

Б. РАХИМОВ  
Т. ШУКУРОВ  
П. РАЧАБОВ

# ФИЗИКА

## 10





**Раҳимов Бердӣ Исматович  
Шукуров Тағойбобо  
Раҷабов Пирмуҳаммад**

# **ФИЗИКА**

**Китоби дарсӣ  
барои синфи**

**10**

<b>Муҳаррир</b>	<b>Раҳматзод Баҳодур</b>
<b>Дизайни</b>	<b>Назаров Парвиз</b>
<b>Муҳаррири техникӣ</b>	<b>Ҳамроева Солиҳа</b>
<b>Мусахҳах</b>	<b>Назариён Баҳром</b>
<b>Чопи компютерӣ</b>	<b>Алимова Соро</b>

# ЧЕНАКҲОИ КАРАТИИ ДАҲӢ

НОМГӢЙ	ИШОРАТ	КАРАТНОКӢ БА ВОҲИДИ АСОСӢ
ПИКО	П	$10^{-12}$
НАНО	Н	$10^{-9}$
МИКРО	МК	$10^{-6}$
МИЛЛИ	М	$10^{-3}$
ТЕРА	Т	$10^{12}$
ГИГА	Г	$10^9$
МЕГА	М	$10^6$
КИЛО	К	$10^3$



# ДОИМИҶОИ АСОСИИ ФИЗИКӢ

СУРЪАТИ РӢШНОӢ

$$c=3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

ДОИМИИ ГРАВИТАТСИЯ

$$G=6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$$

ДОИМИИ ПЛАНК  
(КӢХНА)

$$h=6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot \text{с}$$

ДОИМИИ ПЛАНК (НАВ)

$$\hbar=1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Ҷ} \cdot \text{с}$$

ДОИМИИ АВОГАДРО

$$N_A=6 \cdot 10^{23} \text{ мол}^{-1}$$

ДОИМИИ БОЛСМАН

$$k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Ҷ/К}$$

ДОИМИИ УНИВЕР-  
СИАЛИИ ГАЗ

$$R=8,31 \text{ Ҷ}/(\text{мол} \cdot \text{К})$$

ДОИМИИ КУЛОН

$$k=9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$$

ЗАРЯДИ  
ЭЛЕМЕНТАРӢ

$$e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

МАССАИ ЭЛЕКТРОН

$$m_e=9 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

МАССАИ ПРОТОН

$$m_p=1,007276 \text{ в.а.м.}$$

МАССАИ НЕЙТРОН

$$m_n=1,008665 \text{ в.а.м.}$$

**Б. Раҳимов, Т. Шукуров, П. Рачабов**

# **ФИЗИКА**

**Китоби дарсӣ  
барои синфи**

**10**

*Мушовараи Вазорати маорифи Ҷумҳурии  
Тоҷикистон ба чоп тавсия кардааст*

**"Матбуот"  
Душанбе 2006**



ББК 22Я72  
Р-45





Б. Раҳимов, Т. Шукуров, П. Раҷабов  
Физика. Китоби дарсӣ барои хонандагони синфи 10.  
Душанбе. Соли 2006.

Ин китоб дар доираи Лонҳан таҷдиди соҳаи маориф нашр гардидааст.

### Ҷадвали истифодаи иҷровии китоб

№	Ному насаби хонанда	Синф	Соли	Ҳолати китоб (баҳои китобдор)	
				Аввали сол	Охири сол

### Аломатҳои шартӣ

-  – Формула ё ченаки бузургии асосии физикӣ.
-  – Саволҳои санҷишӣ.
-  – Машқҳо.
-  – Хулосаҳои муҳимтарин.

### Муаллими мӯхтарам!

Хоҳишмандем фикру дархостҳои худро онд ба мазмуни китоби мазкур ба нишони 734024, ш. Душанбе, кӯчаи Айнӣ 45, Пажӯҳишгоҳи улуми педагогии Тоҷикистон ирсол намоед.

© «Матбуот» 2006

## Хонандаи азиз!

Донишандӯзӣ, ҳосил кардани малакаю маҳорат аз физика дар қиёси дигар фанҳо хусусиятҳои худро дорад. Дар ҷараёни омӯзиш лозим меояд, ки хулоса ё қонуне бо исботи таҷрибавиаш асоснок карда шавад. Бинобар ҳамин ҳангоми омӯзиши маводи таълимӣ аз физика зарурияти шиносшавӣ бо сохту низоми қори асбобу механизмҳои гуногун, нақшаю расмҳои онҳо ба миён меояд. Аз ин лиҳоз мо лозим донистем, ки барои мутолиаи маводи таълим ва азхудкунии мафҳуми бузургӣҳо, қонуну ҳодисаҳо ва умуман қор бо китоби дарсӣ барои Шумо баъзе лаҳзаҳоро таъкид намоем:

1. Матни параграфро батафсил хонед, аломатҳо, қисмҳои асбобу механизмҳоро дар расмҳо ёбед ва вазифаи ҳар кадоми онҳоро муайян кунед.

2. Барои дар хотир нигоҳ доштани формула, воҳиди бузургӣ, таърифи мафҳуми қонунҳои физикӣ онҳоро дар дафтар ва агар лозим ояд, матни параграфро аз рӯи фаҳмиши худ сабт намоед. Баъд онҳоро бо матни китоб муқоиса кунед. Хатоҳои содиршударо ба ҳисоб гирифта, формулаю қоидаҳои асосиро аз нав навишта гиред.

3. Ба саволҳои санҷишӣ ҷавоби дуруст ёбед.

4. Ҳалли масъалаҳо дар рафти омӯзиши физика мақоми ниҳоят муҳимро иҷро мекунад, зеро баробари ҳалли масъалаҳо Шумо маводи омӯхтаатонро ба хотир меоред ва мустақкам менамоед, ҳамзамон онро дар мавридҳои гуногун эҷодкорона татбиқ карда метавонед. Ҳар кадоми Шумо бояд бидонед, ки малакаю маҳорати масъалаҳалкунӣ худ ба худ, яқбора пайдо намешавад. Бинобар ҳамин саросема нашуда аввал матни масъаларо гаштаю баргашта хонда, азхуд кунед. Кӯшиш кунед, ки онро мустақилона ҳал намоед. Дар мавриди пайдо шудани мушкилот аввал ба тартиби ҳалли масъалаҳои дар китоб пешкашшуда, баъд ба ҳалли масъалаҳои дар синф ҳалшуда ва дар охир ба матни параграфи китоб баргашта, масъаларо пурра ҳал кунед. Ҷавоби масъалаҳо дар охири китоб дода шудаанд.

5. Агар дар рафти омӯзиши маводи таълим чизеро нафаҳмидед ё мушкилии дигаре ба миён ояд, дарҳол ба муаллими худ муроҷиат намоед.

***Ба Шумо дар андӯхтани дониш  
муваффақиятҳо меҷоҳем!***



## Сарсухан барои муаллим

Китоби дарсӣ вобаста ба сохт ва мазмуни барномаи таълимӣ навишта мешавад. Барномае, ки онро Вазорати маорифи Ҷумҳурии Тоҷикистон барои истифода пешкаш намудааст, дар синфи 10 се қисми асосии физикаи муосирро (механика, физикаи молекулаӣ ва қисман электрикро) дар бар мегирад.

Мувофиқи барномаи номбурда хонандагон дар зинаи аввали мактаб маводи механикиро нисбат ба фаслҳои дигари физика бештар меомӯзанд. Дар синфи 10 онро ба таври муфассал хоҳанд омӯخت. Бо ҳамин далел ҳангоми таълифи қисми механика мо кӯшиш кардем, ки мафҳуми бузургӣро, қонуну қоидаҳои асосии механикиро дар тафаккури хонандагон аввалан такрор, сипас ҳадалимкон такмил диҳем, зеро мақсади асосии омӯзиши қисми мазкурро мо дар он мебинем, ки дар мӯҳлати муайян дониши хонандагонро оид ба мафҳуми бузургӣро, ки барои азхудкунии фаслҳои ояндаи физика заруранд, барқарору инкишоф бидиҳем.

Дар физикаи молекулаӣ сохт ва хосиятҳои моддаҳо дар асоси тасаввуроти молекулаӣ – кинетикӣ омӯхта мешаванд, ки мувофиқи он тамоми ҷисмҳо (сахт, моеъ ё газ) аз шумораи зиёди молекулаҳои бетартиб (хаотикӣ) ҳаракаткунанда иборатанд. Шарҳи таҷрибавии хосиятҳои ҷисмҳо (фишоргузаронӣ, чандирият: гарминақлкунӣ ва ғайраҳо) чун зухуроти якҷояи қуллӣ хосиятҳои молекулаҳо моҳияти асосии омӯзиши физикаи молекулиро ташкил медиҳад.

Хосиятҳои макроскопии (макрофизикӣ) ҷисмҳо ва ҳодисаҳои табиат бо истиснои хусусият ва сохти дохилии онҳо дар фасли «Термодинамика» муоина хоҳанд шуд.

Дар фасли «Электрик» мавзӯҳои «Майдони электрикӣ», «Қонунҳои ҷараёни доимӣ» ва «Ҷараёни электрикӣ дар муҳитҳои гуногун» пешкаш мегарданд. Дар айни ҳол мафҳуми бузургӣро дар асоси назарияи мавҷудаи электромагнитӣ дастраси хонандагон карда мешаванд.

Ҳамин тавр маводи таълимӣ дар китоб пешниҳодшуда назарияҳои физикавиеро дар бар мегирад, ки вобаста ба онҳо техникаю технологияи ҳозиразамон фаъолият мекунанд. Ба ин нигоҳ накарда ба андешаи мо, агар муаллим ба ҷиҳати амалии мафҳумҳо, бузургӣро, қонуну падидаҳои физикӣ диққат дода, таълимро ба муҳити зист, ҳаёти ҳаррӯзаи хонандагон алоқаманд созад, самаранокии таълим бештар мегардад.

Баробари тадريس ин ё он мавзӯи дарсӣ Шуморо лозим меояд, ки



як қатор таҷрибаҳои намоишдиҳӣ гузаронед, корҳои мустақилона ва лаборатории хонандагонро ташкил намоед, ки номгӯи онҳо дар барномаи таълимӣ пешкаш шудаанд. Мо, муаллифони китоб, мефаҳмем, ки аксарияти асбобу таҷҳизоти дар синфхонабуда, ки барои гузаронидани таҷрибаҳои дар барнома пешбинишуда заруранд, кӯҳнаю фарсуда гаштаанд ва шояд бисёре аз онҳо умуман ёфт нашаванд. Чунки баробари пешрафти ҷамъият, рушди илму техника ногузир онҳо тағйиру такмил меёбанд. Ҷои онҳоро таҷҳизоту воситаҳои нав ба нави таълим иваз мекунанд.

Бо мақсади дар ин ҷода ёри амалӣ расонидан ба Шумо мо, муаллифон, дастури «Усули дарсдиҳии Физикаи синфи 10»-ро ба нақша гирифтаем ва боварӣ дорем, ки бо ин амал дар ояндаи наздик оид ба тарзу усулҳои ба хонандагон дастрас намудани маводи таълим ва методҳои ҳалли масъалаҳо ба Шумо кӯмак хоҳем расонд.

Ҳангоми таълифи китоб маводи гуногуни таълимии то имрӯз таълифу чопшуда истифода шудаанд, ки ин ҳам мақсади гуногунрангу ҷолиб дастраскунии маводи таълимиро дорад. Ҳамзамон мо, муаллифон, ба муқарризони китоб - муаллимаи физикаи мактаби таҳсилоти умумии № 5, ш. Душанбе Баҳридиннова М., омӯзгори физикаи литсей-интернати президентӣ Файзуллоев Х., Муминова Г., омӯзгори физикаи гимназияи №53-и ш. Душанбе Ҷумъаев Т., сармутахассиси идораи таҳсилоти умумии Вазорати маорифи Ҷумҳурии Тоҷикистон Заробеков М., дотсенти кафедраи услуби таълими физика ва технологияи ДДХ ба номи академик Б. Ғафуров – Обидҷонов Г., ки дастхати китобро хонда, барои беҳтар гаштани сифати он маслиҳати муфид додаанд, миннатдории бепоён изҳор менамоем.

Дар ҳар сурат ин китоб аз нуқсону камбудихо орӣ нест. Агар Шумо дар такмилдиҳии минбаъда ва беҳтар гаштани сифати китоб моро дастгирӣ кардан хоҳед, пас аз камбудихои баназаррасида ва эродхоятон моро воқиф намоед.

Сурогаи мо: 734024, ш. Душанбе, кӯчаи Айнӣ 45, Пажӯҳишгоҳи улуми педагогии Тоҷикистон.

*Муаллифон*



## ҚИСМИ I

### МЕХАНИКА

Механика, ки ба омӯзиши асосҳои он Шумо шурӯъ мекунед, илмест дар бораи ҳаракат ва таъсири мутақобили ҷисмҳои макроскопӣ. Номи «механика» аз калимаи «mechanike»-и юнонӣ гирифта шуда маънои илм дар бораи мошинҳо, санъати мошинсозиро дорад.

Вазифаи муҳимтарини омӯзиши илми механика – дар лаҳзаҳои минбаъдаи вақт муайян кардани мавқеи (координатаҳо) ҷисме, ки бо ягон сабаб ба ҳаракат шурӯъ намудааст: яъне омӯзиши ҳаракат ва таъсири мутақобилаи ҷисмҳо мебошад, ки ин ҳадаф дониستاني як қатор мафҳуми бузургиҳои механикиро талаб мекунад. Дониستاني мафҳуми бузургиҳои механикӣ ҳамчунин ҳангоми муфассал омӯختани фаслҳои дигари физика низ истифода мешавад. Маҳз бо ҳамин мақсад дар ин фасл мафҳуми бузургиҳои зарурии механикиро такрор, донишҳои то ҳанӯз андӯхтаамонро барқарор мекунем ва такмил медиҳем.

#### 1.1. МАФҲУМҲОИ АСОСИИ КИНЕМАТИКӢ

##### §1. Ҳаракати механикӣ

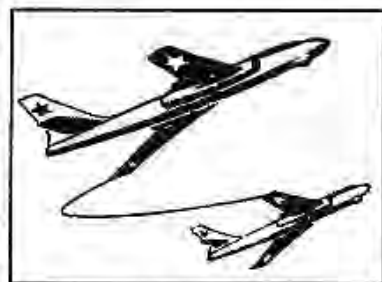
Дар муҳити моро иҳотакунанда ҳама чиз дар ҳаракати бефосила мебошад: одамон, қисмҳои мошин ва механизмҳо, парандаю дарандагон, ситораю сайёраҳо, обу ҳаво, заррачаҳои хурди моддаҳо (атоми молекулаҳо) ва бурҷҳои олам дар ҳаракатанд. Қисми механикаро, ки дар он навъҳои ҳаракати ҷисмҳо ва тавсифоти онҳо омӯзонда мешавад, кинематика меноманд. Дар кинематика массаи ҷисмҳо ва қувваҳои ба онҳо таъсиркунанда ба ҳисоб гирифта намешаванд. Шакли содатарини ҳаракат – ҳаракати механикӣ – бо мурури замон тағйирёбии мавқеи байни ҳамдигарии ҷисмҳо ё ки нисбат ба якдигар тағйирёбии мавқеи қисмҳои онҳо мебошад.

Нуктаи материалӣ (моддӣ). Барои ба осонӣ фаҳмидани моҳияти ҳаракати ҷисмҳо аз мафҳуми нуктаи материалӣ истифода кардан беҳтар аст. Ҷисмери нуктаи материалӣ меноманд, ки андоза ва шакли онро дар мавриди муоинашаванда ба эътибор нагирифтани мумкин аст. Ҷавоб ба саволи «Оё ҷисро ҳамчун нуктаи материалӣ қабул кардан мумкин аст?» на танҳо аз андозаҳои худӣ ҷисм, балки аз шартҳои мушаххаси масъалаи додашуда вобаста аст. Ҳамон як ҷисро дар баъзе мавридҳо ҳамчун нуктаи материалӣ қабул кардан мумкин аст, вале дар мавридҳои дигар не. Масалан, киштии кайҳоние, ки нисбат ба мушоҳиди дар



маркази идоракуни, дар сатҳи Замин истода, чун нуқтаи материалӣ буда, нисбат ба кайҳоннаварде, ки ҳамроҳи киштӣ дар парвоз аст, нуқтаи материалӣ шуда наметавонад.

**Системаи сарҳисоб.** Вақте ки оид ба ҳаракати ҷисм суҳан меронанд, кӯчиши онро нисбат ба ягон ҷисми дигар дар назар доранд. Агар ҷисми дигарро шартан пешакӣ ба ҳисоб нагирем, пас нофаҳмо мемонад, ки суҳан дар бораи кадом ҳаракат меравад. Бигузур дар болои киштиё, ки дар дарёе шино мекунад, шахсе беҳаракат нишаста бошад. Мушоҳиди соҳили дарё мебинад, ки шахс ҳамроҳи киштӣ дар ҳаракат аст. Агар дар ҳамин вақт мувозӣ бо дарёе дар соҳил бо ҳамон суръат автомобиле дар ҳаракат бошад, пас нисбат ба автомобил киштиё шахси дар он нишаста мавқеи худро дигар намекунад.

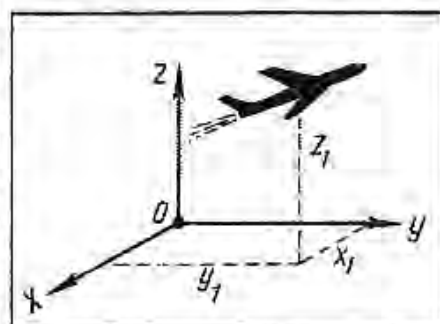


Расми 1

Ҳамин тариқ, ҳаракати ҷисмҳо нисбӣ аст. Ҳолати оромӣ низ нисбӣ аст. Иқтибаси ҳаракати ҷисмҳоро ҳангоми бензинпуркунии тайёраҳои дар парвоз буда хеле саҳеҳ ба ҳисоб мегиранд (расми 1), ки дар айни ҳол онҳо нисбат ба сатҳи Замин бо суръати садҳо километр дар ҳар соат ҳаракат карда, нисбат ба якдигар ором мемонанд.

Барои омӯхтани ҳаракати ягон объект пеш аз ҳама бояд ҷисми дигарро интихоб намуд, ки нисбат ба он ҳаракат ба вуқӯъ меояд. Одатан ин гуна ҷисмҳоро ҷисми сарҳисоб меноманд. Ҳар гуна ҷисм метавонад ҷисми сарҳисоб шавад, аммо интихоби на ҳар кадоми онҳо дар ҳамон як шароит ба мақсад мувофиқ буда метавонад. Чунончи, кӯчиши мошинро нисбат ба Офтобу Моҳ не, балки нисбат ба Замин муоина кардан мувофиқтар аст. Баръакс, ҳаракати сайёраҳоро нисбат ба Замин не, балки нисбат ба Офтоб мушоҳида намудан ба мақсад мувофиқтар аст. Барои муқаррар кардани тағйирёбии мавқеи ҷисмҳо дар сатҳи Замин бештар ба сифати ҷисми сарҳисоб ҷисмеро қабул мекунанд, ки он нисбат ба Замин беҳаракат бошад (бино, симчӯб, дарахт ва ғ.).

Одатан ба ҷисми сарҳисоб системаи координатаҳоро алоқаманд мегиранд (расми 2). Мавқеи ҷисми ҳаракаткунанда (дар расм тайёра) аз рӯи се координата  $X$ ,  $Y$  ва  $Z$  дар ҳар як лаҳзаи вақти  $t$  муайян карда мешавад. Агар ҳаракат дар ҳамворӣ ба амал ояд, пас муносибтар аст, ки ду хати рост баъди худ перпендикуляр:  $OX$  ва  $OY$  – ро, ки дар ҳамворӣ меҳобанд, ба сифати координатаҳои ҷисм қабул намоем. Чунончи, автомобиле, ки

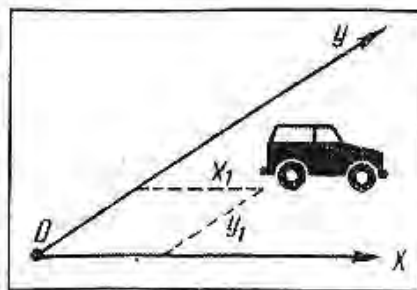


Расми 2

дар расми 3 нишон дода шудааст, дар чунин ҳамворӣ ҳаракат мекунад. Дар охир агар ҷисм ростхатта ҳаракат намояд, пас яке аз тирҳои



координатаро (масалан, ОХ) бо ин хати рост ҳамчоя ҳисобида, тирҳои боқимондари аз эътибор соқит доништан мумкин аст.



Расми 3

Барои дарки дурусти ҳаракат ғайри ҷисми сарҳисоб ва системаи координатаҳо инчунин тарзи интиҳоби ҷенкунии вақт зарур аст. Вақтро бо ёрии соат ҷен мекунамд, ки он бояд нисбат ба ҷисми сарҳисоб беҳаракат бошад. Ҷисми сарҳисоб, системаи координатаҳои ба он алоқаманд ва тарзи интиҳобшудаи вақтро одатан системаи сарҳисоб меноманд. Барои дуруст тасаввур кардани ҳаракати ҷисм дар системаи сарҳисоби интиҳобшуда бо мурури замон ҷӣ гуна тағйир ёфтани координатаҳои ҷисми ҳаракаткунандари доништан лозим аст.

### ? Саволҳои санҷишӣ

1. Ҳаракати механикӣ ҷист? Инро бо мисолҳо шарҳ диҳед.
2. Нисбияти ҳаракат ва оромиро шумо ҷӣ гуна мефаҳмед?
3. Ҷиро системаи сарҳисоб меноманд?

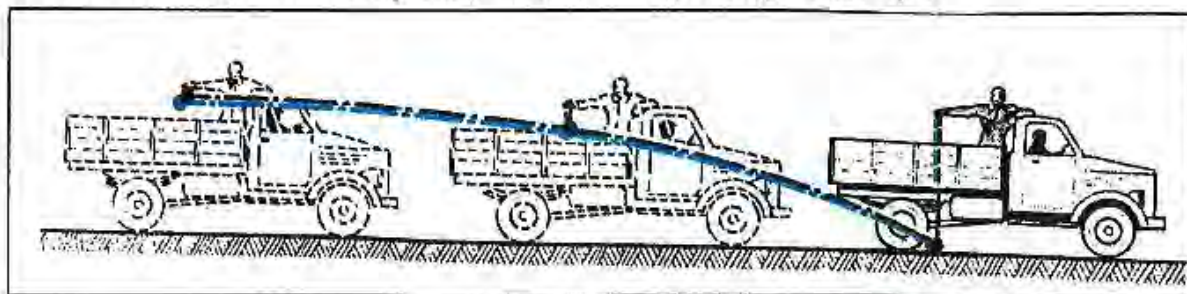
### ⚠ Машқи 1

1. Нисбияти ҳаракат ва оромиро дар мисоли ҳаракати теги дастгоҳи харротӣ шарҳ диҳед.

2. Ғалларо аз ғалладони комбайн ба автомобиле мерезанд, ки ҳар ду дар ҳаракатанд. Дар айни замон автомобил нисбат ба Замин дар ҳаракат аст ё дар ҳолати оромӣ. Нисбат ба комбайн ҷӣ?

## §2. Ҳаракати ростхаттаи мунтазам Масири (траектория) ҳаракати ҷисм

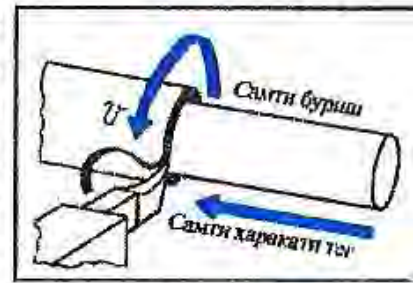
Ҷисми ҳаракаткунанда дар системаи сарҳисоби интиҳобӣ гӯё хатеро мекашида бошад, ки онро масири (траектория) ҳаракати ҷисм меноманд. Масири тайёраи реактивиро, ки дар баландии зиёд парвоз мекунад, аз рӯи изи сафеди туманшаклаш, масири автомобил ё велосипедро аз рӯи нақши ҷархҳои он дар роҳ дида метавонем. Фарз мекунам, ки дар қитъаи ростхаттаи роҳ аз болои автомобили боркаш, ки ба пеш ҳаракат мекунад, ҷисме меафтад (расми 4) ..



Расми 4



Ин ҷисм нисбат ба автомобил амудӣ, вале нисбат ба роҳ аз рӯи хати каҷ меафтад. Ҷисмеро, ки ҳарроғӣ мекунад, нисбат ба худӣ дастгоҳ ҷарх мезанад, аммо теғи дастгоҳ бошад, пешраванда ҳаракат мекунад (расми 5).

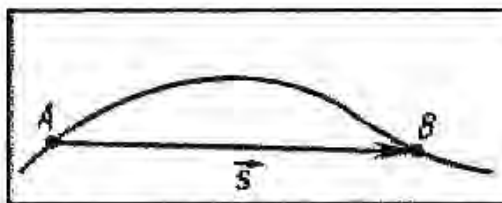


Расми 5

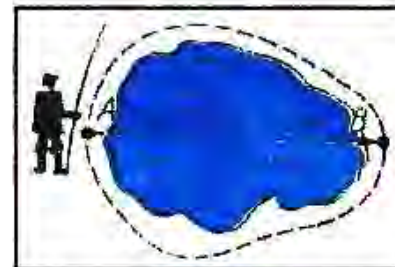
Ҳамон теғ нисбат ба ҷисми ҳарроғишаванда чун мурват ҳаракат мекунад.

**Роҳ ва кӯчиш. Суръат.** Агар масофаро қад-қади масир аз нуқтаи ибтидоии ҳаракат то нуқтаи охирин чен кунем, пас дарозии роҳро ҳосил мекунем, ки онро ҷисм дар ягон фосилаи вақт тай намудааст. Роҳ – бузургии скалярӣ мебошад. Он бо метрҳо (ё бо дигар воҳидҳои дарозӣ) чен карда мешавад ва аз рӯи он муайян мегардад, ки ҷисм аз рӯи масири худ чӣ қадар ҷои худро иваз намудааст. Вале аз рӯи он муайян кардан мумкин нест, ки ҷисм ба кадом самт ҳаракат кардааст ва ҳоло дар қуҷо мавқеъ гирифтааст. Барои дар лаҳзаи дилхоҳи вақт муайян кардани мавқеи ҷисм роҳи паймудаи онро не, балки кӯчиши онро доништан лозим аст.

Бузургии векторие ( $\vec{S}$ ) -ро кӯчиши ҷисм меноманд, ки он мавқеи аввалаи ҷисмро ба мавқеи охиринаш мепайвандад (расми 6).



Расми 6



Расми 7

Кӯчиш ва роҳ бузургииҳои гуногуни физикианд. Фарз кунем моҳигир аз як тарафи соҳили қул ба тарафи дигари он гузаштан мехоҳад (расми 7). Вай метавонад ба соҳили муқобил чи аз тарафи рост, чи аз тарафи чап ҳаракат намояд, ё худ кӯлро бо заврақ шино кунад. Дар ҳар маврид кӯчиш (AB) ҳамон як бузургист, вале дарозии роҳҳои паймудаи моҳигир гуногун мешаванд. Бисёр вақтҳо самти векторҳои кӯчишу масири ҳаракати ҷисм мувофиқ намеоянд. Онҳо танҳо ҳангоми ҳаракати ростхаттаи ҷисм мувофиқ меоянду ҳалос.

Кӯчиши ҷисмро аз рӯи формулаи зерин

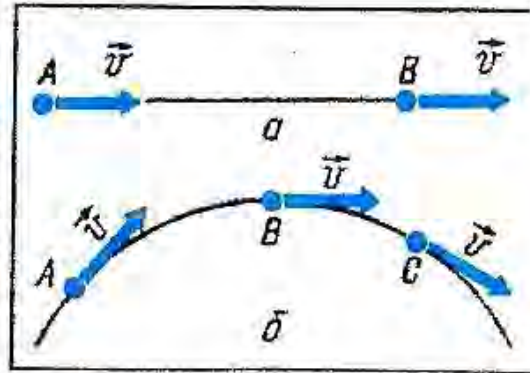
$$\vec{S} = \vec{v} \cdot t \quad (1.1.1)$$

ҳисоб мекунад, ки дар ин ҷо  $\vec{v}$  – вектори суръат,  $t$  – вақти ҳаракат мебошанд.

Барои фаҳмидани зудӣ ва самти ҳаракати ҷисм бузургии



векториеро истифода мебаранд, ки он суръати ҷисм номида мешавад. Ҳангоми ҳаракати ростхаттаи ҷисм самти суръат ба самти кӯчиш мувофиқат мекунад (расми 8, а), вале ҳангоми ҳаракати қаврхатта суръат ба масир самти расандаро дорад (расми 8, б), Суръатро ҳамчун нисбати кӯчиши ҷисм бар фосилаи вақт  $t$  муайян мекунад:



Расми 8

$$\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} \quad (1.1.2)$$

Воҳиди суръат дар системаи байналхалқӣ (СБ)-и воҳидҳо  $1\text{ м/с}$  мебошад.

Агар ҷисм дар фосилаҳои якхелаи вақт бо масири ростхатта кӯчишҳои якхеларо иҷро намояд, ҳаракати онро мунтазам меноманд, ки бо ин намуди ҳаракат мо аз физикаи синфи 7 шинос ҳастем.

### ? Саволҳои санҷишӣ

1. Чиро масири ҳаракат меноманд ва масирҳо чӣ гуна мешаванд?
2. Магар дар системаҳои сарҳисоби гуногун масири ҳаракати ҷисмҳо якхела шуда метавонанд? Мисолҳо биёред.
3. Байни дарозии роҳ ва кӯчиши ҷисм чӣ фарқ аст?
4. Суръати ҷисм аз рӯи чӣ тавсиф дода мешавад? Суръати ҷисм ҳангоми ҳаракати қаврхатта чӣ гуна самт дорад?

### ! Машқи 2

1. Аз қаторан дар роҳи оҳан мунтазам ҳаракаткунанда тӯbero амудан ба боло партофтанд. Масири ҳаракати тӯб нисбат ба қатора чӣ гуна мешавад? Нисбат ба роҳи оҳан чӣ?
2. Варзишгар дар майдони варзиш нимдавраи радиусаш  $30\text{ м.}$ -ро давида гузашт. Роҳи паймуда ва кӯчиши онро муайян кунед.
3. Роҳкироӣ таксӣ вобаста ба дарозии роҳ дода мешавад ё барои кӯчиш?

## §3. Векторҳо. Амалҳо бо векторҳо

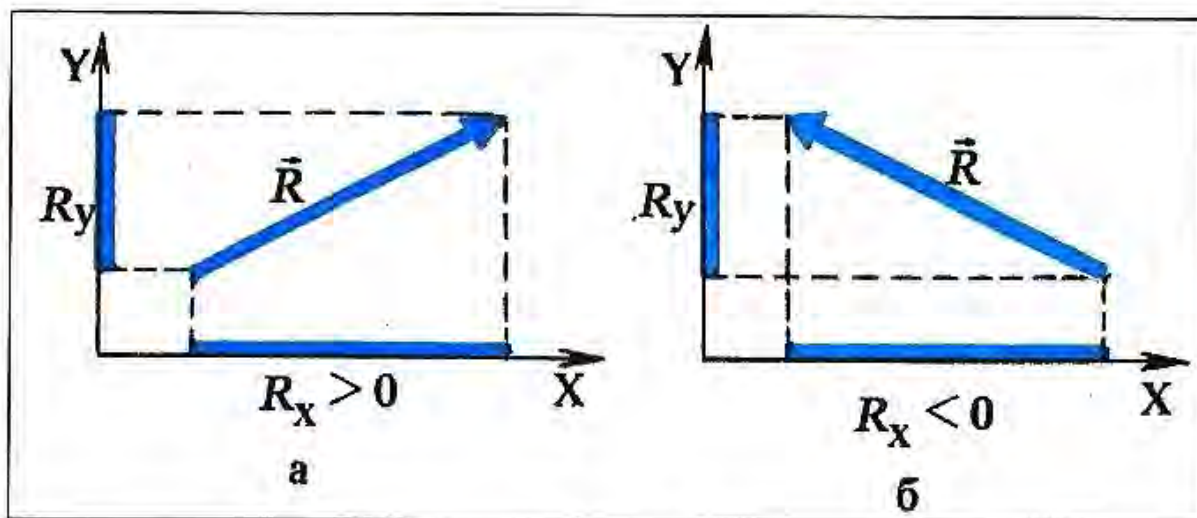
Бо мафҳуми вектор шумо аз фанни математика шинос ҳастед. Дар параграфи мазкур мо Шуморо аслан бо қоидаҳои умумие, ки бо бузургҳои векторӣ физикӣ иҷро карда мешаванд (амалҳо бо векторҳо), ошно карданем.

Бузургҳои векторӣ дар шакли порчаҳои самтнок, ки дарозии онҳо ба қимати мутлақашон (модул) мутаносиб аст (қимати мутлақи бузургии векторӣ қимати ададӣ онро меноманд, ки аломати мусбат дорад),



таъсир карда мешаванд. Бузургҳои векторӣ одатан бо ҳарфҳои нимғафс ( $A, B, C, \dots$ ), вале дар ин китоб бо ҳарфҳои дар болояш хатча ( $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}, \dots$ ) ишорат карда мешаванд. Қимати мутлақи вектор бузургии скалярии ҳамеша мусбат буда, бо аломати  $|A|$  ё  $|\vec{A}|$  ишорат карда мешавад.

Проексияи вектор дар тирҳои координатии  $X$  ва  $Y$  дарозии



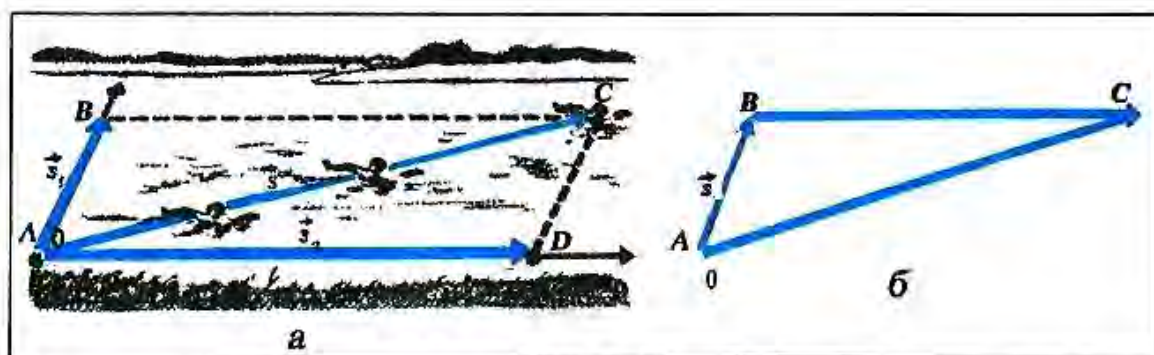
Расми 9

порчаҳои  $R_x$  ва  $R_y$  -ро меноманд (расми 9, а), ки бо проексияҳои нуқтаҳои ибтидоӣ ва интиҳӣ дар тирҳои координата маҳдуд гаштаанд. Проексияи вектор – бузургии скалярӣ аст.

Проексияи вектор дар тирҳои координатӣ мусбат ҳисобида мешавад, агар ҳаракат аз проексияи ибтидоӣ вектор ба проексияи охири вектор ҳамсамти тирҳои координата бошад. Дар акси ҳол проексияи вектор аломати манфиро соҳиб мешавад (Расми 9, б).

Аз математика Шумо медонед, ки бузургҳои векториро геометрӣ чамъ мекунанд. Ин хосияти бузургҳои векториро дар мисоли кӯчиши шиновар муоина мекунем.

Бигузур шиновар аз нуқтаи  $A$  дарёро перпендикуляр шино карда гузарад (расми 10, а). Кӯчиши шиновар дар ягон фосилаи вақт нисбат



Расми 10

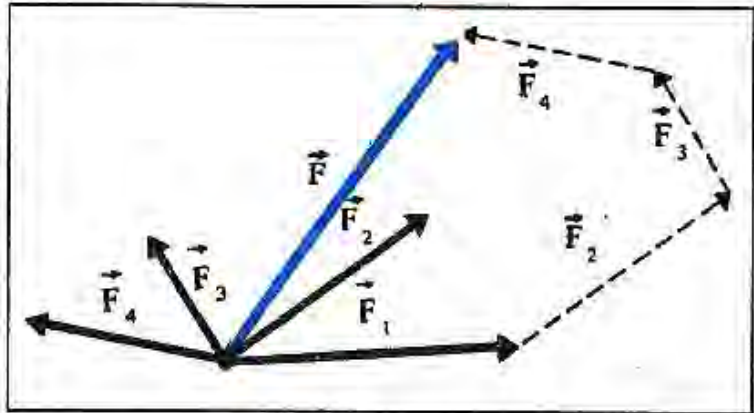


ба оби дарё  $\vec{S}_1$  ва нисбат ба соҳил  $\vec{S}_2$  мешавад. Шиноварро ба масофаи  $\vec{S}_2$  об мебарад. Натиҷаи ҷамъи кӯчишҳои шиновар нисбат ба обу нисбат ба соҳил аст, ки  $\vec{u}$  дар нуқтаи С мешавад. Кӯчиши натиҷавии шиновар нисбат ба системаи сарҳисоби ба Замин пайваست ба диагонали АС-и параллелограмми АВСД баробар аст, ки он аз рӯи кӯчишҳои  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  ҳосил шудааст. Яъне  $\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$ .

Векторҳоро ба таври дигар низ ҷамъ кардан мумкин аст: аз нуқтаи охирини вектори  $\vec{S}_1$  баробари худ вектори  $\vec{S}_2$  мувозӣ ба он вектори дигар мегузаронанд (расми 10, б).

Вектори АС, ки тарафи сеюми секунҷаи АВС-ро ташкил менамояд, суммаи векторҳои  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  мебошад.

Ҳамин тавр, қоидаи мазкурро истифода бурда, суммаи якчанд векторҳоро ёфтани мумкин аст. Дар айни ҳол яке аз векторҳоро интиҳоб намуда, аз охири он мувозӣ ба ҳар кадом векторҳои дигари ҷамъшаванда векторҳо мегузаронанд (расми 11).



Расми 11

Суммаи векторҳо, ки вектори натиҷавӣ ном дорад ба  $\vec{F}$  баробар аст. Қимати мутлақи вектори мазкур ба масофаи байни ибтидои вектори аввала ва нуқтаи охири вектори ҷамъшавандаи охири баробар аст.

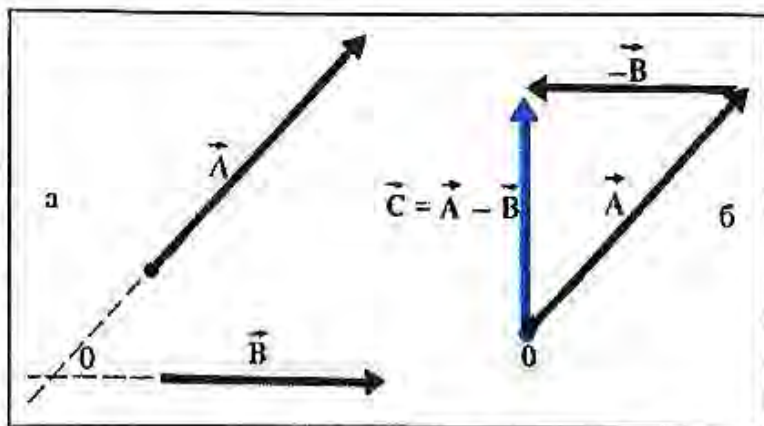
Ҷамъи векторҳои болоро ин тавр менависанд:

$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \dots + \vec{F}_n$ . Ҳамаи гуфтаҳои болоро бо қоидаи зерин ҷамъбаст намудан мумкин аст:

Бузургиҳои физикиеро, ки бо нуқтаи гузориш, қимати ададӣ, самт ва ҷамъи геометрияшон тавсиф меёбанд бузургиҳои векторӣ меноманд.

Ҳангоми зарб кардани вектори  $\vec{R}$  ба скаляри С, вектори нави  $\vec{P}$  ҳосил мешавад, ки қимати он ба ҳосили зарби қиматҳои мутлақи вектори  $\vec{R}$  ва қимати мутлақи скаляри С баробар аст:  $\vec{P} = C \cdot \vec{R}$

Агар скаляри С



Расми 12



бузургии мусбат бошад, пас векторҳои  $\vec{P}$  ва  $\vec{R}$  ҳамсамт ва скаляри  $C$  манфӣ бошад, ин векторҳо самтҳои муқобил доранд.

Агар аз вектори  $\vec{A}$  вектори  $\vec{B}$ -ро (расми 12, а) тарҳ кардан лозим бошад, пас ба вектори  $\vec{A}$  вектори  $\vec{B}$ -и муқобил-самтро ҳам мекунанд. Барои ин ба охири вектори  $\vec{A}$  (қоидаи секунҷа) вектори  $\vec{B}$ -ро мегузоранд (расми 12, б).

Тарафи сеюми секунҷа  $\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$  мешавад.

### ? Саволҳои санҷишӣ

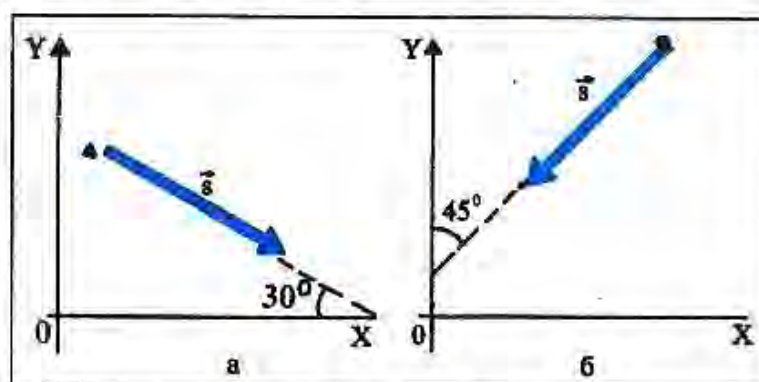
1. Оид ба бузургиҳои векторӣ мисолҳо биёред.
2. Чиро проексияи вектор меноманд?
3. Бузургиҳои векториро чӣ тавр ҳам мекунанд?
4. Натиҷаи зарби вектор бо скаляр чӣ гуна бузургӣ мешавад?
5. Бузургиҳои векториро чӣ гуна тарҳ мекунанд?

### ! Машқи 3

1. Суръати ҷараёни оби дарё 3 м/с ва заҳрақ нисбат ба он перпендикуляр бо суръати 4 м/с ҳаракат мекунанд. Суръати ҳаракати заҳрақро нисбат ба соҳили дарё муайян кунед.

2. Қимати мутлақи вектори кӯчиш  $S=12$  км. Проексияи векторҳо дар тире ордината муайян кунед, агар онҳо мисли расми 13 а,б ҷойгир шуда бошанд.

3. Ибтот кунед, ки проексияи вектори натиҷавӣ ба суммаи проексияҳои векторҳои ҳамшаванда баробар аст.



Расми 13

## § 4. Бузургиҳои инварианти ва нисбии кинематикӣ

Аз рӯи бузургиҳои ҳаракати ҷисмро тавсифдиҳанда (масир, суръат ва ғ.), ки дар ягон системаи сарҳисоб маълуманд, ёфтани ҳамин гуна бузургиҳо дар системаҳои сарҳисоби дигар масъалаи бағоят муҳим аст. Зеро ҳангоми гузариш ба системаи дигар баъзеи онҳо тағйир меёбанд.

**Бузургиҳоеро, ки дар ҳамаи системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ қимати якхела доранд, бузургиҳои инварианти меноманд.**

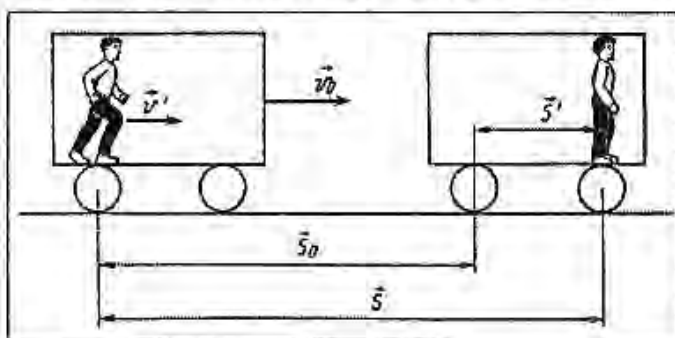


Дар механикаи классикӣ вақт бузургии инвариантӣ аст. Инро мо дар ҳаёти ҳаррӯзаамон мушоҳида карда метавонем. Мусофири саҳари барвақт аз Душанбе ба Тошканд парвозкарда бегоҳӣ ҳангоми бозгашт дар байни соати дастии худ ва соати дар майдони ҳавоии Душанбе буда фарқе намебинад. Чунки дар системаи сарҳисоби беҳаракати «Замин» ва дар системаи ҳаракатноки тайёра фосилаҳои вақт якхелаанд, яъне

$$\Delta t = \Delta t'.$$

Хосияти инвариантии фосилаҳои вақт на дар асоси кашфи конунҳои механика, балки дар натиҷаи таҷрибаи ҳаётии одамон ба миён омадааст. Инсон дар таҷрибаи ҳаётии худ ба ҳаракати ҷисмҳои дучор меомад, ки суръаташон на бештар аз 10-100 км/с буд. Бинобар ин мафҳуми инвариантии фосилаҳои вақт дар системаҳои сарҳисоби гуногун маҳз барои ҳамин гуна суръатҳо дуруст аст. Магар фосилаҳои вақти байни ду ҳодисае, ки дар системаҳои сарҳисоби нисбат ба якдигар бо суръатҳои зиёд фарқкунанда ҳаракат мекунанд, якхела шуда метавонад? Дар назари аввал чунин менамояд, ки ба ин савол ҷавоби яққиматаи мусбат бояд дод. Аслан дар системаҳои сарҳисобе, ки нисбат ба якдигар бо суръатҳои ба суръати рӯшной наздик ҳаракат мекунанд, фосилаи вақт бузургии инвариантӣ шуда наметавонад, ки дар ин бора баъдтар маълумот медиҳем.

Бисёр бузургиҳои физикӣ аз интиҳоби системаҳои сарҳисоб вобастаанд, ки онҳоро бузургиҳои нисбӣ меноманд.



Расми 14

Яке аз бузургиҳои нисбӣ дар механика кӯчиши ҷисм аст. Агар дар қатори ҳаракатнок мусофир аз як тарафи қатора ба тарафи дигари он гузарад, кӯчиши он  $\vec{s}'$  дар системаи сарҳисоби ба қатора алоқаманд ба якчанд метр баробар

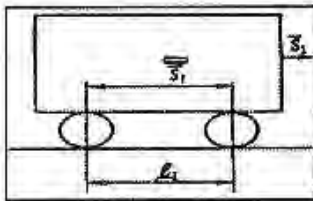
мешавад. Аммо кӯчиши ҳамон мусофир ( $\vec{s}$ ) дар системаи сарҳисоби ба Замин пайваст (расми 14) ба ҷамъи кӯчишҳои он нисбат ба қатора  $\vec{s}'$  ва кӯчиши қатора нисбат ба Замин  $\vec{s}_0$  баробар мешавад:

$$\vec{s} = \vec{s}' + \vec{s}_0.$$

Агар яке аз системаҳои сарҳисоб нисбат ба дигараш бо суръати доимии  $\vec{v}_0$  ҳаракат кунад, пас ифодаи боло шакли зерин мегирад:

$$\vec{s} = \vec{s}' + \vec{v}_0 \Delta t.$$





Расми 15

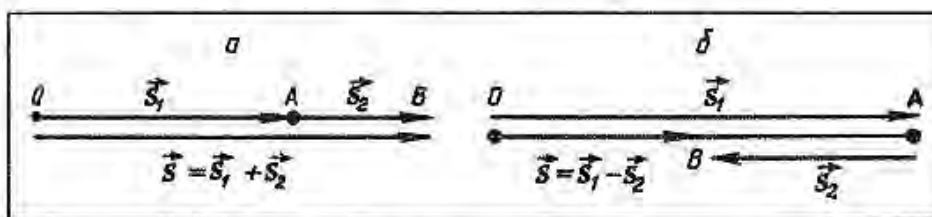
Аз тарафи дигар дарозии порча, масалан, масофаи байни тирҳои чархҳои қатораҳо  $\bar{S}^1 = \ell'$  аз он вобастагӣ надорад, ки ченкуниҳо дар кадом системаи сарҳисоб гузаронида мешаванд, яъне бузургии инвариантӣ мебошад (Расми 15).

### § 5. Чамъ кардани кӯчишҳо. Чамъ кардани суръатҳо

Системаи сарҳисоберо, ки нисбат ба он ҳаракати ҳисм муоина карда мешавад, нисбат ба ягон системаи сарҳисоби дигари ором дар ҳаракат гуфта, қабул кардан мумкин аст. Чунончи системаи сарҳисоби ба қатора алоқаманд нисбат ба системаи сарҳисоби ба истгоҳи роҳи оҳан алоқаманд дар ҳаракат буда метавонад. Дида мебароем, ки аз рӯи кӯчиш ва суръати мусофир дар системаи сарҳисоби ҳаракатнок («қатора») кӯчиш ва суръати мусофирро дар системаи беҳаракат («истгоҳ») чӣ тавр ёфттан мумкин аст?

Фаҳмост, ки мусофир дар қатора роҳ рафта, ҳамзамон нисбат ба истгоҳ ҳаракат мекунад. Бигузур кӯчиши қатора дар лаҳзаи  $t$  ба  $\bar{S}_1$  ва кӯчиши мусофир дар қатора  $\bar{S}_2$  бошад. Пас кӯчиши мусофир  $\bar{S}_1$  мувофиқи қоидаи чамъи векторҳо нисбат ба истгоҳ ба  $\bar{S} = \bar{S}_1 + \bar{S}_2$  баробар мешавад.

Агар мусофир ба рафти қатора ҳаракат кунад, пас самти векторҳои  $\bar{S}_1$  ва  $\bar{S}_2$  мувофиқат мекунад (расми 16, а).



Расми 16

Вектори кӯчиши  $\bar{S}$  ҳам самти векторҳои  $\bar{S}_1$  ва  $\bar{S}_2$  - ро дорад, ва қимати мутлақи он ба суммаи қиматҳои мутлақи векторҳои  $\bar{S}_1$  ва  $\bar{S}_2$  баробар аст:

$$|\bar{S}| = |\bar{S}_1| + |\bar{S}_2|$$

Агар мусофир муқобили самти ҳаракати қатора ҳаракат кунад, пас



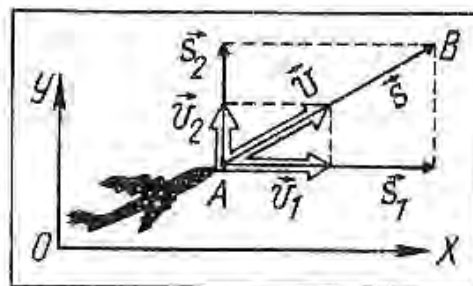
векторҳои  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  самтҳои муқобил доранд (расми 16, б), кўчиши  $\vec{S}$  ба самти вектори бузург ( $\vec{S}_1$ ) равона буда, қимати мутлақи он ба фарқи қиматҳои мутлақи векторҳои  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  баробар мешавад.

$$|\vec{S}| = |\vec{S}_1| - |\vec{S}_2| \quad (1.1.3)$$

Аммо кўчишҳое, ки нисбат ба якдигар тахти кунҷ ба амал меоянд, масалан, кўчиши натиҷавии тайёраеро, ки ҳангоми вазидани шамол ҳаракат мекунад чӣ тавр чамъ мекунад? Бигузур тайёра аз шарқ ба ғарб бо ягон суръати  $\vec{v}_1$  ҳаракат кунад, вале шамол аз тарафи шимол вазанда

нисбат ба сатҳи Замин суръати  $\vec{v}_2$  - ро дорост. Пас тайёра аз ғарб ба шарқ ва бо таъсири шамол ба ҷануб мекўчад. Дар фосилаи вақти  $t$  кўчиши он ба шарқ  $\vec{S}_1 = \vec{v}_1 \cdot t$  ва ба ҷануб  $\vec{S}_2 = \vec{v}_2 \cdot t$  мешавад. Ҳамин тавр, аз нуқтаи А мувофиқан ба кўчиши тайёра

вектори  $\vec{S}_1$  ва  $\vec{S}_2$  - ро нисбат ба Замин (расми 17) мегузаронем. Дар натиҷа тайёра ба нуқтаи В меояд. Ҳамин тариқ муайян кардани кўчиши натиҷавӣ аз ёфтани диагонали параллелограмме иборат аст, ки тарафҳои он аз кўчиши тайёра бо таъсири муҳаррик  $\vec{S}_1$  ва кўчиши он бо таъсири



Расми 17

шамол  $\vec{S}_2$  иборатанд. Ин қоидаи чамъи кўчишҳоро одатан қоидаи параллелограмм меноманд, ки мазмуни он аз расми 17 равшан мегардад.

Чунин қоидаи чамъи векторҳо аз геометрия низ маълум аст.

Азбаски суръати ҷисм аз рӯи кўчиши он дар воҳиди вақт муайян карда мешавад, қоидаи параллелограммро барои чамъи суръатҳо низ истифода мебаранд (расми 17).

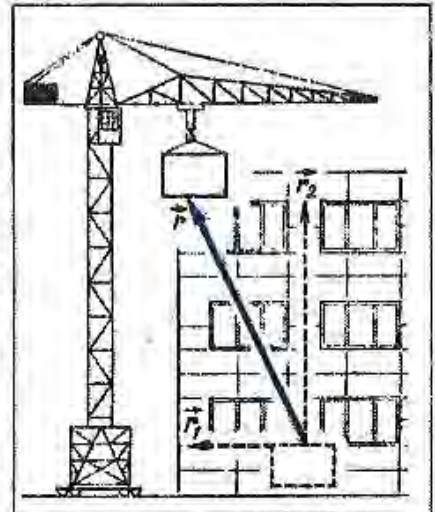
Хусусан, истифодаи қоидаи чамъи суръатҳо ҳангоми ба мадор баровардани радиҳои маснуи Замин ҷолиби диққат аст. Барои ба мадор баровардани радиф ба вай нисбат ба маркази Замин бояд суръати қариб 8 км/с дода шавад. Бо сабаби ғардиши Замин ҷисми сатҳи он ба суръати  $\vec{v}_1$  (суръати Замин) соҳиб аст. Агар радиф ба самти шарқ сар дода шавад, суръати он ба  $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$  баробар мешавад, ки дар ин ҷо  $\vec{v}_2$



суръати аз тарафи муҳаррики реактивӣ ба радиф бахшидашаванда мебошад. Яъне дар ин маврид муҳаррик ба вай суръате мебахшад, ки аз 8 км/с фарқ мекунад. Ҳангоми ба самти ғарб парвоз кардани радиф суръати он  $\vec{g}_2 - \vec{g}_1$  шуда, бояд ба вай суръати аз 8 км/с зиёд дода шавад. Ҳамин тариқ, радифҳоро ба самти шарқ сар додан муносибтар аст (чое, ки  $\vec{g}_1$  бештар аст, ба экватор наздик). Дар ҳамин асос космодромҳоро, ки аз он ҷо киштиҳои кайҳонӣ радифҳо ба мадор бароварда мешаванд, ба хати истиво (экватор) наздик сохтан ба мақсад мувофиқ аст.

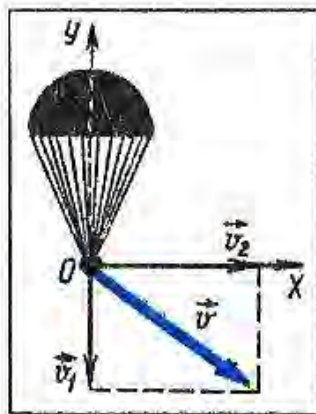
Дар амалия баъзан кӯчишҳои мураккаб низ дучор меоянд. Чунончи, кӯчиши борро бо крани борбардор (расми 18) ҳамчун кӯчишҳои самташон амудию ( $\vec{r}_1$ ) уфуқӣ ( $\vec{r}_2$ ) муоина намудан мумкин аст.

Масъала. Суръати фурудони парашютчӣ дар ҳавои бешамол  $g_1 = 4 \text{ м/с}$  аст. Агар ба



Расми 18

самти уфуқӣ бо суръати  $g_2 = 5 \text{ м/с}$  шамол вазад, суръати фурудони парашютчӣ чӣ қадар мешавад?



Расми 19

Ҳал. Сатҳи Заминро ҳамчун ҷисми сарҳисоб мегирем. Парашютчӣ нисбат ба ҳаво бо суръати  $g_1$  амудан ба поён ҳаракат мекунад ва шамол онро ба уфуқ бо суръати  $g_2$  мебарад (расми 19). Аз ин рӯ суръати фурудони парашютчӣ  $\vec{g} = \vec{g}_1 + \vec{g}_2$  ва қимати мутлақи суръати  $g$  (дар асоси теоремаи Пифагор) ба

$$g = \sqrt{g_1^2 + g_2^2} \text{ ё } g \approx 6,4 \text{ м/с баробар мешавад.}$$

### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Кӯчишҳо чӣ гуна ҳамҷарама мешаванд? Мисолҳо оред.
2. Суръатҳоро чӣ тавр ҳамҷарама мекунанд?

### ⚠️ Машқи 4

1. Автобус ва троллейбус ба як тараф ҳаракат мекунанд. Агар суръати троллейбус 30 км/с ва суръати автобус 45 км/с бошад, пас суръати нисбии



онхоро муайян кунед. Масъаларо хангоми ба самтҳои муқобил ҳаракат кардани онҳо низ ҳал кунед.

2. Ду заврақ, ки масофаи байнашон 480 м аст, қад-қадӣ дарё ба истикболи ҳамдигар шино мекунад. Агар суръати қараёни об 2 м/с, суръати ҳар қадоме аз заврақҳо нисбат ба об 4 м/с бошад, баъди чӣ қадар вақт масофаи байни онҳо ба 160 м мерасад?

3. Қисм сеяки роҳро бо суръати 36 км/сг ва қисми боқимондаи он 300 м-ро дар як дақиқа тай кард. Қисм чанд вақт дар ҳаракат буд ва вай чӣ қадар роҳро тай кард?

4. Аз ду роҳи мошингарди якдигарро таҳти кунҷи 60° бурида гузаранда ду автомобил бо суръатҳои якхелаи 54 км/сг ҳаракат мекунад. Баъди чӣ қадар вақти воҳӯрии онҳо дар чорроҳа масофаи байни онҳо 3 км мешавад?

## § 6. Ҳаракати ростхаттаи номуқтазам

Ҳаракати автобус, троллейбус, қатора ва дигарҳоро мушоҳида намуда, мо мефаҳмед, ки дар баъзе қитъаҳои роҳ онҳо тез ва дар қитъаҳои дигар сусттар мераванд ва дар истгоҳ суръати онҳо ба сифр баробар мешавад. Яъне, суръати онҳо бо мурури замон тағйир меёбад. Ин тунҳо ҳаракатро номуқтазам ё тағйирёбанда меноманд.

**Суръати миёна ва лаҳзагӣ.** Барои тавсифи ҳаракати тағйирёбанда аз мафҳуми суръати миёна  $\mathcal{V}_m$  истифода мебаранд. Барои дар қитъаи додашудаи роҳ ёфтани суръати миёнаи қисм роҳи тайнамудаи онро ба вақти ҳаракат тақсим бояд кард:

$$\mathcal{V}_m = \frac{S}{t} \quad (1.1.4).$$

Суръати миёна танҳо оид ба қимати ададии суръат дар қитъаи тайшудаи роҳ маълумот медиҳад. Вай қобили муайян кардани самти ҳаракати қисм нест. Аксар вақт суръати миёна не, балки дар лаҳзаи муайяни вақт ё ки дар нуқтаи додашудаи роҳ дониستاني суръат зарур мешавад. Масалан, барои киштии кайҳонӣ донистан зарур аст, ки дар лаҳзаи ҷудокунии барандаи киштӣ – хангоми ба охир расидани кори муҳаррик ё хангоми фурудой – ба қабатҳои зичтари атмосфера дохилшавиаш суръати он чӣ қадар аст? Суръатеро, ки ба он қисм дар лаҳзаи додашудаи вақт дорост, суръати лаҳзагӣ меноманд. Суръати лаҳзагӣ – бузургии векторӣ аст. Спидометрҳои автомобил, тайёра, мотосиклҳо ва ғ. қимати мутлақ (қимати ададӣ)-и суръати лаҳзагиро нишон медиҳанд.

**Шитоб.** Дар ҳаракати тағйирёбандаи қисмҳо баъзан мебинем, ки суръат тадриҷан тағйир меёбад. Чунончи, қатора суръати 20 м/с - ро дар тӯли 45-50 с, вале киштии кайҳонӣ дар бадали чанд дақиқа ба суръати 2000-5000 м/с соҳиб мешавад. Барои тавсифи зудии тағйирёбии суръати



чисм мафхуми шитобро истифода мебаранд. Онро аз рӯи тағйирёбии суръат дар фосилаи додашудаи вақт муайян мекунанд. Агар дар лаҳзаи ибтидоии вақт  $t_0=0$  суръати чисм  $\vec{g}_0$  бошад ва баъди гузаштани фосилаи вақти  $t$  суръати он  $g$  шавад, пас шитоб ба

$$\vec{a} = \frac{\vec{g} - \vec{g}_0}{t} \quad (1.1.5)$$

баробар мешавад.

Шитоб бузургии векторӣ чун ҳосили зарби вектор ( $\vec{g}$ ) ба скаляр  $\left(\frac{1}{t}\right)$  аст. Ҳангоми ҳаракати ростхатта қимати ададии шитоб ба нисбати тағйирёбии қимати мутлақи суръат бар фосилаи вақте, ки ин тағйирёбӣ ба амал омадааст, баробар аст.

$$a = \frac{g - g_0}{t}$$

Воҳиди ченкунии шитоб дар системаи байналхалқӣ (СБ)  $m/c^2$  аст.

**Масъала.** Киштии қанотҳои зеробидошта дар ду соати аввала 160 км шино карда, дар се соати минбаъда бо суръати 60 км/ст ҳаракат намуд. Суръати миёнаи ҳаракати киштӣ дар тамоми роҳ чӣ қадар аст?

**Ҳал.** Дарозии тамоми роҳро муайян мекунем. Аввал 160 км/ст баъд 60 км/ст  $\cdot 3\text{ст} = 180$  км.

Ҳамагӣ  $S = S_1 + S_2 = 180\text{км} + 160\text{км} = 340\text{км}$ .

Ҳамин тавр, киштӣ тамоми роҳ 340 км-ро дар 5 соат тай намудааст. Пас, суръати миёнаи киштӣ ба

$$g_m = \frac{340\text{км}}{5\text{см}} = 68\text{км/ст}$$

баробар аст.

Таваҷҷӯҳ намоед, ки суръати миёна аз қимати миёнаи арифметикии суръатҳои киштӣ 80 км/ст ва 60 км/ст фарқ мекунад.

### **?** Саволҳои санҷишӣ

1. Чиро суръати миёнаи ҳаракати тағйирёбанда меноманд? Суръати лаҳзагӣ чист?

2. Дар аломатҳои маҳдудкунандаи суръати нақлиёт, ки дар роҳҳо гузошта мешаванд, кадом суръат — миёна ё лаҳзагӣ нишон дода мешавад?

3. Дар кадом маврид қиматҳои мутлақи суръатҳои миёна ва лаҳзагӣ мувофиқ меоянд?



4. Шитоб чист? Вай бузургии векторӣ аст ё скалярӣ?
5. Шитоби ҷисм чӣ тавр муайян карда мешавад?

### **Машқи 5**

1. Қатора китъаи аввали роҳро бо суръати 54 км/с дар 2 соат, вале китъаи боқимондаи роҳ 216 км-ро дар 3 соат тай намуд. Суръати миёнаи қатораро дар тамоми роҳ муайян кунед.
2. Мусофири дар назди тирезаи қатораи бо суръати 54 км/с ҳаракаткунанда нишаста, қатораи дарозияш 225 м бударо, ки бо суръати 36 км/с муқобил ҳаракат мекунад, чанд вақт мебинад?
3. Кишӣ ба муқобили чараёни дарёи Сир бо суръати 20 км/с, аммо ба рафти дарё ҳамон масофаро бо суръати 30 км/с шино мекунад. Суръати миёнаи ҳаракати киштиро ёбед.
4. Агар суръати ибтидоии троллейбус 20 м/с ва шитоби он 1,25 м/с<sup>2</sup> бошад, вай баъди чанд вақт меистад?
5. Шитоби ҷисм ба - 2 м/с<sup>2</sup> баробар аст. Ин чӣ маъно дорад?
6. Автомобили бо шитоби 0,5 м/с<sup>2</sup> тормозхӯранда баъди 10 с. ҳаракат карданаш ба кадом суръат соҳиб мешавад, агар суръати ибтидоии он 54 км/с бошад?

## **§ 7. Суръат ва роҳ ҳангоми ҳаракати ростхаттаи собитшитоб**

Агар суръати ҷисм дар фосилаҳои баробари вақт якхела тағйир ёбад, ҳаракатро собитшитоб меноманд.

Формулаи шитоби ҳаракати ҷисм (1.1.5)-ро ба хотир меорем. Ба сифати ибтидои ҳисоби вақт  $t_0=0$  - ро қабул карда, аз формулаи шитоб

$$\left( \vec{a} = \frac{\vec{g} - \vec{g}_0}{t} \right) \text{ барои суръати ҷисм қимати } \vec{g} = \vec{g}_0 + \vec{a}t \text{ -ро ҳосил}$$

мекунем.

Дар ҳаракати ростхатта самти ҳаракатро ба тире координатаи ОХ ҳамсамт қабул кардан мувофиқи мақсад аст.

Проексияи суръат ба ин тир  $\vec{g}_x$  ба суммаи проексияҳои векторҳои  $\vec{g}$  ва  $\vec{a}t$  дар тире ОХ баробар аст:

$$\boxed{g_x = g_{0x} + a_x t} \quad (1.1.6)$$

Дар ҳар гуна ҳаракати тағйирёбанда роҳи тайкардаи ҷисмро аз рӯи формулаи  $S = g_M \cdot t$  ҳисоб кардан мумкин аст. Азбаски суръати миёна ҳангоми ҳаракати собитшитоб дар ягон фосилаи вақти  $t$  ба



$\mathcal{G}_M = \frac{\mathcal{G} + \mathcal{G}_0}{2}$  баробар аст, бинобар ин  $S = \frac{\mathcal{G} + \mathcal{G}_0}{2} \cdot t$  мешавад. Аммо

$\mathcal{G} = \mathcal{G}_0 + at$  аст, аз ин рӯ  $\mathcal{G} = \frac{\mathcal{G}_0 + \mathcal{G}_0 + at}{2} \cdot t = \mathcal{G}_0 t + \frac{at^2}{2}$  ва агар  $\mathcal{G}_0 = 0$

бошад, пас

$$\boxed{S = \frac{at^2}{2}} \quad (1.1.7)$$

ё худ дар шакли умумӣ

$$\boxed{S = \mathcal{G}_0 t + \frac{at^2}{2}} \quad (1.1.8)$$

мешавад.

Формулаҳои суръати лаҳзагӣ (1.1.6) ва роҳ (1.1.7 ва 1.1.8)-ро муодилаҳои ҳаракати ростхаттаи собитшитоб мегӯянд. Ин муодилаҳо имконият медиҳанд, ки ҳар гуна масъала оид ба ҳаракати собитшитоб ҳал карда шавад. Аз тарафи дигар, агар дар шартҳои масъала вақти ҳаракат маълум набошад, пас онро аз рӯи алоқамандии байни роҳи тайшуда ва суръати интиҳои ҷисм ҳал кардан осон аст. Дар формулаи роҳ ( $S = \mathcal{G} t$ ) қимати суръати миёна ва вақти ҳаракатро, ки аз муодилаи

шитоб ҳосил карда мешавад, мегузорем:  $t = \frac{\mathcal{G} - \mathcal{G}_0}{a}$ .

Ҳамин тавр: 
$$S = \frac{\mathcal{G}_0 + \mathcal{G}}{2} \cdot \frac{\mathcal{G} - \mathcal{G}_0}{a} = \frac{\mathcal{G}^2 - \mathcal{G}_0^2}{2a}$$

ё ки 
$$\boxed{\mathcal{G}^2 - \mathcal{G}_0^2 = 2aS} \quad (1.1.9)$$

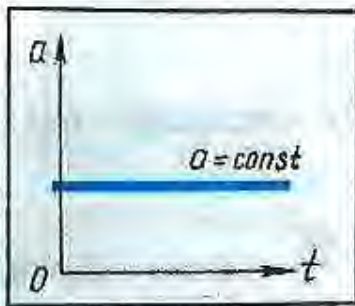
ҳосил мешавад.

Агар суръати ибтидоии ҷисм ба сифр баробар бошад, пас формулаҳои (1.1.6)-(1.1.8) сода мегарданд:

$$\boxed{\mathcal{G} = at, S = \frac{at^2}{2}} \quad \text{ва} \quad \boxed{\mathcal{G}^2 = 2aS} \quad (1.1.10)$$

Азбаски ҳангоми ҳаракати собитшитоб шитоби ҷисм доимӣ аст ( $a = const$ ), бинобар ин графикаи шитоб хати ростест, ки ба тири вақт мувозӣ мебошад (расми 20). Суръати ҷисм ва вақт байни худ хаттӣ вобастаанд, вале аз риёзиёт Шумо медонед, ки графикаи чуни



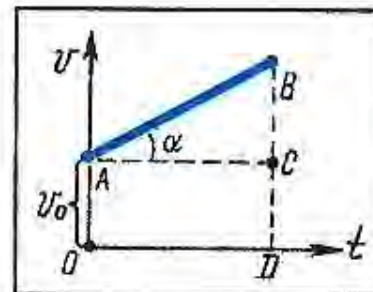


Расми 20

функсияҳо хати росте мебошад (расми 21), ки он тири ординатро бо дарозии порчаи  $\mathcal{G}_0$  мебурад. Аз ин ҷо маълум мегардад, ки агар суръати ибтидоии ҷисм ( $\mathcal{G}_0$ ) ба сифр баробар бошад, он гоҳ графикаи суръат аз ибтидои системаи координатаҳо мегузарад.

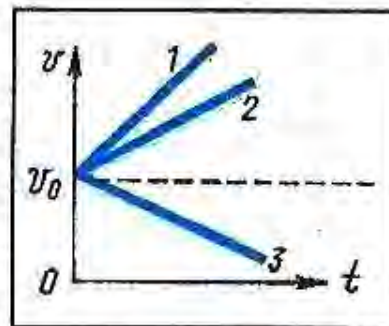
Аз рӯи графикаи вобастагии суръату вақт шитоби ҳаракат ба таври графикӣ муайян карда мешавад. Дар воқеъ тангенсӣ кунҷи  $\alpha$  (моилшавии график ба тири абсисса) ба нисбати порчаи BC (тағйирёбии суръат  $\mathcal{G} - \mathcal{G}_0 = at$ ) бар порчаи AC (тағйирёбии вақт) баробар мебошад:

$$\operatorname{tga} = \frac{BC}{AC} = \frac{at}{t} = a \quad (1.1.11)$$

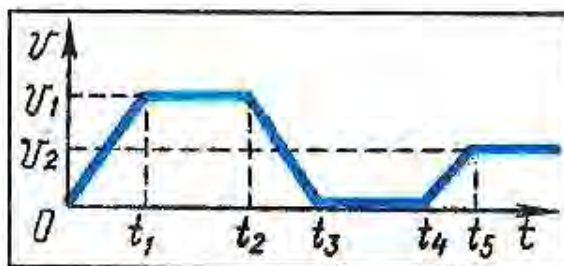


Расми 21

Яъне ҳарчанд шитоб зиёд бошад, график ҳамон қадар ба тири ордината наздик мешавад. Ҳамин тариқ, агар вобастагии суръат ва вақти ҳаракати ҷисмҳо дар намуди графикҳо дода шуда бошанд (расми 22), пас муайян кардани он ки кадом ҷисм бо шитоби зиёдтар ҳаракат мекунад, кори душвор нест, ҷисми 1 назар ба ҷисми 2 бо шитоби зиёдтар ва ҷисми 3-юм бо шитоби манфии доимӣ сустшаванда ҳаракат мекунад.



Расми 22



Расми 23

Графикаи вобастагии суръат ва вақт имконият медиҳад, ки ба ҷиҳатҳои сифатӣ ва миқдории ҳаракат баҳо диҳем. Биёед тибқи графикаи суръат (расми 23) ҳаракати қатораеро муоина мекунем, ки вай аз ҳолати оромӣ ҳаракати худро оғоз намуда, дар фосилаи  $t_1$  собитшитоб ҳаракат намуд

(суръати он аз 0 то  $\mathcal{G}_1$  афзуд); баъд дар фосилаи  $t_2 - t_1$  вай бо суръати мунтазам ҳаракат кард, дар фосилаи вақти  $t_3 - t_2$  вай то қарор гирифтани мунтазам сустшаванда ҳаракат намуд ва дар лаҳзаи вақти  $t_4 - t_3$  беҳаракат буд, баъд вай аз нав собитшитоб ҳаракат намуд ва ғ.

**Масъалаи 1.** Тайёраи реактивӣ аввал бо суръати 720 км/ст мунтазам ҳаракат карда, баъд дар давоми 12 с бо шитоби 10 м/с<sup>2</sup> ҳаракати худро давом дод. Суръати интиҳои тайёра ва роҳи паймудаи онро дар бадали 12 с муайян кунед.



*Ҳял.* Тири координатаро бо масири ҳаракати тайёра ҳамсамт қабул мекунем. Тайёра дар давоми 12 с собитшироб ҳаракат кард, ки суръати ибтидоии он 200 м/с буд. Муодилаҳои ҳаракатро менависем:

$$g = g_0 + at \text{ ва } S = g_0 t + \frac{at^2}{2}$$

қиматҳои ададии бузургихоро гузошта ҳосил мекунем:  $g = 320 \text{ м/с}$  ва  $S = 3120 \text{ м} = 3,12 \text{ км}$

*Масъалаи 2.* Тайёран реактиви шитобаш  $a = -8 \text{ м/с}^2$  ба фурудгоҳи дарознаш 1,6 км бо кадом суръати зиёдтарин фуруд омада метавонад?

*Ҳял.* Аз формулаи  $g^2 - g_0^2 = 2as$  истифода мекунем. Ба сифр баробар будани суръати интиҳои тайёро ба ҳисоб гирифта, аз он

$$g_0 = \sqrt{-2as} \text{ - ро ҳосил мекунем:}$$

Қимати ададии бузургихоро гузошта, суръати матлубро меёбем:

$$g_0 = \sqrt{-2(-8 \text{ м/с}^2) \cdot 1600 \text{ м}} = 160 \text{ м/с}$$

## § 8. Афтиши озоди ҷисмҳо

Афтиши ҷисмҳоро дар фазои беҳаво (вакуум, ҳало) афтиши озод меноманд.

Афтиши озоди ҷисмҳо мавриди муҳими ҳаракати собитшироб ба ҳисоб меравад. Агар афтиши озоди ҷисм бе суръати ибтидоӣ ба вучуд ояд, формулаҳои (1.1.10)-ро барои ин маврид татбиқ намудан мумкин аст. Аз сабаби он ки шитоби афтиши озод барои ҳамаи ҷисмҳо як хел аст (онро бо ҳарфи  $g$  ишорат мекунанд), дар системаи сарҳисоби ба Замин алоқаманд (самти тири координатаро амудан ба поён гирифта) формулаҳои номбурда ин тавр навишта мешаванд:

$$a = g; \quad g = gt; \quad h = \frac{gt^2}{2}; \quad g = \sqrt{2gh} \quad (1.1.12)$$

Агар ба ҷисм суръати ибтидоие бахшида шавад, ки самташ ба поён бошад, он гоҳ муодилаҳои ҳаракат намуди зайл мегиранд:

$$g = g_0 + gt; \quad h = g_0 t + \frac{gt^2}{2}; \quad g^2 - g_0^2 = 2gh \quad (1.1.13)$$

Ҷисми амудан ба боло партофташуда низ дорои шитобест, ки ба поён самт дорад. Барои системаи сарҳисоби ба сатҳи Замин алоқаманд (агар тири координата амудан ба боло равона бошад) ҳосил мекунем:



$$a = -g; \mathcal{V} = \mathcal{V}_0 - gt; h = \mathcal{V}_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad (1.1.14)$$

**Масъалаи 1.** Агар санги аз даст раҳогашта ба сатҳи оби чоҳ дар 3 с афтад, пас чуқурӣ то сатҳи оби чоҳ чӣ қадар аст? Ҳангоми ба сатҳи об бархӯрдан санг ба кадом суръат соҳиб мешавад?

**Ҳал.** Системаи сарҳисобро ба сатҳи Замин алокаманд қабул намуда, тири координатаро ба қаъри чоҳ равона ҳисоб мекунем. Масофае, ки онро санг ҳангоми афтиши озод мепаймояд, ба

$$h = \frac{gt^2}{2} = \frac{9,8\text{ м/с}^2 \cdot 9\text{ с}^2}{2} = 44,1\text{ м} \text{ баробар мешавад.}$$

Азбаски  $\mathcal{V}_0 = 0$  аст, пас суръати ҷисми афтанда ба  $\mathcal{V} = gt$  баробар аст, бинобар ин дар охири сонияи сеюм вай ба  $\mathcal{V} = 9,8\text{ м/с}^2 \cdot 3\text{ с} = 29,4\text{ м/с}$  баробар хоҳад шуд.

**Масъалаи 2.** Кафшергар нӯги боқимондаи электродро аз даст афтонд. Агар электрод ҳангоми ба Замин расидан суръати  $\mathcal{V} = 28\text{ м/с}$  дошта бошад, пас кафшергар дар кадом баландӣ кор мекардааст?

**Ҳал.** Барои ҳисоб кардани баландие, ки аз он электрод меафтад, аз формулаи  $\mathcal{V}^2 = 2gh$  истифода мекунем. Дар натиҷа

$$h = \frac{\mathcal{V}^2}{2g} = \frac{(28\text{ м/с})^2}{2 \cdot 9,8\text{ м/с}^2} = 40\text{ м}$$

ҳосил мекунем.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Муодилаҳои ҳаракати ростхаттаи собитшитобро нависед. Шартҳои ибтидоии гуногунро истифода бурда, аз ин муодилаҳо барои ҳолатҳои хусусии ҳаракати собитшитоб формулаҳо ҳосил намоед.

2. Чӣ гуна ҳаракатро афтиши озод меноманд?

3. Исбот кунед, ки дар ҳаракати ҷисми амудан ба боло партофташуда вақти болоравӣ ба вақти аз боло то ба нуқтаи партофташавӣ баргаштани ҷисм баробар аст.

4. Исбот кунед, ки ҷисми амудан ба боло партофташуда ба нуқтаи (мавқеи) аввалааш бо ҳамон суръати ибтидоӣ бармегардад.

### Машқи 6

1. Қатори метро баъди 40 сонияи оғози ҳаракат ба суръати 15 м/с соҳиб мешавад. Шитоби қатораро ёбед.

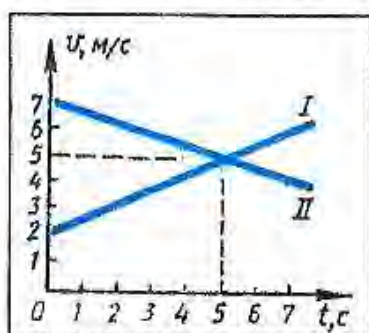
2. Автомошинаи «Волга» бо шитоби 0,8 м/с<sup>2</sup> дар 16 с-и ҳаракати худ ба чӣ



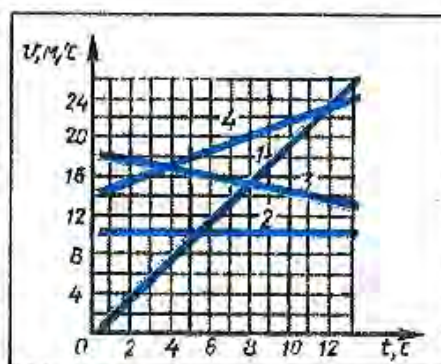
гуна суръат соҳиб мешавад? Вай дар ин фосилаи вақт чӣ қадар роҳро тай мекунад?

3. Дар расми 24 графикҳои суръати чор мошини нишон дода шудааст. Суръати ҳаракати онҳоро дар ибтидои ҳаракат ( $t=0$ ) ва баъди 5с муайян кунед.

4. Графикҳои суръати ҳаракати ду ҷисм дар расми 25 нишон дода шудаанд. Суръатҳои ибтидоӣ ва шитоби ин ҷисмҳоро муайян кунед. Дар кадом лаҳзаи вақт қимати мутлақи суръатҳои ҷисмҳо якхела шудаанд? Ҷисмҳо чӣ гуна ҳаракат кардаанд: ба як тараф ё ба самтҳои гуногун?



Расми 25



Расми 24

5. Сақко, рулетка ва сониясанҷро истифода бурда, ба қимати шитоби афтиши озод чӣ тавр баҳо додан мумкин аст?

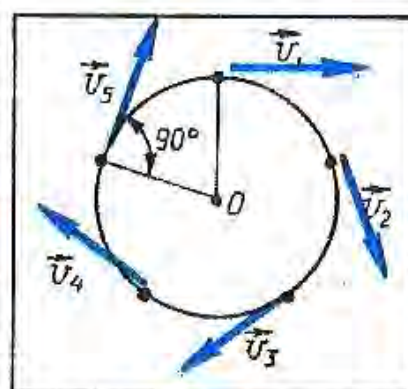
6. Туб ва сониясанҷро истифода бурда, баландии хонаро чӣ тавр муайян кардан мумкин?

## § 9. Ҳаракати қачхатта

Ҳаракатеро, ки аз рӯи масири қач ба амал меояд ҳаракати қачхатта меноманд. Дар ҳаракати қачхатта суръати ҷисм мувофиқи самти расандаи ба нуқтаи ихтиёрии масир гузаронидашуда тағйир меёбад. Дар ин маврид аз рӯи бетағйир мондани модули суръат онро доимӣ ҳисобидан нодуруст аст. Охир суръат бузургии векторист ва барои бузургҳои векторӣ қимати мутлақу самт тавсифоти зарурии якхелаанд. Аз ин рӯ дар ҳаракати қачхатта шитоб ҳамеша қимати гайрисифрӣ дорад.

Намуди содатарини ҳаракати қачхатта ҳаракати мунтазами ҷисм аз рӯи давра ба ҳисоб меравад. Ҳангоми чунин ҳаракат дар лаҳзаҳои гуногуни вақт векторҳои суръат қиматҳои мутлақи баробар, вале самтҳои гуногун доранд (расми 26).

Аксар вақт дар ҳаракати гирдхатта басомади гардиши ҷисм (шумораи гардишҳо дар як сония) аз рӯи даври гардиш тавсиф дода мешавад. Фосилаи вақтеро, ки дар давоми он ҷисм як давран пурра мекашад, даври гардиш номида, онро бо ҳарфи  $T$  ишорат ва бо ченакҳои вақт чен мекунанд. Агар ҷисм дар  $1с$   $n$  маротиба гардиш кунад, пас вақти як гардиш, яъне



Расми 26



даври гардиш ба  $T = \frac{1}{n}$  баробар мешавад. Суръати ҷисм  $\mathcal{G}$  аз рӯи нисбати дарозии роҳи тайшуда ( $\ell$ ) бар фосилаи вақти мувофиқ  $t$  муайян карда мешавад, ки онро суръати хаттӣ меноманд ва дар ҳаракати гирдхата

$$\mathcal{G} = \frac{\ell}{t} = \frac{C}{T} = \frac{2\pi R}{T} \quad (1.1.15)$$

мешавад.

Қабул шудааст, ки басомади ҳаракати ҷисм аз рӯи давра бо суръати кунҷии он ( $\omega$ ) тавсиф дода шавад. Вай ба нисбати кунҷи гардиши ҷисм  $\varphi$  бар фосилаи вақт  $t$  баробар аст:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} \quad (1.1.16)$$

Дар фосилаи вақти  $t=T$  ҷисм як давраи пурра мекашад ва радиус ба кунҷи  $\varphi = 2\pi$  радиан (ченаки кунҷ,  $1\text{рад}=57,8^\circ$ ) давр мезанад. Пас,

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (1.1.17)$$

мешавад. Одатан  $\frac{1}{T} = \nu$  -ро басомад ва  $\omega = 2\pi\nu$  -ро басомади даврӣ меноманд.

Суръатҳои кунҷию хаттӣ вобастагии хеле сода доранд. Агар дар

ифодан  $\mathcal{G} = \frac{\ell}{t}$  ба ҷои дарозии камон қимати радиани он  $\ell = R\varphi$  -ро

гузорем, пас  $\mathcal{G} = \frac{\varphi R}{t}$  ё ки  $\mathcal{G} = \omega R$  -ро (1.1.18) ҳосил мекунем.

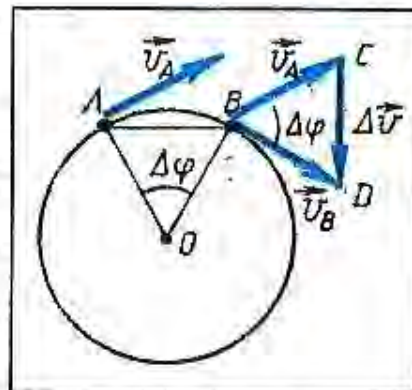
Дар ҳаракати қачхатта низ (мисли ҳаракати ростхатта) шитоб аз рӯи нисбати тағйирёбии суръат  $\Delta\vec{\mathcal{G}}$  бар фосилаи вақти  $\Delta t$ , яъне

$\vec{a} = \frac{\overline{\Delta\mathcal{G}}}{\Delta t}$  муайян карда мешавад.

Бигузур нуқтаи материалӣ аз рӯи давраи радиусаш  $R$  бо суръати  $\vec{\mathcal{G}}$  (расми 27) мунтазам ҳаракат кунад. Қимати мутлақ ва самти



шитобро дар нуқтаи ихтиёрии масири он меёбем. Нуқта дар фосилаи кӯтоҳи вақт ( $\Delta t$ ) ба масофани  $\Delta \vec{S}$  кӯчиш намуда, ба нуқтаи В мегузарад. Векторҳои суръати ҳаттӣ дар нуқтаҳои А ва В ( $\vec{v}_A$  ва  $\vec{v}_B$ ) аз рӯи қимати мутлақашон баробар буда, аз рӯи самташон каме фарқ мекунад. Барои ёфтани тағйирёбии суръат  $\Delta \vec{v}$  дар фосилаи  $\Delta t$ , вектори  $\vec{v}_A$ -ро ба



Расми 27

нуқтаи В гузаронида, самташро тағйир намендидем ва қоидаи секунҷа (ё параллелограмм) – ро истифода мебарем. Азбаски секунҷаҳои АОВ ва ВСД ҳар ду баробарпахлу ва  $\angle AOB = \angle DBC$  ҳамчун кунҷҳои тарафҳояшон байни худ перпендикуляр мебошанд, ин секунҷаҳо монанданд. Аз ин рӯ навиштан мумкин аст:

$$\frac{DC}{AB} = \frac{BD}{OB} \quad \text{ё ки} \quad \frac{\Delta v}{\Delta S} = \frac{v}{R}$$

Аз тарафи дигар  $\Delta S \approx v \cdot \Delta t$  аст, бинобар ин  $\frac{\Delta v}{v \cdot \Delta t} = \frac{v}{R}$  аст, ки

$$\text{аз ин ҷо} \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{R} \quad (1.1.19)$$

ҳосил мешавад.

Мо қимати мутлақи шитоби ҳисро дар нуқтаи ихтиёрӣ (А)-и масири ҳаракати он ёфтем. Акнун самти онро меёбем. Дар мисоли боло мо фосилаи хеле хурди вақт  $\Delta t$ -ро интихоб намудем ва аз ин сабаб кӯчиши ҳисм бузургии хеле хурди  $\Delta \vec{v}$  мешавад. Ин чунин маъно дорад, ки кунҷи  $\Delta \varphi$  хеле хурд буда, қариб ҳар кадоме аз секунҷаҳои муоинашаванда (АОВ ва ВСД) кунҷҳои рост доранд. Аз ин хулоса мебарояд, ки вектори  $\Delta \vec{v}$  (пас, вектори  $\vec{a}$  ҳам) ба вектори  $\vec{v}$  перпендикуляр, яъне қад-қади радиус ба маркази давра равона мебошад. Маҳз бо ҳамин сабаб шитоби аз рӯи вобастагии (1.1.19) муайяншавандаро шитоби марказрав меноманд.

Ифодаҳои (1.1.17) ва (1.1.18)-ро истифода бурда, шитоби марказравро ба воситаи адади гардишҳо  $n$  ва суръати кунҷӣ  $\omega$  ифода



кардан мумкин аст:

$$a = 4\pi^2 n^2 R \text{ ва } a = \omega^2 R \quad (1.1.20)$$

**Масъала.** Автомобил бо суръати 72 км/ст ҳаракат мекунад. Агар қутри (диаметр) сатҳи берунии чархи он 60 см ва вай бе лағжиш тоб хӯрад, пас чарх дар як сония чанд маротиба давр мезанад. Шитоби марказрави нуқтаи сатҳи берунаи чархро ёбед.

**Ҳал.** Қимати ададии суръати ҳаракати автомобил нисбат ба роҳ ба қимати суръати ҳаттии нуқтаи сатҳи берунаи чарх баробар аст. Аз ин рӯ адади гардишҳои чархро аз рӯи формулаи суръати ҳаттӣ меёбем:

$$n = \frac{g}{2\pi R} \approx 11 \text{ гар/с.}$$

Шитоби марказрав:  $a = \frac{g^2}{R} \approx 1330 \text{ м/с}^2.$

### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Давр ва басомади гардиш чӣ гуна алоқамандӣ доранд?
2. Ҳангоми ҳаракати ҷисм аз рӯи давра самти суръати ҳаттии он дар нуқтаҳои гуногуни масираш чӣ гуна аст?
3. Суръатҳои ҳаттӣ ва кунҷиро бо давр ё басомади гардиш ифода кунед.
4. Шитоби марказрав чӣ тавр тавсиф дода мешавад? Вай чӣ гуна самт дорад?



### Машқи 7

1. Суръати ҳаттӣ ва кунҷии радиферо муайян кунед, ки баландии мадори он аз сатҳи Замин 1200 км буда, даври гардишаш 105 дақиқа аст.
2. Велосипедрон аз роҳи гирдхаттаи радиуси қачиаш 50 м бо суръати 36 км/ст ҳаракат мекунад. Шитоби велосипедрон чанд аст?
3. Нӯги акрабаки дақиқагарди соати дастӣ шумо бо кадом шитоб ҳаракат мекунад?

### Хулосаҳо аз фасли «Кинематика»

Ҳаракати ҷисм нисбат ба ҷисми сарҳисоб (кураи Замин, қатора, дарахт ва ғ.), ки ба системаи координата алоқаманд аст, муоина мешавад.

Мавқеи ҷисми дар ҳаракат буда дар лаҳзаи дилхоҳи вақти  $t$  аз рӯи кӯчиши он  $\vec{S}(t)$  тавсиф дода мешавад. Ҳангоми ҳаракати ҷисм дар ҳамворӣ кӯчиш аз рӯи ду координатаи он  $x(t)$  ва  $y(t)$  муайян карда мешавад.

Ҳолати ҳаракати ҷисм бо суръати лаҳзавии он тавсиф меёбад.

$$g = \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ ба шарте, ки } \Delta t \rightarrow 0 \text{ бошад.}$$



Шитоби ҳаракати ҷисм бо тағйирёбии суръати он дар воҳиди вақт тавсиф меёбад.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ ба шарте, ки } \Delta t \rightarrow 0 \text{ бошад.}$$

Ҳангоми ҳаракати тағйирёбандаи собитшитоб суръат ва кӯчиши

ҷисм аз рӯи формулаҳои  $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$  ва  $S = \vec{S}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{at^2}{2}$  ҳисоб карда мешаванд.

Шитоб дар ҳаракати гирдхаттаи ҷисм аз рӯи давраи радиусаш  $R$

бо формулаи  $a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$  ҳисоб карда мешавад, ки дар ин маврид самти он ба маркази давра равона аст.

Қимати мутлақи суръат дар айни ҳол ба  $v = \omega R$  баробар мешавад.

## 1.2 АСОСҲОИ ДИНАМИКА

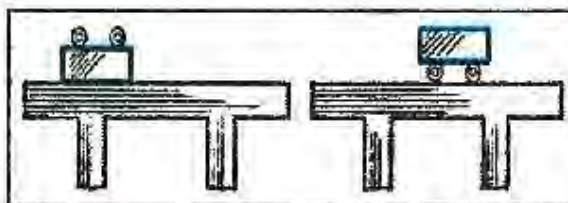
### § 10. Системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ ва қонунҳои динамика

Ҳангоми омӯзиши асосҳои кинематика мо ба намудҳои ҳаракати механикӣ шинос шудем. Акнун сабабҳои ба амал омадани ин ҳаракатҳо ва тағйирёбии суръати ҷисмҳоро муқаррар мекунем.

Аробачаеро болои миз мегузорем. Вай ором меистад. Чӣ бояд кард, ки аробача ҳаракат кунад? Таҷрибаи ҳаррӯзаи мо нишон медиҳад, ки барои дар сатҳи уфуқӣ ба ҳаракат даровардани он бояд вайро ба ягон тараф кашем ё тела диҳем. Бо ҳамин мақсад ба ароба аспро мебаранд, баъди ихтирои мошини ҳароратӣ, ё худ муҳаррикҳои электрикӣ аробаро ба онҳо бастаанд ва ҳамин тавр нақлиёти ҳозирзамон - автомобил, тепловоз, трамваю троллейбусҳо пайдо шудаанд.

Ҳамин тариқ, барои наслҳои гузаштаи инсон муқаррар гашт, ки ҷисм ҳамон вақт ба ҳаракат шурӯъ мекунад, ки ба вай ҷисмҳои дигар таъсир намоянд. Бе таъсири берунӣ ҳаракати ҷисм рафта-рафта қатъ мегардад.

Ду таҷриба мегузаронем. Дар аввал, аробачаи болои мизро ҷалпа мегузорем ва онро тела дода, ба ҳаракат мебарорем. Таҷриба нишон медиҳад, ки аробача баъди паймудани роҳи кӯтоҳ меистад. Сипас, аробачаро бо чархҳои ба болои миз гузошта, аз нав тела медиҳем. Дар ин таҷриба аробача ҳаракаташро



Расми 28



нисбатан бештар давом дода, роҳи зиёдтарро мепаймояд (расми 28).

Оё мумкин аст, ки вақти ҳаракат ва роҳи тайкардаи аробачаро зиёд кунем? Таҷриба нишон медиҳад, ки ин амал имконпазир аст, чунки сабаби камшавии суръати як ҷисм таъсири ҷисмҳои дигар (сатҳе, ки дар он ҳаракат иҷро мешавад, муқовимати ҳаво ва ғ.) шуда метавонанд. Барои кам кардани ин таъсирот ба чархи мошинҳо подшипникҳо мешинонанд. Натиҷаи ҳамин аст, ки мошинҳои ҳозиразамон баъди суръати муайян гирифтани, дар роҳи уфуқӣ бо муҳаррики хомӯшшуда даҳҳо метр масофаро тай мекунанд.

Агар муҳаррики заврақи дар ҳаракатбуда хомӯш карда шавад, вай ҳаракати худро то ягон лаҳзаи вақт ростхатта нигоҳ медорад. Аммо баъди чанд лаҳзаи ҳаракат меистад. Сабаби аз ҳаракат бозмондани заврақ таъсири об мешавад.

Агар ба ҷисм ҷисмҳои дигар таъсир накунад, вай беҳаракат меистад. Агар ҷисм дар ҳаракат бошад ва ба вай ҷисмҳои дигар таъсир накунад, вай ҳаракати худро идома медиҳад. Ин хулосаҳоро олими италиявӣ Галилео Галилей баъди тадқиқотҳои бисёр ба даст овардааст.

Хосияти нигоҳдошташавии суръати ҳаракати ҷисмҳоро ҳангоми набудани таъсироти беруна инерсия меноманд.



*Галилео Галилей (1564-1642) – физик ва астрономи бузурги италиявӣ, ки аввалин шуда методи таҷрибавиро дар илм истифода кардааст.*

*Галилей принсипи инерсияро ба илм дохил намудааст, қонуни афтшии ҷисмҳо, ҳаракати ҷисмҳо дар ҳамвории моилро тадқиқ намуда, барои ченкунии вақт истифодаи раққосакро пешниҳод кардааст.*

*Ӯ аввалин шуда бо телескопи худсозии кӯҳҳои Моҳ, радифҳои Муитарӣ, соҳти ситораҳои Роҳи Каҳкашон, доғҳои Офтоб, фазаҳои Зӯҳраро кашф кардааст.*

**Қонуни якуми Нютон:** Ҳангоми набудани таъсироти беруна ҷисмҳо ҳолати оромӣ ё ҳаракати ростхаттаи мунтазами худро нигоҳ медоранд.

Санҷиши бевоситаи ин қонуни Нютон имконнопазир аст, зеро таъсири ҷисмҳои дигарро пурра истисно кардан номумкин аст. Ҳолати оромӣ ё ҳаракати ростхаттаи ҷисмҳо, ки мо онҳоро мушоҳида мекунем, аз чуброншавии (компенсатсия) таъсири мутақобили ҷисмҳо шаҳодат медиҳад. Масалан, тайёра барои он нисбат ба уфуқ мувозӣ, ростхатта ва мунтазам ҳаракат мекунад, ки қувваи кашиши муҳаррики он бо қувваҳои муқовимати ҳаво ва вазнинии тайёра дар мувозинат мешаванд.

Аз кинематика мо медонем, ки характери ҳаракати ҷисм аз



интихоби системаи сарҳисоб вобаста аст. Мувофиқи қонуни якуми Нютон системаҳои сарҳисобе ёфт мешаванд, ки дар онҳо агар ба ҷисм ҷисмҳои дигар таъсир нақунанд ё худ таъсири мутақобили онҳо ҷуброн шавад, ҷисм ростхатта ва мунтазам ҳаракат мекунад (ё дар ҳолати оромӣ мемонад). Чунин системаҳоро системаҳои инерсиалӣ меноманд. Дар ин гуна системаҳо ҷисм аз рӯи инерсия ҳаракат мекунад.

Системаи сарҳисоби ба Замин алоқамандро системаи сарҳисоби инерсиалии дараҷаи саҳеҳнаш баланд ҳисобидан мумкин аст. Вале он қомилан системаи инерсиалӣ нест. Масалан, агар ҳаракати мушаки баллистикиро ҳисоб карданӣ бошем, барои ин гардиши Замин ва тағйиротеро, ки дар ҳаракати мушак вобаста ба ин гардиш ба амал меояд, ба ҳисоб гирифтани лозим меояд. Дар мавзӯҳои оянда асосан системаҳои сарҳисоби инерсиалиро муоина менамоем.

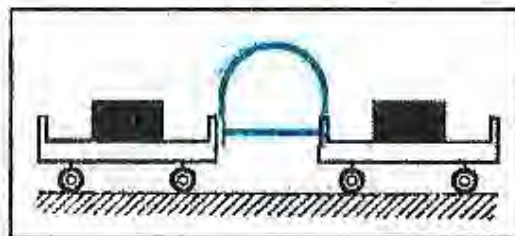


*Исаак Нютон (1643-1727) – физик ва математики англис, яке аз бузургтарин олимони дар таърихи башар ҳисоб мешавад. Нютон се қонуни асосии механика ва қонуни ҷозибаи умумичаҳониро кашф кардааст. Вай инчунин назарияи ҳаракати ҷирмҳои осмонро қор карда баромад ва аввалин шуда барои Замин суръатҳои кайҳониро ҳисоб намуд.*

*Нютон ҳодисаи ба рангҳо ҷудошавии рӯшноии сафедро кашф кард ва пайдоиши рангҳоро шарҳ дод. Усули тадқиқи математикии табиатро қор карда баромад, саҳми ӯ дар инкишофи минбаъдаи физика хеле бузург аст.*

Системаҳои сарҳисоберо, ки дар онҳо тағйирёбии суръати ҷисм на танҳо аз ҳисоби таъсири мутақобил, балки бо ҳаракати шитобноки худ система ба амал меояд, системаҳои ғайринерсиалӣ меноманд. Мисоли ин гуна системаҳо системаи сарҳисоби ба қатораи роҳи оҳан алоқаманд шуда метавонад, ки дар ҳамгашти роҳҳо тезшаванда, сустшаванда ҳаракат мекунад.

**Массаи ҷисм.** Таҷрибаро бо ду аробачае, ки дар сатҳи уфуқии ҳамвор ҳаракат мекарданд ба хотир меорем (расми 29). Агар ресмони ба пружина басташударо сӯзонем, аробачаҳо дар натиҷаи таъсири мутақобил шитоби муайян мегиранд. Ченкуниҳо гузаронида, боварӣ ҳосил кардан мумкин аст, ки ин шитобҳо ( $a_1$  ва  $a_2$ ) аз рӯи қимати мутлақашон гуногун бошанд ҳам, аз рӯи самт муқобили якдигаранд ва



Расми 29



нисбати онҳо бузургии доимист  $\left( \frac{a_1}{a_2} = const \right)$ .

Агар ин аробачахоро иваз намоем (ё ба болои онҳо бор гузорем), пас шитобҳои гирифтаи онҳо дигар мешаванд, вале нисбати онҳо барои ҳар дуи ин аробачаҳо доимӣ мемонад.

Муқаррар шудааст, ки шитобҳои дар натиҷаи таъсири мутақобил гирифтаи аробачаҳо аз инертнокии онҳо вобастагӣ доранд: ҷисм дар ин ҳангом ҳарчанд шитоби кам гирад, ҳамон қадар инертнок ҳисобида мешавад. Бузургии ба сифати ченаки миқдории инерсияи ҷисм истифодашавандаро, массаи ҷисм меноманд. Агар массаҳои ҷисмҳои муқобилтаъсиркунандаро бо  $m_1$  ва  $m_2$ , шитобҳои гирифтаи онҳоро бо  $a_1$  ва  $a_2$  ишорат кунем, пас

$$\boxed{-\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}} \quad (1.2.1)$$

мешавад.

Ҳамин тавр, ҳарчанд массаи ҷисм зиёд бошад, тағйирдиҳии суръати он (аз ҳаракат боздоштан, ба ҳаракат даровардан, самти ҳаракати онро тағйир додан) ҳамон қадар мушкил мешавад. Инро мо дар ҳаёти ҳаррӯзаамон мушоҳида мекунем. Қорҳои челонгарӣ (буридан, қаткунӣ, кӯфтани филизот)-ро дар рӯи сандони инертнок иҷро мекунанд, зеро бо таъсири зарбаи болға сандон амалан намечунбад (шитоби ночиз мегирад).

**Қувва. Қонуни дуҷуми Нютон.** Агар дар таҷрибаи бо аробачаҳо гузаронидаамон пружинаи чандириаш зиёдро гирифта, бештар фишурем, шитобҳои гирифтаи аробачаҳо меафзоянд, ки ин аз афзоиши таъсири мутақобили онҳо шаҳодат медиҳад. Ченаки миқдории таъсири мутақобили ҷисмҳо бузургии қувва ба ҳисоб меравад. Қувва бузургии физикиест, ки бо таъсири он ҳаракати ҷисмҳо тағйир меёбад, яъне ҷисмҳо шитоб мегиранд. Пас, қувваро чӣ тавр муайян мекунанд?

Аз таносуби 1.2.1 ифодаи  $m_1 a_1 = -m_2 a_2$  ҳосил мешавад.

Ҳамин тавр, агар бузургии қувваро бо ҳарфи  $F$  ишорат кунем, пас  $F = ma$  мешавад. Аз тарафи дигар таъсир хусусияти самтнокиро дорад. Аз ин сабаб қувваро ҳамчун бузургии векторӣ, дар шакли зайл менависанд.

$$\boxed{\vec{F} = m\vec{a}} \quad (1.2.2)$$

Формулаи (1.2.2) Қонуни дуҷуми Нютонро ифода мекунанд: қувваи ба ҷисм таъсиркунанда ба ҳосили зарби массаи ҷисм ва шитоби гирифтаи он баробар аст.



Қонуни дуюми Нютонро ин тавр ҳам менависанд:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (1.2.3)$$

Қонуни сеюми Нютон. Қувваҳое, ки бо онҳо ду ҷисм ба якдигар таъсир мекунад аз рӯи ҳамои як хати рост равона буда, қиматҳои мутлақи баробар, вале самтҳои муқобил доранд.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad (1.2.4)$$

Азбаски қувваҳои дар натиҷаи таъсири мутақобили ҷисмҳо баамалоянда ба ҷисмҳои гуногун гузошта мешаванд, онҳо ҳеч гоҳ якдигарро мувозинат карда наметавонанд. Чунончи, шахси савораи заврақ (расми 30) бо бели дасташ (қувваи  $F_1$ ), заврақи дигарро тела медиҳад, заврақ бошад, дар навбати худ бо қувваи аз рӯи қимати мутлақаш баробари  $F_2$ , вале самти муқобилдошта ба бел ва шахс таъсир мекунад, маҳз бо таъсири ин қувваҳо заврақҳо аз якдигар дур мешаванд.



Расми 30

Дар Системаи байналхалқӣ (СБ)-и воҳидҳо ба сифати воҳиди қувва қуввае қабул шудааст, ки он ба ҷисми массааш 1 кг шитоби 1 м/с<sup>2</sup> мебахшад. Ин воҳид нютон (Н) ном гирифтааст.

Яъне  $1Н = 1 \frac{кг \cdot м}{с^2}$ .

### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Қонуни якуми Нютон чӣ тавр таъриф дода мешавад? Оё ин қонунро дар таҷриба санҷидан мумкин аст?
2. Кадом хосияти ҷисм массаи онро тавсиф медиҳад?
3. Барои чӣ қувваҳои таъсири мутақобили ҷисмҳо бо вучуди қимати мутлақи баробар ва самти муқобил доштанишон якдигарро мувозинат намекунанд?

### ⚠ Машқи 8

1. Қувваи 10 Н ба ҷисм шитоби 6 м/с<sup>2</sup> мебахшад. Барои ба шитоби 1,5 м/с<sup>2</sup> соҳиб шудани ҷисм чӣ гуна қувва лозим аст?
2. Ҷисми массааш 5 кг таҳти таъсири ягон қувва шитоби 1 м/с<sup>2</sup> мегирад. Ҳамин қувва ба ҷисми массааш 10 кг чӣ гуна шитоб мебахшад?
3. Ҷисми массааш 0,5 кг таҳти таъсири қувваи 35 Н аз ҳолати оромӣ ба ҳаракат шурӯъ мекунад. Суръати он баъди 4 с чанд мешавад?



## § 11. Принципи нисбият

**Системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ.** Бояд ба ҳисоб гирифта шавад, ки қонунҳои Нютон на дар ҳамаи системаҳо балки фақат дар системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ иҷро мешаванд. Системаҳои сарҳисобро инерсиалӣ меноманд, ки дар онҳо қонунҳои Нютон риоя мешаванд, яъне системаҳои, ки дар онҳо ҷисм бешитоб, ростхатта ва мунтазам ҳаракат мекунад, ё ҳангоми компенсатсияи таъсири ҷисмҳои дигар дар ҳолати оромӣ мемонад. Ба инерсиалӣ будан ё набудани система чӣ тавр бовар кунем? Барои ин бояд санҷид, ки дар он қонунҳои Нютон иҷро мешаванд ё не. Аммо тавре ки дар боло гуфтем, дар таҷриба мушоҳида кардани қонуни якуми Нютон – қонуни инерсия номумкин аст, зеро пурра компенсатсия шудани таъсири ҷисмҳои дигар аз тарафи ҷисми додашуда аз имкон берун аст. Системаеро, ки дар он тамоми ҷисмҳо дар мувозинатанд, мо фақат метавонем тасаввур кунем. Оддӣ карда гӯем, системаи инерсиалӣ комилан воқеӣ нест.

Мумкин аст системаи сарҳисоби мутлақ инерсиалӣ дар табиат вучуд надошта бошад. Аммо бо боварии комил метавон гуфт, ки агар он вучуд меошад, пас маҷмӯи беохори онҳо низ вучуд дошта метавонист.

**Ҳар гуна системаи сарҳисоби нисбат ба системаи инерсиалӣ ростхатта ва мунтазам ҳаракаткунанда ҳам системаи инерсиалӣ мебошад.**

Барои ба ин тасдиқ боварӣ ҳосил кардан, ба хотир меорем, ки дар системаҳои сарҳисоби нисбат ба ҳамдигар ростхатта ва мунтазам ҳаракаткунанда шитоб-бузургии инвариантӣ мебошад (ниг. боби II). Бузургии дигаре, ки дар ин гуна системаҳо инвариантӣ мебошад, қувва ба ҳисоб меравад. Дар механика аслан қувваҳои ба қувваҳои ҷозиба (вобаста ба масофаи байни якдигарии ҷисмҳо), чандирӣ (тазйиқи (деформатсия) ҷисмҳо), соиш (суръати нисбии як ҷисм назар ба ҷисми дигар) ҷудо мекунад. Дар системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ ҳам масофаҳо, ҳам тазйиқ ва ҳам суръати нисбӣ бузургиҳои инвариантӣ мебошанд. Инвариантӣ будани масофаҳо ва тазйиқҳо аз инвариантияти дарозиҳо бармеояд. Инвариантияти суръати нисбиро дар мисоли зерин дида мебароем. Бигузур одам нисбат ба амад бо суръати 5 км/с дар ҳаракат бошад. Агар суръати ҷоришавии об 2 км/с бошад, пас барои мушоҳида, ки дар соҳил истодааст, суръати одам 7 км/с ва суръати амад 2 км/с мешавад. Дар системаи сарҳисоби ба амад алоқаманд якхела, яъне 5 км/с мемонад.

Азбаски тамоми бузургиҳои механикӣ, ки аз онҳо қувваҳо вобастаанд, дар ҳар гуна системаҳои сарҳисоб инвариантӣ мебошанд, пас дар ин системаҳои сарҳисоб ҳар гуна қувва ҳам бузургии инвариантӣ мебошад.

Массаи ҷисм дар механикаи классикӣ аз ҳаракати ҷисм, яъне аз системаи сарҳисоб вобастагӣ надорад.



Дар қонунҳои Нютон ба мафҳумҳои шитоб, қувва ва массаҳо дучор меоем.

Қувва, шитоб ва массаи ҷисмҳо ҳангоми аз як системаи сарҳисоб гузаштан ба системае, ки нисбат ба системаи пештара ростхатта ва мунтазам ҳаракат мекунад, тағйир намеёбанд. Пас, маълум мегардад, ки ҳангоми гузариш ҳамаи вобастагиҳои байни ин бузургҳо, аз ҷумла ҳуди қонунҳои Нютон ҳам бетағйир мемонанд.

Ҳамин тариқ, агар дар ягон системаи сарҳисоб қонунҳои Нютон иҷро шаванд, яъне агар система инерсиалӣ бошад, пас ҳамаи системаҳои, ки нисбат ба системаи мазкур ростхатта ва мунтазам ҳаракат мекунанд, инерсиалӣ мебошанд. Азбаски суръати ҳаракати системаҳо қиматҳои гуногун гирифта метавонанд, пас чунин системаҳо метавонанд беохир зиёд бошанд.

**Принсипи нисбияти классикӣ.** Аз далели дар ҳамаи системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ якхела иҷро шудани қонунҳои динамика хулосаи заруриро бармеояд. Ҳарчанд дар айёми зиндагии Галилей қонунҳои динамика муқаррар нашуда буданд, хулосаи заруриро дар асоси мушоҳидоти табиат ӯ бароварда тавонист.

*«Ҳамроҳи ягон рафиқатон дар ҳучраи барҳавои киштӣ ҷой гиред, - менависад Галилей. Ҳоло, ки киштӣ ором аст, бодикқат мушоҳида кунед, ки чӣ тавр ҳашароти майдан парвозкунанда бо ҳамон як суръат ба тарафи ҳучра ҳаракат мекунанд..., ҳамаи қатраҳои афтаида ба зарфи ба зерини онҳо гузошташуда меафтанд, ҳангоми ба ягон тараф ба масофаҳои якхела партофтани ягон предмет назар ба дигар тараф партофтан ба шумо қувваи зиёдати сарф кардан лозим намеояд... Ақниҷ, ки киштӣ бо ягон суръат ба роҳ даромад, шумо дар ҳамон мавридҳои номбурдашуда ягон тағйиротро пайҳас намекунед ва аз рӯи ягонтои онҳо шумо муқаррар карда наметавонед, ки киштӣ дар ҳаракат аст ё ором (ба шарте, ки ҳаракати киштӣ мунтазам бошад)».*

Хулосаи номбурдари ҳоло принсипи нисбияти классикӣ ё принсипи нисбияти Галилей меноманд. Бо забони муосири илмӣ онро ба таври зерин таъриф додан мумкин аст: тамоми ҳодисаҳои механикӣ дар ҳама системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ ҳангоми шароитҳои ибтидоии баробар, якхела ҷорӣ мешаванд.

Ибораи «шароитҳои ибтидоии якхела» дар қоидаи боло мавқеи басо муҳим дошта, маънои зеринро дорад: мушоҳидҳои дар рӯи Замин ва дар қатори ҳаракатнок ҷойгирифта, ки афтиши озоди ҷисмро мушоҳида мекунанд, масирҳои гуногуни ҳаракатро мебинанд. Дар айни ҳол масир дар системаи сарҳисоби ба қатора алоқаманд – хати рост ва дар системаи сарҳисоби ба Замин алоқаманд параболаро ташкил медиҳад. Дар воқеъ ин муҳолифи принсипи нисбият намебошад, чунки дар ин системаҳои сарҳисоб шартҳои ибтидоӣ гуногунанд. Дар лаҳзаҳои аввали афтиш дар системаи сарҳисоби ба қатора алоқаманд, ҷисми мушоҳидашаванда ором аст, вале дар системаи сарҳисоби ба Замин алоқаманд бошад, вай суръати ибтидоӣ дорад, ки он аз рӯи қимати



мутлақаш ба суръати ҳаракати қатора нисбат ба Замин баробар, вале самташ муқобил аст. Айнан бо ҳамин сабаб афтиши ҷисм барои мушоҳидҳои гуногун ҳархела менамояд.

Аммо агар дар қаторай мунтазам ва ростхатта ҳаракаткунанда ҷисм дар лаҳзаи аввал нисбат ба қатора беҳаракат бошад, мувофиқи принципи нисбияти классикӣ тағйирот чи дар қатора ва чи дар Замин яххела мешавад, масири афтиши ҷисм хати рост ва вақти афтиши он ба фарши қатора айнан ба вақти афтиши ҷисм аз ҳамон баландӣ ба Замин баробар мешаванд. Ин принципро таҷрибаҳо тасдиқ мекунанд. Яъне, на танҳо қонунҳои кинематикии ҳаракати ҷисм, балки қонуниятҳои динамикӣ низ яххелаанд. Масалан, натиҷаи зарбахӯрии кураҳои чандир дар ҳар гуна системаҳои сарҳисоби инерсиалӣ яххела мешаванд, ба шарте, ки дар ин системаи сарҳисоб суръатҳои ибтидоӣ ва ҳаракати нисбии кураҳо яххела бошанд.

Принципи нисбияти классикӣ дар системаҳои сарҳисоби гуногун танҳо яххелагии ҷоришавии ҳодисаҳои механикиро тасдиқ мекунад, вале ин нишонаи он нест, ки ҳамаи бузургиҳои механикӣ дар ин системаҳо яххелаанд. Масалан, суръати парвози паранда, ки дар системаҳои сарҳисоби «соҳил» ё «киштӣ» чен карда мешавад, албатта дигаргун аст. Вале мо низ асосе надорем, ки яке аз ин суръатҳоро назар ба дигараш «ҳақиқитар» ҳисоб кунем. Бо тарзи дигар, принципи нисбияти классикӣ тавсифоти ҳаракатро ошкор намуда, мутлақ будани қонунҳои ҳаракатро тасдиқ менамояд.

Айнан бо ҳамин сабаб, дар ягон системаи сарҳисоби инерсиалӣ ҷой гирифта, бо ёрии таҷрибаҳои механикӣ ҳаракати мунтазаму ростхатта ва ё ором будани он системаро муайян кардан аз имкон берун аст. Асосе ёфт намешавад, ки ягон системаро нисбат бо дигараш афзалтар шуморем ва тасдиқ кунем, ки мо нисбат ба ин система ҳаракати «ҳақиқӣ» ва нисбат ба дигар системаҳо ҳаракати ба назарамон менамудагиро мушоҳида мекунем.

Ҳамаи системаҳои инерсиалӣ яххелаанд ва дар ҳамаи онҳо қонунҳои механика як хел иҷро мешаванд. Ҳар кадоми онҳоро ҳаракатнок ё ором муоина намудан мумкин аст.

Принципи нисбияти механика дар амал татбиқ мешавад. Мисоли равшани ин озмоиши заминии тайёраҳо шуда метавонад. Тайёрасоз бояд пешакӣ аниқ донанд, ки ҳангоми парвоз ҳаво аз танаи тайёра чӣ тавр ҷорӣ мешавад, дар кучо гирдбод ба амал меояд, кувваи болобурди болҳо ва муқовимати рӯ ба рӯи ҳаво чӣ қадар аст.

Ин ҳамаро надониста, шакли беҳтарини баданаи тайёра, буриши нисбатан беҳтарини қанотҳоро интихоб намудан мумкин нест. Ҳамаи инро пеш аз сохтан ва ба ҳаво баровардани тайёра муқаррар кардан мебояд.



### 1.3. ЗУҲУРОТИ ҚУВВАҲОИ ТАБИАТ

#### § 12. Қувваҳои ҷозиба (гравитатсионӣ)

Ба Замин афтидани ҷисмҳо, ҳаракати мушакҳо дар гирду атрофи Замин, гардиши сайёраҳо дар атрофи Офтоб ва ғайра таҳти таъсири қувваҳои ҷозиба, ки боиси таъсири мутақобилаи ҷисмҳо мегарданд, аз рӯи қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ муайян карда мешаванд: Ҳар ҷуфти ҷисмҳо якдигарро бо қуввае ҷазб мекунанд, ки модули ин қувва ба ҳосили зарби массаҳои онҳо мутаносиби роста буда, ба квадрати масофаи байни онҳо мутаносиби чаппа аст.

$$F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (1.3.1)$$

Одатан ҷисмҳое, ки таҳти таъсири ҷозиба ба сатҳи Замин меафтанд, ҳамчун нуқта муоина мешаванд, зеро андозаҳои онҳо нисбат ба андозаҳои Замин хеле хурданд.

Қувваҳои ҷозиба новобаста аз он ки ҷисмҳо ба якдигар мерасанд ё аз якдигар дур ҷойгир шудаанд, таъсир мекунанд (масалан, байни Замину радифони маснуъ, Офтобу сайёраҳо). Таъсири байнихамдигарии ҷисмҳо дар айни ҳол ба тавассути майдони ҷозиба (гравитатсионӣ) ба амал меояд.

Дар қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ зароби (коэффитсиент) мутаносибии  $\gamma$ -ро доимии ҷозиба (гравитатсия) меноманд, ки он қимати

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{K^2} \text{ дорад.}$$

Зухуроти оддитарини қувваи ҷозиба қувваи вазнинӣ шуда метавонад, ки он ба ҳосили зарби массаи ҷисм  $m$  ва шитоби афтиши озод  $g$  баробар аст.

$$\vec{F} = m\vec{g} \quad (1.3.2)$$

Қувваҳои вазнинӣ ба ҳамаи қисмҳои ҷисм якхела таъсир мекунанд ва онҳо байни худ мувозӣ мебошанд. Баробартаъсиркунандаи қувваҳои вазнинии қитъаҳои алоҳидаи ҷисм ба маркази Замин равона аст. Нуқтаеро, ки аз он қувваи вазнинӣ ибтидо мегирад, маркази вазнинии ҷисм меноманд.

Қувваеро, ки бо он ҷисм ба овеза ё тақягоҳ таъсир мекунанд, вазни ҷисм меноманд. Вазни ҷисм ҳамон вақт ба қувваи вазнинии он баробар мешавад, ки агар ҷисм нисбат ба Замин дар ҳолати оромӣ ё ҳаракати ростхаттаи мунтазам қарор дошта бошад. Дар акси ҳол, ё худ дар мавриди нисбат ба Замин бошитоб ҳаракат кардани ҷисм вазни он аз қувваи вазнинӣ каму зиёд шуда метавонад.

Чунончи дар ҳолати амудан бо шитоб ба боло ҳаракат кардани ҷисм (зиёдавазний) вазни он



$$P = mg + ma = m(g + a) \quad (1.3.3)$$

ҳангоми бо шитоб ба поён ҳаракат кардан (камвазӣ) вазни он ба

$$P = mg - ma = m(g - a) \quad (1.3.4)$$

баробар мешавад.

Ҷисм агар нисбат ба Замин амудӣ ва мунтазам ҳаракат намояд, вазни он бо формулаи  $P = mg$  ҳисоб карда мешавад. Агар он озод афтад, вай дар ҳолати бевазӣ мешавад.

Дар ҳамаи мавридҳои дар боло зикршуда қувваи вазнинии ҷисм ба  $F = mg$  баробар мешавад.

### § 13. Муайян кардани массаи ҷирмҳои осмонӣ

Муайян кардани массаи сайёрае, ки радиуси ӯ дорад, масъалаи чандон мушкил нест. Мувофиқи қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ сайёраи массааш  $M$  радиуси массааш  $m$  – ро, ки аз маркази сайёра дар масофаи  $R$  воқеъ аст, бо қувваи

$$F = \gamma \frac{mM}{R^2}$$

ба худ мекашад.

Аз рӯи қонуни дуҷуми Нютон ин қувва ба радиуси шитоби

$$a = \frac{F}{m} = \gamma \frac{M}{R^2}$$

мебахшад.

Барои сода шудани масъала чунин ҳисоб мекунем, ки радиус аз рӯи мадори доиравии радиусаш  $R$  ҳаракат мекунад. Пас, шитобро, ки муайян карданием, ба шитоби марказрави радиус аз рӯи мадор баробар мешавад.

Яъне  $a = \frac{g^2}{R}$ , ки дар ин ҷо  $g$  – суръати ҳаракати радиус дар мадор

мебошад. Ҳар ду ифодаи барои шитоб ҳосилкардаамонро баробар

гуфта,  $\gamma \frac{M}{R^2} = \frac{g^2}{R}$  ҳосил мекунем.

Аз ин ҷо массаи сайёра

$$M = \frac{g^2 R}{\gamma} \quad (1.3.5)$$

мешавад.



Суръати дар мадор ҳаракат кардани радифро аз  $r$ -и даври гардиши он дар гирди сайёра  $v = \frac{2\pi R}{T}$  муайян кардан мумкин аст. Дар охир ин ифодаро ба формулаи боло гузошта, ҳосил мекунем:

$$M = \frac{4\pi^2 R^3}{\gamma T^2} \quad (1.3.6)$$

Бузургиҳои  $R$  ва  $T$ -ро барои радифи сайёра аз  $r$ -и мушоҳидоти астрономӣ муайян кардан мумкин аст. Ҳисоботи боқимонда мушкилие надорад.

Фаҳмост, ки бо ҳамин роҳ массаи Офтобро низ ёфтан мумкин аст, зеро сайёраҳо радифони он ҳисоб мешаванд.

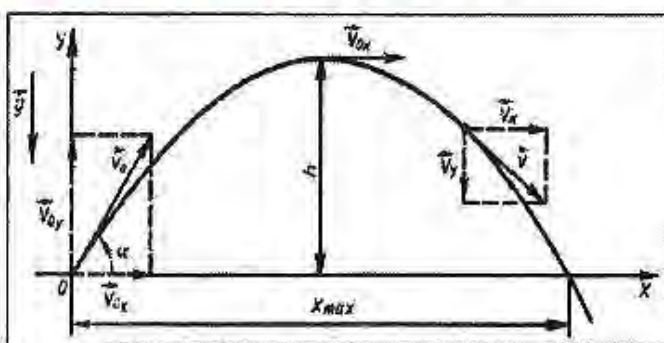
Аммо агар сайёра радиф надоста бошад, масъалаи муайян кардани массаи он мураккаб мешавад. Дар ин маврид лозим меояд бузургии шитобе, ки сайёра ба дигар сайёраҳои нисбатан дур мебахшад, муайян карда шавад, ки чунин ченкуниҳо душвор ва носаҳеҳ мебароянд. Масофа то ҷирмҳои осмонӣ ҳар қадар бузург бошад, шитоби гирифтаи он ҳамон андоза хурд мешавад ва чен кардани он низ душвор мегардад.

Дар шароити имрӯза имконият мавҷуд аст, ки массаи сайёраҳо аз  $r$ -и шитоби аз назди сайёра гузаштани аппаратҳои кайҳонӣ муайян карда шавад. Масалан, бо ҳамин роҳ оид ба массаи сайёраи Зӯҳра маълумоти аниқ пайдо кардан муяссар гардид. Азбаски вай радиф надорад, қиматҳои аввалаи массаи он чандон саҳеҳ набуданд.

## § 14. Ҳаракати ҷисми уфуқӣ партофташуда

Бигузур ягон ҷисми суръаташ  $v_0$  таҳти ягон кунҷи  $\alpha$  ба уфуқ партофта шавад (расми 31).

Ҷисм қад-қади тири  $Ox$  бо суръати  $v_x = v_{ox} = v_0 \cos \alpha$  мунтазам ҳаракат мекунад. Бинобар ҳамин координатаи  $x$ -и



Расми 31

он бо мурури замон мувофиқи формулаи  $x = v_0 t \cos \alpha$  тағйир меёбад.

Ба самти амудӣ ҷисм бо шитоби доимии  $a = -g$  (самти шитоб ба поён) ҳаракат мекунад, ки суръати ибтидоии он ба ин самт ба  $v_{oy} = v_0 \sin \alpha$  баробар аст. Координатаи уфуқии он  $y$ -ро дар лаҳзаи



вакти  $t$  аз рӯи формулаи  $y = g_{oy} \cdot t - \frac{gt^2}{2} = g_0 t \text{Sin}\alpha - \frac{gt^2}{2}$  меёбанд.

Ҳардуи ин формулаҳоро истифода бурда вақт, дурии парвоз ва баландии максималии ҳаракати ҷисмро нисбат ба уфуқ муайян кардан мумкин аст.

Вақти парвози ҷисм  $t_0$ -ро меёбем. Ҳангоми бархӯрди ҷисм бо Замин  $y=0$  мешавад. Пас, метавонем нависем, ки  $0 = g_0 t_0 \text{Sin}\alpha - \frac{gt_0^2}{2}$  аст. Аз

ин ҷо  $t = \frac{2g_0 \text{Sin}\alpha}{g}$  мешавад.

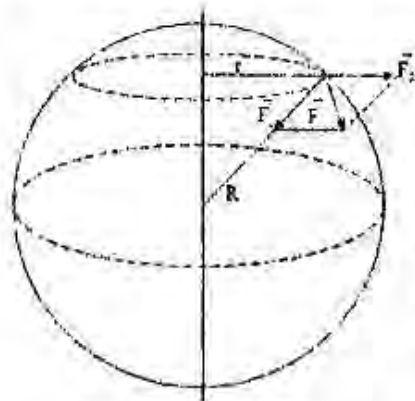
Ифодаи охиринро ба муодилаи координатии  $x$  гузошта, дурии парвози ҷисмро меёбем.

$$l = X_{\max} = g_0 t_0 \text{Cos}\alpha = \frac{2g_0^2 \text{Sin}\alpha \cdot \text{Cos}\alpha}{g} = \frac{g_0^2 \text{Sin}2\alpha}{g}$$

Дурии парвоз ҳамон вақт ба қимати бештарин соҳиб мешавад, ки  $\text{Sin}\alpha = 1$  бошад. Яъне  $2\alpha = 90^\circ$ ,  $\alpha = 45^\circ$  бошад.

Мо қувваеро, ки бо он ҷисм ба таҷағоҳ ё овеза ҳангоми ҷазбшавиаш ба Замин таъсир мекунад, вазни ҷисм гуфтем.

Агар Замин беҳаракат мебуд, ба ҷисм



Расми 32

танҳо қувваи ҷозиба, ки дар расми 32 бо  $\vec{F}_1$  ишорат шудааст, таъсир мекарду ҳалос. Дар ин маврид вазни ҷисм  $\vec{P}$  бояд ба қувваи ҷозиба  $F_1$  баробар мешуд. Вале Замин давр мезанад ва дар системаи сарҳисоби ба Замин алоқаманд, қувваи инерсия  $\vec{F}_2$  пайдо мешавад. Дар натиҷа қувваи ба ҷисм таъсирбахшанда  $\vec{F}$  на ба

қувваи  $\vec{F}_1$  балки ба баробартаъсиркунандаи қувваҳои  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  баробар мешавад. Қувваи аз рӯи қимати мутлақаш ба  $\vec{F}$  баробар, вале ба таҷағоҳ таъсиркунандаро вазни ҷисм меномем.

Таъсири ҷисмро ба таҷағоҳ ё овеза дар маҳалҳои гуногуни Замин чен карда, қиматҳои ҳархеларо ҳосил мекунам. Мо медонем, ки Замин шакли комилан қураро надорад. Радиуси Замин, ки аз қутб гузаронида мешавад, назар ба радиусе, ки аз истиво мегузарад, 21 км кӯтоҳтар аст. Шитоби



афтиши озод  $g$  ба квадрати масофаи  $R$  то маркази Замин мутаносиби чапша

аст:  $g = \gamma \frac{M}{R^2}$ , ки дар ин ҷо  $M$ -массаи Замин,  $\gamma$ -доимии ҷозиба мебошанд.

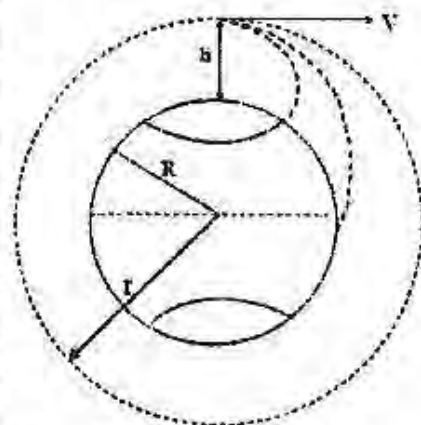
Тағйирёбии радиус сабаби тағйирёбии шитоби афтиши озод  $g$ , яъне тағйирёбии вазни ҷисм  $P$  мегардад. Маҳз бо ҳамин сабаб вазни ҷисм ҳангоми аз қутб то истиво кӯчидани он тақрибан то  $0,3\%$  кам мешавад.

## § 15. Ҳаракати радифҳои маснӯи Замин.

### Суръати якуми кайҳонӣ

Яке аз мавридҳои мароқангез ва муҳими ҳаракати ҷисм зери таъсири қувваи вазнинӣ ҳаракати радифҳои маснӯи Замин ҳисоб мешавад.

Тасаввур мекунем, ки ҷисмеро аз ягон баландӣ (нисбат ба Замин) ба самти уфуқӣ мепартоем (расми 33). Муқовимати ҳаворо ба эътибор намегирем. Агар пай дар пай суръати ҷисмро зиёд кунем, вай бо таъсири қувваи вазнинӣ ба сатҳи Замин, вале дуртар аз ҷои партофташавӣ меафтад. Дар охир лаҳзае мерасад, ки вай ба Замин наафтада, аз рӯи давра дар гирди Замин давр мезанад, яъне ба радифи маснӯи Замин мубаддал мегардад. Агар муқовимати ҳаво набошад, ҳаракати чунин ҷисм мунтазам аз рӯи давра сурат мегирад.



Расми 33

Агар ба ҷисм ғайр аз қувваи вазнинӣ қувваи дигаре таъсир накунад, вай бо шитоби афтиши озод  $g$ , ба самти маркази Замин, (маркази давра) ҳаракат мекунад. Бинобар ҳамин ҳам шитоби афтиши

озод ҳамзамон шитоби марказрав, яъне  $g = \frac{g^2}{r}$  аст.

$$\text{Аз ин ҷо } \boxed{g^2 = gr} \text{ ё ки } \boxed{g = \sqrt{gr}} \quad (1.3.7)$$

мешавад.

Аз рӯи ҳамин формула суръати якуми кайҳонӣ муайян карда мешавад.

Суръатеро, ки барои бо мадори доиравӣ дар гирди сайёра давр задани ҷисм ба он бахшида мешавад, суръати якуми кайҳонӣ меноманд. Агар баландии ҷисм  $h$  аз сатҳи Замин нисбат ба радиуси он ( $R \approx 6400 \text{ км}$ ) хеле хурд (масалан,  $300 \text{ км}$ ) бошад, он гоҳ радиуси мадорро  $r \approx 6400 \text{ км}$  қабул мекунам. Шитоби афтиши озод дар наздикии сатҳи Замин ба  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  баробар аст. Бинобар ҳамин,



суръати якуми кайҳонӣ дар атрофи сатҳи Замин ба

$$g_1 = \sqrt{6,4 \cdot 10^6 \text{ м} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2} \approx 7,9 \cdot 10^3 \text{ м/с} = 7,9 \text{ км/с}$$

$$g_1 = 7,9 \text{ км/с}$$

баробар аст.

Ин суръати хеле бузург аст (қариб 29000 км/с). Чунин суръат дар гузаштаи начандон дур ба даст омад ва 4 октябри соли 1957 аввалин радифи маснӯи Замин дар Иттиҳоди Шӯравӣ ба мадор бароварда шуд.

Қисме, ки соҳиби суръати якуми кайҳонӣ мешавад, ба сатҳи Замин намеафтад. Аммо ин суръат барои аз майдони ҷозибай Замин дур кардани қисм кифоят намекунад. Суръатеро, ки бо он қисм майдони ҷозибай Заминро тарк мекунад, суръати дуюми кайҳонӣ меноманд. Вай ба  $g_2 = 11,2 \text{ км/с}$  баробар аст.

Қисми бо ин суръат ба мадор баровардашуда ба сайёраи маснӯъ табдил ёфта, дар атрофи Офтоб мегардад, яъне ба радифи маснӯи Офтоб табдил меёбад.

Суръати дуюми кайҳонӣ аввалин маротиба 2 январи соли 1959 ба даст оварда шуд. Дар ҳамон рӯз дар Иттиҳоди Шӯравӣ стансияи автомати байнисайёравӣ «Луна – 1» ба мадор бароварда шуд, ки он аз наздикии Моҳ гузашта, ба аввалин сайёраи маснӯъ мубаддал гашт.

Ҳамаи радифҳои маснӯи Замин, ки бо суръатҳои мобайнии кайҳонӣ ( $g_1$  то  $g_2$ ) ба мадор бароварда мешаванд, соҳиби мадорҳои эллиптикӣ мегарданд.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Кадом қисмҳоро ҳамсафарони маснӯи Замин меноманд?
2. Чӣ гуна суръатро суръати якуми кайҳонӣ мегӯянд ва онро аз рӯи кадом формула ҳисоб мекунанд?
3. Аввалин ҳамсафари маснӯи Замин кай ва дар кучо ба мадор бароварда шудааст?
4. Оид ба суръати дуюми кайҳонӣ шумо чӣ гуфта метавонед?

### Машқи 9

1. Суръати якуми кайҳонӣ дар сатҳи сайёраи радиусаш  $4 \cdot 10^6 \text{ м}$  ба  $4 \text{ км/с}$  баробар аст. Қимати шитоби афтиши озод дар сатҳи ин сайёра чанд мешавад?
2. Қимати суръати якуми кайҳониро барои наздикии сайёраи Миррих муайян кунед, агар массаи он  $6,4 \cdot 10^{23} \text{ кг}$  ва радиусаш  $3,4 \cdot 10^6 \text{ м}$  бошад.
3. Агар қимати афтиши озоди қисм дар сатҳи сайёра ба  $1,6 \text{ м/с}^2$  ва суръати якуми кайҳонӣ барои он ба  $2,56 \text{ км/с}$  баробар бошад, радиуси сайёраи мазкурро муайян кунед.



4. Даври гардиши ҳамсафари маснӯи Заминро дар баландии 160 км аз сатҳи он муайян кунед.

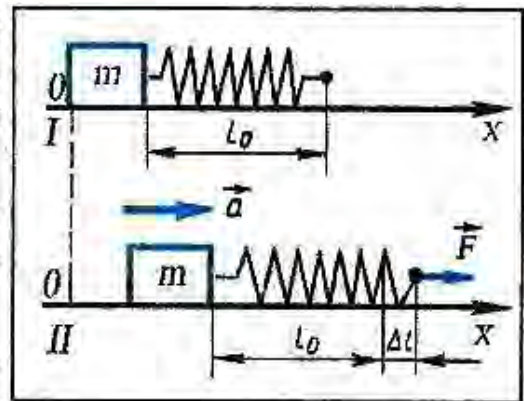
5. Суръати ҳамсафари маснӯи Замин, ки аз рӯи мадори гирдхатта дар баландии 1700 км ҳаракат мекунад, бояд чӣ қадар бошад?

## § 16. Қувваҳои чандирӣ

Агар ба ҷисми массааш  $m$ , ки дар сатҳи ҳамвор қарор дорад, пружинаро баста, онро бо ягон қувваи  $F$  кашола кунем, пас вай ба ҳаракат шурӯъ мекунад (расми 34).

Қувва дар ин ҳангом пружинаро каме дароз карда (тазйиқ мешавад), ба он шитоби  $a$  мебахшад.

Дар натиҷаи тазйиқшавӣ дар пружина қувваҳои дохилие пайдо мешаванд, ки онҳоро қувваҳои чандирӣ меноманд ва онҳо муқобили самти қувваҳои тазйиқкунанда  $F$  равона мебошанд.



Расми 34

Қувваеро чандирӣ меноманд, ки ҳангоми тазйиқшавии ҷисм ба амал омада, ба бузургии тазйиқшавӣ мутаносиб мебошад ва муқобили самти кӯчиши ҳиссачаҳои ҷисм равона аст.

$$F_c = k \Delta l \quad (1.3.8)$$

ки дар ин ҷо  $\Delta l = l - l_0$  - бузургии тазйиқшавӣ,  $k$ - сахтии (мазбӯтӣ) ҷисм номида мешаванд.

Формулаи (1.3.8) қонуни Хукро ифода мекунад.

Сахтии ҷисмро дар системаи байналхалқӣ бо Н/м-ҳо чен мекунанд.

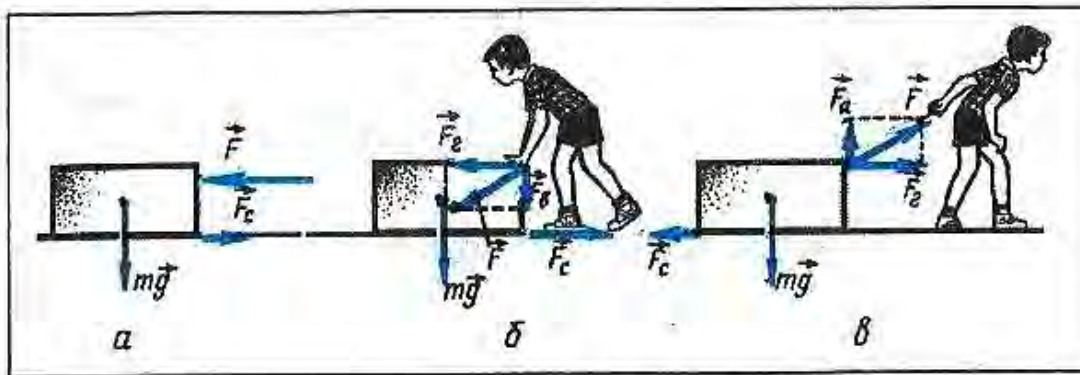
Тавре ки таҷриба нишон медиҳад, сахтии ҷисм аз андозаҳо, шакл ва маводи он вобастагӣ дорад.

Вобастагии мутаносибии рости байни қувваи чандирӣ ва дарозшавиро дар динамометрҳо – асбобҳо барои чен кардани қувва истифода мебаранд. Ҳаракати соатҳои механикӣ, механизмҳои гуногун, устухонҳои организмҳои зинда, мошину нақлиёти ҳозиразамон ба таъсири қувваҳои чандирӣ алоқамандӣ доранд.

## § 17. Қувваҳои соиш

Ҳангоми расиши бевоситаи ҷисмҳои ҳаракатнок қад-қади сатҳи расиш қуввае ҳосил мешавад, ки онро қувваи соиш меноманд. Хусусияти асосии қувваи соиши оромӣ дар он аст, ки ҳамеша ба модули қувваи ба ҷисм гузошташуда баробар буда, муқобили самти он таъсир мекунад.





Расми 35

Кувваи ниҳоии соиши оромӣ ба кувваи реаксияи такаҷоҳ мутаносиб мебошад

$$F_c = \mu N, \quad (1.3.9)$$

ки дар ин ҷо  $\mu$  - зароби (коэффисцент) соиш мебошад ва он аз маводу сифати коркарди сатҳҳои соишхӯранда вобастагӣ дорад.

Ҳангоми кӯчиши уфуқии қуттӣ ба он фақат кувваи вазнинӣ таъсир мекунад (расми 35, а), пас  $F_c = \mu N = \mu mg$  мешавад.

Агар ба қуттӣ ягон кувваи  $F$ , ки нисбат ба уфук ягон кунҷи  $\alpha$  - ро ташкил медиҳад таъсир кунад, пас кувваи реаксияи такаҷоҳ ба суммаи кувваҳои вазнинӣ  $mg$  ва ташкилдихандаи амудӣ  $F_a$  баробар мешавад

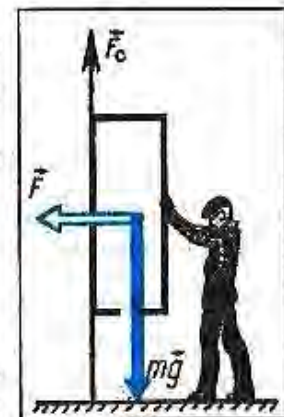
(Расми 35, б)  $F_c = \mu N = \mu(mg + F_a)$  (1.3.10)

Вале агар ҳамон қуттӣ нисбат ба уфук таҳти ягон кунҷи каҷида шавад, пас кувваи реаксияи такаҷоҳ  $N$  ба фарқи кувваҳои соиш ва ташкилдихандаи амудӣ  $F_a$  (Расми 35, в) баробар мешавад, яъне

$$F_c = \mu N = \mu(mg - F_a) \quad (1.3.11)$$

мешавад.

Инак, агар қуттӣ ба сатҳи амудӣ ҷазб шуда, ҳаракат намояд, пас кувваҳои ба он таъсиркунанда мувофиқи расми 36 самт мегиранд.



Расми 36

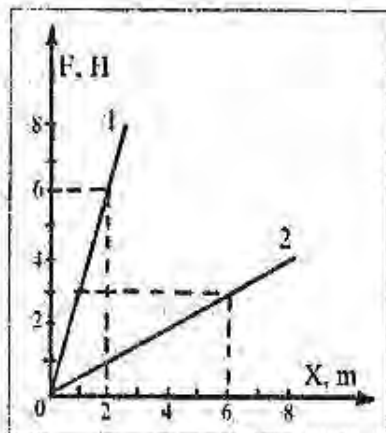
### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Қонуни ҷозибай умумичаҳонӣ чӣ тавр таъриф дода мешавад?
2. Фарқи кувваи вазнинӣ аз вазни ҷисм дар ҷист?
3. Барои чӣ шитоби афтиши озод дар маҳалҳои гуногуни сатҳи Замин яхела нест?
4. Барои муайян кардани массаи сайёра бояд кадом маълумот мавҷуд бошад?
5. Байни кувваи ҷандирӣ ва тазйиқ чӣ гуна алоқамандӣ вучуд дорад?
6. Кувваи соишро аз рӯи кадом формула ҳисоб мекунад?



## **Машқи 10**

1. Автобуси массааш 8000 кг. дар роҳи уфуқӣ ҳаракат мекунад. Барои ба он бахшидани шитоби  $1,4 \text{ м/с}^2$  чӣ гуна қувва лозим аст?
2. Ду одам аргамчинро ба тарафҳои муқобил ҳар кадоме бо қувваи 90 Н мекашанд. Агар аргамчин ба қувваи 120 Н тобовар бошад, магар он канда мешавад?
3. Қувваи қозибаи байни ҳамдигарии ду киштиеро ёбед, ки массаи ҳар кадом  $10^7 \text{ кг}$ . буда, дар масофаи 500 м дуртар аз якдигар воқеанд.
4. Қувваи қозиба байни тамоми ҷисмҳо таъсир мекунад. Барои чӣ таъсири байнихамдигарии ҷисмҳоро пайҳас намекунем, вале кашидашавии онҳоро ба Замин ҳис мекунем?
5. Дар сатҳи Замин ба ҷисм қувваи вазнинии 50 Н таъсир мекунад. Массаи ҷисм чӣ қадар аст?
6. Пружинаи таппончаи бачагонро 3 см фишурданд. Агар сахтии пружина  $700 \text{ Н/м}$  бошад, пас қувваи чандирии дар он ба амал омадаро ҳисоб кунед.
7. Писарбача резинаеро бо қувваи 45 Н кашада, онро 9 см дарозтар кард. Агар, резинаеро бо қувваи 112,5 Н кашад, вай чӣ қадар дароз мешавад?
8. Автомобили массааш 1000 кг. ҳангоми бо суръати  $36 \text{ км/с}$  ҳаракат кардан ба тормоздиҳӣ сар мекунад. Агар зареби соиш 0,5 бошад, қувваи соиш ва роҳи паймудаи онро то истоданаш муайян кунед.
9. Аз рӯи график (расми 37) муайян кунед, ки кадом ҷисм саҳттар аст?
10. Вазни ҷисми дар болои миз беҳаракат истодаро муайян кунед, агар ҳаҷми он  $1,5 \text{ м}^3$  ва зичиаш  $7800 \text{ кг/м}^3$  бошад. Шитоби афтиши озодро  $g = 10 \text{ м/с}^2$  гиред.
11. Автомобили массааш 6000 кг. аз болои кӯпуки барҷастаи радиуси қачнаш 100 м бо суръати  $36 \text{ км/с}$  ҳаракат мекунад. Муайян кунед, ки ҳангоми аз нуқтаи болотарин гузаштан автомобил ба кӯпрук бо кадом қувва таъсир мекунад ( $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ )?
12. Агар суръати ибтидоии автомобил дар роҳи уфуқӣ  $72 \text{ км/с}$ , массаи он 1,5 т ва зареби соиш 0,4 бошад, баъди чанд вақти хомӯш кардани муҳаррик меистад?



Расми 37

## **Хулосаҳо аз фасли «Асосҳои динамика»**

Қонунҳои Нютон мутобиқи ҳаракати ҷисмҳои мебошанд, ки андозаашон ба эътибор гирифта намешавад (нуқтаи материали ҳисобида мешаванд). Онҳо ҳамчун асоси механика бевосита ҳангоми муоинаи ҳаракат нисбат ба системаҳои сарҳисоби инерсиали татбиқ мешаванд.

Қонуни якуми Нютон тасдиқ мекунад, системаҳои сарҳисоби инерсиалие вучуд доранд, ки нисбат ба онҳо ҷисмҳои аз якдигар дур воқеъбуда мунтазам ва ростхатта ҳаракат мекунанд.

Мувофиқи қонуни дуюми Нютон ҳосили зарби масса ба шитоб ба суммаи қувваҳои ба ҷисм гузошта баробар аст.

$$m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = \vec{F}$$



Қонуни сеюми Нютон собит мекунад, ки қувваҳои таъсири байни якдигарии ҷисмҳо аз ҷиҳати бузургӣ баробар, аз рӯи самташон муқобиланд.

Дар механика аслан се намуди қувваҳо: қувваҳои ҷозиба, чандирӣ ва соиш дучор меоянд.

Қувваи ҷозибаи байни ду ҷисми массаҳояшон  $M$  ва  $m$ , ки аз якдигар дар масофаи  $R$  воқеъанд, аз рӯи қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ

$$F = \gamma \frac{Mm}{r^2}$$

муайян карда мешавад, ки дар ин ҷо

$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{кг^2}$  - доими ҷозиба мебошад. Қонуни мазкур инчунин имконият медиҳад, ки шитоби афтиши озоди ҷисм

$$g = \frac{\gamma M}{R^2} \approx 9,81 м/с^2$$

барои наздикии сатҳи Замин муайян карда шавад.

( $M$ -массаи Замин;  $R$ -радиуси он).

Хусусияти асосии қувваи ҷозиба аз он иборат аст, ки ҷисми мушаххас ба ҳамаи ҷисмҳои дигар шитоби якхела мебахшад.

Қувваҳои чандирӣ ҳангоми таъйиқи ҷисмҳо пайдо мешаванд. Мувофиқи қонуни Хук ҳангоми ба бузургии  $\Delta \ell$  кашидашавӣ ё фишурдашавии ҷисмҳо (мила, пружина ва ғ.) қувваи чандирӣ пайдо мегардад, ки қимати мутлақи он ба  $F = k|\Delta \ell|$  баробар аст.

Қувваҳои соиш назар ба қувваҳои ҷозибаю чандирӣ бевосита аз суръати ҳаракати нисбии ҷисмҳо вобастаанд.

Қимати мутлақи ин қувва аз рӯи формулаи  $F = \mu N$  ҳисоб карда мешавад, ки дар ин ҷо  $\mu$  - зариби соиш ва  $N$  - қувваи реаксияи таъягоҳ мебошанд.

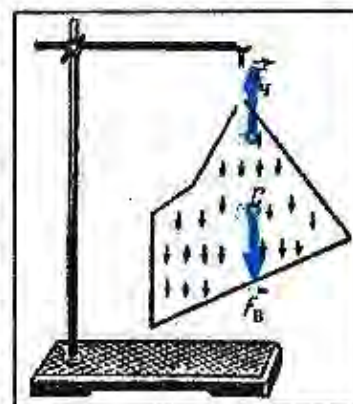
## 1.4. СТАТИКА

### § 18. Шартҳои мувозинати ҷисмҳо



Расми 38

Нишонаи асосии таъсири мутақобили ҷисмҳо пайдоиши шитоб мебошад. Вале аксар вақт лозим меояд сабабҳои шитоб нагирифтани ҷисмеро донем, ки якбора ба он якчанд қувва таъсир мекунанд. Саққоеро ба ресмон меовезем. Ба саққо қувваи вазнинӣ таъсир мекунад, вале он сабаби ҳаракати шитобноки саққо шуда наметавонад. Зеро дар он қувваи муқобилтаъсиркунандаи чандирӣ амал мекунад. Қувваҳои вазнинӣ ва чандирӣ якдигарро мувозинат мекунанд, баробартаъсиркунандаи онҳо



Расми 39



сифр аст, бинобар ин шитоби ҷисм ҳам сифр аст (расми 38).

**Нуктаеро, ки баробартаъсиркунандаи қувваи вазнинӣ дар ҳама ҳолатҳои гуногуни ҷойгиршавии ҷисм аз он мегузарад, маркази вазнинии ҷисм меноманд (расми 39).**

**Қисми механикаро, ки дар он шартҳои мувозинати ҷисмҳо омӯхта мешавад, статика меноманд.**

Мувозинати ҷисмҳои ноғардон. Ҳаракати пешравандаи ростхаттаю мунтазами ҷисм дар он сурат имконпазир аст, ки агар суммаи геометрии тамоми қувваҳои ба он таъсиркунанда баробари сифр бошад.

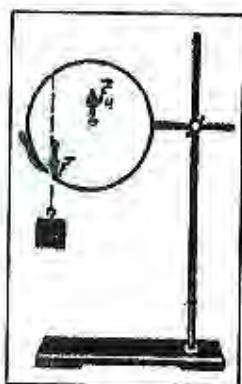
**Ҷисми ноғардон дар ҳолати мувозинатӣ аст, агар суммаи геометрии қувваҳои ба он гузошташуда баробари сифр бошад.**

Мувозинати ҷисмҳои, ки тири чархзанӣ доранд. Дар рӯзгор ва техника баъзан ҷисмҳои вомехӯрем, ки онҳо пешраванда ҳаракат накарда, гирди ягон тир чарх мезананд. Дару тиреза, чархҳои автомобил, арғунҷак ва диг., мисоли ин ҷисмҳо шуда метавонанд. Агар вектори қувваи  $\vec{F}$  дар ҳати ростии тири чархзаниро буранда ҳобад, пас ин қувва бо қувваи чандирӣ  $\vec{F}_c$  мувозинат карда мешавад (расми 40).



Расми 40

Агар ҳати росте, ки ба он вектори қувваи  $\vec{F}$



Расми 41

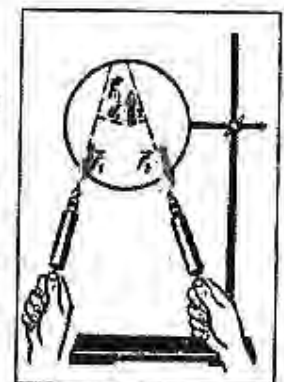
меҳобад, тири чархзаниро набурад, пас ин қувваро қувваи чандирӣ мувозинат карда наметавонад ва ҷисм дар гирди тир чарх мезанад (расми 41).

Ҳаракати ҷисм дар гирди тир таҳти қувваи  $\vec{F}_1$  мумкин аст бо таъсири қувваи дигари  $\vec{F}_2$  қатъ гардонидашавад. Таҷриба нишон медиҳад, ки агар ду қувваи  $\vec{F}_1$  ва

$\vec{F}_2$  алоҳида ҷисмро ба самтҳои муқобил ба гардиш дароранд, пас ҳангоми таъсири якбораи онҳо ҷисм дар мувозинат ва шартӣ

$$\vec{F}_1 d_1 = \vec{F}_2 d_2 \quad (1.4.1)$$

ичро мешавад. Дар ин ҷо  $d_1$  ва  $d_2$  - масофаҳои кӯтоҳтарин аз хатҳои таъсири қувваҳои  $\vec{F}_1$  ва  $\vec{F}_2$  то нуқтаи чархзанӣ (расми 42) мебошанд. Масофаи  $d$ -ро қитфи қувва ва ҳосили зарби қимати мутлақи қувва ба қитфи онро моменти қувва  $M$  меноманд:



Расми 42



$$M = Fd$$

(1.4.2)

Моменти қувваҳое, ки ҷисро ба самти гардиши ақрабаки соат ба гардиш медароранд, манфӣ ва ба муқобили самти гардиши ақрабаки соат таъсиркунандаро мусбат қабул намуда, шарти мувозинатии ҷисмҳои тири чархзанӣ доштаро дар шакли қоидаи моментҳо таъриф медиҳанд: ҷисме, ки тири беҳаракати чархзанӣ дорад, ҳамон вақт дар ҳолати мувозинатӣ мешавад, ки агар суммаи алгебравии тамоми моментҳои қувваҳои ба ҷисм гузошташуда баробари сифр бошад:

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n = 0 \quad (1.4.3)$$

Ба сифати воҳиди ҷенкунии моменти чархзанӣ моменти қувваи 1 Н-ро, мегиранд, ки хати таъсири он аз тири чархзанӣ дар масофаи 1 м меҳобад. Ин воҳидро нютонметр (Н. м) меноманд.

**Шарти умумии мувозинатии ҷисм.** Ҳар ду хулосаи болоро якҷоя карда, шарти умумии мувозинатии ҷисро таъриф додан мумкин аст: ҷисм ҳамон вақт дар ҳолати мувозинатӣ мешавад, ки агар суммаи геометрии тамоми қувваҳои ба он таъсиркунанда ва суммаи алгебравии моментҳои ин қувваҳо нисбат ба тири чархзанӣ баробари сифр бошанд.

Ҳангоми иҷрошавии шарти умумии мувозинатӣ зарур нест, ки ҷисм дар ҳолати оромӣ бошад. Мувофиқи қонуни дуҷуми Нютон ҳангоми ба сифр баробар будани баробартаъсиркунандаи тамоми қувваҳои ба ҷисм гузошташуда шитоби ҷисм баробари сифр буда метавонад, вале ҷисм метавонад ростхатта ва мунтазам ҳаракат кунад.

Инчунин ба сифр баробар будани суммаи алгебравии моментҳои қувваҳо низ маънои онро надорад, ки ҷисм дар ин асно ҳатман ором бошад. Дар тӯли миллиардҳо сол Замин бо даври доимӣ дар гирди тири худ гардиш мекунад, чунки суммаи алгебравии моментҳои қувваҳое, ки ба Замин аз тарафи ҷисмҳои дигар таъсир мекунанд, хеле хурд аст.

### ❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Ба ҷисм якҷанд қувваҳо таъсир мекунанд ва қувваи натиҷавии онҳо баробари сифр нест. Чӣ бояд кард, ки ҷисм дар ҳолати мувозинатӣ бошад?
2. Шарти мувозинатии ҷисми ногардон аз чӣ иборат аст?
3. Магар ҳолати мувозинатӣ ҳатман ҳолати оромист?
4. Мафҳуми маркази вазнинии ҷисро шарҳ диҳед. Магар маркази вазнинӣ берун аз ҷисм буда метавонад?

### ⚠️ Машқи 11

1. Оё баробартаъсиркунандаи қувваҳои 10 ва 14 Н, ки ба як нукта гузошта шудаанд, ба 2, 4, 10, 24, 30 Н баробар шуда метавонанд?
2. Ба нӯғҳои милаи массааш 10 кг. ва дарозияш 40 см борҳои массаашон 40 ва 10 кг овехта шудаанд. Миларо аз кучояш овезон кунем, ки вай мувозинат истад?



## ❗ Хулосаҳо аз фасли «Статика»

Шарти мувозинатии ҷисмҳои мутлақ сахт, яъне ҷисмҳои, ки таъйиқи онҳо хеле кам буда ба эътибор гирифта намешавад, бо усули оморӣ (статистикӣ) муоина мешавад.

Ҷисм ҳамон вақт дар ҳолати мувозинат буда метавонад, ки агар суммаи қувваҳои ба он гузошташуда

$$F_1 + F_2 + F_3 + \dots = 0$$

ва инчунин суммаи моменти қувваҳо

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$$

баробари сифр бошанд.

Ҳосили зарби қимати мутлақи қувваро ба китфи он моменти қувва меноманд.

$$|M| = F \cdot d$$

## 1.5. ЛАРЗИШ (ЛАППИШ) ВА МАВҶҲОИ МЕХАНИКӢ

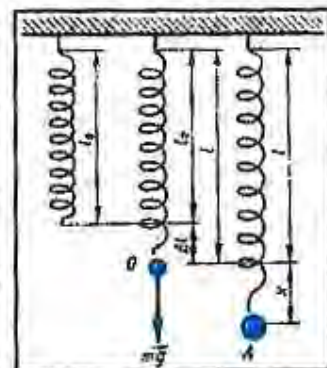
### § 19. Ҳаракати ларзишнок

Бо ларзишҳо (лаппиш) ҳар сари қадам дар техника, зиндагӣ ва рӯзгор дучор меем. Ҳангоми гузаштани қатораву автомобилҳо кӯпрӯкҳо меларзанд, ҳангоми кори дастгоҳҳо, турбинаҳои баландсуръат таҳкурсии ва ҷисмҳои атрофи онҳо меларзанд, бо таъсири бод шоху барги дарахтон меларзанд, атомҳо, ки панҷараи кристаллиро ташкил медиҳанд, доимо дар ларзиш мебошанд ва ғ. Хусусияти асосии ҳаракати ларзишнок – даврнокӣ ё худ бо мурури замон такрорёбии ҳаракати ҷисм ҳисоб мешавад. Фосилаи хурдтарини вақт, ки дар тӯли он ҳаракати ҷисм такрор меёбад, даври ларзиш  $T$  номида мешавад. Адади ларзишҳо дар фосилаи муайяни вақт басомади ларзиш меноманд. Пас фаҳмида мешавад, ки басомад бузургии чаппаи давр будааст:

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (1.5.1)$$

Содатарин намуди ларзиш ларзишҳои ҳисоб мешаванд, ки онҳо аз ҳисоби қувваҳои дохилии система пайдо мешаванд. Ин гуна ларзишҳо ларзишҳои озод ё ларзишҳои хусусии система меноманд.

Ларзиши бор дар пружина. Ба нӯги пружинае, ки дарозиаш  $\ell_0$  аст, бори массааш  $m$ -ро овезон мекунем (расми 43). Дар натиҷаи ба пружина таъсир кардани



Расми 43



қувваи  $F_1 = mg$  вай ба бузургии  $\Delta\ell = \ell - \ell_0$  дароз мешавад. Дар пружина қувваи чандирии  $F_2 = k\Delta\ell$  пайдо мешавад, ки дар ин ҷо

$k = \frac{ES}{\ell_0}$  - сахтии (мазбугӣ) пружина аст. Қувваи чандирий амудан ба боло

равона аст. Ҳангоми дар ҳолати мувозинатӣ (нуқтаи О) қарор доштани бор, қувваҳои  $mg$  ва  $k\Delta\ell$  якдигарро мувозинат мекунад.

$$mg = k\Delta\ell$$

Бо мақсади ба бузургии аз мавқеи мувозинатӣ каноршавии бор баҳо додан координатаи Х-ро мегирем ва онро амудан ба поён равона карда, мавқеи мувозинатии борро ба сифати ибтидои координата қабул мекунем. Барои ин онро то ягон нуқтаи А, ки дар масофаи Х воқеъ аст, ба поён мекашем. Пружина дароз шуда қувваи чандирии он меафзояд:

$$F_3 = k(\Delta\ell + x)$$

Азбаски қувваи вазнинӣ  $mg$  дар айни ҳол тағйир намеёбад, пас ба бор фақат қувваи амудан ба боло самтгирифтан

$$F = mg - k(\Delta\ell + x)$$

таъсир мекунад. Вале  $k\Delta\ell = mg$  аст, пас  $F = -kx$  ҳосил мешавад.

Агар ҳангоми аз мавқеи мувозинатӣ ба масофаи Х каноршавии бор дар система ба қувваи каноркунанда мутаносиб қувваи нави барқароркунанда пайдо шавад, пас ларзиши ҷисмро ларзиши мавзун (гармоникӣ) меноманд. Каноршавии калонтарини ҷисмро дар ҳаракати ларзишнок амплитудани (домана) ларзиш меноманд ва онро бо А ишорат мекунад.

Ҳангоми ларзиши мавзун каноршавии х-ро дар тӯли вақти t бо қонуни синус (косинус) ифода кардан мумкин аст:

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) \quad (1.5.2)$$

ки дар ин ҷо А-амплитудани ларзиш,  $\omega t + \varphi_0$  фазаи ларзиши мавзун ва

$\varphi_0$  - фазаи ларзишҳо дар лаҳзаи ибтидоии вақт ( $t=0$ ) мебошанд.

Ҷисmero, ки ба ресмони наёзандаи массааш нисбат ба массаи ҷисм хеле хурд овехта шудааст, раққосаки математикӣ меноманд.

Раққосаки математикӣ ҳангоми аз мавқеи мувозинатӣ каноршавиаш ларзишҳои (лаппиш) мавзун мекунад.

Даври ларзиши раққосаки математикӣ аз дарозии он  $\ell$  ва шитоби афтиши озоди ҷисм вобаста буда, аз массаи бори овехташаванда



вобастагӣ надорад:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}} \quad (1.5.3)$$

Қисми ларзанда бо заррачаҳои муҳит таъсири мутақобил дорад ва тадричан онҳоро ба ларзиш меорад. Бо мурури замон дар муҳит паҳншавии ларзишҳоро мавҷ меноманд.

Ҳангоми ҳаракати мавҷ заррачаҳои муҳит ҷой иваз накарда, танҳо дар ҳолати мувозинатии ҳеш ба ларзиш меоянд. Аз ин сабаб мегӯянд, ки ҳангоми паҳншавии мавҷ кӯчиши модда ба амал наомада, фақат гузариши энергия аз як зарра ба зарраи дигар ба амал меояд.

### Саволҳои санҷишӣ

1. Кадом ларзишҳоро ларзишҳои озод меноманд?
2. Ларзиши мавзун чӣ гуна ларзиш аст?
3. Мавҷ чист?

### Машқи 12

1. Соати раққосакдор ба вақти Москва танзим шудааст. Ҳамин соат дар истивоии Замин чӣ гуна кор мекунад? (Шитоби афтиши озод дар Москва  $g_1 = 9,816 \text{ м/с}^2$ , дар истивоии Замин  $g_2 = 9,78 \text{ м/с}^2$ ).

2. Кунҷи калонтарини аз мавқеи мувозинат каноршавии раққосаки математикӣ  $\alpha$ , суръати хаттии калонтарини он  $\mathcal{V}$  бошад, давр ва басомади ларзиши раққосакро ёбед.

## § 20. Табдили энергия ҳангоми ларзишҳои механикӣ

Дар мавриди аз ҳолати мувозинатӣ бечо шудани раққосаки математикӣ энергияи потенциалии вай дар майдони ҷозиба зиёд мешавад, чунки баландии он нисбат ба сатҳи Замин меафзояд. Ҳангоми аз нав ба ҳолати мувозинатӣ баргаштани раққосак суръати он ва мувофиқан энергияи кинетикӣ зиёд мешавад. Афзоиши энергияи кинетикӣ аз ҳисоби захираи энергияи потенциалӣ, ки бо камшавии баландии раққосак аз сатҳи Замин кам мешавад, ба вуқӯъ меояд. Дар ҳолати мувозинатӣ энергияи кинетикӣ ба қимати максималӣ ва энергияи потенциалӣ ба қимати минималии худ соҳиб мешаванд. Баъди аз ҳолати мувозинатӣ гузаштани раққосак энергияи кинетикӣ торафт кам шуда, он ба энергияи потенциалӣ табдил меёбад. Суръати раққосак торафт кам шуда, ҳангоми каноршавии максималӣ ба сифр баробар мешавад. Ҳамин тавр ҳангоми ҳаракати ларзишноки раққосак табдили даврии байниҳамдигарии энергияҳои кинетикӣю потенциалӣ ба вуқӯъ меояд.

Ларзиши механикӣ дар асл бе харҷи энергия ба вуҷуд намеояд. Дар ҳар гуна ҳаракати механикӣ, дар натиҷаи таъсири мутақобила бо