g}^2, \quad (6.5.6)$$

дар ин ҷо  $\Delta\ell^2 = S$  ва  $\Delta\ell^3 = V$  мувофиқан масоҳати сатҳи рӯя ва ҳаҷми куб мебошад.

Дар баробарии (6.5.6)  $P = f/S$  фишори молекулаҳоро ба деворҳои зарф ва  $n_0 = N_A/V$  шумораи молекулаҳоро дар воҳиди ҳаҷми газ ифода мекунанд, бинобар он онро чунин навиштан мумкин аст:

$$P = n_0 m \bar{g}^2. \quad (6.5.7)$$

Мувофиқи назарияи молекулӣ-кинетикӣ барои молекулаҳо ҳамаи самтҳои ҳаракат баробарқувва буда, эҳтимолияти якхела дорад.

Аз шумораи умумии молекулаҳо  $1/3$  ҳиссаи онҳо ба тарафи рости чап ҳаракат мекунанд, бинобар ин баробарии (6.5.7)-ро ба намуди зайл менависем:

$$P = \frac{1}{3} n_0 m \bar{g}^2. \quad (6.5.8)$$

Баробарии (6.5.8) муодилаи асосии назарияи молекулӣ-кинетикӣи гази идеалӣ номида мешавад.

***Мувофиқи ин муодила фишори газ ба шумораи молекулаҳо дар воҳиди ҳаҷми газ мутаносиб мебошад.***

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Гази идеалӣ гуфта чӣ гуна газро меноманд?
2. Қимати миёнаи квадрати суръатҳо гуфта чиро меноманд?
3. Муодилаи асосии назарияи молекулӣ-кинетикӣи гази идеалиро навишта маънидод намоед.
4. Баамалои фишори газро фаҳмонед.

## 6.6. РОБИТАИ БАЙНИ ФИШОР ВА ЭНЕРГИЯИ КИНЕТИКИИ МОЛЕКУЛАҲОИ ГАЗИ ИДЕАЛӢ

Тарафи рости баробарии (6.5.8)-ро ба 2 зарб ва тақсим менамоем:

$$P = \frac{2}{3} n_0 \bar{E}_k, \quad (6.6.1)$$

дар ин ҷо  $\bar{E}_k$  энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати пешравандаи молекулаҳо аст.

*Яъне, фишоре, ки молекулаҳои газ ба деворҳои зарф ба амал меоранд, ба қимати миёнаи энергияи кинетикии онҳо мутаносиб мебошад.*

Ҳар ду тарафи баробарии (6.6.1)-ро ба ҳаҷми як мол газ  $V_0$  зарб мезанем:

$$PV_0 = \frac{2}{3} n_0 V_0 \bar{E}_k.$$

Дар ин ҷо  $n_0 V_0 = N_A$  адади Авогадро мебошад.

Бинобар он навиштан мумкин аст:

$$PV_0 = \frac{2}{3} N_A \bar{E}_k. \quad (6.6.2)$$

Мувофиқи муодилаи ҳолати газии идеалӣ  $PV_0 = RT$  аст. Аз баробарии (6.6.2) ҳосил менамоем:

$$E_k = \frac{3}{2} \frac{R}{N_A} T,$$

дар ин ҷо  $\frac{R}{N_A} = k$ - собити Болсман ном дорад. Ҳамин тавр, барои энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои газ ифодаи зерин ҳосил мегардад:

$$E_k = \frac{3}{2} kT. \quad (6.6.3)$$

*Яъне, энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо ба ҳарорати газ мутаносиби рости мебошад.*

Мувофиқи формулаи (6.6.3) бо пастшавии ҳарорати газ энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо хурд мегардад ва ҳангоми  $T = 0$  будан ба сифр баробар мешавад. Сифри мутлақ чунин ҳарорате мебошад, ки дар он ҳаракати пешравандаи молекулаҳо қатъ мегардад. Бояд қайд кард, ки дар ҳарорати

сифри мутлақ дигар намудҳои ҳаракати молекулаҳо нигоҳ дошта мешаванд. Масалан, электронҳои озод дар металлҳо, ки электрогузаронии онҳоро ба вуҷуд меоранд, дар сифри мутлақ ҳарорат ҳам ҳаракаташонро давом медиҳанд.

Мувофиқи назарияи квантӣ ҳиссачаҳое, ки аз онҳо кристаллҳо ташкил ёфтаанд, дар сифри мутлақ дорои энергияи ҳаракати лаппишноқ мебошанд, ки онро энергияи сифри меноманд.

Дар термодинамика исбот карда шудааст, ки сифри мутлақ ҳосилнашаванда мебошад (қонуни сеюми термодинамика). Аз система гирифтани ҳамаи энергияи ҳароратӣ имконнопазир аст, аммо ҳарорати ба сифри мутлақ наздикро ҳосил кардан мумкин аст. Дар замони ҳозира бо усулҳои хеле мураккаб ҳарорати  $0,0001K$  ҳосил карда шудааст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо гуфта чиро меноманд?
2. Фишори газ ба энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо чӣ гуна вобастагӣ дорад? Ин вобастагӣ ба шакли риёзӣ чӣ гуна ифода мешавад?
3. Энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо ба ҳарорат чӣ гуна алоқамандӣ дорад?
4. Сифри мутлақ чӣ гуна ҳарорат мебошад?

## 6.7. МУВОЗИНАТИ ҲАРОРАТӢ. ҲАРОРАТ ВА ЧЕНКУНИИ ОН

Барои тавсифи протессҳо дар газҳо ва ҷисмҳои дигари макроскопӣ аз бузургиҳои махсуси физикӣ фишор, ҳаҷм ва ҳарорат истифода мебаранд. Масалан, гази массааш маълум ҳаҷми муайянро ишғол менамояд ва фишору ҳарорати муайян дорад. Фишору ҳаҷм бузургиҳои механикӣ буда, ҳолати газро менависанд.

Ҳарорат бошад, бузургии ғайримеханикӣ буда, ҳолати дохилии моддаро тавсиф менамояд.

***Бузургиҳои физикӣ, ки бе ба эътиборгирии сохти молекулавию ҷисмҳо ҳолати ҷисмҳои макроскопиро тавсиф менамоянд, параметрҳои макроскопӣ номида мешаванд.***

Дар таълимоти ҳодисаҳои ҳароратӣ ҷойи марказиро фаҳмиши ҳарорат ишғол менамояд. Мо фарқи ҷисмҳои хунук ва гармро хеле хуб медонем. Дастӣ худро ба ҷисмҳои гарм расонида, муайян менамоем, ки кадоме аз ҷисмҳои ҳарорати баланд дорад.

Бо баланд шудани ҳарорат суръати ҳаракати молекулаҳо меафзояд, бо пастшавии он суст мешавад.

Ҳамин тариқ, ҳарорати ҷисм аз суръати ҳаракати молекулаҳо вобастагӣ дорад. Оби гарм низ аз ҳамон молекулаҳо, ки оби хунук дорад, иборат мебошад. Фарқи байни онҳо дар он аст, ки молекулаҳои оби гарм суръати калонтар доранд.

***Ҳодисаҳо, ки бо гармшавӣ ё хунукшавии ҷисм, тағйирёбии ҳарорати он вобастаанд, ҳодисаҳои ҳароратӣ номида мешаванд.*** Ба ҳодисаҳои ҳароратӣ гармшавӣ ва хунукшавии ҳаво, гудохташавии ях, гудохташавии металлҳо ва ғайраҳо дохил мешаванд.

***Ҳаракати зарраҳо, ки аз он моддаҳо таъшиқ ёфтаанд, ҳаракати ҳароратӣ номида мешавад.***

Ҳарорати ҷисмҳо бо энергияи кинетикии миёнаи молекулаи онҳо робитаи зич дорад. Чи қадаре ки ҳарорати ҷисм баланд бошад, энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои он зиёд мегардад.

Барои чен намудани ҳарорат аз термометрҳои гуногун истифода мебаранд. Сохти термометрҳо ба тағйирёбии ҳаҷм ва дигар хосияти ҷисмҳо вобаста ба ҳарорат асос қарда шудааст.

Барои чен намудани ҳарорати бадани одам термометри тиббиро дар таги каш 5-8 дақиқа нигоҳ медоранд. Дар ин муддат симоби он гарм шуда, сутуни он баланд мешавад. Аз рӯйи дарозии сутуни симоб ҳарорати бадани одам муайян қарда мешавад.

Ягон термометр якбора ҳарорати ҷисми ба он расонидашударо дарҳол нишон наметаҳад.

Барои он ки ҳарорати термометр бо ҳарорати ҷисм баробар шавад ва дар байни ҷисмҳо мувозинати ҳароратӣ муқаррар гардад, вақти муайян лозим аст.

Ҳангоми мувозинати ҳароратӣ ҳарорати ҷисмҳо тағйир намеёбад. Мувозинати ҳароратӣ бо гузаштани вақт дар байни ҷисмҳои ҳарорати гуногундошта муқаррар мегардад.

Агар ба стакани обдор пораи яхро андозем, то пурра гудохта шудани ях ҳарорати об паст ва баъд баланд мегардад.

Ҳамин ки ҳарорати стакани обдор ба ҳарорати муҳити иҳотақунанда баробар гардид, дигар тағйироти ҳарорат ба амал намеояд.

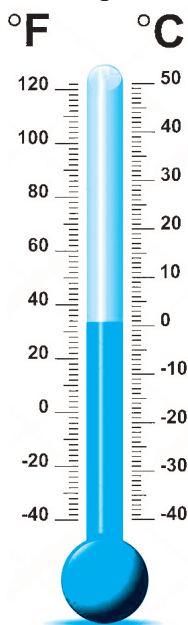
Ҷисми макроскопии дилхоҳ ё гуруҳи ҷисмҳои макроскопӣ дар ҳолати бетағйир будани шароити берунӣ худ аз худ ба ҳолати мувозинати ҳароратӣ мегузарад.

*Ҳолати мувозинати ҳароратӣ гуфта чунин ҳолатеро меноманд, ки дар он параметрҳои макроскопӣ мuddати дурудароз тағйир намеёбанд.*

*Ҳарорат ҳолати мувозинати ҳарорати системаҳои макроскопӣ ва интензивнокии ҳаракати ҳарорати зарраҳои онро тавсиф менамояд: ҳамаи ҷисмҳои системаи дар мувозинатӣ буда ҳарорати яхела доранд.*

Дар байни ҷисмҳои ҳарорати яхеладоста мубодилаи гармӣ ба амал намеояд. Агар ҷисмҳо ҳарорати гуногун дошта бошанд, ҳангоми алоқаманд кардани онҳо дар байни онҳо мубодилаи энергия ба амал меояд, ҷисми ҳарораташ баланд ба ҷисми ҳарораташ паст энергия медиҳад.

Аксар вақт дар амалия барои чен кардани ҳарорат тағйирёбии ҳаҷми симоб ё спиртро аз ҳарорат истифода мекунанд. Барои дараҷабандии термометрҳо одатан ба сифати ибтидои ҳисобкунӣ ҳарорати гудозиши ях ( $0^{\circ}\text{C}$ ) ва ба сифати нуқтаи дуҷуми доимӣ ҳарорати ҷӯшиши об ( $100^{\circ}\text{C}$ ) дар фишори атмосферӣ (шкалаи селсиягӣ) қабул карда мешавад. Шкалаи байни  $0^{\circ}\text{C}$  ва  $100^{\circ}\text{C}$ -ро ба 100 хиссаи баробар тақсим менамоянд ва ҳар як тақсимот ба градус мувофиқ меояд (расми



Расми 6.7.1



6.7.1). Қойивазкунии сутуни моеъ ба як тақсимот тағйирёбии ҳароратро ба  $1^{\circ}\text{C}$  нишон медиҳад.

Акнун муқаррар менамоем, ки ҳарорат ба кадом бузургии физикӣ вобастагӣ дорад.

Аз формулаи (6.6.3):

$$T = \frac{2}{3k} \bar{E}_k.$$

Ҳамин тариқ, ҳарорат тавсифи физикии ҳолати модда буда, бо энергияи кинетикии миёнаи ҳаракати молекулаҳои модда муайян карда мешавад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Параметрҳои макроскопӣ гуфта чиро меноманд?
2. Ҳодисаҳои ҳароратиро маънидод намоед.
3. Мувозинати ҳароратӣ гуфта чиро меноманд?
4. Ҳарорати ҷисм чиро тавсиф медиҳад?
5. Термометрҳо чӣ гуна асбобанд?
6. Амали кори термометрҳо ба чӣ асос карда шудааст?
7. Чӣ гуна шкалаи ҳароратиро шкалаи селсиягӣ меноманд?
8. Ҳарорат бо кадом бузургиҳои физикӣ алоқамандӣ дорад?

## 6.8. ШКАЛАИ ҲАРОРАТИ МУТЛАҚ

Ғайр аз шкалаи ҳарорати селсиягӣ ва шкалаи ҳарорати гази идеалӣ дар амалия аз шкалаи ҳарорати мутлақ низ истифода мебаранд.

Шкалаи ҳарорати мутлақро олими англис У. Келвин (1824-1907) муқаррар намудааст. Ба ҳарорати сифрии шкалаи ҳарорати мутлақ, ки шкалаи ҳарорати Келвин низ меноманд, нули мутлақ мувофиқ меояд ва ҳар як воҳиди ҳарорат дар ин шкала ба градуси шкалаи ҳарорати селсиягӣ баробар мебошад. Воҳиди ҳарорати мутлақ дар системаи байналхалқии воҳидҳо (СИ) келвин (1 К) номида мешавад. 1К ба  $1^{\circ}\text{C}$  мувофиқ меояд. Дар байни ҳарорати мутлақ  $T$  ва ҳарорати селсиягӣ  $t$  чунин алоқамандӣ мавҷуд мебошад:



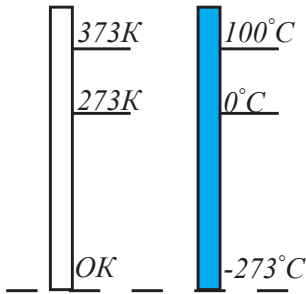
У. Келвин

$$T = t + 273. \quad (6.8.1)$$

Яъне, қимати дилхохи ҳарорати мутлақ аз қимати ҳарорати селсиягӣ ба 273 воҳид зиёд мебошад. Дар ҳар ду шкалаҳо тағйироти ҳарорат баробар аст:

$$\Delta T = \Delta t.$$

Дар расми 6.8.1 барои муқоиса шкалаҳои ҳарорати мутлақ ва ҳарорати селсиягӣ нишон дода шудаанд.



**Расми 6.8.1**

Аз муқоисаи ин шкалаҳо дида мешавад, ки  $OK$  ба  $-273^\circ C$ ,  $273K$  ба  $0^\circ C$  ва  $373K$  ба  $100^\circ C$  мувофиқ меояд. Аз формулаи (6. 8.1) истифода бурда, аз шкалаи селсиягӣ ба келвинӣ гузаштан мумкин аст. Масалан, агар ҳарорати хона дар шкалаи селсиягӣ ба  $20^\circ C$  баробар бошад, он гоҳ ин ҳарорат дар шкалаи келвинӣ баробар мешавад:

$$T = 20^\circ C + 273K = 293K.$$

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Шкалаи ҳарорати мутлақро кӣ муқаррар намудааст?
2. Дар шкалаи ҳарорати мутлақ ба сифати воҳиди ҳарорат чӣ қабул карда шудааст?
3. Дар байни ҳарорати мутлақ ва селсиягӣ чӣ гуна алоқамандӣ мавҷуд аст?
4. Сифри мутлақ ба чанд градуси селсиягӣ мувофиқ меояд?
5.  $27^\circ C$  ба чанд градус Келвин мувофиқ меояд?

## 6.9. СУРЪАТИ МОЛЕКУЛАҲОИ ГАЗ

Бузургии  $\bar{g}^2 = \frac{g_1^2 + g_2^2 + g_3^2 + \dots + g_N^2}{N}$ -ро қимати миёнаи квадрати суръати молекулаҳо меноманд. Решаи квадратӣ аз ин бузургиро суръати миёнаи квадрати молекулаҳо меноманд:

$$\sqrt{\bar{g}^2} = \sqrt{\frac{g_1^2 + g_2^2 + g_3^2 + \dots + g_N^2}{N}}, \quad (6.9.1)$$

Дар ин ҷо  $N$  – шумораи молекулаҳо мебошад. Ғайр аз суръати миёнаи квадратӣ, инчунин аз суръати миёнаи арифметикӣ истифода мебаранд:

$$\bar{g}_{ap} = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + \dots + g_N}{N}. \quad (6.9.2)$$

Бояд қайд кард, ки квадрати суръати миёнаи квадратӣ аз квадрати суръати миёнаи арифметикӣ фарқ дорад.

Агар талаб карда шавад, ки дар асоси қимати миёнаи суръати молекулаҳо энергияи кинетикии миёнаи гурӯҳи молекулаҳо муайян карда шавад, он гоҳ барои ҳосил кардани ҷавоби дуруст аз суръати миёнаи квадратӣ истифода бурдан зарур аст:

$$E_k = \frac{m \bar{g}^2}{2}. \quad (6.9.3)$$

Аз баробарии (6.9.3) бо назардошти ифодаи  $\bar{E}_k = \frac{3}{2} \kappa T$  барои суръати миёнаи квадратии молекулаҳо ифодаи зеринро ҳосил менамоем:

$$g = \sqrt{\frac{3\kappa T}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{mN_A}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}. \quad (6.9.4)$$

Яъне, суръати миёнаи квадратии молекулаҳо ба решаи квадратӣ аз ҳарорати газ мутаносиби роста буда, ба массаи молии он мутаносиби чаппа мебошад.

Суръати миёнаи арифметикийи молекулаҳо бо формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$\bar{g}_{ap} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}. \quad (6.9.5)$$

Суръати миёнаи арифметикӣ низ ба решаи квадратӣ аз ҳарорати газ мутаносиби роста буда, ба массаи молии газ мутаносиби чаппа мебошад.

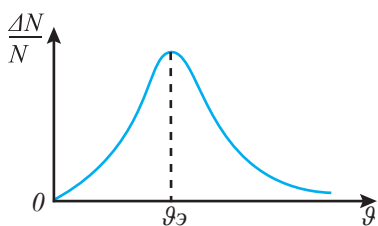
Дар натиҷаи ба ҳамдигар ва ба деворҳои зарф бархӯрдан молекулаҳои газ хаотикӣ ҳаракат мекунанд ва аз рӯи самти ҳаракаташон мунтазам тақсим мешаванд. Суръати молекулаҳо аз қиматҳои хурд то қиматҳои калон тағйир меёбад.

Ҳангоми даккаҳӯрӣ суръати молекулаҳо чӣ гунае, ки тағйир наёбад, квадрати суръати миёнаи молекулаҳо  $\bar{v}^2$  бо массаи  $m$  дар газе, ки дар ҳолати мувозинати ҳароратӣ қарор дорад, бузургии собит мондан мегирад.

Ин бо он маънидод карда мешавад, ки барои газе, ки дар ҳолати мувозинатӣ аст, чунин тақсимои молекулаҳо вобаста ба суръаташон барқарор мегардад, ки он бо гузаштани вақт тағйир наёфта ба қонуни муайяни статистикӣ итоат мекунад. Ин қонунро ба таври назариявӣ Максвелл муқаррар намуд ва Пирогов Н. Н. ба таври қатъӣ асоснок карда, худудҳои татбиқи онро муайян намуда ба газҳои бисёратома истифода бурд.

Қонуни Максвелл доир ба тақсимои суръати молекулаҳо ба саволи зерин ҷавоб медиҳад: кадом миқдори молекулаҳои газ бо суръатҳои дар худудҳои  $v$  ва  $v+\Delta v$  ҳобанда ҳаракат мекунад?

Қонуни Максвелл ба шакли графикӣ дар расми 6.9.1 нишон дода шудааст.



Расми 6.9.1

Дар ин график дар тири абссисса модули суръати молекулаҳо, дар тири ординат ҳиссаи молекулаҳо, ки суръаташон дар худудҳои  $v$  ва  $v+\Delta v$  ҳобандаи газ нисбат ба шумораи умумии онҳо  $N$

гузошта шудааст. Аз расми 6.9.1 дида мешавад, ки қачии тақсимои Максвелл доир ба суръати молекулаҳо аз сари координата гузашта ба таври ассимптотикӣ дар суръатҳои калон ба тири абссисса наздик мешавад ва максимум дорад, ки нисбат ба он ассиметрӣ мебошад.

Аз сари координатаҳо гузаштани қачии тақсимои Максвелл чунин маъно дорад, ки дар газ молекулаҳои ором нест. Ба таври ассимптотикӣ дар суръатҳои калон ба тири абссисса наздик шудани қачии тақсимои Максвелл чунин маъно дорад, ки суръати хеле калон доштани молекулаҳо эҳтимолияти кам дорад.

Суръате, ки ба максимуми қачии тақсимои Максвелл мувофиқ меояд, суръати эҳтимолтарин  $v_0$  номида мешавад.

Максимум доштани қачии тақсимои Максвелл чунин маъно дорад, ки аксарияти молекулаҳои газ бо суръати эҳтимолтарин ҳаракат мекунад.

Суръати эҳтимолтарини молекулаҳои газ  $v_0$  аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$v_0 = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}. \quad (6.9.6)$$

Аз формулаи (6.9.6) дида мешавад, ки суръати эҳтимолтарини молекулаҳои газ низ ба решаи квадратӣ аз ҳарорати газ мутаносиби роста буда, ба массаи молии он мутаносиби чаппа мебошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Суръати миёнаи квадратӣ гуфта чиро меноманд?
2. Суръати миёнаи арифметикӣ чӣ гуна суръат мебошад? Аз кадом формула муайян карда мешавад?
3. Суръати миёнаи квадратӣ ба кадом бузургиҳо вобастагӣ дорад?
4. Аз қонуни Максвелл чиро муайян кардан мумкин аст?
5. Қонуни Максвеллро ба таври графикӣ кашида маънидод намоед.
6. Суръати эҳтимолтарини молекулаҳо гуфта чиро меноманд ва он аз кадом формула муайян карда мешавад?
7. Аз формулаҳои (6.9.4)-(6.9.6) барои гази гидроген дар ҳарорати 300K суръати миёнаи квадратии молекулаҳо, суръати миёнаи арифметикии молекулаҳо ва суръати эҳтимолтарини молекулаҳоро ҳисоб намуда, ҳулосаи худро баён намоед.

## 6.10. МУОДИЛАИ ҲОЛАТИ ГАЗИ ИДЕАЛӢ

Моддаҳо дар ҳолатҳои гуногун ба хосиятҳои гуногун соҳиб мебошанд. Масалан, гази дар таҳти фишори паст буда, аз гази фишурдашуда ё газ дар ҳарорати паст аз гази тафсон бо хосиятҳои худ фарқ мекунад. Маълум мешавад, ки ҳолати моддаҳо ба бузургиҳои макроскопии онро тавсифдиҳанда вобаста мебошанд. Ҳамин тариқ, ҳар як ҳолати модда бо бузургиҳои махсуси физикӣ тавсиф

дода мешавад. Бузургҳои физикие, ки ҳолати моддаро тавсиф менамоянд, параметрҳои ҳолат номида мешаванд. Ба сифати параметрҳои ҳолати модда асосан фишор  $P$ , ҳаҷми модда  $V$  ва ҳарорати он  $T$  қабул карда мешавад. Дар байни параметрҳои ҳолат вобастагии функционалӣ мавҷуд мебошад. Бо тағйирёбии яке аз онҳо дутои дигараш тағйир меёбад.

*Муодилае, ки вобастагии байни параметрҳои ҳолати моддаро муқаррар менамояд, муодилаи ҳолат номида мешавад.*

Муодилаи ҳолати гази идеалиро ҳосил менамоем. Барои ин аз формулаи робитаи фишори газ ва энергияи миёнаи кинетикии молекулаҳои он истифода мебарем:

$$P = \frac{2}{3} n_0 \bar{E}_k. \quad (6.10.1)$$

Аз баробариҳои (6.10.1) ва (6.6.3) ҳосил менамоем:

$$P = n_0 k T. \quad (6.10.2)$$

Муодилаи (6.10.2)-ро ба ҳаҷми 1 мол газ  $V_0$  зарб зада ифодаи зеринро ҳосил мекунем:

$$P V_0 = N_A k T. \quad (6.10.3)$$

Дар ин ҷо  $N_A$  ва  $k$  бузургҳои собитанд, бинобар ин ҳосили зарби онҳоро бо  $R$  ишора менамоем:

$$P V_0 = R T. \quad (6.10.4)$$

Дар ин ҷо  $R$  барои гази дилхоҳ қимати якхела дорад ва собити универсалии газӣ номида мешавад.

Баробарии (6.10.4) муодилаи ҳолати як мол гази идеалӣ буда, муодилаи Клапейрон ном дорад.

Дар шароити муътадил ( $P = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ;  $T = 273 \text{ К}$ ) 1 мол гази дилхоҳ ҳаҷми  $V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$  -ро ишғол менамояд. Ин қиматҳоро ба баробарии (6.10.4) гузошта қимати ададии собити универсалии газиро ҳисоб менамоем:

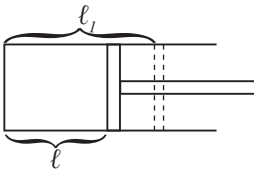
$$R = \frac{P V_0}{T} = \frac{1,01 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{мол}}{273 \text{ К}} = 8,31 \text{ Ҷ} / (\text{мол} \cdot \text{К}).$$

Барои ҳосил намудани муодилаи ҳолати гази идеалии массаи дилхоҳдошта, муодилаи (6.10.3)-ро ба шумораи молҳои газ  $\nu = \frac{m}{\mu}$  зарб задан лозим аст:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT. \quad (6.10.5)$$

Муодилаи (6.10.5)-ро бори нахуст олими бузурги рус Д. И. Менделеев ҳосил намудааст, бинобар ин онро муодилаи Клапейрон-Менделеев меноманд.

Муодилаи Клапейрон-Менделеев вобастагии байни параметрҳои гази идеалӣ – фишор, ҳаҷм ва ҳароратро муқаррар менамояд.



Расми 6.10.1

Маънои физикии собити универсалии газро дида мебароем. Дар цилиндр 1 мол газ мавҷуд аст (расми 6.10.1).

Фишор ва ҳарорати газ мувофиқан ба  $P$  ва  $T$  баробар аст. Балансии ишғолкардаи газ ба  $\ell$  ва масоҳати поршен ба  $S$  баробар мебошад. Агар газро дар фишори собит ба  $1K$  гарм намоем, он васеъ шуда, баландии  $\ell_1$ -ро ишғол менамояд. Дар ин маврид кори васеъшавии газ баробар аст:

$$A = F (\ell_1 - \ell) = P \cdot S (\ell_1 - \ell) = PV_1 - PV = R (T + 1) - RT = R.$$

Ҳамин тариқ, собити универсалии газӣ ададан ба кори васеъшавии 1 мол газ дар фишори собит ҳангоми ба  $1K$  гарм кардан баробар аст.

Қимати ададии собити Болсманро дар системаи байналхалқии воҳидҳо ( $СИ$ ) ҳисоб менамоем:

$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8.31 \text{ Ҷ}/(\text{мол} \cdot \text{К})}{6.02 \cdot 10^{23} 1/\text{мол}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ҷ/К}.$$

Яъне, собити Болсман қимати миёнаи энергияи ҳароратест, ки ҳангоми ба  $1K$  тағйир додани ҳарорати система ба 1 молекула рост меояд.

Собити Болсман яке аз собитҳои муҳими назарияи молекулярӣ-кинетикӣ ба шумор меравад.

Аз баробарии (6.10.2) барои шумораи молекулаҳо дар воҳиди ҳаҷми газ  $n_0$  ҳосил менамоем:

$$n_0 = \frac{P}{kT}. \quad (6.10.7)$$

Қимати  $n_0$ -ро барои шароити муътадил ҳисоб менамоем:

$$n_0 = \frac{1 \cdot 10^5 \text{ Па}}{1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Ҷ/К} \cdot 273 \text{ К}} = 2,7 \cdot 10^{25} \frac{1}{\text{м}^3}.$$

Ин қимат адади Лошмит номида мешавад, яъне дар шароити муътадил дар  $1\text{ м}^3$  газ  $2,7 \cdot 10^{25}$  молекула мавҷуд мебошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Муодилаи ҳолат гуфта чиро меноманд?
2. Муодилаи ҳолати гази идеалӣ ба шакли математикӣ чӣ тавр навишта мешавад?
3. Қимати собити универсалии газиро навишта, маънои физикии онро фаҳмонед.
4. Собити Болсманро ҳисоб намуда маънидод намоед.
5. Чиро адади Лошмит меноманд?
6. Фишори 10 мол гази дар зарфи ҳаҷмиаш 5 литр дар ҳарорати 300 К мавҷуд бударо ҳисоб намоед.

## 6.11. ҚОНУНҲОИ ГАЗИ ИДЕАЛӢ

Аз муодилаи Клапейрон-Менделеев истифода бурда, чараёнҳои дар газ гузарандаро тадқиқ менамоем. Мавридҳоеро дида мебароем, ки дар онҳо массаи газ ва яке аз параметрҳои ҳолати он собит монда дуюми онҳо тағйир меёбад.

**Протсессҳое, ки ҳангоми собит будани яке аз параметрҳои ҳолат мегузаранд, изопротсессҳо номида мешаванд.** Изопротсессҳо дар амалияи кори машинаҳои ҳароратӣ истифода бурда мешаванд.

**Қонуни Бойл-Мариотт.** Қонуни Бойл-Мариотт алоқамандии байни фишори газро аз ҳаҷми он ҳангоми собит будани ҳарорат ( $T = \text{const}$ ) барои массаи додашудаи газ муқаррар менамояд.

**Протсессе, ки ҳангоми собит будани ҳарорат мегузарад, протсесси изотермӣ (аз юнонӣ «изос»-якхела, баробар, «терме»-ҳарорат, гармӣ) номида мешавад.**

Аз муодилаи Клапейрон-Менделеев барои мавриди  $T = \text{const}$ ,  $m = \text{const}$  ҳосил менамоем:



$$PV = const, \quad (6.11.1)$$

ё

$$P_1 V_1 = P_2 V_2. \quad (6.11.2)$$

Баробариҳои (6.11.1) ва (6.11.2) шакли математикии қонуни Бойл-Мариоттро ифода менамоянд.

**Мувофиқи қонуни Бойл-Мариотт ҳосили зарби фишори газ бар ҳаҷми он, ҳангоми собит будани ҳарорат барои массаи додашудаи газ ҳамеша бузургии собит мебошад.**

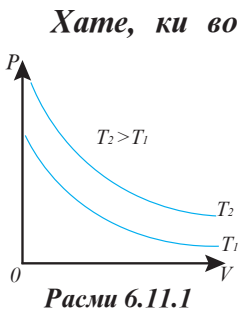
Ин қонунро бо роҳи таҷрибавӣ олими англис Р. Бойл (1627-1691) ва яқчанд сол баъдтар олими фаронсавӣ Мариотт (1620-1684) кашф карда буданд, бинобар ин онро қонуни Бойл-Мариотт меноманд.

Аз формулаи (6.11.1) навиштан мумкин аст:

$$P = \frac{const}{V}. \quad (6.11.3)$$

Яъне, дар протесси изотермӣ фишори газ бар ҳаҷми он мутаносиби чаппа мебошад.

Қонуни Бойл-Мариотт ба шакли графикӣ дар расми 6.11.1 нишон дода шудааст.



Расми 6.11.1

**Хатте, ки вобастагии фишори газро аз ҳаҷми он дар ҳарорати собит муқаррар менамояд, изотерма номида мешавад.** Хатҳои дар расми 6.11.1 буда, изотермаҳоро ифода менамоянд. Аз расми 6.11.1 дида мешавад, ки ба ҳароратҳои собити  $T_1$  ва  $T_2$  изотермаҳои гуногун мувофиқ меоянд.

Азбаски ҳангоми  $V = const$  будан бо афзоиши ҳарорат фишори газ зиёд мегардад, бинобар он изотермае, ки ба ҳарорати баланд мувофиқ меояд, нисбат ба изотермаи ҳарорати пастдошта болотар ҷойгир мешавад.

Қонуни Бойл-Мариотт барои гази дилхоҳ ва омехтаи онҳо (масалан, ҳаво) иҷро мешавад. Вале ҳангоми фишори газ ба садҳо атмосфера баробар будан, майлқунӣ ба ин қонун ба назар мерасад.

**Қонуни Гей-Люссак.** Қонуни Гей-Люссак робитаи байни ҳаҷми газро аз ҳарорати он ҳангоми собит будани фишор ( $P = const$ ) барои массаи додашудаи газ муқаррар менамояд.

**Протсессе, ки ҳангоми собит будани фишор мегузарад, протсессии изобарӣ ( аз юнонӣ «изос»-якхела, баробар, «барос»-фишор, вазнинӣ) номида мешавад.** Аз муодилаи Клапейрон-Менделеев барои мавриди  $P = const, m = const$  ҳосил менамоем:

$$\frac{V}{T} = const, \quad (6.11.4)$$

ё

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}. \quad (6.11.5)$$

Аз ин ҷо

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}. \quad (6.11.6)$$

Яъне, нисбати ҳаҷмҳои газ ба нисбати ҳароратҳои он, дар фишори собит мутаносиби роста мебошад.

Аз формулаи (6.11.4) навиштан мумкин аст:

$$V = const \cdot T. \quad (6.11.7)$$

**Яъне, ҳангоми собит будани фишор бо афзоиши ҳарорат ҳаҷми газ аз рӯйи қонуни хаттӣ меафзояд.**

Баробариҳои (6.11.4)-(6.11.7) шакли математикии қонуни Гей-Люссакро ифода менамоянд.

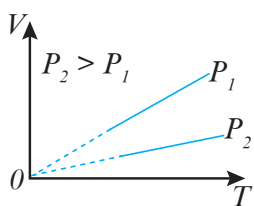
**Мувофиқи қонуни Гей-Люссак ҳангоми собит будани фишор барои массаи додашудаи газ нисбати ҳаҷми газ бар ҳарорати он бузургии собит мебошад.**

Ин қонунро соли 1802 бо роҳи таҷрибавӣ физикдони фаронсавӣ Ж. Гей-Люссак (1778-1850) муқаррар намуда буд.

Қонуни Гей-Люссак ба шакли графикӣ дар расми 6.11.2 нишон дода шудааст.

**Хатте, ки вобастагии ҳаҷми газро аз ҳарорати он дар фишори собит муқаррар менамояд, изобара номида мешавад.**

Хатҳои рости расми 6.11.2 изобараҳоро ифода мекунанд. Аз



Расми 6.11.2

расми 6.11.2 дида мешавад, ки ба фишорҳои гуногун изобарҳои гуногун мувофиқ меоянд.

Мувофиқи қонуни Бойл-Мариотт бо афзоиши фишор ҳаҷми газ кам мешавад, бинобар он изобаре, ки ба фишори баланд  $P_2$  мувофиқ меояд, нисбат ба изобаре, ки ба фишори паст  $P_1$  мувофиқ меояд, поёнтар ҷойгир мешавад. Дар соҳаи ҳароратҳои паст ҳамаи изобарҳои газ дар нуқтаи  $T = 0$  ба ҳам меоянд (хатҳои кандаканда). Аммо ин чунин маъно надорад, ки ҳаҷми гази реалӣ ба сифр баробар мешавад.

Ҳамаи газҳо ҳангоми саҳт хунук кардан ба моеъ табдил меёбанд, вале муодилаи Клапейрон-Менделеев барои моеъҳо татбиқнашаванда мебошад.

**Қонуни Шарл.** Қонуни Шарл алоқамандии фишори газро аз ҳарорати он ҳангоми собит будани ҳаҷми ( $V = const$ ) барои массаи додашудаи газ муқаррар менамояд.

**Протсессе, ки ҳангоми собит будани ҳаҷм мегузарад, протсесси изохорӣ (аз юнонӣ «изос»-якхела, баробар, «хора»-ҳаҷми ишголкардашуда) номида мешавад.**

Аз муодилаи Клапейрон-Менделеев барои мавриди  $V = const, m = const$  ҳосил менамоем:

$$\frac{P}{T} = const, \quad (6.11.8)$$

ё

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}. \quad (6.11.9)$$

Аз ин ҷо

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}. \quad (6.11.10)$$

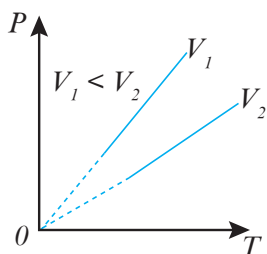
Яъне, нисбати фишорҳои газ ба нисбати ҳароратҳои он дар ҳаҷми собит мутаносиби рости мебошад.

Аз формулаи (6.11.8) навиштан мумкин аст:

$$P = const \cdot T. \quad (6.11.11)$$

Мувофиқи формулаи (6.11.11) ҳангоми собит будани ҳаҷм бо афзоиши ҳарорат фишори газ аз рӯи қонуни ҳаттӣ меафзояд.

Баробариҳои (6.11.8)-(6.11.11) шакли риёзии қонуни Шарлро ифода менамоянд.



Расми 6.11.3

*Мувофиқи қонуни Шарл ҳангоми собит будани ҳаҷм барои массаи додашудаи газ нисбати фишори газ бар ҳарорати он бузургии собит мебошад.*

Ин қонунро бо роҳи таҷрибавӣ олими фаронсавӣ Ж. Шарл (1746-1823) муқаррар намудааст.

Қонуни Шарл ба намуди графикӣ дар расми 6.11.3 нишон дода шудааст.

**Хатте, ки вобастагии фишори газро аз ҳарорати он дар ҳаҷми собит муқаррар менамояд, изохора номида мешавад.**

Хатҳои рости расми 6.11.3 изохораҳоро ифода мекунанд. Аз ин расм дида мешавад, ки ба ҳаҷмҳои гуногун изохораҳои гуногун мувофиқ меояд.

Мувофиқи қонуни Бойл-Мариотт бо афзоиши фишор ҳаҷми газ кам мешавад, бинобар он изохорае, ки ба ҳаҷми калон  $V_2$  мувофиқ меояд, нисбат ба изохорае, ки ба ҳаҷми хурд  $V_1$  мувофиқ меояд, поёнтар ҷойгир мешавад. Дар расми 6.11.3 ҳамаи изохораҳо аз нуқтаи  $T = 0$  (хатҳои канда-канда) сар мешаванд. Яъне фишори гази идеалӣ дар сифри мутлақ ба сифр баробар аст. Қайд кардан лозим аст, ки дар ҳароратҳои хеле паст модда дар ҳолати газӣ буда наметавонад. Барои дигар ҳолатҳои агрегатӣ (ғайригазӣ) ин қонун иҷро намешавад.

Афзоиши фишори газ дар зарфи дилхоҳ ба таври изохорӣ ба амал меояд.

1. *Изопротсессҳо гуфта чиро меноманд?*
2. *Протсесси изотермӣ гуфта чӣ гуна протсессро меноманд?*
3. *Қонуни Бойл-Мариоттро ба шакли риёзӣ навишта маънидод намоед.*
4. *Протсесси изобарӣ гуфта чиро меноманд?*
5. *Қонуни Гей-Люссақро ба шакли математикӣ навишта маънидод намоед.*
6. *Протсесси изохорӣ гуфта чӣ гуна протсессро меноманд?*
7. *Қонуни Шарлро ба шакли риёзӣ навишта маънидод намоед.*
8. *Қонунҳои гази идеалӣ барои ҳама гуна ҳолати газҳо иҷрошавандаанд?*
9. *Изобараҳо ва изохораҳоро дар координатаҳои  $P, V$  тасвир намоед.*

## 6.12. БУҒҲОИ СЕР ВА НОСЕР.

### ЧҶУШИШ

Чи тавре ки маълум аст, энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо бо афзоиши ҳарорат зиёд мешавад ва ин вобастагӣ бо формулаи зерин ифода карда мешавад:

$$\bar{E}_k = \frac{2}{3} kT.$$

Дар ҳарорати муайян энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳо ба қимати муайян соҳиб мегарданд. Вале энергияи кинетикии баъзе молекулаҳо метавонад аз қимати миёнаи энергияи кинетикӣ кам ё зиёд бошад. Дар ягон лаҳза энергияи кинетикии молекулаҳои алоҳида чунон зиёд шуданаш мумкин аст, ки он метавонад қувваи кашиши дигар молекулаҳои моеъро бартараф карда аз сатҳи моеъ баромада равад.

***Ҳодисаи аз сатҳи моеъҳо баромада рафтани молекулаҳоро бухоршавӣ меноманд.***

Масалан, агар мо даҳони зарфи атрдорро кушода монем, баъди муддати вақти муайян дар зарф моеъ наместонад, яъне моеъе, ки дар он моддаҳои хушбӯй ҳал карда шудааст, пурра бухор мешавад. Фарши хонаи шусташуда баъди вақти на он қадар зиёд дар натиҷаи бухоршавӣ хушк мешавад.

Суръати бухоршавӣ ба намуди моеъ вобастагӣ дорад. Масалан, агар қисми варақи коғазро ба эфир ва қисми

дигарашро ба об тар кунем, эфир нисбат ба об тезтар бухор мешавад. Бухоршавӣ ба қувваи ҷозибавӣ байни молекулаҳо вобастагӣ дорад. Пас, дар байни молекулаҳои эфир қувваи ҷозибавӣ нисбат ба молекулаҳои об хеле хурд мебошад. Бухоршавӣ дар ҳарорати дилхоҳ ба амал меояд. Бо баланд шудани ҳарорат протсессии бухоршавӣ тезтар ба амал меояд, чунки энергияи кинетикии молекулаҳо зиёд мегардад ва ин аз сатҳи моеъ кандашавии онҳоро осон мегардонад.

Инчунин, суръати бухоршавӣ ба масоҳати сатҳи моеъ вобастагӣ дорад. Масалан, оби дар табақча рехташуда нисбат ба оби дар истакон буда тезтар бухор мегардад.

Азбаски ҳангоми бухоршавӣ молекулаҳои энергияи кинетикиашон калон моеъро тарк мекунанд, бинобар он, энергияи дохилии моеъ кам мешавад ва дар натиҷа ҳарорати моеъ паст мегардад. Барои ҳангоми бухоршавӣ собит нигоҳ доштани ҳарорати моеъ аз берун ба он гармӣ додан зарур аст.

***Миқдори гармие, ки дар ҳарорати додашуда барои ба буг табдил додани массаи моеъ зарур аст, гармии хоси бухоршавӣ  $\lambda$  номида мешавад.***

Гармии хоси бухоршавӣ аз ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$\lambda = \frac{Q}{m}, \quad (6.12.1)$$

дар ин ҷо  $Q$  – миқдори гармии додашуда,  $m$  – массаи моеи ба буг табдилдодашуда мебошад.

Барои об дар  $0^\circ\text{C}$   $\lambda = 2,5 \cdot 10^6 \text{ Ҷ/кг}$  аст.

Бо афзоиши ҳарорат гармии хоси бухоршавӣ кам мешавад. Дар ҳақиқат ҳам барои об дар ҳарорати  $100^\circ\text{C}$   $\lambda = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Ҷ/кг}$  аст.

Яъне барои ба буг табдил додани  $1\text{кг}$  об дар ҳарорати  $100^\circ\text{C}$   $2,3 \cdot 10^6 \text{ Ҷ}$  миқдори гармӣ лозим аст. Барои муқоиса дар ҷадвали 6.12.1 гармии хоси бухоршавии моддаҳои гуногун нишон дода шудааст.

### Ҷадвали 6.12.1

#### Гармии хоси бухоршавии баъзе моддаҳо дар ҳарорати ҷўшиш ва фишори атмосферӣ

Модда	Гармии хоси бухоршавӣ, Ҷ/кг	Модда	Гармии хоси бухоршавӣ, Ҷ/кг
Об	$2,3 \cdot 10^6$	Эфир	$0,4 \cdot 10^6$
Аммиаки моеъ	$1,4 \cdot 10^6$	Симоб	$0,3 \cdot 10^6$
Спирт	$0,9 \cdot 10^6$	Ҳавои моеъ	$0,2 \cdot 10^6$

Молекулаҳои ҳаракати хаотикӣ доштаи буғ ба сатҳи моеъ наздик шуда, дар майдони ҷозибавӣ молекулаҳои он дохил гардида, ба моеъ ғўтида рафтанишон мумкин аст.

**Ҳодисаи аз ҳолати буғӣ ба ҳолати моеӣ гузаштаниро конденсатсия меноманд.** Ҳангоми конденсатсия ҳарорати моеъ меафзояд, чунки молекулаҳои ба он баргарданда бо худ энергияи кинетикии ҳангоми бухоршавӣ бурдааниро бармегардонанд. Гармии хоси конденсатсия ба гармии хоси бухоршавӣ баробар мебошад.

Ҳангоми ба предметҳои хунук расидан буғи об конденсатсия мешавад (расми 6.12.1).



Расми 6.12.1

Дар ин маврид энергияи ҳангоми буғҳосилшавӣ фурубурдашуда ҷудо мешавад. Масалан, ҳангоми дар ҳарорати  $100^{\circ}\text{C}$  ба об табдилёбии  $1\text{кг}$  буғ  $2,3 \cdot 10^6$  Ҷ энергия ҷудо мешавад. Дар амалия энергияи ҷудошударо ҳангоми конденсатсияи буғҳо истифода мебаранд. Дар нуругоҳҳои электрии ҳароратии калон аз ҳисоби буғи истифодашуда хонаҳо, ҳаммомҳо гарм карда мешаванд.

Дар тирамоҳ шабнам дар натиҷаи конденсатсияи буғҳои оби дар таркиби ҳаво буда ба амал меояд. Дар натиҷаи конденсатсия дар атмосфераи Замин абрҳо ҳосил мегарданд.

Дар зарфҳои пӯшида ҳодисаҳои бухоршавӣ ва конденсатсия дар як вақт ба амал меоянд. Агар ҳодисаи бухоршавӣ бартарӣ дошта бошад, миқдори моеъ кам мешавад ва миқдори буғ дар болои он зиёд мегардад. Агар шумораи молекулаҳои моеъро тарккунанда дар як сония ба шумораи молекулаҳои дар ҳамин вақт аз буғ ба моеъ баргарданда баробар бошад, мувозинати динамикӣ ба амал меояд ва миқдори моеъю буғ бетағйир мемонад.

***Буге, ки бо моеи худ дар мувозинати динамикӣ мебошад, буғи сер номида мешавад.***

Агар ҳавои зарфи моеъдор кашида гирифта шуда бошад, он гоҳ дар болои сатҳи об танҳо буғҳои сер мавҷуд мешавад.

Агар дар фазои буғи ягон моеъ бухоршавии ояндаи ин моеъ ба амал ояд, он гоҳ буғи дар фазо буда носер ба шумор меравад.

***Буге, ки бо моеи худ дар ҳолати мувозинат нест, буғи носер номида мешавад.***

Мувофиқи формулаи  $P = nkT$  фишори буғҳои сер на танҳо бо афзоиши ҳарорат, балки дар натиҷаи афзоиши консентратсияи молекулаҳои (зичии) буғ баланд мегардад.

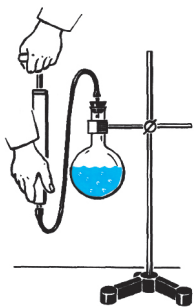
Агар фишори буғҳои сер ба фишори беруна баробар шавад, протсессии бухоршавӣ тамоман тағйир меёбад ва бухоршавӣ на танҳо аз сатҳи моеъ, балки аз тамоми ҳаҷми он ба амал меояд. Дар дохили моеъ ҳубобчаҳои буғ пайдо мешаванд ва ба болои моеъ баромада мекафанд.

Дар ҳақиқат ҳам бо афзоиши ҳарорат ҳаҷми ҳубобчаҳо зиёд мегардад. Дар таҳти таъсири қувваи архимедӣ  $F_A$ , ки аз суммаи қувваи ҷозибаи ҳубобча бо деворҳои зарф ва қувваи вазнинии ҳубобча  $mg$  калон мешавад, ҳубобчаҳо аз девор канда шуда, ба боло ҳаракат менамоянд. Азбаски фишор дар қабатҳои болои моеъ кам мешавад, мувофиқи қонуни Бойл-Мариотт ҳаҷми ҳубобчаҳо калон шудан мегиранд. Ҳубобчаҳо буғи сери дар дохилашон бударо ба сатҳи озоди



моеъ мебиёранд. Хубобчаҳои ба сатҳи моеъ баромада хангоми фишори буғи серашон аз фишори атмосферӣ калон гардида мекафанд.

**Ин ҷараёни калони бухоршавиро аз тамоми ҳаҷми моеъ, ҷӯшиш меноманд. Ҳарорати ба он мувофиқ ояндаро ҳарорати ҷӯшиш меноманд.** Бо афзоиши фишори беруна ҳарорати ҷӯшиш баланд мегардад. Масалан, дар сурати ба  $1,6 \cdot 10^6$  Па



Расми 6.12.2

расидани фишори беруна об дар ҳарорати  $200^\circ\text{C}$  ҳам намечӯшад. Ин хосияти моеъҳоро дар техникаи барои баланд бардоштани ҳарорати ҷӯшиш моеъҳо истифода мебаранд. Дар автоклавҳои тиббӣ, ки барои покиза кардани асбобҳои ҷарроҳӣ истифода бурда мешавад, об дар ҳарорати бештар аз  $100^\circ\text{C}$  мечӯшад. Бо пастшавии фишори беруна ҳарорати ҷӯшиш моеъҳо паст мегардад. Дар баландии 7134 м (дар Помир) фишор тақрибан ба  $4 \cdot 10^4$  Па баробар аст ва об тақрибан дар  $70^\circ\text{C}$  мечӯшад. Дар ин гуна баландиҳо дар дегҳои рӯйкушода гӯшт намепазад, бинобар ин пухтани маҳсулоти гӯштиро дар дегҳои сарпӯшдор гузарондан лозим аст.

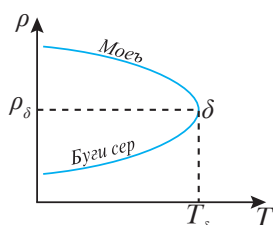
Агар ҳавою буғи оби даруни колбаро ба воситаи насос бикашем, об ҳатто дар ҳарорати хона мечӯшад (расми 6.12.2). Ҳар як моеъ ҳарорати ҷӯшиш муайян дорад.

Хангоми ҷӯшиш ҳарорати моеъ тағйир намеёбад. Ҳарорати ҷӯшиш ба фишори буғҳои сери моеъ вобаста мебошад. Чи қадаре, ки фишори буғҳои сер зиёд бошад, ҳарорати ҷӯшиш моеъ пасттар мешавад, чунки фишори буғҳои сер дар ҳарорати паст ба фишори атмосферӣ баробар мешавад.

Масалан, барои ҳарорати  $100^\circ\text{C}$ , фишори буғҳои об ба  $1,01 \cdot 10^5$  Па (760 мм сут.сим.), вале фишори буғҳои сери симоб ба 117 Па (0,88мм сут.сим.) баробар аст. Симоб дар фишори атмосферӣ дар ҳарорати  $357^\circ\text{C}$  мечӯшад.

Моеъе, ки дар дохилаш газ надорад ва аз деворҳои зарфи он газ дур карда шудааст, намечӯшад.

Моеъе, ки то ҳарорати аз ҳарорати ҷӯшиш баланд дар фишори атмосферӣ гарм карда шудааст, моеи тафсон номида мешавад.



Расми 6.12.3

Агар моеъро дар зарфи пӯшида гарм кунем, бо афзоиши ҳарорат зичии моеъ дар натиҷаи васеъшавӣ кам мешавад ва зичии буғ меафзояд (расми 6.12.3).

Дар ҳарорати  $T_\delta$ , ки ҳарорати бӯҳронӣ ном дорад, ҳар ду хати қач як мешаванд, зичии моеъю буғи сери он баробар мешавад ва тафовути ҳосиятҳои физикии моеъ ва буғи сери он аз байн меравад.

Хусусияти ҳоси ҳарорати бӯҳронӣ аз он иборат аст, ки дар нуқтаҳои болотар аз  $T_\delta$  газро дар ҳеч гуна қимати фишор ба моеъ табдил додан муяссар намегардад. Дар ҳарорати бӯҳронӣ гармии ҳоси бӯҳоршавӣ ба сифр баробар мешавад.

Мафҳуми ҳарорати бӯҳрониро ба илм Д. И. Менделеев дохил намудааст. Дар ҳарорати бӯҳронӣ зичӣ ва фишори буғҳои сер ба қимати калонтарин ва зичии моеъ (агар бо буғи сер дар мувозинати динамикӣ бошад) ба қимати камтарин соҳиб мегардад.

Газе, ки ҳарораташ аз ҳарорати бӯҳронӣ хурд аст, буғи носер ба шумор меравад.

Аз ҳарорати бӯҳронӣ боло модда танҳо дар ҳолати газӣ мешавад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Бӯҳоршавӣ гуфта чиро меноманд?
2. Гармии ҳоси бӯҳоршавӣ гуфта чиро меноманд?
3. Конденсатсия чист?
4. Чӣ гуна бӯғро буғи сер меноманд?
5. Фишори буғи сер ба ҳарорат чӣ гуна вобастагӣ дорад?
6. Ҷӯшиш гуфта чиро меноманд?
7. Ҳарорати ҷӯшиш ба фишор чӣ гуна вобастагӣ дорад?
8. Чӣ гуна моеъро моеи тафсон меноманд?

### 6.13. НАМИИ ҲАВО

Зиёда аз 70%-и сатҳи кураи Замин бо об фаро гирифта шудааст. Аз ин сатҳи бузурги Замин ҳамеша бухоршавӣ ба амал меояд. Буғи дар таркиби атмосфераи Замин буда носер буда, ба боду ҳаво ва иқлими Замин таъсир мерасонад. Чи қадаре, ки буғи об дар ҳаҷми муайяни ҳаво зиёд бошад, ҳамон қадар буғ ба ҳолати сершавӣ наздик мешавад.

Вобаста ба миқдори буғи дар таркиби атмосфера буда, дараҷаи намии ҳаво тағйир меёбад.

Ҳамин тариқ, ҳавои дар атмосфера буда, аз омехтаи газҳои гуногун ва буғи об иборат мебошад. Ҳар як гази дар таркиби ҳаво буда, дар фишори умумии атмосферӣ саҳми худро дорад.

*Фишоре, ки буғҳои оби дар таркиби ҳаво буда ба вуҷуд меорад, фишори парциалии (чузъии) буғҳои об номида мешавад.* Фишори чузъии буғҳои об яке аз бузургҳои асосии тавсифдиҳандаи намии ҳаво ба шумор меравад. Фишори чузъии буғҳои об бо Па (Паскал) ё мм сутуни симоб (мм.ст.сим) ифода карда мешавад. Барои тавсифи миқдори намии ҳаво инчунин аз мафҳумҳои намии мутлақ ва намии нисбӣ истифода мебаранд.

**Массаи буғи оби (бо граммҳо) дар 1м<sup>3</sup>-и ҳаво бударо намии мутлақ меноманд.** Намии мутлақ бо  $\varphi_{\text{мут}}$  ишора карда мешавад ва ба шакли математикӣ ин тавр ифода карда мешавад:

$$\varphi_{\text{мут}} = \frac{m}{V}, \left( \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right) = \rho, \left( \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right). \quad (6.13.1)$$

Ченкуниҳо нишон медиҳанд, ки намии мутлақи ҳавои бо ин роҳ муайян кардашуда одатан аз фишори чузъии буғҳои об, ки бо мм ст.сим. ифода карда шудааст, кам фарқ менамояд:

$$\varphi_{\text{мут}} = P, \text{мм ст.сим.}$$

Намии мутлақро доништа дар бораи намдор ё хушк будани ҳаво маълумот гирифтани мумкин нест.

Интенсивияти бухоршавии об аз сатҳи обанборҳо, растаниҳо ва организми инсон ба он вобаста аст, ки буғи об аз сершавӣ чӣ қадар дур аст. Агар буғи об аз сершавӣ хеле дур бошад, он гоҳ бухоршавӣ нисбат ба конденсатсия хеле бартарӣ дорад ва дар мавриди ба сершавӣ наздик будани буғи обӣ дар таркиби ҳаво буда, интенсивияти буғшавӣ хеле паст мегардад. Барои фаҳмидани дараҷаи намдории ҳаво ва дониستاني он ки буғи оби дар таркиби ҳаво буда чӣ қадар ба ҳолати сершавӣ наздик ё дур аст, аз фаҳмиши намии нисбӣ истифода мекунанд.

***Нисбати фишори чузъии буғи оби таркиби ҳаворо дар ҳарорати додашуда  $P$ , бар фишори буғҳои сер дар ҳамин ҳарорат ( $P_0$ ) намии нисбӣ  $\varphi$  номида мешавад.***

Намии нисбиро бо фоизҳо (%) чен намуда, ба шакли математикӣ бо формулаи зерин ифода менамоянд:

$$\varphi = \frac{P}{P_0} \cdot 100\% . \quad (6.13.2)$$

Ҳангоми ҳалли масъалаҳо бузургии  $P_0$ -ро одатан аз ҷадвали маълумотномаҳо мегиранд. Барои муайян кардани фишори чузъии  $P$  ягон ҷадвал мавҷуд нест. Онро ба воситаи намии мутлақ ё бо роҳи чен намудани нуқтаи шабнам муайян менамоянд.

***Нуқтаи шабнам гуфта ҳароратеро меноманд, ки ҳангоми то ба он хунук кардани ҳаво буғи таркиби он сер шуда ба шабнам табдил меёбад.*** Ҳангоми боз ҳам паст кардани ҳарорат конденсатсия нисбат ба бухоршавӣ бартарӣ пайдо намуда, қатраҳои шабнам, туман, намӣ дар болои океану дарёҳо ва ғайраҳо пайдо мегардад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. *Намии мутлақ чист?*
2. *Фишори чузъӣ гуфта чиро меноманд ва бо кадом воҳид чен карда мешавад?*
3. *Намии нисбии ҳаво гуфта чиро меноманд?*
4. *Нуқтаи шабнам чист ва барои чӣ онро ин тавр меноманд?*
5. *Бо баландшавии ҳарорати ҳаво намии нисбӣ чӣ тавр тағйир меёбад?*

## 6.14. ГИГРОМЕТР ВА ПСИХРОМЕТР

Барои чен намудани нуқтаи шабнам аз асбоби махсус – гигрометри конденсатсионӣ истифода мебаранд (расми 6.14.1). Қисми асосии гигрометрро зарфи қисми пешаш, ки аз оинаи металлӣ иборат аст, ташкил менамояд. Дар дохили стакан эфир рехта ҳароратсанҷро ҷойгир менамоянд.



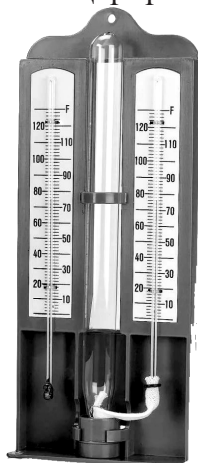
Расми 6.14.1

Ҳангоми ба воситаи найча ҷараёни ҳаво раван намудан эфир бухор гардида, девори зарфро хунук менамояд. Вақте ки сатҳи оина дар натиҷаи конденсатсия бо қатраҳои об пӯшонида мешавад, ҳароратро чен намуда, нуқтаи шабнам муайян карда мешавад. Азбаски фишори дар соҳаи ба сатҳи оина мувофиқ ояндаро собит ҳисобидан мумкин аст, намии нисбӣ аз ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$\varphi = \frac{P_{ш}}{P_0} \cdot 100\%. \quad (6.14.1)$$

Нуқтаи шабнамро чен накарда ҳам намии нисбии ҳаворо бо ёрии асбоби дигар – психрометр (аз юнонӣ *psychris*-сард, *metreo*-чен кардан) муайян менамоянд (расми 6.14.2).

Психрометр аз ду ҳароратсанҷ – хушк ва номдор иборат аст. Ҳароратсанҷи хушк ҳарорати ҳаворо нишон медиҳад.



Расми 6.14.2

Махзани ҳароратсанҷи дигар бо матои тари як гӯшааш дар дохили оббуда печонида шудааст. Дар натиҷаи бухоршавии об аз матоъ ҳарорат дар махзани термометрӣ паст мегардад. Нишондоди ин термометр ба интенсивияти бухоршавии об вобастагӣ дорад. Чи қадаре ки намии нисбии ҳаво зиёд бошад, суръати бухоршавии об суст мешавад ва ҳароратсанҷи матоъпеч ҳарорати баландро, дар мавриди кам будани намии нисбии ҳаво суръати бухоршавии об зиёд мегардад ва ҳароратсанҷи матоъпеч ҳарорати пасттарро нишон медиҳад.

Дар мавриди ба 100% баробар будани намии нисбии ҳаво бухоршавии об қатъ мегардад ва ҳар ду ҳароратсанҷҳо ҳамон як ҳароратро нишон медиҳанд. Намии нисбии ҳаво аз рӯйи нишондоди термометрҳои хушк ва ба матоъ печонидашуда бо ёрии ҷадвали психрометрии махсус муайян карда мешавад (ҷадвали 6.14.1).

Барои нигоҳ доштани асарҳои санъати бадеӣ, китобҳо, дар саноати бофандагӣ, қаннодӣ ва дигар соҳаҳои истеҳсолот намии муайян зарур мебошад. Барои назорати намии нисбии ҳаво дар деворҳои биноҳои осорхонаҳо, китобхонаҳо ва корхонаҳои истеҳсолкунанда психрометрҳо овозон карда мешаванд.

### Ҷадвали 6.14.1

#### Ҷадвали психрометрӣ

Нишондоди хароратсанҷи хушк	Фарқи нишондоди ҳароратсанҷҳои хушк ва намдор, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Намии нисбӣ, %										
0	100	81	63	45	28	11	-	-	-	-	-
2	100	84	68	51	35	20	-	-	-	-	-
4	100	85	70	56	42	28	14	-	-	-	-
6	100	86	73	60	47	35	23	10	-	-	-
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	-	-
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	-
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

Барои саломатии одам ҳам ҳавои хеле хушк ва ҳам ҳавои сернам зарар дорад. Намии муътадил бояд 40-60%-ро ташкил намояд.

Мавҷудияти буғи об дар таркиби атмосфераи Замин ба тез хунукшавӣ монеъ мегардад. Замин низ мисли дигар ҷисмҳо нурҳои инфрасурх меафканад. Буғҳои таркиби ҳаво нурҳои рӯшноии дидашавандаро гузаронида нурҳои инфрасурхро фурӯ мебарад ва дар натиҷа ҳавои ихотақунанда гарм мешавад ва он ба ҳисоби миёна ба  $15^{\circ}\text{C}$  баробар аст. Агар фурӯбарии нурҳои инфрасурх аз тарафи буғҳои об ба амал намеомад, ҳарорати миёнаи сатҳи Замин аз  $0^{\circ}\text{C}$  хеле пастр мегардид.

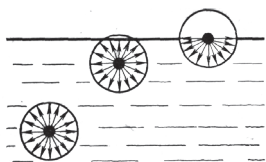
## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Нуқтаи шабнам чӣ тавр муайян карда мешавад?
2. Гигрометр чӣ гуна асбоб мебошад?
3. Психрометр чӣ гуна асбоб мебошад? Дар бораи амали кори он маълумот диҳед.
4. Кадом қимати намии нисбии ҳаво барои одам муътадил ҳисоб меёбад?

## 6.15. КАШИШИ САТҲӢ

Моеъҳо назар ба газҳо қисми муайяни зарфро ишғол менамоянд. Аз сабаби қувваи ҷозибаи калон доштани молекулаҳо моеъҳо ҳаҷми худро нигоҳ медоранд. Дар ҳамсарҳадӣ бо газҳо ё буғҳо моеъҳо сатҳи озодро ташкил менамоянд.

Сатҳи озод доштани моеъҳо сабаби пайдошавии баъзе ҳодисаҳо мегардад, ки онҳо ҳодисаҳои сатҳӣ номида мешаванд. Сабаби пайдоиши ҳодисаҳои сатҳӣ дар он аст, ки молекулаҳои дар дохили моеъ ва дар сатҳи он буда



Расми 6.15.1

дар шароитҳои гуногун мебошанд. Молекулаҳои дар дохили моеъ буда аз тарафи молекулаҳои ҳамсоя, ки дар худуди доираи таъсири молекулярӣ номидашаванда ҷойгиранд, кашида мешаванд.

Яъне, соҳае, ки дар он молекулаҳои байниҳамдигар таъсири мутақобилкунанда ҷойгиранд, ҳамчун сферае дида баромадан мумкин аст, ки дар маркази он молекулаи тадқиқшаванда ҷойгир мебошад. Ин сфераро сфераи таъсири молекулаи меноманд.

Дар ин ҳолат қувваҳои кашиши аз ҳама тараф ба молекула таъсиркунанда ҳамдигарро бартараф мекунад ва баробартаъсиркунандаи онҳо ба сифр баробар мешавад (расми 6.15.1).

Молекулаҳои дар сатҳи моеъбуда дар ҳолати дигар мебошанд. Сфераи таъсири ин гуна молекулаҳо қисман дар дохили моеъ ва қисман берун аз сатҳи он ҷойгир мешаванд. Қувваи кашиши молекулаҳои ҳамсоя, ки дар дохили моеъ ҷойгиранд, дар ин ҳолат бартараф намешаванд ва баробартаъсиркунандаи онҳо ба дохили моеъ равон мешаванд (расми 6.15.1). Агар қувваҳои ба молекулаи дар сатҳи моеъбуда таъсиркунандаро гурӯҳбандӣ намоем, он гоҳ ин қувваҳо ҳам дар ҳамвории амудӣ ва ҳам дар ҳамвории уфуқӣ ташкилдиҳандаҳо доранд. Ташкилдиҳандаҳои амудӣ молекулаи сатҳи моеъро ба дохили он мекашад. Қувваҳои ба ҳамвории уфуқӣ таъсирбахшанда майли сатҳи моеъро хурд намудан доранд. **Ин қувваҳои қувваҳои тарангии сатҳ меноманд.** Барои он ки молекула аз дохили моеъ ба сатҳи он барояд, вай бояд ба муқобили қувваҳои ҷозибавии молекулаҳои ҳамсоя кор иҷро кунад. Ҳамин тариқ, молекулаҳои дар сатҳи моеъ ҷойгиршуда ба энергияи потенциалии соҳибанд. Ин энергияи иловагии молекулаҳои сатҳи моеъро энергияи сатҳӣ меноманд. Энергияи сатҳӣ  $U$  ба масоҳати сатҳи моеъ  $S$  вобастагӣ дорад:

$$U_s = \alpha \cdot S. \quad (6.15.1)$$

Дар ин ҷо  $\alpha$  -коэффитсиенти мутаносибӣ буда, ба табиату ҳолати моеъ, муҳити ба сатҳи моеъ ҳамсарҳад вобаста аст ва коэффитсиенти тарангии сатҳ номида мешавад. Афзоиши масоҳати сатҳи моеъ бо камшавии энергияи кинетикии молекулаҳои аз қабатҳои дохилӣ ба сатҳи моеъ баромада



алоқаманд аст. Ҳангоми камшавии сатҳи моеъ (дар вақти якҷояшавии чакраҳо) бошад, энергияи сатҳӣ кам мешавад. Азбаски энергияи дохилии моеъ танҳо дар натиҷаи зиёдшавии сатҳи он тағйир меёбад, протсессии афзоиши сатҳи он бояд изотермӣ гузарад.

*Он қисми энергияи дохилие, ки дар протсессии изотермӣ ба қор табдил додан мумкин аст, дар термодинамика энергияи озод номида мешавад.*

Ҳамин тариқ, коре, ки барои ҳосил кардани сатҳи моеъ дар протсессии изотермӣ зарур аст, барои зиёд кардани энергияи озоди сатҳи он сарф мешавад.

Бинобар ин, коэффитсиенти тарангии сатҳро ҳамчун кори  $\Delta A$ , барои афзун кардани масоҳати сатҳи моеи ба як воҳиди сатҳи он дар протсессии изотермӣ мувофиқ оянда дида баромадан мумкин аст:

$$\alpha = \frac{\Delta A}{\Delta S}. \quad (6.15.2)$$

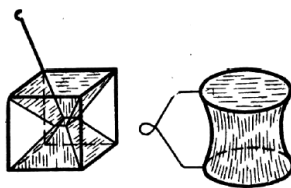


Дар ҳолати мувозинатии устувор моеъҳо шаклро мегиранд, ки масоҳат ва энергияи озоди сатҳи он хурдтарин бошад. Бинобар он, чакраҳои моеъ ҳамеша шакли кураро мегиранд. Дар расми 6.15.2 шакли куравӣ доштани қатраи равшан дар дохили маҳлули обии спирт нишон дода шудааст. Масалан, дар ҳолати бевазнь,

ҳангоми озодафтӣ қатраи борон шакли куравӣ дорад. Дар киштии кайҳонӣ массаи калони моеъ низ шакли кураро соҳиб мешавад. Дар расми 6.15.3 кайҳоннавардон оби курашакли шинокунандаро мушоҳида карда истодаанд.



Расми 6.15.3



Расми 6.15.4

Дар сатҳи Замин дар натиҷаи таъсири ҷозоба чакраҳои калони моеъҳо шакли сфераро намегиранд. Дар шаклҳои аз симҳо сохташуда пардаҳои собун шаклҳои гуногуно соҳиб мешаванд, ки барои онҳо энергияи озоди сатҳӣ қимати минималӣ дорад (расми 6.15.4).

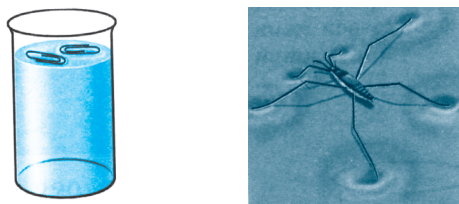
Қувваи тарангии сатҳи моеъҳо аз ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$F_s = \alpha \ell, \quad (6.15.3)$$

дар ин ҷо  $\alpha$  – коэффитсиенти тарангии сатҳ буда, қувваи тарангии сатҳӣ ба воҳиди дарозии сатҳи моеъ таъсиркунандаро тавсиф менамояд,  $\ell$  – дарозии сатҳи моеъ аст. Аз ифодаи (6.15.3) дида мешавад, ки қувваи ба воҳиди дарозии сатҳи моеъ таъсиркунанда ба коэффитсиенти тарангии сатҳи моеъ баробар аст. Воҳиди коэффитсиенти тарангии сатҳро аз ифодаи (6.15.1) ва (6.15.3) муайян кардан мумкин аст. Аз баробарии (6.15.1) он ҳамчун энергияи ба воҳиди сатҳ мувофиқоянда ва аз баробарии (6.15.3) ҳамчун қувваи ба воҳиди дарозӣ мувофиқоянда, муайян карда мешавад:

$$\alpha = I_M \frac{Q}{M^2} = I_M \frac{H}{M}.$$

Тавассути тарангии сатҳи моеъҳо дар сатҳи онҳо предметҳои сабук шино мекунанд ва нигоҳ дошта мешаванд (расми 6.15.5).



Расми 6.15.5

Моеъҳои гуногун коэффитсиенти тарангии сатҳи гуногун доранд (ҷадвали 6.15.1).

## Чадвали 6.15.1

### Коэффитсиенти тарангии сатҳи моеъҳо $\alpha$ дар ҳамсарҳадӣ бо ҳаво

Моеъҳо	$\alpha$ , мН/м	Моеъҳо	$\alpha$ , мН/м
Спирт	20	Равғани зайтун	32
Маҳлули собун	25	Глитсерин	63,1
Карасин	30	Об	72,8
Бензин	28,9	Симоб	465

Чи қадаре ки коэффитсиенти тарангии сатҳи моеъ хурд бошад, он ба матоъ ба осонӣ дохил мегардад. Маҳлули собун коэффитсиенти тарангии сатҳи хеле хурд дорад, бинобар ин қобилияти калони ба матоъҳо дохилшавӣ дошта, онҳоро хеле хуб пок менамояд.

Коэффитсиенти тарангии сатҳи моеъҳо ба ҳарорат вобаста буда, бо афзоиши он кам шуда меравад. Дар ҳарорати бухронӣ коэффитсиенти тарангии сатҳ ба сифр баробар мешавад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

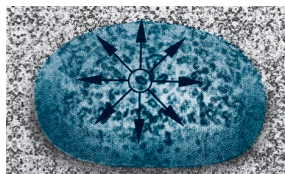
1. Ҳодисаи сатҳӣ гуфта чиро меноманд?
2. Кураи таъсири молекулавӣ чист?
3. Қувваҳои тарангии сатҳ гуфта чиро меноманд?
4. Барои чӣ шумораи ба воҳиди сатҳи моеъ мувофиқояндаи молекулаҳо ҳангоми зиёд гардидани масоҳати сатҳ тағйир намеёбад?
5. Тарангии сатҳ гуфта чиро меноманд?
6. Барои чӣ сатҳи озоди моеъ масоҳати минималӣ дорад?
7. Ба сифати воҳиди коэффитсиенти тарангии сатҳ дар СИ чӣ қабул карда шудааст ва он чӣ маъно дорад?

## 6.16. ТАРКУНӢ ВА ТАРНАКУНӢ. ҲОДИСАИ КАПИЛЛЯРНОКӢ

Ҳангоми ба сатҳи ҷисмҳои саҳт расидани моеъҳо, ҳодисаҳои таркунӣ ва тарнакуниро аз ҳамдигар фарқ мекунамд. Агар таъсири мутақобили байни молекулаҳои моеъ ва ҷисми саҳт нисбат ба таъсири мутақобили молекулаҳои худӣ моеъ зиёд бошад, дар ин ҳолат моеъ сатҳи

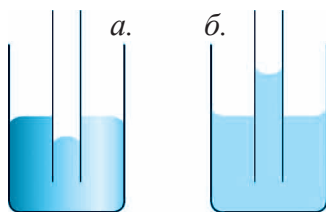
худро зиёд намуда, дар сатҳи ҷисми сахт паҳн мешавад. Дар ин ҳолат мегӯянд, ки моеъ ҷисми додасударо тар мекунад. Агар таъсири мутақобили байни молекулаҳои моеъ ва ҷисми сахт нисбат ба таъсири мутақобили молекулаҳои худӣ моеъ хурд бошад, моеъ кӯшиш мекунад, ки сатҳи сарҳади худро бо ҷисми сахт хурд кунад. Дар ин ҳолат мегӯянд, ки моеъ сатҳи ҷисми сахтро тар намекунад. Ҳамон як моеъ як ҷисро тар мекунад ва ҷисми дигарро тар намекунад. Мисол, об шишаро тар карда, парафинро тар намекунад; симоб шишаро тар намекунад, аммо сатҳи оҳани тозаро тар мекунад. Дар расми 6.16.1 қатраи об дар сатҳи парафинишон дода шудааст, ки он шакли кураи пачақро дорад.

Сатҳи ҷисмҳои сахтро тар кардани моеъҳо бо мениск ва кунҷи таркунӣ тавсиф карда мешавад.



Расми 6.16.1

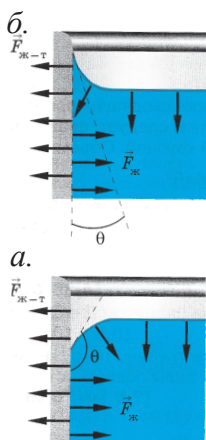
**Шакли сатҳи моеъро дар наздикии девори зарф мениск меноманд.** Шакли мениск ба он вобаста аст, ки моеъ девори зарфро тар мекунад ё не. Мениски моеъҳои таркунанда дар найчаҳои борик (капиллярӣ) фуруҳамида (расми 6.16.2,а) ва мениски моеъҳои тарнакунанда барҷаста мебошанд (расми 6.16.2,б).



Расми 6.16.2

Кунҷи байни расандаи ба сатҳи моеъ гузаронидашуда ва девори зарфро кунҷи таркунӣ  $\theta$  меноманд. Барои моеъҳои

таркунанда кунчи таркунї тез буда, аз  $90^\circ$  хурд мебошад ( $\theta < 90^\circ$ , расми 6.16.3, а). Барои моеъҳои тарнакунанда кунчи таркунї кунд буда, аз  $90^\circ$  калон мебошад ( $\theta > 90^\circ$ , расми 6.16.3, б).



Расми 6.16.3

Мавридери дида мебароем, ки дар он нӯги капилляр ба оби дар зарфи васеъ рехташуда гӯтонида шудааст (расми 6.16.4).

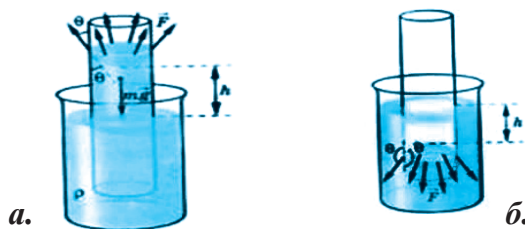
Дар капиллярҳо массаи моеъ хеле кам мебошад, бинобар ин гуногунии қувваҳои кашиши байни молекулаҳои моеъ ва қисми саҳт  $F_{м-ч.с.}$  ва қувваи кашиши байни молекулаҳои моеъ  $F_{м}$  ба ҳодисаи капиллярнокӣ оварда мерасонад.

*Ҳодисаи ба боло баромадан ё ба поён фаромадани моеъро дар капиллярҳо ҳодисаи капиллярнокӣ меноманд.*

Дар мавриди таркунии моеъ (расми 6.16.4, а)  $F_{м-ч.с.} > F_{м}$  мебошад. Моеъ ба дохили капилляр кашида мешавад. Бардошташавии моеъ  $h$  дар капилляр то ба ҳамдигар баробар гардидани қувваи натиҷавии ба моеъ ба сӯйи боло таъсиркунанда  $F$  ва қувваи вазнинии ( $mg$ ) сутуни моеи баландиаш  $h$  давом меёбад:

$$F = mg. \quad (6.16.1)$$

Моеъе, ки девори капиллярро тар намекунад, дар он ба масофаи  $h$  поён мефарояд (расми 6.16.4, б).



Расми 6.16.4

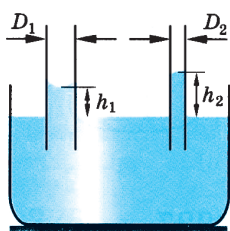
Баландии бардошташавии моеъҳо дар капилляр аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$h = \frac{2\alpha}{\rho g r}. \quad (6.16.2)$$

Аз баробарии (6.16.2) маълум аст, ки баландии бардоштавии моеъ дар капиллярҳо ба хосиятҳои моеъхотарангии сатҳ  $\alpha$  ва зичӣ  $\rho$  вобастагӣ дорад.

Чи қадаре ки радиуси капилляр хурд бошад, баландии бардошташавии моеъ дар он ҳамон қадар зиёд мешавад (расми 6.16.5).

Инчунин, аз баробарии (6.16.2) чуқурии пастшавии сатҳи моеъҳо дар капиллярҳо барои моеъҳои тарнакунанда ҳисоб карда мешавад.



Расми 6.16.5

Ҳодисаҳои таркунӣ ва тарнакунӣ дар техника барои сатҳи ҷисмҳои сахтро бо ранг, материалҳои изолятсиякунанда ва ғайраҳо пӯшонидан истифода бурда мешавад. Ҳодисаи капиллярӣ дар ҳаёти наботот нақши бузург мебозад, намии решаи онҳоро таъмин менамояд ва хангоми паҳншавии ранг дар рӯйи коғаз, пок кардани дасту рӯй бо сачок, пок намудани фарши хона бо латта мушоҳида карда мешавад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Қадом вақт моеъ сатҳи ҷисми сахтро тар менамояд?
2. Қадом вақт моеъ сатҳи ҷисми сахтро тар намекунад?
3. Мениск гуфта чиро менаманд?
4. Шакли мениск дар капиллярҳо аз чӣ вобастагӣ дорад?
5. Қунҷи таркунӣ гуфта чиро менаманд?
6. Қадом вақт қунҷи таркунӣ тез ва қадом вақт қунд мешавад?
7. Ҳодисаи капиллярнокӣ гуфта чиро менаманд?
8. Формулаи баландии бардошташавии моеъхоро дар найчаҳои капиллярӣ навишта маънидод намоед.
9. Дар бораи аҳамияти ҳодисаи капиллярнокӣ дар ҳаёти наботот маълумот диҳед.

## 6.17. ЧИСМҲОИ КРИСТАЛЛӢ ВА АМОРФӢ

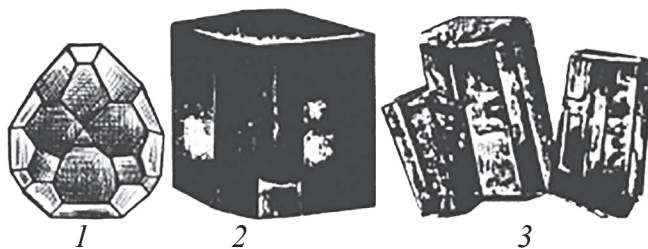
Чисмҳое, ки дар табиат дар ҳолати сахтӣ дучор мешаванд, бо хусусияти чоринашавандагии худ аз моеъ ва газҳо фарқ мекунанд.

Азбаски қувваҳои таъсири мутақобили молекули барои чисмҳои сахт хеле калон аст, зарраҳои он аз якдигар ба масофаҳои калон дур шуда наметавонанд. Дар табиат чисмҳои сахти кристаллӣ (аз юнонӣ *krystallos*-ях) ва аморфиро (аз латинӣ *amorphos*-бешакл) аз ҳамдигар фарқ мекунанд. Яке аз хусусиятҳои чисмҳои сахти кристаллӣ вобастагии хосияти онҳо аз самти мушоҳида мебошад. Тадқиқотҳо нишон доданд, ки нишондоди шикасти рӯшноӣ, гармигузаронӣ, модули чандирӣ ва ғайраҳо дар чисмҳои кристаллӣ ба самти мушоҳида вобаста аст. Ҳамин тариқ, кристаллҳо хусусияти анизотропӣ (аз юнонӣ *anisos*-нобаробар, *trapos*-самт) доранд ва ба самтҳои гуногун гармигузаронӣ ва модули чандирии гуногун дошта, рӯшноиро ҳархела мешикананд.

Чисмҳои аморфӣ хусусияти изотропӣ доранд. Агар хосиятҳои гуногуни шишаро, ки яке аз намояндагони чисмҳои аморфӣ ба шумор мераванд, ба самтҳои гуногун омӯзем, ба ҳулосае меоем, ки онҳо ба ҳамаи самтҳо якхелаанд. ***Ба самти мушоҳида вобаста набудани хосиятҳои чисмҳо, хусусияти изотропӣ номида мешавад.*** Сохти молекулавии чисмҳои аморфӣ ба моеъҳо монанданд.

Назар ба моеъҳо зарраҳои чисмҳои аморфӣ камҳаракатанд. Ҷаҳиши атомҳо аз як мавқеи мувозинатӣ ба дигараш дар чисмҳои аморфӣ хеле кам ба амал меояд. Бо афзоиши ҳарорат ҷаҳиши атомҳои чисмҳои сахти аморфӣ зиёдтар мегардад. Бинобар он, дар бисёр ҳолатҳо чисмҳои сахти аморфиро чун моеи часпакиаш дар ҳароратҳои паст хеле калон, ки хосияти чоришавии худро гум мекунад, дида мебароянд.

Хусусияти анизотропӣ ба кристаллҳои алоҳидаи калон, ки монокристаллҳо ном доранд, хос аст.



*Расми 6.17.1*

- 1 - монокристалли германий (4000 маротиба калон карда шудааст);  
 2 - монокристалли намаки сегнетӣ;  
 3 - кристалли табиӣ, турмалин.

Монокристалл ҷисми сахтест, ки дар тамоми ҳаҷми он ҷойгиршавии зарраҳо тартиби яхела доранд. Тавассути ин гуна тартибнокии зарраҳои монокристаллҳо онҳо шакли берунии дуруст доранд. Кунҷи байни рӯяхои берунии монокристаллҳо собит мебошад. Ба монокристаллҳо кристаллҳои табиӣ (квартс, алмос, турмалин), донаҳои намак, қанд, сода тааллуқ доранд. Баъзе монокристаллҳо дар расми 6.17.1 нишон дода шудаанд.

Дар табиат монокристаллҳои андозаашон калон (якчанд тонна масса доранд) квартс, флюорит, шпати сахрой вомехӯранд. Барои корҳои тадқиқотӣ ва истеҳсоли монокристаллҳоро дар дастгоҳҳои махсус ҳосил мекунанд.

Кристаллҳои дар табиат дучоршаванда аз маҷмӯи бисёри монокристаллҳо иборатанд, ки онҳоро поликристаллҳо (аз юнонӣ poly-бисёр) меноманд. Чи қадаре ки андозаи монокристаллҳои поликристаллро ташкилкунанда хурд бошад, бештар поликристалл якҷинса ва изотропӣ мешавад. Ба поликристаллҳо қанди рафинад ва ашёҳои металлӣ – чангол, қошук, кафгир, сарпӯши чархи автомобилҳо ва ғайраҳо дохил мешаванд. Дар ҷисмҳои кристаллӣ ҳиссаҷаҳо дар тамоми ҳаҷми он бо тартиб ҷойгиранд, яъне дар кристаллҳо тартибнокии дур ҷой дорад. Фарқи байни ҷисмҳои кристаллӣ аморфӣ дар ҷараёни гудохташавии онҳо баръало маълум мегардад.

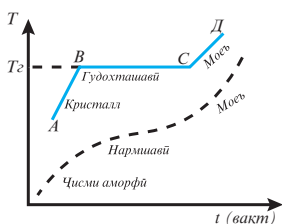
Ҳангоми гарм кардан ҷисмҳои кристаллӣ то ҳарорати гудохташавӣ гарм шуда, бо ҷаҳиш ба гудохташавӣ сар



мекунанд. Пас аз гудохташавӣ боз бо ҷаҳиш ба ҳолати моеъгӣ мегузаранд.

**Протсессии аз ҳолати кристаллӣ (сахтӣ) ба ҳолати моеъгӣ гузаштанро гудозиши меноманд. Ҳарорате, ки дар он ҷисми сахти кристаллӣ гудохта мешавад, ҳарорати гудозиши номида мешавад.** Ҳар як ҷисми сахти кристаллӣ ҳарорати аниқи гудозиш доранд. Масалан, ҳарорати гудозиши ях дар фишори атмосферӣ ба  $0^{\circ}\text{C}$  баробар мебошад.

**Протсессии аз ҳолати моеъгӣ ба ҳолати кристаллӣ (сахтӣ) гузаштанро кристаллшавӣ (сахтшавӣ) меноманд.** Протсессии аз ҳолати моеъгӣ ба сахтӣ (кристаллӣ) гузаштан дар ҳарорати гудозиш ба амал меояд.



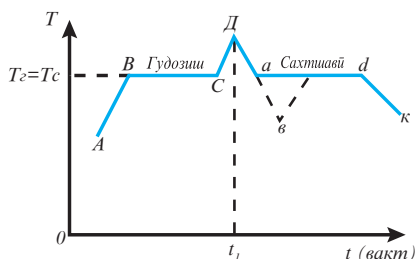
Расми 6.17.2

Ҷисмҳои аморфӣ ҳангоми гармкунӣ аввал нарм гардида, пас ба ҳолати моеъгӣ мегузаранд (расми 6.17.2).

Ҷисмҳои сахти аморфӣ ҳарорати гудозиши аниқ надоранд. Ба ҷисмҳои сахти аморфӣ шиша, резин, каучук, қатрон, пластмассаҳо ва ғайраҳо тааллуқ доранд. Баъзе аз моддаҳо (гӯгирд, қанд, кварс ва ғайраҳо) ҳам ба шакли кристаллӣ ва ҳам ба шакли аморфӣ дучор мешаванд. Агар гӯгирди гудохташударо ба оби хунук дохил кунем, вай ба шакли кристаллӣ нагузашта ба намуди аморфӣ мемонад.

Дар расми 6.17.3 графיקи ҷараёнҳои гармкунӣ ва хунукшавии моддаи кристаллӣ дар координатаҳои ҳарорат – вақт оварда шудааст.

Порчаи *AB* ба гармшавии ҷисми кристаллӣ то ҳарорати гудозиш  $T_r$ , *BC* ба ҷараёни гудозиш ва *CD* ба ҷараёни гармшавии моеъ мувофиқ меояд.



Расми 6.17.3

Ҷараёни гудозиш бо фурубарии гармӣ ҳангоми бетағйир мондани ҳарорат мегузарад.

**Миқдори гармие, ки дар ҳарорати гудозиш барои ба моеъ табдил додани воҳиди массаи моддаи кристаллӣ зарур аст, гармии хоси гудозиш номида мешавад.**

Гармии хоси гудозиш  $r$  бо ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$r = \frac{Q}{m}, \quad (6.17.1)$$

дар ин ҷо  $Q$  – миқдори гармии додашуда,  $m$  – массаи кристалли ба моеъ табдилдодашуда мебошад. Воҳиди гармии хоси гудозиш  $\text{Ҷ/кг}$  мебошад. Барои ях  $r = 3,35 \cdot 10^5 \text{Ҷ/кг}$  аст.

Агар дар лаҳзаи вақти  $t$ , гармкуниро қатъ намоем, моеъ ба хунукшавӣ сар мекунад ва қачӣ аз рӯйи хати Да ба поён мефуроад. Ҳангоми то ҳарорати сахтшавӣ (кристаллшавӣ) паст шудани ҳарорат, шароити ба сахтӣ гузаштани моеъ ба амал меояд. Барои ба ҳолати сахтӣ гузаштани моеъҳо мавҷудияти маркази кристаллшавӣ зарур аст. Дар ҳолати мавҷуд будани маркази кристаллшавӣ, моеъ метавонад дар ҳароратҳои аз ҳарорати гудозиш баланд ҳам ба ҳолати сахтӣ гузарад.

Сахтшавӣ бо ҷудошавии гармии хоси кристаллшавӣ (ба гармии хоси гудозиш баробар) ва дар ҳарорати доимӣ мегузарад (хатти  $ad$ ).

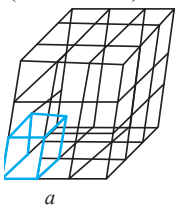
Гармии хоси кристаллшавӣ барои об  $r = 3,35 \cdot 10^5 \text{Ҷ/кг}$ , барои кӯрғошим  $r = 2,29 \cdot 10^4 \text{Ҷ/кг}$  мебошад. Бо ба охиRRасидани чараёни сахтшавӣ ҷудошавии гармӣ ҳам қатъ гардида, ҷисми сахти ҳосилшуда хунук мешавад (хатти  $dk$ ). Дар ҳолати набудани маркази кристаллшавӣ моеъро то ҳароратҳои аз ҳарорати сахтшавӣ паст нигоҳ доштан мумкин аст (хатти  $av$ ). Оби аз дигар моддаҳо тозакардашудаи гарднадоштаро то ҳарорати  $-10^\circ\text{C}$  дар ҳолати моеъгӣ нигоҳ доштан мумкин аст. Дар қабатҳои болоии атмосфера қатраҳои обро дар ҳарорати  $-70^\circ\text{C}$  ҳам мушоҳида кардан мумкин аст.

Дар баъзе ҳолатҳо худ аз худ ба ҳолати кристаллӣ гузаштани ҷисмҳои аморфиро ҳам мушоҳида кардан мумкин аст. Инчунин кристаллҳо аз ҷисмҳои аморфӣ бо шакли дурусти худ фарқ мекунанд.

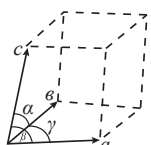
Дар кристаллҳо ҳиссаҷаҳои элементарӣ (атомҳо, ионҳо, молекулаҳо) бо тартиби даврӣ такроршаванда ҷой мегиранд.

**Тартиби ҷойгиршавии фазогии ҳиссаҷаҳои ҷисми сахтро панҷараи кристаллӣ меноманд.**

**Мавқеи мувозинатие, ки нисбати он лаппиши ҳарорати зарраҳо ба амал меояд, гиреҳҳои панҷараи кристаллӣ номида мешавад.** Гиреҳҳои панҷараи кристаллиро ҳамчун буриши се қатор ҳамворӣ дар фазо тасаввур кардан мумкин аст. Ҷамъбасти ҳамвориҳои кристаллографӣ дар фазо ба қатори параллелепипедҳои яхела ҷудо мешаванд, ки онҳо масомаи (ячейкаи) элементариро ташкил медиҳанд (расми 6.17.4,а).



а



б

Расми 6.17.4

Масомаи элементарӣ параллелепипедест, ки бо векторҳои  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  ва  $\vec{c}$ , кунҷҳои байни тегаҳои он  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  (расми 6.17.4,б) тавсиф карда мешаванд.


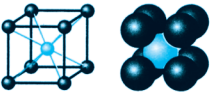
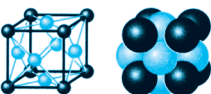
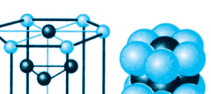
Бузургиҳои  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  параметрҳои масома номида мешаванд ва баъзан собитҳои панҷара ҳам меноманд.

**Масомаи элементарие, ки аз шумораи камтарини атомҳо иборатанд, масомаи одӣ номида мешавад.** Ба масомаи одӣ панҷараи кристаллии ях мисол шуда метавонад.

Дар расми 6.17.5 баъзе намудҳои панҷараи кристаллӣ нишон дода шудааст. Панҷараи кубии одитарин ба намаки ошӣ тааллуқ дорад (расми 6.17.5,а), оҳан  $Fe$  ва натрий  $Na$  панҷараи марказонидашудаи кубӣ доранд (расми 6.17.5,б). Металлҳои  $Ag$ ,  $Au$ ,  $Ni$ ,  $Cu$ ,  $Al$ ,  $Sn$  ба панҷараҳои рӯявимаарказонидашуда соҳиб мебошанд (расми 6.17.5,в). Дар расми 6.17.5,г панҷараи кристаллии гексагоналӣ нишон дода шудааст, ки ба элементҳои  $Zn$  хос мебошад. Тасаввуроти ботартибона ҷойгиршавии ҳиссаҷаҳо дар кристаллҳо аз тарафи олими франсуз О. Браве соли 1848 пешниҳод карда шуда буд ва дар охири асри XIX аз тарафи олимони рус А. В. Гадолин ва Е. С. Федоров инкишоф дода шуд.

Монокристаллҳо ва поликристаллҳо татбиқи васеи амалӣ доранд. Аз алмоси сахташ баланд дар техникаи ҳозиразамон асбобҳои буранда, барои тарошидану буридани

гудохтаҳои хеле сахт ва кофтани чоҳҳо тайёр менамоянд. Алмосҳо ҳамчун сангҳои таҷағоҳ (подшипникҳо) дар хронометрҳои классии олии барои киштиҳо ва дигар асбобҳои аниқи навигатсионӣ (киштиронӣ) истифода мешаванд. Дар подшипникҳои алмосӣ баъди истифодаи дарозмуддат ҳам ягон хел хӯрдашавӣ ба амал намеояд.

- а.  Дар фабрикаҳои бофандагӣ аз миллаҳои рубинӣ истифода мебаранд, ки муддати дурудароз истифода бурда мешавад. Риштабарандаҳои аз шишаи саҳттарин тайёркардашуда дар фабрикаҳои бофандагӣ дар якҷанд рӯз, аз агат тайёркардашуда то ду моҳ истифода мешаванду халос, аммо аз рубин сохташуда тамоман хӯрда намешаванд.
- б. 
- в. 
- г. 

*Расми 6.17.5*

Дар тадқиқотҳои илмӣ ва техника ба таври васеъ аз миллаҳои рубинӣ дар соҳти лазерҳо ҳамчун манбаъҳои пуркуватии рӯшноӣ истифода мебаранд. Лазерҳоро барои кафшеркунӣ, буридани металлҳо ва дар тиб барои ҷарроҳӣ истифода мебаранд.

Дар электроникаи муосир (транзисторҳо, МЭХ ва ғайраҳо) аз кристаллҳои истифода мебаранд. Аксарияти асбобҳои электронии нимоқили аз кристаллҳои германий ва кремний тайёр карда шудаанд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна ҷисмҳои саҳтро аз ҳамдигар фарқ мекунанд?
2. Ҷисмҳои саҳти кристаллӣ чӣ гуна хосиятҳо доранд?
3. Ҷисмҳои саҳти аморфӣ чӣ гуна хосиятҳо доранд?
4. Ҷисмҳои саҳти кристаллӣ аз аморфӣ чӣ фарқ доранд?
5. Гудозиши гуфта чӣ гуна протсессро меноманд?
6. Кристаллизатсия чист?
7. Гармии хоси гудозиши гуфта чиро меноманд? Бо кадом воҳид чен карда мешавад?
8. Панҷараи кристаллӣ гуфта чиро меноманд?
9. Гиреҳи панҷараи кристаллӣ гуфта чиро меноманд?
10. Дар бораи намудҳои панҷараҳои кристаллӣ маълумот диҳед.
11. Кристаллҳо чӣ гуна табиқи амалӣ доранд?

## 6.18. ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИИ ЧИСМҲОИ САХТ

Хосиятҳои механикии ҷисмҳои сахт ба сохти молекулии онҳо вобаста мебошад.

Таҳти таъсири механикӣ ҷисмҳо шаклу ҳаҷми худро тағйир медиҳанд, яъне ба деформатсия дучор мегарданд.

*Таҳти таъсири қувваҳои беруна тағйирёбии шаклу андозаи ҷисро деформатсия меноманд.*

Ду намуди деформатсияро аз ҳамдигар фарқ менамоянд:

1. деформатсияи чандирӣ;
2. деформатсияи пластикӣ.

Деформатсияи резина, пӯлод, танаи одам, устухонҳо ва бофтаҳо деформатсияи чандирӣ ба шумор мераванд.

*Деформатсия, ки баъди қатъ гардидани таъсири қувваи берунӣ боқӣ мемонад, деформатсияи пластикӣ ё гайричандирӣ номида мешавад.*

Деформатсияи кӯрғошим, алюминий, пластилин, лой ва ғайраҳо деформатсияи пластикӣ ба шумор мераванд.

**Деформатсияи чандирӣ.** Деформатсияи чандирии кашидашавии миллаи дарозии  $\ell$  ва масоҳати буриши кўндалангиаш  $S$ -ро таҳти таъсири қувваи  $F$  дида мебароем (расми 6.18.1).

Ҳангоми қувваи чандирӣ ба қувваи берунӣ баробар гардидан, деформатсия қатъ мегардад. Таҷрибаҳо тасдиқ менамоянд, ки бузургии қувваи чандирӣ ба дарозшавии ҷисм мутаносиб мебошад:

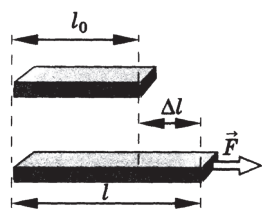
$$F_{\text{чан}} = \kappa \Delta \ell. \quad (6.18.1)$$

Дар ин ҷо  $\Delta \ell$  – дарозшавии мутлақи милла,  $\kappa$  – коэффитсиенти мутаносибӣ буда, сахтии ҷисм ном дорад.

Барои тавсифи хосияти чандирии ҷисмҳо мафҳуми шиддати механикӣ истифода бурда мешавад.

**Шиддати механикӣ**  $\sigma$  бузургии физикӣ буда, ба нисбати қувваи чандирӣ  $F_{\text{чан}}$  бар масоҳати буриши кўндалангии ҷисм баробар аст:

$$\sigma = \frac{F_{\text{чан}}}{S}. \quad (6.18.2)$$



Расми 6.18.1

Воҳиди шиддати механикӣ дар  $СИ\ III a = 1Н/м^2$  ба шумор меравад.

Барои тавсифи деформатсия инчунин аз дарозшавии нисбӣ истифода мебаранд. **Нисбати дарозшавии мутлақи ҷисмро бар дарозии аввалааш дарозшавии нисбии ҷисм  $\varepsilon$  меноманд:**

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}. \quad (6.18.3)$$

Дарозшавии нисбӣ муайян мекунад, ки дарозшавии мутлақ  $\Delta l$  кадом ҳиссаи дарозии аввалаи ҷисмро ( $l_0$ ) нишон медиҳад.

Қиматҳои  $F_{чан}$  ва  $\Delta l$  – ро аз ифодаҳои (6.18.2) ва (6.18.3) ба баробарии (6.18.1) гузошта ҳосил менамоем:

$$\sigma = \kappa \frac{l_0}{S} \varepsilon.$$

Дар ин ҷо  $\kappa \frac{l_0}{S}$  -ро бо  $E$  ишора мекунем:

$$\sigma = E\varepsilon, \quad (6.18.4)$$

Дар ин ҷо  $E$  – модули чандирӣ ё модули Юнг номида мешавад.

Модули Юнг ба маводди ҷисмҳо вобаста буда, барои ҷисмҳои гуногун қиматҳои ҳархела дорад.

Чи қадаре, ки модули Юнг зиёд бошад, мила камтар деформатсия мешавад.

Модули Юнг хосияти ба фишурдашавӣ ва дарозшавии чандирӣ муқобилият нишон додани маводро тавсиф медиҳад.

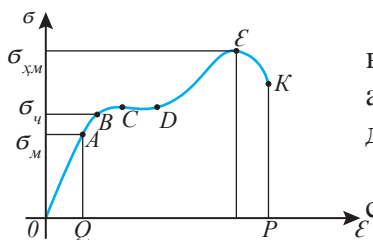
Формулаи (6.18.4) дар баробари ифодаи (6.18.1) шакли математикии қонуни Гукро ифода менамояд.

Мувофиқи қонуни Гук барои деформатсияи чандирӣ, шиддати механикӣ ба дарозшавии нисбии ҷисм мутаносиби роста мебошад.

Агар  $\varepsilon = 1$  бошад,  $\sigma = E$  мешавад, яъне модули чандирӣ ададан ба шиддати механикӣ баробар аст, ки хангоми ба дарозии аввалааш баробар шудани дарозшавии ҷисм ба амал меояд.

Модули Юнг ба ҳарорат, сохт, таркиби химиявӣ, коркарди ҳароратӣ, таъсири нурҳои радиоактивӣ ва ғайраҳо вобастагӣ дорад.

Ҳангоми кашидашавии ҷисми саҳт қувваи чандирӣ ҷисро фишурда менамояд. Ҳангоми афзудани масофаи байни атомҳо қувваи кашиши онҳо нисбат ба ҳолати мувозинатӣ зиёдтар мегардад ва ин ба пайдоиши қувваи чандирӣ оварда мерасонад. Қувваи натиҷавии ҷазбшавии атомҳо баъди қатъ гардидани таъсири қувваи берунӣ ҷисро то дарозии аввалааш фишурда менамояд.



Расми 6.18.2

Дар расми 6.18.2 графикаи вобастагии шиддати механикӣ  $\sigma$  аз дарозшавии нисбӣ  $\varepsilon$  нишон дода шудааст.

Қонуни Гук барои деформатсияҳои хурд, яъне барои дарозшавиҳои нисбии хурд дуруст мебошад (қитъаи  $OA$ -и расми 6.18.2).

Ин чунин маъно дорад, ки аз ягон қимати шиддати механикӣ сар карда қонуни Гук дигар иҷро намешавад. **Зиёдтарин шиддати механикӣ, ки барои он қонуни Гук риоя мешавад, ҳудуди мутаносибӣ номида мешавад.** Ин шиддат дар расми 6.18.2 бо  $\sigma_m$  ишора шудааст.

Дар мавриди зиёд кардани бори механикӣ шиддат ба дарозшавии нисбии ҷисм мутаносиб намешавад (қитъаи  $AB$ -и расми 6.18.2). Дар ин ҳолат ҳам баъди қатъ кардани таъсири бори механикӣ андозаи аввалаи ҷисм амалан барқарор мешавад.

**Деформатсияи пластикӣ.** Аз ягон қимати муайяни  $\varepsilon_{max}$  чандир будани деформатсия қатъ гардида, деформатсия ғайричандир мегардад.

**Шиддати зиёдтарине, ки дар он ҷисм деформатсияи худро нигоҳ медорад, ҳудуди чандирӣ номида мешавад.**

Ин бузургӣ дар расми 6.18.2 бо  $\sigma_y$  ишора гардидааст. Ҳудуди чандирӣ аз ҳудуди мутаносибӣ 0,01% зиёдтар мебошад.

Агар бори беруна ба дараҷае бошад, ки шиддати механикӣ аз ҳудуди чандирӣ зиёд гардад, он гоҳ баъди қатъ гардидани таъсири бор мила каме кӯтоҳ гардида, ба дарозии аввалааш соҳиб намегардад ва дар он деформатсия боқӣ мемонад.

Бо зиёдшавии ояндаи бори механикӣ деформатсияи ҷисм тезтар афзуда меравад. Аз қимати муайяни бори

механикӣ (шиддати механикӣ, нуқтаи  $C$ -и расми 6.18.2) сар карда, дарозшавии минбаъдаи ҷисм бе зиёдшавии бор ба амал меояд (қитъаи  $CD$ -и расми 6.18.2). Ин қитъаи график шакли уфуқӣ дорад.

Зиёдшавии баъдинаи бори механикӣ болоравии хати качро ба амал меорад ва он дар нуқтаи  $E$  ба қимати калонтарин соҳиб мегардад. Баъди ин шиддати механикӣ якбора кам ва дарозшавии ҷисм зиёд шуда, дар нуқтаи  $K$  мила хароб гардида канда мешавад. Ин қимати шиддати механикӣ дар расми 6.18.2 бо  $\sigma_{xM}$  ишора гардидааст ва ҳудуди мустаҳкамӣ номида мешавад. Қимати  $\sigma_{xM}$  ба намуди моддаи тадқиқшаванда ва сифати обутоби он вобастагӣ дорад.

***Шиддати максималие, ки дар ҷисм то вайроншавии он ба амал меояд, ҳудуди мустаҳкамӣ номида мешавад.***

Дониستاني хосиятҳои чандирии ҷисмҳо барои ҳисоби тавсифҳои гуногуни механизм ва конструксияҳои сохтмонӣ ва интихоби тарзи коркарди маводҳо зарур мебошад.

Маводҳои пластикӣ гуфта, маводдеро меноманд, ки дар шиддатҳои аз шиддати ҳудуди чандири хеле калон вайрон намегарданд.

Тавассути хосияти пластикӣ доштанишон бо алюминий, мис, пӯлод ҳар гуна коркардҳои механикӣ – қолабрезӣ, кӯфтасозӣ, қатъкунӣ, ёзиш мегузаронанд.

Дар байни ҷисмҳои саҳт як гурӯҳи ҷисмҳо хосияти ҷарсӣ зоҳир менамоянд. ***Ҷисмҳои, ки дар натиҷаи деформатсияҳои начандон калон хароб мегарданд, ҷисмҳои ҷарс номида мешаванд.*** Масалан, маснуотҳои шишагӣ ва чинӣ, чӯяну мрамор ҷарсанд. Онҳо аз баландиҳои начандон зиёд афтада ё таҳти таъсири зарбаҳои хурд шикаста пора-пора мешаванд.

Барои ҷисмҳои ҷарс бо афзоиши дараҷаи деформатсия шиддати механикӣ якбора меафзояд ва ин боиси тез харобшавии онҳо мегардад. Дар ҷисмҳои ҷарс амалан хосияти пластикӣ зоҳир намегардад.

## **САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР**

1. Деформатсия гуфта чиро меноманд?
2. Намудҳои деформатсияро номбар намоед ва бо мисолҳо фаҳмонед.



3. Деформатсияи мутлақ ва нисбӣ гуфта чиро меноманд?
4. Шиддати механикӣ гуфта чиро меноманд ва бо кадом воҳид чен карда мешавад?
5. Қонуни Гукро ба шакли математикӣ навишта маънидод намоед.
6. Кадом вақт деформатсияи ҷисмҳо аз қонуни Гук майл мекунад?
7. Ҳудуди чандирӣ гуфта чиро меноманд?
8. Ҳудуди мустаҳкамӣ чист?
9. Чарсӣ гуфта чиро меноманд?

## ХУЛОСАҲОИ МУҲИММИ БОБ

Физикаи молекулярӣ хусусияти макроскопии ҷисмҳоро дар ҳолатҳои гуногун – газӣ, моеъӣ ва сахтӣ, қонуниятҳои аз як ҳолат ба ҳолати дигар гузаштани онҳоро дар асоси тасаввуроти сохти молекулии моддаҳо, хусусиятҳои ҳаракати атомҳою молекулаҳо ва қувваҳои байни онҳо таъсиркунандаро меомӯзад.

Ҳосияти моддаҳоро дар асоси сохти атомӣ-молекулярӣ доштани онҳо назарияи молекулярӣ-кинетикӣ маънидод менамояд.

**Назарияе, ки хосиятҳои ҷисмҳои макроскопиро дар асоси тасаввуроти сохти атомӣ-молекулярӣ доштани онҳо маънидод менамояд, назарияи молекулярӣ-кинетикӣ номида мешавад.**

**Аз як ҳолати агрегатӣ ба ҳолати дигари агрегатӣ гузаштанро гузариши фазавӣ меноманд.**

Барои маънидоди хосиятҳои газҳо аз мафҳуми гази идеалӣ истифода мебаранд.

**Газе, ки дар он қувваи таъсири мутақобили молекулаҳо ва ҳаҷми ҳоси онҳо ба эътибор гирифта намешавад, гази идеалӣ номида мешавад.**

Яке аз хусусиятҳои моеъҳо аз он иборат аст, ки дар ҳароратҳои гуногун бухор мешаванд.

**Ҳодисаи аз сатҳи моеъҳо баромада рафтани молекулаҳоро бухоршавӣ меноманд.**

**Ҳодисаи аз ҳолати бугӣ ба ҳолати моеъгӣ гузаштанро конденсатсия меноманд.**

**Миқдори гармие, ки дар ҳарорати додашуда барои ба буг табдил додани воҳиди массаи моеъ зарур аст, гармии ҳоси бухоршавӣ  $\lambda$  номида мешавад.**

*Буге, ки бо моеи худ дар мувозинати динамикӣ мебошад, буге сер номида мешавад.*

*Буге, ки бо моеи худ дар ҳолати мувозинатӣ нест, буге носер меноманд.*

*Ҷараёни калони бухоршавиро аз тамоми ҳаҷми моеъ ҷӯшиш меноманд.*

Дар табиат ҷисмҳои саҳти кристаллӣ ва аморфиро аз ҳамдигар фарқ менамоянд.

*Тартиби ҷойгиришавии фазогии ҳиссачаҳои ҷисми саҳтро панҷараи кристаллӣ меноманд.*

*Протсессии аз ҳолати кристаллӣ (саҳтӣ) ба ҳолати моеъгӣ гузаштанро гудозиш меноманд. Ҳарорате, ки дар он ҷисми саҳт гудохта мешавад, ҳарорати гудозиш номида мешавад.*

*Протсессии аз ҳолати моеъгӣ ба ҳолати кристаллӣ (саҳтӣ) гузаштанро кристаллшавӣ (саҳтшавӣ) меноманд.*

*Миқдори гармие, ки дар ҳарорати гудозиш барои ба моеъ табдил додани воҳиди массаи моддаи кристаллӣ зарур аст, гармиш хоси гудозиш номида мешавад.*

*Дар таҳти таъсири қувваҳои беруни тағйирёбии шакли андозаи ҷисмҳои саҳтро деформатсия меноманд.*

Барои тавсифи хосияти чандирии ҷисмҳо аз мафҳуми шиддати механикӣ истифода мебаранд.

Шиддати механикӣ  $\sigma$  бузургии физикӣ буда, ба нисбати қувваи чандирӣ  $F_{\text{чанд}}$  бар масоҳати буриши кӯндалангии ҷисм  $S$  баробар аст:

$$\sigma = \frac{F_{\text{чанд}}}{S}.$$

*Барои деформатсияи чандирӣ шиддати механикӣ ба дарозшавии нисбии ҷисм  $\varepsilon$  мутаносиби роста мебошад.* Ин ҳулоса таърифи қонуни Гукро ифода менамояд ва ба шакли математикӣ ин тавр навишта мешавад:

$$\sigma = E\varepsilon,$$

дар ин ҷо  $E$  – модули чандирӣ ё модули Юнг номида мешавад.

## БОБИ VII

### АСОСҲОИ ТЕРМОДИНАМИКА

То ҳол мо ҳодисаҳои физикӣ ва қонуниятҳои онро аз нуқтаи назари назарияи молекуляр-кинетикӣ дида баромадем. Тавре ки дар аввали боби шашум қайд кардем, физикаи молекуляр боз усули дуҷуми тадқиқоти дорад ва он термодинамика номида мешавад.

Усули термодинамикӣ ҳиссаҳои назар аз атомҳо ё молекулаҳо иборат буданашон тадқиқ мекунад ва ё чӣ тавре дар термодинамика қабул шудааст, системаҳоро дар якҷумла меомӯзад.

Термодинамика аввалан ҳамчун фан барои ба кор табдил додани гармӣ ба вучуд омадааст. Ҳоло бошад, доираи омӯзиши он хеле васеъ шуда, аз он термодинамикаи техникӣ, ҳамчун фанни алоҳида ҷудо шудааст.

Одамон аз замонҳои қадим барои осон намудани кори худ аз механизмҳои гуногун, ба монанди ҳамвориҳои моил, фашангҳо, чарх ва ғарғара истифода мебарданд. Истифодабарии энергияи шамол ва оби афтанда имконият дод, ки кори механикӣ калон иҷро карда шавад. То асри XVIII қариб, ки аз энергияи хеле бузурги дар дохили ҳиссаҳои нахон буда, истифода бурда намешуд. Яке аз омилҳои асосии инқилоби илмӣ-техникӣ истифодаи энергияи дохилӣ бахри иҷрои кори механикӣ ба шумор меравад.

Термодинамикаи техникӣ яке аз қисмҳои физика буда, имкониятҳои истифодаи энергияи дохилиро бахри иҷрои кори механикӣ меомӯзад.

Термодинамика баъд аз кашфи қонуни бақои энергия дар нимаи асри XIX ба вучуд омадааст ва асоси онро фаҳмиши энергияи дохилӣ ташкил менамояд.

Термодинамика ҳам ба монанди дигар фанҳои қонунҳои ба худ хосро дорад ва онҳо дар асоси таҷрибаҳои бисёрсолаи инсоният ба вучуд оварда шудаанд, ки онҳоро қонунҳои ҷумла ва дуҷуми термодинамика меноманд.

*Қонуни якуми термодинамика ин қонуни бақои энергия барои протсессҳои ҳароратӣ мебошад.*

*Қонуни дуҷуми термодинамика бошад, самти гузаштани протсессҳоро муайян менамояд. Инчунин ин қонун роҳҳои беҳтарини мубаддаллашавии гармиро ба қор, дар протсессҳои даврӣ нишон медиҳад, ки ин дар техника аҳамияти хеле калон дорад.*

Термодинамика ҳодисаҳои физикие, ки бо атом ва молекулаҳои алоҳида (микрпротсессҳо) алоқамандро наомӯхта, қонуниятҳо ва ҳодисаҳои ба ҷисмҳо ё системаҳои андозаҳои ҳудуднок доштаро (макрпротсессҳоро) меомӯзад.

Дар термодинамика ҷисм ё система гуфта, қисми фазоеро меноманд, ки бо ягон намуди материя пур карда шудааст. Масалан, газ ё моеи дар ягон зарф буда ва ё ягон қисми моддаи сахт ё якҷанд намуди онҳо дар якҷоягӣ ва ғайраҳо ҷисм ба шумор мераванд.

Яке аз мафҳумҳои асосии термодинамика фаза ба ҳисоб меравад. Фаза гуфта, як система ё ҷамъи онҳо, инчунин як қисми системаи додасударо, ки ҷисми якҷинсаи гомогенӣ номидашавандаро ташкил медиҳад ва дар мувозинати термодинамикӣ мебошад, меноманд. Системаи аз ях, об ва буғи он иборат бударо системаи сефазагӣ меноманд. Ях, об ва буғ фазаҳои алоҳидаро ташкил медиҳанд.

Хусусияти асосии фаза аз таъсири он ба фазаҳои дигар иборат мебошад. Ҳангоми ин гуна таъсир, гузариши модда аз як фаза ба фазаи дигар ба вучуд меояд. Масалан, дар системаи дуфазагии об – буғ гузаштани молекулаҳо аз об ба буғ (бухоршавӣ) ва аз буғ ба об (конденсатсия) ба вучуд меояд.

## **САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР**

1. Термодинамика чӣ гуна фан мебошад?
2. Термодинамикаи техникӣ чиро меомӯзад?
3. Ҷисми термодинамикӣ гуфта чиро меноманд?
4. Фаза гуфта чиро меноманд?

## 7.1. ЭНЕРГИЯИ ДОХИЛӢ

Энергияи дохилӣ яке аз бузургиҳои асосии термодинамика ба шумор меравад ва бо ҳарфи  $U$  ишора карда мешавад.

Энергияи дохилии система гуфта, суммаи энергияи кинетикии ҳаракати бетартибонаи ҳамаи молекулаю атомҳо ва энергияи потенциалии таъсири мутақобили байни онҳоро меноманд:

$$U = \sum E_{\kappa} + \sum E_n. \quad (7.1.1)$$

Барои газҳои идеалӣ энергияи потенциалии таъсири мутақобили зарраҳо ба сифр баробар аст:

$$\sum E_n = 0.$$

Бинобар он, ифодаи (7.1.1)-ро ба намуди зарин навиштан мумкин аст:

$$U = \sum E_{\kappa}. \quad (7.1.2)$$

***Яъне энергияи дохилии газҳои идеалӣ аз суммаи энергияи кинетикии молекулаҳои онҳо иборат мебошад.***

Маълум аст, ки энергияи кинетикии миёнаи як молекула ба  $\frac{i}{2}kT$  баробар аст. Дар ин ҷо  $i$  – шумораи дараҷаҳои озоди молекулаҳои газ мебошад. Барои газҳои якатома  $i=3$  мебошад. Молекулаҳои гази якатома ба самти се тири координата ҳаракати пешраванда мекунанд, яъне се дараҷаи озод доранд. Маълум мегардад, ки энергияи кинетикии миёнаи молекулаи гази якатома ба  $\frac{3}{2}kT$  баробар аст ва ба ҳар як дараҷаи озод энергияи  $\frac{1}{2}kT$  мувофиқ меояд. Агар ин қиматро ба адади Авогадро зарб кунем, энергияи дохилии як мол гази идеалӣ ( $U_{\mu}$ ) ҳосил мешавад:

$$U_{\mu} = \frac{3}{2} N_A kT = \frac{3}{2} RT. \quad (7.1.3)$$

Баробарии (7.1.3)-ро ба шумораи молҳо  $\frac{m}{\mu}$  зарб зада, ифодаро барои энергияи дохилии миқдори дилхоҳи гази идеалии якатома ҳосил менамоем:

$$U = \frac{m}{\mu} U_{\mu} = \frac{m}{\mu} \frac{3}{2} RT. \quad (7.1.4)$$

Мувофиқи формулаи (7.1.4) энергияи дохилии массаи додашудаи газ танҳо ба ҳарорат вобастагӣ дорад. Энергияи дохилии гази идеалӣ бо афзоиши ҳарорат зиёд мегардад. Масалан, агар обро дар найчаи шишагии даҳонаш бо сарпӯш маҳкам пӯшидаро гарм кунем, он гоҳ энергияи дохилии об зиёд шуда, боиси афзоиши фишори буг мегардад, ки дар натиҷа сарпӯш парида меравад. Аз ҳисоби афзоиши энергияи дохилии буги об сарпӯши найча ба энергияи кинетикӣ соҳиб мешавад.

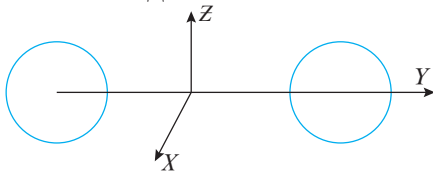
Формулаи (7.1.4) барои гази шумораи атомҳои молекулаҳояшон аз ду зиёд чунин навишта мешавад:

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT. \quad (7.1.5)$$

**Газҳое, ки молекулаҳояшон аз ду атом иборат аст, газҳои дуатома номида мешаванд.**

Молекулаҳои гази дуатомаро (гидроген –  $H_2$ , нитроген –  $N_2$ , оксиген –  $O_2$ ) ба монанди гантели гимнастикӣ тасаввур намуда, ҳамчун ду атоми дар ҳарорати на он қадар баланд мустаҳкам пайваस्त дида баромадан мумкин аст (расми 7.1.1).

Молекулаи газҳои дуатома панҷ дараҷаи озод, се дараҷаи озоди ҳаракати пешравӣ ва ду дараҷаи озоди ҳаракати чархзанӣ дар атрофи тирҳои  $X$  ва  $Z$  доранд. Чархзанӣ дар атрофи тири  $y$  ба чархзании молекулаи гази якатома дар атрофи марказаш монанд аст, бинобар он, энергияи чархзанӣ дар атрофи тири  $y$  ба сифр баробар қабул карда мешавад ва чархзанӣ дар атрофи тири  $y$  ба назар гирифта намешавад.



Ҳамин тариқ, барои гази дуатома энергияи дохилӣ аз баробарии зерин муайян карда мешавад:

Расми 7.1.1

$$U = \frac{5}{2} \frac{m}{\mu} RT. \quad (7.1.6)$$

Яъне, барои газҳои дуатома низ, энергияи дохилӣ ба ҳарорат мутаносиб мебошад.

Ҳамин тариқ, маълум гардид, ки молекулаҳои шумораи атомҳояшон аз як зиёд ғайр аз ҳаракати пешраванда, инчунин ҳаракати чархзанӣ менамоянд. Энергияи дохилии газҳои молекулаҳои шумораи атомҳояшон аз як зиёд аз суммаи энергияи кинетикии ҳаракати пешраванда ва чархзании молекулаҳо иборат мебошад.

Баробарии (7.1.5)-ро бо муодилаи Клапейрон-Менделеев муқоиса намуда, барои энергияи дохилии газ ҳосил менамоем:

$$U = \frac{i}{2} PV. \quad (7.1.7)$$

Барои газҳои реалӣ энергияи дохилии массаи додашудаи газ ғайр аз ҳарорат, инчунин ба ҳаҷми газ вобастагӣ дорад. Чунки барои ҳаҷмҳои гуногун масофаи байни молекулаҳо ҳархела мешавад ва мувофиқан энергияи потенциалии молекулаҳо низ тағйир меёбад.

Энергияи дохилии ҳаворо, ки асосан аз молекулаҳои  $N_2$  ва  $O_2$  иборат аст, барои синфе, ки ҳаҷми  $V = 5 \cdot 8 \cdot 4 \text{ м}^3$  дорад, дар ғишори атмосферӣ ( $P = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ) аз формулаи (7.1.7) ҳисоб менамоем:

$$U = \frac{5}{2} 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 5 \cdot 8 \cdot 4 \text{ м}^3 = 4,04 \cdot 10^7 \text{ Ҷ}.$$

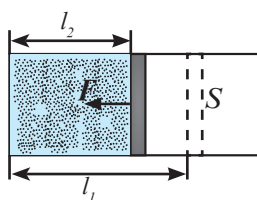
Ин энергияи хеле бузург мебошад. Аз ҳисоби энергияи дохилии моддаҳо дар амалия бо мақсадҳои гуногун истифода мебаранд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Энергияи дохилӣ гуфта чиро меноманд?
2. Энергияи дохилии гази идеалӣ аз чӣ гуна энергия иборат мебошад?
3. Ифодаи математикии энергияи дохилии гази идеалро навишта маънидод намоед.
4. Қадом ҳиссаи энергияи дохилии газҳои идеалӣ ба энергияи ҳаракати чархзанӣ мувофиқ меояд?
5. Энергияи дохилии газҳои реалӣ аз ҳаҷми онҳо чӣ гуна вобастагӣ дорад?

## 7.2. КОР ДАР ТЕРМОДИНАМИКА

Энергияи дохилӣ функсияи ҳолати система буда, ҳолати системаро ба таври яққимата муайян менамояд. Яке аз роҳҳои истифодаи энергияи дохилии ҷисмҳо ба кор табдил додани он ба шумор меравад. Маълум аст, ки дар механика кор ҳамчун ҳосили зарби модулҳои қувваи ба ҷисм таъсирбахшанда ва кӯчиши ҷисм муайян карда мешавад. Дар натиҷаи ба ҷисм таъсир намудани қувва кор иҷро мешавад ва он ба тағйирёбии энергияи кинетикии ҷисм баробар аст.



Расми 7.2.1

Дар термодинамика низ кор мисле ки дар механика ёфта мешавад, муайян карда мешавад. Аммо дар термодинамика кор на ба тағйирёбии энергияи кинетикии ҷисм, балки ба тағйирёбии энергияи дохилии он баробар мебошад. Барои тасдиқи ин таҷрибаҳои, ки дар охири асри XVIII Румфорд гузаронидааст, дида мебароем. Дар яке аз таҷрибаҳои худ Румфорд ба дохили мили тӯп пармаи кундро дохил намуда, бо басомади 32 гар/дақиқа ба чархзанӣ даровард. Дар муддати кӯтоҳ ҳарорати дохили мила то  $70^\circ\text{C}$  баланд гардид. Дар таҷрибаи дигар Румфорд ба дохили қуттии обдор силиндри металли массааш 50 кг-ро ҷой дода, бо пармаи кунд онро сӯроҳ карданӣ шуд. Баъди дувуним соати сӯроҳкунӣ оби қуттӣ ба ҷӯшидан сар кард. Ин таҷрибаҳо тасдиқ менамоянд, ки қори иҷрошуда ба афзоиши энергияи дохилии ҷисм баробар мебошад. Яъне, ченаки тағйирёбии энергияи дохилии ҷисм, қори иҷрошуда ба шумор меравад. Қори иҷрошударо ҳангоми фишурдашавии газ ҳисоб менамоем. Дар зарфи цилиндри бо поршени ҳаракаткунанда гази фишорааш  $P$  ва ҳаҷмаш  $V_1$  мавҷуд аст (расми 7.2.1).

Фарз мекунем, ки ҳангоми каме ҷойивазкунии поршен ба масофаи  $l_1 - l_2$  фишори газ бетағйир монда, ҳаҷми он ба  $V_2$  баробар мегардад. Дар ин маврид қувваи берунаи газро фишурдакунанда  $F = P_{\text{бер}} S$  ( $S$  – масоҳати поршен,  $P_{\text{бер}}$  – фишори берунае, ки ба поршен таъсир менамояд) қори зеринро иҷро менамояд:



$$A_{\text{бер}} = F(l_1 - l_2) = P_{\text{бер}} S \cdot (l_1 - l_2) = P_{\text{бер}} (V_1 - V_2),$$

$$\ddot{\text{e}} \quad A_{\text{бер}} = -P_{\text{бер}} \Delta V. \quad (7.2.1)$$

Формулаи (7.2.1) кори ичрокардаи қувваи берунаро ҳангоми фишурдашавии газ ифода менамояд ва он на танҳо барои газ, балки барои ҷисми дилхоҳе, ки таҳти фишори доимӣ ҳаҷмаш тағйир меёбад, дуруст мебошад.

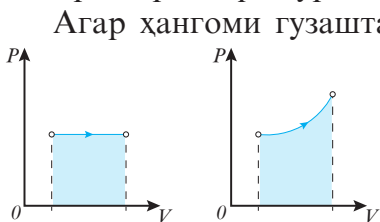
Кори қувваи берунаи бо баробарии (7.2.1) ифодакардашуда, аз кори ичрокардаи худӣ газ фарқ менамояд.

**Протсессҳои хеле сустгузарандаро протсессҳои квазистатикӣ меноманд.** Протсессҳои квазистатикиро ҳамчун ҳолатҳои мувозинатии пайдарпай ивазшаванда дида баромадан мумкин аст.

Фарқ дар аломати онҳо ба он асос карда шудааст, ки қувваи фишориши газ ба самти қувваи беруна муқобил равона мебошад. Бинобар ин, чунин навиштан мумкин аст:

$$A = -A_{\text{бер}} = P \Delta V. \quad (7.2.2)$$

Кори ичрокардаи газ ҳангоми васеъшавӣ мусбат ( $\Delta V > 0$ ) ва дар мавриди фишурдашавӣ ( $\Delta V < 0$ ) манфӣ мебошад.



Расми 7.2.2

Агар ҳангоми гузаштани протсесс фишори газ тағйир ёбад ( $P \neq \text{const}$ ), он гоҳ графики вобастагии фишори газро аз ҳаҷми он месозанд (расми 7.2.2). Дар ин маврид кори ичрокарда ададан ба масоҳати шакли таҳти график баробар мешавад.

### Саволҳо барои такрор

1. Барои чӣ ҳангоми фишурдан газ гарм мешавад?
2. Дар термодинамика кори ичрокардашуда чӣ тавр муайян карда мешавад?
3. Ифодаи кори иҷро кардаи қувваҳои беруниро навишта маънидод намоед.
4. Кори иҷрокардаи газ чӣ тавр муайян карда мешавад?
5. Чӣ гуна протсессро квазистатикӣ меноманд?
6. Ба таври графикӣ кори иҷрокардаи газ чӣ тавр муайян карда мешавад?

### 7.3. МИҚДОРИ ГАРМӢ

Энергияи дохилии ҷисмҳоро бе иҷро намудани қор низ тағйир додан мумкин аст. Масалан, агар газро дар зарфи пӯшида гарм намоем, ҳарорати он баланд гардида, энергияи дохилиаш меафзояд. Дар ин маврид тағйирёбии энергияи дохилӣ бе иҷроиши қор ба амал меояд.

***Протсессии бе иҷроиши қор аз ҷисм ба ҷисми дигар нақл намудани энергияро гармиивазкунӣ ё гарминақлкунӣ меноманд.***

Ҳангоми ҳарорати гуногун доштани қисмҳои ҷисм ё дар алоқа будани қисмҳои ҳарораташон гуногун гармиивазкунӣ ба амал меояд. Аз қисми ҳарораташ баланд ба қисми ҳарораташ паст ё аз қисми ҳарораташ баланд ба қисми ҳарораташ паст қисми энергияи дохилӣ кӯчонида мешавад.

***Қисми энергияи дохилӣ, ки ҳангоми гармиивазкунӣ аз як ҷисм ба ҷисми дигар дода мешавад, миқдори гармӣ  $Q$  номида мешавад.***

Инчунин энергияе, ки дар ҷараёни гармиивазкунӣ ҷисм медиҳад, миқдори гармӣ номида мешавад.

Миқдори гармие, ки ҷисм фурӯ мебарад, мусбат ва миқдори гармие, ки ҷисм ҷудо менамояд, манфӣ қабул карда мешавад.

Механизми гармиивазкунӣ чунин маънидод карда мешавад. Ҳангоми дар тамос будан қисмҳои ҳарораташон гуногун дар байни молекулаҳои онҳо таъсири мутақобил ба амал меояд. Дар натиҷа энергияи кинетикии молекулаҳои қисмҳо баробар гардида, суръати молекулаҳои қисми ҳарораташ паст афзун гардида, суръати молекулаҳои қисми ҳарораташ баланд суст мегардад. Дар ин маврид як қисми энергияи дохилии қисми ҳарораташ баланд ба қисми ҳарораташ паст нақл карда мешавад.

Маълум аст, ки ҳангоми ҳарорати қисми массааш  $m$ -ро аз ҳарорати  $t_1$  то ҳарорати  $t_2$  баланд намудан миқдори гармии зерин сарф мегардад:

$$Q = cm(t_1 - t_2), \quad (7.3.1)$$

дар ин ҷо  $c$  – коэффитсиенти мутаносибӣ буда, гармиғунҷоиши хоси ҷисм мебошад.

*Ҳангоми хунуқишавӣ қисм миқдори гармӣ медиҳад. Миқдори гармие, ки қисми массааш 1 кг ҳангоми ба 1 к тағйирёбии ҳарораташ мегирад ё медиҳад, гармигунҷоиши хос номида мешавад.*

Воҳиди гармигунҷоиши хос дар системаи байналхалқии воҳидҳо (СИ)  $\text{Ҷ}/(\text{кг} \cdot \text{К})$  мебошад.

Гармигунҷоиши хос ҳам аз хосияти моддаҳо ва ҳам аз протесси ба амал омадани гармиивазкунӣ вобастагӣ дорад. Масалан, ҳангоми дар фишори собит гарм кардани газ он васеъ гардида, қор иҷро менамояд. Миқдори гармии додашуда ба тағйирёбии энргияи дохилии газ ва ҳам қори иҷрокардаи он сарф мешавад. Ҳангоми дар ҳаҷми собит гарм кардани газ, миқдори гармии додашуда, танҳо барои тағйир додани энргияи дохилии газ сарф мешавад.

Бинобар ин, барои ба  $1^\circ\text{C}$  ( $1\text{ K}$ ) афзун намудани ҳарорати газ дар фишори собит, нисбат ба гарм кардани он дар ҳаҷми собит миқдори гармии зиёдтар зарур аст.

Азбаски ҳаҷми моеъҳо ва қисмҳои саҳт ҳангоми гармкунӣ кам тағйир меёбад, гармигунҷоиши хоси онҳо ҳангоми собит будани ҳаҷм ( $c_v$ ) ва ҳангоми собит будани фишор ( $c_p$ ) аз ҳамдигар хеле кам фарқ менамоянд ва онҳоро баробар ҳисобидан мумкин аст ( $c_v = c_p$ ).

Ҳангоми ба буғ табдил додани моеъ миқдори гармии муайян сарф мешавад ва аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$Q_6 = rm, \quad (7.3.2)$$

дар ин ҷо  $r$  – гармии хоси буғшавӣ аст.

Дар ҳарорати  $100^\circ\text{C}$  гармии хоси буғшавии об хеле қалон мебошад:  $r = 2,256 \cdot 10^6 \text{ Ҷ/кг}$ . Барои моеъҳои дигар (спирт, эфир, қарасин, симоб) гармии хоси буғшавӣ хеле хурд буда, нисбат ба гармии хоси буғшавии об аз 3 то 10 маротиба кам мебошад.

Ҳангоми конденсатсия миқдори гармии ( $Q_k$ ) ба миқдори гармии ҳангоми буғшавӣ сарфшуда баробар ҷудо мешавад:

$$Q_k = -rm. \quad (7.3.3)$$

Ҳангоми гудозиши ҷисми саҳти кристаллии массааш  $m$ , миқдори гармии сарфшуда  $Q$  аз формулаи зерин ҳисоб карда мешавад:

$$Q_r = \lambda m, \quad (7.3.4)$$

дар ин ҷо  $\lambda$  - гармии хоси гудозиш номида мешавад.

**Миқдори гармие, ки барои 1 кг ҷисми саҳти кристаллиро дар ҳарорати гудозиши ба моеи ҳамин гуна ҳарорат дошта табдил додан зарур аст, гармии хоси гудозиш номида мешавад.** Ҳангоми кристаллшавии 1 кг модда ҳамин гуна миқдори гармӣ ( $Q_{кр}$ ) ҷудо мешавад:

$$Q_{кр} = -\lambda m. \quad (7.3.5)$$

Гармии хоси гудозиши ях хеле калон мебошад:  $\lambda = 3,34 \cdot 10^5$  Ҷ/кг.

Агар гармии хоси гудозиши ях калон намебуд, дар баҳор хамаи яхи мавҷудбуда, дар муддати кӯтоҳтарин гудохта шуда, ба ҳодисаҳои нохуш оварда мерасонид.

Миқдори гармӣ дар фарқ аз энергияи дохилӣ функцияи ҳолат ба шумор намеравад ва ҳолати системаро ба таври яққимата муайян наменамояд.

Миқдори гармӣ ҳам ба параметрҳои ҳолат ва ҳам ба роҳи гузариши ҷисм аз як ҳолат ба ҳолати дигар вобаста мебошад. Яъне, миқдори гармӣ функцияи протсесс мебошад.

Дар ҳар як ҳолат ҷисм энергияи дохилии муайян дорад ва инро барои миқдори гармӣ гуфтан мумкин нест. Ифодаи «ҷисм ин қадар миқдори гармӣ дорад» ё «дар ҷисм миқдори гармии муайян ниҳон аст» маъно надорад. Миқдори гармиро ҳангоми гузаштани протсесс гирифтани ё додан мумкин аст.

Миқдори гармӣ ба мисли қор ченаки тағйирёбии энергияи дохилӣ ба шумор меравад. Бинобар он, ин се бузургӣ бо воҳидҳои якхела – ҷоулҳо (Ҷ) чен карда мешаванд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Усулҳои тағйир додани энергияи дохилиро номбар намоед.
2. Қори иҷрокардаи газ ва қори қувваҳои берунии аз болои газ иҷрошуда дар фишори собит чӣ тавр муайян карда мешавад?

3. Ҳангоми тағйирёбии фишиор кори газ чӣ тавр муайян карда мешавад?
4. Миқдори гармӣ гуфта чиро меноманд?
5. Миқдори гармӣ бо кадом воҳид чен карда мешавад?
6. Миқдори гармӣ дар мавридҳои гармкунӣ, хунуккунӣ, бугшавӣ, конденсатсия, гудозиш ва кристаллшавӣ бо кадом формулаҳо ҳисоб карда мешаванд? Онҳоро маънидод намоед.
7. Гармигунҷошии хос гуфта чиро меноманд?

## 7.4. ҚОНУНИ ЯКУМИ ТЕРМОДИНАМИКА

Чи тавре қайд кардем, қонуни якуми термодинамика – қонуни бақои энергия барои протсессҳои ҳароратӣ мебошад.

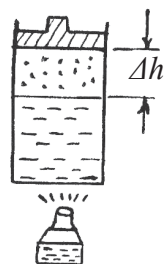
Барои фаҳмидани ин қонун таҷрибаи зеринро дида мебароем.

Зарфи поршендори моеъ доштара гарм мекунем (расми 7.4.1).

Ҳангоми гармкунӣ ҳарорати моеъ баланд гардида, васеъ мешавад ва поршенро ба ягон баландии  $\Delta h$  мебардорад, яъне кор иҷро менамояд.

Агар фишори моеъ  $P$  ва масоҳати буриши зарф  $S$  бошад, он гоҳ кори иҷрокардаи моеъ барои бардоштани поршен  $A = PS\Delta h$  мешавад. Дар ин ҷо  $S \cdot \Delta h = \Delta V$  – тағйирёбии ҳаҷми моеъ мебошад. Бинобар ин, кори иҷрокардаи моеъ ҳангоми васеъшавӣ баробар мешавад:

$$A = p \Delta V. \quad (7.4.1)$$



Расми 7.4.1

Қайд кардан лозим аст, ки на ҳамаи миқдори гармии ба системаи додашуда, ба кор табдил меёбад. Қисми дигари миқдори гармии додашуда барои то ҳарорати ҷӯшиш гарм кардани моеъ, яъне барои тағйир додани энергияи дохилии он сарф мешавад.

Барои мавриди дида баромадамон қонуни бақои энергия ё қонуни якуми термодинамика ба шакли математикӣ чунин навишта мешавад:

$$\Delta Q = \Delta U + A. \quad (7.4.2)$$

**Ҳамин тариқ, миқдори гармие, ки ба система дода мешавад ( $\Delta Q$ ), қисман барои тағйир додани энергияи дохилии он ( $\Delta U$ ) ва қисми дигараи барои иҷрои кор аз тарафи система ( $A$ ) сарф мешавад.**

Ин таърифи қонуни якуми термодинамикаро ифода менамояд.

Тавре ки қайд карда будем, миқдори гармӣ ва кори иҷрошуда дар аксар ҳолатҳо ба шакли роҳи гузариши протсессҳо вобаста буда, аз энергияи дохилӣ вобастагӣ надорад. Бузургҳои термодинамикие, ки аз шакли роҳи гузариши протсессҳо вобастаанд, функцияи ҳолат ба шумор намераванд ва ҳолати системаро ба таври яққимата муайян наменамоянд.

Ҳамин тариқ, энергияи дохилӣ функцияи ҳолати система буда, кор ва миқдори гармӣ функцияи ҳолат ба шумор намераванд. Агар робитаи система бо муҳити беруна қатъ карда шавад, яъне он бо муҳити беруна таъсири мутақобил накунад, он гоҳ миқдори гармии ба он додашуда ва кори иҷрокардааш ба сифр баробар мешавад ( $\Delta Q=0$ ,  $A=0$ ). Қиматҳои сифрии миқдори гармӣ ва корро ба баробарии (7.4.2) гузошта ҳосил менамоем:  $\Delta U=0$ . Ин чунин маъно дорад, ки энергияи дохилии система тағйир намеёбад ва  $U = const$ .

**Дар протсесси дилхоҳе, ки дар системаи сарбаста мегузарад, энергияи дохилӣ собит мебошад.** Ин хулоса мавриди хусусии қонуни бақои энергия ба шумор меравад.

Аз қонуни якуми термодинамика бармеояд, ки сохтани ҳаракатдиҳандаи абадӣ – дастгоҳе, ки гӯё бе сарфи энергия кори номаҳдуд иҷро мекарда бошад, имконнопазир аст. Агар система аз берун гармӣ нагирад ( $\Delta Q=0$ ), аз формулаи (7.4.2) ҳосил мекунем:

$$A = -\Delta U.$$

Яъне, система аз ҳисоби камшавии энергияи дохилӣ кор иҷро менамояд. Баъд аз он ки захираи энергия ба итмом мерасад, ҳаракатдиҳанда аз кор мемонад. Дар барқарор намудани қонуни бақои энергия саҳми тадқиқотчиён Майер, Жоул ва Гелмголтс хеле калон мебошад.

То кашфи қонуни якуми термодинамика олимон ва шахсони дигар баҳри таъсиси ҳаракатдиҳандаи абадӣ кӯшишҳои хеле зиёд мекарданд. Танҳо баъди муқаррар намудани қонуни якуми термодинамика маълум гардид, ки гоյи сохтани ин гуна ҳаракатдиҳандаҳо ба ин қонун зид аст ва сохтани онҳо имконнопазир мебошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Қонуни якуми термодинамикаро ба шакли математикӣ навишта маънидод намоед.
2. Дар қадом маврид тағйироти энергияи дохилӣ манфӣ мешавад?
3. Иббот намоед, ки сохтани ҳаракатдиҳандаи абадӣ имконнопазир аст.

## 7.5. ТАТБИҚИ ҚОНУНИ ЯКУМИ ТЕРМОДИНАМИКА БА ИЗОПРОТСЕССҲО

**Протсесси изобарӣ.** Дар протсесси изобарӣ ( $P = const$ ) кори васеъшавии газ баробар аст:

$$A = P\Delta V = P(V_2 - V_1), \quad (7.5.1)$$

дар ин ҷо  $V_1$  – ҳаҷми аввалаи газ,  $V_2$  – ҳаҷми охиринаи газ. Яъне, кори васеъшавии газ дар протсесси изобарӣ ба ҳаҷми аввала ва охиринаи газ вобаста буда, ададан ба масоҳати чоркунҷаи  $12V_2V_1$  баробар аст (расми 7.5.1).

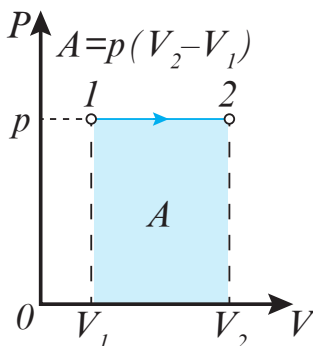
Барои протсесси изобарӣ қонуни якуми термодинамика чунин навишта мешавад:

$$\Delta Q = \Delta U + A. \quad (7.5.2)$$

**Протсесси изохорӣ.** Барои протсесси изохорӣ  $V = const$ ,  $\Delta V = 0$  аст, бинобар ин кори иҷрокарда  $A = P\Delta V = 0$  мешавад ва қонуни якуми термодинамика чунин навишта мешавад:

$$\Delta Q = \Delta U. \quad (7.5.3)$$

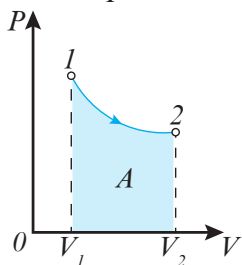
Яъне, барои протсесси изохорӣ ҳамаи миқдори гармии ба система



Расми 7.5.1

додашуда, пурра барои тағйир додани энергияи дохилии он сарф мешавад.

**Протесси изотермӣ.** Тасвири графии протесси изотермӣ ( $T = \text{const}$ ) дар расми 7.5.2 нишон дода шудааст, ки аз гипербола иборат аст.



Расми 7.5.2

Масоҳати байни гипербола ва тири абсисс ададан ба кори протесси изотермӣ баробар аст. Азбаски ҳарорат собит аст, энергияи дохилии гази идеалӣ дар протесси изотермӣ тағйир намеёбад ва  $\Delta U = 0$  мешавад.

Бинобар ин, қонуни якуми термодинамика барои протесси изотермӣ намуди зеринро мегирад:

$$\Delta Q = A. \quad (7.5.4)$$

**Ҳамин тариқ, дар протесси изотермӣ, миқдори гармии ба газ додашуда, пурра барои иҷро намудани кор сарф мешавад.**

Протесси изотермӣ идеалӣ ба шумор меравад, чунки ҳангоми ба газ додани миқдори гармӣ, барои он ки ҳарорати он тағйир наёбад, протесс бояд беохир суст гузарад. Ҳангоми бо суръати охиринок гузаштани протесс тағйирёбии ҳарорат ба амал меояд ва протесс изотермӣ намешавад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Дар протесси изобарӣ кори иҷрошуда ба кадом бузургиҳо вобаста аст?
2. Барои протесси изобарӣ қонуни якуми термодинамика чӣ тавр навишта мешавад?
3. Қонуни якуми термодинамикаро барои протесси изохорӣ навишта маънидод намоед.
4. Барои протесси изотермӣ қонуни якуми термодинамикаро навишта маънидод намоед.



## 7.6. ПРОТССЕССИ АДИАБАТӢ

Барои самарабахш ба кор табдил додани энергияи дохили гумшавии онро ҳангоми мубодилаи гармӣ бо муҳити атроф барҳам задан лозим аст.

Системаеро, ки бо муҳити атроф мубодилаи гармӣ намекунад, системаи гарминигоҳдор меноманд. Протсессҳое, ки дар дохили системаҳои гарминигоҳдор мегузаранд, бо муҳити атроф мубодилаи гармӣ намекунанд.

***Протсессе, ки бе мубодилаи гармӣ бо муҳити атроф ба амал меояд, адиабатӣ номида мешавад.***

Яъне, протсессии адиабатӣ протсессии термодинамикиест, ки дар системаи гарминигоҳдор мегузарад.

Дар се маврид протсессии ба адиабатӣ наздикро ҳосил намудан мумкин аст:

1) Агар протсесс дар дохили қабати адиабатӣ номидашаванда, ки гармигузарониаш ба сифр баробар аст, гузаронида шавад. Чунин қабати адиабатӣ зарфи дюар (термос) ба шумор меравад. Агар дар ҳамин гуна зарф фишурдашавӣ ё васеъшавии газ гузаронида шавад, он гоҳ протсессро адиабатӣ ҳисоб намудан мумкин аст.

Протсессҳое, ки дар цилиндриҳои мошинаҳои бугии бо варақаҳои асбестӣ печонидашуда мегузаранд, ба таври дағал ба протсессии адиабатӣ наздик ҳисобидан мумкин аст.

2) Протсессии адиабатӣ протсессии тезгузаранда ба ҳисоб меравад. Ҳангоми тез фишурдани газ кори  $A$  сарф карда мешавад, ки дар натиҷа энергияи дохили зиёд мешавад ва ҳарорат меафзояд. Ҳангоми баландшавии ҳарорат, бояд ягон миқдори гармии  $\Delta Q$  ба муҳити атроф, ки ҳарорати паст дорад, дода шавад, аммо барои протсессии гармиивазкунӣ вақти муайян лозим аст. Ҳангоми тез фишурдашавӣ барои гузаронидани гармӣ дар ҳаҷми додашуда вақт намерасад,  $\Delta Q=0$  мешавад ва протсессро адиабатӣ ҳисобидан мумкин аст.

Ҳангоми бо насоси велосипед кор кардан танаи насос саҳт метасфад, ин бошад, дар натиҷаи ба таври адиабатӣ фишурдашавии ҳаво ба вучуд меояд.

3) Протсессии адиабатиро ҳангоми васеъшавии ҳаҷмҳои калони газҳо, дар атмосфера мушоҳида кардан мумкин аст. Ин ба тарзи дуҷум монандӣ дорад. Агар дар атмосфера бо ягон сабаб ҳаво тунук карда шавад, он гоҳ барои аз муҳити атроф ба ҷойи васеъшавӣ гузаштани миқдори гармӣ вақти хеле зиёд лозим аст. Бинобар он протсессҳои дар ҳаҷмҳои калон гузарандаро адиабатӣ ҳисобидан мумкин аст.

Барои протсессии адиабатӣ қонуни якуми термодинамика чунин навишта мешавад:

$$\Delta Q = \Delta U + A = 0. \quad (7.6.1)$$

Аз ин ҷо ҳосил мекунем:

$$A = -\Delta U. \quad (7.6.2)$$

Яъне, қор дар протсессии адиабатӣ аз ҳисоби камшавии энергияи дохилӣ иҷро мешавад.

Ҳангоми васеъшавии адиабатӣ  $A > 0$  мебошад. Агар дар аввали васеъшавӣ ҳарорати ибтидоии газ  $T_1$  ва баъди васеъшавӣ  $T_2$  бошад, он гоҳ барои тағйирёбии энергияи дохилии он ҳосил менамоем:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_2 - \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T, \quad (7.6.3)$$

Дар ин ҷо  $\Delta T = T_2 - T_1$  – тағйирёбии ҳарорати газ аст.

Барои васеъшавии адиабатӣ ин ифода ро ин тавр навиштан мумкин аст:

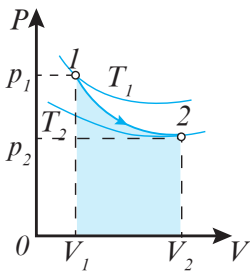
$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T < 0.$$



Расми 7.6.1

Ин чунин маъно дорад, ки ҳангоми васеъшавии адиабатӣ  $\Delta T < 0$  мешавад. Яъне, ҳарорати газ нисбат ба ҳарорати аввалааш паст мегардад. Дар расми 7.6.1 баъди васеъшавии адиабатии буғ дар натиҷаи пастшавии ҳарорат ба вуҷуд омадани қатраҳои моеъ (протсессии конденсатсия) нишон дода шудааст.

Пастшавии ҳарорати газ ҳангоми васеъшавӣ аз ҳисоби камшавии энергияи кинетикии миёнаи молекулаҳои он ба амал меояд.



Расми 7.6.2

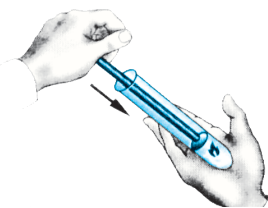
Ҳангоми васеъшавии адиабатӣ пастшавии ҳарорати газ боиси он мегардад, ки фишор нисбат ба протсессии изотермӣ якбора паст мегардад (расми 7.6.2).

Хати қачи 1 ва 2 васеъшавии адиабатиро ифода мекунад, ки дар байни ду изотерма гузаронида шудааст ва адиабата номида мешавад. Аз расми 7.6.2 дида мешавад, ки адиабата изотермаҳоро бурида мегузарад.

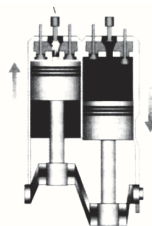
Масоҳати дар таҳти адиабата буда, ададан ба қори иҷрокардаи газ ҳангоми васеъшавии адиабатӣ аз ҳаҷми  $V_1$  то ҳаҷми  $V_2$  баробар аст.

Ҳангоми фишурдашавии адиабатӣ дар натиҷаи афзоиши энергияи кинетикии молекулаҳои газ ҳарорати он баланд мегардад. Дар вақти тез фишурда намудани ҳавои цилиндр пахтаи ба эфир тарқардашудаи дар дохили он буда, аланга мегирад (расми 7.6.3).

Якбора гармшавии ҳаво ҳангоми фишурдашавии адиабатӣ дар ҳаракатдиҳандаҳои дизелӣ истифода бурда мешавад (расми 7.6.4).



Расми 7.6.3



Расми 7.6.4

Ҳангоми фишурдашавӣ ҳарорати ҳавои цилиндр якбора баланд мегардад. Дар охири фишурдашавӣ аз афшонак (форсунка) сӯзишвории моеъ партофта мешавад ва он аланга гирифта, фишори газро баланд менамояд ва ҳаракати поршен ба самти муқобил ба амал меояд.

1. *Чӣ гуна протсессро адиабатӣ меноманд?*
2. *Қонуни якуми термодинамикаро барои протсесси адиабатӣ навишта маънидод намоед.*
3. *Дар протсесси адиабатӣ қор аз ҳисоби чӣ иҷро карда мешавад?*
4. *Барои чӣ ҳангоми васеъшавии адиабатӣ ҳарорати газ паст ва ҳангоми фишурдашавии адиабатӣ ҳарорати газ баланд мешавад?*
5. *Аз фишурдашавии адиабатӣ дар амалия чӣ тавр истифода мебаранд?*

### 7.7. БЕБОЗГАШТИИ ПРОТССЕССҲОИ ҲАРОРАТӢ

Қонуни якуми термодинамика – қонуни бақои энергия барои протсессҳои ҳароратӣ ба шумор меравад. Он вобастагии байни миқдори гармӣ, қор ва энергияи дохилро муқаррар намуда, самти гузариши протсессҳоро нишон дода наметавонад.

Як қатор протсессҳои аз нуқтаи назари қонуни якуми термодинамика имконпазир дар ҳақиқат рӯй намедиханд.

Аз таҷрибаҳо маълум аст, ки ҳамеша миқдори гармӣ аз ҷисми ҳарораташ баланд ба ҷисми ҳарораташ паст мегузарад. Ҳангоми тормоздиҳии автомобил, ё ин ки поезд, энергияи кинетикии он ба гармии қисмҳои тормоздиҳӣ сарф мешавад ва миқдори гармии ҷудошуда ба муҳити атроф пароканда мешавад.

Ин миқдор гармии парокандашударо бо ягон усул ҷамъ карда, ба энергияи кинетикии автомобил табдил додан имконнопазир мебошад.

Ин гуна протсесс ба қонуни якуми термодинамика муҳолиф нест. Чунки барои он вобастагии қор ва миқдори гармӣ иҷро шавад кифоя аст.

Ҳамаи протсессҳои физикии реалӣ барнагардандаанд.

Агар система дар натиҷаи ягон протсесс аз ҳолати  $A$  ба ҳолати  $B$  гузарад ва боз ба воситаи ҳамаи ҳолатҳои мобайнӣ ба ҳолати  $A$  баргардад, ки дар натиҷа дар ҷисмҳои муҳити атроф ва худ он система тағйироте ба амал наояд, чунин протсессро баргарданда меноманд.

Ҳангоми гузариши система аз ҳолати  $A$  ба  $B$  ва аз ҳолати

В ба А, дар ҷисмҳои муҳити атроф ё ин ки худ система ягон тағйирот ба амал ояд, протсессро барнагарданда меноманд.

Азбаски ҳамаи протсессҳои реалӣ бо иштироки соиш мегузаранд, пас онҳо барнагардандаанд.

Протсесси васеъшавии газ, нақли микдори гармӣ мисоли протсессҳои барнагарданда ба шумор мераванд. Чунки гази парокандашуда худ аз худ ҷамъ намешавад, микдори гармӣ аз ҷисми ҳарораташ паст ба ҷисми ҳарораташ баланд худ аз худ намегузарад.

Нақли гармӣ аз ҷисми ҳарораташ паст ба ҷисми ҳарораташ баланд аз ҳисоби кори иловагии дастгоҳҳои хунуккунӣ ба амал меояд.

Ҳамин тариқ, протсессҳои макроскопӣ ба самти муайян қорӣ мегарданд.

Қонуни дуҷуми термодинамика самти гузаштани протсессҳоро дар табиат нишон медиҳад ва барнагардандагии онҳоро дар табиат инъикос менамояд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна протсессро баргарданда меноманд?
2. Протсесси барнагарданда гуфта чӣ гуна протсессро меноманд?
3. Протсессҳои барнагардандаи ҳароратино бо мисолҳо шарҳ диҳед.
4. Лапиши раққосаки математикиро протсесси баргарданда ҳисоб кардан мумкин аст?

## 7.8. ҚОНУНИ ДУҶУМИ ТЕРМОДИНАМИКА

Қонуни дуҷуми термодинамика низ хулосаи далелҳои таҷрибавӣ буда, самти протсессҳои ҳароратии дар табиат гузарандаро муқаррар мекунад.



Рудолф Клаузиус

Қонуни дуҷуми термодинамикаро олими олмонӣ Рудолф Клаузиус муқаррар намудааст. Барои таъсиси таърифи қонуни дуҷуми термодинамика Клаузиус 15 сол фикронӣ намуд. Ӯ соли 1850 дар 28-солагиаш ин қонунро муқаррар намуда буд. Баъди ин Клаузиус борҳо ба ин қонун

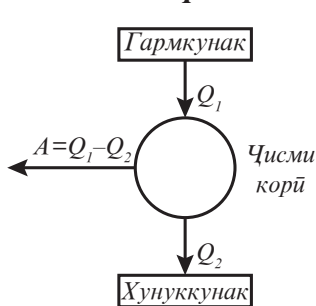
мурочиат намуда, мазмуни онро пурра карда кӯшиш намуд, ки ифодаи аниқи математикии онро ёбад.

Якчанд таърифҳои қонуни дуҷуми термодинамика мавҷуд мебошад. Ин таърифҳо моҳиятан маънои якхела доранд. Баъзе таърифҳои ба қонуни дуҷуми термодинамика додаи олимонро дида мебароем.

**Таърифи Клаузиус.** *Гармӣ худ аз худ аз ҷисми ҳарораташ паст ба ҷисми ҳарораташ баланд гузашта наметавонад.*

Ин чунин маъно дорад, ки барои ин гуна гузариш бояд манбаҳои берунӣ кор иҷро намоянд. Гузариши миқдори гармӣ аз ҷисми ҳарораташ баланд ба паст ҳамеша ба амал меояд, агар ин ҷисмҳо бо қабати адиабатӣ ҷудо карда нашуда бошанд.

**Таърифи Планк.** *Ҳосил кардани протсессии даврии, ки ягона натиҷаи он мубаддал кардани миқдори гармӣ ба кор аст, имконнопазир мебошад.*



Расми 7.8.1

Ҳар гуна мошинҳои ҳароратӣ аз манбаи гармӣ (гармкунак), ҷисми корӣ ва гармиқабулкунак (хунуккунак) иборат аст (расми 7.8.1). *Механизми, ки энергияро (гармиро) ба кор табдил медиҳад, мошини ҳароратӣ номида мешавад.* Аз расми 7.8.1 дида мешавад, ки дар мошинҳои ҳароратии реалӣ миқдори гармии аз гармидиҳак гирифташуда

$Q_1$ , қисман ба кор мубаддал карда мешавад ва қисман бе истифода ба миқдори  $Q_2$  ба хунуккунак дода мешавад.

Ҳамин тариқ, дар мошини ҳароратии дилхоҳ танҳо як қисми гармии аз гармидиҳак гирифташуда ба кор мубаддал карда мешавад, ки он ба  $A = Q_1 - Q_2$  баробар аст. Ҳарорати гармиқабулкунаки мошинҳои ҳароратии реалӣ, тахминан ба  $373\text{ K}$  баробар аст, ҳарорати гармидиҳак бошад, дар мавриди беҳтарин аз ҳарорати гармиқабулкунак  $200\text{-}300\text{ K}$  зиёд аст.

Бинобар ин, коэффитсиенти кори фойданоки мошинҳои беҳтарин аз 0,4-0,5 зиёд намешавад. **Нисбати кори иҷрокардаи мошинро ба миқдори гармии аз гармкунак гирифташуда, коэффитсиенти кори фойданоки мошини ҳароратӣ меноманд.**

Коэффитсиенти кори фойданоки мошинҳои ҳароратӣ аз ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}. \quad (7.8.2)$$

Дар ин ҷо  $Q_1$  – миқдори гармие, ки қисми кори мошини ҳароратӣ аз гармкунак мегирад,  $Q_2$  – миқдори гармие, ки қисми қорӣ ба хунуккунак медиҳад,  $Q_1 - Q_2$  – миқдори гармие, ки ба кори фойданок табдил меёбад.

**Таърифи Келвин.** *Сохтани мошинҳои ҳароратие, ки аз ҳисоби миқдори гармии аз қисми аз ҳама хунуктарини дар система буда, гирифта қор иҷрокунанда, имконнопазир аст.*

Ин гуна мошин чунин мошине шуда метавонад, ки гармии аз оби уқёнусҳо гирифташударо ба қор мубаддал кунад. Агар ба роҳи гирифтани гармӣ ва ба қор мубаддал кардани он, ҳарорати ҳамаи обҳои уқёнус 0,1 K паст карда шавад, он гоҳ тамоми мошинаҳо ва дастгоҳҳои кураи Замиро дар давоми 1500 сол ба ҳаракат даровардан мумкин аст. Ин гуна мошинро ҳаракатдиҳандаи абадии навъи дуюм (perpetuum mobile) меноманд. Ҳаракатдиҳандаи абадии навъи якум бояд қорро аз ҳеч чиз, бе сарфи энергия иҷро намояд. Ҳаракатдиҳандаи абадии навъи якум ба қонуни бақои энергия муҳолиф мебошад, ҳаракатдиҳандаи абадии навъи дуюм ба қонуни бақои энергия муҳолиф набуда, ба қонуни дуҷуми термодинамика зид мебошад, бинобар он, сохтани чунин мошинҳо ба монанди ҳаракатдиҳандаҳои абадии навъи якум ва дуюм имконнопазир мебошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Таърифҳои қонуни дуҷуми термодинамикаро маънидод намоед.
2. Мошини ҳароратӣ гуфта чиро меноманд ва он аз қадом қисмҳо иборат аст?

3. Коэффитсиенти кори фойданоки мошини ҳароратӣ чӣ тавр муайян карда мешавад?
4. Аҳамияти қонуни дуюми термодинамика аз чӣ иборат аст?
5. Доир ба таърифҳои Клаузиус, Планк ва Келвин хулосаҳоятонро пешниҳод намоед.

## 7.9. АМАЛИ КОРИ ҲАРАКАТДИҲАНДАҶОИ ҲАРОРАТӢ

*Дастгоҳе, ки энергияи дохилии сӯзишвориро ба кори механикӣ табдил медиҳад, ҳаракатдиҳандаи ҳароратӣ номида мешавад.*

Аксарияти ҳаракатдиҳандаҳои дар соҳаҳои гуногун истифодашаванда ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ ба шумор мераванд.

Дар ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ кори механикӣ ҳангоми васеъшавии ҷисми корӣ иҷро карда мешавад. Қисми асосии ҳаракатдиҳандаи ҳароратиро силиндрҳои поршендор ташкил менамоянд (расми 7.6.4). Дар ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ ба сифати ҷисми корӣ газ ё бӯғ истифода мешавад. Амали кори ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ ба протсессҳои васеъшавӣ ва фишурдашавии даврӣ такроршавандаи ҷисми корӣ асос карда шудааст. Барои кор иҷро намудани ҳаракатдиҳанда бояд ҳар ду тарафи поршени силиндри он фишори гуногун дошта бошад. Ин фарқи фишор ҳангоми сӯхтани сӯзишворӣ ба амал оварда мешавад. Ҳангоми сӯхтани сӯзишворӣ гази ҳосилшуда васеъ гардида поршенро ҷой иваз кунонида, кор иҷро менамояд. Дар натиҷаи васеъшавии газ дар яке аз силиндрҳо, дар силиндри дигар, ки ба механизми махсус бо ин силиндр пайваст аст, протсесси фишурдашавии ҷисми корӣ ба амал меояд (расми 7.6.4). Ин протсесс ба таври даврӣ такрор мегардад ва ҳаракатдиҳанда протсесси коричрокуниро давом медиҳад. Дар ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ на ҳамаи миқдори гармии дар натиҷаи сӯхтани сӯзишворӣ ҷудошуда ба кори фойданок табдил дода мешавад. Миқдори гармии дар гармидиҳак ҷудошуда ба  $Q_1$  баробар аст. Қисми ин миқдори гармӣ  $Q_2$  ба хунуккунак дода мешавад.



Хунуккунак – чистест, ки қисми энергияи қисми кори ро фуру мебарад. Дар мошинҳои ҳароратӣ нақши хунуккунакро муҳити атроф ё дастгоҳи махсус барои хунуккунӣ ва конденсатсияи буғикоркардашуда мебозад.

Ҳамин тариқ, дар мошини ҳароратии дилхоҳ танҳо як қисми миқдори гармии аз гармидиҳак гирифташуда ба кор табдил меёбад, ки он ба  $A = Q_1 - Q_2$  баробар аст.

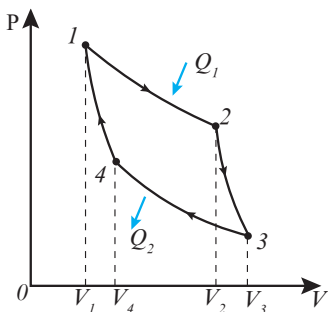
Формулаи (7.8.2)-ро барои коэффитсиенти кори фойданоки мошинҳои ҳароратӣ ба намуди зайл менависем:

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (7.9.1)$$

Мувофиқи формулаи (7.9.1) коэффитсиенти кори фойданоки мошинҳои ҳароратӣ ҳамеша аз 1 хурд мебошад. Олимон ҳамеша кӯшиш менамоянд, ки коэффитсиенти кори фойданоки (к.к.ф.) мошинҳои ҳароратӣ баланд бардошта шавад. Муҳандиси франсуз Сади Карно синкли мошини ҳароратии идеалиро пешниҳод кард, ки яке аз синклҳои аҳамиятноки термодинамикӣ ба шумор меравад ва дар он ба сифати қисми қорӣ гази идеалӣ истифода мешавад. Синкли қорӣ мошини ба синкли Карно қорқунанда аз ду протсессии изотермии мувозинатӣ ва ду протсессии адиабатии мувозинатӣ иборат аст (расми 7.9.1).

Дар мошин ҳама гуна талафшавиҳои энергия бо роҳи гармигузаронӣ, нурбарорӣ, соиш ва ғайраҳо барҳам дода шудааст. Ба мошин гармкунаки ҳарораташ  $T_1$  ва хунуккунаки ҳарораташ  $T_2$  алоқаманд мебошад. Гармкунак ва хунуккунак

чунон қалон мебошанд, ки гармидиҳӣ ва гармиқабулкунӣ ҳарорати онҳоро тағйир дода наметавонад. Аз ҳолати 1 то ҳолати 2 васеъшавии гази ҳангоми ба  $T_1$  баробар будани ҳарорати он, изотермӣ ба вуҷуд меояд. Дар ин маврид қисми қорӣ аз гармкунак миқдори гармии  $Q_1$ -ро мегирад. Баъд васеъшавии гази аз ҳолати 2 то ҳолати 3 ба таври адиабатӣ гузаронида



Расми 7.9.1

мешавад, ки дар ин вақт ҳарорати он аз  $T_1$  то  $T_2$  паст мешавад. Аз ҳолати 3 сар карда, то ҳолати 4 газ ба таври изотермӣ фишурда мешавад. Дар ин маврид газ ба хунуккунак миқдори гармии  $Q_2$ -ро медиҳад. Фишурдашавии ояндаи газ то ҳолати 1 ба таври адиабатӣ мегузарад ва ҳарорати он аз  $T_2$  то  $T_1$  баланд мешавад.

Ҳамин тариқ, сикле ба амал оварда мешавад, ки аз ду протсессии изотермӣ (васеъшавӣ ва фишурдашавӣ) ва ду протсессии адиабатӣ (васеъшавӣ ва фишурдашавӣ) иборат аст ва он сикли Карно номида мешавад.

Карно барои ҳисоб намудани к.к.ф.-и ин мошини ҳароратӣ ифодаи зеринро ҳосил намуд:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \quad (7.9.2)$$

дар ин ҷо  $T_1$  – ҳарорати гармкунак,  $T_2$  – ҳарорати хунуккунак мебошад.

Мувофиқи формулаи (7.9.2) к.к.ф.-и мошини идеалии бо сикли Карно коркунанда, танҳо ба ҳароратҳои гармкунак ва хунуккунак вобастагӣ дорад. Сади Карно бо тадқиқотҳои худ нишон дод, ки к.к.ф.-и мошинҳои ҳароратии воқеӣ аз к.к.ф.-и мошинҳои ҳароратии идеалӣ зиёд буда наметавонад.

Аз формулаи (7.9.2) дида мешавад, ки к.к.ф.-и мошини ҳароратӣ дар мавриди ҳар чӣ баландтар будани ҳарорати гармкунак ва ҳар чӣ пасттар будани ҳарорати хунуккунак зиёдтар мегардад.

Дар мавриди ба сифр баробар гардидани ҳарорати хунуккунак к.к.ф.-и мошини ҳароратӣ  $\eta=1$  мешавад. Ҳарорати хунуккунаки мошинҳои ҳароратӣ аз ҳарорати муҳити атроф паст буда наметавонад.

Масалан, барои трубинаи бугӣ  $T_1=800K$  ва  $T_2=300K$  мебошад. Агар талафотҳои дигари энергияро ба эътибор нагирем, барои ин гуна трубинаи бугӣ  $\eta=62\%$ -ро ташкил менамояд.

Дар мавриди ба эътибор гирифтани талафотҳои гуногуни энергия, к.к.ф.-и ин трубинаи бугӣ ба 40 % баробар аст.

Дар ҷадвали 7.9.1. к.к.ф. – ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратии гуногун оварда шудааст.

Ҳарорати гармунакхоро ниҳоят баланд бардоштан имконнопазир аст, чунки ҳар як мавод (ҷисми сахт) хосияти гармибардории муайян дорад ва дар ҳароратҳои ниҳоят баланд хосиятҳои механикии худро гум карда ғудохта мешавад. Бинобар ин, дар амалия барои зиёд намудани к.к.ф.-и ҳаракатдиҳандаҳо соиши қисмҳои онро кам ва талафи сӯзишвориро аз сабаби нопурра сӯхтани онҳо барҳам мезананд.

### Ҷадвали 7.9.1

#### Коеффициенти кори фойданоки мошинҳои ҳароратӣ

Ҳаракатдиҳанда	Мошини бугӣ	Паровоз	Карбюраторӣ	Трубинӣ газӣ	Трубинаи бугӣ	Ракета бо сӯзишвории моеъ
<i>К.к.ф. %</i>	<i>1</i>	<i>8</i>	<i>20-30</i>	<i>36</i>	<i>35-46</i>	<i>47</i>

Мошини бугии универсалии аввалинро дар охири асри XVIII ихтироъкори англис Ҷеймс Уатт сохта буд.

Паровози аввалинро соли 1803 ихтироъкори англис Ричард Тревитик сохтааст. Паровози аввалинро дар Русия соли 1834 Е. А. Черепанов ва М. Е. Черепанов (падари писар) сохтаанд. Қариб сад сол паровоз воситаи нақлиёти асосӣ дар тамоми дунё ба шумор мерафт.

Соли 1956 истехсоли паровозҳо катъ карда шуданд ва онро электровозҳо ва тепловозҳо иваз намуданд. Ба ҷои мошинҳои бугӣ ҳаракатдиҳандаҳои электрикиро (дар электровозҳо) ва ҳаракатдиҳандаҳои дарунсӯзро (дар тепловозҳо) истифода бурданд.

Ҳаракатдиҳандаҳои дарунсӯзро соли 1860 механики фаронсавӣ Э. Лемуар ихтироъ намуд. Ин ҳаракатдиҳандаҳо барои он дарунсӯз меноманд, ки сӯзишворӣ дар он на дар берун, балки дар дохили силиндри ҳаракатдиҳанда месӯзад. Ҳаракатдиҳандаи Лемуар начандон конструкторияи такмилёфта ба шумор мерафт ва к.к.ф.-и он 3%-ро ташкил менамуд. Баъди чанд сол ҳаракатдиҳандаҳои такмилёфта ба вучуд оварда шуданд. Дар байни онҳо ҳаракатдиҳандаи чортактаи дарунсӯзи соли 1878 ихтироъкардаи ихтироъкори

олмонӣ Н. Отто мавқеи муайян дошт. Ҳар як сикли кории ин ҳаракатдиҳанда аз чор такт иборат аст: дохил гардидани омехтаи сӯзанда, фишурдашавии он, коричрокуни, баъди сӯхтани сӯзишворӣ баровардани маҳсули он.

Дар ҳаракатдиҳандаҳои Ленуар ва Отто ба сифати сӯзишворӣ омехтаи ҳаво ва гази рӯшноидиҳанда истифода бурда мешуд.

Ҳаракатдиҳандаҳои дарунсӯзи бензиниро соли 1885 ихтироъкори олмонӣ Г. Диймлер ихтироъ намуд. Тахминан дар ҳамин солҳо дар Русия О. С. Костович ҳаракатдиҳандаи бензиниро кор карда баромад. Омехтаи сӯзанда (омехтаи бензин ва ҳаво) дар ин ҳаракатдиҳанда бо ёрии дастгоҳи маҳсус – карбюратор ҳосил карда мешавад.

Соли 1897 муҳандиси олмонӣ Р. Дизел ҳаракатдиҳандаи дарунсӯзеро сохт, ки дар он на омехтаи сӯзишворӣ, балки ҳаво фишурда мешавад. Дар чараёни фишурдашавӣ ҳарорати ҳаво ба дараҷае баланд мегардад, ки ҳангоми ба он расидани сӯзишворӣ он худ аз худ аланга мегирад. Барои аланга гирифтани сӯзишворӣ дар ин гуна ҳаракатдиҳандаҳо таҷхизоти маҳсус ва карбюратор даркор нест. Ин гуна ҳаракатдиҳандаҳои дарунсӯзи навро дизелӣ меноманд. Ҳаракатдиҳандаи дизелӣ сарфаноктарин ҳаракатдиҳандаи ҳароратӣ ба шумор меравад. Дар ин гуна ҳаракатдиҳандаҳо сӯзишвории хеле арзон истифода мешавад ва к.к.ф.-и онҳо 31-44%-ро ташкил менамояд (к.к.ф.-и ҳаракатдиҳандаҳои карбюраторӣ 25-30% аст). Дар замони ҳозира аз ҳаракатдиҳандаҳои дизелӣ дар тракторҳо, танкҳо, мошинҳои боркаш, электростансияҳои сайёр ва ғайраҳо ба таври васеъ истифода мебаранд. Ҳаракатдиҳандаҳои дизелӣ дар пешрафти автомобилсозӣ саҳми арзанда доранд. Аввалин автомобилро бо ҳаракатдиҳандаи дарунсӯзи бензинӣ соли 1886 Г. Даймлер сохт. Соли 1892 автомобили аввалини худро дар Штатҳои Муттаҳидаи Америка Г. Форд сохт. Соли 1908 дар шаҳри Рига заводи русӣ – балтикийи автомобилбарорӣ ба кор оғоз намуд.

Баъди солҳои 1900 истехсоли автомобилҳои маҳсуси

пойгаҳӣ оғоз гардид ва сол аз сол суръати онҳо баланд бардошта мешуд. Дар солҳои 60-уми асри XX суръати автомобилҳо бо ҳаракатдиҳандаҳои поршендор аз 600 км/соат баланд буд. Баъди дар автомобилҳо таҷҳизонидани ҳаракатдиҳандаҳои газотрубинӣ суръати онҳо аз 900 км/соат баландтар карда шуд.

Соли 1997 Э. Грин аз Британияи Кабир дар автомобили ракетии худ «Траст SSC» суръатро то 1227,985 км/соат, ки аз суръати садо дар ҳаво калон мебошад, расонид.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чиро ҳаракатдиҳандаи ҳароратӣ меноманд?
2. Ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ чӣ гуна сохт доранд?
3. Амали кори ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ ба чӣ асос карда шудааст?
4. Дар ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ қор аз ҳисоби чӣ иҷро карда мешавад?
5. Чӣ гуна сикло сикли Карно меноманд?
6. Коэффициенти кори фойданоки сикли Карно аз рӯи кадом формула ҳисоб карда мешавад маънидод намоед.
7. Барои чӣ к.к.ф.-и машинаҳои ҳароратӣ аз як хурд аст?
8. Дар бораи амали кори ҳаракатдиҳандаи ҳароратии дарунсӯз маълумот диҳед.

## 7.10. НАҚШИ ҲАРАКАТДИҲАНДАҲОИ ҲАРОРАТӢ ДАР ҲОҶАГИИ ХАЛҚ

Ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ татбиқи васеи амалӣ доранд. Дар тамоми соҳаҳои хоҷагии халқ аз ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ истифода мебаранд. Масалан, ҳосил намудани энергияи электрикӣ арзон ва воситаҳои нақлиёти суръаташон баланд тавассути ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ муяссар гардида истодааст.

Дар неругоҳҳои барқии ҳароратӣ роторҳои генераторҳои ҷараёни электрикӣ бо ёрии ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ (трубинаҳои ҳароратӣ) ба ҳаракат дароварда мешавад. Дар аксарияти мамлакатҳо қариб 80% энергияи электрикӣ дар неругоҳҳои барқии ҳароратӣ истеҳсол карда мешаванд.

Дар автомобил ва тракторҳо асосан ҳаракатдиҳандаҳои поршендори дарунсӯз (дизели ва карбюраторӣ) истифода мешавад.

Дар ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратии дизелӣ сӯзишворӣ бевосита дар даруни силиндр месӯзад, дар ҳаракатдиҳандаҳои карбюраторӣ дар карбюратор (беруни силиндр) сӯхта, баъд ба даруни силиндр ворид мегардад.

То миёнаҳои асри XX дар нақлиёти роҳи оҳан мошинҳои бугӣ истифода мебаранд. Дар замони ҳозира дар нақлиёти роҳи оҳан аз ҳаракатдиҳандаҳои дизелию электрикӣ истифода мебаранд.

Нақлиёте, ки дар роҳи оҳан бо ҳаракатдиҳандаи ҳароратии дизелӣ кор мекунад, локомотиви дизелӣ ё тепловоз ва нақлиёте, ки бо ҳаракатдиҳандаи барқӣ кор мекунад, локомотиви барқӣ ё электровоз меноманд.

Дар нақлиёти обӣ – киштиҳои калонҳаҷм ҳам аз ҳаракатдиҳандаҳои дарунсӯз ва ҳам аз трубинаҳои бугӣ истифода мебаранд.

Дар ҳавопаймоҳои сабук аз ҳаракатдиҳандаҳои поршендор ва дар ҳавопаймоҳои калонҳаҷм аз ҳаракатдиҳандаҳои реактивӣ ва турбореактивӣ истифода мебаранд. Мушакҳои кайҳонӣ низ бо истифодаи ҳаракатдиҳандаҳои реактивӣ парвоз мекунанд.

## **7.11. ҲАРАКАТДИҲАНДАҲОИ ҲАРОРАТӢ ВА МУҲОФИЗАТИ МУҲИТИ АТРОФ**

Ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ муайянқунандаи асосии тамаддуни муосир ба шумор мераванд. Бо ёрии онҳо 80 % энергияи электрикӣ ҳосил карда мешавад ва нақлиёти имрӯзаро бе онҳо тасаввур кардан имконнопазир аст.

Аммо истифодаи ҳаррӯзаи ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ ба муҳити атроф таъсири манфӣ мерасонад. Дар натиҷаи сӯختани сӯзишворӣ дар атмосфера гази карбон бароварда мешавад. Бо афзоиши гази карбон дар атмосфера фурубарии афканишоти инфрасурх зиёд гардида, ба баландшавии ҳарорати атмосфера оварда мерасонад. Ин ҳодисаро эффекти гармхона меноманд.

Ҳар сол ҳарорати атмосфера ба 0,05 °C баланд мегардад. Афзоиши минбаъдаи ҳарорати атмосфера об шудани

пиряххоро ба амал оварда, сатҳи оби баҳру уқёнусхоро баланд мегардонад ва ин боиси обхезихои хатарнок гардиданаш мумкин аст.

Маҳсули сӯхтани сӯзишворӣ ҳавои атмосфераро чиркин менамояд. Карбогидридҳои хориҷшуда бо озони қабати атмосфера ба реаксия дохил гардида, пайвастагиҳои барои организми инсон, ҳайвонҳо ва растаниҳо хатарнокро ҳосил менамоянд.

Аз тарафи дигар сӯхтани сӯзишворӣ дар ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ оксигенро дар таркиби атмосфера кам мегардонад.

Қайд кардан лозим аст, ки дар ҷумҳурии мо шумораи мошинҳои, ки бо ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ коркунанда хеле афзуда истодааст ва истифодаи ҳаррӯзаи онҳо ифлосшавии атмосфераро зиёд мегардонад.

Барои аз ифлосшавӣ эмин нигоҳ доштани атмосферае, ки аз он тамоми организмҳои зинда нафас мегиранд ва аз маҳсулотҳои хӯрокии истеҳсолшаванда ғизо мегиранд, чораҳои зарурӣ андешидан лозим аст.

Дар замони ҳозира баҳри муҳофизати муҳити атроф аз таҷҳизотҳои тозакунии истифода мебаранд, ки онҳо ба партофтани моддаҳои зараровар монеъ мешаванд, истифодабарии пайвастагиҳои металлҳои вазнинро дар таркиби сӯзишворихо маҳдуд менамоянд, ҳаракатдиҳандаҳои истифода шуда истодаанд, ки дар онҳо ба сифати сӯзишворӣ гидроген истифода мешавад, ки маҳсули сӯзиши он аз бӯғҳои оби безарар иборат аст, электромобилҳо ва автомобилҳои бо энергияи Оғтоб коркунанда сохта шуда истодаанд.

Дар Тоҷикистон баҳри тоза нигоҳ доштани муҳити зист дар ояндаи наздик шароитҳои хуб муҳайё мегардад. Баъди ба кор шурӯъ намудани неругоҳи оби барқии бузурги Роғун имконият пайдо мегардад, ки дар шаҳрҳои ҷумҳурӣ аз нақлиётҳои электромобилӣ – троллейбусу электровозҳо зиёдтар истифода бурда шаванд.

Роҳи дигари тоза нигоҳдории атмосфера дар ҷумҳурии мо ба роҳ мондани истифодаи автомобилҳои, ки бо энергияи Оғтоб коркунанда ба шумор мераванд.

Ҳамин тариқ, баҳри тоза нигоҳ доштани муҳити зист аз тамоми имкониятҳо самарабахш истифода бурдан лозим аст.

## ХУЛОСАҲОИ МУҲИММИ БОБ

Термодинамика ҳамчун фан барои ба кор табдил додани миқдори гармӣ ба вучуд омадааст.

Термодинамика ба ду қонун тақия менамояд, ки онҳоро қонунҳои якум ва дуҷуми термодинамика меноманд.

**Қонуни якуми термодинамика – ин қонуни бақои энергия барои протсессҳои ҳароратӣ мебошад.**

**Қонуни дуҷуми термодинамика самти гузаштани протсессҳоро дар табиат муайян менамояд.** Инчунин ин қонун роҳҳои беҳтарини табдили гармиро ба кор дар протсессҳои даврӣ нишон медиҳад, ки ин дар техника аҳамияти хеле калон дорад.

Яке аз фаҳмишҳои асосии термодинамика энергияи дохилӣ ба шумор меравад.

**Энергияи дохилии система аз суммаи энергияи кинетикии ҳаракати бетартибонаи ҳамаи молекулаю атомҳо ва энергияи потенциали таъсири мутақобили байни онҳо иборат аст.**

**Қисми энергияи дохилӣ, ки ҳангоми гармишвазкунии аз як қисм ба қисми дигар дода мешавад, миқдори гармӣ  $Q$  номида мешавад.**

Ҳангоми ҳарорати қисми массааш  $m$ -ро аз ҳарорати  $t_1$  то ҳарорати  $t_2$  баланд бардоштан, миқдори гармии зерин сарф мешавад:

$$Q = c m (t_2 - t_1),$$

дар ин ҷо  $c$  – гармиғунҷоиши хоси қисм мебошад.

**Миқдори гармие, ки қисми массааш  $1$  кг ҳангоми ба  $1$  К тағйирёбии ҳарораташ мегирад ё медиҳад, гармиғунҷоиши хос номида мешавад.**

**Дастгоҳе, ки энергияи дохилии сӯзишвориро ба қори механикӣ табдил медиҳад, ҳаракатдиҳандаи ҳароратӣ номида мешавад.**

Ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ татбиқи васеи амалӣ доранд. Дар тамоми соҳаҳои хоҷагии халқ аз ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ истифода мебаранд.



## ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Дар физикаи ҳозиразамон чор намуди таъсири мутақобилро аз ҳамдигар фарқ менамоянд: пурзӯр, электромагнитӣ, сусти ва гравитатсионӣ. Таъсири мутақобили пурзӯр ва сусти дар масофаҳои ниҳоят хурд ( $\sim 10^{-16}\text{м} - 10^{-18}\text{м}$ ) ба амал меоянд ва онҳо барои микроолам-олами зарраҳои элементарӣ тааллуқ доранд.

Таъсири мутақобилаи гравитатсионӣ барои ҷисмҳои макро- ва мегаолам тааллуқ дорад.

Таъсири мутақобили электромагнитӣ-таъсири мутақобили фундаменталӣ (бунёди) буда, интенсивияти баланд дорад, радиуси таъсираш хеле калон мебошад ва ҳам барои микроолам ва ҳам барои макроолам хос мебошад. Он ҳам ба намуди ҷозоба ва ҳам ба намуди теладиҳӣ зоҳир мегардад.

Ҳамаи ҳодисаҳои табиат бо таъсири мутақобили электромагнитӣ алоқаманданд.

***Назарияи таъсири мутақобили электромагнитиро яке аз фаслҳои физика – электродинамика меомӯзад.***

Электродинамика ба ду қисм тақсим мешавад: электродинамикаи классикӣ ва электродинамикаи квантӣ.

Электродинамикаи классикӣ назарияи таъсири мутақобили электромагнитиро дар макроолам меомӯзад. Электродинамикаи квантӣ назарияи таъсири мутақобили электромагнитиро дар микроолам тадқиқ менамояд.

Баъди таъсисёбии электродинамика дар нимаи дуюми асри XIX татбиқи амалии қонунҳои электромагнитӣ оғоз гардид. Кашфи радио ва ҳаракатдиҳандаҳои электрикӣ тавассути татбиқи қонунҳои электродинамика имконпазир гардиданд.

Асосгузори электродинамика Максвелл, Фарадей ва Эрстед ба шумор мераванд.

Татбиқи васеи қонунҳои электродинамика пешрафти иқтисодӣ ва ҳаёти мардумро таъмин намуда истодааст. Зиндагонии ҳаррӯзаи худро мо бе истифодаи энергияи электрикӣ пеш бурда наметавонем.

Бинобар ин, дар ин фасл қонунҳои электродинамикаро омӯхта, бо тарзҳои ҳосилкунии энергияи электрикӣ ва истифодаи самарабахши он дар амалия шинос мегардем.

***Яке аз фаслҳои электродинамикаро электростатика меноманд.***

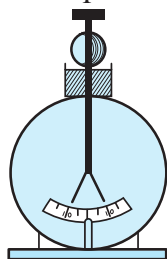
## БОБИ 8 ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Электростатика таъсири мутақобили зарядҳои оромро меомӯзад.

### 8.1. ЗАРЯДҲОИ ЭЛЕКТРИКӢ

Дар табиат ду намуди зарядҳои электрикӣ: мусбат ва манфӣ мавҷуд мебошад.

Заряди мусбат ҳангоми шишаро бо чарм ё матои шохигӣ соиш додан ва заряди манфӣ ҳангоми эбонитро бо матои пашмин соиш додан ҳосил мешавад. Ҷисмҳои зарядашон ҳамном якдигарро тела медиҳанд ва гуногунном заряддор кардашуда, ба якдигар ҷазб мешаванд. Дар амалия барои санҷидани электрнокшавии ҷисмҳо аз асбоби махсус-электроскоп истифода мебаранд (расми 8.1.1).



Расми 8.1.1

Электроскоп аз ноқили мисини дар болаш саққочаи мисин ва дар охири ҳафт варақчаҳои алюминӣ пайваस्त кардашуда иборат мебошад. Ноқили варақчадор ба воситаи пробкаи эбонитӣ ба қуттичаи металли шишадор гузошта шудааст. Ҳангоми саққочаро заряддор кардан варақчаҳо низ заряддор гардида, якдигарро тела дода, аз ҳамдигар дур мешаванд.

Ҳангоми электрнокшавӣ бо соиш ҳар ду ҷисмҳои соишхӯрда заряддор мешаванд.

Дар натиҷаи соишхӯрии ҷисмҳо атомҳои аз ҷиҳати электрикӣ нейтралӣ онҳо ионизатсия шуда, электронҳои озод пайдо мешаванд ва дар байни ҷисмҳо тақсими электронҳо ба амал меояд. Ҷисми соишхӯрдае, ки дорои электронҳои зиёдтар мегардад, манфӣ ва ҷисми соишхӯрдае, ки дар он норасоии электронҳо ба амал меояд, мусбат заряддор мегардад.

Ҳамин тариқ, яке аз ҷисмҳои соишхӯрда мусбат ва дигараш манфӣ заряддор мегардад.

Воҳиди заряди электрикӣ  $1$  кулон ( $1Кл$ ) мебошад.

Барандагони заряд зарраҳои элементарӣ, атомҳо, молекулаҳо ва ҷисмҳои макроскопӣ буда метавонанд.

Ба таври таҷрибавӣ муқаррар карда шудааст, ки барои ҳам заряди мусбат ва ҳам заряди манфӣ модулан қимати минималии заряд мавҷуд мебошад. Қисми ин зардро гирифтани имконнопазир мебошад.

Ба заряди электрикии минималӣ зарраҳои элементарӣ доро мебошанд. Протон ба заряди мусбати минималӣ (+ $e$ ) ва электрон ба заряди манфии минималӣ (- $e$ ) соҳиб мебошад.

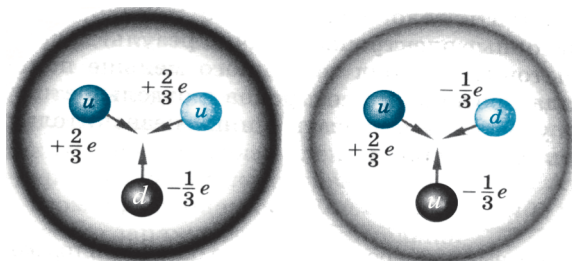
Заряди натиҷавии атом ё молекулаҳо ба суммаи зарядҳои протону электронҳои дар таркиби онҳо мавҷудбуда баробар аст:

$$q = ne,$$

дар ин ҷо  $n$ -адади бутун,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Заряди электрикӣ дискретӣ мебошад. Фарқи минималии модули заряди дилҳо ба  $e$  баробар мебошад.

Мувофиқи назарияи квантии муосир протон ва нейтрон аз комбинатсияи ду зарраҳои элементарӣ-кваркҳои  $u$  ва  $d$  бо заряди  $+\frac{2}{3}e$  ва  $-\frac{1}{3}e$  иборат мебошанд (расми 8.1.2).



Расми 8.1.2

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кадом намудҳои таъсири мутақобилро аз ҳамдигар фарқ менамоянд?
2. Таъсири мутақобили электромагнитӣ чӣ гуна таъсир мебошад?
3. Электродинамика гуфта чӣ гуна фасли физикаро менамоянд?
4. Электростатика чиро меомӯзад?
5. Дар табиат чанд намуди зарядҳои электрикӣ мавҷуд аст?
6. Электроскоп чӣ гуна асбоб мебошад?
7. Зарядҳои электрикиро чӣ тавр ҳосил кардан мумкин аст?
8. Ба сифати воҳиди заряд чӣ қабул карда шудааст?

## 8.2. ҚОНУНИ БАҚОИ ЗАРЯДИ ЭЛЕКТРИКӢ

Агар то соишхӯрӣ чисмҳо бе заряд бошанд, баъди соишхӯрӣ электронҳои озод гардида, байни чисмҳо тақсим мегарданд ва норасоии шумораи электронҳо дар чисми якум ба афзоиши электронҳо дар чисми дуюм баробар мебошад.

Агар ин чисмҳо системаи аз ҷиҳати электрикӣ изолятсиякардашударо (ба воситаи сарҳадашон зарядхоро нагузаронанд) ташкил намоянд, он гоҳ заряди пурраи ин гуна система тағйир наёфта, ба сифр баробар мондан мегирад.

Ҳамин тариқ, суммаи алгебравии зарядҳои системаи аз ҷиҳати электрикӣ изолятсия кардашуда собит мебошад:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const}, \quad (8.2.1)$$

дар ин ҷо  $n$  – шумораи зарядҳои система.

Баробарии (8.2.1) шакли математикии қонуни бақои зарядро ифода менамояд.

*Мувофиқи қонуни бақои заряд зарядҳои гуногунном ҷуфт-ҷуфт ҳосил ё нест мешаванд, яъне ҷи миқдоре, ки зарядҳои мусбат ҳосил (нест) шаванд, ҳамон миқдор зарядҳои манфӣ ҳосил (нест) мешаванд ва суммаи алгебравии зарядҳои системаи аз ҷиҳати электрикӣ изолятсия кардашуда, ҳамеша собит мебошад.*

Қонуни бақои заряд барои системаи чисмҳои заряддори аз ҷиҳати электрикӣ изолятсия кардашуда низ иҷро мешавад.

Ин қонун доир ба соҳаи таълимот дар бораи электрик қонуни асосӣ буда, бо далелҳои бешумор тасдиқ гардидааст.

Аз қонуни бақои миқдори зарядҳои электрикӣ хулоса бармеояд, ки дар моддаи нейтралӣ дилхоҳ зарядҳои ҳар ду аломат ба миқдори баробар мавҷуд мебошанд.

Чисмҳоро инчунин дар натиҷаи ба чисмҳои заряддор ба тамос овардан, дар натиҷаи гармкунӣ, бо таъсири рӯшноӣ, бо роҳи таъсиркунӣ ва ғайраҳо заряддор намудан мумкин аст.

Бо таъсири рӯшноӣ заряддоркунӣ дар дастгоҳи нусхабардории «Ксерокс» истифода бурда мешавад.

Дар таҷрибаҳо муқаррар карда шудааст, ки заряди электрикии ҷисми дилхоҳ ба адади бутун заряди электрон  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$  қаратӣ мебошад. Массайи электрон ба  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$  баробар аст.

Ҳамаи ҷисмҳо аз рӯйи хосиятҳои электрикиашон ба ноқилҳо ва диэлектрикҳо ҷудо мешаванд. Ноқилҳо гуфта, ҷисмҳоеро меноманд, ки дар онҳо зарядҳои электрикӣ озодона дар тамоми ҳаҷмашон ҳаракат менамоянд. Диэлектрикҳо ин гуна хосият надоранд, заряди ба онҳо гузаронидашуда дар як ҷой беҳаракат мондан мегирад.

Ба ноқилҳо ҳамаи металлҳо, маҳлулҳои кислотаҳо, намакҳо ва ишқорҳо, газҳои тафсонидашуда ва ғайраҳо, ба диэлектрикҳо эбонит, шиша, каучук, равшан, сулфур, слюда, қаҳрабо, газҳо дар ҳароратҳои паст дохил мешаванд.

Умуман ба ноқилҳо ва диэлектрикҳо тақсим намудани ҷисмҳо шартӣ қабул карда шудааст, чунки қобилияти гузаронандагии электрикии ҷисмҳо аз шароите, ки ҷисм дар он мавҷуд аст, вобаста мебошад.

Мисол, шиша дар ҳарорати баланд ба ноқил мубаддал мешавад.

Ғайр аз ин, як гурӯҳи калони моддаҳо мавҷуд мебошанд, ки нимноқилҳо ном доранд, ки аз рӯйи хосиятҳои электрикиашон дар байни ноқилҳо ва диэлектрикҳо мавқеи мобайниро ишғол менамоянд.

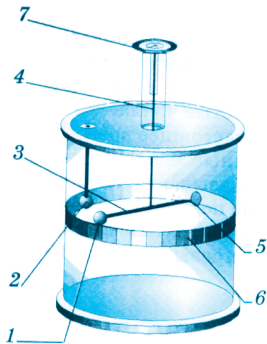
## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Қонуни бақои зарядро таъриф дода онро маънидод намоед.
2. Қонуни бақои заряд барои чӣ гуна системаҳо иҷро мешавад?
3. Аз қонуни бақои заряд истифода бурда, дар бораи зарядҳои таркиби моддаҳо чӣ гуна маълумот гирифтани мумкин аст?
4. Ҷисмҳои гуногуни заряддорро чӣ тавр ҳосил менамоянд?
5. Ҳангоми ба маводди пашмин соиш додани ҷӯбчаи эбонитӣ иҷрошавии қонуни бақои зарядро фаҳмонда диҳед.

### 8.3. ҚОНУНИ КУЛОН

Қонуни асосии баҳамтаъсиркунии зарядҳои электрриро ба таври таҷрибавӣ олими франсуз Ш.О. Кулон соли 1785 бо ёрии тарозуи чархзананда муқаррар намудааст.

Сохти тарозуи мазкур чунин аст: дар дохили зарфи калони шишагӣ дар сими борики 4 шоҳини шишагии 3 овехта шудааст, ки дар як нӯгаш сакқочаи металли 1 ва дар нӯги дигараш порсанги 5 дорад (расми 8.3.1.).



Расми 8.3.1

Нӯги болоии сим дар маркази шкалаи дараҷабандшудаи 7 маҳкам карда шудааст.

Дар сарпӯши зарф сӯроҳие мавҷуд аст, ки ба воситаи он сакқочаи аз ҷиҳати бузургиаш ба сакқочаи 1 баробар будаи 2, ки ба изолятор шинонида шудааст, дохил карда мешавад.

Кулон ҳар ду сакқочаро заряддор намуда, онҳоро нисбат ба ҳамдигар дар ягон масофа ҷойгир карда, аз рӯи кунҷи тобхӯрии ресмон (сим) қувваи баҳамтаъсиркунии байни сакқочаҳоро муайян намуд. Кунҷи максималии тобхӯрии шоҳини тарозу аз рӯи нишондоди шкалаи берунии 6 муайян карда мешавад.

Кулон масофаи байни сакқочаҳоро тағйир дода, муқаррар намуд, ки ҳангоми собит будани заряди онҳо қувваи баҳамтаъсиркунӣ ба квадрати масофаи байни марказҳои сакқочаҳо мутаносиби чаппа мебошад:

$$F_{12} \sim \frac{1}{r^2}.$$

Кулон муқаррар намуд, ки ҳангоми собит будани масофаи байни сакқочаҳо қувваи таъсири байниҳамдигарии сакқочаҳо ба бузургии зарядҳои онҳо мутаносиби роста мебошад:

$$F_{12} \sim q_1 q_2.$$

Ин натиҷаҳоро ҷамъбаст намуда, Кулон муқаррар намуд:

$$F_{12} = \kappa \frac{q_1 q_2}{r^2}, \quad (8.3.1)$$

дар ин чо  $\kappa$  – коэффитсиенти мутаносибӣ буда, аз интихоби системаи воҳидҳо вобастагӣ дорад.

Дар СИ ба сифти воҳиди заряд  $1\text{Кл} = 1\text{А} \cdot \text{с}$  қабул карда шудааст. 1Кулон (1Кл) зарядест, ки ҳангоми ба 1А (Ампер) баробар будани қувваи ҷараён, дар 1с аз буриши кӯндалангии ноқил мегузарад.

$$\text{Дар СИ } \kappa = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \text{ мебошад.}$$

Дар ин чо  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2)$  – собити электрикӣ аст ( $\text{Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2) = 1\text{Ф}/\text{м}$ ).

Қимати  $\kappa$  -ро ба эътибор гирифта, аз баробарии (8.3.1) ҳосил менамоем:

$$F_{12} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}. \quad (8.3.2)$$

Формулаи (8.3.2.) шакли математикии қонуни Кулонро дар СИ барои вакуум ифода менамояд. Мувофиқи ин формула қонуни Кулон чунин таъриф дода мешавад: **қуввае, ки бо он ду заряди нуқтавии дар вакуум ҷойгирбуда таъсири мутақобил мекунад, ба ҳосили зарби бузургии зарядҳо мутаносиби рост буда, ба квадрати масофаи байни онҳо мутаносиби чаппа мебошад ва аз рӯйи хатти росте, ки зарядҳоро пайваст менамояд, равона мебошад.**

Таъсири мутақобили зарядҳои электрикӣ аз муҳите, ки онҳо ҷойгиранд, вобастагӣ дорад ва барои муҳит қонуни Кулон ин тавр навишта мешавад:

$$F_m = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}, \quad (8.3.3)$$

дар ин чо  $\epsilon$  -нуфузпазирии нисбии диэлектрикӣ ном дорад.

Аз ифодаҳои (8.3.2) ва (8.3.3) барои  $\epsilon$  ҳосил менамоем:

$$\epsilon = \frac{F_{12}}{F_m}, \quad (8.3.4)$$

Ҳамин тариқ, нуфузпазирии нисбии диэлектрикии муҳит

$\varepsilon$  нишон медиҳад, ки қувваи таъсири мутақобили зарядҳои  $q_1$  ва  $q_2$  дар вакуум, нисбат ба қувваи таъсири мутақобили онҳо дар муҳит чанд маротиба калон аст. Масалан, барои  $\varepsilon = 81$  мебошад. Яъне, таъсири мутақобили зарядҳои  $q_1$  ва  $q_2$  дар вакуум нисбат ба  $\varepsilon = 81$  маротиба калон мебошад.

Мувофиқи қонуни Кулон ду заряди нуқтавии бузургиашон  $1\text{Кл}$  дар вакуум, дар масофаи  $1\text{м}$  бо қувваи  $F = 9 \cdot 10^9 \text{ Н}$  таъсир менамоянд, ки он тахминан ба вазни пирамидаи Египт баробар аст.

Маълум гардид, ки кулон (Кл) воҳиди хеле калони заряд ба шумор меравад. Дар амалия аз воҳидҳои ба ҳиссаҳои кулон баробар истифода мебаранд:

$$1_{\text{мкКл}} = 10^{-6}\text{Кл},$$

$$1_{\text{мКл}} = 10^{-3}\text{Кл}.$$

$1\text{Кл}$  аз  $6 \cdot 10^{18}$  заряди электрон иборат мебошад.

Қувваи таъсири мутақобили электрикӣ қувваи хеле пурзӯр ба шумор меравад.

Нисбати қувваи таъсири мутақобили электрии протони ядрои атоми гидроген ва электрони дар атрофи он аз рӯи мадори радиусаш  $r = 0,53 \cdot 10^{-10}\text{м}$  даврзананда, ба қувваи кашиши гравитатсионии онҳо баробар аст:

$$\frac{F_{\kappa}}{F_{\text{зр}}} = 2,3 \cdot 10^{39}.$$

Яъне қувваи таъсири мутақобили электрикӣ нисбат ба қувваи ҷозибаи гравитатсионии зарраҳо  $2,3 \cdot 10^{39}$  маротиба калон мебошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Кулон (Кл) чӣ гуна заряд мебошад?
2. Қонуни Кулонро ба шакли математикӣ навишта таъриф диҳед.
3. Таъсири мутақобили зарядҳо ба ҳосияти муҳите, ки дар онҳо ҷойгиранд, чӣ гуна вобастагӣ дорад?
4. Маънои физикии нуфузпазирии нисбии диэлектрикиро фаҳмонед.
5. Қувваи таъсири мутақобили электрии протону электрони атоми гидроген аз қувваи ҷозибаи байни онҳо чӣ қадар калон аст?



## 8.4. МАЙДОНИ ЭЛЕКТРИКӢ. ШАДИДИЯТИ МАЙДОНИ ЭЛЕКТРИКӢ

Агар ягон заряд дар ягон ҷойи фазо ҷойгир бошад ва ба ин фазо ягон заряди дигарро дохил кунем, он гоҳ ба ин заряд қувва таъсир мекунад.

Агар дар фазо ба заряди электрикӣ қувва таъсир намояд, он гоҳ мегӯянд, ки дар атрофи он майдони электрикӣ мавҷуд аст.

Ҳамин тариқ, маълум мешавад, ки дар атрофи заряд майдони электрикӣ ҳосил мешавад.

Майдони электрикӣ ба монанди модда реалӣ мебошад ва мисли модда яке аз намудҳои материя ба шумор рафта, дорои масса ва энергия мебошад.

Майдони электрикии ҷисм ба қадри аз он дур шудан суст мегардад. Максвелл муқаррар намуд, ки суръати таъсири мутақобили зарядҳо ба суръати рӯшноӣ дар вакуум  $c=300000 \frac{KM}{C}$  баробар аст.

Яке аз хосиятҳои муҳими майдони электрикӣ он аст, ки он ба ҷисми заряддор бо ягон қувва таъсир мерасонад.

Майдони электрикии ҷисмҳои заряддори оромро майдони электростатикӣ меноманд ва он бо гузашти вақт тағйир намеёбад.

Майдони электрикӣ бо ёрии заряди мусбати озмоишӣ омӯхта мешавад. Ба сифати заряди озмоишӣ аз саққочаи сабуки заряддори ба ресмони абрешимӣ овехташуда истифода мебаранд.

Барои омӯختани майдони электрикӣ заряди озмоиширо дар нуқтаҳои гуногуни майдон ҷой дода, қувваи ба он таъсиркунандаро муайян менамоянд. Маълум гардид, ки дар нуқтаҳои гуногуни майдон ба он қувваҳои бузургӣ ва самти гуногундошта таъсир менамояд.

Ҳамин тариқ, таъсири майдон ба заряди электрикӣ дар ҳар нуқтаи он аз ҳамдигар фарқ мекунад.

Фарз мекунем, ки ба заряди  $q_1$  дар нуқтаи додашудаи майдон қувваи  $F_1$  таъсир мекунад. Дар ин нуқтаи майдон ба заряди  $q_2$  қувваи  $F_2$ , ба заряди  $q_3$  қувваи  $F_3$  ва ғайра таъсир менамояд.

Бузургии қувваи ба заряд таъсиркунанда ҳам ба хосияти майдон дар нуқтаи додашудаи фазо ва ҳам ба бузургии заряди озмоишӣ вобастагӣ дорад. Вале агар барои нуқтаи додашудаи майдон нисбати  $\frac{F}{q}$ -ро гирем, он гоҳ чунин бузургиеро ҳосил мекунем, ки ба бузургии заряд вобастагӣ надорад ва бузургии собит мебошад:

$$\frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2} = \frac{F_3}{q_3} = \dots = \frac{F_n}{q_n} = \text{const.}$$

Ин нисбат тавсифи векторӣ (қуввагии) майдон буда, бо  $E$  ишора карда мешавад ва шадидияти майдони электрикӣ номида мешавад:

$$E = \frac{F}{q}. \quad (8.4.1)$$

Формулаи (8.4.1) ба шакли векторӣ чунин ифода карда мешавад:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}. \quad (8.4.2)$$

**Шадидияти майдони электрикӣ ба нисбати қувваи аз тарафи майдон ба заряди нуқтагӣ таъсиркунанда бар бузургии ҳамин заряд баробар мебошад.**

Шадидияти майдони электрикӣ бузургии векторӣ буда, самташ ба самти қувваи  $F$ , ки ба заряди мусбат таъсир мекунад, мувофиқ меояд.

Агар  $F = 1Н$  ва  $q = 1Кл$  бошад, он гоҳ воҳиди шадидияти майдони электрикӣ дар СИ баробар мебошад:

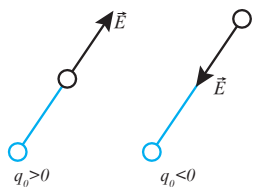
$$E = 1 \frac{Н}{Кл}.$$

$1Н/Кл$  чунин шадидияти майдони электрикӣ мебошад, ки дар он ба заряди бузургиаш  $1Кл$ ,  $1Н$  қувва таъсир менамояд.

Аз формулаи (8.4.2.) барои қувваи ба заряд дар майдони электрикӣ таъсиркунанда ҳосил менамоем:

$$\vec{F} = q \vec{E}. \quad (8.4.3)$$

Агар заряд мусбат бошад, самти қувва ба самти шадидият мувофиқ меояд ва агар заряд манфӣ бошад, муқобили самти шадидият равона мегардад (расми 8.4.1).



Расми 8.4.1

Шадибияти майдони электрикии заряди нуқтагии  $q_0$ -ро муайян менамоем.

Мувофиқи қонуни Кулон ин заряд ба заряди  $q$  бо қувваи зерин таъсир менамояд:

$$F = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}. \quad (8.4.4)$$

Шадибияти майдони заряди нуқтагии  $q_0$  дар масофаи  $r$  аз он баробар мешавад:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}. \quad (8.4.5)$$

Яъне, шадибияти майдони электрикии заряди нуқтагӣ ба квадрати масофа аз он мутаносиби чаппа мебошад.

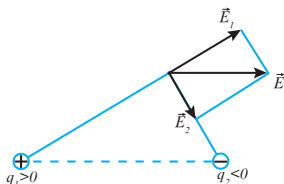
Вектори шадибият дар ҳар гуна нуқтаи майдони электрикӣ аз рӯи хатти ростии зарядро бо ҳамон нуқта пайвастандан равана аст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Майдони электрикиро чӣ ба вуҷуд меорад?
2. Хусусияти асосии майдони электрикӣ аз чӣ иборат аст?
3. Майдони электрикӣ чӣ тавр омӯхта мешавад?
4. Шадибияти майдони электрикӣ гуфта чиро меноманд ва он чӣ гуна бузургӣ ба шумор меравад?
5. Шадибияти майдони электрикии заряди нуқтавӣ ба шакли математикӣ чӣ тавр навишта мешавад?
6. Шадибияти майдони электрикӣ майдонро аз кадом ҷиҳат тавсиф менамояд?
7. Дар СИ воҳиди шадибияти майдони электрикӣ чӣ ба шумор меравад?
8. Материалӣ будани майдони электрикиро фаҳмонда диҳед.

## 8.5. ПРИНЦИПИ СУПЕРПОЗИТСИЯИ МАЙДОНҲО

Яке аз вазифаҳои асосии электростатика аз тадқиқи майдони электрикӣ, яъне аз ёфтани шадибияти майдон дар ҳар як нуқтаи фазои тадқиқшаванда иборат аст.



Расми 8.5.1

Агар майдони электрикиро зарядҳои  $q_1$  ва  $q_2$  ҳосил намоянд (расми 8.5.1), майдони натиҷавии ин зарядҳо чӣ гуна мешавад?

Таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки шадидияти натиҷавӣ дар ягон нуқта аз зарядҳо бо суммаи вектори шадидиятҳои ин зарядҳо баробар мешавад:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2. \quad (8.5.1)$$

Агар майдони электрикиро  $N$  заряд ҳосил намояд, он гоҳ шадидияти майдони натиҷавӣ дар ягон нуқта аз зарядҳо бо баробарии зерин ифода карда мешавад:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n. \quad (8.5.2)$$

Яъне шадидиятҳои майдони зарядҳо ба таври геометрӣ зам мешаванд.

Баробарҳои (8.5.1) ва (8.5.2) шакли математикии принципи суперпозитсияи майдонҳои электрикиро ифода менамоянд ва он чунин таъриф дода мешавад: **шадидияти натиҷавии майдони электрикии зарядҳои гуногун дар нуқтаи додашудаи майдон ба суммаи геометрии шадидияти ҳосил кардаи зарядҳои алоҳида баробар мебошад.**

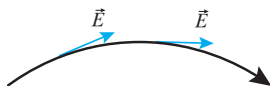
## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Шадидияти майдони электрикии якчанд заряд чӣ тавр муайян карда мешавад?
2. Принципи суперпозитсияи майдони электрикиро маънидод намоед.
3. Расми 8.5.1-ро барои ду заряди манфӣ кашида нишон диҳед.

## 8.6. ТАСВИРИ ГРАФИКИИ МАЙДОНИ ЭЛЕКТРИКӢ

**Майдони электрикиро ба таври графикӣ ба воситаи ҳатҳои шадидият тасвир кардан мумкин аст.** Ҳатҳои шадидиятро чунон мегузаронанд, ки расанда дар нуқтаи дилхоҳи он ба вектори шадидияти майдони электрикӣ мувофиқ меояд (расми 8.6.1).

Ҳатҳои шадидиятро баъзан ҳатҳои қуввагӣ ҳам меноманд.



Расми 8.6.1

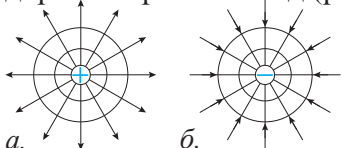


Расми 8.6.2

Бисёр мавридҳо ба воситаи ҳатҳои шадидият самти қувваи электрикиро, ки ба заряди мусбати озмоиш таъсир мекунад, нишон медиҳанд (расми 8.6.2).

Азбаски шадидият дар ҳар як нуқтаи майдон самти муайян дорад, ҳатҳои он якдигарро намебуранд.

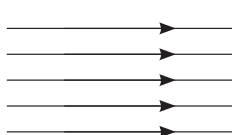
Барои майдоне, ки заряди мусбат ба вучуд овардааст, аввали хатҳои шадидият дар заряди мусбат буда, охирашон дар беохирӣ мешавад (расми 8.6.3,а).



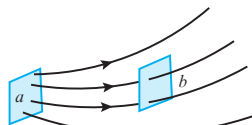
Расми 8.6.3

Барои майдони заряди манфӣ аввали хатҳои шадидият дар беохирӣ буда, охирашон дар заряди манфӣ мешавад (расми 8.6.3,б).

Агар шадидияти майдон дар ҳама ҷо бузургӣ ва самти якхела дошта бошад, ин гуна майдонро якҷинса меноманд ва ба шакли графикӣ ба воситаи хатҳои шадидияти параллелӣ тасвир карда мешавад (расми 8.6.4).



Расми 8.6.4

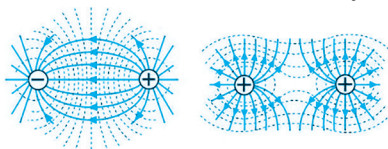


Расми 8.6.5

Аз рӯи зичии хатҳои шадидият ба бузургии майдон баҳо дода мешавад. Агар зичии хатҳои шадидият дар ҷойҳои гуногуни майдон ҳархела бошад, майдони электрикиро гайриякҷинса меноманд.

Дар масоҳати  $a$  шадидият нисбат ба масоҳати  $b$  ду бор зиёдтар мебошад (расми 8.6.5).

Майдонҳои электрикии ду заряди ҳамном ва ду заряди гуногунном дар расми 8.6.6 нишон дода шудааст.



Расми 8.6.6

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Майдони электрикӣ ба таври графикӣ чӣ тавр тасвир карда мешавад?
2. Майдони электрикии зарядҳои мусбат ва манфиро ба шакли графикӣ тасвир намоед.
3. Чӣ гуна майдонро якҷинса меноманд?
4. Майдонҳои электрикии якҷинса ва гайриякҷинсаро ба таври графикӣ тасвир намоед.
5. Майдонҳои электрикии ду заряди ҳамном ва ду заряди гуногунном ба таври графикӣ чӣ тавр тасвир карда мешаванд?
6. Майдони электрикии ду лавҳаи гуногунзарядро ба таври графикӣ нишон диҳед.

## 8.7. КОРИ МАЙДОНИ ЭЛЕКТРИКӢ ҲАНГОМИ КӢЧИШИ ЗАРЯД. ФАРҚИ ПОТЕНСИАЛҲО. ШИДДАТ

Заряди озмоиши  $q_0$  -ро дар майдони электрикӣ ҷойгир менамоем. Таҳти таъсири майдон заряд ба ягон масофа ҷой иваз менамоед, яъне майдони электрикӣ қор иҷро мекунад. Маълум гардид, ки заряд бо майдони электрикӣ таъсири мутақобил намуда, ба энергияи потенциалии  $W_0$  соҳиб мегардад.

Фарз менамоем, ки заряди  $q_1$  дар нуқтаи додашудаи майдон ба энергияи потенциалии  $W_1$  соҳиб мебошад.

Ба ин нуқтаи майдон заряди бузургиаш  $q_2$  ба энергияи потенциалии  $W_2$ , заряди  $q_3$  ба энергияи потенциалии  $W_3$ , заряди  $q_n$  ба энергияи потенциалии  $W_n$  соҳиб мегардад.

Ҳамин тариқ, бо тағйирёбии бузургии заряд дар нуқтаи додашудаи майдони электрикӣ, энергияи потенциалии он низ тағйир меёбад.

Нисбати энергияи потенциалии ин зарядҳо бар бузургии онҳо барои ин нуқтаи майдон бузургии собит мебошад:

$$\frac{W_1}{q_1} = \frac{W_2}{q_2} = \frac{W_3}{q_3} = \dots = \frac{W_n}{q_n} = const.$$

Ин нисбат аз бузургии заряд вобаста набуда, ба сифати тавсифи энергетикӣ майдони электрикӣ истифода бурда мешавад ва потенциали майдони электрикӣ  $\varphi$  номида мешавад:

$$\varphi = \frac{W}{q}. \quad (8.7.1)$$

**Мувофиқи формулаи (8.7.1) потенциалӣ майдони электрикӣ чунин таъриф дода мешавад: нисбати энергияи потенциалии зарядро дар майдони электростатикӣ, бар бузургии ин заряд потенциали майдони электростатикӣ меноманд.**

Потенсиали майдони электростатикӣ бузургии скалярӣ мебошад.

**Дар системаи байналхалқии воҳидҳо (СИ) ба сифати**

**воҳиди потенциал 1 волт (1В) қабул карда шудааст:**

$$1В = 1\text{Ҷ}/\text{Кл}.$$

**1В потенциали нуқтаи майдони электростатикие мебошад, ки дар он заряди бузургииаш 1Кл ба энергияи потенциалии 1Ҷ соҳиб мегардад.**

Энергияи потенциалии заряди  $q$  дар майдони заряди нуқтавии  $q_0$  дар масофаи  $r$  аз рӯи ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$W = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r}. \quad (8.7.2)$$

Аз баробариҳои (8.7.1) ва (8.7.2) ифодаро барои потенциали майдони электрикии заряди нуқтавии  $q_0$  дар масофаи  $r$  аз он ҳосил менамоем:

$$\varphi = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r}. \quad (8.7.3)$$

**Яъне, потенциали майдони электрикии заряди нуқтавӣ ба масофа он мутаносиби чаппа мебошад.**

Мувофиқи формулаи (8.7.1) заряди дилхоҳи  $q$  дар майдони электрикии потенциалаш  $\varphi$  ба энергияи потенциалии зерин соҳиб мегардад:

$$W = q\varphi. \quad (8.7.4)$$

Агар заряди  $q$  дар тахти таъсири майдони электрикӣ аз нуқтаи 1-и потенциалаш  $\varphi_1$  ба нуқтаи 2-и потенциалаш  $\varphi_2$  ҷой иваз намояд (расми 8.7.1), дар ин нуқтаҳо энергияи потенциалии заряд ба  $W_1$  ва  $W_2$  баробар аст.



Расми 8.7.1

Дар асоси қонуни бақои энергия кори иҷрокардаи майдони электрикӣ ба тағйирёбии энергияи потенциалӣ баробар мебошад:

$$A = W_1 - W_2. \quad (8.7.5)$$

Мувофиқи баробарии (8.7.4) қиматҳои энергияи потенциалии дар нуқтаҳои 1 ва 2-и майдон доштаи зарядро ба баробарии (8.7.5) гузошта ҳосил менамоем:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (8.7.6)$$

Фарқи потенциали ду нуқтаи майдони электростатикӣ шиддат ( $U$ ) номида мешавад:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2. \quad (8.7.7)$$

**Мувофиқи баробарии (8.7.6) кори иҷрокардаи майдони электростатикӣ ба ҳосили зарби бузургии заряди кӯчонидашуда бар фарқи потенциали нуқтаҳои майдон баробар мебошад.**

Баробарии (8.7.6) яке аз формулаҳои асосии электростатика ба шумор меравад ва мувофиқи он кори майдони электростатикӣ ҳангоми ҷойивазкунии заряд дар байни ду нуқтаи майдони электрикӣ ба роҳи тайкардаи заряд вобаста набуда, бо фарқи потенциали байни онҳо муайян карда мешавад.

Аз формулаҳои (8.7.6) ва (8.7.7) барои шиддат ё фарқи потенциалҳои нуқтаҳои майдон навиштан мумкин аст:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}. \quad (8.7.8)$$

Фарқи потенциалҳои (шиддати) байни ду нуқтаи майдон ба нисбати кори аз як нуқта ба нуқтаи дигар кӯчонидани заряд, бар бузургии ҳамин заряд баробар мебошад.

Воҳиди шиддат ё фарқи потенциал дар СИ 1В(вольт) қабул карда шудааст.

**1В шиддати байни ду нуқтаи майдони электростатикӣ мебошад, ки ҳангоми дар байни ин нуқтаҳо ҷойиваз кардани заряди 1Кл, майдони электрикӣ кори ба 1Ҷ баробар иҷро менамояд.**

Аз баробарии (8.7.6) ва (8.7.7) барои кори иҷрокардаи майдони электрикӣ ҳангоми кӯчонидани заряд ҳосил мекунем:

$$A = qU. \quad (8.7.9)$$

Ин ифодаҳо ба эътибор гирифта, дар асоси теорема дар бораи энергияи кинетикии зарраи дар майдони электрикӣ ҳаракаткунанда навиштан мумкин аст:

$$qU = \frac{m\mathcal{G}^2}{2} - \frac{m\mathcal{G}_0^2}{2}. \quad (8.7.10)$$



Мувофиқи формулаи (8.7.10) энергияи заряди дар майдони электрикӣ ҳаракаткунандаро бо электронволтҳо (эВ) ифода менамоянд.

1эВ энергияе мебошад, ки ба он электрон дар майдони электрикӣ фарқи потенциалиаш 1В ҳаракат намуда, соҳиб мегардад:

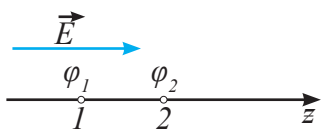
$$1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{Ҷ}.$$

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Потенциали майдони электрикӣ гуфта чиро меноманд?
2. Дар СИ ба сифати воҳиди потенциали майдони электрикӣ чӣ қабул карда шудааст? Онро маънидод намоед.
3. Шиддат гуфта чиро меноманд?
4. Кори иҷрокардаи майдони электростатикӣ бо кадом формула ифода карда мешавад? Онро маънидод намоед.
5. 1 электронволт чӣ гуна энергия мебошад?
6. Барои чӣ потенциалро тавсифи энергетикӣ майдони электрикӣ меноманд?

## 8.8. РОБИТАИ БАЙНИ ШИДДАТ ВА ШАДИДИЯТИ МАЙДОНИ ЯКЧИНСА.

### САТҲҲОИ ЭКВИПОТЕНСИАЛӢ



Расми 8.8.1

Агар заряди озмоиши  $q$  таҳти таъсири майдони якчинсаи электрикӣ шадидияташ  $E$  аз нуқтаи 1 то нуқтаи 2 ба масофаи  $d$  ҷой иваз намояд (расми 8.8.1), он гоҳ кори иҷронамудаи майдонро ҳам ба воситаи шиддат  $U$  ва ҳам ба воситаи шадидияти майдон  $E$  ифода намудан мумкин аст:

$$A = qU, \quad (8.8.1)$$

$$A = F \cdot d = qEd. \quad (8.8.2)$$

Аз ин формулаҳо ҳосил менамоем:

$$U = Ed. \quad (8.8.3)$$

Аз ин ҷо

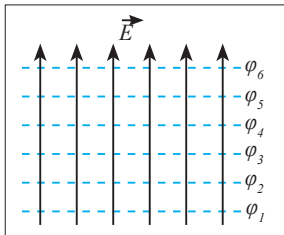
$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}. \quad (8.8.4)$$

Формулаи (8.8.4) робитаи байни шадидияти майдонро аз шиддат барои майдони электрикии якҷинса муқаррар менамояд.

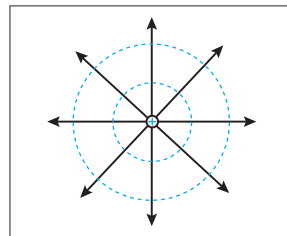
Аз формулаи (8.8.4) хулоса бармеояд, ки шадидияти майдони электрикӣ ба самти камшавии потенциал равона мебошад. Мувофиқи формулаи (8.8.4) воҳиди шадидият ба  $1\text{В/м}$  баробар мебошад.

$$1 \frac{\text{В}}{\text{м}} = 1 \frac{\text{Ч}}{\text{Кл}} \cdot \frac{\text{л}}{\text{м}} = 1 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Кл}} \cdot \frac{\text{л}}{\text{м}} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

Дар майдони электрикӣ чунин сатҳҳоеро гузаронидан мумкин аст, ки ҳамаи нуқтаҳои он потенциали якхела дошта бошанд. **Чунин сатҳҳоро сатҳҳои баробарпотенциалӣ сатҳҳои эквипотенциалӣ меноманд.** Сатҳҳои баробарпотенциали майдони электрикии якҷинса ҳамвор буда (расми 8.8.2), сатҳҳои баробарпотенциали майдони электрикии заряди нуқтагӣ сфераҳои ҳаммарказ мебошанд (расми 8.8.3). Ба монанди хатҳои шадидият сатҳҳои эквипотенциалӣ майдони электрикиро ба таври графикӣ тасвир менамоянд ва дар ҷойҳои пурқуввати майдон зичтар гузаронида мешаванд. Азбаски ҳамаи нуқтаҳои сатҳи эквипотенциалӣ потенциали якхела дорад ( $\varphi_1 - \varphi_2 = 0$ ), мувофиқи формулаи (8.8.1) кори ҷойивазкунии заряд дар ин гуна сатҳ ба сифр баробар аст.



Расми 8.8.2



Расми 8.8.3

Ин чунин маъно дорад, ки самти қувваи электрикии ба заряд таъсирбахшанда ба сатҳи эквипотенциалӣ перпендикуляр мебошад.

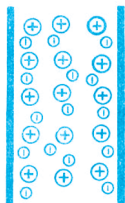
Ҳамин тарик, хатҳои шадидияти майдони электрикӣ ҳамеша ба сатҳҳои эквипотенсиалӣ перпендикуляр мебошанд ва ба тарафи камшавии потенциал самт доранд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

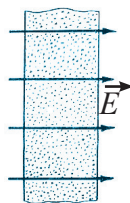
1. Робитаи байни шадидияти майдонро аз шиддати он ба шакли математикӣ нависед ва маънидод намоед.
2. Исбот намоед, ки  $1В/м = 1Н/Кл$  аст.
3. Сатҳи эквипотенсиалӣ гуфта чиро меноманд?
4. Ба воситаи сатҳҳои эквипотенсиалӣ майдони электрикиро тасвир намоед.
5. Қори ҷойивазкунии заряд дар сатҳи эквипотенсиалӣ ба чӣ баробар аст?
6. Сатҳҳои эквипотенсиалии бузургии потенциалии  $1В, 2В, 3В$  ва  $4В$ -ро барои заряди нуқтавӣ дар нақша тасвир намоед.

## 8.9. НОҚИЛҲО ДАР МАЙДОНИ ЭЛЕКТРИКӢ

Ба ноқилҳо пеш аз ҳама фулузот (металлҳо) тааллуқ доранд. Дар таркиби металлҳо шумораи электронҳои атомҳо озодгардида, хеле зиёданд ва онҳо таҳти таъсири майдони электрикӣ ба осонӣ аз ҷое ба ҷое мекӯчанд. Азбаски электронҳо ҳангоми кӯчондан аз як ҷо ба ҷойи дигар заряди манфиро мекӯчонанд, бинобар ин, онҳоро зарядҳои озод ё электронҳои озод меноманд. Атомҳои электронгумкарда дар ноқил соҳиби заряди мусбат гардида, дар ихтоси электронҳои умумишудаи ноқил мемонанд (расми 8.9.1). Ноқилро (лавҳаи металлро) дар майдони якҷинсаи электрикӣ ҷойгир менамоем (расми 8.9.2).

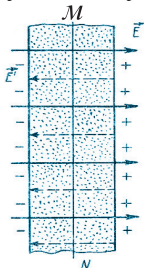


Расми 8.9.1



Расми 8.9.2

Таҳти таъсири майдони электрикӣ электронҳо дар лавҳа ба сӯйи чап ҳаракат намуда, қисми чапи онро манфӣ заряддор мекунанд. Дар натиҷа қисми рости лавҳа мусбат заряддор мегардад (расми 8.9.3). Ин ҳодисаро индуксияи электростатикӣ меноманд. Агар лавҳаро аз рӯйи хати  $MN$  ба ду қисм ҷудо намоем, ҳар дуи он заряддор мешаванд.



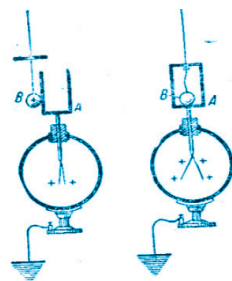
Расми 8.9.3

Зарядҳои дар тарафҳои муқобили лавҳа пайдогардида, майдони электрикӣ ҳосил мекунанд. Хатҳои шадидияти майдони онҳо дар расми 8.9.3 бо тирчаҳои канда-канда нишон дода шудаанд.

Ин майдон ба майдони электрикии якҷинсаи берунӣ зам гардида, онро барҳам мезанад, бинобар ин, дар доҳили лавҳа шадидияти майдони натиҷавӣ ба сифр баробар мешавад.

Тадқиқоти дар доҳили ноқилҳо ба сифр баробар будани шадидияти майдони электрикиро дар миқёсҳои калон Фарадей гузаронида буд.  $\bar{V}$  кубӣ дарунҳолии рӯяхояш 4 м-ӣ сохта, деворҳои онро бо ноқили беҳтарин пӯшонид, онро аз Замин изолятсия намуда, заряддор кард. Фарадей таҷрибаи худро ин тавр маънидод менамояд: «Ман дар доҳили куб электроскопи ҳассоси варақчаҳояш тиллоиро ҷойгир намуда, ба ин система аз берун заряди зиёд гузаронидам. На дар вақти заряддиҳӣ ва на дар вақти безарядкунӣ электроскоп ҳеҷ гуна зарядро нишон надод. Он гоҳ ман бо электроскоп ва ҳама гуна асбобҳои зарядро ҳисқунанда ба доҳили куб даромадам. Гарчанде сатҳи берунии куб хеле пурқувват заряддор бошад ҳам, асбобҳо ягон ҷизро нишон надоданд».

Ҳамин тариқ, дар доҳили ноқилҳо майдони электростатикӣ вучуд надорад. Бинобар ин, сатҳ ва ҳамаи нуқтаҳои доҳилии ноқили дар майдони электрикӣ ҷойгирбуда, потенциали якхела доранд. Сатҳи ноқилҳо сатҳи эквипотенциалӣ ба шумор мераванд.



Расми 8.9.4

Агар ба дохили ноқил заряд гузаронем, он дар сатҳи дохилии ноқил наистода ба сатҳи он мебарояд.

Дар асоси ин ҳодиса Фарадей усули аз як ноқил ба дигараш пурра кӯчонидани зарядро пешниҳод намудааст. Ба милаи электроскоп силиндри металли дарунхолии мисии  $A$ -ро пайваст менамоем (расми 8.9.4).

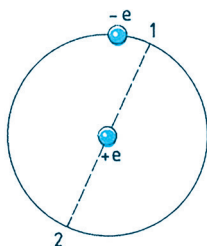
Ҳангоми саққои заряддори  $B$ -ро ба сатҳи берунии силиндри  $A$  расонидан он қисми зарядашро ва агар саққоро ба дохили цилиндр расонем, он ҳамаи зарядҳояшро медиҳад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ба ноқилҳо асосан кадом моддаҳо тааллуқ доранд?
2. Металлҳо аз дигар моддаҳо бо чӣ фарқ мекунанд?
3. Ҳангоми ноқилро дар майдони электрикӣ чой додан чӣ ҳодиса ба амал меояд?
4. Чаро дар дохили ноқилҳо шадидияти майдони электрикӣ ба сифр баробар аст?
5. Усули аз як ноқил ба ноқили дигар пурра кӯчонидани зарядро маънидод намоед.
6. Чаро, агар саққои заряддори  $B$ -ро ба дохили цилиндр расонем, он ҳамаи зарядҳояшро медиҳад (расми 8.9.4)?

## 8.10. ҒАЙРИНОҚИЛҲО ДАР МАЙДОНИ ЭЛЕКТРИКӢ

Ғайриноқилҳо ё диэлектрикҳо зарядҳои озод надоранд. Дар ғайриноқилҳо заррачаҳои заряддор, яъне электронҳо бо ядроҳои атомҳо алоқаманд мебошанд. Бинобар ин заррачаҳои заряддор таҳти таъсири майдони электрикӣ дар ҳаҷми ғайриноқилҳо чун дар ҳаҷми ноқилҳо чой иваз карда наметавонанд.



Расми 8.10.1

Азбаски ғайриноқилҳо ва ноқилҳо сохти таркибии гуногун доранд, онҳо дар майдони электрикӣ ба таври гуногун рафтор менамоянд. Дар дохили ғайриноқилҳо майдони электрикӣ мавҷуд буда метавонад, бинобар ин онҳо ба майдони электрикӣ таъсир мерасонанд.

Барои рафтори ғайриноқилҳоро дар майдони электрикӣ фаҳмидан бо сохти молекулаҳои онҳо шинос мешавем.

Барои металлҳо маркази зарядҳои манфӣ ва мусбат дар атомҳо мувофиқ меоянд. Дар расми 8.10.1 сохти атоми гидроген тасвир ёфтааст.

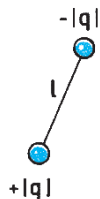
Электрон дар атрофи ядро мусбат заряддор бо суръати калон чарх мезанад. Даври гардиши электрон дар атрофи ядро тахминан ба  $10^{-15}c$  баробар аст, яъне дар муддати  $10^{-9}c$  электрон дар атрофи ядро миллион маротиба чарх мезанад ва он дар нуқтаҳои нисбат ба ядро симметрии 1 ва 2 миллион маротибавӣ воқеъ мегардад.

Аз ин ҷо чунин пиндоштан мумкин аст, ки дар ҳар як чархзани маркази заряди манфӣ ба маркази ядро мувофиқ меояд. Аммо вазъият барои молекулаҳои ғайриноқилҳо тамоман дигар аст. Масалан, дар молекулаи намаки ошӣ  $NaCl$  атоми натрий дар қабати берунии электрониаш як электрони валентии бо атом робитаи сустдошта дорад. Атоми хлор 7 электрони валентӣ дорад. Ҳангоми аз атомҳои хлор ва натрий таъсисёбии молекулаи  $NaCl$  атоми хлор ягона электрони валентии натрийро мерабояд. Дар натиҷа зарядҳои мусбату манфӣ дар молекулаи  $NaCl$  тавре тақсим мешаванд, ки маркази зарядҳои мусбат ба иони натрий ва маркази зарядҳои манфӣ ба иони хлор мувофиқ меояд (расми 8.10.2). Ин гуна молекулаҳоро ҳамчун маҷмӯи ду заряди нуқтагии бузургияшон якхелаи аломатҳояшон гуногуни аз ҳамдигар дар масофаи  $\ell$  ҷойгирбуда, дида баромадан мумкин аст.

Системаи ду заряди гуногун аломати аз ҳамдигар дар масофаи  $\ell$  ҷойгир бударо, диполи электрикӣ меноманд (расми 8.10.3).

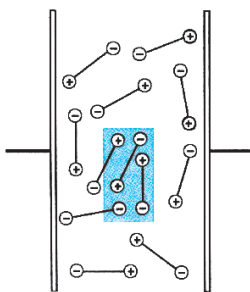


Расми 8.10.2



Расми 8.10.3

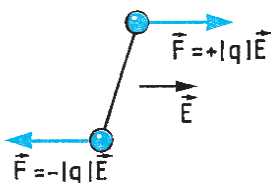
Диполҳоро зарядҳои алоқаманд низ меноманд. Агар марказҳои зарядҳои мусбату манфӣ дар молекулаи ғайриноқил мувофиқ оянд, ғайриноқил ғайрикутбӣ номида мешавад. Ба диэлектрикҳои ғайрикутбӣ газҳои инертӣ, оксиген, гидроген, бензол ва ғайраҳо тааллуқ доранд. Агар марказҳои зарядҳои мусбату манфӣ дар ғайриноқил мувофиқ наоянд, ғайриноқил кутбӣ номида мешавад. Спиртҳо, об ва ғайраҳо диэлектрикҳои кутбӣ ба шумор мераванд. Молекулаҳои диэлектрикҳои кутбиро ҳамчун диполҳо дида баромадан мумкин аст. Дар натиҷаи ҳаракати ҳароратӣ диполҳои диэлектрикҳои кутбӣ бетартиб ҷойгир мешаванд (расми 8.10.4). Бинобар ин, дар сатҳи диэлектрик ва дар ҳаҷми дилхоҳи он, аз он ҷумла дар ҳаҷми чоркунҷаи ранга кардашуда (расми 8.10.4) қимати миёнаи заряди электрикӣ ба сифр баробар мебошад.



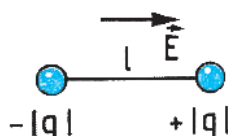
Расми 8.10.4

Шадидияти майдони электрикӣ низ дар диэлектрик ба сифр баробар мебошад.

Диэлектрики кутбиро дар майдони электрикии якҷинса мегузорем. Дар майдони электрикӣ ба ҳар як диполи электрикӣ ду қувваи баробару самтҳои гуногундошта таъсир мекунад (расми 8.10.5). Таҳти таъсири ин қувваҳо дипол дар майдони электрикӣ тавре гардиш меҳӯрад, ки меҳвари он дар самти хатҳои шадидияти майдони электрикӣ ҷойгир мешавад (расми 8.10.6).

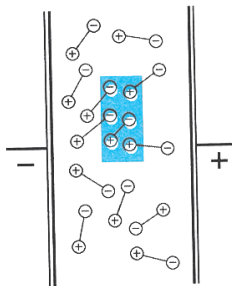


Расми 8.10.5



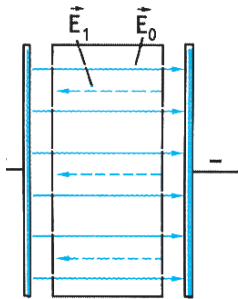
Расми 8.10.6

Протсессии ҷойивазкунии зарядҳои алоқамандро дар диэлектрик поляризация (қутбиши) диэлектрик меноманд.



Расми 8.10.7

Дар натиҷаи поляризация қисме аз диполҳо қад-қади хатҳои шадидияти майдони электрикӣ ҷойгир мешаванд. Барои пурра ба самти майдони электрикӣ нигаронида шудани диполҳо ҳаракати ҳароратии онҳо имконият намедихад. Ба афзоиши шадидияти майдони электрикӣ дараҷаи поляризацияи диэлектрик зиёд мешавад, шумораи диполҳои ба самти хатҳои шадидият нигаронидашуда меафзояд. Дар наздикии лавҳаи мусбат заряддор асосан зарядҳои манфии диполҳо ва дар назди лавҳаи манфӣ заряддор асосан зарядҳои мусбати диполҳо ҷойгир мешаванд (расми 8.10.7) ва дар сатҳи диэлектрик зарядҳои алоқаманд ба вучуд меоянд.



Расми 8.10.8

Зарядҳои алоқаманди дар сатҳи диэлектрик ҳосилгардида, майдони электрикии шадидияташ  $\vec{E}_1$ -ро ба вучуд меоранд, ки ба самти шадидияти майдони асосии берунӣ  $\vec{E}_0$  муқобил равона мебошад (расми 8.10.8). Дар натиҷа дар дохили диэлектрик майдони электрикӣ суст мегардад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ғайриноқилҳо аз ноқилҳо бо чӣ фарқ мекунанд?
2. Диполи электрикӣ гуфта чиро меноманд?
3. Ғайриноқилҳои қутбӣ гуфта чиро меноманд ва ба онҳо кадом моддаҳо дохил мешаванд?
4. Ғайриноқилҳои қутбӣ аз ғайриноқилҳои ғайриқутбӣ чӣ фарқ доранд?
5. Поляризацияи диэлектрик гуфта чиро меноманд?



## 8.11. ҒУНҶОИШИ ЭЛЕКТРИКӢ

Аз таҷрибаҳо муқаррар шудааст, ки ҳангоми бе тағйир будани шакли андозаи ду ноқил ва шароити беруна (муҳити атроф, вазъияти ҷисмҳои атроф) бо афзоиши заряди ноқилҳо фарқи потенциали байни онҳо низ зиёд мегардад, яъне заряди ноқилҳо ба фарқи потенциали байни онҳо мутаносиб мебошад:

$$q = C(\varphi_1 - \varphi_2), \quad (8.11.1)$$

дар ин ҷо  $C$  – коэффитсиенти мутаносибӣ буда, ғунҷоиши электрикӣ ё электроғунҷоиши ноқилҳо номида мешавад.

Дар ҳақиқат ҳам агар заряди ноқилҳо ду маротиба зиёд гардад, фарқи потенциали байни онҳо низ ду маротиба меафзояд.

Аз ифодаи (8.11.1) барои ғунҷоиши электрикии ноқилҳо ҳосил менамоем:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}. \quad (8.11.2)$$

Ин нисбат аз бузургии заряд ва фарқи потенциали байни ноқилҳо вобаста набуда, бо андозаи геометрии ноқилҳо, шакли онҳо, ҷойгиршавии онҳо нисбат ба якдигар ва хосиятҳои электрикии муҳити атроф муайян карда мешавад.

***Мувофиқи формулаи (8.11.2) ғунҷоиши электрикии ду ноқил гуфта, нисбати заряди яке аз ноқилҳоро бар фарқи потенциалҳои байни ин ноқилҳо меноманд.***

Ҳангоми заряддор намудани ноқилҳо чи қадаре ки фарқи потенциали байни онҳо хурд бошад, ғунҷоиши ноқилҳо ҳамон қадар калон мешавад.

Барои ноқили танҳо формулаи (8.11.2) ин тавр навишта мешавад:

$$C = \frac{q}{\varphi}. \quad (8.11.3)$$

Дар ин ҷо  $q$ -заряди ба ноқил додашуда,  $\varphi$ -потенциали ноқил мебошад.

Барои муайян намудани потенциали кураи радиусаш  $r$  аз формулаи потенциали заряди нуқтавӣ истифода бурдан мумкин аст:

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}. \quad (8.11.4)$$

Бо формулаҳои (8.11.3) ва (8.11.4) барои ғунҷоиши электрикии кураи радиусаш  $r$  ҳосил мекунем:

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon r. \quad (8.11.5)$$

Яъне, ғунҷоиши электрикии кура ба радиуси он ва нуфузпазирии нисбии диэлектрикии муҳит мутаносиб мебошад.

Аз формулаи (8.11.2) воҳиди ғунҷоиши электрикиро муайян менамоем:

$$C = \frac{1Kл}{1В} = 1\Phi \text{ (фарада).}$$

Яъне дар системаи байналхалқии воҳидҳо (*СИ*) воҳиди ғунҷоиши электрикӣ  $1\Phi$  фарада ( $\Phi$ ) мебошад.

$1\Phi$  ғунҷоиши электрикии ду ноқиле мебошад, ки хангоми ба онҳо додани зарядҳои  $+1Кл$  ва  $-1Кл$  дар байни онҳо фарқи потенциали ба  $1В$  баробар ҳосил мешавад.

Азбаски  $1\Phi$  бузургии хеле калон аст, дар амалия аксар вақт аз ҳиссаҳои ин бузургӣ микрофарада ( $мк\Phi$ ) ва пикофарада ( $п\Phi$ ) истифода мебаранд:

$$1мк\Phi = 10^{-6}\Phi,$$

$$1п\Phi = 10^{-12}\Phi.$$

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ғунҷоиши электрикӣ гуфта чиро меноманд?
2. Формулаи ғунҷоиши электрикии кураро навишта маънидод намоед.
3. Воҳидҳои ғунҷоиши электрикиро номбар намоед.
4.  $1\Phi$  фарада ( $1\Phi$ ) чӣ гуна ғунҷоиши аст?
5. Барои кура аз радиуси он  $r$  ва нуфузпазирии нисбии диэлектрикӣ  $\epsilon$  вобаста будани ғунҷоиши электрикиро барои кураҳои радиусашон  $1см$ ,  $2см$ ,  $3см$  дар муҳитҳои ҳаво, об ва карасин ҳисоб намуда, хулосабарорӣ намоед.

## 8.12. КОНДЕНСАТОРҲО

Барои ҳосил намудани ғунҷоиши электрикии калон дар амалия, махсусан дар радиотехника ва электротехника аз конденсаторҳо истифода мебаранд. Дар конденсаторҳо заряди электрикӣ захира карда мешавад.

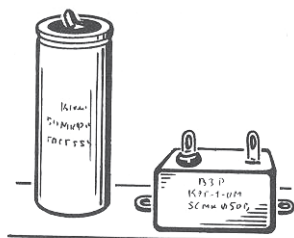
*Системаи ноқилҳои аз якдигар бо қабати тунуки диэлектрикӣ ҷудокардашударо конденсатор меноманд. Ноқилҳои, ки конденсатор аз он ташкил ёфтааст, рӯяҳои конденсатор номида мешаванд.*

Дар конденсаторҳо ғафсии диэлектрик аз андозаи рӯяҳои он хеле хурд мебошад. Бинобар ин, майдони электрикии заряди конденсатор ҳосилкунанда дар байни рӯяҳои он марказонида шудааст.

Заряди конденсатор ба қимати мутлақи заряди яке аз рӯяҳои он баробар мебошад.

Конденсатори аввалинро дар асри XVIII Клейст ихтироъ намуда буд ва он банкаи Лейден ном дошт. Лейден (Голландия) номи шаҳре, ки дар он ҷо конденсатор ихтироъ гардидааст.

Конденсатори қоғазии ҳозиразамон аз ду вараки алюминии ҳамвори аз ҳамдигар бо қабати парафини ҷабида - гирифта ва ҷудокардашуда иборат аст. Вобаста ба намуди диэлектрики истифодашаванда конденсаторҳои ҳавоӣ, сафолӣ, слюдаӣ ва ғайраҳоро аз ҳамдигар фарқ мекунам. Дар конденсаторҳои электролитӣ ба сифати диэлектрик пардаи оксидии ба яке аз рӯяҳои конденсатор давонидашуда истифода бурда мешавад ва ба сифати рӯяи дуюм электролит хизмат мекунад (расми 8.12.1).

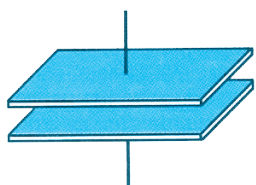


Расми 8.12.1

Вобаста ба шаклҳои конденсаторҳои ҳамвор, куравӣ ва цилиндрӣ аз ҳамдигар фарқ менамоянд.

Конденсатори ҳамвор аз ду лавҳаи металли бо қабати диэлектрикии ҳамвор ҷудокардашуда

(расми 8.12.2), конденсатори куравӣ аз ду кураи маркази умумӣ доштаи бо қабати диэлектрики куравӣ ҷудокардашуда ва конденсатори цилиндрӣ аз ду цилиндри тири умумидоштаи бо қабати тунуки диэлектрики шакли цилиндрӣ ҷудокардашуда иборат мебошад.



Расми 8.12.2

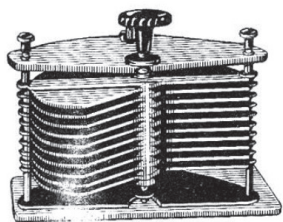
Ғунҷоиши конденсатор аз андозаи геометрию шакли рӯяҳои он, нисбат ба ҳамдигар ҷойгиршавии онҳо ва нуфузпазирии диэлектрики муҳити байни рӯяҳо вобаста мебошад. Масалан, ғунҷоиши электрикии конденсатори ҳамвор аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}. \quad (8.12.1)$$

Мувофиқи формулаи (8.12.1) ғунҷоиши конденсатори ҳамвор ба нуфузпазирии диэлектрикӣ  $\epsilon$ , масоҳати рӯяи конденсатор  $S$  мутаносиби роста буда, ба масофаи байни рӯяҳои он  $d$  мутаносиби чаппа мебошад.

Ҳангоми яке аз лавҳаҳои конденсаторро нисбати дигараш ҷойиваз кунонидан  $S$  тағйир меёбад ва ин боиси тағйирёбии ғунҷоиши электрикии конденсатор мегардад. Ба ин принцип амали кори конденсаторҳои ғунҷошаш тағйирёбанда (расми 8.12.3) асос карда шудааст.

Аз конденсаторҳои ғунҷошаш электрикиашон тағйирёбанда дар радиотехника ба таври васеъ истифода мебаранд. Онҳо аз системаҳои лавҳаҳои металлӣ иборатанд, ки ҳангоми бо дастаки махсус тоб додан, лавҳаҳо ба дохили ҳамдигар медароянд, дар натиҷа масоҳати қисмҳои якдигарро пӯшондаи лавҳаҳо тағйир меёбад ва он боиси тағйирёбии ғунҷоиши электрикии онҳо мегардад. Дар конденсаторҳои ғунҷошаш тағйирёбанда ба сифати диэлектрик ҳаво истифода бурда мешавад.

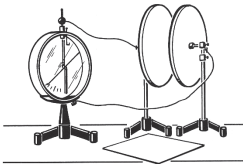


Расми 8.12.3

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна системаро конденсатор меноманд?
2. Намудҳои конденсаторҳоро номбар намоед.
3. Формулаи гунҷоии конденсатори ҳамворро навишта маънидод намоед.
4. Конденсаторҳои гунҷоии тағйирёбанда аз конденсаторҳои гунҷоии доимӣ чӣ фарқ доранд?
5. Дар шароити хона конденсаторҳои шаклашон гуногунро сохта ба омӯзгор пешниҳод намоед.

### 8.13. НУФУЗПАЗИРИИ ДИЭЛЕКТРИКӢ



Расми 8.13.1

Мувофиқи формулаи (8.12.1) гунҷоии электрикии конденсатор аз нуфузпазирии диэлектрикии моддаи дар байни лавҳаҳо буда вобастагӣ дорад. Ин вобастагиро истифода бурда, бо ёрии дастгоҳи дар расми 8.13.1 нишон додашуда нуфузпазирии диэлектрикии моддаҳоро чен кардан мумкин аст.

Формулаи (8.12.1) барои мавридҳои дар байни лавҳаҳои конденсатор мавҷуд будани моддаи нуфузпазирии диэлектрикиаш  $\varepsilon$  ва мавҷуд будани ҳаво ( $\varepsilon = 1$ ) чунин навишта мешавад:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}, \quad (8.13.1)$$

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}. \quad (8.13.2)$$

Баробарии (8.13.1)-ро ба баробарии (8.13.2) тақсим намуда, барои нуфузпазирии диэлектрикӣ ифодаи зеринро ҳосил менамоем:

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0}. \quad (8.13.3)$$

**Нуфузпазирии диэлектрикӣ чанд маротиба калон будани гунҷоии электрикии конденсаторро дар муҳити диэлектрикӣ нисбат ба ҳаво нишон медиҳад.**

Барои шиша  $\epsilon=7$  мебошад, яъне ғунҷоиши электрии конденсатор дар мавриди аз шиша иборат будани қабати диэлектрикӣ, нисбат ба мавриди аз ҳаво иборат будани он, 7 маротиба зиёд мебошад.

Ғунҷоиши электрии дар муҳити диэлектрикӣ ва ҳаво чен намуда, аз баробарии (8.13.3) нуфузпазирии диэлектрикӣ барои моддаҳои гуногун муайян карда мешавад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ғунҷоиши электрии конденсаторҳо ба нуфузпазирии диэлектрикӣ чӣ гуна вобастагӣ дорад?
2. Нуфузпазирии диэлектрикиро бо ёрии конденсаторҳо чӣ тавр муайян кардан мумкин аст.?
3. Маънои физикии нуфузпазирии диэлектрикиро шарҳ диҳед.

## 8.14. ЭНЕРГИЯИ КОНДЕНСАТОРИ ЗАРЯДДОР. ТАТБИҚИ КОНДЕНСАТОРҲО

Конденсатори заряддор соҳиби энергияи электрии  $W_{эл}$  мебошад.

Дар конденсатори заряддор майдони электрии якҷинса ба вучуд меояд.

Шадидияти майдони электрии конденсатори заряддор аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{q}{Cd}. \quad (8.14.1)$$

Ба формулаи (8.14.1) қимати ғунҷоиши электрии аз формулаи (8.12.1) барои конденсатори ҳамвор гузошта ҳосил менамоем:

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon S}. \quad (8.14.2)$$

Дар дохили конденсатор шадидияти майдони ҳар як рӯи он ба  $\vec{E}_1$  ва  $\vec{E}_2$  баробар буда, шадидияти натиҷавӣ  $\vec{E}$  мувофиқи принципи суперпозитсияи майдонҳо ба суммаи онҳо баробар мебошад. Азбаски шадидияти майдони

лавҳаҳои конденсатор ба ҳамдигар мувофиқ меоянд ва модулан ба ҳам баробаранд, шадидияти майдони як лавҳа ба нисфи шадидияти майдони натиҷавӣ баробар мебошад:

$$E_1 = \frac{E}{2}. \quad (8.14.3)$$

Қайд кардан лозим аст, ки майдони электрикӣ дар дохили конденсатор то лаҳзаи заряддор будани он мавҷуд мебошад.

Агар ҳамаи электронҳои дар яке аз рӯяҳо заряди манфӣ ҳосилкунандаро ба рӯе, ки дар натиҷаи нарасидани ҳамин микдор электронҳо дорои заряди мусбат аст, кӯчонем, он гоҳ конденсатор безаряд гардида, мавҷудияти майдони электрикӣ қатъ мегардад. Кори ғангоми кӯчонидани зарядҳо иҷрошуда, ба энергияи дар ибтидо соҳиббудаи ин майдон баробар мебошад:

$$A = W_{эл}.$$

Кори иҷрокардаи майдони шадидияташ  $E_1$  аз рӯи ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$A = F \cdot d = qE_1 d = q \frac{E}{2} d.$$

Инро ба эътибор гирифта, барои энергияи майдони электрикии конденсатор ҳосил менамоем:

$$W_{эл} = \frac{qEd}{2}. \quad (8.14.4)$$

Қимати  $E$ -ро аз баробарии (8.14.1) ба (8.14.4) гузошта, ифодаро барои энергияи конденсатори заряддор ҳосил менамоем:

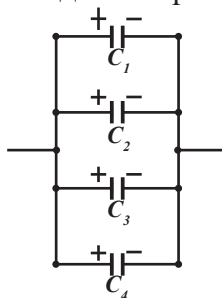
$$W_{эл} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}. \quad (8.14.5)$$

Ҳамин тариқ, энергияи конденсатори ҳамвор ба бузургҳои тавсифдиҳандаи он ғунҷоиши электрикӣ ва шиддати байни лавҳаҳо вобастагӣ дорад.

Қайд кардан лозим аст, ки ин формула барои ҳама гуна конденсаторҳо дуруст мебошад.

Дар таҷрибаҳои одӣ ба энергия доро будани конденсаторҳоро тасдиқ намудан мумкин аст.

Ба конденсатори заряддор лампаро пайваст намуда, алангаи онро мушоҳида мекунем, ки он аз табдили энергияи конденсатор ба энергияи рӯшноӣ шаҳодат медиҳад. Ба ҷойи лампа ба конденсатор баландгӯякро пайваст намуда, садои махсуси онро мешунавем. Дар ин маврид энергияи конденсатор ба энергияи мавҷи садоӣ табдил меёбад.



Расми 8.14.1

Яке аз ҷиҳатҳои муҳими конденсаторҳо аз он иборат, ки онҳо муддати муайяне энергия захира карда метавонанд ва ҳангоми безарядшавӣ ба воситаи занҷири муқовиматаш хурд қариб ҳамаи энергияшонро якбора ба занҷир медиҳанд.

Ҳамин хосияти конденсаторҳо дар амалия татбиқи васеъ ёфтааст. Лампаҳои электрикӣ, ки дар суратгирӣ истифода мебаранд аз безарядшавии конденсатори пешакӣ заряддор кардашуда, энергия мегирад.

Конденсаторҳо асосан дар радиотехникаю электротехника ба таври васеъ истифода бурда мешаванд.

Дар амалия аз пайвасти параллелӣ ва пайдарпайии конденсаторҳо истифода мебаранд.

Барои зиёд намудани ғунҷоиши электрикӣ конденсаторҳо ба намуди батареяҳо пайваст карда мешаванд. Дар батареяҳо рӯяҳои конденсаторҳо параллел пайваст карда мешаванд, яъне рӯяҳои мусбат заряддор ба як гурӯҳ ва рӯяҳои манфӣ заряддор ба гурӯҳи дигар пайваст карда мешаванд (расми 8.14.1). Дар пайвасти параллелӣ ҳамаи конденсаторҳо фарқи потенциалии якхела доранд, вале заряд ё ғунҷоиши электрикӣ онҳо гуногун мешаванд.

Заряди умумии конденсаторҳо баробар аст:

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = (C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n)U, \quad (8.14.6)$$

Дар ин ҷо  $U$  – фарқи потенциали рӯяҳои конденсаторҳо мебошад.

Аз муқоиса формулаи (8.14.6) ва (8.11.1) барои ғунҷоиши электрикӣ батареяи конденсаторҳои параллел пайвастшуда ҳосил мекунем:



$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n. \quad (8.14.7)$$

**Яъне, гунҷоиши электрикии батареяи конденсаторҳои параллел пайвастишуда, ба суммаи гунҷоиши ҳамаи электрикии конденсаторҳо баробар мебошад.**

Агар дар баробарии (8.14.7) гунҷоиш электрикии ҳамаи конденсаторҳо ба  $C_1$  баробар бошад, он гоҳ ҳосил менамоем:

$$C = nC_1. \quad (8.14.8)$$

Гунҷоиши электрикии батареяи  $n$  конденсаторҳои гунҷоиши электрикиашон якхелаи параллел пайвастишуда,  $n$  маротиба аз гунҷоиши электрикии яке аз конденсаторҳо калон мебошад.



Расми 8.14.2

Ҳангоми пайвасти пайдарпай конденсаторҳо байни ҳамдигар бо рӯяҳои аломати зарядашон муқобил пайвасти карда мешаванд (расми 8.14.2).

Дар ин маврид заряди ҳамаи рӯяҳои конденсаторҳо баробар буда, фарқи потенциал (шиддат) дар конденсаторҳо гуногун мешавад. Фарқи потенциали умумӣ дар байни рӯяҳои канорӣ баробар мешавад:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n = q \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \right). \quad (8.14.9)$$

Аз муқоисаи формулаи (8.14.9) ва (8.11.1) барои гунҷоиши электрикии батареяи конденсаторҳои пайдарпай – пайвастишуда ҳосил мекунем:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}. \quad (8.14.10)$$

**Яъне, ҳангоми пайвасти пайдарпайи конденсаторҳо бузургии баръакси гунҷоиши электрикии онҳо чамъ мегарданд.**

Ҳангоми пай дар пай пайвасти намудани конденсаторҳои гунҷоиши электрикиашон якхела ( $C_1$ ) аз ифодаи (8.14.10) ҳосил менамоем:

$$\frac{1}{C} = \frac{n}{C_1},$$

ё

$$C = \frac{C_1}{n}. \quad (8.14.11)$$

Ғунҷоиши электрии батареяи  $n$  конденсаторҳои ғунҷоиши электрииашон якхелаи пайдарпайпайвастшуда аз ғунҷоиши электрии яке аз конденсаторҳо  $n$  маротиба хурд мешавад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Энергияи конденсаторҳои заряддор аз кадом формула ҳисоб карда мешавад ва ба кадом бузургӣҳо вобастаанд?
2. Дар таҷрибаҳо энергияи доштани конденсаторҳоро чӣ тавр ошкор кардан мумкин аст?
3. Дар бораи тақдирҳои энергияи конденсаторҳо ба дигар намууди энергияҳо маълумот диҳед.
4. Конденсаторҳо дар амалия бо чанд тарз пайваст карда мешаванд?
5. Дар бораи табиқи амалии конденсаторҳо маълумот диҳед.
6. Формулаҳои (8.14.8) ва (8.14.11)-ро исбот намуда, доир ба истифодаи амалии онҳо маълумот диҳед.

## 8.15. ЭНЕРГИЯИ МАЙДОНИ ЭЛЕКТРИКӢ

Маълум аст, ки майдони электрии конденсатори ҳамвор дар байни рӯяҳои он марказонида шудааст ва он дорои энергия мебошад.

Барои ҳосил намудани ифодаи математикии энергияи майдони электрикӣ қимати ғунҷоиши электрии конденсатори ҳамворро аз формулаи (8.12.1) ба формулаи (8.14.5) гузошта,  $U = Ed$  буданашро ба эътибор гирифта ҳосил мекунем:

$$W_{эл} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} Sd, \quad (8.15.1)$$

Дар ин ҷо  $S \cdot d = V$  – ҳаҷми ишғолкардаи майдони электрикӣ дар байни рӯяҳои конденсатор мебошад.

Дар формулаи (8.15.1) энергияи майдони электрикӣ

ба воситаи бузургии асосии майдонро тавсифдиҳанда шадидият ифода карда шудааст.

**Мувофиқи формулаи (8.15.1) энергияи майдони электрикӣ, ба квадрати шадидияти майдони электрикӣ ва ҳаҷми ишголкардаи он мутаносиб мебошад.**

Ҳар ду тарафи формулаи (8.15.1)-ро ба  $V$  тақсим намуда, ифодаи зеринро ҳосил менамоем:

$$\omega_{эл} = \frac{W_{эл}}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}, \quad (8.15.2)$$

Дар ин ҷо  $\omega_{эл}$  – зичии ҳаҷмии энергияи майдони электрикӣ мебошад. **Энергияи электрикии ба воҳиди ҳаҷм мувофиқ ояндаро зичии ҳаҷмии энергияи майдони электрикӣ меноманд.**

**Яъне, зичии ҳаҷмии энергияи майдони электрикӣ ба квадрати шадидияти майдони электрикӣ мутаносиб мебошад.**

Ифодаи (8.15.2) барои майдонҳои электрикии дилхоҳ, аз ҷумла барои майдони электрикии тағйирёбанда низ дуруст мебошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Энергияи майдони электрикӣ аз рӯйи кадом формула ҳисоб карда мешавад ва ба кадом бузургиҳо вобастагӣ дорад?
2. Зичии энергияи майдони электрикӣ гуфта чиро меноманд?
3. Зичии энергияи майдони электрикӣ ба шадидияти майдони электрикӣ чӣ гуна вобастагӣ дорад?
4. Мувофиқи формулаи (8.15.1) ба ҳаҷми ишголкардаи майдони электрикӣ вобаста будани энергияи майдони электрикиро маънидод намоед.

## ХУЛОСАҲОИ МУҲИММИ БОБ

Таъсири мутақобили электромагнитиро яке аз фаслҳои физикаи электродинамика меомӯзад.

Электродинамика ба электродинамикаи классикӣ ва электродинамикаи квантӣ тақсим мешавад.

Электродинамикаи классикӣ назарияи таъсири мутақобили электромагнитиро дар макроолам меомӯзад.

Электродинамикаи квантӣ назарияи таъсири мутақобили электромагнитиро дар микроолам тадқиқ менамояд.

Яке аз фазлҳои электродинамикаро электростатика меноманд.  
Электростатика таъсири мутақобили зарядҳои оромро меомӯзад.

Дар табиат ду намуди зарядҳои электрикӣ – мусбат ва манфӣ мавҷуд мебошад.

Қисмҳои зарядшон ҳамном якдигарро тела медиҳанд ва гуногунноми заряддор ба якдигар ҷазб мешаванд.

Қувваи таъсири мутақобили зарядҳои нуктавии ороми  $q_1$  ва  $q_2$  дар асоси қонуни Кулон муайян карда мешавад:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}.$$

Дар атрофи ҳар як заряд майдони электрикӣ мавҷуд аст.  
Майдони электрикӣ бо шадидият ва потенциал тавсиф карда мешавад.

Қобилияти зарядғункунии ду ноқил бо ғунҷоиши электрикӣ  $C$  тавсиф карда мешавад:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2},$$

**Системаи ноқилҳои аз якдигар бо қабати тунуки диэлектрик ҷудо кардашударо конденсатор меноманд.**

Ғунҷоиши электрикии конденсатори ҳамвор аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}.$$

Энергияи конденсатори заряддор аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$W = \frac{CU^2}{2}.$$

Энергияи майдони электрикӣ ба квадрати шадидияти майдон ва ҳаҷми ишғолкардаи он мутаносиб мебошад:

$$W_{эл} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} Sd.$$

Дар ин ҷо  $S \cdot d = V$  – ҳаҷми ишғолкардаи майдони электрикӣ мебошад.

## БОБИ 9

### ҚОНУНҲОИ ЧАРАЁНИ ДОИМӢ

Дар фасли гузашта мо майдони электрикии зарядҳои оромро омӯхтем. Аз зарядҳои ором дар амалия хеле кам истифода мекунанд. Дар ин фасли китоб зарядҳои мутахаррикро мавриди омӯзиш қарор медиҳем. Тавассути ҳаракати зарядҳои ҷараёни электрикӣ ҳосил мешавад. Ҷараёни электрикӣ дар амалия татбиқи васеъ дорад. Ҳангоми омӯзиши мавзӯҳои алоҳидаи ин фасл шумо бо татбиқи амалии ҷараёни электрикӣ ба таври муфассал шинос мегардед.

#### 9.1. ЧАРАЁНИ ЭЛЕКТРИКӢ

Бо машинаи электрофор қисми додасударо то потенциали муайян заряддор менамоем ва баъд онро бо Замин пайваст мекунем. Дар ин маврид зарядҳои қисм ҳаракат намуда, ба Замин мегузаранд ва ин гузариш то лаҳзаи потенциали қисм ба потенциали Замин баробар гардидан давом меёбад. Дар ноқилҳои зарядҳои мусбат ба самти камшавии потенциал ва зарядҳои манфӣ ба самти афзоиши потенциал ҳаракат менамоянд.

***Ҳаракати ботартибонаи зарраҳои заряддорро дар ноқил ҷараёни электрикӣ меноманд. Худи зарраҳои заряддорро барандагони ҷараёни электрикӣ меноманд.***

Мафҳуми ҷараёни электрикиро соли 1820 физикдони фаронсавӣ А. М. Ампер дохил намудааст.

Ҳангоми безарядшавӣ энергияи электрикии қисми заряддор кам мешавад. Ҳангоми бавучудоии ҷараёни электрикӣ табиқии бисёрқаратаи энергияи электрикӣ ба амал меояд. Барои қатъ нагардидани ҷараёни электрикӣ дар охириҳои ноқил шиддатро собит нигоҳ доштан зарур аст.

***Асбобе, ки барои собит нигоҳ доштани шиддат дар нӯгҳои ноқил хизмат менамояд, манбаи ҷараён ё манбаи шиддат менаманд.***

Дар манбаъҳои ҷараёни электрикӣ табилёбии энергияҳои ғайриэлектрикӣ ба энергияи электрикӣ ба амал меояд. Дар мошинаҳои электрикӣ (электрофор) энергияи механикӣ ба электрикӣ, дар аккумуляторҳо ва элементҳои галванӣ энергияи химиявӣ ба электрикӣ ва дар фотоэлементҳо энергияи рӯшноӣ ба энергияи электрикӣ табдил меёбад.

Ҷараёни электрикӣ самти муайян дорад. ***Ба сифати самти ҷараёни электрикӣ самти зарраҳои заряди мусбатдор қабул гардидааст.***

Ҳангоми ҳаракати ботартибонаи зарраҳои заряди манфидор самти ҷараёни электрикӣ ба муқобили самти ҳаракати зарраҳо қабул карда мешавад.

Ин тавр интиҳоб намудани самти ҷараёни электрикӣ дуруст нест, чунки дар аксар мавридҳо ҷараёни электриро ҳаракати ботартибонаи зарраҳои заряди манфидор – электронҳо ҳосил менамоянд. Ин тарзи қабули самти ҷараёни электрикӣ дар замонҳои ба амал омада буд, ки дар бораи электронҳои озоди металлҳо маълумоте мавҷуд набуд.

Мавҷудияти ҷараёни электриро аз рӯйи таъсири зерини он муайян менамоянд:

- 1) таъсири ҳароратӣ;
- 2) таъсири химиявӣ;
- 3) таъсири магнитӣ.

Бо таъсири ҷараёни электрикӣ ҳангоми баёни мавзӯҳои минбаъда шинос мегардем.

Дар ноқилҳо ба сифати тавсифи асосии ҷараёни электрикӣ аз мафҳуми қувваи ҷараён ва зичии ҷараён истифода мекунанд.

***Қувваи ҷараён  $I$  бузургии скалярии физикиест, ки ба нисбати заряди аз буриши кӯндалангии ноқил гузаранда  $\Delta q$ , бар фосилаи вақти ҷоришавии заряд  $\Delta t$  баробар аст:***

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}. \quad (9.1.1)$$

Яъне, қувваи ҷараён ададан ба заряде баробар мебошад, ки дар воҳиди вақт аз буриши кӯндалангии ноқил мегузарад.

Дар системаи байналхалкии воҳидҳо (*СИ*) ба сифати қувваи ҷараёни  $IA$  (ампер) қабул карда шудааст. Ҳангоми аз буриши кӯндалангии ноқил дар  $Ic$  гузаштани  $IKл$  заряд, қувваи ҷараёни ба  $IA$  баробар мешавад. Таърифи ампер дар асоси таъсири мутақобили ҷараёнҳои параллелӣ бароварда мешавад.  *$IA$  – қувваи ҷараёни доимист, ки ҳангоми аз ду ноқилҳои параллелии дарозиашон беохир ва масоҳати буриши кӯндалангии доирави хеле хурддошта, ки аз ҳамдигар дар масофаи  $1m$  дар вакуум ҷойгиранд, қорӣ гардидан, дар ҳар як метри дарозии онҳо қувваи таъсири мутақобили бузургиаш ба  $2 \cdot 10^{-7}H$  баробарро ҳосил менамояд.*

Қувваи ҷараён бо амперметр чен карда мешавад.

Зичии ҷараён  $j$  ба нисбати қувваи ҷараёни аз буриши кӯндалангии ноқил гузаранда  $I$ , бар масоҳати сатҳи ин буриши кӯндалангӣ  $S$  муайян карда мешавад:

$$j = \frac{I}{S}. \quad (9.1.2)$$

Мувофиқи формулаи (9.1.2) воҳиди зичии ҷараён дар *СИ*  $A/m^2$  мебошад. Дар техника аз воҳиди зичии ҷараён  $A/mm^2$  истифода бурдан қулай мебошад.

Суръати ҳаракати электронҳо дар ноқили ҷараёндор аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$g = \frac{I}{neS}. \quad (9.1.3)$$

Аз формулаи (9.1.3) истифода бурда, суръати ҳаракати ботартибонаи электронҳоро барои ноқили мисии концентратсияи электронҳояш  $n=8,5 \cdot 10^{28} \frac{1}{m^3}$ , масоҳати буриши кӯндалангиаш  $S=1mm^2=10^{-6}m^2$ , ҳангоми дар он ба  $IA$  баробар будани қувваи ҷараён муайян менамоем:

$$g = \frac{IA}{8,5 \cdot 10^{28} \frac{1}{m^3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} Кл \cdot 10^{-6} m^2} = 7 \cdot 10^{-5} \frac{M}{c}.$$

Ин қимат тахминан миллиард маротиба аз суръати хароратии (ботартибонаи) онҳо хурд мебошад. Хурд будани суръати нигаронидашудаи электронҳо бо он маънидод карда мешавад, ки электронҳо дар роҳи худ ба бархӯрдҳои ниҳоят зиёд дучор мегарданд.

***Агар бо гузаштани вақт бузургии қувваи ҷараён ва самти он тағйир наёбад, ҷараёно собит ё доимӣ меноманд.***

Мувофиқи формулаи (9.1.3) агар  $I = const$  бошад, он гоҳ  $\vartheta = const$  мешавад. Суръати собитҳои ҳаракати нигаронидашудаи электронҳо танҳо дар майдони электрикии шадидияташ собит имконпазир мегардад, яъне шадидияти майдони электрикӣ дар ноқиле, ки ҷараёни собит ҷорӣ мешавад, собит мебошад. Бинобар ин, майдони электрикии ҷараёни собитро статсионарӣ меноманд.

Дар фарқ аз майдони электростатикӣ, майдони электрикии статсионарӣ зарядҳои мутаҳаррик ҳосил мекунад.

Қайд кардан лозим аст, ки дар доҳили ноқилҳои майдони электростастикӣ мавҷуд нест, майдони статсионарӣ бошад дар доҳили ноқил низ мавҷуд аст, вагарна аз он ҷараёни электрикӣ ҷорӣ намегардад. Хатҳои шадидияти майдони электрикии статсионарӣ дар доҳили ноқил ба меҳвари он параллел мебошанд.

## **САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР**

1. Ҷараёни электрикӣ чист?
2. Ба сифати самти ҷараёни электрикӣ чӣ қабул карда шудааст?
3. Ҷараёни электрикӣ чӣ гуна таъсирот дорад?
4. Қувваи ҷараёни электрикӣ аз кадом ифода муайян карда мешавад ва чӣ гуна бузургӣ мебошад?
5.  $1A$  (ампер) чӣ гуна қувваи ҷараён аст?
6. Зичии ҷараён гуфта чиро меноманд ва аз рӯйи кадом ифода муайян карда мешавад?
7. Чӣ гуна ҷараёно собит меноманд?
8. Дар бораи табиқи амалии ҷараёни доимӣ маълумот диҳед.



## 9.2. ЧАРАЁНИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР МЕТАЛЛҲО. НУКТАҲОИ АСОСИИ НАЗАРИЯИ ЭЛЕКТРОНИИ МЕТАЛЛҲО

Металлҳо электргузаронӣ ва гармигузаронии калон доранд. Ба ин гуна ҳосият металлҳо тавассути электронҳои озоди дар таркибашон буда соҳиб мебошанд.

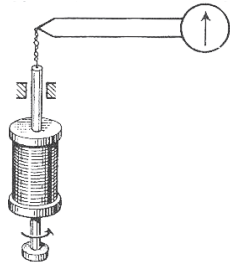
Баъди соли 1897 кашф гардидани электрон коркарди назарияи электрони металлҳо оғоз гардид. Аввалин назарияи электрониро физики олмонӣ Паул Друде пешниҳод намуда буд. Дар назарияи худ ӯ пешниҳод намуд, ки дар металлҳо дар қатори электронҳои заряди манфидор, электронҳои заряди мусбатдор мавҷуд мебошанд. Ин нуқтаи назари П. Друде нодуруст буд. Назарияи электрони дурусти металлҳоро Ч. Ч. Томсон пешниҳод намуд ва мувофиқи пешниҳоди ӯ дар металлҳо танҳо электронҳои заряди манфидор мавҷуданд.

Баъдтар назарияи электрони Томсонро Х. А. Лоренс инкишоф дод. Мувофиқи ин назария барандагони чараёни электрикӣ дар металлҳо электронҳои озод ба шумор мераванд. Ионҳои мусбате, ки дар металлҳо ҳангоми аз атомҳо канда шудани электронҳо ҳосил мегарданд, дар чараёнгузаронии металлҳо иштирок намекунанд. Дар ҳақиқат ҳам ҳангоми аз металлҳо чорӣ гардидани чараёни электрикӣ ҳеч гуна интиқоли модда ба амал намеояд.

Соли 1901 физикдони олмонӣ Э. Рикке се цилиндри асосҳояшон хеле хуб суфтакардашударо пайи ҳам бо тартиби мис-алюминий-мис зич ҷойгир намуда, ба воситаи онҳо дар муддати  $1$  сол заряди электрикии  $3,5 \cdot 10^6 \text{ Кл}$  гузаронида, ягон ҳел кӯчиши моддаро ба воситаи цилиндрҳо мушоҳида накард. Баркашкунии цилиндрҳо то ва баъди таҷриба нишон дод, ки массаи онҳо тағйир наёфтаанд. Асосҳои цилиндрҳоро бо микроскоп мушоҳида намуда, Рикке дохилшавии цилиндрҳоро ба ҳамдигараш ба қайд нагирифт.

Барои исботи барандагони чараёни электрикӣ дар металлҳо соли 1913 физикдонҳои рус Л. И. Менделштам ва

Н. Д. Папалекси дар таҷриба нишон доданд, ки ҳангоми чархзании ғалтаки аз ноқили металлӣ иборатбуда, дар он чараёни тағйирёбанда ҳосил мешавад. Ин чараён аз рӯйи садои лӯлаи телефони ба ғалтаки чархзананда пайваस्तбуда, ба қайд гирифта шуд. Ҳосилшавии чараён дар ғалтак бо инерсияи зарраҳои заряддор, ки барандаи чараёни электрикӣ дар металлҳо ба шумор мераванд, маънидод карда мешавад. Бо афзоиши суръати чархзании ғалтак ин зарраҳо аз ионҳои панҷараи кристаллии металл қафо монда, ҳангоми суштшавии суръати ғалтак аз онҳо пеш мегузаранд. Ҷанги якуми ҷаҳонӣ ба Менделштам ва Папалекси имконият надод, ки натиҷаҳои ба даст овардаашонро чоп намоянд. Соли 1916 таҷрибаи монандро олимони амрикоӣ Р. Толмен ва Т. Стюарт гузарониданд. Нақшаи таҷрибаи Р. Толмен ва Т. Стюарт дар расми 9.2.1 нишон дода шудааст.



Расми 9.2.1

Ғалтаки аз ноқили металлӣ иборатбуда, бо суръати калон чарх занонида мешавад ва суръати он то  $300\text{ м/с}$  мерасад. Ҳангоми якбора аз ҳаракат мондани ғалтак, галванометри ҳассоси ба он пайваस्त чараёни кӯтоҳмуддати ҳосилшударо қайд менамояд. Аз рӯйи самти майлқунии акрабаки галванометр муқаррар карда шуд, ки чараёни электрикиро дар ғалтак (металлҳо) зарраҳои манфизаряддор ҳосил мекунанд. Ҷенқунии нисбати заряд бар массаи ин зарраҳо барои мавридҳои ноқили ғалтак аз мис, алюминий ва нукра иборат будан нишон дод, ки ин нисбат ба  $\frac{e}{m}$  -и электрон баробар мебошад.

Ҳамин тариқ, дар таҷриба тасдиқ карда шуд, ки чараёни электрикӣ дар металлҳо аз ҳаракати ботартибонаи электронҳо таҳти таъсири майдони электрикӣ иборат мебошад.

### Нуктаҳои асосии назарияи электрони металлҳо:

1. Ионҳои мусбати дар гиреҳҳои панҷараи кристалии

металлҳо ҷойгирбуда, танҳо дар атрофи ҳолати мувозинатӣ лапшишҳои хурд намуда, дар металл ҷой иваз намекунад;

2. Дар байни гиреҳҳои панҷараи кристаллӣ электронҳои озод, ки электронҳои гузаронанда номида мешаванд, ҳаракат мекунад. Ҳаракати электронҳо ба қонунҳои механикаи классикӣ итоат мекунад;

3. Аз сабаби зарбахӯриҳои зиёд ҳаракати электронҳои озод бетартибона (хаотикӣ) ба амал меояд;

4. Ҳангоми мавҷуд будани майдони электрикии берунаи шадидияташ  $\vec{E}$  ба ҳаракати бетартибонаи электронҳо ҳаракати ботартибонаи онҳо, ки дрейфи (равонаи) электронҳо ном дорад, ба самти муайян ҷамъ мешавад. Дар ин маврид ҳаракати ҳар як электрон бо таъсири майдони электрикии беруна ва бархӯрд бо зарраҳои вохӯрда, муайян карда мешавад.

5. Майдони электрикии беруна ба консентратсияи барандагони ҷараён ва вақти миёнаи давиши озоди онҳо таъсир намекунад.

Консентратсияи барандагони ҷараён  $n$ , миқдори электронҳои озоди дар воҳиди ҳаҷм мавҷудбударо нишон медиҳад. Агар дар ҳаҷм  $V$ ,  $N$  барандагони ҷараён мавҷуд бошад, он гоҳ консентратсияи он баробар мешавад:

$$n = \frac{N}{V}.$$

Дар металлҳо консентратсияи электронҳо хеле калон мебошад. Масалан, барои мис  $n = 8,5 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{м}^3}$  аст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ҷаро металлҳо гармигузаронӣ ва электргузаронӣ калон доранд?
2. Назарияи электронии металлҳоро кадом олимони пешниҳод намудаанд?
3. Барандагони ҷараёни электрикӣ дар металлҳо кадом зарраҳо ба шумор мераванд ва онро бо таҷрибаҳои гузаронидашуда асоснок намоед.
4. Нуктаҳои асосии назарияи электронии металлҳоро номбар намоед.
5. Ҷӣ тавр ба амал омадани электргузаронии металлҳоро шарҳ диҳед.

### 9.3. ҚОНУНИ ОМ БАРОИ ҚИТЪАИ ЗАНЧИР. МУҚОВИМАТИ НОҚИЛҶО

Аз баёни мавзӯҳои ин боб маълум гардид, ки барои ба вучуд омадан ва мавҷуд будани ҷараёни электрикии собит чунин шартҳо зарур мебошад:

1. Дар модда электронҳои озод мавҷуд бошад.

Мавҷудияти электронҳои озод барои ҳосилшавии ҷараёни электрикӣ кифоя нест.

2. Барои ба вучуд овардан ва нигоҳ доштани ҳаракати ботартибонаи зарраҳои заряддор, бояд ба онҳо ба самти муайян қувваи зерин таъсир намояд:

$$\vec{F} = q \vec{E}.$$

Мавҷуд будани майдони электрикӣ дар дохили ноқил боиси пайдоиш ва нигоҳдории ҳаракати ботартибонаи зарраҳои заряддор мегардад.

Агар дар дохили ноқил майдони электрикӣ бошад, он гоҳ мувофиқи формулаи  $E = (\varphi_1 - \varphi_2)/d$  дар охириҳои ноқил фарқи потенциал пайдо мешавад. Дар мавриди дар нӯгҳои ноқил тағйир наёфтани фарқи потенциал, дар ноқил ҷараёни собит барқарор мегардад.

Чи қадаре ки фарқи потенциал дар нӯгҳои ноқил калон бошад, дар ноқил шадидияти майдони электрикӣ ҳамон қадар калон мешавад ва суръати ҳаракати ботартибонаи зарраҳои заряддор калон мешавад.

Дар таҷрибаҳо муқаррар шудааст, ки чи қадаре ки фарқи потенциали нӯгҳои ноқил (шиддат) зиёд бошад, қувваи ҷараён дар ноқил ҳамон қадар меафзояд.

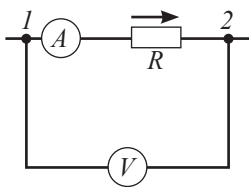
Вобастагии байни қувваи ҷараён ба шиддати нӯгҳои ноқил ба шакли математикӣ ин тавр ифода карда мешавад:

$$I \sim U.$$

Барои ин мутаносибиро ба баробарӣ табдил додан ягон коэффитсиенти мутаносибии  $\frac{I}{R}$  дохил менамоем:

$$I = \frac{1}{R} U, \quad (9.3.1)$$

Дар ин чо  $R$  – яке аз тавсифҳои асосии электрикии ноқилҳо буда, барои ноқилҳои гуногун қиматҳои ҳархела дорад ва муқовимати ноқил номида мешавад.



Расми 9.3.1

Баробарии (9.3.1) шакли математикии қонуни Омро барои қитъаи занҷир ифода менамояд.

*Мувофиқи қонуни Ом барои қитъаи занҷир қувваи ҷараён ба шиддати нӯғҳои ноқил мутаносиби роста буда, ба*

*муқовимати он мутаносиби чаппа мебошад.*

Қувваи ҷараёнро дар ноқил (расми 9.3.1) бо амперметр ва шиддатро дар нӯғҳои он бо вольтметр чен намуда, аз формулаи (9.3.1) муқовимати ноқилро муайян намудан мумкин аст:

$$R = \frac{1}{I} U, \quad (9.3.2)$$

Дар расми 9.3.1 бо  $R$  муқовимати ноқиле, ки аз он ҷараёни собит ҷорӣ мешавад, ишора карда шудааст.

Аз формулаи (9.3.3) воҳиди муқовимати ноқилҳоро дар *СИ* муайян менамоем:

$$R = \frac{1B}{1A} = 1\text{Ом}.$$

Яъне, дар *СИ* воҳиди муқовимат  $1\text{Ом}$  мебошад.  *$1\text{Ом}$  муқовимати ноқиле мебошад, ки ҳангоми дар нӯғҳои он ба  $1B$  баробар будани шиддат дар он қувваи ҷараён ба  $1A$  баробар мешавад.*

Дар таҷрибаҳо муқаррар карда шудааст, ки муқовимати ноқилҳо аз маводди ноқил ва андозаҳои геометрии ноқил вобаста мебошад. Вобастагии муқовимати ноқил аз маводди ноқил, дарозӣ  $\ell$  ва масоҳати буриши кўндалангии он  $S$  ба шакли математикӣ ин тавр навишта мешавад:

$$R = \rho \frac{\ell}{S}. \quad (9.3.3)$$

Дар ин чо  $\rho$  – бузургии, ки ба наводи маводи ноқил ва

ҳолати он (пеш аз ҳама аз ҳарорат) вобаста буда, муқовимати хоси ноқил ном дорад.

Мувофиқи формулаи (9.3.3) дар СИ воҳиди муқовимати хоси ноқилҳо  $10\text{м} \cdot \text{м}$  ба шумор меравад.

**Ҳамин тариқ, муқовимати ноқилҳо ба муқовимати хос ва дарозии он мутаносиби роста буда, ба масоҳати буриши кӯндалангии онҳо мутаносиби чаппа мебошад.**

Мувофиқи назарияи квантӣ муқовимати ноқилҳои металлӣ ба ҷараёни электрикӣ дар натиҷаи пароканиши электронҳо дар атомҳои бегона (ғашҳо), дар лаппишҳои ҳароратии ионҳои панҷараи кристаллӣ ва дар дигар электронҳо ба амал меояд. Ҳангоми афзоиши ҳарорати ноқил интензивияти ин пароканишҳо меафзояд ва ин ба афзоиши муқовимати хоси ноқил оварда мерасонад.

Ҳамин тариқ, бо афзоиши ҳарорат муқовимати ноқилҳои металлӣ меафзояд. Барои ҳароратҳои на он қадар паст ва на он қадар баланд, дар ҳудудҳои афзоиши хурди ҳарорат, афзоиши муқовимати хоси ноқилҳо аз рӯйи қонуни хаттӣ ба амал меояд:

$$\rho_2 = \rho_1(1 + \alpha \Delta t), \quad (9.3.4)$$

дар ин ҷо  $\rho_1$  – муқовимати хоси ноқил дар ҳарорати  $t_1$ ,  $\rho_2$  – муқовимати хоси ноқил дар ҳарорати  $t_2$ ,  $\Delta t = t_2 - t_1$ ,  $\alpha$  – коэффисиенти ҳароратии муқовимат аст.

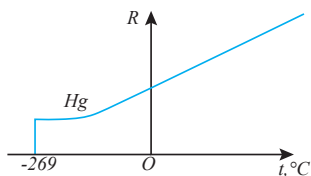
Барои металлҳои тоза

$$\alpha = \frac{1}{273^\circ\text{C}}.$$

Ҳар ду тарафи ифодаи (9.3.4)-ро ба  $\frac{\ell}{S}$  зарб карда, ифодаро барои муқовимати ноқил ҳосил менамоем:

$$R_2 = R_1(1 + \alpha \Delta t). \quad (9.3.5)$$

Дар ҳароратҳои ниҳоят паст муқовимати ноқилҳо ба таври аҷиб тағйир меёбад. Соли 1911 физикдони ҳоландӣ Х. Камерлинг - Оннес, хангоми хунук намудани симоб то ҳарорати  $-269^\circ\text{C}$  ба қайд гирифт, ки



Расми 9.3.2

муқовимати электрикии он ба таври ҷаҳишмонанд то ба сифр кам мешавад (расми 9.3.2).

Ин ҳодиса барои дигар моддаҳо (қўрғошим, қалъагӣ, синк, алюминий ва ғайраҳо) низ дар ҳароратҳои паст ба мушоҳида расид ва ин ҳодисаро фавқулноқилият меноманд.

***Ноқилҳое, ки ба чунин ҳосият соҳибанд, фавқулноқилҳо номида мешаванд.***

Дар фавқулноқилҳо ҳангоми аз онҳо ҷорӣ шудани ҷараёни электрикӣ гармӣ ҷудо намешавад ва ҷараёни электрикии дар он ҳосилшуда, муддати дурудароз мавҷудияти худро ҳатто дар мавриди набудани манбаи шиддат ҳам нигоҳ медорад.

Фавқулноқилҳо дар оянда татбиқи амалии худро меёбанд.

Агар маводҳое пайдо гарданд, ки ҳодисаи фавқулноқилӣ барои онҳо дар ҳарорати ба ҳарорати хона наздик ба амал ояд, он гоҳ проблемаи хеле муҳими техникӣ ҳаллу фасли худро меёбад ва энергияи электрикӣ бе талафот нақл карда мешавад.

Соли 1986 фавқулноқилияти баландҳарорат барои пайвастагии мураккаби лантан, барий ва элементҳои дигар (керамика) дар ҳарорати ба 100К наздик кашф карда шуд. Ин ҳарорат аз ҳарорати ҷӯшиши нитрогени моеъ баландтар мебошад.

Ҳодисаи фавқулноқилиятро дар заминаи назарияи квантӣ соли 1957 олимони америкоӣ Ч. Бардин, Л. Купер, Ч. Шриффер ва олими рус Н. Н. Боголюбов маънидод намуданд.

## **САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР**

- 1. Барои мавҷудияти ҷараёни собит кадом шартҳо заруранд?*
- 2. Қонуни Омро барои қитъаи занҷир ба шакли математикӣ навишта, таъриф диҳед.*
- 3. Воҳиди муқовимати ноқилҳоро номбар намоед ва таъриф диҳед.*
- 4. Вобастагии муқовимати ноқилҳоро аз дарозӣ, масоҳати буриши кўндалангӣ ва материали ноқил ба шакли математикӣ навишта, маънидод намоед.*
- 5. Сабаби дорои муқовимат будани ноқилҳои металлро маънидод намоед.*

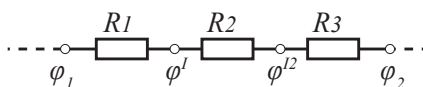
6. Вобастагии муқовимати ноқилҳоро аз ҳарорат ба шакли математикӣ навишта, маънидод кунед.
7. Чӣ гуна ҳодисаро фавқулноқилият меноманд?
8. Дар бораи аҳамияти амалии фавқулноқилҳо маълумот диҳед.

## 9.4. ПАЙВАСТИ ПАЙДАРПАЙ ВА ПАРАЛЛЕЛИИ НОҚИЛҲО

Дар амалия аз ду тарзи пайвасти ноқилҳо дар занҷирҳои электрикӣ истифода мебаранд:

1. Пайвасти пайдарпай;
2. Пайвасти параллелӣ.

Занҷири электрикӣ аз манбаъ, олатҳои энергия истеъмолкунанда, симҳои васлкунанда, калид барои пайвастании занҷир ва асбобҳои электроченкунанда (амперметр, вольтметр ва ғайраҳо) иборат мебошад.



**Расми 9.4.1**

Ҳангоми пайвасти пайдарпай, охири ноқили якум ба аввали ноқили дуюм ва охири ноқили дуюм ба аввали

ноқили сеюм ва ғайра пайвасти карда мешавад (расми 9.4.1).

Дар пайвасти пайдарпай дар ҳамаи ноқилҳо қувваи ҷараён якхела мебошад:

$$I = I_1 = I_2 = I_3. \quad (9.4.1)$$

Шиддати умумӣ дар занҷир ба суммаи шиддатҳои қисмҳои алоҳидаи он баробар аст:

$$U = U_1 + U_2 + U_3. \quad (9.4.2)$$

Ҳар ду тарафи баробарии (9.4.2)-ро ба қувваи ҷараёни аз ноқилҳо ҷоришаванда  $I$  тақсим намуда ҳосил менамоем:

$$\frac{U}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} + \frac{U_3}{I}. \quad (9.4.3)$$

Ин формуларо бо формулаи (9.3.2) муқоиса намуда ҳосил мекунем:

$$R = R_1 + R_2 + R_3. \quad (9.4.4)$$

Баробарии (9.4.4) барои  $n$  – то ноқил ин тавр навишта мешавад:

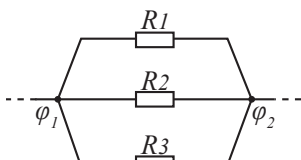


$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n. \quad (9.4.5)$$

**Яъне, муқовимати умумии ноқилҳо дар пайвасти пайдарпай ба суммаи муқовиматҳои ноқилҳои алоҳида баробар мебошад.**

Агар муқовимати ҳамаи ноқилҳо якхела буда, ба  $R_1$  баробар бошад, он гоҳ муқовимати умумии ноқилҳо баробар мешавад:

$$R = nR_1.$$



Расми 9.4.2

Муқовимати умумии ноқилҳо ҳангоми пайвасти пайдарпай  $n$  ноқилҳои муқовиматашон баробар  $n$  маротиба аз муқовимати яке аз ноқилҳо зиёд мегардад.

Дар расми 9.4.2 пайвасти параллелии 3 ноқили муқовиматҳои электрикашон  $R_1, R_2, R_3$  нишон дода шудааст.

Дар пайвасти параллелӣ шиддат дар нӯгҳои ҳамаи ноқилҳо якхела мебошад:

$$U = U_1 = U_2 = U_3. \quad (9.4.6)$$

Қувваи ҷараёни умумӣ дар занҷир ба суммаи қувваҳои ҷараён дар ноқилҳои алоҳида баробар мебошад:

$$I = I_1 + I_2 + I_3. \quad (9.4.7)$$

Аз формулаи қонуни Ом (9.3.2) қиматҳои  $I, I_1, I_2, I_3$ -ро ба баробарии (9.4.7) гузошта ҳосил мекунем:

$$\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3},$$

$$\ddot{\phantom{x}} \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}. \quad (9.4.8)$$

**Яъне, ҳангоми пайвасти параллелӣ қимати баръакси муқовимати умумии ноқилҳо ба суммаи қиматҳои баръакси муқовиматҳои алоҳида баробар мебошад.**

Барои  $n$  то ноқили параллели пайваст баробарии (9.4.8) ин тавр навишта мешавад:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}. \quad (9.4.9)$$

Агар муқовимати ҳамаи ноқилҳо дар пайвасти параллелӣ якхела буда, ба  $R_1$  баробар бошанд, он гоҳ муқовимати умумӣ баробар мешавад:

$$R = \frac{R_l}{R_n} \quad (9.4.10)$$

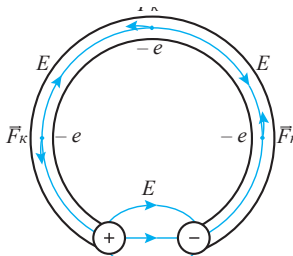
Яъне, ҳангоми пайвасти параллелии  $n$  ноқили муқовиматашон баробар, муқовимати умумӣ аз муқовимати яке аз ноқилҳо  $n$  маротиба хурд мешавад.

### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

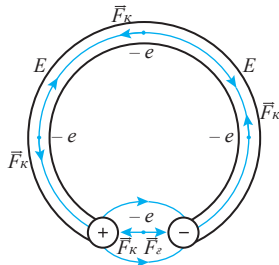
1. Ноқилҳо бо чанд тарз пайваст карда мешаванд?
2. Формулаи муқовимати умумиро дар пайвасти пайдарпайӣ навишта маънидод намоед.
3. Ҳангоми пайвасти параллелӣ муқовимати умумии ноқилҳо аз кадом формула муайян карда мешавад?
4. Дар кадом мавридҳо аз пайвастҳои пайдарпайӣ ва параллелӣ истифода бурдан қулай мебошад?
5. Доир ба истифодаи амалии пайвастҳои пайдарпайӣ ва параллелии ноқилҳо маълумот диҳед.

### 9.5. ҚУВВАИ ЭЛЕКТРОҲАРАКАТДИХАНДА (КЭҲ)

Ҳар як манбаи ҷараён бо қувваи электроҳаракатдиҳанда тавсиф карда мешавад. Дар рӯи батареяҳо қимати ададии қувваи электроҳаракатдиҳандаи онҳо нишон дода шудааст. Масалан, барои батареяи соатҳои деворӣ қимати қувваи электроҳаракатдиҳанда ба 1,5В баробар аст.



Расми 9.5.1



Расми 9.5.2

Қувваи электроҳаракатдиҳандаи манбаъҳои ҷараёнро маънидод менамоем.

Ду қураи металли зарядхояшон гуногуналوماتро бо ҳам мепайвандем. Таҳти таъсири майдони электрикӣ зарядҳои қураҳо дар ноқил ҷараёни электрикӣ ҳосил мешавад (расми 9.5.1).

Ин ҷараёни кӯтоҳмуддат мебошад, чунки зарядҳо зуд якдигарро барҳам мезананд, потенциали қураҳо баробар мешавад ва ҷараёни электрикӣ қатъ мегардад.

Барои собит нигоҳ доштани чараёни электрикӣ дар байни кураҳо, шиддатро собит нигоҳ доштан лозим аст. Барои ин дастгоҳе зарур аст, ки зарядҳоро аз як кура ба кураи дигар ба самти муқобили самти қувваҳои аз тарафи майдони электрии кураҳо, ба ин зарядҳо таъсиркунанда кӯчонад. Дар ин дастгоҳ ба зарядҳои электрикӣ, ғайр аз қувваҳои электрикӣ, бояд қувваҳои табиати ғайриэлектрикӣ дошта таъсир намояд (расми 9.5.2). *Ин гуна дастгоҳро манбаи чараён меноманд.*

Ҳамин тариқ, барои дар занҷир собит нигоҳ доштани чараёни электрикӣ танҳо мавҷудияти майдони электрии зарраҳои заряддор (майдони кулонӣ) басанда нест.

*Қувваҳои дилхоҳи табиати ғайриэлектростатикӣ доштаи ба зарраҳои заряддор таъсиркунандаро қувваҳои ғайр ё қувваҳои бегона меноманд.*

Дар фарқ аз қувваҳои электростатикӣ, кори иҷро кардаи қувваҳои ғайр ҳангоми кӯчонидани зарраҳои заряддор аз рӯйи контури сарбаста аз сифр фарқ мекунад. Аз ҳисоби кори иҷрокардаи қувваҳои ғайр дар дохили манбаи чараён зарраҳои заряддор соҳиби энергия мегарданд ва онро ба ноқилҳои занҷири электрикӣ медиҳанд ва дар натиҷа дар ноқилҳои занҷир гармӣ чудо мешавад.

Қувваҳои ғайр дар дохили ҳамаи манбаъҳои чараён (генераторҳои неругоҳҳои электрикӣ, элементҳои галванӣ, аккумуляторҳо ва ғайраҳо) зарраҳои заряддорро ба ҳаракат мебароранд.

Ҳамин тариқ, дар дохили манбаъҳои чараён таҳти таъсири қувваҳои ғайр зарраҳои заряддор ба муқобили самти қувваҳои кулонӣ ҳаракат менамоянд. Электронҳо таҳти таъсири қувваҳои ғайр аз кураи мусбат заряддор ба кураи манфӣ заряддор ҳаракат мекунанд (расми 9.5.2).

Дар манбаъҳои чараён қувваҳои ғайр табиати гуногун доранд. Дар генераторҳои неругоҳҳои барқӣ қувваҳои ғайр табиати магнитӣ, дар элементи галванӣ ва аккумуляторҳо табиати химиявӣ доранд.

Таъсири қувваҳои ғайр бо бузургии махсуси физикавӣ қувваи электроҳаракатдиҳанда (ҚЭХ), тавсиф карда мешавад.

**Нисбати кори иҷрокардаи қувваҳои ғайрро ( $A_g$ ), ҳангоми кӯчондани заряд қад-қади занҷир, бар бузургии заряди кӯчонидашуда  $q$  қувваи электроҳаракатдиҳанда  $\varepsilon$  меноманд.**

Мувофиқи ин таъриф навиштан мумкин аст:

$$\varepsilon = \frac{A_g}{q}. \quad (9.5.1)$$

Мувофиқи формулаи (9.5.1) қувваи электро – ҳаракатдиҳанда ба монанди шиддат бо волтҳо чен карда мешавад.

Дар дохили манбаи ҷараён шадидияти майдони ғайр ба шадидияти майдони электрикӣ муқобил равона мебошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

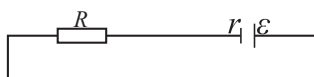
1. Манбаи ҷараён гуфта чиро меноманд?
2. Қувваҳои ғайр гуфта чӣ гуна қувваҳоро меноманд?
3. Қувваи электроҳаракатдиҳанда чист ва он ба шакли математикӣ чӣ тавр ифода карда мешавад?
4. Аз формулаи (9.5.1) истифода бурда, воҳиди қувваи электроҳаракатдиҳандаро ( $\varepsilon$ ) дар СИ бароред.

## 9.6. ҚОНУНИ ОМ БАРОИ ЗАНҶИРИ САРБАСТА

Ҳангоми занҷири берунаро ба манбаи ҷараён васл намудан дар занҷир ҷараёни электрикӣ ҳосил мешавад.

Занҷири содаи электрикии сарбастаи аз манбаи ҷараён ва истеъмолкунандаи муқовиматаш  $R$  иборат бударо дида мебароем (расми 9.6.1).

Қувваи электроҳаракатдиҳандаи манбаъро бо  $\varepsilon$  ва муқовимати манбаъро бо  $r$  ишора менамоем. Дар фарқият аз муқовимати берунии занҷир  $R$ , муқовимати манбаи ҷараёнро муқовимати дохилӣ меноманд. Дар элементҳои галванӣ  $r$



Расми 9.6.1

муқовимати маҳлули электрнақшит ва электродҳо, дар генераторҳо бошад муқовимати печакҳои он мебошад.

Қонуни Ом барои занҷири сарбаста алоқамандии қувваи ҷараёни занҷирро аз қувваи электроҳаракатдиханда ва суммаи муқовиматҳои берунӣ ва дохилии занҷир (муқовимати умумӣ) муқаррар менамояд.

**Мувофиқи ин қонун қувваи ҷараён дар занҷири сарбаст ба қувваи электроҳаракатдихандаи манбаи ҷараён мутаносиби роста буда, ба муқовимати умумии занҷир мутаносиби чаппа мебошад:**

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}. \quad (9.6.1)$$

Аз формулаи (9.6.1) ифодаро доир ба алоқамандии қувваи электроҳаракатдихандаи манбаи ҷараён ва шиддати қутбҳои он ҳосил менамоем:

$$\varepsilon = I(R+r) = IR + Ir = U + Ir. \quad (9.6.2)$$

Яъне, дар занҷири сарбастае, ки аз он ҷараён ҷорӣ мешавад, шиддати қутбҳои манбаи ҷараён ҳамеша аз қувваи электроҳаракатдихандаи он хурд мебошад.

Ду мавриди хусусии формулаи (9.6.2)-ро дида мебароем:

1. Агар  $R \gg r$  бошад ё  $R \rightarrow \infty$ . Ин маврид ҳангоми кушода будани қутбҳои манбаи ҷараён ва дар байни онҳо мавҷуд будани роғаи ҳавой ба амал меояд. Дар занҷир ҷараёни электрикӣ қатъ мегардад, яъне  $I=0$  мешавад. Аз формулаи (9.6.2) ҳосил менамоем:

$$U = \varepsilon.$$

Яъне, шиддат дар қутбҳои манбаи ҷараёни кушода ба қувваи электроҳаракатдихандаи он баробар мебошад.

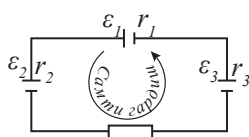
2. Агар  $R \ll r$  бошад,  $R \rightarrow 0$ . Дар ин маврид қувваи ҷараён яқбора афзуда, расиши кӯтоҳ ба амал меояд. Қувваи ҷараён ҳангоми расиши кӯтоҳ баробар мешавад:

$$J_{p,k} = \frac{\varepsilon}{r}. \quad (9.6.3)$$

Ин ҷараён аз қимати имконпазири ҷараёни занҷири электрикӣ хеле зиёд мебошад, бинобар ин ба ҷудошавии микдори хеле зиёди гармӣ оварда мерасонад. Ноқилҳо ғудохта мешаванд ё саҳт метафсанд ва боиси сар задани сӯхтор мегарданд, манбаи ҷараён аз қор мебарояд. Барои

рӯй надодани ҳодисаҳои номатлуб аз муҳофизаткунандаҳои электрикӣ истифода мебаранд.

Агар занҷир якчанд манбаҳои ҷараёни пай дар пай пайваस्तшудаи қувваи электроҳаракатдиҳандашон  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$  ва ғайраҳоро дар бар гирад, он гоҳ қувваи электроҳаракатдиҳандаи умумии занҷири электрикӣ ба суммаи алгебравии ҚЭХ-и манбаҳои алоҳида баробар мешавад. Барои муайян кардани аломати ҚЭХ-и манбаи ҷараёни дилхоҳ аввал шарт карда мешавад, ки кадом самти гардиши занҷир ба сифати самти мусбат қабул карда мешавад. Дар расми 9.6.2 ба сифати самти мусбат самти муқобили гардиши ақрабаки соат қабул карда шудааст.



Расми 9.6.2

Агар самти гардиш аз рӯи занҷир аз қутби манфӣ ба қутби мусбати манбаи ҷараён мувофиқ ояд,  $\varepsilon > 0$  қабул карда мешавад.

Қувваҳои ғайр дар дохили манбаи ҷараён кори мусбат иҷро менамоянд. Дар мавриди самти гардиш аз рӯи занҷир аз қутби мусбат ба қутби манфии манбаи ҷараён мувофиқ ояд, ҚЭХ манфӣ ( $\varepsilon < 0$ ) мешавад. Қувваҳои ғайр дар дохили манбаи ҷараён кори манфӣ иҷро мекунанд.

Ба ин тарик, барои ҚЭХ-и умумии занҷири расми 9.6.2 навиштан мумкин аст:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3.$$

Муқовимати умумии занҷир  $R$  ба суммаи ҳамаи муқовиматҳои он баробар аст:

$$R_y = R + r_1 + r_2 + r_3.$$

Мувофиқи формулаи (9.6.1) ҳангоми  $\varepsilon > 0$  будан  $I > 0$  мешавад, яъне самти ҷараён ба самти гардиш дар занҷир мувофиқ меояд. Агар  $\varepsilon < 0$  бошад, самти ҷараён ба самти гардиш дар занҷир муқобил мебошад.

1. Қонуни Омро барои занҷири сарбаста навшифта таъриф диҳед.
2. Қадом вақт шиддат дар қутбҳои манбаи ҷараён ба қувваи электроҳаракатдиҳанда баробар мешавад?
3. Қадом вақт расиши кӯтоҳ ба амал меояд?
4. Ҳангоми пайвастии пайдарпайии якҷанд манбаи ҷараён қувваи электроҳаракатдиҳандаи умумии онҳо чӣ тавр муайян карда мешавад?
5. Сабаби дорои муқовимати дохилӣ будани манбаҳои ҷараёнро маънидор намоед.

## 9.7. КОР ВА ТАВОНОИИ ҶАРАЁН

Дар амалия аз ҷараёни электрикӣ ба таври васеъ истифода бурда мешавад.

Ҷараёни электрикӣ ҳамроҳи худ энергия мекӯҷонад ва онро ба намудҳои дигари энергия табдил додан мумкин аст.

Ҳангоми бонизом ҳаракат намудани зарраҳои заряддор майдони электрикӣ кор иҷро менамояд ва он кори ҷараёни электрикӣ ном дорад.

Агар аз буриши кӯндалангии ноқил дар муддати вақти  $\Delta t$  заряди  $\Delta q$  гузарад, он гоҳ кори иҷрокардаи ҷараёни электрикӣ баробар аст:

$$A = \Delta q U. \quad (9.7.1)$$

Дар формулаи (9.7.1)  $\Delta q = I \Delta t$  буданаширо ба эътибор гирифта формулаи зеринро ҳосил мекунем:

$$A = IU \Delta t. \quad (9.7.2)$$

Баробарии (9.7.2) шакли математикии кори ҷараёни электрикиро ифода менамояд.

**Мувофиқи формулаи (9.7.2) кори ҷараёни электрикӣ ба ҳосили зарби қувваи ҷараён, шиддат ва муддати вақте ки кор иҷро шудааст, баробар мебошад.**

**Нисбати кори дар муддати вақти  $\Delta t$  иҷрокардаи ҷараёнро ( $A$ ), бар фосилаи ҳамин муддати вақт, тавоноии ҷараён меноманд.** Мувофиқи таърифи додашуда, тавоноии ҷараён баробар аст:

$$P = \frac{A}{\Delta t}. \quad (9.7.3)$$

Қимати корро аз формулаи (9.5.1) ба баробарии (9.7.3) гузошта, ифодаро барои тавоноии пурраи чараёни электрикӣ дар занҷири сарбаста ҳосил менамоем:

$$P_n = I\varepsilon. \quad (9.7.4)$$

Ин тавоноӣ қисман дар занҷири беруна (баъзан тавоноии фойданок меноманд) ва қисман дар муқовимати дохилӣ (гумшавии тавоноӣ меноманд) ҷудо мешавад.

Бинобар ин барои тавоноии пурра навиштан мумкин аст:

$$P_n = P + \Delta P, \quad (9.7.5)$$

дар ин ҷо  $P$  – тавоноии фойданок аст, ки дар муқовимати беруна ҷудо мешавад,  $\Delta P$  – тавоноии гумшуда мебошад.

Қимати  $A$ -ро аз формулаи (9.7.2) ба формулаи (9.7.3) гузошта барои тавоноии фойданок ҳосил менамоем:

$$P = I \cdot U. \quad (9.7.6)$$

Аз қонуни Ом барои қитъаи занҷир аввал қимати  $U$ -ро ва баъд қимати  $J$ -ро ба формулаи (9.7.6) гузошта, барои тавоноии фойданок ҳосил менамоем:

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}. \quad (9.7.7)$$

Гумшавии тавоноӣ, ки гармшавии манбаи чараёнро ба амал меорад, аз ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$\Delta P = I^2 r. \quad (9.7.8)$$

Аз ифодаҳои (9.7.5), (9.7.7) ва (9.7.8) барои тавоноии пурра ҳосил менамоем:

$$P_n = I^2 (R + r). \quad (9.7.9)$$

Нисбати тавоноии фойданок бар тавоноии умумӣ, коэффитсиенти кори фойданок  $\eta$  номида мешавад.

Мувофиқи ин таъриф навиштан мумкин аст:

$$\eta = \frac{P}{P_n} = \frac{I^2 R}{I^2 (R + r)} = \frac{R}{R + r}. \quad (9.7.10)$$

Тавоноии фойданокро ҳамчун фарқи тавоноии пурра ва тавоноии гумшуда ифода менамоем:

$$P = I\varepsilon - I^2 r. \quad (9.7.11)$$



1. Қор иҷро намудани ҷараёни электрикиро маънидод намоед.
2. Қори ҷараёни электрикиро ба шакли математикӣ нависед ва таъриф диҳед.
3. Тавоноии ҷараён гуфта чиро меноманд?
4. Тавоноии пурраи ҷараёни электрикӣ чист?
5. Тавоноии ғоиданок чист?
6. Тавоноии гушӯда гуфта чиро меноманд?
7. Формулаи тавоноии ғоиданокро навишта маънидод намоед.
8. Коэффитсиенти қори ғоиданок гуфта чиро меноманд?

### 9.8. ҚОНУНИ ЧОУЛ-ЛЕНС

Таҷрибаҳо тасдиқ менамоянд, ки ҳангоми аз ноқилҳо ҷорӣ шудани ҷараёни электрикӣ онҳо метасфанд.

Мувофиқи қонуни бақои энергия ин гармшавӣ аз ҳисоби қори иҷрокардаи ҷараёни электрикӣ ба амал меояд.

Сабаби гармшавии ноқилро ҳангоми аз онҳо ҷоришавии ҷараёни электрикӣ маънидод менамоем.

Таҳти таъсири майдони электрикӣ электронҳо бо шитоб ҳаракат менамоянд ва онҳо бо ионҳои панҷараи кристаллӣ бархӯрда қисми энергияшонро ба онҳо медиҳанд. Дар натиҷа ҳаракати ионҳо дар наздикии мавқеи мувозинатӣ зиёд мегардад ва ин ба афзоиши энергияи дохилии ноқил оварда мерасонад. Дар ин маврид ҳарорати ноқил баланд гардида, гармӣ ҷудо менамояд.

Ҳамин тавр, миқдори гармии дар ноқил ҷудошуда  $Q$  ба қори иҷрокардаи ҷараёни электрикӣ дар ноқил баробар мебошад:

$$Q = IU\Delta t, \quad (9.8.1)$$

Дар ин баробарӣ қимати шиддатро аз қонуни Ом барои қитъаи занҷир ( $U = IR$ ) гузошта, ифодаро барои миқдори гармии ҷудошуда ҳосил мекунем:

$$Q = I^2 R \Delta t, \quad (9.8.2)$$

ё

$$Q = \frac{U^2}{R} \Delta t. \quad (9.8.3)$$

Формулаҳои (9.8.2) ва (9.8.3) шакли математикии қонуни Ҷоул-Ленсро ифода менамоянд. Ин қонунро ба роҳи таҷрибавӣ новобаста ба яқдигар олими англис Ҷ. Ҷоул (1818-1889) ва олими рус Э. Х. Ленс (1804-1865) муқаррар намуда буданд, бинобар ин онро қонуни Ҷоул-Ленс меноманд.

*Мувофиқи қонуни Ҷоул-Ленс миқдори гармие, ки ҳангоми аз ноқил қорӣ шудани қараён ҷудо мешавад, ба ҳосили зарби квадрати қувваи қараён, муқовимати ноқил ва муддати вақте ки аз ноқил қараёни электрикӣ мегузарад, мутаносиб мебошад.*

Аз формулаи (9.8.2) дар мавриди пайвасти пайдарпайии ноқилҳо истифода мебаранд, чунки қувваи қараён дар ин гуна пайваст барои ҳамаи ноқилҳо яқхела мебошад.

Барои пайвасти параллелии ноқилҳо аз формулаи (9.8.3) истифода бурдан ба маврид мебошад, чунки дар пайвасти параллелӣ шиддат дар ҳамаи ноқилҳо яқхела аст.

Қонуни Ҷоул-Ленс характери универсалӣ дорад. Формулаи ба намуди (9.8.2) навиштаи ин қонун барои ноқилҳои дилхоҳ (аз он ҷумла моеъҳо) татбиқшаванда мебошад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

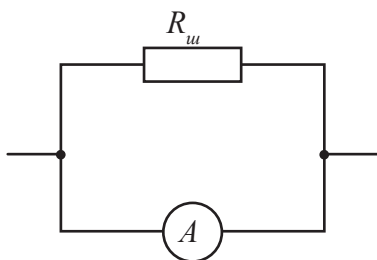
1. Ҳангоми аз ноқилҳо қорӣ шудани қараёни электрикӣ чӣ гуна ҳодиса ба амал меояд?
2. Сабаби дар ноқилҳо ҷудо гардидани гармиро ҳангоми қараёни электрикӣ маънидод намоед.
3. Қонуни Ҷоул-Ленсро ба шакли математикӣ навишта таъриф диҳед.
4. Мавриди истифодаи формулаҳои (9.8.2) ва (9.8.3)-ро асоснок намоед.

## 9.9. ШУНТ БА АМПЕРМЕТР

Амперметр асбобест, ки бо ёрии он қувваи қараён чен карда ва дар занҷири электрикӣ пай дар пай пайваст карда мешавад. Қувваи қараёни ченшаванда ба воситаи амперметр мегузарад. Бинобар ин муқовимати амперметр бояд хурд бошад, то ки он тағйироти қараёнро дар занҷир ба амал наорад.

Азбаски амперметр муқовимати хурд дорад, онро бевосита ба манбаи ҷараён пайваст намудан манъ аст, чунки печаки он дарҳол месӯзад. Дар ин ҳолат муқовимати ночиз доштани амперметр боиси ба амал омадани расиши кӯтоҳ мегардад.

Барои ҳудуди ченкунии амперметрро зиёд намудан, аз шунт истифода мебаранд.



Расми 9.9.1

Шунт муқовиматест, ки дар занҷири электрикӣ ба амперметр параллел васл карда мешавад (расми 9.9.1), дар натиҷа як қисми ҷараёни ҷеншаванда аз амперметр мегузарад.

Масалан, агар бо амперметр ҷараёни  $n$  бор калонро ҷен кардан лозим бошад, бояд муқовимати шунт баробарии зеринро қаноат қунонад:

$$R_{ш} = \frac{R_A}{n-1}. \quad (9.9.1)$$

Дар ин ҷо  $n = \frac{I_{ш}}{I_A}$ ,  $I_{ш}$  – қувваи ҷараён дар шунт,  $I_A$  – қувваи ҷараёне, ки аз амперметр мегузарад,  $R_A$  – муқовимати амперметр мебошад.

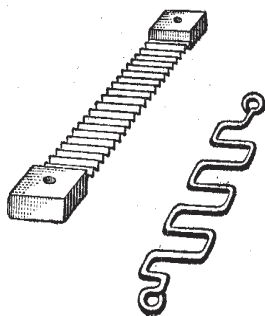
Ҳамин тариқ, барои бо амперметр ҷен намудани қувваи ҷараёни  $n$  бор калон, зарур аст, ки муқовимати шунт  $(n-1)$  маротиба аз муқовимати амперметр хурд бошад. Ҷараёни пурра дар занҷир (расми 9.9.1) баробар аст:

$$I = I_A + I_{ш} = I_A + I_A n = I_A (n+1),$$

ё

$$I_A = \frac{I}{n+1}. \quad (9.9.2)$$

Ҳамин тариқ, бузургии ҷараён дар амперметр  $I_A$ ,  $(n+1)$  маротиба аз бузургии ҷараён дар занҷири асосӣ хурд мебошад.



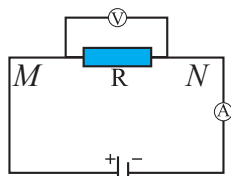
Расми 9.9.2

Яъне, шунтро пайваст намуда бо ёрии ин амперметр қувваи ҷараёни  $(n + 1)$  маротиба зиёдтарро чен менамоем. Дар ин маврид ҳиссиёти амперметр  $(n + 1)$  маротиба кам мегардад. Дарачаи тақсимоти шкалаи амперметр  $(n + 1)$  маротиба меафзояд. Одатан шунтҳоро чунон интиҳоб менамоем, ки дарачаи тақсимоти шкалаи амперметр 10, 100, 1000 маротиба зиёд гардад. Бо мақсади тағйир додани ҳиссиёти асбоби ченкунанда ба он параллел пайваст намудани шунтро шунтноққунӣ меноманд. Дар расми 9.9.2 шунтҳои гуногун, ки дар амалия истифода мешаванд, нишон дода шудааст.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Амперметр чӣ гуна асбоб аст?
2. Барои чӣ амперметрро бевосита ба манбаи ҷараён пайваст намудан мумкин нест?
3. Бо кадом мақсад аз шунт истифода мебаранд ва он ба амперметр чӣ тавр пайваст карда мешавад?
4. Қувваи ҷараёни  $n$  маротиба калонро бо амперметр чӣ тавр чен менамоем?
5. Барои дарачаи тақсимоти шкалаи амперметрро 10 маротиба зиёд кардан шунти чӣ гуна муқовимат доштара истифода бурдан лозим аст?

## 9.10. МУҚОВИМАТИ ИЛОВАГӢ БА ВОЛТМЕТР

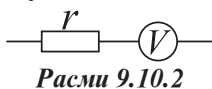


Расми 9.10.1

Волтметр асбобест, ки бо ёрии он шиддати қитъаи занҷири электрикӣ чен карда ва ба он параллел пайваст карда мешавад (расми 9.10.1).

Барои он ки волтметр ба шиддати ченшаванда тағйири намоён надарорад, муқовимати он назар ба муқовимати қитъаи  $MN$  бояд зиёд бошад.

Барои худуди ченкунии вольтметрро зиёд намудан, аз муқовимати иловагӣ истифода мебаранд.



Муқовимати иловагӣ ба вольтметр дар занҷир пай дар пай пайваस्त карда мешавад (расми 9.10.2).

Агар бо вольтметр шиддати  $n$  маротиба калонро чен намудан лозим бошад, ба он муқовимати иловагии  $r$ -ро пай дар пай пайваस्त кардан лозим аст:

$$r = R_V(n - 1),$$

дар ин ҷо  $R_V$  – муқовимати вольтметр,  $n = U/U_V = R/R_V$ ,  $U$  – шиддати пурра,  $U_V$  – шиддати ба вольтметр мувофиқоянда,  $R = r + R_V$  – муқовимати пурра мебошад.

Ҳамин тариқ, барои бо вольтметр чен намудани шиддати  $n$  маротиба калон, бояд бузургии муқовимати иловагӣ аз муқовимати вольтметр  $(n-1)$  маротиба калон бошад.

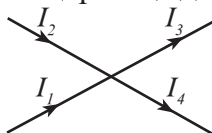
## САВОЛҶО БАРОИ ТАҚРОР

1. Вольтметр чӣ гуна асбоб аст?
2. Бо кадом мақсад аз муқовимати иловагӣ истифода мебаранд?
3. Муқовимати иловагӣ ба вольтметр чӣ тавр пайваस्त карда мешавад?
4. Шиддати  $n$  маротиба калонро бо вольтметр чӣ тавр чен менамоянд?

## 9.11. ҚОНУНҶОИ КИРХГОВ

Аз қонунҳои Ом танҳо барои ҳисоб намудани занҷирҳои электрикии одӣ истифода бурдан мумкин аст. Барои ҳисоб намудани занҷирҳои мураккаб аз қоидаҳои қонунҳои Кирхгоф истифода бурдан хеле қулай мебошад.

**Қонуни якуми Кирхгоф.** Ин қонун алоқамандии байни ҷараёнҳои ба гиреҳ дохилшаванда ва аз он барояндаро муқаррар менамояд. Гиреҳ гуфта, нуқтаеро меноманд, ки дар он ҷараёнҳо дохил мешаванд ва аз он мебароянд (расми 9.11.1).



Шарт менамоем, ки гиреҳ андоза ва ғунҷоии надорад, бинобар ин дар он ҷамъшавии заряд ба амал намеояд. Аз қонуни бақои заряд бармеояд, ки суммаи ҷараёнҳои

ба гиреҳ дохилшаванда бояд ба суммаи чараёнҳои аз он бароянда баробар бошад. Дар ин асос қонуни якуми Кирхгоф ин тавр таъриф дода мешавад: *суммаи алгебравии ҳамаи чараёнҳо дар гиреҳ ба сифр баробар аст.*

Барои ба шакли математикӣ ифода намудани қонуни якуми Кирхгоф чараёнҳои ба гиреҳ дохилшаванда бо аломати мусбат ва чараёнҳои аз он бароянда бо аломати манфӣ гирифта мешаванд. Бинобар ин дар асоси расми 9.11.1 қонуни якуми Кирхгоф ба шакли математикӣ ин тавр ифода карда мешавад:

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0. \quad (9.11.1)$$

Барои гиреҳе, ки  $n$  ноқилро ба ҳамдигар алоқаманд менамояд, қонуни якуми Кирхгоф ин тавр навишта мешавад:

$$\sum_{\kappa=1}^n I_{\kappa} = 0. \quad (9.11.2)$$

*Қонуни дуҷуми Кирхгоф. Мувофиқи қонуни дуҷуми Кирхгоф дар контури сарбастаи дилхоҳ суммаи алгебравии қувваҳои электроҳаракатдиҳанда, ба суммаи ҳосили зарби қувваи чараёнҳо, бар муқовимати қисмҳои алоҳидаи занҷир баробар мебошад:*

$$\sum_{\kappa=1}^n E_{\kappa} = \sum_{\kappa=1}^n I_{\kappa} R_{\kappa}. \quad (9.11.3)$$

Барои тартиб додани системаи муодилаҳои намуди (9.11.3) аломати чамъшавандаҳоро ба эътибор гирифтани лозим аст. Барои ин самти гардишро аз рӯи контур интихоб намудан зарур мебошад. Самти гардиш метавонад ба самти ҳаракати акрабаки соат мувофиқ ё муқобил бошад. Қувваҳои электроҳаракатдиҳандае мусбат ҳисобида мешаванд, ки самти таъсири онҳо ба самти гардиши интихобшуда мувофиқ ояд. Ҳосили зарби  $IR$  дар мавриде мусбат қабул карда мешавад, ки агар самти чараён ба самти гардиши интихобкардашуда мувофиқ бошад.

Дар занҷирҳои мураккаб баъзан самти чараён номаълум буданаш мумкин аст. Дар ин маврид ҳангоми тартиб додани

муодилаҳо самти чараёнҳои номаълум ихтиёрӣ қабул карда мешавад. Самти ҳақиқии ин гуна чараёнҳо ҳангоми ҳалли масъала аниқ мегардад. Агар ҳангоми ҳалли масъала аломати чараёни самташ номаълум мусбат ҳосил шавад, пас самти ихтиёрӣ интиҳобкардаи чараён дуруст будааст ва агар аломати он манфӣ бошад, самти он ба самти интиҳоб кардашуда муқобил мебошад.

Муодилаҳои қонунҳои Кирхгоф (9.11.2) ва (9.11.3) имконият медиҳанд, ки занҷирҳои мураккаб ҳисоб карда шаванд. Дар занҷири мураккаб муодилаҳои намудҳои (9.11.2) ва (9.11.3)-ро тавре тартиб медиҳанд, ки шумораи онҳо ба шумораи бузургҳои муайянкардашаванда баробар бошад ва муодилаҳои тартибдодашуда натиҷаи якдигар ба шумор нараванд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Бо кадом мақсад аз қонунҳои Кирхгоф истифода мебаранд?
2. Қонуни якуми Кирхгоф чӣ тавр таъриф дода мешавад?
3. Қонуни дуюми Кирхгофро ба шакли математикӣ навишта таъриф диҳед.
4. Барои ҳисоб намудани занҷирҳои мураккаб аз қонунҳои Кирхгоф чӣ тавр истифода мебаранд?

## 9.12. НИМНОҚИЛҲО

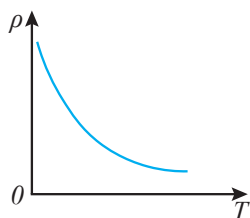
Нимноқилҳо моддаҳои мебошанд, ки электргузaronии онҳо дар байни электргузaronии ноқилҳо ва диэлектрикҳо меҳобанд.

Ба нимноқилҳо кремний, германий, селен, теллур ва пайвастагиҳои  $GaAs$ ,  $CdS$ ,  $PbS$  ва ғайраҳо дохил мешаванд.

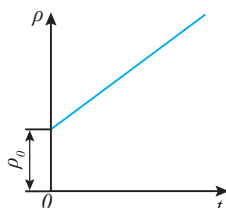
Муқовимати ҳоси нимноқилҳо бо афзоиши ҳарорат кам мешавад (расми 9.12.1). Барои металлҳо бошад бо афзоиши ҳарорат муқовимати ҳоси онҳо аз рӯи қонуни хаттӣ зиёд мешавад (расми 9.12.2).

Аз расми 9.12.1 дида мешавад, ки дар ҳароратҳои ба нули мутлақ наздик муқовимати ҳоси нимноқилҳо хеле бузург мебошад ва дар ҳароратҳои паст нимноқилҳо

хамчун диэлектрик рафтор менамоянд. Бо афзоиши ҳарорат муқовимати хоси нимноқилҳо аз  $10^8 \text{ Ом} \cdot \text{м}$  то  $10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$  тағйир меёбад.



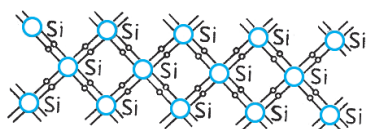
Расми 9.12.1



Расми 9.12.2

Барои механизми электргузариши нимноқилҳо ро фаҳмидан, сохти нимноқилҳои германий (*Ge*) ва силисий (*Si*)-ро дида мебароем. Ин нимноқилҳо элементҳои гурӯҳи 4-уми системаи даврии элементҳои химиявии Менделеев ба шумор мераванд.

Силисий элементҳои чорвалента мебошад ва чор электрони валентӣ дорад. Нақшаи сохти кристаллии кремний дар расми 9.12.3 нишон дода шудааст.



Расми 9.12.3

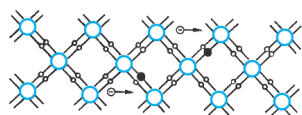
Таъсири мутақобили атомҳои ҳамсоя ба воситаи робитаҳои чуфти электронӣ, ки робитаҳои ковалентӣ номида мешаванд, ба амал меояд. Дар робитаҳои ковалентии байни атомҳо аз ҳар як атом яктогӣ электрони валентӣ иштирок менамояд.

Дар расми 9.12.3 ин робитаи атомҳо бо ду хатчаҳои яктогӣ электрондошта (доирачаҳои хурдак) нишон дода шудаанд. Дар ҳароратҳои хурд ҳамаи электронҳои валентии атомҳо дар ин робита банданд ва дар кристалли силисий электронҳои озод нест. Бинобар ин нимноқилҳо дар ҳароратҳои паст ҳамчун диэлектрик рафтор менамоянд.

Барои он ки нимноқил чараёни электрикӣ гузаронад, робитаи байни атомҳои онҳо қандан лозим аст. Қандани чунин робитаҳо бо гармкунӣ ё бо равшанкунии нимноқилҳо ба амал овардан мумкин аст. Дар ҳар ду маврид



ҳам электронҳои валентӣ барои кандани робита бо атомҳо ба энергияи зарурӣ соҳиб гардида, аз атом канда шуда, ба электрони озод табдил меёбанд (расми 9.12.4). Ҷойҳои холии электронҳои нимноқилро ҷавфҳо меноманд ва онҳо бо заряди мусбат тавсиф карда мешаванд. Дар ҷое, ки ҷавф ҳосил мешавад, баъди вақти муайян онро ягон электрони атоми ҳамсоя ишғол менамояд ва ҷавф дар ҷойи наво, ки электрон аз он мекуҷад, ҳосил мегардад. Дар натиҷаи бефосила такрорёбии ин протсесс ҷойивазкунии бетартибонаи ҷавфҳо дар тамоми ҳаҷми нимноқил ба амал меояд. Ҳаракати ҷавфҳо ба ҳаракати зарраи заряди мусбатдори озод эквивалент ҳисобидан мумкин аст.



Расми 9.12.4

Дар мавриди ин гуна нимноқилро дар майдони электрикӣ ҷой додан, дар он ҳаракати бетартибонаи электронҳои озод ба як самт ва ҳаракати бетартибонаи ҷавфҳо ба самти дигар ба амал омада, ба воситаи нимноқил ҷараёни

электрикӣ мегузарад.

Бо афзоиши ҳарорати нимноқил ё бо рӯшноӣ таъсир намудан, шумораи барандагони ҷараён дар он меафзояд ва электргузарони нимноқил зиёд мегардад. Дар электргузаронии нимноқилҳо таъсири ғашҳо хеле калон мебошад.

**Ноқилияти нимноқилҳои бегаширо ноқилияти хусусӣ меноманд.** Ноқилияти хусусии нимноқилҳо хеле хурд мебошад.

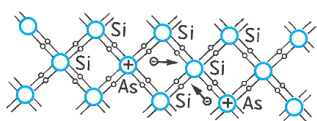
**Ноқилияти нимноқилҳоро, ки ғашҳои ба панҷараи кристаллии онҳо дохил кардашуда (атомҳои элементҳои химиявии бегона) ҳосил мекунанд, ноқилияти ғашӣ меноманд.**

Дар нимноқилҳо ғашҳо шумораи барандагони ҷараёнро яқбора афзун мегардонанд.

Ғашҳои донорӣ (аз лотинӣ *donor* – медиҳам) ва акцепториро (аз лотинӣ *acceptor* – гиранда) аз ҳамдигар фарқ менамоянд.

Атомҳои ғашҳои донорӣ нисбат ба нимноқили асосӣ валентнокии калон ва атомҳои ғашҳои акцепторӣ нисбат ба нимноқили асосӣ валентнокии хурд доранд.

Мисоли ғашҳои донорӣ барои нимноқилҳои германий ва силисий атомҳои элементҳои гурӯҳи 5-уми системаи даврии элементҳои химиявӣ ( $P$ ,  $As$ ,  $Sb$ ) ба шумор мераванд. Аз панҷ электронҳои валентии атомҳои ғашҳои донорӣ чортояш барои муқаррар намудани робитаҳои ковалентӣ иштирок намуда, электрони панҷуми бо атоми ғаши донорӣ алоқаи сустдошта ба осонӣ аз он канда шуда, ба электрони озод табдил меёбад (расми 9.12.5).



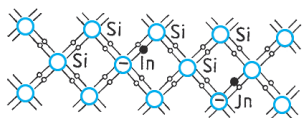
Расми 9.12.5

Бинобар ин, дар нимноқили ғаши доноридошта шумораи электронҳои озод афзун мегардад ва ҳаракати ботартибонаи онҳо дар майдони электрикӣ чараёнгузаронии нимноқилро таъмин менамоянд.

**Ноқилияте, ки дар нимноқилҳо электронҳои озод ба амал меоранд, ноқилияти электронӣ номида мешавад.** Бо афзоиши ҳарорат шумораи электронҳои озод хеле зиёд мешавад. Ҳангоми афзоиши ҳарорати нимноқил аз 300 то 700K шумораи электронҳои озод аз  $10^{17} \frac{1}{\text{м}^3}$  то  $10^{24} \frac{1}{\text{м}^3}$  зиёд мегардад ва муқовимати нимноқил кам мешавад.

Нимноқилҳои ғаши доноридорро нимноқилҳои навъи  $n$  (аз латинӣ *negativ* – манфӣ) меноманд.

Мисоли ғашҳои акцепторӣ барои нимноқили германий ё кремний атомҳои элементҳои гурӯҳи сеюми системаи даврии элементҳои химиявӣ  $B$ ,  $Al$ ,  $Ga$ ,  $In$  ба шумор мераванд. Ғашҳои акцепторӣ бо се электрони валентии худ ҳамаи робитаҳоро бо атомҳои ихотакунандаи нимноқил муқаррар карда наметавонанд. Яке аз робитаҳои атоми нимноқил чавф ҳосил мешавад (расми 9.12.6).



Расми 9.12.6

Шумораи чавф дар нимноқил ба шумораи атомҳои ғаш баробар мебошад. Агар нимноқили ғаши акцептори-

доштаро дар майдони электрикӣ чой диҳем, ҳаракати ботартибонаи ҷавфҳо ба самти майдони электрикӣ ба амал меояд ва аз нимноқил ҷараён ҷорӣ мегардад.

**Ноқилияте, ки дар нимноқилҳо ҷавфҳо ба амал меоранд, ноқилияти ҷавфӣ номида мешавад. Нимноқилҳои гаши аксепторидорро нимноқилҳои навъи  $p$  (аз латинӣ *positiv* – мусбат) меноманд.**

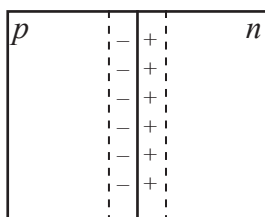
## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Нимноқилҳо чӣ гуна моддаҳоянд ва ба онҳо кадом элементҳо дохил мешаванд?
2. Чаро муқовимати нимноқилҳо бо афзоиши ҳарорат кам мешавад?
3. Дар нимноқилҳо электронҳои озод ва ҷавфҳо чӣ тавр пайдо мегарданд?
4. Барандагони асосии ҷараёни электрикӣ дар нимноқилҳо кадом зарраҳо ба шумор мераванд?
5. Ғашиҳо ба электргузарони нимноқилҳо чӣ гуна таъсир мерасонанд?
6. Ноқилияти электронӣ гуфта чиро меноманд?
7. Нимноқилҳои навъи  $n$  гуфта чӣ гуна нимноқилҳоро меноманд?
8. Ноқилияти ҷавфӣ чист?
9. Нимноқилҳои навъи  $p$  чӣ гуна нимноқилҳоянд?

## 9.13. ҶАРАЁНИ ЭЛЕКТРИКӢ БА ВОСИТАИ ТАМОСИ НИМНОҚИЛҲОИ НАВӢҲОИ $p$ ВА $n$

Асбобҳои нимноқилӣ дар соҳаҳои гуногуни техника татбиқи васеъ доранд. Дар аксарияти асбобҳои нимноқилӣ тамоси нимноқилҳои гузаронандагии ғашиашон гуногун истифода бурда мешавад.

Агар нимноқилҳои навъҳои  $p$  ва  $n$ -ро ба тамос биёрем, он гоҳ дар сарҳади байни онҳо қабати электронӣ – ҷавфӣ ҳосил мешавад ва онро  $p$ - $n$  гузариш меноманд.

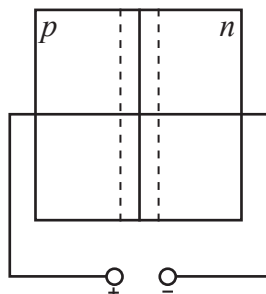


Дар тамоси байни нимноқилҳои электронҳои ҳаракати хаотикидошта, аз  $n$  – нимноқил ба  $p$  – нимноқил ва ҷавфҳо баръакс аз  $p$  – нимноқил ба  $n$  – нимноқил мегузаранд. Дар натиҷа нимноқили навъи  $n$  мусбат ва нимноқили навъи  $p$

Расми 9.13.1

манфӣ заряддор мешавад (расми 9.13.1) ва дар соҳаи гузариши майдони электрикӣ ҳосил мешавад.

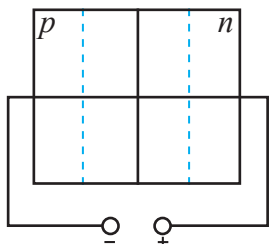
Ин майдони ҳосилшуда, диффузияи минбаъдаи электронҳо ҷавфхоро дар соҳаи  $p$ - $n$  гузариш қатъ мегардонад ва дар ин соҳа қабати русткунанда пайдо мешавад. Нимноқили қабати электрониҷавфидоштаро ба занҷири электрикӣ пайваст менамоем. Аввал нимноқили навъи  $p$ -ро ба қутби мусбати манбаи ҷараён ва нимноқили навъи  $n$ -ро ба қутби манфӣи он пайваст менамоем (расми 9.13.2).



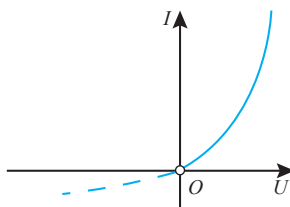
Расми 9.13.2

Дар таҳти таъсири майдони электрикии беруна ба воситаи қабати электронӣ-ҷавфӣ барандагони асосии ҷараёни электрикӣ, электронҳо аз нимноқили  $n$  ба сӯйи нимноқили  $p$  ва ҷавфҳо аз нимноқили  $p$  ба сӯйи нимноқили  $n$  ҳаракат мекунанд ва майдони қабати русткунанда суст ва ба воситаи  $p$ - $n$  гузариш ҷараёни калон ҷорӣ мегардад. Ин намуди гузаришро дар тамоси нимноқилҳои навъҳои  $p$  ва  $n$  гузариши рост меноманд. Дар гузариши рост муқовимати  $p$ - $n$  гузариш хеле хурд мебошад. Дар расми 9.13.4 вобастагии қувваи ҷараён аз фарқи потенциалҳо – тавсифи волт-амперӣ барои гузариши рост бо хатти яклухт нишон дода шудааст.

Қутбҳои манбаи ҷараёнро иваз менамоем. Нимноқили навъи  $p$ -ро ба қутби манфӣи манбаи ҷараён ва нимноқили навъи  $n$ -ро ба қутби мусбати он пайваст менамоем (расми 9.13.3).



Расми 9.13.3



Расми 9.13.4

Таҳти таъсири майдони электрикии беруна майдони қабати русткунанда пурқувват гардида ва ба воситаи  $p$ - $n$  гузариш танҳо барандагони ғайриасосии чараён – чавфҳо аз  $n$  – нимноқил ба  $p$  – нимноқил ва электронҳо аз  $p$  – нимноқил ба  $n$  – нимноқил мегузаранд.

Дар  $p$  – нимноқил электронҳои озод ва дар  $n$  – нимноқил чавфҳо хеле каманд, бинобар ин дар ин маврид ба воситаи  $p$ - $n$  гузариш чараёни электрикии хеле хурд мегузарад. Ин гуна гузаришро ҳангоми тамоси нимноқилҳои навъҳои  $p$  ва  $n$  гузариши баръакс меноманд. Дар гузариши баръакс қабати русткунанда васеъ гардида, муқовимати  $p$ - $n$  гузариш калон мебошад. Тавсифи волт-амперии гузариши баръакс дар расми 9.13.4 бо хатти канда-канда нишон дода шудааст.

Ҳамин тариқ,  $p$ - $n$  гузариш хосияти гузаронандагии яктарафа дошта, ба як тараф чараён гузаронида, ба тарафи дигар намегузаронад. Ин хосияти  $p$ - $n$  гузариш дар амалия барои рост намудани чараёни электрикии тағйирёбанда истифода бурда мешавад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Ҳангоми тамоси нимноқилҳои навъҳои  $p$  ва  $n$  чӣ гуна ҳодиса ба амал меояд?
2. Кадом вақт дар соҳаи  $p$ - $n$  чараёни калон ҷорӣ мешавад?
3. Гузариши рост гуфта дар тамоси нимноқилҳои навъҳои  $p$  ва  $n$  чиро меноманд?
4. Дар тамоси нимноқилҳои навъҳои  $p$  ва  $n$  гузариши баръакс гуфта чиро меноманд?
5. Графики вобастагии қувваи чараёнро аз фарқи потенциалҳо барои гузаришҳои чап ва рост кашида маънидод намоед.
6. Хосияти яктарафа гузаронандагии  $p$ - $n$  гузариши чӣ гуна татбиқи амалӣ дорад?

## 9.14. ТЕРМОРЕЗИСТОРҲО ВА ФОТОРЕЗИСТОРҲО

Терморезистор ё фоторезистор содатарин асбоби нимноқилӣ ба шумор меравад.

Амали кори терморезисторҳои нимноқилӣ ба вобастагии муқовимати онҳо аз ҳарорат асос карда шудааст.

Терморезисторҳоро ҳамчун термометрҳои муқовиматӣ барои чен намудани ҳарорат истифода мебаранд.

Муқовимати нимноқилҳо ҳангоми аз  $-50^{\circ}\text{C}$  то  $+100^{\circ}\text{C}$  гарм кардан якчанд маротиба тағйир меёбад.

Бинобар ин терморезисторҳоро барои аз ин ё он масофа ченкункунии ҳарорат, дар дастгоҳҳои қайди сигналҳои зиддисӯхторӣ ва ғайра истифода мебаранд.

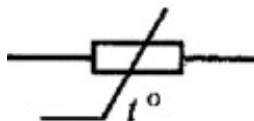
Дар расми 9.14.1 ишораи терморезисторҳо дар занҷирҳои электрикӣ нишон дода шудааст.

Терморезисторҳо ба намуди мила, найча, диск (гирда), пулак (шайба) ва мухра тайёр карда мешаванд.

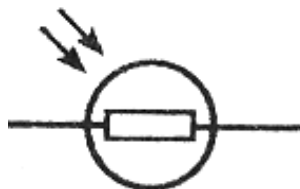
Бо ёрии терморезисторҳо ҳароратҳои хеле паст ( $\sim 4-80\text{K}$ ) ва хеле баланд ( $\sim 1300\text{K}$ )-ро чен менамоянд.

Муқовимати нимноқилҳо таҳти таъсири рӯшноӣ низ тағйир меёбад.

*Асбобе, ки амали кори он ба тағйирёбии муқовимати нимноқил таҳти таъсири рӯшноӣ асос карда шудааст, фоторезистор ё фотомуқовимат номида мешавад.* Дар расми 9.14.2 ишораи фоторезистор дар занҷири электрикӣ нишон дода шудааст.



Расми 9.14.1

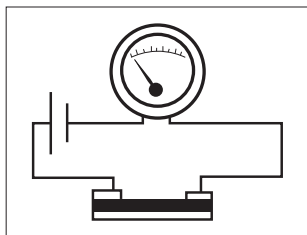


Расми 9.14.2

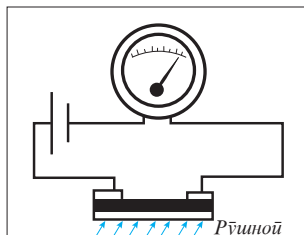
Барои фаҳмидани амали кори фоторезистор дастгоҳи таҷрибавии дар расми 9.14.3 нишондодашударо дида мебароем.

Ҳангоми ба фоторезистор наафтидани равшанӣ дар

занҷир ҷараёни электрикӣ қорӣ намегардад. Таҳти таъсири рӯшноӣ ҷараёни электрикӣ дар занҷир хеле калон мешавад (расми 9.14.4).



Расми 9.14.3



Расми 9.14.4

Сабаб дар он аст, ки бо таъсири рӯшноӣ ноқилияти нимноқил афзуда, муқовимати он кам мешавад.

Маълум мешавад, ки таҳти таъсири рӯшноӣ робитаҳои электронӣ дар нимноқил қанда шуда, электронҳои озод ва ҷавфҳо ҳосил мегарданд.

**Таҳти таъсири рӯшноӣ аз бандҳои валентии нимноқил қанда шудани электронҳоро ҳодисаи фотоэлектрикӣ ё фотоэффект меноманд.**

Ҳамин тариқ, таҳти таъсири рӯшноӣ кам гардидани муқовимати фоторезисторҳо бо ҳодисаи фотоэффект алоқаманд мебошад.

Аз фоторезисторҳо барои бақайдгирӣ ва чен кардани селҳои сусти рӯшноӣ, барои бақайдгирии нурҳои инфрасурх, дар дастгоҳҳои автоматӣ барои ҳисоб намудани маснуот, назорати андозаи маснуот ва ғайраҳо истифода мебаранд.

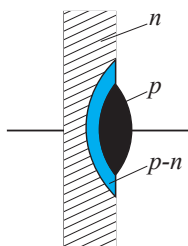
## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Терморезистор гуфта чиро меноманд ва онҳо чӣ гуна татбиқи амалӣ доранд?
2. Терморезистор дар занҷирҳои электрикӣ чӣ тавр ишора қарда мешавад?
3. Фоторезистор чӣ гуна асбоб мебошад ва дар занҷири электрикӣ чӣ тавр ишора қарда мешавад?
4. Чаро бо таъсири рӯшноӣ ноқилияти фоторезистор меафзояд?
5. Дар нимноқилҳо фотоэффект гуфта кадом ҳодисаро меноманд?
6. Фоторезисторҳо чӣ гуна татбиқи амалӣ доранд?

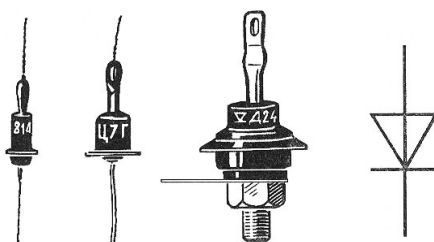
## 9.15. ДИОДИ НИМНОКИЛӢ

Диоди нимнокилӣ аз як  $p-n$  гузариш ва ду ноқиле, ки барои ба занчири электрикӣ пайваст намудан лозим аст, иборат мебошад.

Аз диодҳои нимнокилӣ барои рост намудани ҷараёни тағйирёбанда истифода мебаранд. Бинобар ин онҳо қисми асосии росткунандаҳои ҷараёни тағйирёбанда ба шумор мераванд. Онҳо лампаҳои дуэлектроди вакуумиро иваз менамоянд. Дар диодҳои нимнокилӣ ба монанди лампаҳои электронии вакуумӣ (барои ҳосил намудани электронҳо катод гарм карда мешавад) барои ҳосил намудани барандагони асосии ҷараёни электрикӣ аз манбаи иловагии энергия истифода бурда намешавад. Инчунин онҳо ба зарбаҳои берунӣ тобовар буда, андозаи хурд ва муҳлати истифодабарии дароз доранд.



Расми 9.15.1



Расми 9.15.2

Қисми асосии диоди нимнокилро кристалли германий ё силисий, ки аз ҳисоби каме ғашӣ донорӣ нимнокили навъи  $n$  ба шумор меравад, ташкил менамояд. Дар яке аз сатҳҳои нимнокили германий ё силисий ғудохтаи индӣ ҳосил карда мешавад. Дар натиҷаи диффузияи атомҳои индӣ ба дохили германий дар ин соҳа нимнокили навъи  $p$  ҳосил мегардад. Қисми дигари нимнокил, ки ба он атомҳои индӣ дохил нагардидаанд, ҳамчун нимнокили навъи  $n$  мондан мегирад. Дар байни ин ду навъи нимнокилҳо соҳаи  $p-n$  гузариш ҳосил мешавад (расми 9.15.1). Барои аз таъсири зарарноки берунӣ эмин нигоҳ доштани кристалли германий дар дохили танаи мустаҳкам ҷойгир карда мешавад. Дар расми 9.15.2



намуди берунии диодҳои нимноқилӣ ва ишораи он дар занҷирҳои электрикӣ нишон дода шудааст.

Норасогии диодҳои нимноқилӣ аз он иборат аст, ки параметрҳои онҳо ба ҳарорат вобаста мебошанд.

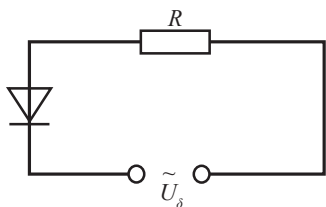
Аз диодҳои нимноқилӣ дар ҳудуди ҳароратҳои аз  $-70$  то  $125^\circ\text{C}$  истифода бурдан мумкин аст.

Дар расми 9.15.3 нақшаи росткунандаи одитарини ҷараёни тағйирёбанда нишон дода шудааст.

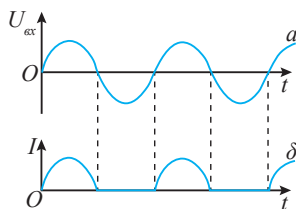
Азбаски  $p-n$  гузариш ноқилияти яктарафа дорад, бинобар ин аз диод ҷараёни электрикӣ танҳо дар давоми ҳамон ним даври шиддати тағйирёбанда мегузарад, ки қутбияти он ба самти гузаронандагии он мувофиқ ояд.

Графики шиддати тағйирёбанда ва ҷараёни аз диод гузаранда дар расми 9.15.4 нишон дода шудааст.

Аз графикаи расми 9.15.4 дида мешавад, ки ба воситаи муқовимати берунии  $R$  ҷараёни электрикӣ баъди ҳар ним даври шиддати тағйирёбанда мегузарад. Ҷараёни электрикӣ дар расми 9.15.4 нишон додашударо ҷараёни электрикӣ пулсатсияшуда меноманд. Азбаски дар ин росткунанда барои ҷорӣ гардидани ҷараёни электрикӣ аз ҳар як даври шиддати тағйирёбанда ним даври он истифода бурда мешавад, росткунандаро якнимдаврӣ меноманд. Дар расми 9.15.5 нақшаи росткунандаҳои дунимдаврӣ номидашаванда нишон дода шудааст.

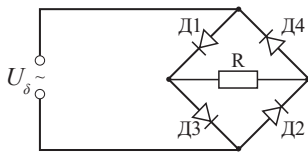


Расми 9.15.3

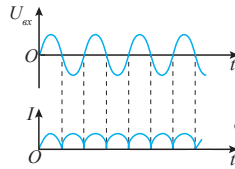


Расми 9.15.4

Дар муддати ним даври аввалаи шиддати тағйирёбанда ҷараён ба воситаи диоди  $D1$ , муқовимати  $R$  ва диоди  $D2$ , дар давоми ним даври дигари он ба воситаи диоди  $D3$ , муқовимати  $R$  ва диоди  $D4$  мегузарад.



Расми 9.15.5



Расми 9.15.6

Ҳамин тариқ, аз ин гуна росткунанда дар давоми ҳар ду нимдаври шиддати тағйирёбанда ҷараён мегузарад (расми 9.15.6).

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Диоди нимноқилӣ чӣ гуна асбоб аст ва он чӣ тавр татбиқи амалӣ дорад?
2. Дар бораи сохти диоди нимноқилӣ маълумот диҳед.
3. Диоди нимноқилӣ дар занҷирҳои электрикӣ чӣ тавр ишора карда мешавад?
4. Нақшаи росткунандаи одитари ҷараёни тағйирёбандаро кашед, амали кори онро фаҳмонед.
5. Нақшаи росткунандаи дунимдавиро кашед, амали кори онро маънидод намоед.

## 9.16. ТРАНЗИСТОР

Транзисторҳо ё триоди нимноқилӣ аз ду  $p-n$  гузариш ва се ноқиле, ки барои ба занҷири электрикӣ пайваस्त намудан зарур аст, иборат мебошад.

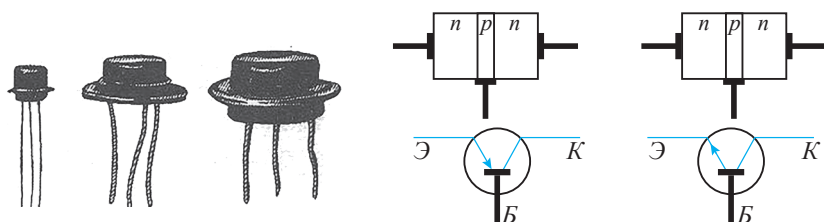
Транзисторро соли 1948 олимони амрикоӣ Ч. Бардин, Ч. Браттейн ва У. Шокли ихтироъ намуда буданд ва барои ин ихтироашон мукофоти Нобелӣ гирифтанд.

Транзисторҳои яккутба ва дукутбаро аз ҳамдигар фарқ менамоянд.

Дар транзисторҳои яккутба барандагони ҷараёни электрикӣ зарраҳои заряди яхеладошта, танҳо электронҳо ё танҳо чавфҳо ба шумор мераванд.

Дар транзисторҳои дукутба барандагони ҷараёни электрикӣ зарраҳои заряди ҳар ду аломатдошта ба шумор мераванд. Ин гуна транзисторҳо вобаста ба тартиби ҷойгиршавии соҳаи ноқилияти навъҳои гуногундошта, ба транзисторҳои навъи  $p-n-p$  ва  $n-p-n$  тақсим мешаванд.

Соҳаи мобайнии транзисторҳо хеле тунук сохта мешаванд ва онро база меноманд. Ду соҳаҳои канории он эмиттер ва коллектор ном доранд. Намуди берунӣ ва ишораи ин навъи транзисторҳо дар расми 9.16.1 нишон дода шудааст.



Расми 9.16.1

Транзисторҳо дар амалия татбиқи васеъ доранд. Аз транзисторҳо барои генератсия ва табдилдиҳии лаппишҳои электрикӣ истифода мебаранд.

Аз транзисторҳо дар саноат ва рӯзгор ба ҷойи лампаҳои электронӣ истифода мекунанд. Радиочаҳое, ки онҳо татбиқ карда мешаванд, транзисторҳо ном мебаранд.

Бартариҳои транзисторҳою диодҳои нимноқилӣ nisbat ба лампаҳои электронӣ аз он иборат мебошад, ки дар шиддатҳои паст кор мекунанд, садҳо маротиба сабуктару ҳаҷмашон камтар аст.

Онҳоро ба таври васеъ дар пурқувваткунандаҳои гуногун, дар радиоҳо, мошинҳои электронӣ ва ғайраҳо татбиқ менамоянд.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Транзистор чӣ гуна асбоб мебошад, онро кай ва кӣҳо ихтироъ намудаанд?
2. Дар бораи сохти транзисторҳо маълумот диҳед.
3. Транзисторҳо дар занҷирҳои электрикӣ чӣ тавр ишора карда мешаванд?
4. Дар бораи татбиқи амалии транзисторҳо маълумот диҳед.

## 9.17. ЧАРАЁНИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР ВАКУУМ. ЭМИССИЯИ ТЕРМОЭЛЕКТРОНӢ

Дар радиотехника ва соҳаҳои дигари техника асбобҳои электровакуумӣ ба таври васеъ истифода бурда мешаванд. Дар дохили ин гуна асбобҳо вакуум ҳосил карда шудааст. Вакуум чунин ҳолате мебошад, ки дар газ молекулаҳо аз як девори зарф то девори дигари он бе бархӯрд ҳаракат мекунанд.

Тарзи кори асбобҳои электровакуумӣ ба ҳодисаи эмиссияи термоэлектронӣ асос карда шудааст.

*Ҳодисаи аз қисмҳои тафсон баромадани электронҳоро эмиссияи термоэлектронӣ меноманд.*

Ин ҳодисаро бори аввал соли 1883 ихтироъчи машҳури амрикоӣ Томас Эдисон ба қайд гирифта буд.

Азбаски ҳоло электрон кашф нашуда буд, ин ҳодисаро «Эффекти Эдисон» меномиданд. Эдисон ҳангоми тадқиқи лампаи ихтироъкардааш ба дохили балони он электроди металлӣ дохил намуда, онро ба қутби мусбати манбаи ҷараён ва мӯяки тафсиши лампаро ба қутби манфии он пайваст кард. Ӯ мушоҳида намуд, ки акрабаки гальванометри дар занҷир пайвастбуда аз мавқеи сифр майл намуда, ба воситаи лампа ҷараёни электрикӣ ҷорӣ гардид. Дар ин маврид ҳавои дохили лампа ҷабида гирифта шуда буд. Барои ин кашфиёташ Эдисон соҳиби патент (шаҳодатномае, ки кашфиётро тасдиқ мекунад) гардид.

Баъди кашфи электрон эффекти Эдисон ба осонӣ маънидод карда шуд ва онро эмиссияи термоэлектронӣ номиданд. Маълум гардид, ки дар лампаи Эдисон аз мӯяки тафсиш электронҳо баромада ба электроди металлӣ расида, занҷирро пайваст намудаанд ва ба воситаи лампа ҷараёни электрикӣ ҷорӣ гардидааст.

Эмиссияи электрониро ҳамчун бухоршавии электронҳо аз сатҳи металлдида баромадан мумкин аст. Барои аксарияти металлҳо эмиссияи термоэлектронӣ дар ҳароратҳои ба амал меояд, ки худи модда бухор намегардад. Барои аз сатҳи металл баромадан электрон бояд қувваи ҷозибавӣ ионҳои заряди мусбатдори ба он таъсирбахшандаро бартарард намояд. Дар ҳарорати хона энергияи кинетикии электронҳо

барои аз металл баромадан кифоягӣ намекунанд ва эмиссияи электронӣ ба амал намеояд.

Асосан эмиссияи электронӣ ҳангоми то ҳарорати  $1500-2000^{\circ}\text{C}$  гарм кардани металл ба амал меояд.

Аз сатҳи металл баромадани электронҳо ҳамон вақт ба амал меояд, ки агар энергияи кинетикии дар натиҷаи гармкунии металл соҳиб гардидаи онҳо, ба қори бароварди электрон  $A_{\text{бар}}$  баробар ё аз он калон бошад:

$$\frac{m \vartheta_n^2}{2} \geq A_{\text{бар}}. \quad (9.17.1)$$

Дар ин ҷо  $m$  – массаи электрон,  $\vartheta_n$  – проексияи суръати электрон ба самти перпендикуляр ба сатҳи металл аст.

**Коре, ки барои аз металл дар вакуум баровардани электрон (аз ҳолати қимати сифрӣ доштаи энергияи кинетикӣ) иҷро карда мешавад, қори баровард номида мешавад.** Қори бароварди электрон аз металл аз намуд ва ҳолати сатҳи он вобаста мебошад. Барои металлҳои тоза қори бароварди электрон дар ҳудуди 1-5 эВ меҳобад.

## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Вакуум гуфта кадом ҳолати газро меноманд?
2. Эмиссияи термоэлектронӣ гуфта чӣ гуна ҳодисаро меноманд?
3. Ҳодисаи эмиссияи термоэлектрониро кӣ ва чӣ тавр кашф карда буд?
4. Барои чӣ эмиссияи термоэлектронӣ дар ҳароратҳои паст ба амал намеояд?
5. Кадом вақт ҳодисаи эмиссияи термоэлектронӣ ба амал меояд?
6. Қори бароварди электрон гуфта чиро меноманд ва он аз чӣ вобастагӣ дорад?

## 9.18. АСБОБҲОИ ЭЛЕКТРОВАКУУМӢ

Ҳодисаи эмиссияи термоэлектронӣ дар соҳаҳои гуногуни техника татбиқи васеъ дорад. Онро барои ҳосил намудани ҷараёни электрикӣ ба воситаи вакуум дар асбобҳои электровакуумӣ-диодҳои вакуумӣ, триодҳои вакуумӣ ва лӯлаи электроншуоъ ва ғайраҳо истифода мебаранд.

Диодҳои вакуумӣ-лампаи электронии дуэлектродо аз балони шишагӣ ё металли ҳавояш ҷабидаи дар дохилаш ду электроддошта иборат мебошад. Яке аз электродҳо катод ва дигараш анод ном доранд.

Ду намуди катодро дар диодҳои вакуумӣ истифода мебаранд.

Дар як маврид ба сифати катод мӯяке истифода бурда мешавад, ки барои тафсиш аз он ҷараёни электрикӣ гузаронида мешавад.

Дар мавриди дигар сатҳи катод бо металли кори баромади хурддошта пӯшонида, дар дохили он мӯяки тафсиш ҷой дода мешавад.

Дар расми 9.18.1 намуди берунӣ ва нақшаи диоди вакуумӣ нишон дода шудааст. Аз катод дар натиҷаи эмиссияи термоэлектронӣ электронҳо афканда мешаванд.

Анод шакли цилиндрии дорад ва он катодро дар бар мегирад. Электронҳои аз катод бароянда ба сатҳи анод расида, занҷири электрикиро пайваст менамоянд. Электронҳо аз катод ба анод дар мавриде омада мерасанд, ки агар потенциали анод аз потенциали катод баланд бошад. Дар мавриди потенциали анод аз потенциали катод паст будан, электронҳо аз анод ба қафо тела дода мешаванд ва дар занҷир ҷараёни электрикӣ қатъ мегардад. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки диодҳои вакуумӣ хусусияти якतरафа гузаронандагӣ доранд.

Бинобар ин диодҳои вакуумиро барои рост кардани ҷараёни тағйирёбанда истифода мебаранд ва онҳо ҳамчун росткунандаҳои ҷараёни тағйирёбанда хизмат менамоянд.



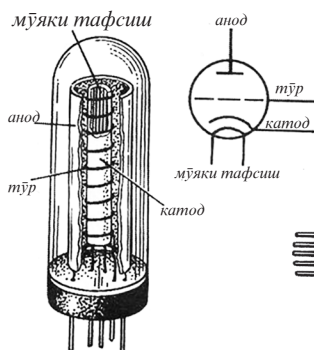
**Расми 9.18.1**

Триоди вакуумӣ-лампаи электронии сеэлектрода аз балони ҳавояш чабидашуда иборат мебошад. Дар дохили балони ин лампаҳо се электрод – анод, катод ва тӯр мавҷуд мебошад (расми 9.18.2). Триодҳои вакуумӣ ҳамчун

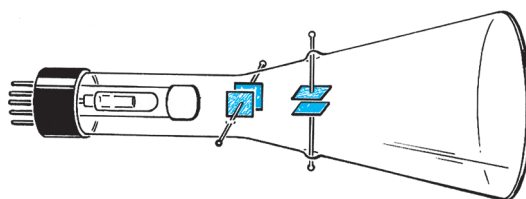
пуркуваткунандаҳои ҷараёни тағйирёбанда истифода бурда мешаванд.

Намуди берунӣ ва нақшаи триоди вакуумӣ дар расми 9.18.2 нишон дода шудааст.

Лӯлаи электроншуоъ барои табдили сигналҳои электрикӣ ба тасвири намоён истифода бурда мешаванд (расми 9.18.3).



Расми 9.18.2



Расми 9.18.3

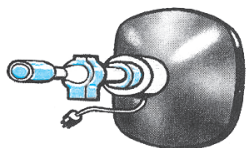
Лӯлаи электроншуоъ аз балони вакуумие иборат аст, ки девори пеши он ба сифати экран хизмат менамояд ва он бо люминофор (моддае, ки таҳти зарбаи электронҳо рӯшноӣ меафканад) пӯшонида шудааст. Дар нӯги борики лӯла манбаи электронҳои баландэнергия, тӯпи электронҳо, ки аз катод, электроди идорақунанда ва як ё якчанд анодҳо иборат аст, ҷой дода шудааст.

Дар натиҷаи эмиссияи электронӣ аз катод электронҳо мебароянд. Тӯпи электронӣ аз ин электронҳо дастаи борики электрониро ҳосил менамояд. Барои идорақунии ҷойивазкунии дастаи электронҳо дар экран аз лавҳаҳои амудӣ ва уфуқӣ майлқунонанда истифода мебаранд.

Дар мавриди дар байни лавҳаҳо набудани майдони электрикӣ дастаи электронӣ майл нахӯрда, ба маркази экран афтада, нуқтаи тобонро ҳосил мекунад. Ҳангоми дар лавҳаҳои амудӣ ҳосил намудани фарқи потенциалҳо, дастаи электронӣ ба самти уфуқӣ ва дар мавриди дар лавҳаҳои уфуқӣ ҳосил намудани фарқи потенциалҳо, ба самти амудӣ мекуҷад. Ҳамин тавр, ду ҷуфти лавҳаҳо имконият медиҳанд,

ки дастаи электронҳо дар экран ба самти дилхоҳ кӯчонида шавад ва дастаи электронӣ дар экран шакл ва хатҳои гуногун ҳосил менамояд.

Ин намудлӯлаҳои электроншуоъ асосан дар осциллографҳои электроние, ки барои омӯхтани протсессҳои электрикии тезгузаранда таъин гардидаанд, истифода бурда мешаванд.



Расми 9.18.4

Дар лӯлаҳои электроншуоъе, ки ба сифати кинескопи телевизорҳо истифода мешаванд, идоракунии дастаи электронҳо бо ёрии майдони магнитии ғалтакҳои махсуси дар гардани лӯла печонидашуда, амалӣ карда мешавад (расми 9.18.4).

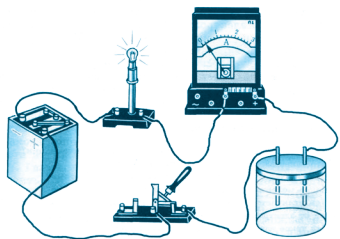
## САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Эмиссияи термоэлектронӣ чӣ гуна татбиқи амалӣ дорад?
2. Диоди вакуумӣ чӣ гуна сохт дорад?
3. Амали кори диоди вакуумиро маънидод намоед.
4. Дар амалия аз диодҳои вакуумӣ бо кадом мақсад истифода мебаранд?
5. Триодҳои вакуумӣ чӣ гуна сохт доранд?
6. Дар бораи татбиқи амалии триодҳои вакуумӣ маълумот диҳед.
7. Лӯлаи электроншуоъ чӣ гуна сохт ва татбиқи амалӣ дорад?

## 9.19. ЧАРАЁНИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР МОЕЪҲО

Моеъҳо ҳам диэлектрику ҳам ноқил буда метавонанд. Оби тоза диэлектрик мебошад. Маҳлулҳои намакҳо, кислотаҳо ва ишқорҳо ноқили чараёни электрикӣ ба шумор мераванд.

**Маҳлулҳое, ки чараёни электрикиро мегузаронанд, электролит номида мешаванд.** Электролитҳо ҳам дар ҳолати моеъӣ ва ҳам дар ҳолати сахтӣ дучор мегарданд.



Расми 9.19.1

Барои маънидоди электргузаронии электрнақшитҳо таҷрибаи зеринро дида мебароем (расми 9.19.1).

Зарф бо оби тозаи дистиллятсионӣ пур карда шудааст. Ҳангоми калидро пайваस्त кардан лампа фурузон намешавад. Яъне,



оби тоза чараёни электрикиро намегузаронад, бинобар ин занҷири электрикӣ кушода аст. Ҳангоми ба об каме намаки ошӣ омехта намудан лампа фурузон мегардад. Яъне бо илова намудани намак дар об барандагони чараёни электрикӣ пайдо гардиданд.

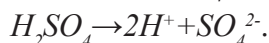
Молекулаҳои намаки ошӣ таҳти таъсири молекулаҳои об ба ионҳои мусбати  $Na^+$  ва манфии  $Cl^-$  тақсим мешаванд:



**Ҳодисаи таҳти таъсири молекулаҳои моддаи маҳлулқунанда ба ионҳо тақсим шудани молекулаҳои моддаи маҳлулшавандаро диссоциатсияи электролитӣ меноманд.**

Ба сифати маҳлулқунанда аксар вақт обро истифода мебаранд. Нуфузпазирии нисбии диэлектрикии об хеле калон мебошад ( $\epsilon = 81$ ) ва қувваи кашиши байни ионҳои молекулаҳои моддаи маҳлулшаванда  $81$  маротиба хурд мешавад. Диполҳои молекулавии об таҳти таъсири майдони электрикиашон молекулаҳои моддаи маҳлулшавандаро ба ионҳо тақсим менамоянд.

Масалан, молекулаҳои кислотаи сулфат дар об ба ионҳои мусбати  $H^+$  ва манфии  $SO_4^{2-}$  тақсим мешаванд:



Молекулаҳои сульфати мис дар об ба ионҳои мусбати  $Cu^{2+}$  ва манфии  $SO_4^{2-}$  ҷудо мешаванд:



Қисми ионҳои аломатҳои гуногундошта ҳангоми ба ҳамдигар вохӯрдан ба молекулаҳои нейтралӣ табдил меёбанд.

**Протсесси аз ионҳои мусбату манфӣ ташиклёбии молекулаҳои нейтралро рекомбинатсия меноманд.** Ҳангоми набудани майдони электрикӣ ва бетағйир будани шароити беруна протсесҳои диссоциатсия ва рекомбинатсия якдигарро мувозинат менамоянд. Ионҳои ҳосилшудаи дар электролит ба монанди молекулаҳо хаотикӣ ҳаракат мекунанд.

Ҳангоми дар электролит ҳосил намудани майдони электрикии беруна (пайваст намудани калид дар расми 9.19.1) ионҳои мусбат (катионҳо) ба сӯйи электроди манфӣ

(катод) ва ионҳои манфӣ (анионҳо) ба сӯйи электроди мусбат (анод) ҳаракат мекунанд ва ба воситаи электролит ҷараёни электрикӣ барқарор мегардад.

*Яъне, дар электролит ҳаракати ботартибонаи ионҳои мусбату манфӣ ба самтҳои гуногун ҷараёни электрикиро ҳосил менамоянд.*

*Ҳамин тариқ, дар электролитҳо барандагони ҷараёни электрикӣ ионҳои мусбат ва манфӣ ба шумор мераванд.*

Катионҳо ба сатҳи катод расида, аз он электронҳоро қабул намуда, молекулаи нейтрал ва анионҳо низ ба сатҳи анод расида, электронҳои зиёдатии худро дода, ба молекулаи нейтрал табдил меёбанд. Ба ивази ионҳои нестгардида дар электролит ионҳои нав ҳосил мегарданд.

Ҳамин тариқ, ҳангоми аз электролит ҷорӣ гардидани ҷараёни электрикӣ дар болои электродҳо модда ҷудо мешавад.

*Ҳодисаи ҳангоми аз электролит гузаштани ҷараёни электрикӣ, дар болои электродҳо ҷудо гардидани моддаро электролиз меноманд.*

Ҳодисаи электролизро соли 1800 олимони англис У. Николсон ва А. Карлейл кашф намудаанд.

Ҳангоми ба воситаи маҳлули купороси мис ( $CuSO_4$ ) гузаштани ҷараёни электрикӣ дар анод ионҳои  $SO_4^{2-}$  баъди нейтралӣ гардидан ва ташкил ёфтани молекулаи нави купороси мис ( $SO_4^{2-} - 2e \rightarrow SO_4$ ,  $SO_4 + Cu \rightarrow CuSO_4$ ) ба маҳлул бармегарданд ва ионҳои  $Cu^{2+}$ , ки дар натиҷаи диссоциатсия ҳосил гардидаанд, дар болои катод нейтралӣ гардида, ба намуди миси тоза ҷудо мешаванд ( $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$ ).

Бо ҳамин тарз дар саноат мисро аз омехтаҳо тоза менамоянд. Агар аз миси ғашдор анод тайёр карда шавад, он атомҳои худро бо гузашти вақт гум кардан мегирад ва онҳо ба катод кӯчонида мешаванд. Ғашҳо дар маҳлул мемонанд ё такшин мешаванд.

Дар заводи алюминии Тоҷикистон аз усули электролиз истифода бурда, алюминии тоза ҳосил менамоянд.

Татбиқҳои дигари электролиз истифодаи он дар галваностегия ва галванопластика ба шумор меравад.

Галваностегия аз пӯшонидани сатҳи ягон металл бо металли дигар иборат аст.

Аз галваностегия бо мақсади аз коррозия раҳоебӣ ва бо мақсади намуди эстетикӣ бахшидан ба ашёҳо (масалан, тиллодавонии сатҳи металлҳо) истифода мебаранд.

Барои аз коррозия раҳо ёфтани сатҳи маснуотҳо ашёҳо онҳоро дар ваннаҳои электнақшитӣ ба сифати катод истифода намуда, қабати болоии онҳо бо никел, хром ва тилло пӯшонидани мешаванд. Дар замони ҳозира аз галваностегия барои рӯйпӯш кардани дандонҳои металлӣ бо тилло истифода мебаранд.

Галванопластикаро олими рус Б. С. Якобӣ (1801-1874) пешниҳод намудааст. *Бо ёрии усули электролизӣ ҳосил намудани нусхаи сатҳи ашёҳо галванопластика меноманд.*

Барои ҳосил кардани нусхаи сатҳи ашёҳои металлӣ аввал сатҳи онро бо қабати тунуки графит ва баъд онро бо қабати электролитӣ мепӯшонанд. Қабати тунуки графити пӯшонидашуда имконият медиҳад, ки нусхаи сатҳи ашё аз сатҳи маснуот ба осонӣ ҷудо гардад.

Соли 1836 Б. С. Якобӣ усули галванопластикаро барои ҳосил кардани ҷуссаҳои мукаммали дарунқоқ дар калисои Исҳоқи шаҳри Петербург истифода бурда буд.

Дар саноати полиграфӣ бо усули галванопластикӣ аз рӯйи матрица (нақши ҳарфҳои чидашуда) нусхаи онҳоро ҳосил менамоянд. Ин усул имконият медиҳад, ки аз ҳарфҳои чида ба миқдори зарурӣ ҳангоми чопи китобҳо рӯзномаҳо нусхаҳо ҳосил карда шаванд.

## **САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР**

1. *Электнақшит чист?*
2. *Диссоциатсияи электнақшитӣ гуфта чиро меноманд?*
3. *Дар электнақшитҳо барандагони ҷараёни электрикӣ чиҳо ба шумор мераванд ва чӣ тавр пайдо мегарданд?*
4. *Рекомбинатсия гуфта чиро меноманд?*
5. *Электролиз гуфта чӣ гуна протсессро меноманд?*
6. *Электролиз чӣ гуна татбиқи амалӣ дорад?*
7. *Дар бораи истифодаи электролиз дар Тоҷикистон маълумот диҳед.*

## 9.20. ҚОНУНҲОИ ЭЛЕКТРОЛИЗ

Қонунҳои асосии электролизро олими фаронсавӣ Майкел Фарадей солҳои 1833-1834 муқаррар намудааст ва онро қонунҳои Фарадей барои электролиз меноманд.

*Мувофиқи қонуни якуми Фарадей массаи моддае, ки ҳангоми аз электролит қорӣ шудани қараёни электрикӣ дар электрод ҷудо мешавад,  $m$  ба қувваи қараён  $I$  ва муддати вақти қоришавии қараён  $\Delta t$  мутаносиб мебошад:*

$$m = \kappa I \Delta t, \quad (9.20.1)$$

дар ин ҷо  $\kappa$  – коэффитсиенти мутаносибӣ буда, эквиваленти электрохимиявӣ модда номида мешавад ва бо  $\text{кг/Кл}$  чен карда мешавад.

Дар формулаи (9.20.1)  $\Delta q = I \Delta t$  буданаширо ба эътибор гирифта ҳосил менамоем:

$$m = \kappa \Delta q. \quad (9.20.2)$$

*Яъне, массаи моддаи дар электрод дар ягон муддати вақт ҷудошуда ба миқдори заряди аз электролит дар ин муддат қоришуда мутаносиб мебошад.*

Мувофиқи формулаи (9.20.2) эквиваленти электрохимиявӣ модда ададан ба массаи моддаи ҳангоми ба воситаи электролит гузаштани 1 Кл заряд дар электрод ҷудошуда баробар аст.

Агар шумораи ионҳои заряди  $\Delta q$ -ро гузаронанда ба  $N$  баробар бошад, он гоҳ барои заряд ва массаи кӯчонидашуда навиштан мумкин аст:

$$\Delta q = N q_1, \quad (9.20.3)$$

$$m = N m_1, \quad (9.20.4)$$

дар ин ҷо  $m_1$  ва  $q_1$  масса ва заряди як ион мебошад.

Қиматҳои  $\Delta q$  ва  $m$ -ро аз баробариҳои (9.20.3) ва (9.20.4) ба муодилаи (9.20.2) гузошта ҳосил менамоем:

$$N m_1 = \kappa N q_1.$$

Дар ин ҷо заряди ион  $q_1$ , ба заряди элементарӣ  $e$  кратӣ ( $q_1 = n e$ ,  $n$  – валентияти моддаи ҷудошуда) ва  $m_1 = \mu / N_A$  буданаширо ба эътибор гирифта ҳосил мекунем:

$$\frac{\mu}{N_A} = \kappa n e. \quad (9.20.5)$$

Аз ин чо барои муайян кардани заряди элементарӣ ифодаи зеринро ҳосил менамоем:

$$e = \frac{\mu}{N_A \kappa n}. \quad (9.20.6)$$

Аз баробарии (9.20.6) ҳангоми маълум будани эквиваленти электрохимиявии моддаи дар электрод ҷудошуда қимати ададии заряди элементариро муайян кардан мумкин аст. Барои ин ба воситаи электролит ҷараёни электрикӣ гузаронида, қонуни якуми Фарадейро истифода бурдан лозим аст.

Мувофиқи формулаи (9.20.6) қимати ададии заряди элементарӣ  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$  аст. Аввалин бор бо ин усул қимати ададии заряди элементарӣ муайян карда шудааст.

**Қонуни дуюми Фарадей эквиваленти электрохимиявии моддаро бо эквиваленти химиявии он алоқаманд менамояд.**

Аз баробарии (9.20.5) барои эквиваленти электрохимиявии модда ҳосил менамоем:

$$\kappa = \frac{I}{N_A \cdot e} \cdot \frac{\mu}{n}. \quad (9.20.7)$$

Дар ин чо  $N_A \cdot e = F$  – адади Фарадей ном дорад ( $F = 9,6 \cdot 10^4 \text{ Кл/мол}$ ).

Баробарии (9.20.7) шакли математикии қонуни дуюми Фарадейро ифода менамояд.

Мувофиқи қонуни дуюми Фарадей эквиваленти электрохимиявии модда, ба эквиваленти химиявии он  $\frac{\mu}{n}$  мутаносиб мебошад.

Қимати эквиваленти электрохимиявии моддаро аз баробарии (9.20.7) ба формулаи (9.20.2) гузошта, қонуни муттаҳидаи Фарадейро ҳосил менамоем:

$$m = \frac{I}{F} \cdot \frac{\mu}{n} \Delta q. \quad (9.20.8)$$

Аз қонуни муттаҳидаи Фарадей бармеояд, ки агар дар электрод 1 мол моддаи яқвалента ҷудо шавад, яъне  $m = \mu$ ,  $n = 1$  бошад, он гоҳ  $F = \Delta q$  мешавад.

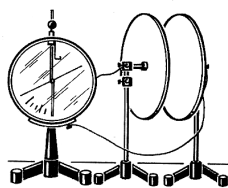
**Яъне, собити Фарадей ададан ба заряде баробар аст, ки ҳангоми ба воситаи электролит гузаштан, дар болои электрод 1 мол моддаи яқвалента ҷудо мешавад.**

1. Қонуниҳои электролизро қай ва қӣ муқаррар намудааст?
2. Қонуни яқуми Фарадейро ба шакли математикӣ навишта таъриф диҳед.
3. Эквиваленти электрохимиявии моддаи чист ва он чӣ гуна маънои физикӣ дорад?
4. Дар асоси қонуни электролиз қимати ададии заряди элементариро чӣ тавр муайян кардан мумкин аст?
5. Қонуни дуҷуми Фарадейро ба шакли математикӣ навишта маънидод намоед.
6. Аз формулаи (9.20.7) эквиваленти электрохимиявии баъзе моддаҳоро ҳисоб намоед ва қимати онро барои муайян кардани заряди электрон аз формулаи (9.20.6) истифода баред.

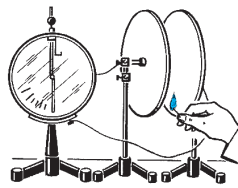
## 9.21. ҶАРАЁНИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР ГАЗҲО

Газҳо аз атомҳо ё молекулаҳои нейтрал (хунсо) ташкил ёфтаанд. Бинобар ин, дар шароити муқаррарӣ газҳо диэлектрик ба шумор мераванд. Барои хосияти электрикии газҳоро фаҳмидан таҷрибаи зеринро дида мебароем (расми 9.21.1). Электрометрро бо конденсатори шакли сферидошта пайваст менамоем. Ҳангоми конденсаторро заряддор намудан заряди он дурудароз нигоҳ дошта мешавад. Ақрабаки электрометр нишондодашро бетағйир нигоҳ медорад. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки дар ҳарорати хона ҳавои байни рӯяҳои конденсатор ноқилияти электрикии хурд дорад ва онро диэлектрик шуморидан мумкин аст.

Агар ҳавои байни рӯяҳои конденсаторро бо алангаи гӯгирд гарм намоем, он гоҳ ақрабаки электрометр зуд ба нишондоди сифрӣ майл мекунад (расми 9.21.2) ва конденсатор безаряд мешавад.



Расми 9.21.1



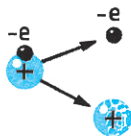
Расми 9.21.2

Яъне, гази ҳарораташ баланд ноқилияти электрикии калон дорад ва ба воситаи он ҷараёни электрикӣ ҷорӣ мегардад.

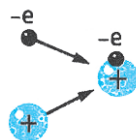
**Ҳодисаи ба воситаи газ ҷоришавии ҷараёни электрикиро разряди (тахлияи) газӣ меноманд.**

Разряди газхоро ба таври дигар низ ҳосил кардан мумкин аст. Масалан, таҳти таъсири нурҳои рентгенӣ, радиоактивӣ, кайҳонӣ, ултрабунафш ва дастаи электронҳои тезҳаракаткунанда низ разряди газиро ба амал меоранд.

**Таъсири берунае, ки разряди газиро ҳосил мекунад, ионизаторҳо номида мешаванд.**



Расми 9.21.3

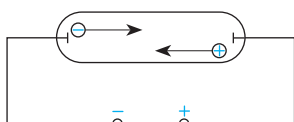


Расми 9.21.4

Таҳти таъсири ионизаторҳо баъзе атомҳои газ як ё якчанд электронҳои худро гум мекунад. Атоми электронҳоро гум карда ба иони мусбат табдил меёбад (расми 9.21.3). Баъзе атомҳои нейтрал электронҳои озодшударо забт карда, ба иони манфӣ табдил меёбанд (расми 9.21.4).

**Протсессҳои ҳосилшави ионҳо дар газ ионизатсия меноманд.**

Маълум гардид, ки ҳангоми гармкунӣ молекулаҳои нейтралӣ ҳавои байни рӯяҳои конденсатор (расми 9.21.2) ионизатсия шудааст. Ҳар чӣ қадаре, ки ҳарорати газ баланд бошад, молекулаҳои он бо суръати калонтар ҳаракат мекунад ва ҳангоми бархӯрд бо молекулаҳои дигар таҷзия шуда, ба ионҳо табдил меёбанд. Бинобар ин бо афзоиши ҳарорат шумораи ионҳои газ зиёд мегардад.



Расми 9.21.5

Ҳангоми дар байни электродҳои зарфи бо газ ионизатсияшуда пуркардашуда ҳосил намудани майдони электрикӣ (расми 9.21.5) электронҳо ва ионҳои манфӣ ба сӯйи электроди мусбат ва ионҳои мусбат ба сӯйи электроди манфӣ ҳаракат намуда, ба воситаи газ ҷараёни электрикӣ ҷорӣ мегардад.

**Ҳамин тариқ, дар газҳо барандагони ҷараёни электрикӣ электронҳо, ионҳои манфӣ ва ионҳои мусбат ба шумор мераванд.**

**Электронҳои озодишуда ҳангоми ҳаракати худ бо ионҳои мусбат пайваст гардида, атомҳои нейтралро ҳосил менамоянд (расми**

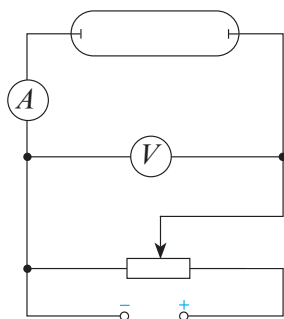
#### 9.21.4). *Ин ҳодисаро рекомбинатсия зарраҳои заряддор меноманд.*

Ҳангоми набудани майдони электрикӣ зарраҳои заряддор танҳо дар натиҷаи рекомбинатсия нест мешаванд. Дар мавриди бетағйир будани таъсири ионизатор чуфти зарраҳои заряддори бавучудоянда ба қимати миёнаи чуфти зарраҳои дар натиҷаи рекомбинатсия нестшаванда баробар мешаванд ва мувозинати динамикӣ муқаррар мегардад.

### САВОЛҶО БАРОИ ТАҚРОР

1. Барои чӣ дар ҳарорати хона газҳо диэлектрик ба шумор мераванд?
2. Сабаби дар ҳароратҳои баланд ба ноқил табдил ёфтани газҳоро маънидод намоед.
3. Разряди газӣ гуфта чиро меноманд?
4. Ионизатсияи газҳо гуфта чӣ гуна протсессро меноманд?
5. Ионизатор чист?
6. Рекомбинатсия гуфта чӣ гуна протсессро меноманд?
7. Барандагони ҷараёни электрикӣ дар газҳо чӣ ба шумор меравад?
8. Ҳодисаи ионизатсияи газҳо бо мисолҳои ҳаёти фаҳмонед.

### 9.22. РАЗРЯДҶОИ ЭЛЕКТРИКӢ ДАР ГАЗҶО

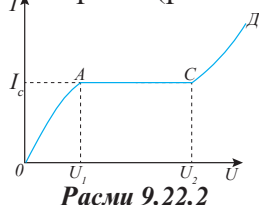


Расми 9.22.1

Агар разряди газӣ бо таъсири ионизатор ба амал ояд ва баъд аз қатъ гардидани таъсири он барҳам хӯрад, разряди газиро номустақил меноманд. Баъд аз қатъ гардидани таъсири ионизатор дар натиҷаи рекомбинатсия электронҳо бо ионҳои мусбат пайваст гардида, ба молекулаҳои нейтрал табдил меёбанд ва разряди газӣ барҳам мехӯрад.

*Агар баъд аз қатъ гардидани таъсири ионизатор разряди газӣ мавҷудияти худро нигоҳ дорад, разряди газиро мустақил меноманд.*

Барои тадқиқи разряди газӣ таҷрибаи зеринро дида мебароем (расми 9.22.1).



Расми 9.22.2

Ба воситаи ионизатори газӣ дохили лӯлаи шишагиро ионизатсия менамоем. Ҳангоми мавҷуд будани фарқи потенциали байни электродҳои ионҳои мусбат сӯйи электроди манфӣ ва электронҳои ионҳои



манфӣ сӯйи электроди мусбат ҳаракат намуда, ба воситаи газ ҷараёни электрикӣ ҷорӣ мешавад, яъне разряди газӣ ба амал меояд. Ҳангоми зиёд намудани фарқи потенциали байни электродҳо шумораи зарраҳои заряддори сӯйи электродҳо ҳаракаткунанда зиёд мегардад ва дар занҷир қувваи ҷараён меафзояд (расми 9.22.2).

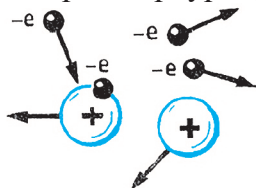
Аз қимати муайяни фарқи потенциали байни электродҳо  $U_1$  сар карда, ҳамаи зарраҳои заряддоре, ки ҳар сония дар газ ҳосил мегарданд, ба электродҳо омада мерасанд, бинобар ин афзоиши қувваи ҷараён қатъ мегардад ва ҷараён ба сершавӣ мерасад. Дар расми 9.22.2 қимати қувваи ҷараёни сершуда бо  $I_c$  ишора карда шудааст. Агар дар ин лаҳза таъсири ионизаторро қатъ гардонем, разряди гази номустақил ба шумор меравад.

Агар фарқи потенциали байни электродҳоро зиёд кардан гирем, аз қимати муайяни фарқи потенциалҳои байни электродҳо  $U_2$  сар карда, аз нав қувваи ҷараён якбора ба афзудан оғоз мекунад (расми 9.22.2, қисми *СД*). Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки дар газ ба замин он зарраҳои заряддоре, ки ионизатор ҳосил менамуд, зарраҳои заряддори нав пайдо гардидаанд.

Пайдоиши зарраҳои заряддори иловагӣ ин тавр шарҳ дода мешавад. Электронҳо ва ионҳои мусбате, ки таҳти таъсири ионизатор пайдо гардидаанд, ба сӯйи аноду катод ҳаракат менамоянд. Электронҳо аз ҳисоби кори майдони электрикӣ энергияи кинетикиашонро афзун мегардонанд. Энергияи кинетикии электронҳо ба шиддати байни электродҳо мутаносиб мебошад:

$$\frac{m g^2}{2} = eU. \quad (9.22.1)$$

Дар мавриди энергияи кинетикии электронҳо аз кори  $A$ , ки барои ионизатсия кардани атоми нейтралӣ зарур аст, калон гардидан, яъне  $\frac{m g^2}{2} \geq A_i$  будан электрон бо атоми нейтрал бархӯрда, онро ионизатсия мекунад (расми 9.22.3).



Расми 9.22.3

Дар натиҷа дар газ ба ҷойи як электрони озод ду электрон пайдо мешавад. Ин электронҳо дар майдони электрикӣ энергияи худро афзун намуда, атомҳои нейтралӣ дигарро ионизатсия

мекунанд ва шумораи электронҳои озод чорто мешавад. Ин чор электрон баъди зарбаи навбатӣ бо атомҳои нейтрал 8-то мешаванд. Шумораи электронҳо ва ионҳо дар газ ҳангоми ҳаракати электронҳо дар майдони электрикӣ торафт афзун гардидан мегиранд. Ин гуна ҳодисаи афзуншавии зарраҳои заряддорро дар газ тармаи электронӣ ё ионӣ меноманд.

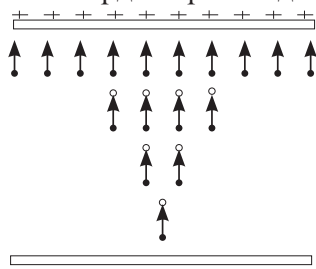
Пайдоиши тармаи электронӣ дар расми 9.22.4 ба таври нақшавӣ нишон дода шудааст.

Чараёни ҳосилшавии зарраҳои заряддорро дар ин маврид ионизатсия бо зарбаи электронӣ меноманд.

Шумораи электронҳо дар газ инчунин аз ҳисоби эмиссияи (баровардани) электронҳо аз сатҳи катод зиёд мегарданд. Ионҳои мусбат дар майдони электрикӣ ба энергияи кинетикии калон соҳиб гардида ба сатҳи катод бархӯрда, аз он электронҳоро мебароранд.

Зарбаи ионҳои мусбат ҳарорати катодро баланд мекунанд. Катоди тафсон низ электронҳоро афканда метавонад.

Ҳамин тарик, дар газ шумораи электронҳои озод аз ҳисоби ионизатсия бо зарбаи электронӣ ва эмиссияи электронҳо аз сатҳи катод якбора афзуда меравад ва ин ба афзоиши қувваи чараён дар газ оварда мерасонад.



Расми 9.22.4

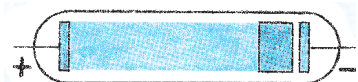
Дар ин маврид баъди қатъ гардидани таъсири ионизатор, дар газ разряди электрикӣ қатъ намегардад.

**Разряди газие, ки баъди қатъ гардидани таъсири ионизатор мавҷудияти худро нигоҳ медорад, разряди мустақил номида мешавад.**

Вобаста ба шароити ҷоришавии чараёни электрикӣ ба воситаи газ ва ҳолати он, дар газ намудҳои гуногуни разрядҳои мустақил мушоҳида карда мешавад.

Ба разрядҳои мустақили газҳо асосан разрядҳои тарсӯз, камоншакл, тоҷӣ ва шарорагӣ тааллуқ доранд.

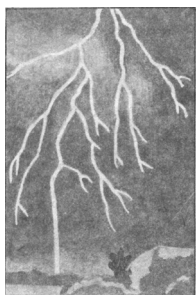
Разряди тарсӯз дар ҳарорати пасти катод ва нисбат ба фишори атмосферӣ хеле паст будани фишори газ дар найчаҳо ба амал меояд. Ҳангоми разряди тарсӯз ҳама ҷойи дохили найча (ғайр аз соҳаи хурди назди катод) тобиши якхела медихад (расми 9.22.5). Соҳаи хурди назди катодро сутуни мусбат меноманд.



Расми 9.22.5

Аз разряди гарсӯз дар найчаҳои рекламавӣ, лампаҳои рӯшноии рӯзона ва ғайраҳо истифода мебаранд. Вобаста ба намуди гази найчаҳо тобиши онҳо ранги ҳархела медиҳад. Дар мавриди неон доштани найча тобиши он сурхча, дар мавриди аргон доштан, тобиши он кабудӣ сабзранг мешавад. Дар лампаҳои рӯшноии рӯз барои ҳосил намудани рӯшноии ранги сафеддошта буғҳои симоб истифода бурда мешавад.

Ба разряди шарорагӣ алангаи ҳангоми раъду барқ ба амалоянда мисол шуда метавонад (расми 9.22.6), ки дар байни абрҳо ё абрҳою Замин ба амал меояд. Разряди шарорагӣ дар фишори нормалӣ ё фишори баланди газ дар майдони электрикии шадидияташ баланд ҳосил мегардад.



Расми 9.22.6

Ҳангоми разряди шарорагӣ дар газ каналҳои гази ионизатсияшуда ба амал меояд, ки аз рӯйи онҳо разряди газ паҳн мегардад. Каналҳои гази ионизатсионӣ метасфад, фишор дар он баланд мегардад ва газ васеъ шуда, мавҷҳои садогиро ба вучуд меорад (ҳангоми раъду барқ ин садо шунида мешавад). Алангаи ҳосилшуда дар шарора натиҷаи ионизатсияи пурзӯри газ мебошад. Шарора аз рӯйи хатҳои қачу қилеб ба амал меояд.

Дар расми 9.22.7 разряди шарорагӣ дар байни ду электроди гуногун заряди дар ҳаво ҷойдодашудаи фарқи потенциалашон калон нишон дода шудааст.

Дар техника аз разряди шарорагӣ барои даргиронии муҳаррикҳои бензинии мошинҳо истифода мебаранд.

Дар байни электродҳои ҳарорати баланддошта дар фишори атмосферӣ ё фишори баланд таҳлиии камонӣ ба амал меояд.



Расми 9.22.7

Агар ду электроди ангиштии фарқи потенциалашон ба 30-50 В баробарро ба ҳамдигар расонем, аз занҷир ҷараёни калон ҷорӣ мегардад ва аз сабаби калон

будани муқовимати электродҳо гармии хеле зиёд ҷудо шуда, нӯги электродҳо аз ҳад зиёд метасфад.

Дар натиҷаи саҳт тасфидани электродҳо эмиссияи электронӣ оғоз мегардад. Ҳангоми электродҳо аз ҳам дур кардан ҷараёни электрикӣ ба воситаи гази тафсон ҷорӣ мегардад ва дар газ тобиши камонмонанд ба амал меояд (расми 9.22.8). Ин тобиши камонмонандро камони электрикӣ меноманд.



Расми 9.22.8

Ҳангоми ба амал омадани камони электрикӣ қувваи ҷараён хеле калон гардида ба садҳо ампер мерасад. Камони

электрикиро бори аввал соли 1802 олими рус В. В. Петров ҳосил намудааст. Аз разряди камонӣ барои кафшеркунии металлҳо, дар прожекторҳо ва дастгоҳҳои проексионӣ ҳамчун манбаъҳои пурқуввати рӯшноӣ истифода мебаранд.

Дар нӯғҳои тези электродҳо тобиши сусти кабудмонанд ба намуди тоҷ ба амал меояд. Ин тобишро разряди тоҷӣ меноманд. Разряди тоҷӣ дар фишорҳои атмосферӣ ва баланд ҳосил мешавад. Дар нӯғҳои тези электродҳо заряди хеле зиёд гун гардида, шадидияти майдони электрикӣ хеле пурқувват мешавад ва ионизатсияи пурзӯри газ ба амал меояд. Дар натиҷа дар газ тахлияи тоҷӣ ҳосил мешавад. Дар табиат тахлияи тоҷӣ баъзан таҳти таъсири майдони электрикии атмосфера дар навдаи дарахтон, қуллаи кӯҳҳо, нӯғи манораҳо, баъзан дар муйҳои сари одам мушоҳида карда мешавад. Дар асрҳои миёна ин намуди нурафканиро «Нури шамъҳои Элми муқаддас (номи калисои асри миёнагӣ)» ном мебаранд.

#### САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР

1. Чӣ гуна разрядро дар газҳо номустақил меноманд?
2. Чӣ гуна разрядро мустақил меноманд?
3. Графики вобастагии ҷараёни электрикиро аз фарқи потенциалҳои байни электродҳо тасвир намуда маънидод намоед.
4. Пайдоиши тармаи электрониро маънидод намоед.
5. Кадом намудҳои разряди мустақил мавҷуд аст, дар бораи кадом вақт ба амал омадан ва таъбиқи амалии онҳо маълумот диҳед.

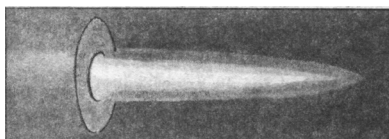
### 9.23. МАҲҲУМИ ПЛАЗМА

Гази қисман ё пурра ионизатсияшударо плазма меноманд. Дар плазма зичии ҳаҷмии зарядҳои мусбату манфӣ амалан баробар мебошанд.

Аз калимаи юнонӣ *plasma* гирифта шудааст, маънои ба танзим даровардашударо дорад. Ҳамин тавр, дар соҳаи разряди газӣ модда дар ҳолати плазма мавҷуд мебошад. Дар плазма барандагони заряд электронҳо ва ионҳои дар ҷараёни ионизатсияи газ ҳосилгардида ба шумор мераванд.

Қисми зиёди модда дар коинот дар ҳолати плазма мебошад.

Плазмаи пастҳарорат ва баландҳароратро аз ҳамдигар фарқ менамоянд. Плазмаи ҳарораташ  $t \leq 10^5 \text{ }^\circ\text{C}$  -ро плазмаи пастҳарорат меноманд. Плазмаҳои разряди газӣ, қабати болоии атмосфера-ионосфера, атмосфераи ситораҳо ва муҳити байни ситорагӣ, туманноқиҳои галактикӣ плазмаи пастҳарорат ба шумор мераванд.



**Расми 9.23.1**

Шарраи пурқуввати плазмаи пастҳарорат ба воситаи дастгоҳҳои махсус – плазматрон номидашаванда ҳосил карда мешавад (расми 9.23.1).

Плазматронҳоро барои буридану кафшер кардани металлҳо, рӯйпӯшкунӣ сатҳҳо, ҳосил намудани зарраҳои заряддор баҳри афзункунандаҳои зарраҳои элементарӣ ва ғайраҳо истифода мебаранд. Таҳти таъсири шарраи плазмагӣ суръати реаксияҳои химиявӣ афзун карда мешавад ва реаксияҳо ҳосил карда мешаванд, ки дар шароити муқаррарӣ ҳосил намудани онҳо имконнопазир мебошад.

Дар найчаҳои нурафкани рекламавӣ ва лампаҳои рӯзона плазма (сутуни мусбати разряди тарсӯз) истифода бурда мешавад. Сатҳи дохилии найчаи лампаҳои рӯзона бо моддаи махсусе (люминофор) пӯшонида шудааст, ки он таҳти нурафкани плазма ҳосияти нурафкани пайдо мекунад ва нури афкандаи он ба рӯшноии сафед наздик мебошад.

Плазмаи ҳарораташ  $t \geq 10^6$  °C -ро плазмаи баландҳарорат ё тасфон меноманд. Ин намуди плазма дар қадри Офтоб ва ситораҳо мавҷуд мебошад. Дар шароити лабораторӣ аз плазмаи баландҳарорат дар тадқиқотҳо доир ба идоракунии реаксияҳои термоядроӣ истифода мебаранд.

## **САВОЛҲО БАРОИ ТАҚРОР**

1. Плазма гуфта кадом ҳолати газро меноманд?
2. Дар плазма барандагони ҷараёни электрикӣ кадом зарраҳо ба шумор мераванд?
3. Чӣ гуна плазма ро пастҳарорат меноманд ва ба он кадом плазмаҳо дохил мешаванд?
4. Дар амалия плазмаи пастҳароратро чӣ тавр ҳосил кардан мумкин аст?
5. Аз плазмаи пастҳарорат бо кадом мақсадҳо истифода мебаранд?
6. Чӣ гуна плазма ро баландҳарорат меноманд ва он чӣ гуна татбиқи амалӣ дорад?

## **ХУЛОСАҲОИ МУҲИММИ БОБ**

Ҳаракати ботартибонаи зарраҳои заряддорро дар ноқил ҷараёни электрикӣ меноманд.

Ба сифати самти ҷараёни электрикӣ самти зарраҳои заряди мусбатдор қабул гардидааст.

Қувваи ҷараён  $I$  бузургии скалярии физикиест, ки ба нисбати заряди аз буриши кӯндалангии ноқил гузаранда  $\Delta q$ , бар фосилаи вақти ҷоришавии заряд  $\Delta t$  баробар аст:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

Зичии чараён  $j$  бо нисбати қувваи чараёни аз буриши кўндалангии ноқил гузаранда  $I$  бар масоҳати сатҳи ин буриши кўндалангӣ  $S$  муайян карда мешавад:

$$j = \frac{I}{S}.$$

*Агар бо гузаштани вақт бузургии қувваи чараён ва самти он тағйир наёбад, чараёнро собит меноманд.*

Қонуни Ом барои китъаи занҷир ба шакли математикӣ чунин навишта мешавад:

$$I = \frac{U}{R}.$$

*Яъне, қувваи чараён ба шиддати нӯғҳои ноқил  $U$  мутаносиби роста буда, ба муқовимати он  $R$  мутаносиби чаппа мебошад.*

Ҳар як манбаи чараён бо қувваи электроҳаракатдиҳанда  $\varepsilon$  тавсиф карда мешавад.

Нисбати кори иҷрокардаи қувваҳои ғайр ( $A_2$ ) ҳангоми кўчонидани заряд қад-қади занҷир бар бузургии заряди кўчонидашуда қувваи ( $q$ ) электроҳаракатдиҳанда (ҚЭХ) номида мешавад:

$$\varepsilon = \frac{A_2}{q}.$$

Кори чараёни электрикӣ аз рӯйи ифодаи зерин муайян карда мешавад:

$$A = IU\Delta t.$$

*Яъне, кори қувваи чараёни электрикӣ ба ҳосили зарби қувваи чараён  $I$ , шиддат  $U$  ва муддати вақте, ки кор иҷро карда шудааст ( $\Delta t$ ), баробар мебошад.*

*Тавоноии ғоиданоки чараёни электрикӣ ба ҳосили зарби қувваи чараён  $I$  бар шиддати гузоштаи  $U$  баробар аст:*

$$P = IU.$$

*Мувофиқи қонуни Жоул-Ленс миқдори гармие, ки ҳангоми аз ноқил ҷоршудани чараён ҷудо мешавад  $Q$ , ба ҳосили зарби квадрати қувваи чараён  $I$ , муқовимати ноқил  $R$  ва муддати вақте ки аз ноқил чараёни электрикӣ мегузарад  $\Delta t$ , мутаносиб мебошад:*

$$Q = I^2 R \Delta t.$$

## БОБИ 10

### КОРҲОИ ЛАБОРАТОРӢ

#### 10.1. ЧЕНКУНИИ БУЗУРГИҲОИ ФИЗИКӢ

Ҳангоми иҷрои корҳои лабораторӣ бузургиҳои физикиро чен намуда, вобастагии байни онҳоро муқаррар мекунамд. Инчунин натиҷаҳои таҷрибаро бо хулосаҳои назариявӣ муқоиса менамоянд.

Ченкунӣ – маҷмӯи амалиёте, ки барои ёфтани қимати адабии бузургии физикӣ иҷро карда мешавад. Барои ин бузургии ченшавандаро бо бузургии воҳидӣ (эталонӣ) муқоиса кардан лозим аст.

Ченкуниҳои бевосита ва бавоситаро аз ҳамдигар фарқ мекунамд. Масалан, дарозии предметҳо, массаи ҷисмҳо, фишори моеъҳо ва газҳо мувофиқан бо хаткашак, тарозу ва манометр чен карда мешаванд.

Дар ченкуниҳои бевосита бузургии ченшаванда бо воҳиди ченкунӣ муқоиса ё бо ёрии асбобе, ки шкалаи он бо воҳидҳои ченкунӣ дараҷабандӣ карда шудааст, чен карда мешавад. Дар ченкуниҳои бавосита бузургии номаълум аз натиҷаи ченкуниҳои бевоситаи бузургиҳои дигар, ки бо бузургии ченшаванда вобастагии функционалии муайян дорад, ҳисоб карда мешавад.

#### 10.2. ХАТОИИ ЧЕНКУНИИ БУЗУРГИҲОИ ФИЗИКӢ

Ба таври аниқ чен намудани бузургиҳои физикӣ хеле мушқил аст. Ҳангоми ченкунӣ хатоҳо зоҳир мегарданд. Масалан, бузургии  $x$  бо ягон хатоии  $\Delta x$  чен карда мешавад. Ин чунин маъно дорад, ки қимати ҳақиқии бузургии ченшаванда ( $x_{\text{ҳақ}}$ ) дар ҳудуди  $x_{\text{чен}} - \Delta x \leq x_{\text{ҳақ}} \leq x_{\text{чен}} + \Delta x$  меҳобад. Дар ин ҳо  $x_{\text{чен}}$  – қимати бузургии  $x$ , ки бо ченкунӣ ҳосил карда шудааст. Бузургии  $\Delta x$  хатоии мутлақи ченкунии бузургии  $x$  номида мешавад.

Ҳамаи хатоии ченкуниҳо ба системанок ва тасодуфӣ тақсим мешаванд.

Хатоии системаноки ченкунӣ гуфта хатоиеро меноманд, ки он собит мемонад ё ин ки аз рӯи қонуни муайян ҳангоми такроран ченкунии бузургии додашуда тағйир меёбад.

Ин гуна хатоҳо дар натиҷаи номукаммалии асбобҳои ченкунамда, номуайянии усули тадқиқотӣ, безътибории таҷрибагузарон (тадқиқотчӣ), инчунин аз номуайянии формулаҳои истифодабурдашуда ва собитҳои яқлуктардашуда содир мешавад.

*Асбобе, ки бо ёрии он бузургии ченкардашуда бо воҳиди ченкунӣ муқоиса карда мешавад, асбоби ченкунамда номида мешавад.*

Асбоби дилхоҳ хатоии системаноки муайян дорад, ки онро барҳам задан имконнопазир аст. Хатоии системанок натиҷаи ченкуниро хурд ё калон менамояд, яъне ин хатоиҳо аломати собит дорад.

Хатоиҳои тасодуфӣ чунин хатоианд, ки содиршавии онҳо огоҳонида намешаванд. Бинобарин, хатоиҳои тасодуфӣ ба ченкуниҳои алоҳида таъсир мекунад ва ҳангоми ченкуниҳои бисёрқарата ба қонунҳои муайян итоат менамоянд. Таъсири онҳоро ба натиҷаҳои ченкунӣ ба эътибор гирифтани ҷеле кам қардан мумкин аст.

### 10.3. ҲИСОБКУНИИ ХАТОИҲО ДАР ЧЕНКУНИИ БЕВОСИТА

Фарз мекунем, ки ҳангоми 3-4 маротиба ченкунии бузургӣ қимати яхелаи  $x_0$ -ро ҳосил намудем. Аммо  $x_0$  қимати ҳақиқии  $x$  ба шумор намеравад. Қимати ҳақиқии  $x$  ба намуди зерин навишта мешавад:

$$x_{\text{ҳақ}} = x_0 \pm \Delta x. \quad (10.3.1)$$

Дар ин ҷо  $\Delta x$  хатоист, ки дар ченкунӣ зоҳир мешавад, ва одатан ба номуайянии асбоби ченкунанда ё усули ченкунӣ вобаста аст.  $\Delta x$  хатоии системанок ба шумор меравад, яъне  $\Delta x = \Delta x_{\text{сист}}$  мебошад. Барои аниқтар муайян намудани бузургии физикии  $x$  асбоби боварибахшро истифода карда, усули ченкуниро тақмил додан лозим аст.

Дар мавридҳои одӣ  $\Delta x_{\text{сист}}$  бо хатоии асбоби ченкунанда муайян қарда мешавад, яъне барои асбобҳои аниқ ченкунанда  $\Delta x_{\text{сист}}$  ба дараҷаи саҳеҳии он баробар аст.

Масалан, ҳангоми бо штангенциркул ченкунии ҷойҳои гуногуни диаметри цилиндр қимати яхелаи  $d = 12,5 \text{ мм}$  ҳосил қарда шуд. Хатоии системаноки ченкунии штангенциркул, ки хатоии мутлақ ба ҳисоб меравад,  $\Delta x_{\text{сист}} = 0,1 \text{ мм}$  мебошад. Хатоии нисбӣ дар ин ченкунӣ баробар мешавад:

$$f = \frac{\Delta x}{d} \cdot 100\% = \frac{0,1}{12,5} \cdot 100\% = 0,8\%.$$

Ҳамин тариқ, натиҷаи ченкуниро ин тавр навиштан лозим аст:

$$d = (12,5 \pm 0,1) \text{ мм}.$$

### 10.4. ДАРАҶАИ САҲЕҲИИ АСБОБҲО

Барои тавсифи ақсарияти асбобҳои ченкунанда ақсар вақт аз фаҳмиши хатоии овардашуда (саҳеҳии ченкунӣ)  $E_0$  истифода мебаранд.



Хатоии овардашуда ба нисбати хатоии мутлақ  $\Delta x$  бар қимати ҳудудии бузургии ченшаванда  $x_{х\text{уд}}$  (қимати калонтарини бузургии ченшаванда дар шкалаи асбоб) баробар аст.

Хатоии овардашуда, хатоии нисбӣ буда, бо фоизҳо ифода карда мешавад:

$$E_0 = \frac{\Delta x}{x_{х\text{уд}}} \cdot 100\%. \quad (10.4.1)$$

Аз рӯйи хатоии овардашуда асбобҳо ба ҳафт дараҷа ҷудо мешаванд: 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4.

Аз асбобҳои дараҷаи саҳеҳиашон 0,1; 0,2; 0,5 дар лабораторияҳо барои ченкуниҳои саҳеҳ истифода мебаранд. Дар техника аз асбобҳои дараҷаи саҳеҳиашон 1, 1,5, 2,5 ва 4 истифода мебаранд ва онҳоро асбобҳои техники меноманд. Дараҷаи аниқӣ асбоб дар шкалаи он нишон дода шудааст. Агар дар шкалаи асбоб дараҷаи аниқӣ набошад, он гоҳ хатоии овардашудаи он аз 4% зиёд аст. Аз шкалаи асбоб дараҷаи саҳеҳӣ ва қимати ҳудудиро ёфта, ба осонӣ хатоии мутлақро ҳисоб намудан мумкин аст:

$$\Delta x = \pm \frac{E_0}{100} \cdot x_{х\text{уд}}.$$

Қимати  $\Delta x$  дар ҳамаи қисмҳои шкалаи асбоб яхела қабул карда мешавад.

Дар ифодаи боло аломати (+) ва (-) нишон медиҳад, ки хатой ба тарафи афзоиш ё камшавии қимати ҳақиқии бузургии ченшаванда содир шуданаш мумкин аст.

Ҳангоми ченкуниҳо аксар вақт бузургии ченшаванда ақрабаки асбобро то охири шкала майл намекунонад, ин ба афзоиши хатоии нисбӣ оварда мерасонад. Бинобар ин ҳангоми ченкуниҳо асбобро чунин интиҳоб кардан лозим аст, ки бузургии ченшаванда ба охири шкалаи он мувофиқ ояд, дар натиҷа хатоии нисбӣ хурд шуда, ба дараҷаи аниқии асбоб наздик мешавад.

Дар мавриде ки дараҷаи аниқии асбоб нишон дода шудааст, хатоии мутлақ ба нисфи тақсмоти хурдтарини он баробар аст. Масалан, ҳангоми ченкунӣ бо хаткашаки тақсмоти хурдтаринаш 1мм-и хатоии мутлақ 0,5мм аст.

## 10.5. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №1

### Муайян кардани шитоби ҷисм

**Мақсади кор:** муайян намудани шитоби ҳаракати саққо.

**Асбоб ва лавозимоти зарурӣ:** Новаи металли дарозиаш 1,5м, саққои металли диаметраш 1,5-2см, силиндри металлӣ, метроном, тасмаи ченкунӣ, бўр.

### Муқаддима

Дар ҳаракати собитшитоби суръати аввалааш сифрӣ масофаи тайкардаи ҷисм аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$S = \frac{at^2}{2}. \quad (10.5.1)$$

Аз ин ҷо:

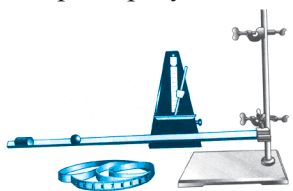
$$a = \frac{2S}{t^2}. \quad (10.5.2)$$

Шитобро доништа, суръати ҳақиқии ҷисмро аз формулаи зерин муайян кардан мумкин аст:

$$v = at. \quad (10.5.3)$$

### Тартиби иҷрои кор

1. Дастгоҳи дар расми 10.5.1 нишондодашударо ҷамъ намоед. Моилии новаро чунин интиҳоб намоед, ки саққо ҳамаи дарозии новаро дар муддати на камтар аз 4 зарбаи метроном тай намояд.



Расми 10.5.1

2. Саққоро ба ҳаракат дароварда, онро собитшитоб ҳисоб намоед. Фосилаи вақти  $t$ -ро аз лаҳзаи аввали ҳаракати саққо то лаҳзаи ба цилиндр бархӯрдани он бо метроном, масофаи тайкардашудаи саққоро бо тасмаи ченкунӣ чен намуда, аз формулаи (10.5.2) шитоби саққо ва аз формулаи (10.5.3) суръати лаҳзавии онро ҳисоб намоед. Метрономро ба 120 зарба дар як дақиқа мувофиқ намоед, яъне ҳар як зарбаи он ба 0,5с баробар мешавад. Зарбаи ба ибтидои ҳаракати саққо мувофиқояндаро ба сифати сифрӣ қабул намоед.

Вақти ҳаракати саққо аз формулаи  $t=0,5 \cdot n$  ( $n$  – шумораи зарбаҳои метроном) ҳисоб карда мешавад. Ибтидои ҳаракати саққоро бо бўр қайд намоед.

### Ҷадвали зеринро тартиб диҳед:

Шумораи зарбаҳои метроном	Масофа $S$ , м	Вақти ҳаракат $t$ , с	Шитоб $a$ , м/с <sup>2</sup>	Суръати лаҳзавӣ, $v$ , м/с

3. Масофаи тайкардаи саққоро дар давоми 3 ё 4 зарбаи метроном чен намуда, натиҷаҳои онро дар ҷадвал нависед.

4. Вақти ҳаракати саққо, шитоб ва суръати ҳақиқии онро пеш аз зарба бо цилиндр муайян намоед. Натиҷаҳои ҷенкунӣ ва ҳисобкунӣҳоро бо баъътиборгирии хатоии мутлақ ба ҷадвал нависед. Ба эътибор гиред, ки  $\Delta S = 5 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ;  $\Delta t = 1 \text{ с}$ ;

$$\Delta a = \frac{2S\Delta t + t\Delta a}{t^3}; \Delta g = a\Delta t + \Delta ta.$$

## САВОЛҲОИ САНЦИШӢ

1. Барои чӣ дар ин кор ҳаракати саққо собитишӯб ҳисобида мешавад?
2. Кадом вақт ҷисм ба шитоб соҳиб мегардад?
3. Графикҳои роҳи тайкардаи ҷисм ва суръати онро барои ҳаракати собитишӯб кашиде маънидод намоед.

## 10.6. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №2

### Омӯхтани ҳаракати ҷисми уфуқан партофташуда

**Мақсадикор:** омӯхтани ҳаракати ҷисми уфуқан партофташуда.

**Асбоб ва лавозимоти зарурӣ:** хаткашаки тақсимоти миллимет-ридошта, штатив бо васлаку қаппак, лавҳаи тахтагӣ, саққо, қоғази сафед ва қоғази миллиметрӣ, кнопқаҳо, қоғази нусхабардорӣ.

### Муқаддима

Ҷисми бо суръати ибтидоии  $g_0$  уфуқан партофташуда ба самти тири  $x$  ҳаракати мунтазам ва ба самти тири  $y$  ҳаракати собитишӯб менамояд.

Муодилаҳои ҳаракат ба самтҳои тирҳои  $x$  ва  $y$  намуди зерин доранд:

$$x = g_0 t, \quad (10.6.1)$$

$$y = \frac{gt^2}{2}. \quad (10.6.2)$$

Аз ифодаи (10.6.1) қимати  $t$ -ро ба формулаи (10.6.2) гузошта ҳосил менамоем:

$$x^2 = \frac{2g_0^2}{g} y. \quad (10.6.3)$$

Баробарии (10.6.3) муодилаи парабола мебошад.

Яъне, ҷисми уфуқан бо суръати ибтидоии  $g_0$  партофташуда, аз рӯйи траекторияи параболамонанд ҳаракат менамояд.

Дурии парвози саққоро бо  $\ell$  ишора менамоем. Ин дури ба қимати координатаи  $x$ , ки дар формулаи (10.6.1) дарҷ ёфтааст,

баробар аст. Ба ҷойи  $y$ ,  $h$  -ро ва ба ҷойи  $x$ ,  $\ell$  -ро гузошта, аз баробариҳои (10.6.1) ва (10.6.2) ҳосил менамоем:

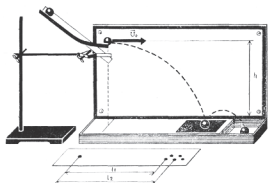
$$\ell = g_0 t, \quad h = \frac{gt^2}{2}.$$

Аз ин ифодаҳо суръати ибтидоии саққоро муайян менамоем:

$$g_0 = \ell \sqrt{\frac{g}{2h}}. \quad (10.6.4)$$

### Тартиби иҷрои кор

1. Дастгоҳи таҷрибавиро чун дар расми 10.6.1 нишондодашуда созед.



Расми 10.6.1

2. Лавҳаи тахтагиро ба воситаи штатив дар ҳолати амудӣ маҳкам кунед. Бо ҳамин қапкаи штатив новаро чунон маҳкам намоед, ки қисми қачи нӯғи он ҳолати уфуқӣ дошта бошад.

3. Дар болои лавҳаи тахтагӣ қоғази миллиметрӣ часпонед ва дар ҳамвории асоси дастгоҳ қоғази сафедро ва аз болои он қоғази нусхабардориро чун дар расми 10.6.1 нишондодашуда гузоред.

4. Саққоро ҳамеша аз ҳамон як ҷойи нова сар дода, таҷрибаро 5 маротиба такрор намоед.

5. Қоғази нусхабардориро дур карда, аз рӯйи изи ҷои афтидани саққо дурии парвози саққо ва баландии  $h$ -ро чен намоед. Аз рӯйи қиматҳои  $\ell$  қимати миёнаи дурии парвози саққоро муайян намоед. Натиҷаҳои ченкуниро ба ҷадвали зерин гузаронед:

Таҷрибаҳо	$h, м$	$\ell, м$	$\ell_m, м$	$g_{0m}, м/с$
1.				
2.				

6. Аз формулаи (10.6.4) қимати миёнаи суръати ибтидоии саққоро ( $g_{0m}$ ) ҳисоб намоед (ба ҷойи  $\ell$ , қимати  $\ell_m$ -ро гузоред).

7. Аз формулаҳои  $x = g_0 t$  ва  $h = \frac{gt^2}{2}$  координатаи  $x$ -и саққоро пас аз ҳар 0,05с ҳисоб намоед. Натиҷаҳоро ба ҷадвали зерин гузаронед.

$t, с$	0	0,05	0,10	0,15	0,20
$x, м$	0				
$y, м$	0				

Аз рӯйи натиҷаҳои ҷадвал дар болои қоғази миллиметрии лавҳаи тахтагӣ траекторияи ҳаракати саққоро созед.

8. Таҷрибаро бори дигар такрор намуда, боварӣ ҳосил намоед, ки траекторияи ҳаракати саққо ба параболаи ҳосилкардаи шумо наздикӣ дорад.

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Бо мисолҳо фаҳмонед, ки қисми уфуқан партофташуда аз рӯйи траекторияи параболамонанд ҳаракат менамояд.
2. Дуриш парвози қисми уфуқан партофташуда аз кадом бузургӣ вобастагӣ дорад ва вобаста ба ин бузургӣ чӣ тавр тағйир меёбад?

## 10.7. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №3

### Муайян кардани сахтии пружин

**Мақсади кор:** муайян кардани сахтии пружин.

**Асбоб ва лавозимот:** штатив бо васлаку қаппак, динамометр, борҳои массашон маълум.

### Мукаддима

Мувофиқи қонуни Гук қувваи чандирие, ки ҳангоми деформат-сияи пружин ба амал меояд, ба дарозшавии он мутаносиб мебошад:

$$F_q = \kappa \Delta \ell, \quad (10.7.1)$$

дар ин ҷо  $\Delta \ell$  – дарозшавии мутлақи пружин,  $\kappa$  – коэффитсиенти мутаносибӣ буда, сахтии пружин ном дорад.

### Тартиби иҷрои кор

1. Динамометрро дар штатив маҳкам намоед. Дар назди пружини динамометр хаткашакро чойгир кунед.
2. Дар чанголи пружини динамометр бори массааш муайянро овехта, дарозшавии пружинро чен кунед.
3. Ба бори яқум бори дуюмро зам карда, дарозшавии нави пружини динамометрро муайян намоед. Ин амалро барои борҳои сеюму чорум ва ғайраҳо низ такрор намоед.
4. Натиҷаҳои ба дастовардари ба чадвали зерин нависед.

Таҷрибаҳо	$m, \text{кг}$	$F_q, \text{Н}$	$mg, \text{Н}$	$\Delta \ell, \text{м}$	$\kappa, \text{Н/м}$
1.					
2.					

5. Аз рӯйи қиматҳои таҷрибавӣ графיקи вобастагии қувваи чандириро  $F_q$  аз дарозшавии пружини динамометр созад ва қимати миёнаи сахтии пружини динамометрро муайян намоед.

6. Дар асоси таҷрибаи аввал (бо як борсанг) қимати зиёдтарини

хатои нисбии бузургии  $\kappa_m$ -ро ҳисоб намоед. Ин хатои аз суммаи хатоҳои нисбии алоҳида иборат аст:

$$f_\kappa = f_m + f_g + f_e,$$

дар ин ҷо:

$$f_m = \frac{\Delta m}{m} = \frac{0,002\text{кг}}{0,100\text{кг}} = 0,02,$$

$$f_g = \frac{\Delta g}{g} = \frac{0,02\text{М/с}^2}{10\text{М/с}^2} = 0,002,$$

$$f_\ell = \frac{\Delta \ell}{\ell} = \frac{1\text{мм}}{25\text{мм}} = 0,04.$$

7. Бузургии  $\Delta \kappa = f_\kappa \kappa_m$ -ро муайян намоед ва натиҷаро ба шакли  $\kappa = \kappa_m \pm \Delta \kappa$  нависед.

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Сабаби пайдоиши қувваи чандириро маънидор намоед.
2. Дар бораи намудҳои деформатсия маълумот диҳед.
3. Дар ин қор пружин ба чӣ гуна деформатсия дучор мегардад?

## 10.8. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №4

### Тадқиқи вобастагии давр ва басомади лаппишҳои озоди раққосаки математикӣ аз дарозии он

**Мақсади қор:** муқаррар намудани вобастагии давр ва басомади лаппиши озоди раққосаки математикӣ аз дарозии он.

**Асбоб ва лавозимоти зарурӣ:** штатив бо васлаку қаппак, саққо бо ресмони дарозиаш 140 см, порчай резин, соат бо ақрабаки сониясанҷ ё метроном.

#### Муқаддима

Даври лаппиши раққосаки математикӣ аз формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}. \quad (10.8.1)$$

Мувофиқи формулаи (10.8.1) даври лаппиши раққосаки математикӣ ба решаи квадратӣ аз дарозии раққосак мутаносиби роста буда, ба решаи квадратӣ аз шитоби афтиши озод мутаносиби чаппа мебошад. Дар ин қори лабораторӣ вобастагии давр ва басомади раққосак аз дарозии он муқаррар карда мешавад. Даври лаппиши раққосак  $T$  бо шумораи лаппишҳо  $n$  ва вақти лаппишҳо  $t$  чунин алоқамандӣ дорад:

$$T = \frac{t}{n}.$$

Басомади лаппиш  $\nu$  бо даври лаппиш  $T$  ин тавр вобастагӣ дорад:

$$T = \frac{l}{v}, \quad \nu = \frac{n}{t}.$$

### Тартиби иҷрои кор

1. Барои навиштани натиҷаҳои ҷенкунӣ ва ҳисобкунӣҳо дар дафтарадон ҷадвали зеринро тартиб диҳед:

№ таҷрибаҳо	1	2	3	4	5
Бузургҳои физикӣ					
$l, \text{см}$	5	25	50	80	130
$n$	30	30	30	30	30
$t, \text{с}$					
$T, \text{с}$					
$\nu, \text{Х}$					

2. Ба порчаи резин бо ёрии сӯзан аз қабати он ресмонро гузаронида ба қапкаи штатив маҳкам намоед (расми 10.8.1).

Дарозии раққосак бояд дар аввал ба 5 см баробар бошад. Дарозии раққосак аз нуқтаи овезиш то миёнаҷои саққоро ташкил менамояд.

3. Саққоро аз мавқеи мувозинатӣ ба кунҷи на он қадар калон майл намуда сар диҳед. Муддати вақте, ки раққосак 30 лаппиши пурра менамояд, ҷен намоед. Натиҷаро ба ҷадвал нависед.



Расми 10.8.1

4. Таҷрибаро барои дарозӣҳои 25, 50, 80, 130 см-и раққосак гузаронед.

5. Барои ҳамаи ҷенкунӣҳо аз формулаи  $T = \frac{t}{n}$  даври лаппиши раққосакро ҳисоб намуда, ба ҷадвал гузаронед.

6. Аз формулаи  $\nu = \frac{1}{T}$  ё  $\nu = \frac{t}{n}$  басомади лаппиши раққосакро барои ҳамаи таҷрибаҳо ҳисоб намуда, ба ҷадвал гузаронед.

7. Аз рӯйи натиҷаҳои бадастоварда, вобастагии давр ва басомади лаппиши раққосаки математикиро аз дарозии он муқаррар намуда, хулосабарорӣ намоед.

Хулосаҳои бадастовардаатонро нависед.

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Раққосаки математики чӣ гуна лаппиш менамояд?
2. Даври лаппиш  $T$  бо тағйирёбии дарозии раққосак  $l$  чӣ гуна тағйир меёбад?
3. Агар раққосакро ба мушаки амудан ба боло партофташуда ҷойгир кунем, даври лаппиши он чӣ гуна тағйир меёбад?

## 10.9. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №5

### Омӯзиши қонуни бақои импулс

**Мақсади кор:** омӯзиши қонуни бақои импулс ва санҷиши он.

**Асбоб ва лавозимот:** ду сакқои пӯлодӣ дар овезаҳои дароз овезон, хаткашаки андозагирӣ, штативи лабораторӣ бо панҷаҳояш, тарозу бо сангҳояш.

#### Муқаддима

*Мувофиқи қонуни бақои импулс дар системаи сарбаста бо гузашти вақт импулси система ҳамеша бузургии собит мебошад.*

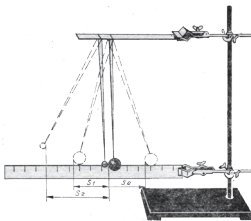
Барои ду сакқои массаҳояшон  $m_1$  ва  $m_2$ , ки бо суръатҳои  $\vec{g}_1$  ва  $\vec{g}_2$  ҳаракат мекунад, баъди бархӯрдан қонуни бақои импулс ба шакли математикӣ ин тавр навишта мешавад:

$$m_1\vec{g}_1 + m_2\vec{g}_2 = m_1\vec{U}_1 + m_2\vec{U}_2, \quad (10.9.1)$$

дар ин ҷо  $\vec{U}_1$  ва  $\vec{U}_2$  – суръати сакқоҳо баъди бархӯрӣ мебошад.

Агар яке аз сакқоҳо ором бошад ( $\vec{g}_2 = 0$ ), баробарии (10.9.1) ба намуди зерин соҳиб мегардад:

$$m_1\vec{g}_1 = m_1\vec{U}_1 + m_2\vec{U}_2. \quad (10.9.2)$$



**Расми 10.9.1**

Барои санҷидани қонуни бақои импулс аз дастгоҳи таҷрибавӣ дар расми 10.9.1 нишон додашуда истифода мекунем.

Дастгоҳ аз ду сакқои пӯлодӣ ба ресмонҳои дуқабата овезон ва хаткашаки андозагирии дар тағи сакқоҳо ҷойдодашуда иборат мебошад.

Маркази массаҳои сакқоҳо дар як хат меҳобанд. Агар яке аз сакқоҳоро аз ҳолати мувозинатиаш майлқунонда сар диҳем, сакқоҳо ба ҳамдигар бармехӯранд. Суръати сакқои якум  $\vec{g}_1$  ва суръати сакқоҳои  $\vec{U}_1$  ва  $\vec{U}_2$  баъди зарба дар асоси қонуни бақои энергия муайян карда мешаванд.

Бузургии суръатҳо  $g$ ,  $U_1$  ва  $U_2$  аз рӯи ифодаҳои зерин муайяни карда мешаванд:

$$\begin{aligned} g_1 &= S_0 \sqrt{\frac{g}{\ell}}, \\ U_1 &= S_1 \sqrt{\frac{g}{\ell}}, \end{aligned} \quad (10.9.3)$$



$$U_2 = S_2 \sqrt{\frac{g}{\ell}}$$

дар ин чо  $S_0$  ва  $S_1$  -майлкунии максималии саққои якум аз вазъияти мувозинатӣ то зарба ва баъди он;  $S_2$  – майлкунии максималии саққои дуум аз вазъияти мувозинатӣ баъди зарба аст.

Дар мавриди хурд будани кунчи майлқунӣ  $\alpha$  бузургҳои  $S_0$  ва  $S_1$ -ро аз рӯйи тақсимоти чадвали андозагирӣ муайян кардан мумкин аст.

Барои санчиши таҷрибавии қонуни бақои импульс, импульси яке аз саққоҳоро то зарба муайян карда, онро бо суммаи импульси саққоҳо баъди зарба муқоиса кардан лозим мебошад.

### Тартиби иҷрои кор

1. Чадвали зеринро тартиб диҳед.

№ таҷриба	$m_1$ кг	$m_2$ кг	$\ell$ м	$S_1$ м	$S_2$ м	$g_1$ м/с	$U_1$ м/с	$U_2$ м/с	$m_1 g_1$ кг·м/с	$m_1 U_1$ кг·м/с	$m_2 U_2$ кг·м/с
1.											
2.											

2. Массай саққоҳо  $m_1$  ва  $m_2$ -ро муайян намоед ва дарозии овезаҳо  $\ell$  -ро чен кунед.

3. Овезаҳои саққоҳоро тавре интихоб намоед, ки марказҳо ва нуқтаи расиши онҳо нисбат ба уфук дар як хат бошанд.

Саққои массааш калонро аз мавқеи мувозинатиаш ба масофаи 5-7см ( $S_0$ ) майл кунед ва баъд онро сар диҳед. Майлкунии максималии саққоҳо  $S_1$  ва  $S_2$ -ро баъди зарба қайд намоед.

4. Таҷрибаро 5 маротиба такрор намуда, қимати миёнаи майлқуниҳо  $S_1$  ва  $S_2$ -ро ёбед.

5. Қимати миёнаи майлқуниҳо  $S_0$ ,  $S_1$  ва  $S_2$ -ро истифода бурда, суръати саққоҳоро аз формулаи (10.9.3) ва импульси онҳоро ҳисоб кунед.

6. Натиҷаҳои ченқунӣ ва ҳисобқуниро ба чадвал гузаронед.

7. Импульси саққои массааш калонро то зарба бо суммаи импульсҳои саққоҳо баъди зарба муқоиса намуда, доир ба иҷрошавии қонуни бақои импульс (формулаи 10.9.2) хулоса бароред.

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Қонуни бақои импульс дар қадом шароитҳо иҷро мешавад?
2. Оё ҳангоми зарбаҳӯриш ғайриҷандири қонуни бақои импульс иҷро мешавад?
3. Бо мисолҳо иҷрошавии қонуни бақои импульсро фаҳмонед.

## 10.10. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №6

### Муайян кардани коэффитсиенти соиши лағзиш

**Мақсади кор:** муайян кардани коэффитсиенти соиши лағзиш.

**Асбобҳо ва лавозимоти зарурӣ:** трибометр, хиштчаи чӯбин, динамометр, хаткашак, штатив, санғҳои массашон гуногун.

### Муқаддима

Қуввае, ки ҳангоми ҳаракати як ҷисм аз рӯи сатҳи ҷисми дигар ба амал меояд, қувваи соиш номида мешавад.

Қувваи соиш  $F_c$  ба ҳаракати ҷисм муқобил таъсир намуда, ҳаракатро суст мекунад ва ба вазни ҷисм  $P$  мутаносиб мебошад:

$$F_c = \kappa P, \quad (10.10.1)$$

дар ин ҷо  $\kappa$  коэффитсиенти мутаносибӣ буда, коэффитсиенти соиши лағзиш ном дорад.

Барои чен кардани қувваи соиш аз трибометр (аз юнонӣ трибе-соиш) истифода мебаранд. Трибометр аз тахтаи сатҳаш хеле суфтакардашуда иборат мебошад.

### Тартиби иҷрои кор

1. Трибометрро дар ҳолати уфуқӣ гузоред.
2. Хиштчаи чӯбинро дар болои трибометр гузошта, онро бо ёрии динамометр кашида ба ҳаракат дароред ва нишондоди динамометрро қайд намоед. Динамометр қимати қувваи соишро нишон медиҳад.
3. Хиштчаи чӯбинро ба динамометр овахта, вазни онро муайян намоед. Вазни хиштчаи чӯбин дар ҳолати уфуқӣ гузоштани трибометр қувваи фишори нормализири ифода менамояд.
4. Коэффитсиенти соишро аз формулаи  $\kappa = \frac{F_c}{P}$  муайян намоед.
5. Ба болои хиштчаи чӯбин бо тартиб борҳои 100г, 200г ва 300г-ро пай дар пай гузошта таҷрибаро такрор кунед.
6. Натиҷаҳои гирифтаатонро ба ҷадвал нависед ва аз онҳо ҳулоса бароред.

Номҳои ҷисмҳои баҳамрасанда	$F_c, H$	$P, H$	$\kappa$
1.			
2.			

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Ҳангоми ҳаракати ҷисмҳо пайдоиши қувваи соишро маънидод намоед.
2. Кадом намудҳои соиш мавҷуданд?
3. Бузургии қувваи соиш аз кадом омилҳо вобастагӣ дорад?

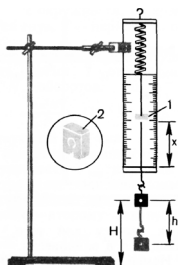
## 10.11. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №7

### Омӯзиши қонуни бақои энергияи механикӣ

**Мақсади кор:** муайян намудани камшавии энергияи потенциалии бори ба поён афтада, афзоиши энергияи потенциалии пружини кашидашуда ва санҷиши қонуни бақои энергияи механикӣ.

**Асбобҳо ва лавозимоти зарурӣ:** штатив бо васлаку қаппак, динамометри сахтии пружинаш  $10\text{Н/м}$  бо бақайдгирак, хаткашак, маҷмӯи борҳои массаашон  $100$  граммӣ.

### Муқаддима



Расми 10.11.1

Барои иҷрои ин кор дастгоҳи таҷрибавии дар расми 10.11.1 нишондодаро ҷамъ овардан лозим аст. Динамометрро дар штатив маҳкам намоед. Дар динамометр ба сифати бақайдгиранда (1) (фиксатор) лавҳаи аз пӯки тунуки андозааш  $5 \times 7 \times 1,5$  мм, ки то марказаш бо корд новача тарошида шудааст, истифода бурда мешавад.

Бақайдгиранда дар миёни динамометр шинонда шудааст ва онро бо соиши на он қадар калон қад-қади мила ҳаракат кунонидан мумкин аст, вале соиш ба дараҷае кам набошад, ки бақайдгиранда худ ба худ ба поён афтад. Ба ин пеш аз оғози кор боварӣ ҳосил кардан лозим аст. Андозаи калонкардашудаи бақайдгиранда бо рақами 2 ишора шудааст. Бақайдгиранда дар қисми поёнии шкалаи динамометр дар болои рикобаки маҳдудкунанда ҷой дода шудааст. Пружини динамометрро кашида баъд сар медиханд. Ҳангоми сар додани пружин бақайдгиранда ҳамроҳи мила ба боло баромада, дарозшавии калонтаринро, яъне масофаи байни рикобаки маҳдудкунанда ва бақайдгирандаро нишон медихад.

Агар бори чангаки динамометрро чунон баланд бардорем, ки дарозшавии пружини он нест гардад, он гоҳ энергияи потенциалии бор нисбат ба сатҳи мизи дастгоҳи таҷрибавӣ ҷойгирбуда ба  $mgH$  баробар мешавад. Ҳангоми ба масофаи  $x = h$  поён фурумадани бор энергияи потенциалии он ба  $E_1 = mgH$  кам мегардад. Дар ин маврид энергияи пружини дарозшуда ба бузургии  $E_2 = \frac{kx^2}{2}$  зиёд мешавад.

### Тартиби иҷрои кор

1. Аз маҷмӯи борҳо ва борсангро ба чангаки сари милаи динамометр гузоред.

2. Борро бо даст боло бардошта, бақайдгирандари то болои рикобак биёред.

3. Борро сар диҳед ва он афтида, пружинро меёзнад. Баъд борро гиред ва аз рӯи мавқеи бақайдгирак дарозшавии калонтарини пружин  $x$ -ро чен кунед.

4. Таҷрибаро панҷ маротиба такрор намоед.

5. Қиматҳои  $E_{1M} = mgh_M$  ва  $E_{2M} = \frac{kx^2}{2}$ -ро ҳисоб намоед ва натиҷаҳоро ба ҷадвал гузаронед.

Таҷрибаҳо	$x_{max}, M$	$x_M = h_M$	$E_{1M}, \text{Ҷ}$	$E_{2M}, \text{Ҷ}$	$\frac{E_{1M}}{E_{2M}}$
1.					
2.					

6. Нисбати  $\frac{E_{1M}}{E_{2M}}$ -ро бо адади як муқоиса намуда, дар бораи саҳеҳияти иҷрошавии қонуни бақои энергияи механикӣ ҳулоса бароред.

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Қонуни бақои энергия дар кадом шароитҳо иҷро мешавад?
2. Дар ин қор чӣ гуна тағдилёбиҳои энергия ба амал меояд?
3. Бо мисолҳо иҷрошавии қонуни бақои энергия ва тағдилёбии онро фаҳмонед.

## 10.12. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №8

### Санчиши қонуни Бойл-Мариотт

**Мақсади қор:** дар таҷриба санчидани қонуни Бойл-Мариотт.

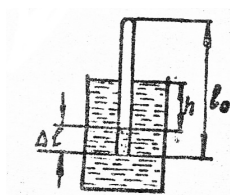
**Асбоб ва лавозимот:** зарфи обдор, найчаи шишагии як тарафаш кушода, барометр, хаткашаки тақсимои миллиметридошта.

### Муқаддима

*Мувофиқи қонуни Бойл-Мариотт ҳангоми собит будани ҳарорат барои массаи додашудаи газ ҳосили зарби фишори газ бар ҳаҷми он бузургии собит мебошад:*

$$PV = const.$$

Барои омӯхтани вобастагии ҳаҷм аз фишори газ дар ҳолати собит будани ҳарорат аз усули зерин истифода мебарем. Найчаи шишагиро бо тарафи сӯрохаш ба оби зарф меғунем, он гоҳ фишори ҳавои дар дохили найча буда ба бузургии фишори гидростатикӣ



Расми 10.12.1

$P_z = \rho gh$  меафзояд ва баробар мешавад:

$$P = P_0 + P_z = P_0 + \rho gh, \quad (10.12.1)$$

дар ин ҷо  $P_0$  – фишори атмосферӣ,  $\rho$  – зичии моеъ,  $h$  – фарқи сутуни об дар зарф ва найча мебошад.

Дар ин маврид ҳаҷми ҳаво ба бузургии  $\Delta V = S\Delta l$  хурд мешавад ( $S$  – масоҳати буриши кӯндалангии найча). Бузургиҳои  $h$  ва  $\Delta l$  дар расми 10.12.1 нишон дода шудаанд.

Ҳаҷми газ дар найча баробар мешавад:

$$V = V_0 - \Delta V = (l_0 - \Delta l)S = lS, \quad (10.12.2)$$

дар ин ҷо  $l_0$  – дарозии найчаи шишагӣ аст.

Азбаски тағйирёбии ҳарорат ҳангоми иҷрои кор ниҳоят хурд аст, протсессро изотермӣ ҳисобидан мумкин аст. Барои ин шароит қонуни Бойл-Мариотт ин тавр навишта мешавад:

$$P_0 l_0 = PV. \quad (10.12.3)$$

Бо назардошти ифодаи (10.12.2) формулаи (10.12.3)-ро ин тавр навиштан мумкин аст:

$$P_0 l_0 = Pl = \text{const}. \quad (10.12.4)$$

Ҳамин тариқ, санҷиши қонуни Бойл – Мариотт ба санҷиши ифодаи (10.12.4) дар фишорҳои гуногун оварда мерасонад.

### Тартиби иҷрои кор

1. Дарозии найчаи шишагӣ  $l_0$ -ро чен намуда, бузургии фишор  $P_0$ -ро аз барометр навишта гиред.

2. Нӯги кушодаи найчаро ба чуқурии калонтарини об ғӯтонед ва қиматҳои  $\Delta l$  ва  $h$ -ро қайд намоед.

3. Якчанд маротиба найчаро 10 см аз об берун бароварда, қиматҳои мувофиқи  $\Delta l$  ва  $h$ -ро навишта гиред.

4. Барои ҳар як қимати  $h$  фишорро аз формулаи (10.12.1) дар СИ ҳисоб намоед (барои об  $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$ ).

5. Қиматҳои мувофиқи  $l$ -ро аз ифодаи  $l = l_0 - \Delta l$  ҳисоб кунед.

6. Барои ҳар як мавриди ченкуниатон ҳосили зарби  $Pl$ -ро ҳисоб намуда, дурустии қонуни Бойл-Мариоттро санҷед.

7. Натиҷаҳои ченкунию ҳисобкуниҳоятонро ба ҷадвали зерин гузаронед.

Р/т	$\Delta l, \text{ м}$	$h, \text{ м}$	$P_0, \text{ Па}$	$P, \text{ Па}$	$l, \text{ м}$	$Pl, \text{ Па} \cdot \text{ м}$
1.						
2.						

8. Ҳатоҳои мутлақ ва нисбиро дар таҷриба ҳисоб намоед.

## САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Барои ҳосил намудани протсессии изотермӣ дар ин кор чӣ гуна шартҳо заруранд?
2. Агар обро ба карасин иваз намоем, қиматҳои  $p$  ва  $l$  ҳангоми ба як хел чуқурӣ эътонидани найча чӣ тавр тағйир меёбанд?
3. Дар координатаҳои  $P-V$ ,  $V-T$ ,  $P-T$  графики протсессии изотермиро кашед.
4. Графики протсессии изотермиро дар координатаи  $P-V$  барои ду қимати ҳарорат кашед.

## 10.13. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №9

### Чен кардани модули чандирии резин(модули Юнг)

**Мақсади кор:** чен кардани модули Юнг барои резин.

**Асбоб ва лавозимот:** штатив бо васлак ва қаппак, ресмони резинӣ, борсанг, хаткашаки тақсимои миллиметридошта, штангенциркул, динамометр.

#### Муқаддима

Мувофиқи қонуни Гук дарозшавии нисбӣ  $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$  ба шиддати механикӣ  $\sigma = \frac{F}{S}$  мутаносиб мебошад:

$$\varepsilon = \alpha \sigma, \quad (10.13.1)$$

дар ин ҷо  $\alpha$  – коэффисиенти чандирий аст ва он ба бузургии баръакси модули Юнг баробар мебошад:  $\alpha = \frac{1}{E}$ .

Қимати  $\varepsilon$ ,  $\alpha$ ,  $\sigma$ -ро ба (10.13.1) гузошта барои модули Юнг ифодаи зеринро ҳосил менамоем:

$$E = \frac{Fl_0}{S\Delta l} = \frac{Fl_0}{S(l_0 - l)}, \quad (10.13.2)$$

дар ин ҷо  $F$  – қувваи чандириест, ки ҳангоми деформатсияи ҷисм ба амал меояд.

Барои чен намудани модули Юнг барои резин аз дастгоҳи таҷрибавии дар расми 10.13.1 нишон додашуда истифода мебарем.

Бузургии буриши кўндалангии ресмони резинии дар штатив овехташударо доиравӣ ҳисобида барои масоҳати он навиштан мумкин аст:

$$S = \frac{\pi d^2}{4},$$

дар ин ҷо  $d$  – диаметри ресмони резинӣ аст.

Қимати  $S$ -ро ба ифодаи (10.13.2) гузошта барои муайян кардани модули Юнг формулаи зеринро ҳосил менамоем:

$$E = \frac{4Fl_0}{\pi d^2 (l_0 - l)}. \quad (10.13.3)$$

## Тартиби иҷрои кор

1. Дастгоҳи таҷрибавиро барои кор омода намоед. Барои ин нӯги ресмони резиниро ба қаппаки штатив маҳкам кунед.

2. Бо қалам дар рӯйи ресмони резинӣ ду нишона гузоред (расми 10.13.1, б) .

3. Масофаи байни нишонаҳои  $A$  ва  $B$  – и рӯйи ресмони резиниро дар ҳолати нокашида чен намоед.

4. Вазни умумии борҳоро бо динамометр чен кунед ва онҳоро дар нӯги овезони ресмони резинӣ овезед.

5. Масофаи байни нишонаҳои  $A$  ва  $B$ -ро ва дарозии ресмони резиниро дар ҳолати кашида будани он чен кунед.

6. Қувваи чандирие, ки дар ресмони резинии кашидашуда ба вучуд меояд, ба бори сари он баробар ҳисобида аз формулаи (10.13.3) модули Юнгро ҳисоб намоед.

7. Аз ифодаҳои зерин хатогиҳои нисбӣ  $\epsilon$  ва мутлақи ченкунӣ  $\Delta E$  -ро ҳисоб намоед:

$$\epsilon = \frac{\Delta F}{F} + \frac{\Delta l_0}{l} + 2 \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta l}{l-l_0}$$

$$\Delta E = E_{\text{мач}} \cdot \epsilon$$

8. Натиҷаҳои ченкунӣ ва ҳисобқуниҳоро ба чадвали зерин гузаронед:

$l_{p,m}$	$l, m$	$d_{p,m}$	$F, H$	$\Delta l, m$	$\Delta d, m$	$\Delta l, H$	$E, Pa$	$\epsilon, \%$	$\Delta E, Pa$

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Қонуни Гук чӣ тавр таъриф дода мешавад?
2. Формулаи (10.13.3) чӣ тавр ҳосил карда мешавад?
3. Модули Юнг чӣ гуна маънои физикӣ дорад?

## 10.14. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №10

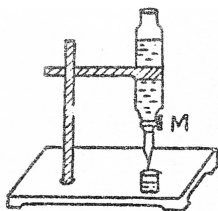
**Муайян кардани коэффитсиенти тарангии сатҳи моеъ бо усули чакра**

**Мақсади кор:** муайян намудани коэффитсиенти тарангии сатҳи моеъ.

**Асбоб ва лавозимот:** чакрачакон бо сиққонак, истакон, тарозу бо сангҳояш.

### Муқаддима

Асбобе, ки бо ёрии он коэффитсиенти тарангии сатҳи моеъҳо



Расми 10.14.1

чен карда мешавад, аз зарфи шишагӣ иборат аст (расми 10.14.1) ва ба он моеи тадқиқшаванда рехта мешавад. Дар қисми поёни он бо лӯлаи резинӣ найчаи нӯгаш борик пайваст карда шудааст.

Барои тағйир додани суръати ҷараёни моеъ ва ҳосил намудани чакраҳои ҷудогона сикқонаки  $m$  хизмат менамояд.

Барои муайян намудани коэффитсиенти тарангии сатҳи моеъ  $\alpha$  аз формулаи зерин истифода мебарем:

$$\alpha = \frac{F}{l} \quad (10.14.1)$$

Дар таҷрибаи мо қувваи тарангии сатҳ  $F$  ба вазни як қатра  $P$  ва дарозии сатҳи моеъ  $l$  хангоми дар мувозинат будани вазни қатра бо қувваи тарангии сатҳ, ба дарозии гарданаки чакра баробар аст, яъне  $F = P = mg$  ва  $l = 2\pi r$  ( $r$  – радиуси гарданаки чакра) мебошад. Бинобар ин, аз формулаи (10.15.1) ҳосил менамоем:

$$\alpha = \frac{mg}{2\pi r} \quad (10.14.2)$$

дар ин ҷо  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – шитоби афтиши озод аст.

### Тартиби иҷрои кор

1. Диаметри чакраро чен намуда, радиуси онро ёбед.
2. Бо тарозу массаи истаконро саҳеҳ баркашед.
3. Ба зарфи шишагӣ обро резед ва бо ёрии сикқонаки  $m$  чакраҳоеро ҳосил намоед, ки онҳоро шуморида шавад.
4. 100 чакра шуморед ва онро баркашида вазни як чакраро муайян намоед.
5. Таҷрибаро якчанд маротиба такрор намоед.
6. Аз формулаи (10.14.2) коэффитсиенти тарангии сатҳи обро муайян намоед.
7. Қимати миёнаи  $\alpha$ -ро ҳисоб намуда, онро бо қиматҳои маълумотномавӣ муқоиса намоед.
8. Натиҷаҳои ченкунӣ ва ҳисобкуниро ба чадвали зерин гузаронед:

Массаи истакони холӣ, кг	Массаи истакони моеъдор, кг	Массаи чакра, кг	Коэффитсиенти тарангии сатҳ, Н/м

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Хангоми кандашавии чакра қувваи тарангии сатҳи моеъ ба кучо гузошта шудааст ва ба чӣ баробар аст?



2. Вазни чакраи кандашуда чӣ тавр тағйир меёбад:

а) агар радиуси чакраро зиёд намоем;

б) ба ҷои об карасин резем;

в) ҳароратро зиёд намоем.

## 10.15. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №11

**Танзими қувваи ҷараён ва шиддат дар занҷири ҷараёни доимӣ**

**Мақсади кор:** бо ёрии реостат ба танзим даровардани қувваи ҷараён ва шиддат дар занҷири ҷараёни доимӣ.

**Асбобҳо ва лавозимот:** манбаи ҷараён (аккумулятор), калид, реостат, амперметр, вольтметр ва ноқилҳои пайваस्तкунанда.

### Муқаддима

Дар занҷири ҷараёни электрикӣ қувваи ҷараён ва шиддат бо ёрии реостатҳо ба танзим дароварда мешаванд. Дар ин кори лабораторӣ аз реостати тамоси лағзандадор истифода бурда мешавад. Ин реостат аз силиндри фарфорие, ки ноқили муқовиматаш калон печонида шудааст, иборат мебошад. Дар сатҳи берунии ноқили печондашуда тамоси лағзанда ҳаракат намуда, пай дар пай печакҳоро пайваст менамояд ва дар натиҷа қувваи ҷараён дар занҷир ва мувофиқан шиддат низ тағйир меёбад.

### Тартиби иҷрои кор

1. Аз асбобу лавозимоти дар ихтиёратон буда, занҷири электрикӣ тартиб диҳед.

2. Тамоси лағзандаи реостатро ба ҳолати ба муқовимати калонтарин мувофиқоянда гузоред.

3. Қувваи ҷараён ва шиддатро бо амперметру вольтметр чен намуда, муқовимати ноқилро аз формулаи  $R = \frac{U}{I}$  муайян намоед.

4. Тамоси лағзандаро ба ҳолатҳои дигар гузошта, ҳар дафъа аз рӯйи қиматҳои шиддату қувваи ҷараён муқовиматҳои мувофиқро муайян намоед.

5. Натиҷаҳои ченкунӣ ва ҳисобкуниро ба чадвали зерин гузаронед:

Р/т	$I, A$	$U, B$	$R, Ом$	$\Delta R, Ом$	$\varepsilon, \%$
1.					
2.					

6. Аз рӯйи қиматҳои чадвал графикаи вобастагии қувваи ҷараёнро аз шиддат ва қувваи ҷараёнро аз муқовимат созед. Аз рӯйи графикҳо хулосабарорӣ намоед.

7. Хатоии мутлақ ва нисбии ченкунии муқовиматро ёбед.

1. Батанзимдарории қувваи ҷараён ва шиддат дар занҷирҳои электрикӣ чӣ зарурат дорад?
2. Кадом намуди реостатҳоро медонед?

## 10.16. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №12

### Омӯзиши пайвасти пайдарпайӣ ва параллелии ноқилҳо

**Мақсади кор:** санчидани пайвасти пайдарпайӣ ва параллелии ноқилҳо.

**Асбобҳо ва лавозимот:** манбаи ҷараён, ду ноқили муқовиматашон муайян (резистор), амперметр, реостат ва калид.

#### Муқаддима

Дар амалия аз пайвасти пайдарпайӣ ва параллелии ноқилҳо истифода мебаранд. *Ҳангоми пайвасти пайдарпайии ноқилҳо, шиддат ба суммаи шиддати нӯғҳои ноқилҳои алоҳидаи дар занҷир буда ва муқовимат ба суммаи муқовимати ноқилҳои алоҳида баробар мешавад.* Барои ду ноқили пай дар пай пайваст шиддат ва муқовимати умумӣ баробар аст:

$$U = U_1 + U_2, \quad (10.16.1)$$

$$R = R_1 + R_2. \quad (10.16.2)$$

Барои пайвасти пайдарпайии ноқилҳо нисбати шиддати онҳо ба нисбати муқовиматашон мутаносиб мебошад:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}. \quad (10.16.3)$$

*Ҳангоми пайвасти параллелии ноқилҳо қувваи ҷараён дар занҷир ба суммаи ҷараёнҳо дар ноқилҳои алоҳида ва бузургии баръакси муқовимати умумии занҷир ба суммаи бузургиҳои баръакси муқовиматҳои ноқилҳои алоҳида баробар мешавад.* Барои ду ноқили параллел пайваст қувваи ҷараён ва бузургии баръакси муқовимати умумӣ баробар аст:

$$I = I_1 + I_2, \quad (10.16.4)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}. \quad (10.16.5)$$

Барои пайвасти параллелии ноқилҳо нисбати қувваҳои ҷараён дар ноқилҳо, ба нисбати муқовимати онҳо мутаносиби чаппа мебошад:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}. \quad (10.16.6)$$

Дар кори лаборатории мазкур ифодаҳои (10.16.1)-(10.16.6) санчида мешаванд.

### Тартиби иҷрои кор

1. Занҷири электрикӣ тартиб диҳед, ки дар он ноқилҳои муқовиматшон маълум пай дар пай пайваст бошанд.

2. Амперметрро вольтметрро ба нуқтаҳои матлуби занҷир пайваст намуда, қувваи ҷараён ва шиддатро дар ноқилҳо ва нӯғҳои он чен намоед.

3. Ифодаҳои (10.16.1)-(10.16.3)-ро санчида, дар хусуси риоя шудани қонунҳои пайвасти пайдарпай хулоса бароред.

4. Занҷири электрикӣ тартиб диҳед, ки дар он ноқилҳои муқовиматшон маълум параллел пайваст бошанд.

5. Амперметр ва вольтметрро ба нуқтаҳои матлуби занҷир пайваст намуда, қувваи ҷараён ва шиддатро чен намоед.

6. Ифодаҳои (10.16.4)-(10.16.6)-ро санчида, дар хусуси риоя намудани қонунҳои пайвасти параллелӣ хулоса бароред.

7. Натиҷаҳои ченкунӣ ва ҳисобкунӣ ҳамаҷояро ба ҷадвали зерин гузаронед:

Пайвасти пайдарпай					Пайвасти параллелӣ				
$U, B$	$U_2, B$	$U_p, B$	$U=U_1+U_2$	$R=R_1+R_2$	$I, A$	$I_p, A$	$I_2, A$	$I=I_1+I_2$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Доир ба тарзи пайвасти асбобҳои электрикӣ ҳонаатон маълумот диҳед.
2. Барои пайвасти лампаҳо аз кадом тарзи пайваст истифода бурдан қулай аст?
3. Доир ба зарурати истифодаи пайвастҳои пайдарпай ва параллелӣ дар амалия маълумот диҳед.

## 10.17. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №13

### Муайян кардани муқовимати ҳоси ноқил

**Мақсади кор:** чен кардани муқовимати ҳоси ноқил.

**Асбоб ва лавозимот:** манбаи ҷараён, сими муқовимати ҳоси зиёддошта, калид, амперметр, вольтметр, ноқилҳои пайвасткунанда.

### Муқаддима

Муқовимати ҳоси ноқил аз рӯи формулаи зерин муайян карда мешавад:

$$R = \rho \frac{l}{S}. \quad (10.17.1)$$

дар ин чо  $\ell$  – дарозии ноқил,  $S = \frac{\pi d^2}{4}$  – масоҳати буриши кўндалангии он ( $d$  – диаметри ноқил) мебошад.

Аз ин чо

$$\rho = \frac{R\pi d^2}{4l}. \quad (10.17.2)$$

Дар асоси қонуни Ом барои қитъаи занҷир муқовимати ноқилро муайян кардан мумкин аст:

$$R = \frac{U}{I}.$$

Қимати  $R$ -ро ба ифодаи (10.17.2) гузошта, барои ҳисоб намудани муқовимати хоси ноқил ифодаи зеринро ҳосил менамоем:

$$\rho = \frac{\pi U d^2}{4I \ell}. \quad (10.17.3)$$

### Тартиби иҷрои кор

1. Аз асбобу лавозимоти дар ихтиёратон буда, занҷири электрикӣ тартиб диҳед, ки дар он асбобҳои ченкунанда ва ноқили тадқиқшаванда дуруст пайваस्त шуда бошанд.

2. Дарозии ноқил, диаметри он, қувваи ҷараёни аз ноқил ҷоришаванда ва шиддати нӯғҳои онро чен кунед.

3. Аз формулаи (10.17.3) муқовимати хоси ноқилро муайян намоед.

4. Хатоҳои асбобии асбобҳои ченкунанда, хатои ҳисобкунӣ, хатоҳои зиёдтарини мутлақ ва нисбии бузургҳои  $U$ ,  $d$ ,  $I$ ,  $l$ -ро ёбед.

5. Хатоҳои зиёдтарини мутлақ ва нисбии ченкунии муқовимати хоси ноқилро ёбед.

6. Натиҷаи бадастовардaro ба намуди зерин нависед:

$$\rho = \rho_{\text{чен}} \pm \Delta\rho, \quad \varepsilon = \dots\%.$$

7. Аз рӯйи натиҷаҳои ҳосилгардида ва маълумотнома муайян намоед, ки ноқил аз кадом модда иборат аст.

8. Натиҷаҳои ченкунӣ ва ҳисобкуниро ба ҷадвали зерин гузаронед:

$l, \text{ м}$	$d, \text{ м}$	$I, \text{ А}$	$U, \text{ В}$	$R, \text{ Ом}$	$\rho, \text{ Ом. м}$	$\Delta\rho, \text{ Ом. м}$	$\varepsilon \dots\%$

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Чаро ноқилҳо дорoi муқовиматанд?
2. Чаро муқовимати ноқилҳо бо афзоиши ҳарорат зиёд мешавад?
3. Барои чӣ дар асбобҳои гармкундаи электрикӣ ноқилҳои дорoi муқовимати хоси зиёдро истифода мебаранду ба сифати ноқилҳои пайваस्तкунанда симҳои каммуқовиматро истифода мекунанд?

## 10.18. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №14

### Муайян кардани ҚЭХ ва муқовимати дохилии манбаи ҷараён

**Мақсади кор:** муайян намудани ҚЭХ ва муқовимати дохилии манбаи ҷараён.

**Асбобҳо ва лавозимот:** манбаи ҷараён (аккумулятор ё батареячаи ҷароғи кисагӣ), калид, реостат, амперметр, вольтметр, ноқилҳои пайваस्तкунанда.

### Муқаддима

Мувофиқи қонуни Ом барои занҷири сарбаста қувваи ҷараён  $I$ , ба ҚЭХ-и манбаи ҷараён  $\varepsilon$  мутаносиби роста буда, ба муқовимати умумии занҷир мутаносиби чаппа мебошад:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}, \quad (10.18.1)$$

дар ин ҷо  $R$  – муқовимати берунаи занҷир,  $r$  – муқовимати дохилии манбаи ҷараён мебошад.

### Тартиби иҷрои кор

1. Манбаи ҷараён, калид (кушода бошад), реостат, амперметрро пай дар пай пайваस्त намуда, занҷири электрикӣ тартиб диҳед.

2. Ба кутбҳои манбаи ҷараён вольтметрро пайваस्त намоед.

3. Қувваи ҷараёнро дар занҷир ва шиддатро дар кутбҳои манбаи ҷараён чен намоед.

4. Қувваи ҷараёнро дар занҷир ва шиддатро дар кутбҳои манбаи ҷараён доништа, муқовимати берунии занҷир  $R$ -ро аз ифодаи  $R = \frac{U}{I}$  муайян намоед.

5. Бо ёрии реостат муқовимати берунии занҷирро тағйир дода, аз нав қувваи ҷараён ва шиддатро чен намоед.

6. Занҷирро кушода, бо вольтметр ҚЭХ-и манбаи ҷараёнро чен кунед.

7. Аз формулаи (10.18.1) истифода бурда, барои ҳар як ченкунӣ муқовимати дохилии манбаи ҷараёнро муайян намоед.

8. Қиматҳои миёнаи ҚЭХ ва муқовимати дохилии манбаи ҷараёнро ёбед.

9. Ҳатоҳои мутлақ ва нисбии ченкунии ҚЭХ ва муқовимати дохилии манбаи ҷараёнро ҳисоб кунед.

10. Натиҷаҳои бадастовардaro ба намуди зайл нависед:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{чен}} \pm \Delta\varepsilon, \quad \varepsilon_c = \dots\%;$$

$$r = r_{\text{чен}} \pm \Delta r, \quad \varepsilon_r = \dots\%;$$

11. Натиҷаҳои ҷенкунӣ ва ҳисобкунӣҳоро ба ҷадвали зерин гузаронед:

<i>P/T</i>	<i>I, A</i>	<i>U, B</i>	<i>ε, B</i>	<i>R, Ом</i>	<i>r, Ом</i>	<i>Δε, B</i>	<i>Δr, Ом</i>	<i>ε, %</i>	<i>ε, %</i>
1.									
2.									

### САВОЛҲОИ САНЧИШӢ

1. Барои ҷӣ нишондоди вольтметр дар мавридҳои пайваст ва қушода будани занҷир гуногун мебошад?
2. Барои ҷӣ манбаи ҷараён дорои муқовимати дохилӣ аст?

## 10.19. КОРИ ЛАБОРАТОРИИ №15

### Муайян кардани эквиваленти электрохимиявии мис

**Мақсади кор:** муайян кардани эквиваленти электрохимиявии мис.

**Асбобҳо ва лавозимот:** тарозу, амперметр, соат, плитаи электрикӣ, манбаи ҷараён (аккумулятор), реостат, калид, электродҳои мисӣ, зарфи цилиндрий, маҳлули купороси мис, ноқилҳои пайвасткунанда.

### Муқаддима

Мувофиқи қонуни якуми Фарадей миқдори моддаи дар болои электродҳо, ҳангоми электролиз ҷудошуда  $m$ , ба бузургии заряди аз электролит гузаранда  $q$ , мутаносиб мебошад:

$$m = kq,$$

ё

$$m = kIt. \quad (10.19.1)$$

дар ин ҷо  $t$  – вақте, ки аз электролит қувваи ҷараёни  $I$  мегузарад,  $k$  – эквиваленти электрохимиявии моддаи дар болои электрод (катод) ҷудошуда мебошад.

### Тартиби иҷрои кор

1. Бо саҳеҳии калон электроди мисие, ки ба сифати катод хизмат мекунад, баркашед.

2. Манбаи ҷараён, калид (бояд қушода бошад), амперметр, реостат ва зарфи маҳлули купороси мисдоштае, ки электродҳо ҷойгиранд, пай дар пай пайваст карда, занҷири электрикӣ тартиб диҳед.

3. Калидро пайваст карда, вақти ҷоришавии ҷараёни электрикиро ба қайд гиред.

4. Бо ёрии реостат 15-20 дақиқа қувваи ҷараёнро собит нигоҳдоред.

5. Калидро қушода, катодро аз маҳлул бароварда, дар болои плита онро хушк намоед. Лавҳаи катодиро аз нав бо саҳеҳии калон баркашида, массаи миси ҷудошударо ёбед.

6. Аз формулаи (10.19.1) эквиваленти электрохимиявии мисро муайян намоед.

7. Қимати таҷрибавии эквиваленти электрохимиявии мисро бо қимати маълумотнома муқоиса намуда, хатои мутлақ ва нисбии ченкуниро муайян намоед ва натиҷаи бадастовардаро ба намуди зайл нависед :

$$k = k_{\text{таҷ}} \pm \Delta k, \quad \varepsilon = \dots \%$$

8. Натиҷаҳои ченкунӣ ва ҳисобкуниатонро ба ҷадвали зерин нависед :

<i>I, A</i>	<i>t, c</i>	<i>m, кг</i>	<i>k, кг/Кл</i>	<i>Δk, кг/Кл</i>	<i>ε, %</i>

### САВОЛҲОИ САНЦИШӢ

1. Эквиваленти электрохимиявӣ аз намуди моддаи дар электродҳо ҷудошуда вобастагӣ дорад?
2. Ҳангоми ду маротиба зиёд гардидани қувваи ҷараёни аз электролит гузаранда, дар муддати вақтҳои якхела, массаи моддаи дар катод ҷудошуда, чӣ қадар тағйир меёбад?
3. Дар амалия аз усули электролиз бо кадом мақсадҳо истифода мебаранд?

## МУНДАРИҶА

Мукаддима .....	3
<b>БОБИ 1. Асосҳои кинематика .....</b>	<b>7</b>
1.1. Нуқтаи материалӣ .....	7
1.2. Траектория .....	8
1.3. Роҳ ва кӯчиш .....	8
1.4. Векторҳо. Амалҳо бо векторҳо .....	10
1.5. Системаи сарҳисоб .....	14
1.6. Нисбияти ҳаракат .....	16
1.7. Ҳаракати ростхаттаи мунтазам. Суръат .....	19
1.8. Ҳаракати ростхаттаи тағйирёбанда. Суръати лаҳзавӣ .....	21
1.9. Шитоб .....	24
1.10. Ҳаракати ростхаттаи собитшитоб .....	25
1.11. Графики вобастагии бузургиҳои кинематикӣ аз вақт дар ҳаракати мунтазам ва собитшитоб .....	29
1.12. Афтиши озод. Шитоби афтиши озод .....	32
1.13. Ҳаракати ҷисм аз рӯи давра .....	35
1.14. Суръати хаттӣ ва кунҷӣ .....	37
1.15. Шитоби ҳаракати ҷисм аз рӯи давра .....	39
Хулосаҳои муҳимми боб .....	41
<b>БОБИ 2. Асосҳои динамика .....</b>	<b>42</b>
2.1. Навъҳои қувваҳои механикӣ дар табиат .....	43
2.2. Қонуни якуми Нютон. Инерсия .....	45
2.3. Системаи инерсиалии сарҳисоб .....	47
2.4. Шитоб гирифтани ҷисмҳо дар натиҷаи таъсири мутақобили онҳо .....	49
2.5. Массайи ҷисмҳо .....	51
2.6. Қонуни дуюми Нютон .....	54
2.7. Қонуни сеюми Нютон .....	58
2.8. Қонуни қозибай умумичаҳонӣ .....	60
2.9. Қувваи вазнинӣ .....	63
2.10. Маркази вазнинӣ .....	65
2.11. Ҳаракати ҷисм таҳти таъсири қувваи вазнинӣ. Ҳаракати амудии ҷисм ...	68
2.11.1. Ҳаракати ҷисми ба уфуқ партофташуда .....	70
2.11.2. Ҳаракати ҷисми бо суръати ибтидоӣ таҳти кунҷ ба уфуқ партофташуда	71
2.12. Вазни ҷисм .....	74
2.13. Вазни ҷисме, ки бо шитоб ҳаракат мекунад .....	76
2.14. Бевазний .....	80
2.15. Қувваи вазнинӣ дар сайёраҳои дигар .....	82
2.16. Массайи инертӣ ва қозибавӣ .....	87
2.17. Қувваи чандирӣ .....	88
2.18. Қонуни Гук .....	90
2.19. Ҳаракати ҷисм таҳти таъсири қувваи чандирӣ .....	91
2.20. Қувваи соиш .....	92
2.21. Соиши лағзиш .....	95
2.22. Ҳаракати ҷисм бо таъсири қувваи соиш .....	99
2.23. Ҳаракати ҷисм таҳти таъсири чанд қувва .....	102
2.24. Ҳаракат дар ҳамгаштҳо .....	103



2.25. Мувозинати қувваҳо ва ҷисмҳо .....	105
Хулосаҳои муҳимми боб.....	107
<b>БОБИ 3. Лапиш ва мавҷҳои механикӣ .....</b>	<b>110</b>
3.1. Ҳаракати лапишноқ .....	110
3.2. Амплитуда, давр ва басомади лапиш .....	112
3.3. Лапишҳои гармоникӣ .....	114
3.4. Фазаи лапиш .....	117
3.5. Рақосаки математикӣ .....	119
3.6. Энергияи лапиши ҷисм. Табилғубии энергия ҳангоми лапиши гармоникӣ.....	122
3.7. Лапишҳои маҷбурӣ. Резонанс .....	124
3.8. Интерференсияи мавҷҳо .....	128
3.9. Принсипи Г'юйгенс .....	132
3.10. Қонунҳои инъикос ва шикасти мавҷҳо .....	134
3.11. Дифраксияи мавҷҳо .....	137
Хулосаҳои муҳимми боб .....	138
<b>БОБИ 4. Қонунҳои бақо .....</b>	<b>140</b>
4.1. Импулси ҷисм .....	140
4.2. Қонуни бақои импулс .....	141
4.3. Ҳаракати реактивӣ .....	143
4.4. Суръатҳои кайҳонӣ .....	145
4.5. Ҳаракати сайёраҳо ва радифони маснуи Замин .....	149
4.6. Қори қувваҳо .....	150
4.7. Энергияи механикӣ. Энергияи кинетикии ҷисм .....	153
4.8. Қори қувваи вазнинӣ. Энергияи потенциалии ҷисми аз сатҳи Замин бардошташуда .....	155
4.9. Қори қувваи чандирӣ. Энергияи потенциалии ҷисми чандир деформатсияшуда.....	157
4.10. Қонуни бақои энергия дар механика .....	160
Хулосаҳои муҳимми боб .....	163
<b>БОБИ 5. Гидростатика ва гидродинамика .....</b>	<b>165</b>
5.1. Вобастагии фишори моеъҳо аз суръати ҷоришавии онҳо .....	165
5.2. Қувваи болобардор .....	167
5.3. Бузургҳои тавсифдиҳандаи моеи равон .....	170
5.4. Муодилаи Бернуллӣ .....	173
5.5. Часпакӣ .....	176
5.6. Ҳаракати оромонаи моеъҳо дар лулаҳо .....	179
Хулосаҳои муҳимми боб .....	181
Физикаи молекулярӣ ва асосҳои термодинамика .....	182
<b>БОБИ 6. Физикаи молекулярӣ .....</b>	<b>184</b>
6.1. Асосҳои назарияи молекулярӣ-кинетикӣ ва тасдиқи таҷрибавии он .....	184
6.2. Андоза ва массаи молекулаҳо .....	187
6.3. Микдори модда. Адади Авогадро .....	190
6.4. Қувваҳои таъсири мутақобили молекулаҳо .....	192
6.5. Муодилаи асосии назарияи молекулярӣ-кинетикӣ газҳои идеалӣ .....	198
6.6. Робитаи байни фишор ва энергияи кинетикии молекулаҳои гази идеалӣ ..	201
6.7. Мувозинати ҳароратӣ. Ҳарорат ва ҷанкунии он .....	202
6.8. Шкалаи ҳарорати мутлақ .....	205

6.9. Суръати молекулаҳои газ .....	206
6.10. Муодилаи ҳолати гази идеалӣ .....	209
6.11. Қонунҳои гази идеалӣ .....	212
6.12. Бугҳои сер ва носер. Чӯшиш .....	217
6.13. Намии ҳаво .....	223
6.14. Гигрометр ва психрометр .....	225
6.15. Кашиши сатҳӣ .....	227
6.16. Таркунӣ ва тарнакунӣ. Ҳодисаи капиллярноқӣ .....	231
6.17. Ҷисмҳои кристаллӣ ва аморфӣ .....	235
6.18. Ҳосиятҳои механикии ҷисмҳои сахт .....	241
Хулосаҳои муҳимми боб .....	245
<b>БОБИ 7. Асосҳои термодинамика .....</b>	<b>247</b>
7.1. Энергияи дохилӣ .....	249
7.2. Кор дар термодинамика .....	252
7.3. Миқдори гармӣ .....	254
7.4. Қонуни якуми термодинамика .....	257
7.5. Татбиқи қонуни якуми термодинамика ба изопротсессҳо .....	259
7.6. Протсесси адиабатӣ .....	261
7.7. Бебозгаштии протсессҳои ҳароратӣ .....	264
7.8. Қонуни дуҷуми термодинамика .....	265
7.9. Амали кори ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ .....	268
7.10. Нақши ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ дар хочагии халқ .....	273
7.11. Ҳаракатдиҳандаҳои ҳароратӣ ва муҳофизати муҳити атроф .....	274
Хулосаҳои муҳимми боб .....	276
<b>Электродинамика .....</b>	<b>277</b>
<b>БОБИ 8. Электростатика .....</b>	<b>278</b>
8.1. Зарядҳои электрикӣ .....	278
8.2. Қонуни бақои заряди электрикӣ .....	280
8.3. Қонуни Кулон .....	282
8.4. Майдони электрикӣ. Шадибияти майдони электрикӣ .....	284
8.5. Принсипи суперпозитсияи майдонҳо .....	287
8.6. Тасвири графикаи майдони электрикӣ .....	288
8.7. Кори майдони электрикӣ ҳангоми кӯчиши заряд. Фарқи потенциалҳо. Шиддат .....	290
8.8. Робитаи байни шиддат ва шадибияти майдони яқинса. Сатҳҳои эквипотенциалӣ .....	293
8.9. Ноқилҳо дар майдони электрикӣ .....	295
8.10. Ғайриноқилҳо дар майдони электрикӣ .....	297
8.11. Ғунҷоиши электрикӣ .....	301
8.12. Конденсаторҳо .....	303
8.13. Нуфузпазирии диэлектрикӣ .....	305
8.14. Энергияи конденсатори заряддор. Татбиқи конденсаторҳо .....	306
8.15. Энергияи майдони электрикӣ .....	310
Хулосаҳои муҳимми боб .....	311
<b>БОБИ 9. Қонунҳои ҷараёни доимӣ .....</b>	<b>313</b>
9.1. Ҷараёни электрикӣ .....	313
9.2. Ҷараёни электрикӣ дар металлҳо. Нуқтаҳои асосии назарияи электрони металлҳо .....	317
9.3. Қонуни Ом барои китъаи занҷир. Муқовимати ноқилҳо .....	320
9.4. Пайвасти пайдарпай ва параллелии ноқилҳо .....	324
9.5. Қувваи электроҳаракатдиҳанда (ҚЭХ) .....	326

9.6. Қонуни Ом барои занҷири сарбаста .....	328
9.7. Кор ва тавоноии ҷараён .....	331
9.8. Қонуни Ҷоул-Ленс .....	333
9.9. Шунт ба амперметр .....	334
9.10. Муқовимати иловагӣ ба вольтметр .....	336
9.11. Қонунҳои Крихгоф .....	337
9.12. Нимноқилҳо .....	339
9.13. Ҷараёни электрикӣ ба воситаи тамоси нимноқилҳои навъҳои $p$ ва $n$ .....	343
9.14. Терморезисторҳо ва фоторезисторҳо .....	346
9.15. Диоди нимноқилӣ .....	348
9.16. Транзистор .....	350
9.17. Ҷараёни электрикӣ дар вакуум. Эмиссияи термоэлектронӣ .....	352
9.18. Асбобҳои электровакуумӣ .....	353
9.19. Ҷараёни электрикӣ дар моеъҳо .....	356
9.20. Қонунҳои электролиз .....	360
9.21. Ҷараёни электрикӣ дар газҳо .....	362
9.22. Разрядҳои электрикӣ дар газҳо .....	364
9.23. Мафҳуми плазма .....	368
Хулосаҳои муҳимми боб .....	369
<b>БОБИ 10. Корҳои лабораторӣ .....</b>	<b>371</b>
10.1. Ченкунии бузургҳои физикӣ .....	371
10.2. Хатоии ченкунии бузургҳои физикӣ .....	371
10.3. Ҳисобкунии хатоҳо дар ченкунии бевосита .....	372
10.4. Дарачаи саҳеҳии асбобҳо .....	372
10.5. Муайян кардани шитоби ҷисм .....	373
10.6. Омӯхтани ҳаракати ҷисми уфукан партофташуда .....	375
10.7. Муайян кардани сахтии пружин .....	377
10.8. Тадқиқи вобастагии давр ва басомади лаппишҳои озоди раққосаки математикӣ аз дарозии он .....	378
10.9. Омӯзиши қонуни бақои импульс .....	380
10.10. Муайян кардани коэффитсиенти соиши лағзиш .....	382
10.11. Омӯзиши қонуни бақои энергияи механикӣ .....	383
10.12. Санҷиши қонуни Бойл-Мариотт .....	384
10.13. Чен кардани модули чандирии резин (модули Юнг) .....	386
10.14. Муайян кардани коэффитсиенти тарангии сатҳи моеъ бо усули ҷаҳра .....	387
10.15. Танзими қувваи ҷараён ва шиддат дар занҷири ҷараёни доимӣ .....	389
10.16. Омӯзиши пайвасти пайдарпай ва параллелии ноқилҳо .....	390
10.17. Муайян кардани муқовимати ҳоси ноқил .....	391
10.18. Муайян кардани ҚЭҲ ва муқовимати дохилии манбаи ҷараён .....	393
10.19. Муайян кардани эквиваленти электрохимиявии мис .....	394

ҲАМИД МАЧИДОВ

# ФИЗИКА

Китоби дарсӣ барои синфи 10-уми  
муассисаҳои таҳсилоти умумӣ

Мухаррирон

Мусаҳҳех

Мухаррири техникӣ

Тарроҳ

С. Некқадамов

Ф. Истамов

Д. Мирфаёзова

Н. Салоҳиддинзода

М. Ҷунайдозода

Ба чоп 05.07.2021 иҷозат дода шуд. Қоғазӣ офсет.

Чопи офсет. Андоза 60x90  $\frac{1}{16}$ . Ҷузъи чопӣ 25.0.

Адади нашр 120 000 нусха.

Супориши № 48/2021

Муассисаи нашриявии «Маориф»-и

Вазорати маориф ва илми Ҷумҳурии Тоҷикистон.

734024, ш. Душанбе, кӯчаи Аҳмади Дониш, 50.

Тел: 222-14-66 E-mail: najmiddin64@mail.ru

Дар матбааи ҶСП «Нашриёти Муосир» чоп шудааст.

Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, кӯч. Зарнисор, 3.

Тел: +992 (44) 600 35 58 E-mail: info@nmuosir.tj