ФИЗИКА 10

МЕХАНИКА

КИНЕМАТИКА

ДИНАМИКА

МЕХАНИКАДА САКТАЛУУ МЫЙЗАМДАРЫ

СТАТИКА ЖАНА ГИДРОДИНАМИКА

МЕХАНИКАЛЫК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР ЖАНА ТОЛКУНДАР

ТЕРМОДИНАМИКАНЫН НЕГИЗДЕРИ

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

ТУРУКТУУ ТОКТУН МЫЙЗАМДАРЫ

ТҮРДҮҮ ЧӨЙРӨЛӨРДӨ ЭЛЕКТР ТОГУ

Орто билим берүүчү мекемелердин 10-класстары үчүн окуу китеби

Өзбекстан Республикасынын Элге билим берүү министрлиги бекиткен

1-басылышы

ТАШКЕНТ – “NISO POLIGRAF” – 2017

УЎК: 53(075.3)
КБК 22.3я721
Ф49

Авторлор:

Н. Ш. Турдиев, – IV глава. “Статика жана гидродинамика”, VIII глава. “Туруктуу токтун мыйзамдары”, IX глава. “Түрдүү чөйрөлөрдө электр тогу”;
К. А. Турсунметов – V глава. “Механикалык термелүүлөр жана толкундар”;
А. Г. Ганиев, – III глава. “Механикада сакталуу мыйзамдары”, VI глава. “Термодинамика”;
К. Т. Суяров – I глава. “Кинематика”, VII глава. “Электродинамика”;
Ж. Э. Усаров – II глава. “Динамика”, V глава. “Механикалык термелүүлөр жана толкундар”;
А. К. Авлиякулов – III глава. “Механикада сакталуу мыйзамдары”, VI глава. “Термодинамика”.

Рецензенттер:

Ш. Усманов – ӨзР ИА Физика-техника институнун улук илимий кызматкери, ф.-м. и. к.;
Б. Нуриллаев – Низами атындагы ТМПУ кафедра башчысы, доцент, педагогика илимдеринин кандидаты;
З. Сангирова – РББ башкы методисти;
Б. Саидхужаева – Ташкент облусу, Пскент районундагы 5-мектептин физика мугалими, Өзбекстанда эмгек сиңирген Элге билим берүүнүн кызматкери;
Ф. Норкобилов – Ташкент шаары, Сергели району, 303-мектептин мугалими;
З. Тажибаева – П. Ф. Боровский атындагы медицина коллежинин мугалими;
Н. Бердирасулов – Ташкент шаары, Сергели району 104-мектептин мугалими.

ШАРТТУУ БЕЛГИЛЕР:

| – физикалык чоңдуктарга мүнөздөмө; негизги мыйзамдар;

▭ – маанилүү формулалар;

* – бул темалар физиканы тереӊ үйрөнүүгө кызыккан окуучуларга арналган;

– окуучу тарабынан аткарыла турган практикалык иш;

? – теманын текстин окуп чыккандан кийин коюлган суроолорго жооп бер.

Республикалык максаттуу китеп фондунун каражаттары эсебинен басылды.

ISBN 978-9943-4868-1-2

© Н. Ш. Турдиев жана башк., 2017.
© “Niso Poligraf” басма үйү
(оригинал-макет), 2017.

МЕХАНИКА

1-тема. ФИЗИКАНЫН ИЗИЛДӨӨ УСУЛДАРЫ

Физикада табияттагы жараян жана кубулуштарды үйрөнүүдө өзүнө мүнөздүү изилдөө усулдары бар.

Физика эксперименталдык илим эсептелет. Ошондуктан тажрыйба жүргүзүү жараяны өз алдынча шартты талап кылат. Мында үйрөнүлүп жаткан жараянга тышкы таасир тийбестигине аракеттенишет.

Мындан тышкары, жараяндарга тиешелүү физикалык параметрлердин ортосундагы байланышты математика аркылуу туюнтушат. Ошол боюнча физиктер жараяндардын мындан кийинки жүрүшүн же мурда кандай болгонун өтө так айтып бере алышат. Белгилүү италиялык физик Галилео Галилей минтип жазган эле: «“Табиат китебин” түшүнүү үчүн анын жазылган тилин билүүгө тийишсиң. Бул тил – математика».

Байкоолордон көптөгөн кубулуштар үчүн белгилүү мыйзамченемдүүлүктөр бар экендиги божомолдонот. Буга *илимий гипотеза* дейилет.

Аны текшерүү үчүн, окумуштуулар тажрыйба (эксперимент) жасашат. Ал үчүн табигый шартка жакындаштырылган *атайын шарттар* түзүлөт.

Гипотезаны калыптандыруу жана эксперимент жасоо, анын натыйжаларын түшүндүрүү үчүн, ошол жараян же кубулуштун модели түзүлөт. Жараяндын *модели* деп анын чакан, иретке салынган, маанилүү жактары ажыратып көрсөтүлгөн абалына айтылат. Буга мисал иретинде материалдык чекит жана идеалдуу газ түшүнүктөрүн айтууга болот.

Эксперимент жасоо жараянында тышкы таасирлерден толук кутулууга болбойт. Ошого карабастан, алынган натыйжа боюнча идеалдуу шартта кандай натыйжа чыгышын айтып берүүгө болот. Бул идеалдуу жагдайга *илимий идеалдаштыруу* дейилет. Мындай кубулуштар сырттан каралганда татаалга окшосо да, бирок алар баш ийген мыйзамдардын жөнөкөй болушун көрсөтөт.

Физикалык жараяндардын жүрүшү жөнүндөгү гипотеза ырасталса, ал *физикалык мыйзамга* айланат.

Механиканын негизги мазмунун улуу англис окумуштуусу Исаак Ньютон тарабынан калыптандырылган үч мыйзам: бүткүл дүйнөлүк тартылуу мыйзамы, серпилгич жана сүрүлүү күчтөрүнө таандык мыйзамченемдүүлүктөр түзөт. Газдар үчүн анын басымы, көлөмү жана температурасы ортосундагы байланышты туюнткан мыйзамдар ачылды. Тынч абалда турган заряддалган бөлүкчөлөрдүн ортосундагы өз ара таасир француз физиги Шарль Кулон тарабынан ачылган мыйзамга баш иет.

Кең көлөмдүү кубулуштарды түшүндүргөн мыйзамдар жыйнагына *илимий теория* дейилет. Мисалы, Ньютондун мыйзамдары механиканын классикалык теориясын түзөт. Англис физиги Д. К. Максвелл тарабынан калыптандырылган мыйзамдар электр-магнитизм үчүн классикалык теориянын мазмунун түзөт.

Илимий теория өзүндө мыйзамдар менен биргеликте ошол мыйзамдарды калыптандырууда пайдаланылган физикалык чоңдуктар жана түшүнүктөрдүн мүнөздөмөлөрүн камтыйт.

Маанилүү жери, физикалык теориядагы бардык аныктала турган чоңдуктар *тажрыйбада өлчөнө турган* болууга тийиш.

Бардык физикалык мыйзамдар жана теориялар чындыкка жакын болушу керек. Анткени теорияны жаратууда ар дайым жараян жана кубулуштун моделинен пайдаланылат. Ошол боюнча мыйзам жана теориялардын *колдонулуу чек арасы* болот, мисалы, классикалык механиканын мыйзамдары жарыктын ылдамдыгынан өтө кичине ылдамдыкта аракеттенген телолор үчүн гана орундуу. Элементардык бөлүкчөлөрдүн тездеткичтеринде – бул далилденген. Классикалык механика, ошондой эле, өтө кичине массалуу бөлүкчөлөрдүн (электрондун) кыймылын туура туюнта албайт.

Жаңыдан табылган физикалык теориялар мурдагыларын четке какпайт, аны толуктайт жана тактайт. Жаңы физикалык теорияга коюлган маанилүү талаптардан бири – бул *шайкештик принциби*. Бул деген, белгиленген чек арада жаңы теория мурдагысына шайкеш келиши керек.

?

1. *Эмне себептен физикалык теориядагы бардык аныкталчу чоңдуктар тажрыйбада өлчөнө турган болууга тийиш?*
2. *Гипотеза качан физикалык мыйзамга айланат?*

I глава. КИНЕМАТИКА

2-тема. МЕХАНИКАЛЫК КЫЙМЫЛДЫН ТҮРЛӨРҮ. КЫЙМЫЛДАРДЫН ЭРКИНДИК ПРИНЦИБИ

7-класста сен түрдүү механикалык кыймылдар менен таанышкансың. Аларды чогуу эстейли:

1. Түз сызыктуу бир калыптагы кыймыл. Мындай кыймылда телонун кыймыл траекториясы түз сызыктан турат. Кыймыл ылдамдыгынын чоңдугу жана багыты өзгөрбөйт. Басып өтүлгөн жол $s = v \cdot t$ формуласы менен аныкталат.

2. Түз сызыктуу бир калыпта эмес кыймыл. Мындай кыймылда телонун кыймыл траекториясы түз сызыктан турат. Кыймыл ылдамдыгынын чоңдугу өзгөрөт, бирок багыты өзгөрбөйт. Басып өтүлгөн жол $\boldsymbol{s} = v_{\text{орт}} \cdot \boldsymbol{t}$ формуласы менен аныкталат. Бул жерде $v_{\text{орт}}$ – телонун орточо ылдамдыгы.

3. Түз сызыктуу бир калыпта тездөөчү (басаңдоочу) кыймыл. Мындай кыймылда телонун кыймыл траекториясы түз сызыктан турат. Кыймыл ылдамдыгынын чоңдугу бир калыпта чоңоюп (азайып) барат, б. а. бирдей убакытта бирдей чоңдукка чоңоёт (азаят), бирок багыты өзгөрбөйт. Басып өтүлгөн жол $s = v_{\text{о}} \cdot t \pm \frac{at^2}{2}$ формуласы менен аныкталат ("+" белги бир калыпта тездөөчү, $a > 0$ "–" белги бир калыпта басаңдоочу ($a < 0$) болгондо коюлат).

4. Ийри сызыктуу бир калыптагы кыймыл. Ийри сызыктуу кыймылдын өзгөчө түрү иретинде айлана боюнча бир калыптагы кыймылды алууга болот. Мындай кыймылда ылдамдыктын багыты тынымсыз өзгөрүп, траекторияга жаныма боюнча багытталган болот. Кыймылдын негизги параметрлери: v–сызыктуу ылдамдык; ω–бурчтук ылдамдык; T–айлануу мезгили; ν–айлануу жыштыгы; $S_{\text{жаа}}$–жаанын узундугу; s–басып өтүлгөн жол.

Белгилей кетчү жери, жогорудагы кыймылдарда тело бир гана кыймылда катышкан учурлар үйрөнүлгөн. Турмушта көбүнесе телолор бир убакыттын өзүндө бир нече кыймылда катышат. Мисалы, дарыядагы кеме, поезд вагонунун ичинде жүргөн киши, самолёттон ташталган жүк жана у. с. Мында дарыяда аракеттенген кеме өз кыймылдаткычынын тартуу күчү себептүү бир багытта v_1 ылдамдык менен аракеттенсе, суу аны v_2 ылдамдык менен агымдын багытында аракеттендирет. Бул мисалдарда телонун эки кыймылда катышып жаткандыгы көрүнүп турат.

Мындай суроо туулат. Кемеге өз кыймылдаткычынын тартуу күчү себептүү берилген v_1 ылдамдык дарыянын агуу ылдамдыгынан көз карандыбы? Учуп бара жаткан самолёттон ташталган жүктүн түшүү убакыты самолёттун ылдамдыгынан көз карандыбы?

Тажрыйбалардын көрсөтүшүнчө, кеменин ылдамдыгы суунун агуу ылдамдыгынан, самолёттон ташталган жүктүн түшүү убакыты самолёттун ылдамдыгынан көз каранды эмес!

Мындан төмөнкүдөй тыянак келип чыгат.

Тело катышып жаткан кыймылдар эркин болуп, алардын кыймыл ылдамдыгы (ылдамдануусу) бири-биринен көз каранды эмес. Буга *кыймылдардын эркиндик принциби* дейилет.

Каалагандай татаал кыймылды жөнөкөй кыймылдардын суммасы деп кароого болот. Бул кыймылдар бири-бирине таасир этпейт. Эгерде алардан бири өзүнүн кыймылын өзгөртсө же таптакыр токтотсо, башкасына мунун таасири тийбейт. Ушул принцип боюнча биз үйрөнүлчү жараяндагы вектордук чоңдуктарды өз алдынча түзүүчүлөргө ажыратабыз жана аларды координата окторуна проекциялайбыз. Ылдамдыктын векторлорун кошуп, натыйжалык ылдамдыкты чыгаруу да ошол принциптин негизинде болот. Бир нече кыймылда катышкан телонун кыймылы үчүн төмөнкүлөрдү жазабыз:

$$\vec{s}_{\text{жалп.}} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2 + \vec{s}_3 + \ \dots\ . + \vec{s}_n,$$

$$\vec{v}_{\text{жалп.}} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 + \vec{v}_3 + \ \dots\ . + \vec{v}_n \qquad (1.1)$$

$$\vec{a}_{\text{жалп.}} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3 + \ \dots\ . + \vec{a}_n$$

$$\vec{s} = \vec{s}_0 + \vec{v}_{\text{жалп}} t + \frac{a_{\text{жалп}} t^2}{2}.$$

Аларга тиешелүү түрдө чоңдуктардын x жана y окторуна болгон проекциялары төмөнкүдөй болот:

$$s_x = s_{0x} + v_x t + \frac{a_x t^2}{2}, \qquad s_y = s_{0y} + v_y t + \frac{a_y t^2}{2}. \qquad (1.2)$$

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Теплоходдун тынч суудагы ылдамдыгы 70 км/саат. Ал агым боюнча бири-биринен 36 км алыста жайлашкан пристандардын аралыгын канча убакытта басып өтөт? Дарыя агымынын агуу ылдамдыгы 2 км/саат.

Б е р и л г е н:	Ф о р м у л а с ы жана ч ы г а р ы л ы ш ы:
$s=36$ км $v_{теп.}=70$ км/саат $v_{дарыя.}=2$ км/саат	$s=v\cdot t$; $v=v_{теп.}+v_{дарыя}$; $s=(v_{теп.}+v_{дарыя})\cdot t$; Мындан $t=\dfrac{s}{v_{теп.}+v_{дарыя}}$; $t=\dfrac{36}{(70+2)}\dfrac{\text{км}}{\text{км/саат}}=0{,}5$ саат.
Табуу керек $t-?$	*Жообу:* 0,5 саат.

1. *Кандай учурда ылдамдык вектору түзүүчүлөргө ажыратылат?*
2. *Кыймылдардын эркиндик принциби эмнеден турат?*
3. *Эмне себептен тело бир мезгилде бир нече кыймылда катышса, кыймылдар бири-бирине таасирин тийгизбейт?*

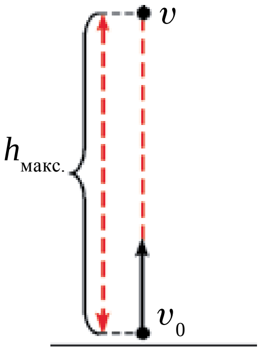
3-тема. ТЕЛОЛОРДУН ВЕРТИКАЛДУУ КЫЙМЫЛЫ

Кандайдыр телону колубузда кармап туруп, коюп жиберсек, тело тартылуу күчүнүн таасиринде жердин бетин карай аракеттенет. Телонун мындай кыймылына *ылдый карай вертикалдуу кыймыл* дейилет. Алар менен сен 7-класста таанышкансың. Бул темада биз аны кыймылдардын эркиндик принциби көз карашынан үйрөнөбүз.

Тело вертикалдуу аракеттенгенде ага бир же бир нече күч (оордук күчү, абанын каршылык күчү, Архимед күчү) таасир этет. Телонун жогоруга тик (вертикалдуу) кыймылында маселени жөнөкөйлөштүрүү максатында абанын каршылык *күчүн* жана Архимед күчүн эсепке албайбыз.

Телону жогоруга вертикалдуу багытта v_0 башталгыч ылдамдык менен ыргытып, анын кыймылына байкоо жүргүзөлү (1.1-сүрөт). Эгерде тело ушул v_0 ылдамдык менен гана жогоруга аракеттенсе, ал t убакыттын ичинде $h_1=v_0\cdot t$ бийиктикке көтөрүлмөк. Бирок жердин тартуу күчү таасиринде ошол t убакыттын ичинде телонун көтөрүлүү бийиктиги

$h_2 = gt^2/2$ ге азаят. Анда телонун көтөрүлүшү мүмкүн болгон бийиктик $h = h_1 - h_2$ ге барабар болот, б. а. телонун кыймыл теңдемеси



1.1-сүрөт.

$$h = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2} \qquad (1.3)$$

аркылуу туюнтулат.

Жогоруга вертикалдуу ыргытылган телонун кыймылы бир калыпта басаңдоочу кыймылдан турат.

Телонун t убакыттан кийинки ылдамдыгы

$$v = v_0 - gt \qquad (1.4)$$

туюнтма жардамында аныкталат. Тело эң бийик көтөрүлүү чекитине жетип токтойт ($v = 0$) жана ылдый карай вертикалдуу кыймылын баштайт.

(1.4) формуласынын сол жагын нөлгө теңештирип, телонун көтөрүлүшү үчүн кеткен убакытты эсептөө формуласына ээ болобуз:

$$t_k = \frac{v_0}{g}. \qquad (1.5)$$

Телонун максималдуу көтөрүлүү бийиктигинин туюнтмасы:

$$h = \frac{v_0 t_к}{2} = \frac{g t_к^2}{2} = \frac{v_0^2}{2g}. \qquad (1.6)$$

Аба каршылыгы эсепке алынбас деңээлде аз болгон шартта жогоруга тик атылган телонун көтөрүлүшү үчүн кеткен убакыт анын түшүү убакытына барабар, б. а. $t_к = t_т$. Ошондой эле, тело кандай ылдамдык менен жогоруга тик атылса, атылган жерине дал ошондой ылдамдык менен кайра түшөт.

Ылдый вертикалдуу атылган телонун кыймылы бир калыпта ылдамдануучу кыймылдан турат. Мында телонун t убакыттан кийинки ылдамдыгы

$$v = v_0 + gt \qquad (1.7)$$

туюнтма жардамында аныкталат. Ылдыйга вертикалдуу атылган тело кыймылынын теңдемесин төмөнкүдөй жазабыз:

$$h = v_0 t_т + \frac{g t_т^2}{2}. \qquad (1.8)$$

Телонун вертикалдуу кыймыл мыйзамдарын биринчи болуп улуу италиялык окумуштуу Г. Галилей тажрыйбалар негизинде үйрөндү. Жүргүзүлгөн тажрыйбалар негизинде телолордун вертикалдуу түшүшүндө эки мыйзамченемдүүлүк бар экендиги аныкталды. Биринчиден, телонун вертикалдуу түшүшү түз сызыктуу бир калыпта ылдамдануучу кыймылдан турат, экинчиден, бардык тело эркин түшүү учурунда туруктуу ылдамдануу менен аракеттенет.

Телонун эркин түшүшү бир калыпта ылдамдануучу кыймыл болгондугу эсепке алынса, бул кыймыл үчүн да түз сызыктуу бир калыпта ылдамдануучу кыймылдын бардык теңдемелери орундуу болот, бирок аларда a ылдамданууну g эркин түшүү ылдамдануусу менен, s жолду болсо h бийиктик менен алмаштыруу керек (1-жадыбал).

Эркин түшүү бир калыпта ылдамдануучу (жогоруга тик атылган тело бир калыпта басаңдоочу) кыймылда болгондуктан, тело кыймылынын орточо ылдамдыгы төмөнкү туюнтма жардамында аныкталат:

$$v_{\text{орт.}} = \frac{v_0 + v}{2}. \qquad (1.9)$$

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Бийиктиги 20 м болгон имараттан түшүп жаткан телонун баштапкы ылдамдыгы 15 м/с. Анын жерге урулгандагы ылдамдыгы эмнеге барабар?

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$h = 20$ м $v_0 = 15\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$ $g = 10\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$	$v = \sqrt{(15^2 + 2\cdot 10\cdot 20)\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 25\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$
Табуу керек $v - ?$		*Жообу:* $25\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$.

1-жадыбал

Бир калыпта ылдамдануучу кыймылдын теңдемелери	**Эркин түшүүдөгү кыймылдын теңдемелери**
$v = v_0 + at$ эгерде $v_0 = 0$ болсо, $v = at$	$v = v_0 + gt$ эгерде $v_0 = 0$ болсо, $v = gt$
$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$; эгерде $v_0 = 0$ болсо, $s = \frac{at^2}{2}$	$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$; эгерде $v_0 = 0$ болсо, $h = \frac{gt^2}{2}$

$s=\dfrac{v^2-v_0^2}{2a}$	$h=\dfrac{v^2-v_0^2}{2g}$
Эгерде $v_0=0$ болсо, $v=\sqrt{2as}$	Эгерде $v_0=0$ болсо, $v=\sqrt{2gh}$

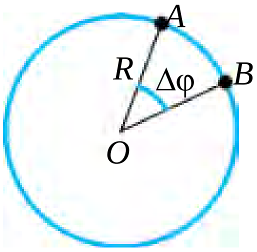
1. Жогоруга вертикалдуу атылган телонун кыймылы кандай өз алдынча кыймылдардан турат?

2. Жогоруга вертикалдуу атылган тело кыймылынын теңдемесинде эмне үчүн ылдамдануу минус белгиси менен алынган?

3. Тело жогоруга көтөрүлүп жатканда анын ылдамдануусу өзгөрөбү?

1. Жогоруга тик атылган телонун көтөрүлүү убакыты менен түшүү убакытынын барабардыгын далилде.
2. Телону жогоруга кандай ылдамдык менен ыргытсак, ал ыргытылган жерине дал ошондой ылдамдык менен кайта түшүшүн далилде.

4-тема. АЙЛАНА БОЮНЧА БИР КАЛЫПТА ЭМЕС КЫЙМЫЛ. БУРЧТУК ЫЛДАМДАНУУ. ТАНГЕНЦИАЛДЫК ЫЛДАМДАНУУ



1.2-сүрөт.

Сен 7-класста айлана боюнча бир калыпта кыймыл менен таанышкансың. Бул темада айлана боюнча бир калыпта эмес кыймылды үйрөнөбүз. Айлана боюнча бир калыпта кыймылга тиешелүү физикалык чоңдуктарды эстеп көрөлү (1.2-сүрөт).

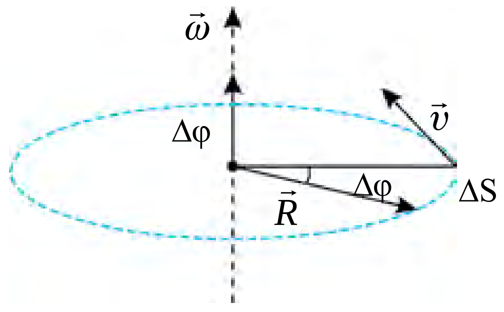
1. Айлана боюнча бир калыпта аракеттенген материалдык чекиттин убакыт бирдиги ичинде жаа боюнча басып өткөн жолуна сан жагынан барабар болгон чоңдукка сызыктуу ылдамдык дейилет жана төмөнкүдөй туюнтулат.

$$v=\frac{\breve{S}_{AB}}{t}. \qquad (1.10).$$

2. Айлана боюнча бир калыпта кыймылда айлана радиусунун бурулуу бурчунун бурулууга кеткен убакытка катышына бурчтук ылдамдык дейилет:

$$\omega=\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}. \qquad (1.11)$$

Бурчтук ылдамдык да сызыктуу ылдамдык сыяктуу вектордук чоңдук эсептелет. Анын багыты оң винт (бурама) эрежеси боюнча аныкталат. Мында оң винт бөркүнүн айлануу багыты материалдык чекиттин айланышы менен дал келсе, анын учунун багыты бурчтук ылдамдык векторунун багыты менен дал түшөт (1.3-сүрөт).



1.3-сүрөт.

Көптөгөн учурларда айланма кыймыл жасаган телолор өз айлануу ылдамдыгын өзгөртөт. Мисалы, машина ордунан козголуп, белгилүү ылдамдыкка жеткенге же тормоздолуп токтогонго чейин анын дөңгөлөктөрү ошондой аракеттенет.

Айланада аракеттенген телонун бурчтук ылдамдыгы убакыт өтүшү менен өзгөрүп турган кыймылга *өзгөрмө айланма кыймыл* дейилет.

Өзгөрмө айланма кыймылдардын арасында бурчтук ылдамдыгы каалагандай убакыт аралыгында бирдей санда өзгөрүп турган кыймылдар да кездешет. Мисалы, бекетке жакындашып же андан алыстап жаткан автобустун дөңгөлөгү бир калыпта өзгөрмө айланма кыймыл жасайт. Мындай кыймылдарда бурчтук ылдамдыктын өзгөрүү темпи бурчтук ылдамдануу деп аталган физикалык чоңдук менен мүнөздөлөт.

Бурчтук ылдамдык өзгөрүшүнүн өзгөрүү үчүн кеткен убакытка катышы менен өлчөнгөн чоңдукка *бурчтук ылдамдануу* дейилет.

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}. \tag{1.12}$$

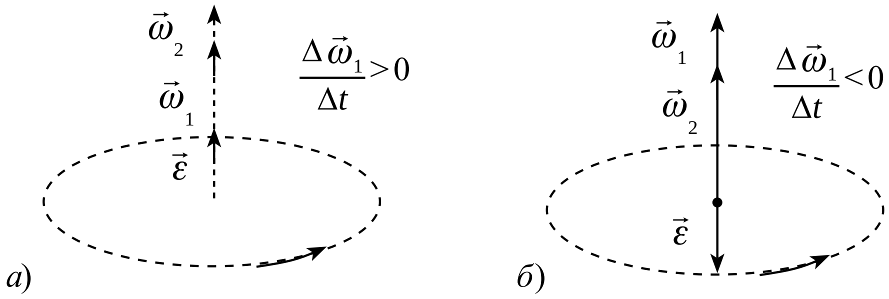
Бир калыпта өзгөрмө айланма кыймылдын бурчтук ылдамданышы убакыт өтүшү менен өзгөрбөйт, анткени анын бурчтук ылдамдыгы да бирдей убакыт аралыктарында бирдей санга өзгөрөт. Эгерде аракеттенген материалдык чекиттин баштапкы бурчтук ылдамдыгы ω_0, Δt убакыт өткөндөн кийинки бурчтук ылдамдыгы ω болсо, бурчтук ылдамдыгынын өзгөрүшү $\Delta\omega=\omega-\omega_0$ болот. Анда (1.12) теңдеме төмөнкү көрүнүштө жазылат:

$$\varepsilon = \frac{\omega-\omega_0}{\Delta t} \tag{1.13}$$

Мындан бурчтук ылдамдануунун бирдиги $[\varepsilon]=\frac{\text{рад}}{s^2}$ алынат. (1.13) туюнтмадан каалагандай убакыттагы бурчтук ылдамдыкты аныктоо формуласы келип чыгат:

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon \Delta t. \quad (1.14)$$

Бурчтук ылдамдык кыймыл бою бир калыпта чоңоюп барса, айланма кыймыл бир калыпта ылдамдануучу болот ($\varepsilon > 0$) (1.4-*а* сүрөт). Айланма кыймылдын бурчтук ылдамдыгы айлануу жараянында бир калыпта азайып барса, мындай айланма кыймылга бир калыпта басаңдоочу дейилет жана $\varepsilon < 0$ болот (1.4-*б* сүрөт).



1.4-сүрөт.

Айланма кыймылда бурчтук ылдамдык вектордук чоңдук болгондуктан, анын бурчтук ылдамдануусу да вектордук чоңдук болот. Анткени, (1.13) барабардыктагы Δt – скалярдык чоңдук. $\omega > \omega_0$ болгондо, $\varepsilon > 0$ болуп, $\vec{\varepsilon}$ бурчтук ылдамдык вектору менен бир жакка, $\omega < \omega_0$ болгондо, $\varepsilon < 0$ болуп, бурчтук ылдамдыкка тескери багытталган болот.

Бир калыпта өзгөрмө айланма кыймылдын теңдемелерин алуу үчүн бир калыпта өзгөрмө түз сызыктуу кыймыл теңдемелериндеги басып өткөн s жолду бурулуу бурчу φ менен, ылдамдык v ны бурчтук ылдамдык ω менен жана ылдамдануу a ны бурчтук ылдамдануу ε менен алмаштыруу жетиштүү. Бул кыймылдардын өз ара салыштырылган теңдемелери төмөнкү жадыбалда келтирилген:

Түз сызыктуу бир калыпта өзгөрмө айланма қыймыл (a=const)	Бир калыпта өзгөрмө айланма кыймыл (ε=const)
$s = v_{орт} \cdot t$	$\varphi = \omega_{орт.} \cdot t$
$v_{орт.} = \frac{v_0 + v}{2}$	$\omega_{орт.} = \frac{\omega_0 + \omega}{2}$
$v = v_0 + a \cdot t$	$\omega = \omega_0 + \varepsilon \cdot t$

$$s = v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a \cdot s$$

эгерде $v_0 = 0$ болсо,

$v = a \cdot t$ жана $v = \sqrt{2a \cdot s}$

эгерде $a < 0$ болсо,

$$v = v_0 - a \cdot t$$

$$s = v_0 \cdot t - \frac{a \cdot t^2}{2}$$

$$v_0^2 - v^2 = 2a \cdot s$$

$$\varphi = \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$$

$$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\varepsilon \cdot \varphi$$

эгерде $\omega_0 = 0$ болсо,

$\omega = \varepsilon \cdot t$ жана $\omega = \sqrt{2\varepsilon \cdot \varphi}$

эгерде $\varepsilon < 0$ болсо,

$$\omega = \omega_0 - \varepsilon \cdot t$$

$$\varphi = \omega_0 \cdot t - \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$$

$$\omega_0^2 - \omega^2 = 2\varepsilon \cdot \varphi$$

Айланма кыймылда материалдык чекиттин сызыктуу ылдамдыгынын сандык мааниси өзгөргөн учурлар да кездешет. Мындай учурда материалдык чекиттин сызыктуу ылдамдыгы өзгөрүшү менен байланыштуу ылдамдануу пайда болот. Бул ылдамдануу ылдамдыктын сандык мааниси өзгөрүшү себептүү алынгандыктан, анын багыты ылдамдыктын багыты менен дал түшөт. Ошондуктан аны жаныма, б. а. *тангенциалдык ылдамдануу* деп атайбыз жана анын туюнтмасы төмөнкүдөй болот:

$$\vec{a}_\tau = \frac{\Delta\vec{v}}{t}. \tag{1.15}$$

Ошентип, айланма аракеттенген материалдык чекиттин сызыктуу ылдамдыгы да өзгөрсө, анын жалпы ылдамдануусу

$$\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_н \text{ же } a = \sqrt{a_\tau^2 + a_н^2} \tag{1.16}$$

туюнтма аркылуу аныкталат. Бул жерде: $a_\tau = \varepsilon R$ ге барабар.

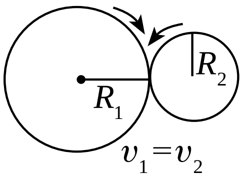
1. *Бир калыпта өзгөрмө кыймылдын бурчтук ылдамдануусу деп эмнеге айтылат? Ал кандай бирдикте өлчөнөт?*
2. *Бурчтук ылдамдыктын багыты кандай аныкталат?*
3. *Нормалдуу же тангенциалдык ылдамдануусу жок ийри сызыктуу кыймыл барбы?*
4. *Дөңгөлөк бир калыпта басаңдоочу кыймыл жасап, 1 мин. бою жыштыгын 300 1/мин. тан 180 1/мин ка чейин азайтырды. Дөңгөлөктүн бурчтук ылдамдануусун жана ошол мезгилдеги толук айлануулар санын тап.*

5-тема. АЙЛАНМА ЖАНА АЛГА УМТУЛМА КЫЙМЫЛДЫ ӨЗ АРА БЕРҮҮ

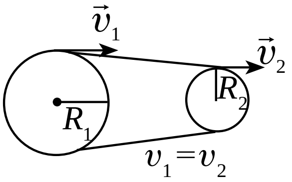
Аракеттеги транспорттук каражаттардын кыймылына байкоо жүргүзүлсө, алардын кыймылдаткычы бирдей иштесе да, түрдүү ылдамдыкта аракеттениши байкалат. Автомобиль тегиз жолдо чоң ылдамдык менен, өргө чыгууда, баткактуу жерлерде секин жүрөт. Ошондой эле токуучулукта, өнөр жайда иштетилчү станоктордо да алардын түрдүү бөлүктөрү түрдүүчө ылдамдыкта айланганын көрүүгө болот. Күндөлүк турмушта иштетилчү тигүү машинасында да айланма кыймыл жана аны алга умтулма кыймылга айландырып берген механизмдер колдонулат (1.5-сүрөт).

1.5-сүрөт.

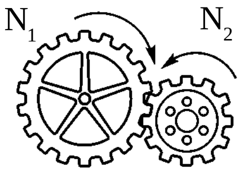
Мындай механизмдерде айланма кыймылды берүүнүн фрикциондук, тасмалуу жана тиштүү дөңгөлөк сыяктуу усулдары бар жана бул темада сен алар менен таанышасың.



1.6-сүрөт.



1.7-сүрөт.



1.8-сүрөт.

Фрикциондук усулда кыймылды берүү. Айланма кыймылды фрикциондук усулда берүү үчүн ар кыл диаметрлүү эки дөңгөлөк бирибирине күч менен кысып турулат. Алардан бири саат жебесинин багыты боюнча айланса, экинчиси сүрүлүү күчүнүн таасиринде кыймылга келип, саат жебесинин айланышына карама-каршы багытта айланат (1.6-сүрөт).

Фрикциондук берүү усулунан берилген кубаттуулук чоң болбогон учурларда гана пайдаланылат. Бул кыймылда дөңгөлөктөр бирибирине салыштырмалуу сүрүлбөйт, ошондуктан дөңгөлөктөр четинин сызыктуу ылдамдыктарынын модулдары сан жагынан өз ара барабар болот: $v_1=v_2$ же

$$\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{R_2}{R_1}. \qquad (1.17)$$

Кыймылды тасмалуу берүү. Айланма кыймылды тасмалуу берүүдө эки дөңгөлөк бири-бирине бекем тартылган тасма менен бириктирилет (1.7-сүрөт). Мында берүү сүрүлүүнүн эсебине ишке ашырылат. Кыймыл берүүчү шкивге (дөңгөлөккө) жетелөөчү, кыймылды кабыл алуучу шкивге (дөңгөлөккө) жетеленүүчү шкив дейилет. Тасмалуу берүүдө да айланган дөңгөлөктөрдүн сызыктуу ылдамдыктарынын модулдары өз ара барабар: $\upsilon_1=\upsilon_2$.

Бурчтук ылдамдыктары болсо дөңгөлөктөрдүн радиустары аркылуу өз ара төмөнкү катышта болот:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{R_2}{R_1}. \qquad (1.18)$$

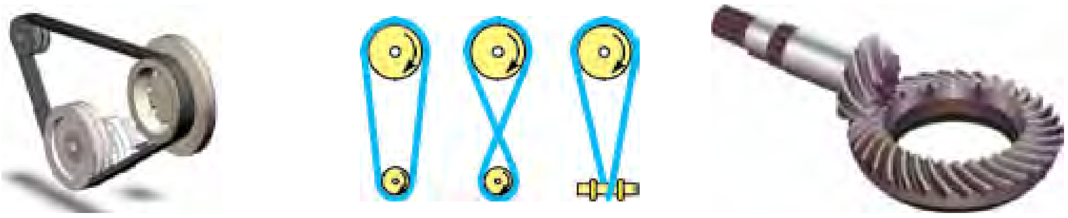
Кыймылды тиштүү дөңгөлөктөр аркылуу берүү. Ар кыл диаметрлүү эки тиштүү дөңгөлөктүн тиштерин бири-бирине кийгизүү аркылуу айланма кыймылды берүү усулу тиштүү берүү деп аталат (1.8-сүрөт). Биринчи дөңгөлөктөгү тиштердин саны N_1 болуп, секундуна v_1 жолу айлансын, аны менен ашташкан экинчи дөңгөлөк болсо N_2 тишке ээ болуп, секундуна v_2 жолу айлансын. Ашташуу чекитинен убакыт бирдиги ичинде биринчи дөңгөлөктүн $N_1 \cdot v_1$ тиши өткөндө, экинчисинин $N_2 \cdot v_2$ тиши өтөт. Эки дөңгөлөктүн убакыт бирдиги ичинде ашташуу чекитинен өткөн тиштеринин саны бирдей болот, б. а.:

$$N_1 \cdot v_1=N_2 \cdot v_2. \qquad (1.19)$$

Мындан, бири-бирине ашташкан дөңгөлөктөрдөн ар биринин айлануу жыштыгы анын тиштери санына тескери пропорциялаш болот:

$$\frac{N_1}{N_2}=\frac{v_2}{v_1}. \qquad (1.20)$$

1.9-сүрөттө жетелөөчү жана жетеленүүчү валдар бир жакка жана карама-каршы жакка айландырганда тасмалар уланган абалдар келтирилген.

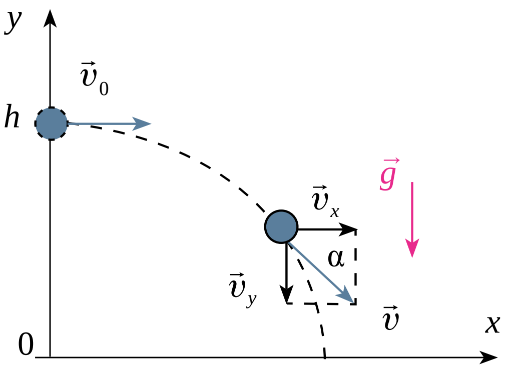


1.9-сүрөт.

1. *Айланма кыймылды фрикциондук берүүнүн кандай оң жана терс жактары бар?*
2. *Айланма кыймылды тасмалуу берүүдө иштетилчү механизмдерге мисалдар келтир?*
3. *Айланма кыймылды тиштүү берүү кандай ишке ашырылат?*

6-тема. ГОРИЗОНТАЛДУУ АТЫЛГАН ТЕЛОНУН КЫЙМЫЛЫ

Шарча столдун четинен жерге жетип келгенге чейин эки кыймылда катышат. Мында биз анын баштапкы багытта өзүнүн кыймылын улантканын жана вертикалдуу багытта аракеттенип, ылдыйга түшкөнүн көрөбүз.



1.10-сүрөт.

Шарчанын бул кыймылы кандайдыр бийиктиктен горизонталдуу атылган телонун кыймылына мисал болот. Бул кыймылды мүнөздөө үчүн *xOy* координата системасын тандап, аны атылуу чекитине бириктиребиз (1.10-сүрөт). Абанын каршылыгы өтө кичине болгондо, тело горизонталдуу багытта өзгөрбөс v_0 ылдамдык менен бир калыпта кыймыл жасайт. Ошондуктан каалагандай *t* убакыттан кийинки горизонталдуу багыттагы жылышы же учуу алыстыгы төмөнкүдөй эсептелет:

$$x = s = v_0 \cdot t. \tag{1.21}$$

Тело ылдамдыгынын *x* жана *y* октордогу проекциялары төмөнкүдөй туюнтулат:

$$v_x = v_0, \qquad v_y = -g \cdot t. \tag{1.22}$$

Тело вертикалдуу багытта болсо *h* бийиктиктен баштапкы ылдамдыксыз бир калыпта ылдамдануучу кыймыл жасап эркин түшөт. Ошондуктан каалагандай *t* убакыттан кийинки вертикалдуу багыт боюнча абалы төмөнкүдөй эсептелет:

$$y = h - \frac{gt^2}{2}. \tag{1.23}$$

Горизонталдуу атылган телонун xOy тегиздигиндеги кыймыл траекториясынын теңдемеси (1.21) жана (1.23) туюнтмаы боюнча төмөнкүдөй болот:

$$y = h - \frac{g}{2v_0^2} x^2 . \tag{1.24}$$

(1.24) туюнтма параболанын теңдемесин туюнтат. Демек, горизонталдуу атылган тело парабола сызыгы боюнча кыймыл жасайт. h бийиктиктен атылган телонун учуу убакыты

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \tag{1.25}$$

туюнтманын жардамында аныкталат. Анда телонун учуу алыстыгы

$$s = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}} \tag{1.26}$$

көрүнүшүн алат.

Горизонталдуу атылган тело бир убакыттын өзүндө горизонталдуу багытта бир калыпта жана вертикалдуу багытта бир калыпта ылдамдануучу кыймыл жасап, эркин түшөт. Кыймылдын акырындагы (t убакыт өткөндөн кийин) горизонталдуу жана вертикалдуу багыттагы ылдамдыктар тиешелүү түрдө $v_x = v_0$ жана $v_y = g \cdot t$ болот. Анда телонун жерге түшүшүндөгү ылдамдыгы төмөнкүдөй аныкталат:

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2$$

же

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} . \tag{1.27}$$

Ийри сызык боюнча аракеттенген телонун жылышы анын басып өткөн жолуна барабар болбойт. Ошондой эле, горизонталдуу атылган телонун кыймылы учурунда ылдамдык векторунун модулу жана багыты тынымсыз өзгөрүп турат.

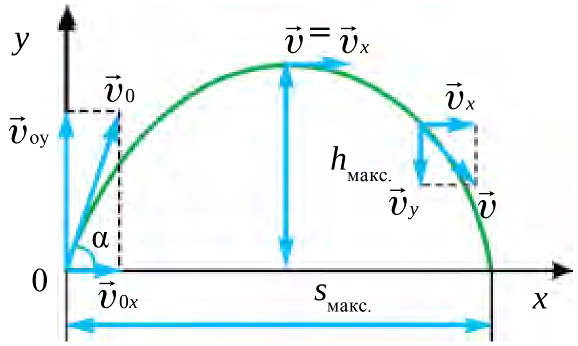
Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Тело 35 м бийиктиктен 30 м/с ылдамдык менен горизонталдуу ыргытылды. Анын жерге түшүүдөгү ылдамдыгын тап.

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$h=35$ м $v_0=30$ м/с $g\approx 10$ м/с^2	$v=\sqrt{v_0^2+2gh}$	$v=\sqrt{(30\text{ м/с})^2+2\cdot 10\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\cdot 35\text{ м}}=$ $=40$ м/с.
Табуу керек $v-?$		*Жообу:* 40 м/с.

1. Горизонталдуу атылган тело кандай кыймылдарда катышат?
2. Анын траекториясы кандай сызыктан турат?
3. Горизонталдуу атылган тело ылдамдыгынын горизонталдуу жана вертикалдуу түзүүчүлөрүнөн кайсы бири телонун кыймылы бою өзгөрбөйт?
4. Күндөлүк турмуштан тема боюнча кошумча мисал келтире аласыңбы?
5. Горизонталдуу багытта баштапкы 10 м/с ылдамдык менен атылган телонун учуу алыстыгы, атылган бийиктигине барабар болду. Тело кандай бийиктиктен атылган?

7-тема. ГОРИЗОНТКО КЫЙШЫК АТЫЛГАН ТЕЛОНУН КЫЙМЫЛЫ



1.11-сүрөт.

Горизонтко салыштырмалуу кандайдыр бурч менен кыйшык атылган телонун кыймылына байкоо жүргүзсөк, анын баштап горизонталдуу багытта атылган чекитинен алыстаганын жана вертикалдуу багытта көтөрүлгөнүн көрөбүз. Демек, горизонтко кыйшык атылган тело бир убакыттын өзүндө горизонталдуу жана вертикалдуу багыттар боюнча аракеттенет экен. Горизонталдуу багытта тело бир калыпта аракеттенет. Ал вертикалдуу багытта максималдуу бийиктикке көтөрүлгөнгө чейин бир калыпта басаңдоочу, андан кийин ылдый карай бир калыпта ылдамдануучу кыймыл жасайт (1.11-сүрөт).

Горизонтко бурч менен атылган телонун кыймыл траекториясы парабола көрүнүшүндө болот. Тело учуу жараянында бир убакыттын өзүндө горизонталдуу жана вертикалдуу багыттарда аракеттенгендиктен, телонун v_0 баштапкы ылдамдыгын горизонталдуу (v_{ox}) жана вертикалдуу (v_{oy}) түзүүчүлөргө ажыратабыз:

$$\begin{cases} v_{0x} = v_0 \cdot \cos\alpha, \\ v_{0y} = v_0 \cdot \sin\alpha. \end{cases} \qquad (1.28)$$

Эсептөөнү жөнөкөйлөштүрүү үчүн абанын каршылыгын эсепке албайбыз. Телонун каалагандай t убакыттан кийинки горизонталдуу багыттагы жылышы төмөнкү

$$s_x = v_{0x} \cdot t = v_0 \cdot t \cdot \cos\alpha \qquad (1.29)$$

барабардыктан аныкталат.

Телонун каалагандай t убакыттагы горизонталдуу жана вертикалдуу багыттагы ылдамдыгы төмөнкү барабардыктардан аныкталат:

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cdot \cos\alpha,$$

$$v_y = v_{0y} - gt = v_0 \cdot \sin\alpha - gt. \qquad (1.30)$$

Горизонтко кыйшык атылган телонун кыймылында ылдамдыгынын горизонталдуу түзүүчүсү өзгөрбөсө да, ылдамдыктын вертикалдуу түзүүчүсү көтөрүлүүдө бир калыпта азайып барат жана траекториянын эң жогору чекитинде нөлгө барабар болот. Демек, горизонтко бурч менен атылган тело траекториясынын эң жогору чекитинде минималдуу ылдамдыкка ээ болот:

$$v_{\text{мин.}} = v_0 \cdot \cos\alpha. \qquad (1.31)$$

Ошондон кийин, тело ошол чекиттен v_{0x}ылдамдык менен горизонталдуу атылган тело сыяктуу кыймыл жасайт.

Тело траекториясынын эң жогору көтөрүлүү чекитинде $v_y = 0$ же $v_0 \sin\alpha - gt = 0$ катыштан көтөрүлүү убакытын аныктайбыз:

$$t_k = \frac{v_0 \cdot \sin\alpha}{g}. \qquad (1.32)$$

Телонун максималдуу көтөрүлүш бийиктиги төмөнкүдөй болот:

$$h_{\text{макс.}} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}. \qquad (1.33)$$

Телонун ылдый карай кыймыл (түшүү) убакыты, анын жогоруга көтөрүлүү убакытына барабар, б. а. $t_k = t_t$. Мындан телонун жалпы учуу убакыты:

$$t = \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g}. \qquad (1.34)$$

Горизонтко бурч менен атылган тело горизонталдуу багытта бир калыпта кыймыл жасайт. Ошондуктан телонун учуу алыстыгы ылдамдыктын горизонталдуу түзүүчүсүнөн гана көз каранды болот. Учуу алыстыгын эсептөө үчүн учуу убакыттын туюнтмасын $s_x = v_0 \cdot t = v_{0x} \cdot t \cdot \cos\alpha$ туюнтмага коёбуз жана

$$s_x = v_{0x} \cdot t = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

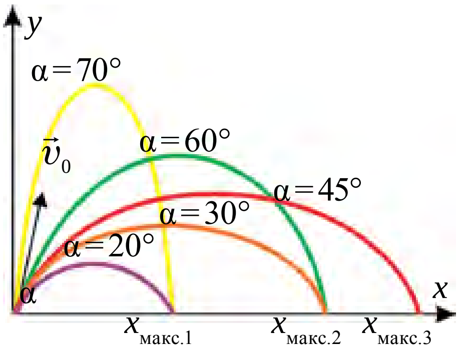
же

$$s = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \qquad (1.35)$$

ээ болобуз. Туюнтмадан көрүнүп тургандай, горизонтко салыштырмалуу бурч менен атылган телонун учуу алыстыгы атылуу бурчунан көз каранды. 1.12-сүрөттө телонун учуу алыстыгы менен көтөрүлүү бийиктигинин атылуу бурчуна көз карандылыгы келтирилген. Сүрөттөн көрүнүп тургандай, бурчтун чоңоюп барышы менен көтөрүлүү бийиктиги да чоңоюп барат.

Телонун учуу алыстыгы баштап атылуу бурчу чоңоюшу менен чоңоёт жана 45° ка барабар болгондо максималдуу мааниге жетет. Андан кийин бурчтун чоңоюшу менен учуу алыстыгы азаят.

Горизонтко салыштырмалуу бурч менен атылган телонун кыймыл траекториясынын теңдемесин келтирип чыгарабыз. Ал үчүн



1.12-сүрөт.

$$y = v_{oy}t - \frac{gt^2}{2}$$

теңдемеге (1.29) теңдемеден $t = \frac{x}{v_0 \cos\alpha}$ убакытты таап койсок, траекториянын теңдемеси төмөнкү көрүнүштө экендиги келип чыгат:

$$y = x \cdot \mathrm{tg}\alpha - \frac{g \cdot x^2}{2v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}. \qquad (1.36)$$

Демек, горизонтко кыйшык атылган тело координата башынан өткөн парабола боюнча аракеттенет экен, анткени $x=0$ da $y=0$ болот. Бул теңдемедеги x^2 тин алдындагы коэфициенттин терс белгилүү экендиги парабола бутактарынын ылдый карай багытталгандыгын билдирет.

Реалдуу шарттарда абанын каршылыгы учуу алыстыгына чоң таасир көрсөтөт. Мисалы, 100 м/с менен атылган снаряд вакуумда 1000 м ге учуп барса, абада 700 м ге барат. Тажрыйбалар, атылуу бурчу 30–40° кылып алынса, атылган тело эң алыс аралыкка барышын көрсөтөт.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Топ 10 м/с ылдамдык менен горизонтко 30° кыйшык атылды. Ал канча бийиктикке көтөрүлөт?

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$v_о = 10$ м/с $\alpha = 30°$ $g = 9{,}81$ м/с^2 Табуу керек h – ?	$h_{макс.} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$	$h_{макс.} = \frac{\left(10\frac{м}{с}\right)^2 \cdot 1/4}{2 \cdot 9{,}81\ м/с^2} = 1{,}27$ м. *Жообу:* 1,27 м.

1. Баскетболчу топту торго түшүрүү үчүн өзүнүн боюн эсепке алабы?

2. Горизонтко жантык атылган тело абанын каршылыгы эсепке алынганда кандай траектория боюнча аракеттенет?

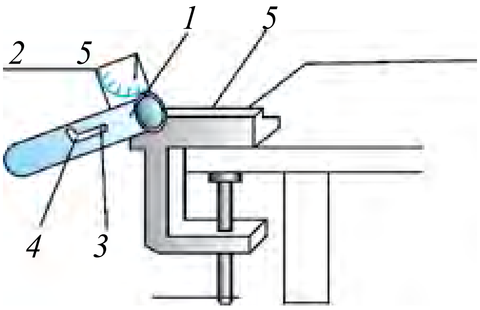
3. Жаа атуу мелдешинде катышкан спортчу жаанын жебесин горизонтко салыштырмалуу кандай бурч менен атууга тийиш?

Короодо же ваннада водопроводдун кранына шлангды улап, сууну түрдүү бурч менен сээп көр. Натыйжаны иликте.

8-тема. ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ: ГОРИЗОНТКО КЫЙШЫК АТЫЛГАН ТЕЛОНУН КЫЙМЫЛЫН ҮЙРӨНҮҮ

Иштин максаты. Телонун учуу алыстыгынын атылуу бурчунан көз карандылыгын текшерүү.

Керектүү аспаптар жана жабдуулар. Баллистикалык тапанча, металл шарча, өлчөө тасмасы, 2–3 барак ак жана кара кагаз (копировка).



1.13-сүрөт.

Ишти аткаруунун тартиби.

1. Баллистикалык тапанча лаборатория столунун четине орнотулат (1.13-сүрөт).

2. Баллистикалык тапанчанын жантайма бурчу 30° алынып, туткага бекитилет *(Жантык бурчу тапанчага бекитилген транспортир жардамында аныкталат).*

3. Тутка артка тартылат жана стволдун илгичине киргизилет.

4. Металл шарча стволдун ичине жайлаштырылат.

5. Тутка илгичтен чыгарып салынат жана шарчанын түшүү жаасы аныкталат.

6. Тажрыйба жогорудагыдай аз дегенде 3 жолу кайталанат.

7. Баллистикалык тапанчанын жантайма бурчун 45° ка коюп, тажрыйба кайталанат.

8. Эсептелген чоңдуктардын мааниси төмөнкү жадыбалга жазылат.

Атылуу бурчу	Тажрыйба	l, учуу алыстыгы, (м)	$l_{орт.}$, (м)	Δl, (м)	$\Delta l_{орт.}$, (м)
30°	1-тажрыйба				
	2-тажрыйба				
	3-тажрыйба				
45°	1-тажрыйба				
	2-тажрыйба				
	3-тажрыйба				

1. *Горизонтко салыштырмалуу кыйшык атылган тело кыймылынын траекториясы кандай болот?*
2. *Горизонтко салыштырмалуу кыйшык атылган телонун учуу алыстыгы кандай чоңдуктардан көз каранды?*
3. υ_0 *баштапкы ылдамдык менен атылган телонун түшүп жаткан учурдагы ылдамдыгы кандай болот жана горизонт менен кандай бурчту түзөт?*
4. *Тажрыйбадан алынган натыйжалар боюнча учуу алыстыгы менен учуу убакытынын мааниси атылуу бурчунан көз карандылыгын иликте.*

1-көнүгүү

1. Моторлуу кайык дарыяда дарекке жетип баруу үчүн 1,8 саат, кайтып келүү үчүн болсо 2,4 саат убакыт сарптады. Эгерде сал жөнөтүлсө, дарекке канча убакытта жетип барат? (*Жообу:* 14,4 саат).

2. Метродогу эскалатор кишини 30 с да жогоруга алып чыгат. Эгерде киши эскалатор менен бирге кыймыл жасаса, 10 с да көтөрүлөт. Эскалатор тынч турса, киши канча убакытта жогоруда болот? (*Жообу:* 15 с).

3. Тело 80 м бийиктиктен эркин түшүүдө. Түшүүнүн соңку секундундагы которулууну тап. Кыймыл учурундагы орточо ылдамдыгын аныкта. Телонун баштапкы ылдамдыгын нөлгө барабар деп эсепте. (*Жообу:* 35 м, 20 м/с).

4. Эгерде вертикалдуу жогоруга атылган тело жолдун соңку 1/4 бөлүгүн 3 с да басып өткөн болсо, ал канча убакыт көтөрүлгөн? Анын баштапкы ылдамдыгы кандай болгон? (*Жообу:* 6 с, 60 м/с).

5. Эгерде баштапкы ылдамдыксыз эркин түшүп жаткан тело соңку секундда 75 м жолду өткөн болсо, ал кандай бийиктиктен түшкөн? Кыймылдын акыркы ылдамдыгы эмнеге барабар? (*Жообу:* 320 м, 80 м/с).

6. Эки шарча бир чекиттен 20 м/с баштапкы ылдамдык менен 1 секунд убакыт интервалы менен жогоруга вертикалдуу атылды. Биринчи шарча атылгандан канча убакыт өтүп, шарлар жолугушат? (*Жообу:* 2,5 с).

7. Маховик айланганда диск чекиттеринин ылдамдыгы 6 м/с, алардан окко 1,5 см жакын аралыкта болгон чекиттердин ылдамдыгы болсо 5,5 м/с болсо, анда маховиктин радиусу канча? (*Жообу:* 18 см).

8. Механикалык кыймыл I дөңгөлөктөн II дөңгөлөккө тасма аркылуу берилет. Эгерде II дөңгөлөктүн бурчтук ылдамдыгы 100 πs^{-1}, дөңгөлөктөрдүн радиустары тиешелүү түрдө 30 жана 10 см болсо, I дөңгөлөк минутуна канча жолу айланат? (*Жообу:* 300 жолу).

9*. Магнитофондун орогучу 4 м/с ылдамдык менен 40 с да тасманы ороп алды. Эгерде орогучтун баштапкы радиусу 2 см, акыркы радиусу 6 см болсо, тасманын калыңдыгын аныкта. (*Жообу:* 0,063 мм).

10. h бийиктиктен v_0 баштапкы ылдамдык менен горизонталдуу атылган тело белгиленген чекиттин дал өзүнө түшүшү үчүн аны $h/3$ бийиктиктен кандай горизонталдуу ылдамдык менен ыргытуу керек? (*Жообу:* $v = \sqrt{3}\, v_0$).

I главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору

1. Моторлуу кайыктын дарыя агымы боюнча сүзгөндөгү жээкке салыштырмалуу ылдамдыгы 6 м/с, агымга каршы сүзгөндө болсо 4 м/с. Дарыя агымынын ылдамдыгы (м/с) эмнеге барабар?

A) 0,5; B) 1; C) 2,5; D) 5.

2. Тело 15 м/с ылдамдык менен вертикалдуу ылдый карай ташталды. Ал 2 с өтүп, кандай ылдамдыкка ээ болот (м/с)?

A) 25; B) 35; C) 30; D) 45.

3. Тело кандай ылдамдык менен вертикалдуу ыргытылса, ал 6 с дан кийин атылган жаасына кайтып түшөт (м/с)?

A) 20; B) 35; C) 30; D) 40.

4. Жогоруга тик атылган телонун ылдамдыгы 2 с өтүп, эки эсе азайды. Ал кандай ылдамдык менен атылган?

A) 30; B) 40; C) 50; D) 60.

5. Массалары 100 г жана 150 г болгон эки металл шарча бирдей ылдамдык менен тик жогоруга атылды. Алардын кайсы бири бийигирээк көтөрүлөт? Абанын каршылыгын эсепке алба.

A) массасы кичине болгон шарча;

B) массасы чоң болгон шарча;

C) экөөсү тең бирдей бийиктикке чейин көтөрүлөт;

D) берилген маалыматтар жетиштүү эмес.

6. Айланма кыймыл 50 тиштүү дөңгөлөктөн 150 тиштүү дөңгөлөккө берилүүдө. Биринчи дөңгөлөк 2 с бою бир жолу толук айланып чыкса, экинчи дөңгөлөктүн айлануу мезгили канча?

A) 3 с; B) 7,5 с; C) 5 с; D) 6 с.

7. Ийри сызыктуу бир калыптагы кыймылда төмөнкү чоңдуктардын кайсы бири өзгөрбөйт?

A) өтө тез ылдамдык модулу; B) ылдамдануу модулу;
C) орточо ылдамдык модулу; D) ылдамдануу вектору.

8. Ийри сызыктуу бир калыптагы кыймылда ылдамдануу векторунун багыты кандай?

A) траекториянын ийрилик радиусу боюнча борборго;
B) траекторияга жаныма;
C) кыймыл траекториясы боюнча;
D) ийри сызыктын радиусу боюнча борбордон тышка.

9. 125 м бийиктиктеги мунарадан тело 30 м/с ылдамдык менен горизонталдуу багытта ташталды. Телонун учуу алыстыгын аныкта.

A) 300 м; B) 120 м; C) 240 м; D) 150 м.

10. Тело жерден горизонтко салыштырмалуу 30° бурч менен 20 м/с баштапкы ылдамдыкта атылды. Баштапкы ылдамдык векторунун горизонталдуу жана вертикалдуу түзүүчүлөрүн аныкта (м/с).

A) 10 жана 14,1; B) 17,3 жана 10;
C) 14,1 жана 10; D) 20 жана 10.

I главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, ереже жана мыйзамдар

Илимий байкоо жүргүзүү	Илимий изилдөө усулу болуп, системалуу, активдүү, максатка багытталган болот.
Гипотеза	Кандайдыр бир жараян, кубулуш жөнүндө божомолдуу айтылган пикир.
Тажрыйба (эксперимент)	Гипотезанын тууралыгын текшерүү үчүн атайын шарттарда жүргүзүлөт.
Модель	Чакан, иретке салынган, маанилүү жактары ажыратып көрсөтүлгөн жагдай.
Илимий идеалдаштыруу	Алынган натыйжа боюнча идеалдуу шартта кандай натыйжа чыгышын айтып берүү.

Илимий теория	Кең көлөмдүү кубулуштарды түшүндүргөн мыйзамдар жыйнагы.
Шайкештик принциби	Белгиленген чек арада жаңы теориянын, мурдагы теория менен шайкеш түшүүшү.
Ийри сызыктуу бир калыптагы кыймыл	Кыймыл траекториясы ийри сызыктан турган, ылдамдыгынын чоңдугу өзгөрбөй турган, бирок багыты траекторияга жаныма түрдө өзгөргөн кыймыл.
Кыймылдардын эркиндик принциби же суперпозициясы	Тело катышып жаткан кыймылдар эркин болуп, алардын кыймылынын ылдамдыгы (ылдамдануусу) бири-биринен көз каранды эместиги.
Жогору карай вертикалдуу кыймыл	Жердин тартылуу күчүнүн багытына карама-каршы кыймыл. Кыймылдын теңдемеси $h=v_0 \cdot t-\frac{gt^2}{2}$.
Ылдый карай вертикалдуу кыймыл	Жердин тартылуу күчүнүн багытындагы кыймыл. Кыймылдын теңдемеси $h=v_0 \cdot t+\frac{gt^2}{2}$.
Өзгөрмө айланма кыймыл	Бурчтук ылдамдыгы убакыт бою өзгөрүп турган айланма кыймыл.
Бурчтук ылдамдануу	Бурчтук ылдамдык өзгөрүшүнүн ошол өзгөрүү үчүн кеткен убакытка катышы менен өлчөнө турган чоңдук $\varepsilon=\frac{\Delta\omega}{\Delta t}$.
Айлана боюнча бир калыпта өзгөрмө айланмада каалагандай убакыттагы бурчтук ылдамдыкты аныктоонун формуласы	$\omega=\omega_0+\varepsilon\Delta t$.
Тангенциалдык ылдамдануу	Ылдамдыктын сандык мааниси өзгөрүшү себептүү алынат $\vec{a}_\tau=\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$.

Ийри сызыктуу кыймылдын толук ылдамдануусу	$\vec{a}=\vec{a}_{\tau}+\vec{a}_{n}$, $a=\sqrt{a_{\tau}^{2}+a_{n}^{2}}$.
Фрикциондук усулда кыймылды берүү	Түрдүү радиустуу эки дөңгөлөк бири-бирине таасир (тийишүү) беттери аркылуу берилген кыймыл.
Кыймылды тасмалуу берүү	Кыймыл бир дөңгөлөктөн экинчисине бекем тартылган тасма аркылуу берилет.
Кыймылды тиштүү дөңгөлөктөр аркылуу берүү	Ар кыл диаметрлүү эки тиштүү дөңгөлөктүн тиштерин бири-бирине аштоо аркылуу айланма кыймылды берүү.
Горизонталдуу атылган телонун учуу алыстыгы жана жерге тийүүдөгү ылдамдыгы	$s=v_{0}\sqrt{\frac{2h}{g}}$; $v=\sqrt{v_{0}^{2}+2gh}$.
Горизонтко бурч менен атылган телонун минималдуу ылдамдыгы	$v_{мин}=v_{0}\cdot\cos\alpha$.
Горизонтко бурч менен атылган телонун көтөрүлүш бийиктиги	$h_{макс.}=\frac{v_{0}^{2}\sin^{2}\alpha}{2g}$.
Горизонтко бурч менен атылган телонун учуу убакыты	$t=\frac{2v_{0}\sin\alpha}{g}$.
Горизонтко бурч менен атылган телонун учуу алыстыгы	$s=\frac{v_{0}^{2}\cdot\sin 2\alpha}{g}$.
Горизонталдуу атылган телонун кыймыл траекториясынын теңдемеси	$y=h-\frac{g}{2v_{0}^{2}}x^{2}$.
Горизонтко бурч менен атылган телонун кыймыл траекториясынын теңдемеси	$y=x\cdot\mathrm{tg}\alpha-\frac{g\cdot x^{2}}{2v_{0}^{2}\cdot\cos^{2}\alpha}$.

II глава. ДИНАМИКА

9-тема. ДИНАМИКАНЫН МЫЙЗАМДАРЫ

Бизди курчап турган чөйрөдөгү телолордун кыймылы механиканын мыйзамдарына баш иет.

Тело кыймылынын өзгөрүү себептерин XVI кылым аягы жана XVII кылым башында тажрыйбалар аркылуу толук үйрөнгөн окумуштуу Галилей эле. Ал тело кыймылынын өзгөрүү себептери жөнүндө төмөнкүдөй жазган:

Эгерде телого башка эч кандай телолор таасир этпесе, тело Жерге салыштырмалуу өзүнүн тынч абалын же түз сызыктуу бир калыптагы кыймылын сактайт.

Галилей тарабынан орнотулган бул мыйзам механиканын негизги мыйзамдарын калыптандырууда биринчи кадам болду.

Бул мыйзамдарды ачуу үчүн Ньютонго эч кандай татаал аспап-шаймандар керек болбогон. Ал үчүн жөнөкөй тажрыйбалар жетиштүү болгон. Мындагы эң оор кыйынчылык телолордун ар түрдүү кыймылдарынын арасынан эң маанилүүсүн, эң жалпысын табуудан турган.

Динамика грекче “dynamis” сөзүнөн алынган болуп, “күч” деген маанини билдирет. Эгерде биз кандайдыр телонун кыймылга келгенин көрсөк, ага таасир эткен башка бир телону да көрөбүз. Башка тело кыймылга келген телону тартышы, түртүшү же ага аралыктан таасир этиши мүмкүн (мисалы, магниттин темир шарга таасири). Жерден кандайдыр бийиктикке көтөрүлгөн тело коюп жиберилсе, ылдый түшөт. Бул тажрыйбалардын бардыгында **тело ылдамдыгынын өзгөрүшү (б. а. ылдамдануу) дайыма башка бир телонун таасири себептүү пайда болот.** Бул пикир Ньютон механикасынын эң маанилүү тыянагы эсептелет.

Телолордун бири-бири менен өз ара таасирдешүү жараянына – **өз ара таасир** дейилет. Физикада бардык өз ара таасирлер сөзсүз жуп болот. Башкача айтканда, ар кандай таасир тескери таасирди пайда кылат.

Бирок мындай тыянак заматта чыгарылбаган. Улуу ойчул Аристотель тело кыймылынын өзгөрүү себебин ачууга аракет жасады. Анын жазышынча, “Эгерде телого болгон түртүүчү күчтүн таасири токтосо, анда кыймылдагы тело токтойт”. Жерге салыштырмалуу болгон тынч абалды телонун табигый абалы деп түшүндүргөн.

Ошол доорлордо Жерди Ааламдын борбору деп карашкандыгы себептүү, маанилүү бир себеп болбосо, тело өзүнүн табигый тынч абалына кайтат деп түшүндүрүшкөн. Чындыгында да, бир калыпта асфальт жолдо кетип жаткан автомобилдин бензини аяктаса, кыймылдаткычы өчөт. Автомобиль бир аз жүрүп токтойт. Куду ушундай тыянакты велосипедге, көлдөгү кайыкка да колдоого болот.

Жүргүзүлгөн байкоолор жана тыянактардын негизинде динамиканын биринчи мыйзамы табылган болчу. Ал төмөнкүдөй туюнтулат:

Инерциялык система деп аталган эсеп системалары болуп, андагы тело башка телолордон жетиштүү деңгээлде алыс жайлашкан болсо, анда ал тынч же түз сызыктуу бир калыпта кыймылда болот.

Бул мыйзам бир жактан, инерциялык эсеп системасына мүнөздөмө берсе, экинчи жактан, чындыгында да, ушундай системалар бар экендигин текшерүү мүмкүнчүлүгүн берет. Механиканын биринчи мыйзамы, инерциялык эсеп системасын өзгөчө орунга коёт.

Айланган катуу телонун ар бир чекити ылдамдануу менен аракеттенет. Каалагандай бөлүкчөнүн ылдамдануусу телодогу башка бөлүктөрдүн таасири себептүү болот. Башкача айтканда, катуу телону түзгөн бөлүкчөлөр “эркин тело” боло албайт жана ага Ньютондун биринчи мыйзамын колдоого болбойт.

Ошентип, телолордун тынч же түз сызыктуу бир калыпта кыймыл абалынан чыгуу себеби башка телолордун таасири экендигин билип алдык. Телолордун бири-бирине болгон таасири күч менен мүнөздөлөт.

Ньютон боюнча, механикада телолордун бири-бирине таасири натыйжасында ылдамдануу алынышына себеп болгон сандык өлчөмгө күч дейилет.

Бул – күчкө сапат жагынан берилген мүнөздөмө. Муну менен механикада эки ырастоону киргиздик:

1) телолордогу ылдамданууга күчтүн таасири себепчи болот;

2) ылдамданууну берген күч башка телолордун таасиринде алынат.

Күч түшүнүгү эки телого тиешелүү. Күч вектордук чоңдук болуп, багытка ээ. Күчтү сандык жактан аныктоо үчүн аны өлчөө керек. Муну үчүн ал башка бир эталон күч менен салыштырылат.

Табиатына карабастан, күчтөрдүн телого бир убакыттагы таасири анын ылдамдыгын өзгөртпөсө (ага ылдамдануу бербесе), модулу жагынан барабар жана карама-каршы багытталган болот.

Тажрыйбалардын көрсөтүшүнчө, телонун алган ылдамдануусу ага сарпталган күчтөн тышкары телонун касиеттеринен да көз каранды. Демек, бул касиетти аныкташтырып алуу зарыл. Механикада бул касиет **телонун массасы** менен мүнөздөлөт.

Сага 7-класстан белгилүү болгондой, телого сарпталган күчтүн телонун алган ылдамдануусуна катышы өзгөрбөс чоңдук саналат

$$\frac{F}{a}=\text{const.}$$

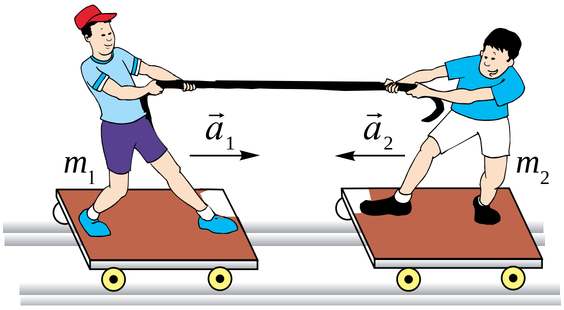
Телого тиешелүү $\frac{F}{a}$ катыш менен өлчөнгөн чоңдукка инерттүү масса дейилет.

Масса–телонун инерттүүлүк касиетин белгилейт, б. а. анын күчтүн таасиринде канчалык ылдамдануу алуу жөндөмдүүлүгүн мүнөздөйт.

Масса түшүнүгү киргизилгенден кийин, динамиканын экинчи мыйзамы төмөнкүдөй мүнөздөлөт:

Телонун алган ылдамдануусу сарпталган күчкө түз, телонун массасына тескери пропорциялаш болот:

$$\vec{a}=\frac{\vec{F}}{m}. \tag{2.1}$$



2.1-сүрөт.

Бул туюнтма табияттын фундаменталдуу формуласы болуп, ага ири асман телолорунун кыймылы да, шамал учурган майда кум бөлүкчөсүнүн кыймылы да баш иет. Жогоруда айтылгандай, өз ара таасир дайыма жуп болот. Мисалы, 2.1-сүрөттө *Алишер Баатырга* аркан аркылуу таасир этсе, *Баатыр* да *Алишерге* тескери таасир этет. Натыйжада *Алишер* да, *Баатыр* да ылдамдануу алат.

Бул тажрыйбага жана ушуга окшош кубулуштарга байкоо жүргүзүп, динамиканын үчүнчү мыйзамы чыгарылат:

Таасир дайыма тескери таасирди пайда кылат. Алар сандык мааниси жагынан бири-бирине барабар болуп, бир түз сызык боюнча карама-каршы багытталган:

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}. \qquad (2.2)$$

Бул күчтөр түрдүү телолорго сарпталгандыктан, бири-бирин тең салмактай албайт. Башкача айтканда, өз ара таасирдешкен телолор бул күчтөрдүн таасиринде өз алдынча ылдамдануу алат:

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{m_1}{m_2}.$$

Маселе чыгаруунун үлгүсү. F күчтүн таасиринде m_1 массалуу тело 2 м/с^2 ылдамдануу алат. m_2 массалуу тело болсо, ошол күчтүн таасиринде 5 м/с^2 ылдамдануу алат. Бул телолор өз ара туташса, алар ошол күчтүн таасиринде кандай ылдамдануу менен аракеттенет?

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$a_1=2$ м/с^2 $a_2=5$ м/с^2 m_1; m_2.	$F=m_1 \cdot a_1$; $\quad F=m_2 \cdot a_2$ $m_1 \cdot a_1 = m_2 \cdot a_2$; $m_1 = \frac{a_2}{a_1} m_2$	$a = \left(\frac{2 \cdot 5}{2+5}\right)\frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \frac{10}{7}\frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1{,}43\frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$
Табуу керек $a-?$	$F= (m_1+m_2) \cdot a$; $m_2 a_2 = \left(\frac{a_2}{a_1} m_2 + m_2\right) \cdot a$ $a = \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2}$	*Жообу:* $1{,}43\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

1. *Динамиканын мыйзамы боюнча Галилей айткан пикирде кандай каталык бар эле?*
2. *Инерттүү масса дегенде эмнени түшүнөбүз?*
3. *Сага белгилүү өз ара таасирлерди айт жана мисалдар келтир.*
4. *Өз ара таасирдин натыйжасында эмне үчүн телолор дайым эле ылдамдыгын өзгөртө бербейт?*

10-тема. ГАЛИЛЕЙДИН САЛЫШТЫРМАЛУУЛУК ПРИНЦИБИ. ИНЕРЦИЯЛЫК ЖАНА ИНЕРЦИЯЛЫК ЭМЕС ЭСЕП СИСТЕМАЛАРЫ

Салыштырмалуулук принцибинин ачылышына негизги себептерден бири, Жердин кыймылы, тагыраагы анын өз огунун айланасында айланышы жөнүндөгү гипотеза болду. Суроо туулат: эгерде Жер өз огунун айланасында айланып жаткан болсо, эмне үчүн биз муну Жердин бетинде өткөрүлгөн эксперименттерде сезбейбиз? Бул көйгөй боюнча талаштарда катышкан орто кылымда жашаган Николай Орема (XIV), Алавуддин Али ал-Кушчу (XV) төмөнкүдөй тыянакка келишти: Жердин айланышы анын бетинде жүргүзүлгөн тажрыйбаларга таасир кылбайт.

Элестетели, сен классташтарың менен чогуу чоң кеменин ичинде, айнектери карайтылган бөлмөдө отурасың. Ошондо алардан бири азыр кеме тынч турабы же кыймылдабы, деген суроо берди. Палубага чыкпай, муну кантип аныктоого болот? Балдардан бири: “Келгиле, тажрыйба жасап көрөбүз. Столдогу буюмдардан бирин жогорудан ылдый таштап көрөбүз. Эгерде кеме кыймылсыз болсо, ал вертикалдуу түшөт. Кыймылда болсо, түшүү учурунда кеменин полу алга кетип, бир аз артка түшөт”, деп сунуш кылды. Түрдүү нерселер ташталганда, бардыгы полдогу бир жерге тик түштү. Демек, кеме тынч турат, деген тыянакка келишти. Палубага чыгып карашса, кеме бир калыпта чайпалбай сүзүп бара жаткан экен! Демек, механикалык тажрыйбалар класстык бөлмөдө жүргүзүлсө да, түз сызыктуу бир калыпта аракеттенген вагондун же кеменин ичинде жүргүзүлсө да бирдей жүрөт экен.

Буга биринчи болуп Галилей көңүл бурган. Галилей да сен элестеткендей, чоң кеменин ичиндеги механикалык жараяндар, эгерде кеме түз сызыктуу бир калыпта аракеттенген болсо, куду тынч турганда кандай жүрсө, ошондой жүрүшүн жазып калтырган. Мында эсеп системасы иретинде Жер эмес, аракеттеги вагон же кеме алынат.

Тынч турган же салыштырмалуу түз сызыктуу бир калыпта аракеттенген эсеп системаларына *инерциялык эсеп системалары* дейилет.

Бир калыпта аккан дарыяда кеме агым боюнча сүзүп бара жаткан болсо, эсеп системасы иретинде жээкти же сууну алууга болот. Куду ушундай, түз сызыктуу бир калыпта аракеттенген поездин вагонунда

аракеттенген киши үчүн эсеп системасы иретинде вагонду же Жерди алууга болот. Кишинин вагонго салыштырмалуу ылдамдыгы v, вагондун Жерге салыштырмалуу ылдамдыгы u болсун. Эгерде киши вагондун кыймыл багыты менен бирдей багытта аракеттенсе, анда анын Жерге салыштырмалуу ылдамдыгы $u+v$ болот. Кыймыл карама-каршы багытта болсо, $u-v$ болот. Буга ***Галилейдин ылдамдыктарды кошуунун эрежеси*** дейилет.

Тажрыйбалар инерциялык эсеп системаларында сааттар, бирдей мезгил менен жүрүшүн көрсөтөт.

Телолордун жылышы эсеп системаларында бирдей болбойт. Анткени аракеттеги вагондун ичиндеги кишинин вагонго салыштырмалуу которулушу Жерге салыштырмалуу которулушунан кичине болот. Тело массасы тынч абалдагы вагондун ичинде өлчөнгөндө да, түз сызыктуу бир калыпта аракеттенген вагондо өлчөгөндө да бирдей чыгат.

Ошентип, инерциялык эсеп системаларында убакыт, масса, ылдамдануу жана күч *бирдей (инварианттуу)* болот.

Тынч абалда турган эсеп системасында күч F ке, масса m ге, ылдамдануу a га барабар болсо, түз сызыктуу бир калыпта аракеттенген системада тиешелүү түрдө F', m' жана a' болот. $F=F'$; $m=m'$ жана $a=a'$ болгондуктан, Ньютондун экинчи мыйзамы $F=F'=ma$ же $F'=m'a'$ сыяктуу туюнтулат. Мындан Ньютондун мыйзамдары бардык инерциялык эсеп системаларында орундуу болушу келип чыгат.

Галилейдин салыштырмалуулук принцибин жалпысынан алганда төмөнкүдөй мүнөздөөгө болот:

Бардык инерциялык эсеп системаларында бардык механикалык жараяндар бирдей жүрөт.

Бирок эсте тутулушу керек нерселер да бар. Түз сызыктуу бир калыптагы кыймыл чанда гана кездешет. Бул инерциялык эсеп системалары өтө аз болот дегенге жатат. Ошондуктан ар дайым инерциялык системага жакын турган системалар болушун эсте тутушубуз керек. Жерди биз инерциялык эсеп системасы деп карайбыз. Бирок ал өз огунун айланасында жана Күндүн айланасында айланат. Айланма кыймылда дайыма ылдамдануу болот. Ошого карабай Жерди инерциялык эсеп системасына киргизебиз. Анткени бул ылдамдануу абдан кичине. Мисалы, бул ылдамдануу экватордо 0,035 м/с^2 ге барабар болуп, эркин түшүү ылдамдануусуна салыштырмалуу аябай кичине. Ошону үчүн, аны эсепке албастан, кыймылды бир калыпта деп кароого болот. Жердин Күндүн айланасында айланышындагы ылдамдануу мындан да кичине. Ошондуктан Жерди инерциялык эсеп системасына

киргизебиз. Куду ушундай, Жерге салыштырмалуу түз сызыктуу бир калыпта аракеттенген поездди да инерциялык эсеп системасына киргизсе болот.

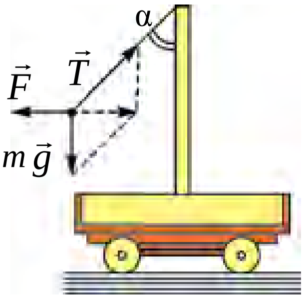
Жогоруда айтылгандай, түз сызыктуу бир калыпта аракеттенген системаларда Ньютондун мыйзамдары орундуу болот. Эгерде эсеп системасы ийри сызыктуу же ылдамдануу менен аракеттенген болсочу? Мындай системаларга ***инерциялык эмес эсеп системалары*** дейилет. Кантип инерциялык эмес эсеп системаларында Ньютондун мыйзамдарынан пайдаланууга болот? Андан пайдалануу үчүн ылдамдануу пайда болушунун себебин эстейли. Ылдамдануу пайда болушунун себеби – бул күч. Демек, Ньютондун экинчи мыйзамынан пайдалануу үчүн телого башка телолор тарабынан таасир эткен күчтөр менен кошо ***инерция күчүн*** киргизебиз. Инерция күчү телого башка телолор тарабынан эмес, эсеп системасынын ылдамдануу менен аракеттениши натыйжасында таасир тийгизет. Анда Ньютондун экинчи мыйзамы төмөнкү

$$m\vec{a}_{сал} = \vec{F} + \vec{F}_i \quad (2.3)$$

көрүнүштө болот.

Инерция күчүнүн туюнтмасын табуу үчүн ылдамдануунун абсолюттук мааниси $\vec{a}_{аб}$ менен салыштырмалуу мааниси $\vec{a}_{сал}$ нын айырмасынан пайдаланабыз. Анда инерция күчүнүн туюнтмасы төмөнкүдөй болот:

$$\vec{F}_i = m(\vec{a}_{аб} - \vec{a}_{сал}). \quad (2.4)$$



2.2-сүрөт.

Айтылгандарды мисалда көрөлү. Кичине бир арабачада мамыча орнотулган болуп, ага 2.2-сүрөттө көрсөтүлгөндөй маятник илинген. Арабача Жерге салыштырмалуу $\vec{a}_{аб}$ туруктуу ылдамдануу менен аракеттенүүдө. Маятник арабачага салыштырмалуу козголбос: $a_{сал}=0$. Маятникке $m\vec{g}$, $m\vec{a}_i$ жана $\vec{T}$ күчтөр таасир этет. $\vec{T}$ – маятник илинген жиптин тартылуу күчү. Бирок бул күчтөр маятникке ылдамдануу бербейт. Ньютондун экинчи мыйзамы аткарылышы үчүн ага инерция күчү $\vec{F}_и = -m\vec{a}_и$ ны киргизүү керек. Анда

$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_и = 0.$$

Демек, Ньютондун экинчи мыйзамы шарттуу түрдө аткарылат. Маятниктин кыйшаюу бурчу $\text{tg}\alpha = \frac{a_и}{g}$.

1. Инерциялык эсеп системалары дегенде эмнени түшүнөбүз?

2. Инерциялык эсеп системасында кандай чоңдуктар бирдей болот?

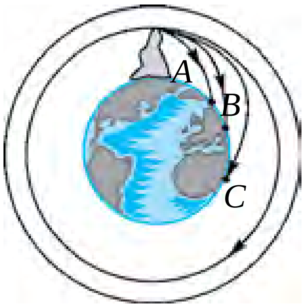
3. Ньютондун үчүнчү мыйзамы инерциялык эсеп системалары үчүн орундуубу?

11-тема. ГРАВИТАЦИЯЛЫК ТАЛААДА КЫЙМЫЛ

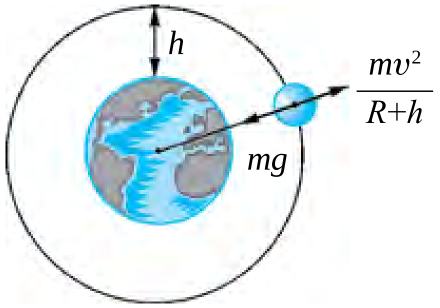
Сен 7-класста Жер өзүнүн айланасында туруктуу тартылуу талаасын пайда кылышын жана ошол талаа аркылуу телолорду өзүнө тартып турушун билдиң. Демек, Жердеги бардык кыймылдарга тартылуу талаасы өзүнүн таасирин тийгизет.

Элестетели, тоонун чокусуна чыгып, андан горизонталдуу багытта v_0 ылдамдык менен кандайдыр тело ыргытылды. Тело учуп барып, А чекитине түшөт. Анда анын көрүнүшү Ньютон тарабынан тартылган 2.3-сүрөткө окшош болот.

Тело, ылдамдык чоңоюп барса, *B* жана *C* чекиттерине түшөт. Ылдамдыктын белгилүү бир маанисинен баштап тело Жерге түшпөй, Жердин айланасында айлана бойлой кыймыл жасайт жана Жердин жасалма жолдошуна айланат. Анын кыймылы тартылуу талаасындагы кыймыл болот. *Эмне себептен жолдош Жерге түшпөйт? Кандай ылдамдыкта мындай абал байкалат?* Адегенде, жолдошко таасир эткен күчтөрдү алып көрөлү. Жолдошко тынымсыз Жердин тартылуу күчү таасир этет. Мындан тышкары, ага абанын каршылык күчү таасир кылат. Каршылык күчү да болушу үчүн аны атмосферанын эң жогору катмарына алып чыгуу керек.



2.3-сүрөт.



2.4-сүрөт.

Жер бетинен 300–400 км бийиктикте абанын каршылыгы жокко эсе. Демек, мындай бийиктикте Жердин тартылуу күчүн жолдошуна

берилген ылдамдык себептүү пайда болгон борбордон четтөөчү күч компенсациялайт (2.4-сүрөт).

Анда:

$$mg = \frac{mv^2}{R_{жер}+h} \text{ тан } v^2 = g\,(R_{жер}+h).$$

h бийиктикти Жердин радиусу $R_{жер}$ ге салыштырмалуу эсепке албаса да болгон учур үчүн $R_{жер}+h \approx R_{жер}$ жана

$$\boxed{v^2 = g \cdot R_{Жер}.} \qquad (2.5)$$

Аны эсептөө үчүн $R_{жер} \approx 6400$ км, $g = 9{,}8$ м/с^2 деп алынса, v нын мааниси

$$v = 7{,}91 \text{ км/с}$$

га барабар болот.

Бул ылдамдыкка **биринчи космостук ылдамдык** дейилет.

Ушундай ылдамдык менен аракеттенген Жердин жасалма жолдошу $T_1 = \frac{2\pi R_{жер}}{v_1} = 84$ мин 12 с да Жердин айланасын бир жолу айланып чыгат.

Практикада бир жолу айланып чыгуу үчүн кеткен убакыт эсепетп чыгылган убакыттан чоң болот. Мунун себеби жолдош орбитасынын радиусу менен Жер радиусунун бири-биринен айырмаланышында.

Ошентип чоң радиустуу орбиталарда аракеттенген жолдоштордун ылдамдыгы Жердин бетине жакын орбиталарда аракеттенген жолдоштордун ылдамдыгынан кичине болот.

Мындай жолдоштордун айлануу мезгили:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi R_{Yer}}{v_1}\sqrt{\left(\frac{r}{R_{Жер}}\right)^3} = T_1\sqrt{\left(\frac{r}{R_{Жер}}\right)^3}. \qquad (2.6)$$

Бул жерде: T_1 – Жердин бетине жакын орбиталарда аракеттенген жолдоштордун айлануу мезгили.

Каалагандай бийиктикте айланган жолдоштун айлануу мезгили формуласынан пайдаланып жасалма жолдош Жерден белгилүү бийиктиктеги бир чекитте “кыймылдабай” турушу керек болгон бийиктикти табууга болот. Демек, жолдош айлануу мезгили 24 саатка барабар болушу үчүн кандай бийиктикте аракеттениши керек? Эсептөөлөрдүн көрсөтүшүнчө, бийиктик

***$h = 6{,}6\ R_{Жер}$* б. а. божомолдуу 42000 км ге барабар болушу керек!**

Мындай орбитага ***геостационардык*** орбита дейилет.

Планетабызда адамзаттын тарыхында биринчи жолу мурдагы СССрде 1957-жылдын 4-октябрында Жердин жасалма жолдошу учурулду. Жолдош шар формасында болуп, диаметри 58 см, массасы 83,6 кг эле. Жолдош жердин айланасын 1400 жолу айланып чыгып, жалпысынан 60 млн км аралыкты учуп өттү. 1961-жылдын 12-апрелинде адам баласы биринчи жолу космоско чыкты. Биринчи космонавт Юрий Алексеевич Гагарин СССРдин жараны болчу. Кийнчерээк, 1969-жылдын 20-июлунда америкалык астронавттар Нейль Армстронг менен Эдвин Олдриндер биринчи болуп Айга конушту.

Күн системасына кирген планеталарга баруу үчүн космостук кемеге *экинчи космостук ылдамдык* берилиши керек. Анын сандык мааниси 11,2 км/с га барабар.

Алыскы жылдыздарга баруу үчүн болсо Күн системасынын тартылуу күчүн жеңип чыгып кетүү керек. Ал үчүн космостук кеме *үчүнчү космостук ылдамдыкка* ээ болушу керек. Анын мааниси 16,7 км/с га барабар.

Космосты баш ийдирген космонавттар арасында мекендешибиз В. Жаныбеков жана өзбек улутуна таандык С. Шарипов да бар.

?

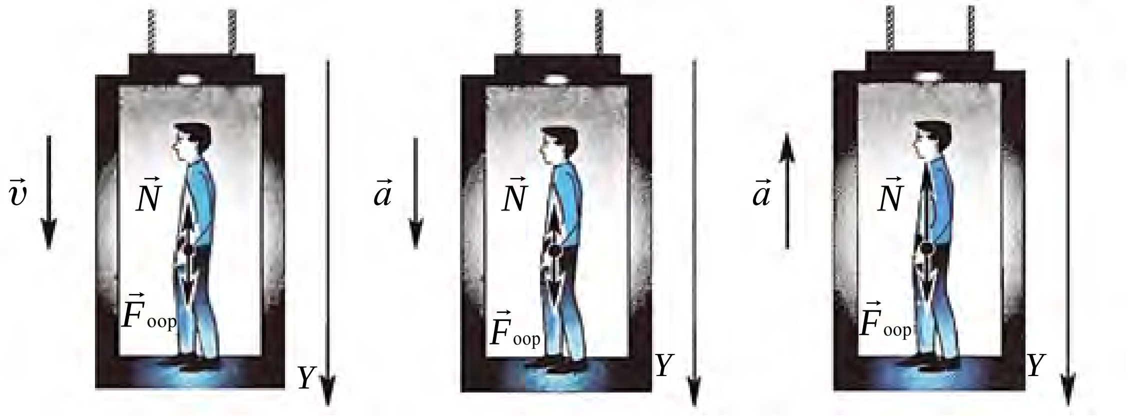
1. *Эмне себептен Жер өзүнүн айланасында аракеттенген жасалма жолдошту тартып албайт?*
2. *Айды да биринчи космостук ылдамдык менен аракеттенген жолдош деп кароого болобу?*
3. *Жасалма жолдоштун жердин бетинен бийиктиги чоңоюшу менен анын ылдамдыгы кандай өзгөрөт?*

12-тема. ТЕЛО ООРДУГУНУН КЫЙМЫЛДЫН ТҮРҮНӨН КӨЗ КАРАНДЫЛЫГЫ

Учурда көптөгөн имараттар, турак-жайлар көп кабаттуу курулган. Жогорку кабаттарга чыгуу жана түшүү үчүн лифттерден пайдаланылат. Лифтте чыгып жана түшүп жаткан кишинин кыймылын көрөлү.

1. Массасы m болгон киши лифтте турат. Лифт ылдыйга же жогоруга өзгөрбөс $\vec{v} = \text{const}$ ылдамдык менен аракеттенгенде (2.5-*а* сүрөт)

кишинин лифттин полуна (таянычка) тийгизген таасири (оордугу) $P=mg$ болот. Же лифт өзгөрбөс ылдамдык менен аракеттенгенде, телонун оордугу лифт тынч абалда турганда кандай болсо, ошол бойдон калат.



а) *б*) *в*)

2.5-сүрөт.

2. Лифт ылдыйга $\vec{a}$ ылдамдануу менен түшүүдө (2.5-*б* сүрөт.). Анда Ньютондун экинчи мыйзамы боюнча

$$\vec{N}+m\vec{g}=m\vec{a}. \qquad (2.7)$$

Бул жерде $\vec{N}$ –лифт полунун реакция күчү, m–телонун массасы.

Ньютондун үчүнчү мыйзамы боюнча телонун оордугу $\vec{P}=-\vec{N}$. Ошол боюнча (2.7) ни эсепке алып жазабыз

$$\vec{P}+m\vec{g}=m\vec{a}.$$

Телонун кыймыл учурундагы натыйжалык оордугу

$$\boxed{\vec{P}=m\ (\vec{g}-\vec{a})} \qquad (2.8)$$

болот.

Мындан көрүнүп тургандай, лифт ылдый карай a ылдамдануу менен аракеттенсе, кишинин оордугу ma га азаят экен. Эгерде лифтти кармап турган трос кескин бошотулса, анда лифт ылдый карай $a=g$ ылдамдануу менен аракеттенет жана кишинин оордугу

$$P=m(g-a)=0$$

болот.

Телонун таянычка же илмекке көрсөткөн күчү нөлгө барабар болгон, б. а. оордугу жоголгон абалга *салмаксыздык* дейилет.

Демек, тело салмаксыздык абалына өтүшү үчүн ылдый карай g=9,81 м/с^2 ылдамдануу менен аракеттениши керек. *Мындан телолор эркин түшүп жатканда салмаксыздык абалында болушу келип чыгат.* Дээрлик салмаксыздык абалы селкинчек тепкенде, секирүүнүн түшүү бөлүгүндө, жантаймадан инерция менен секирген мотоциклчиде байкалат. Бул өтө кыска убакытта болуп өтөт. Жердин жасалма жолдошторунда, орбиталык станцияларда жашаган космонавттар көпкө салмаксыздык абалында болушат. Мындай учурда киши организминде кан айлануу жана тамактануу системасы бузулат. Орбиталык станцияларда салмаксыздык абалынын зыяндуулугун жоюу үчүн атайын иш-чаралар көрүлөт.

3. Лифт жогору карай $\vec{a}$ ылдамдануу менен көтөрүлүүдө (2.5-*в* сүрөт). Мында кишинин лифттин полуна (таянычка) көрсөткөн оордугу

$$\vec{P} = m(\vec{g} + \vec{a}) \qquad (2.9)$$

га барабар болот.

Мындан көрүнүп тургандай, лифт жогору карай ылдамдануу менен көтөрүлсө, кишинин оордугу *та* мааниге чоңоёт. Мындай абалга **ашык жүктөмө** (нагрузка) дейилет.

Жүктөмө, телонун кыймыл учурундагы оордугу, тынч абалдагы оордугуна катышы менен табылат:

$$n = \frac{m(g+a)}{mg} = 1 + \frac{a}{g}. \qquad (2.10)$$

Мында толук жүктөмө таянычка түшөт. Бирок кишинин денесин бойлой толук эмес жүктөлүү пайда болот. Мисалы, анын башынын оордугу мойнуна, башы, моюну, желке жана колдорунун оордугу болсо белине жана у. с. буттарга түшөт. Эгерде лифттин ылдамдануусу 0,3 – 1 м/с^2 айланасында болсо, адам муну сезбейт. Бирок үндөн тез учкан самолёттордо, ракетанын көтөрүлүшүндө ылдамдануу 100 м/с^2 га чейин барат. Мындай абалга түшкөн учкуч жана космонавттардын айтышынча, оордук аларды отургучка бекемдеп коёт, колдорду көтөрүү оор жүрөт, кабакты көтөрүп, көздү ачуу абдан кыйын болот.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Лифт ылдый карай 4,5 м/с² ылдамдануу менен түшүүдө. Андагы телонун оордугу канча эсе азаят?

Б е р и л г е н:	Ф о р м у л а с ы:	Ч ы г а р ы л ы ш ы:
$a=4{,}5$ м/с² $g=10$ м/с²	$P=m\,(g-a)$ $F=mg \quad n=\dfrac{F}{P}$ $n=\dfrac{mg}{m(g-a)}=\dfrac{g}{g-a}$	$n=\dfrac{10}{(10-4{,}5)}\dfrac{\text{кг}\cdot\frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\text{кг}\cdot\frac{\text{м}}{\text{с}^2}}=\dfrac{10}{5{,}5}=1{,}82.$
Табуу керек $n-?$		*Жообу:* 1,82 эсе.

1. Самолёттон секирген парашютчу: а) парашют ачылганга чейин эркин түшүүдө; б) парашют ачылган кезде; в) парашютта бир калыпта түшүп жаткан учурда кандай абалда болот?

2. Эгерде жогоруга көтөрүлүп же түшүп жаткан лифт тормоздоло баштаса, андагы киши кандай абалда болот?

3. Тело горизонталдуу багытта ылдамдануу менен аракеттенсе, анын оордугу өзгөрөбү?

13-тема. ТЕЛОНУН БИР НЕЧЕ КҮЧ ТААСИРИНДЕГИ КЫЙМЫЛЫ

Ньютондун экинчи мыйзамын үйрөнгөндө телого бир гана күч таасир эткен учур каралган болчу. Үчүнчү мыйзамын үйрөнгөндө телолордун таасирдешүүсүндө бир нече күчтөрдүн өз ара таасирин көрдүк.

Күндөлүк турмушта да телого бир гана күч таасир эткен учур байкалбайт. Кыймылдагы телолорго тартылуу күчүнөн тышкары сүрүлүү күчү да таасир этет. Горизонталдуу бетте турган m массалуу телого $F_т$ тартылуу күчү таасир этип жаткан болсун. Бул учурда ага $F_{жум}$ сүрүлүү күчү да таасир кылат. Эгерде $F_т > F_{жум}$ болсо, тело кыймылга келет. Мында телонун алган ылдамдануусун аныктоо үчүн кайсы күчтөн пайдаланабыз? Мында *тең таасир этүүчү күч* түшүнүгүнөн пайдаланылат. Тең таасир этүүчү күч дегенде телого сарпталган бардык күчтөрдүн геометриялык суммасы, б. а. натыйжалык күч түшүнүлөт. Мында

$$\vec{F}=\vec{F}_т+\vec{F}_{жум} \text{ болот.}$$

Тартылуу жана сүрүлүү күчтөрүнүн вектордук суммасын координата окторуна проекциялар менен алмаштырып, алгебралык сумма алынат. Анда телого таасир эткен күчтөр өз ара карама-каршы багытталгандыгынан анын модулу

$$F=F_т-F_{жум}$$

менен аныкталат.

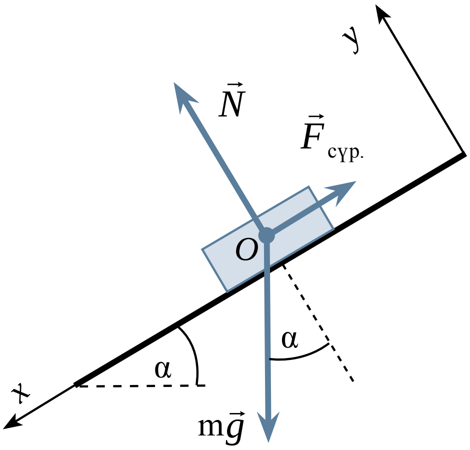
Телонун алган ылдамдануусу Ньютондун экинчи мыйзамы боюнча

$$a=\frac{F_т-F_{сүр.}}{m} \quad (2.11)$$

менен аныкталат.

Телого бир нече күч таасир эткен учур үчүн эки маселени көрүп чыгалы.

1. Жантайма тегиздикке коюлган телонун тең салмактуулук шартын жана түшүү ылдамдануусун көрөлү (2.6-сүрөт). Мында α–жантайма тегиздиктин жантаюу бурчу. Жантайма тегиздик менен ага коюлган тактайдын ортосундагы сүрүлүү коэфициенти μ га барабар.



2.6-rasm

Жантайма тегиздикте турган тактайга оордук күчү $m\vec{g}$, нормалдуу реакция күчү $\vec{N}$ жана жантайма тегиздик боюнча жогоруга багытталган тынч абалдагы сүрүлүү күчү $\vec{F}_{сүр.}$ таасир этет.

x огун жантайма тегиздик боюнча ылдыйга багыттайбыз, y–огун тегиздикке перпендикулярдуу багыттайбыз.

Жантайма тегиздикте тело тең салмактуулукта калышы үчүн ага таасир эткен күчтөрдүн тең таасир этүүчүсү нөлгө барабар болушу керек:

$$m\vec{g}+\vec{N}+\vec{F}_{сүр.}=0.$$

Мындан координата окторуна болгон проекциялар үчүн теңдемелер системасын жазалы:

1) x огунун багыты боюнча $mg\sin\alpha-\vec{F}_{сүр.}=0$;

2) y огунун багыты боюнча $-mg\cos\alpha+N=0$.

Тело жантайма тегиздикте тең салмактуулукту сакташы үчүн $\vec{F}_{сүр.} \geq mg \cdot \sin\alpha$ барабарсыздыгы аткарылышы керек.

Биринчи теңдеме боюнча $\vec{F}=mg\cdot\sin\alpha$, N экинчи теңдеме боюнча $N=mg\cdot\cos\alpha$ болот. Бул туюнтмалардын $\vec{F}_{сүр.}=\mu N$ барабардыгын эсепке алсак, $mg\sin\alpha\leq\mu mg\cos\alpha$ барабарсыздыгы аткарылат. Мындан $\mathrm{tg}\alpha\leq\mu$ келип чыгат.

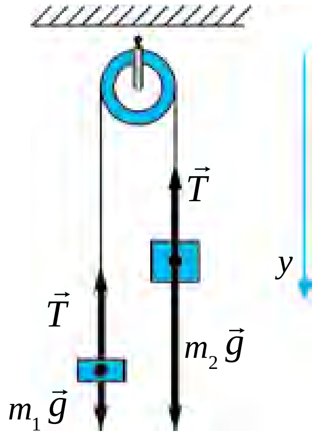
Ошентип, $\mathrm{tg}\alpha\leq\mu$ шарт аткарылганда тактай жантайма тегиздикте тең салмактуулукту сактайт.

Эгерде $\mathrm{tg}\alpha\geq\mu$ болсо, анда тело жантайма тегиздик боюнча ылдый карай ылдамдануу менен аракеттенет. Ылдамданууну табуу үчүн $ma=mg\cdot\sin\alpha-\mu mg\cdot\cos\alpha$ теңдемесин түзөбүз. Барабардыктын эки жагын m ге кыскартып,

$$a=g\,(\sin\alpha-\mu\cos\alpha) \qquad (2.12)$$

га ээ болобуз.

2. Массасы эсепке алынбас деңгээлде кичине болгон козголбос блокко m_1 жана m_2 массалуу жүктөр илинген (2.7-сүрөт). Эгерде $m_2>m_1$ болсо, жүктөрдүн аракеттенүү ылдамдануусу жана жиптин тартылгандыгы табылсын. Блоктогу сүрүлүү күчү жана жиптин массасы эсепке алынбасын.



2.7-сүрөт.

Ар бир жүккө экиден күч таасир кылат: оордук күчү жана жиптин тартылуу күчү.

Блок менен жиптин массасын жана сүрүлүүнү эсепке албастыктан максат, мында жиптин эки жагындагы тартылуулар бирдей болот. Аны T менен белгилеп алабыз.

Жүктөр үчүн Ньютондун экинчи мыйзамынын теңдемесин жазып алабыз:

Жип созулбас болгондуктан, жүктөрдүн которулуу модулу жана ошого шайкеш, ылдамдыктары жана ылдамдануулары барабар болот. Жүктөрдүн ылдамдануу модулун a менен белгилейбиз. Анда y огун ылдый багыттап, ага болгон проекциялар үчүн теңдемелер системасын жазабыз:

$$\begin{cases} m_1g-T=-m_1a, \\ m_2g-T=m_2a. \end{cases}$$

Экинчи теңдемеден биринчи теңдемени кемитебиз

$$g\,(m_2-m_1)=a\,(m_2+m_1).$$

Мындан

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_2 + m_1} g. \qquad (2.13)$$

Биринчи теңдемеден экинчи теңдемени кемитип, $T = m_1(g + a)$ ны, экинчиден биринчини кемитип, $T = m_2(g - a)$ ны алабыз. Бул–ылдамдануу менен бири ылдыйга, экинчиси жогоруга аракеттенген телолордун оордугу. Жүктөр ылдамдануу менен аракеттенгендиктен, массалары түрдүүчө болсо да, оордуктары бирдей болот. Ылдамдануу үчүн табылган туюнтманы жиптин каалагандай жагы үчүн жазылган туюнтмага койсок,

$$T = 2\frac{m_2 m_1}{m_2 + m_1} g \qquad (2.14)$$

га ээ болобуз. Төмөнкү туюнтма менен ар бир жүктүн оордугу табылат:

$$P_1 = P_2 = 2\frac{m_2 m_1}{m_2 + m_1} g. \qquad (2.15)$$

?

1. Телого сарпталган тең таасир этүүчү күч кандай аныкталат?

2. Күчтөрдүн координата окторундагы проекциялары менен иштөө векторлорду кошууга караганда кандай артыкчылыктарга ээ?

3. Телого бир нече күч таасир эткенде, анын тең салмактуулукта калуу шарты кандай аныкталат?

4. Блоктогу жиптерге илинген жүктөрдүн оордугу кыймыл учурунда эмне үчүн бирдей болуп калат?

2-көнүгүү

1. Үйдүн чатыры горизонтко салыштырмалуу 30° ту түзөт. Андагы кишинин бут кийиминин таманы менен чатырдын бети ортосундагы сүрүлүү коэфициенти канча болгондо, ал тайгалбай жүрө алат? (*Жообу*: 0,58).

2. Козголбос блок аркылуу өткөн аркандын учтарына 50 г жана 75 г дуу жүктөр илинген. Аркан менен блоктун массасы эсепке алынбас деңгээлде кичине. Арканды созулбайт деп, жүктөрдүн аракеттенүү ылдамдануусун жана аркандын тартылуу күчүн тап. (*Жообу:* 1,96 м/с^2; 0,6 Н).

3. Арабанын үстүнө суюктук салынган идиш коюлган. Ал горизонталдуу багытта *a* ылдамдануу менен аракеттенүүдө. Суюктуктун бети туруктуу абалда болгондо, горизонт менен кандай бурчту түзөт? (*Жообу:* $\text{tg}\alpha = \frac{a}{g}$).

4. Өзгөрбөс күч таасиринде кыймыл баштаган тело биринчи секундда 0,5 м жол жүрдү. Эгерде телонун массасы 25 кг болсо, таасир этүүчү күч эмнеге барабар? (*Жообу:* 25 Н).

5. Өзгөрбөс күч таасиринде кыймыл баштаган 50 г массалуу тело 2 секундда 1 м жол жүрдү. Таасир этүүчү күч эмнеге барабар? (*Жообу:* 0,025 Н).

6. Лифттеги суу куюлган чакада тело сүзүп жүрөт. Эгерде лифт жогору (ылдый)га a ылдамдануу менен аракеттенсе, телонун чөгүү тереңдиги өзгөрөбү?

7. Массасы m болгон цилиндрге жип оролгон. Андан кийин цилиндрди ылдый таштап, жип жогоруга тартып турулат. Мында цилиндрдин масса борбору жиптин жайылуу учурунда бирдей бийиктикте калды. Жиптин тартылуу күчү эмнеге барабар.

8. Горизонталдуу жайлашкан тактайда жүк турат. Жүк менен тактайдын ортосундагы сүрүлүү коэфициенти 0,1. Тактайга горизонталдуу багытта кандай α ылдамдануу берилсе, анын үстүндөгү жүк тайып түшөт? (*Жообу:* 1 м/с^2).

9. Кагаздын үстүндө түз цилиндр турат. Анын бийиктиги 20 см жана негизинин диаметри 2 см. Кагаз кандай минималдуу ылдамдануу менен тартылса, цилиндр кулайт. (*Жообу:* $a = 0{,}1$ м/с^2).

10. Массасы 6 т болгон, жүксүз автомобиль 0,6 м/с^2 ылдамдануу менен кыймыл баштады. Эгерде ал ошол тартылуу күчүндө ордунан 0,4 м/с^2 ылдамдануу менен козголсо, ага жүктөлгөн жүктүн массасы канча болгон? (*Жообу*: 3 т).

II главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору

1. **Сүйлөмдү толтур. Тынч абалда турган же түз сызыктуу бир калыпта аракеттенген эсеп системаларына ... дейилет.**
   A) ... салыштырмалуу эсеп системалары;
   B) ... инерциялык эсеп системалары;
   C) ... инерциялык эмес эсеп системалары;
   D) ... абсолюттук эсеп системалары.

2. **Массасы 10 кг дуу тело 20 Н күч таасиринде кандай кыймыл жасайт?**
   A) 2 м/с ылдамдык менен бир калыпта;
   B) 2 м/с^2 ылдамдануу менен ылдамдануучу;
   C) 2 м/с^2 ылдамдануу менен басаңдоочу;
   D) 20 м/с ылдамдык менен бир калыпта.

3. 1 м/с² ылдамдануу менен жогору көтөрүлүп жаткан лифтте 50 кг массалуу киши турат. Кишинин оордугу канчага барабар (Н)?

A) 50; B) 500; C) 450; D) 550.

4. Козголбос блокко аркан менен массалары m_1 жана m_2 болгон жүктөр илинген. Алар кандай ылдамдануу менен аракеттенет? $m_1<m_2$ деп алынсын.

A) $a=\frac{m_2+m_1}{m_2-m_1}g$; B) $a=\frac{m_2-m_1}{m_2+m_1}g$; C) $a=\frac{m_1-m_2}{m_2+m_1}g$; D) $a=0$.

5. Лифттин кандай кыймылында андагы телодо жүктөмө пайда болот?

A) Жогоруга өзгөрбөс ылдамдык менен;
B) Ылдыйга өзгөрбөс ылдамдык менен;
C) Жогоруга өзгөрбөс ылдамдануу менен;
D) Лифт кыймылсыз болгондо.

6. Жолдоштун *геостационардык* орбитасы дегенде эмне түшүнүлөт?

A) Жолдоштун Жердин бетинен минималдуу орбитасы;
B) Жолдоштун Жердин бетинен максималдуу орбитасы;
C) Жолдоштун Жердин бетинен белгилүү бийиктикте жылбай туруу орбитасы;
D) Жолдошто космонавттар байкоо жүргүзчү орбита.

7. Динамометрдин учтарына эки 60 Н дон болгон карама-каршы күчтөр сарпталса, динамометр канча Ньютонду көрсөтөт?

A) 15; B) 30; C) 60; D) 120.

8. 3 Н жана 4 Н күчтөр бир чекитке коюлган. Күч багыттары ортосундагы бурч 90°. Тең таасир этүүчү күчтүн модулу кандай (Н)?

A) 1; B) 5; C) 7; D) 3.

II главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

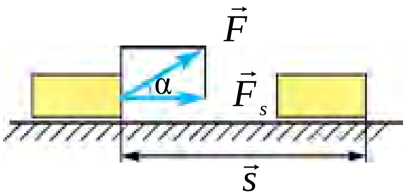
Динамиканын биринчи мыйзамына Галилей берген мүнөздөмө	Эгерде телого башка эч кандай тело таасир этпесе, анда тело Жерге салыштырмалуу өзүнүн тынч абалын же түз сызыктуу бир калыпта кыймылын сактайт.
Динамиканын биринчи мыйзамы	Инерциялык система деп аталган эсеп системалары болуп, андагы тело башка телолордон жетиштүү деңгээлде алыс жайлашкан болсо, тынч же түз сызыктуу бир калыпта кыймылда болот.

Күч	Телолордун бири-бирине таасири натыйжасында ылдамдануу алууга себеп болгон сандык өлчөм.
Инерттүү масса	Телого тиешелүү $\frac{F}{a}$ катыш менен өлчөнгөн чоңдук.
Динамиканын экинчи мыйзамы	Телонун алган ылдамдануусу сарпталган күчкө түз, телонун массасына тескери пропорциялаш болот: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ тело массасынын анын ылдамдануусуна көбөйтүндүсү телого тең таасир этүүчү күчкө барабар: $F = m\vec{a}$.
Динамиканын үчүнчү мыйзамы	Таасир дайыма тескери таасирди пайда кылат. Алар сандык мааниси жагынан бири-бирине барабар болуп, бир түз сызык боюнча карама-каршы багытталган: $\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$.
Инерциялык эсеп системалары	Салыштырмалуу тынч абалда турган же түз сызыктуу бир калыпта аракеттенген эсеп системалары.
Инерциялык эмес эсеп системалары	Ийри сызыктуу же ылдамдануу менен аракеттенген эсеп системалары.
Инерция күчү	Эсеп системасы ылдамдануу менен аракеттениши себептүү пайда болгон күч.
Биринчи космостук ылдамдык	Жердин жасалма жолдошу болуп калуу үчүн тело ээ болушу керек болгон ылдамдык – 7,91 км/с.
Экинчи космостук ылдамдык	Күн системасына кирген планеталарга баруу үчүн керек болгон ылдамдык – 11,2 км/с.
Үчүнчү космостук ылдамдык	Күн системасынын тартылуу күчүн жеңип чыгып кетүү үчүн керек болгон ылдамдык – 16,7 км/с.
$\vec{a}$ ылдамдануу менен вертикалдуу аракеттенген телонун оордугу	$\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$ – ылдый түшүп жаткан телонун оордугу. $\vec{P} = m(\vec{g} + \vec{a})$ – жогоруга көтөрүлүп жаткан телонун оордугу.
Салмаксыздык	Телонун таянычка же илмекке көрсөткөн күчү нөлгө барабар болгон, б. а. оордугу жоголгон абал.
Жүктөмө	$n = \frac{P}{mg} = \frac{g+a}{g}$.

III глава. МЕХАНИКАДА САКТАЛУУ МЫЙЗАМДАРЫ

14-тема. ЭНЕРГИЯ ЖАНА ЖУМУШ. ЭНЕРГИЯНЫН САКТАЛУУ МЫЙЗАМЫ. ТЕЛОНУН ЖАНТАЙМА БОЮНЧА АРАКЕТИНДЕ АТКАРЫЛГАН ЖУМУШ

Энергия–түрдүү формадагы кыймылдар жана өз ара таасирлердин сандык өлчөмү (ал грекче *energeia–таасир* сөзүнөн алынган). Энергия табияттагы кыймылдардын формасына карай түрдүүчө болот. Мисалы, механикалык, жылуулук, электр-магнит, ядро энергиялары жана башкалар. Өз ара таасир натыйжасында бир түрдөгү энергия башкасына айланат. Бирок бул жараяндардын бардыгында биринчи телодон экинчисине берилген энергия (кандай формада болушуна карабастан) экинчи тело биринчисинен алган энергияга барабар болот.



3.1-сүрөт.

Ньютондун экинчи мыйзамынан белгилүү болгондой, телонун механикалык кыймылын өзгөртүү үчүн ага башка телолор тарабынан таасир болушу керек. Башкача айтканда, бул телолордун ортосунда энергия алмашуу жүрөт. Механикада мына ошол энергия алмашууну мүнөздөө үчүн *механикалык жумуш* түшүнүгү киргизилген жана ал физикада *A* тамгасы менен белгиленет

Механикалык жумуш. Күчтүн ошол күч таасиринин багытындагы которулууга скалярдык көбөйтүндүсүнө барабар болгон чоңдукка механикалык жумуш дейилет, б. а.

$$A=(\vec{F}\cdot\vec{s})=F\cdot s\cdot\cos\alpha. \qquad (3.1)$$

Бул жерде: α–күч $\vec{F}$ менен которулуу $\vec{s}$ тин ортосундагы бурч (3.1-сүрөт).

Эгерде $\cos\alpha=\frac{F_s}{F}$; $F_s=F\cdot\cos\alpha$ экендигин этибар алсак, (3.1) төмөнкү көрүнүшкө келет:

$$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha = F_s \cdot s. \qquad (3.2)$$

бул жерде F_s – күчтүн которулуу багытына проекциясы.

(3.2) туюнтмага негизденип, төмөнкүдөй тыянак чыгарууга болот:

эгерде $\alpha < \frac{\pi}{2}$ болсо, $0 < \cos\alpha < 1$ – күчтүн жумушу оң, күч менен которулуунун багыты шайкеш келет;

эгерде $\alpha > \frac{\pi}{2}$ болсо, $-1 < \cos\alpha < 0$ – күчтүн жумушу терс, күч менен которулуунун багыты карама-каршы болот;

эгерде $\alpha = \frac{\pi}{2}$ болсо, $\cos 90° = 0$ болуп, күчтүн аткарган жумушу нөлгө барабар, күч которулуу багытына тик болот.

Жумуш – аддитивдик (*additiv* – латинче *сумма*) чоңдук (физикада аддитивдик сөзү – системадагы физикалык чоңдук жалпы түрдө бүтүн эсептелип, ал ошол чоңдукту түзгөн бөлүктөрдүн суммасынан турат деген маанини билдирет).

Эгерде телого бир нече күч таасир этип жаткан болсо,

$$F_s = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} + \ldots + F_{sn}$$

болот, анда толук жумуш, бул күчтөрдүн тең таасир этүүчүсү аткарган жумушка барабар болот.

$$A = F_s \cdot [\Delta s] = F_{s1} \cdot [\Delta s_1] + F_{s2} \cdot [\Delta s_2] + F_{s3} \cdot [\Delta s_3] + \ldots + F_{sn} [\Delta s_n]$$

же

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \ldots + A_n.$$

Жумуштун бирдиги. Жумуштун Си деги бирдиги Жуоль (Ж):

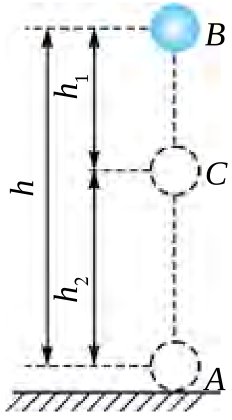
$$[A] = [F] \cdot [s] = 1\ \text{Н} \cdot 1\ \text{м} = 1\ \text{Н} \cdot \text{м} = 1\ \text{Ж}. \qquad (3.3)$$

Жумуштун СИ деги бирдиги иретинде 1 Н күчтүн телону 1 м аралыкка жылдырууда аткарган жумушу кабыл алынган.

Оордук күчүнүн жумушу. Жердин бетине жакын бийиктиктерде телого Жер тарабынан $P = mg$ оордук күчү таасир кылат. Жердин бетинен h бийиктиктеги B чекитинен Жердин деңгээлинен эсептелген h_2 бийиктиктеги C чекитине өтүүдө телонун которулушу $h_1 = h - h_2$ га барабар (3.2-сүрөт). Мында оордук күчүнүн аткарган жумушу төмөнкүдөй туюнтулат:

$$A = Ph_1 = mg(h - h_2) = mgh - mgh_2. \quad (3.4)$$

Бул жерде: P–телонун оордугу, m–анын массасы, g–эркин түшүү ылдамдануусу, h–вертикалды бойлой, h_1 жана h_2 деңгээлдердин ортосундагы аралык.



3.2-сүрөт.

Оордук күчүнүн аткарган жумушу жолдун формасынан көз каранды болбостон, түшүү бийиктигинен гана көз каранды. Ошондуктан оордук күчүнүн таасиринде аткарылган жумуштар траекториянын формасынан эмес, телонун баштапкы жана акыркы абалынан көз каранды. Мындай күчтөргө *потенциалдык* же *консервативдик* күчтөр дейилет. Бул күчтөрдүн талаасына болсо *потенциалдык талаа* дейилет.

Тело ылдыйга аракеттенгенде оордук күчү менен которулуу багыты шайкеш түшкөндүгү себептүү аткарылган жумуш оң, жогоруга аракеттенгенде болсо, алар карама-каршы багытталгандыгынан, терс болот. Ошондуктан оордук күчү таасиринде тело которулуп, кайра баштапкы абалына кайткан абалдагы жалпы жумуш нөлгө барабар болот.

Системанын толук механикалык энергиясы деп, анын кинетикалык жана потенциалдык энергияларынын суммасына айтылат.

Мисалы Жердин бетинен h бийиктикте Жерге салыштырмалуу v ылдамдык менен аракеттенген m массалуу телонун толук механикалык энергиясы

$$E = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} + mgh. \quad (3.4)$$

Толук механикалык энергия телолордун өз ара таасир убактысы өтүшү менен өзгөрбөйт:

$$E = E_k + E_p = \text{const}. \quad (3.5)$$

Буга *механикалык энергиянын сакталуу мыйзамы* дейилет.

Жүргүзүлгөн көптөгөн тажрыйбалар, теориялык тыянактар энергиянын сакталуу мыйзамы сөзсүз аткарылышын көрсөтөт. Мында табиятта энергиянын бир түрдөн башкасына (мисалы, механикалык энергиядан жылуулук энергиясына) айланышы гана жүрөт. Ошондуктан бул мыйзамга энергиянын сакталуу жана айлануу мыйзамы да дейилет. Ал табияттын негизги мыйзамдарынан болуп, макроскопиялык гана эмес, ошондой эле микротелолор системасы үчүн да орундуу.

Энергия эч качан жоголбойт, жоктон бар да болбойт, ал бир түрдөн башка түргө айланышы гана мүмкүн.

Туюк системада толук энергия сакталат.

Мисал үчүн, *h* бийиктиктен түшүп жаткан телонун потенциалдык энергиясы анын оордук күчүнөн көз каранды болуп, тажрыйба кайсы убакытта жүргүзүлүшүнөн таптакыр көз каранды эмес.

Пайдалуу аракет коэффициенти. Машина жана кыймылдаткычтардын өзүнө сарптаган энергиясынын канча бөлүгү пайдалуу жумушка айланышын көрсөткөн чоңдук киргизилген.

Пайдалуу жумуштун толук жумушка катышы пайдалуу аракет коэффициенти (ПАК) деп аталат жана η тамгасы менен белгиленет.

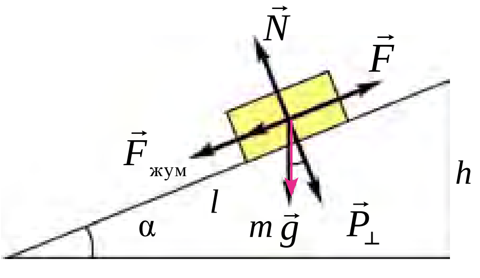
Эгерде пайдалуу жумушту $A_п$, толук жумушту $A_т$ менен белгилесек, анда ПАК формуласы төмөнкүдөй жазылат:

$$\eta = \frac{A_п}{A_т} \cdot 100\%. \qquad (3.6)$$

ПАК бирден (100 % дан) чоң болбойт. Машина жана кыймылдаткычтарда сүрүлүү күчүнүн жумушу себептүү толук энергиянын бир бөлүгү коромжу болот, ошондуктан ПАК дайыма бирден кичине болот.

Жантайма тегиздик жана тело жогоруга тартылганда аткарылган жумушту көрүп чыгалы. Механиканын алтын эрежеси боюнча күчтөн канча эсе утулса, жолдон ошончо эсе уттурулат.

Жантайма тегиздик да жумуштан утуш бербейт. Жантаюу бурчун азайтып, жүктү көтөрүүгө сарпталган күчтөн утулат. Бирок которулуу аралыгы чоңойгондугу себептүү аткарылган жумуш өзгөрбөйт.



3.3-rasm

Узундугу *l*, бийиктиги *h* болгон жантаймада оордугу *P* болгон жогоруга аракеттенген телону көрөлү (3.3-сүрөт). Мында телого $F_{жум}$ сүрүлүү күчү, жантаймага параллель болгон $F_т$ жогоруга тартылуу күчү, жантаймага перпендикулярдуу багытталган $P_\perp$ күч жана тегиздикке перпендикулярдуу күчкө карама-каршы жакка багытталган *H* күч (тегиздиктин реакция күчү) таасир этет.

Эгерде сүрүлүү күчү эсепке алынбаса,

$$A_s = A_1 = mgh \tag{3.7}$$

ка барабар болот. Бирок сүрүлүү эсепке алынса,

$$A_т = A_1 + A_2 \tag{3.8}$$

жана

$$A_2 = F_{жум} \cdot l = \mu N \cdot l = \mu mg \cdot \cos\alpha \cdot \frac{h}{\sin\alpha} = \mu mg \cdot \mathrm{ctg}\alpha \tag{3.9}$$

болот. Анда $A_т$ төмөнкү көрүнүштү алат:

$$A_т = mgh + \mu mgh \cdot \mathrm{ctg}\alpha = mgh(1 + \mu \cdot \mathrm{ctg}\alpha). \tag{3.10}$$

Пайдалуу аракет коэффициенти:

$$\eta = \frac{A_п}{A_т} = \frac{mgh}{mgh(1+\mu \cdot \mathrm{ctg}\alpha)} = \frac{1}{1+\mu \cdot \mathrm{ctg}\alpha}. \tag{3.11}$$

Жүккө таасир эткен тартылуу күчү

$$\vec{F} = \vec{F}_p + \vec{F}_{жум} = \vec{P} \cdot \sin\alpha + \mu \vec{N} \cos\alpha = mg(\sin\alpha + \mu\cos\alpha). \tag{3.12}$$

1. *Механикалык жумуш кандай аныкталат?*
2. *Оордук күчүнүн жумушу эмнеге барабар?*
3. *Табиатта энергиянын сакталуу мыйзамы дайыма аткарылабы?*
4. *Жантайма тегиздик жумуштан утуш береби?*

15-тема. ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ: ЖАНТАЙМАДА ПАЙДАЛУУ АРАКЕТ КОЭФФИЦИЕНТИН АНЫКТОО

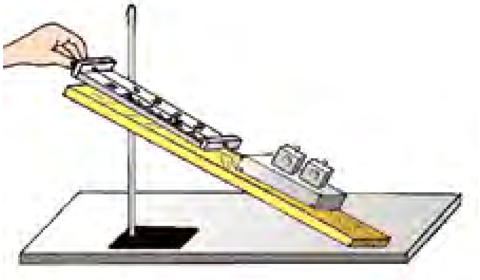
Иштин максаты: Жантайма тегиздикти жана андан эмне максатта пайдаланылышын үйрөнүү. Динамометрде телолордун салмагын өлчөө билгичтигин калыптандыруу. Пайдалуу жана толук жумуш, ошондой эле пайдалуу аракет коэффициенти жөнүндөгү билимдерди бышыктоо. Каталыктарды эсептөө билгичтиктерин калыптандыруу.

Керектүү аспаптар: узун жука тактай, кыскычтуу штатив, жыгач брусок, жүктөр жыйнагы, динамометр.

Жумуштун аткарылышы:

1) жука тактай штативге бекитилет. Андан кийин жантык тегиздиктин узундугу l жана бийиктиги h өлчөп алынат;

2) динамометр жардамында жыгач брусоктун салмагы P аныкталат;



3.4-сүрөт.

3) брусокту жантык тегиздикке коюп, динамометр жардамында жантык тегиздик боюнча F күч менен жогору карай бир калыпта (силкитүүсүз) тартылат;

4) $A_т = F \cdot l$ жардамында толук, $A_п = P \cdot h$ жардамында пайдалуу жумуштар эсептелет.

5) $\eta = \dfrac{A_п}{A_т}$ туюнтма жардамында жантык тегиздиктин пайдалуу аракет коэффициенти эсептелет.

Тажрыйба аз дегенде үч жолу кайталанат жана натыйжалар төмөнкү жадыбалга жазылат.

№	l, (м)	h, (м)	F, (Н)	P, (Н)	$A_т$, (Ж)	$A_п$, (Ж)	η, (%)
1							
2							
3							

Тажрыйбаны ар түрдүү жантык тегиздиктер (ар түрдүү h бийиктиктер) үчүн жүргүзүп, пайдалуу аракет коэффициентинин жантык тегиздиктин бурчунан көз карандылыгы жөнүндө тыянак чыгарылат.

1. *Жантык тегиздик кандай курулма жана ал кандай максатта колдонулат?*
2. *Пайдалуу жана толук жумуштар кандай аныкталат?*
3. *Пайдалуу жумуштун толук жумуштан аз болушуна себеп эмне?*
4. *Пайдалуу аракет коэффициентинин жантык тегиздиктин бурчунан көз карандылыгын кандай түшүндүрөсүң?*

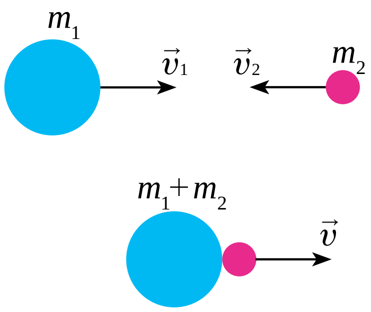
16-тема. ТЕЛОЛОРДУН АБСОЛЮТТУК СЕРПИЛГИЧ ЖАНА СЕРПИЛГИЧ ЭМЕС КАГЫЛЫШУУСУ

Кагылышуу деп, эки же андан көп телолордун өтө кыска убакыт ичиндеги таасирдешүүсүнө айтылат.

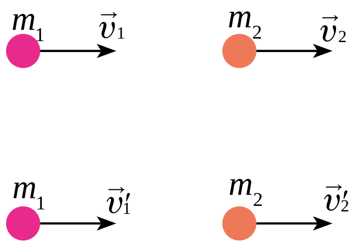
Кагылышуу табиятта абдан көп кездешет. Бильярд шарларынын кагылышуусу, кишинин жерге секириши, балгача менен мыктын кагылышы, футболчунун топту тебиши жана у. с. кагылышууга мисал болот.

Кагылышуу натыйжасында телолордун деформацияланышына карай алар эки түргө: абсолюттук серпилгич жана абсолюттук серпилгич эмес кагылышууларга бөлүнөт.

Абсолюттук серпилгич эмес кагылышуу. Абсолюттук серпилгич эмес кагылышуу деп, эки деформациялана турган шарлардын кагылышып, чогуу же бирдей ылдамдык менен аракеттенишине айтылат. Кагылышуудан кийин шарлар биригип, кыймыл жасашы мүмкүн. Пластилин же ылайдан жасалган шарчалардын кагылышуусу буга мисал боло алат (3.5-сүрөт).



3.5-сүрөт.



3.6-сүрөт.

m_1 массалуу телонун кагылышуудан мурдагы ылдамдыгы $\vec{v}_1$, m_2 массалуу телонун кагылышуудан мурдагы ылдамдыгы $\vec{v}_2$ болсун. Кагылышуудан кийинки ылдамдык $\vec{v}$ болсо, импульстун сакталуу мыйзамын колдоп, төмөнкүнү алабыз:

$$m_1\vec{v}_1+m_2\vec{v}_2=(m_1+m_2)\vec{v}\,.$$

Мындан

$$\vec{v}=\frac{m_1\vec{v}_1+m_2\vec{v}_2}{m_1+m_2}\,. \qquad (3.13)$$

Абсолюттук серпилгич эмес кагылышууда механикалык энергиянын сакталуу мыйзамы аткарылбай, анын бир бөлүгү шарлардын ички энергиясына айланат.

Абсолюттук серпилгич кагылышуу деп, эки деформацияланбай турган шарлардын кагылышуусуна айтылат. Мында шарлардын кагылышуудан мурдагы кинетикалык энергиялары, кагылышуудан кийин да толук бойдон кинетикалык энергияга айланат.

Абсолюттук серпилгич кагылышууда импульстун жана кинетикалык энергиянын сакталуу мыйзамдары аткарылат.

m_1 жана m_2 массалуу шарлардын кагылышууга чейинки ылдамдыктары тиешелүү түрдө $\vec{v}_1$ жана $\vec{v}_2$, кагылышуудан кийин болсо $\vec{v}_1'$ жана $\vec{v}_2'$ болсун. Алардын кыймыл багыттарын эсепке алып, оң жакка багытталган кыймылды оң, сол жакка багытталганын болсо терс белги менен алабыз (3.6-сүрөт). Бул учур үчүн импульстун жана кинетикалык энергиянын сакталуу мыйзамдары төмөнкүдөй болот:

$$m_1\vec{v}_1+m_2\vec{v}_2= m_1\vec{v}_1'+m_2\vec{v}_2' \qquad (3.14)$$

$$\frac{m_1\cdot v_1^2}{2}+\frac{m_2\cdot v_2^2}{2}=\frac{m_1\cdot v_1'^2}{2}+\frac{m_2\cdot v_2'^2}{2}$$

Жогорудагы формулаларды кошо чыгарып, v_1' жана v_2' ылдамдыктарды табууга болот:

$$v_1'=\frac{2m_2v_2+(m_1-m_2)v_1}{m_1+m_2}, \qquad v_2'=\frac{2m_1v_1+(m_2-m_1)v_2}{m_1+m_2}. \qquad (3.15)$$

1. *Абсолюттук серпилгич эмес кагылышуу деп кандай кагылышууга айтылат?*
2. *Абсолюттук серпилгич эмес кагылышууда энергиянын сакталуу мыйзамы аткарылабы?*
3. *Абсолюттук серпилгич кагылышуу деп кандай кагылышууга айтылат?*

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Өзгөрбөс F күчтүн таасиринде вагон 5 м жолду басып өттү жана 2 м/с ылдамдык алды. Эгерде вагондун массасы 400 кг жана сүрүлүү коэфициенти 0,01 болсо, күч аткарган A жумуш аныкталсын.

Б е р и л г е н:	Ч ы г а р ы л ы ш ы:
$F = \text{const}$; $s = 5$ м; $v = 2$ м/с $m = 400$ кг; $\mu = 0{,}01$	Күч аткарган жумуш: A, вагонду жылдыруудагы жумуш A_0 га жана ага кинетикалык энергия $E_к$ берүү үчүн аткарылган жумуштардын суммасына барабар $$A = A_0 + E_к.$$ Бул жерде: $F_{сүр} = \mu P$. $P = mg$ экендигин этибар алсак, $A_0 = F_{жум} \cdot s = \mu mgs$. Өз кезегинде, вагон алган кинетикалык энергия $$E_к = \frac{mv^2}{2}$$ Ошентип, F күч аткарган жумуш $A = \mu mgs + \frac{mv^2}{2}$. Берилгендерден пайдаланып $A = 0{,}01 \cdot 400 \cdot 9{,}8 \cdot 5\ Ж + \frac{1}{2} \cdot 400 \cdot 4\ Ж = 996\ Ж.$ *Жообу: A*=996 Ж.
Табуу керек A–?	

3-көнүгүү

1. 0,3 м/с ылдамдык менен аракеттенген 20 т массалуу вагон 0,2 м/с ылдамдык менен аракеттенген 30 т массалуу вагонду кууп жетти. Эгерде кагылышуу серпилгич эмес болсо, алар өз ара кагылышкандан кийин вагондордун ылдамдыгы кандай болот? (*Жообу:* $v = 0{,}24$ м/с).

2. Киши массасы 2 кг болгон телону 1 м бийиктикке 3 м/с^2 ылдамдануу менен көтөргөндө канча жумуш аткарат? (*Жообу:* $A = 26$ Ж).

3. Массасы 6,6 т болгон космостук кеме орбита боюнча 7,8 м/с ылдамдык менен аракеттенген болсо, анын кинетикалык энергиясы эмнеге барабар болот? (*Жообу:* $E_к = 200$ ГЖ).

4. 5 м бийиктиктен эркин түшүп жаткан 3 кг массалуу телонун жердин бетинен 2 м бийиктиктеги потенциалдык жана кинетикалык энергиялары эмнеге барабар? (*Жообу:* $E_п = 60$ Ж; $E_к = 90$ Ж).

5. Топтун жерден кайтып $2h$ бийиктикке көтөрүлүшү үчүн аны h бийиктиктен ылдыйга кандай баштапкы ылдамдык v_0 менен таштоо керек? Кагылышуу абсолюттук серпилгич деп эсептелсин. (*Жообу:* $v_0 = \sqrt{2gh}$).

6. Массасы 1 кг болгон материалдык чекит айлана боюнча 10 м/с ылдамдык менен бир калыпта аракеттенүүдө. Мезгилдин төрттөн бир үлүшүндө, мезгилдин жарымында, бүткүл мезгилде импульстун өзгөрүшүн тап. (*Жообу:* 14 кг·м/с; 20 кг·м/с; 0).

7. Массасы 0,5 кг болгон тело 4 м/с ылдамдыкта жогоруга вертикалдуу атылды. Телонун максималдуу бийиктикке көтөрүлүшүндө оордук күчүнүн жумушун, потенциалдык энергиясынын жана кинетикалык энергиясынын өзгөрүшүн тап. (*Жообу:* 4 Ж; 4 Ж; –4 Ж).

8. Массалары 1 кг жана 2 кг болгон серпилгич эмес шарлар бири-бирин көздөй, тиешелүү түрдө, 1 жана 2 м/с ылдамдык менен аракеттенүүдө. Кагылышкандан кийин системанын кинетикалык энергиясынын өзгөрүшүн тап (*Жообу:* 3 Ж).

9. Массасы 15 т болгон троллейбус ордунан 1,4 м/с^2 ылдамдануу менен козголду. Каршылык коэфициенти 0,02. Баштапкы 10 м жолдо тартылуу күчү аткарган жумушту жана каршылык күчү аткарган жумушту тап. Мында троллейбус канча кинетикалык энергия алган? (*Жообу:* 240 кЖ, –30 кЖ, 210 кЖ).

10. Чана бийиктиги 2 м жана негизи 5 м болгон дөңсөөдөн түшөт жана дөңсөөнүн негизинен 35 м горизонталдуу жолду басып өтүп токтойт. Сүрүлүүнү жалпы жол бою бирдей деп эсептеп, сүрүлүү коэфициентин тап. Ушуга окшош усул менен тажрыйбада, мисалы, күкүрттүн кутусу менен сызгыч ортосундагы сүрүлүү коэфициентин тап. (*Жообу:* 0,05).

III главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору

1. **... түрдүү формадагы кыймылдар жана өз ара таасирлердин сандык өлчөмү. Сүйлөмдү толтур.**
   A) Энергия; B) Потенциалдык энергия;
   C) Кинетикалык энергия; D) Электр энергия.
2. **Энергиянын СИ деги бирдиги эмне?**
   A) Ватт; B) Жоуль; C) Калория; D) Н · м.
3. **… күчтүн ошол күчтүн таасиринде болуп өткөн көторулушуна скалярдык көбөйтүндүсүнө барабар болгон чоңдук. Сүйлөмдү толтур.**
   A) Энергия; B) Потенциалдык энергия;
   C) Кинетикалык энергия; D) Механикалык жумуш.
4. **Энергия эч качан жоголбойт, жоктон бар да болбойт, ал бир түрдөн башкасына гана айланышы мүмкүн. Бул эмненин мүнөздөмөсү?**
   A) Ньютондун биринчи мыйзамы;
   B) Ньютондун экинчи мыйзамы;

C) Энергиянын сакталуу мыйзамы;
D) Ньютондун үчүнчү мыйзамы.

5. **Пайдалуу жумуштун толук жумушка катышы эмнени билдирет?**
A) Энергияны;
B) Потенциалдык энергияны;
C) Кинетикалык энергияны;
D) ПАК.

6. **Системанын ... деп, анын кинетикалык жана потенциалдык энергияларынын суммасына айтылат. Сүйлөмдү толтур.**
A) ... энергиясы;
B) ... толук механикалык энергиясы;
C) ... кинетикалык энергиясы;
D) ... механикалык жумушу.

7. **... кагылышуу деп, эки же андан көп телолордун өтө кыска убакыт бою таасирдешүүсүнө айтылат. Сүйлөмдү толтур.**
A) Абсолюттук серпилгич;
B) Абсолюттук серпилгич эмес;
C) Кагылышуу;
D) Жылуу.

8. **... кагылышуу деп, эки деформациялана турган шарлардын кагылышуусуна айтылат. Сүйлөмдү толтур.**
A) Абсолюттук серпилгич;
B) Абсолюттук серпилгич эмес;
C) Кагылышуу;
D) Которулуу.

9. **... кагылышуу деп, эки деформацияланбай турган шарлардын кагылышуусуна айтылат. Сүйлөмдү толтур.**
A) Абсолюттук серпилгич;
B) Абсолюттук серпилгич эмес;
C) Кагылышуу;
D) Которулуу.

10. **Телонун баштапкы жана акыркы абалынан көз каранды боло турган күчтөргө ... күчтөр дейилет. Чекиттердин ордуна туура жоопту кой.**
A) ... оордук;
B) ... оң;
C) ... потенциалдык же консервативдик;
D) ... терс.

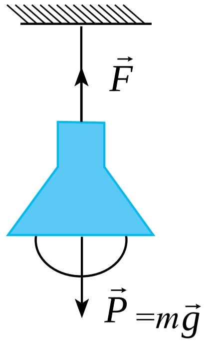
III главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Энергия	Түрдүү формадагы кыймылдар жана өз ара таасирлердин сандык өлчөмү. Анын Си деги бирдиги 1 Ж.
Механикалык жумуш	Күчтүн ошол күч таасиринде болуп өткөн которулушуна скалярдык көбөйтүндүсүнө барабар болгон чоңдук. $A = F \cdot s \cdot \cos\alpha$.
Системанын толук механикалык энергиясы	Системанын кинетикалык жана потенциалдык энергияларынын суммасы.
Энергиянын сакталуу мыйзамы	Энергия эч качан жоголбойт, жоктон бар да болбойт, ал бир түрдөн башкасына гана айланат.
Пайдалуу аракет коэффициенти	Пайдалуу жумуштун толук жумушка катышы: $\eta = \frac{A_п}{A_т} \cdot 100\%$.
Кагылышуу	Эки же андан көп телолордун өтө кыска убакыт бою таасирдешүүсү.
Абсолюттук серпилгич кагылышуу	Эки деформацияланбай турган шарлардын кагылышуусу.
Абсолюттук серпилгич эмес кагылышуу	Эки деформациялана турган шарлардын кагылышып, чогуу же бирдей ылдамдык менен аракеттениши.

IV глава. СТАТИКА ЖАНА ГИДРОДИНАМИКА

17-тема. ТЕЛОЛОРДУН ТЕҢ САЛМАКТУУЛУКТА БОЛУШУНУН ШАРТТАРЫ

Үйдүн шыбына илинген люстранын мисалында сарпталган күчтөрдү карап көрөлү (4.1-сүрөт).



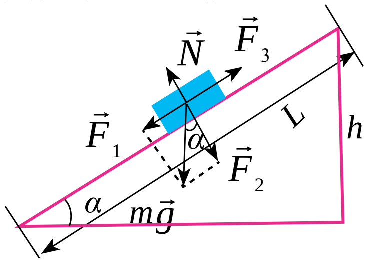
4.1-сүрөт.

Ал үчүн, эң мурда, 6-класста үйрөнүлгөн телолордун масса борбору жөнүндөгү түшүнүктү эстейли. *Масса борбору* дегенде, телонун бардык массасын өзүндө камтыган ойдогу чекит түшүнүлөт.

Ошондуктан телого таасир этип жаткан күчтөрдү масса борборуна салыштырмалуу алабыз. Илип коюлган лампага ылдыйга багытталган оордук күчү $\vec{P}$ таасир кылат. Натыйжада аны кармап турган жип бекем тартылат. Жипте пайда болгон тартылуу күчү $\vec{F}$ жана оордук күчү $\vec{P}$ масса борборунан өткөн түз сызыкта жатат жана багыты боюнча карама-каршы болот. Бул күчтөр сандык мааниси жагынан барабар болот. Бул күчтөр векторлорду кошуу эрежеси боюнча кошулса, натыйжалык күч нөлгө барабар болот. Ошондуктан лампа тең салмактуулукта калат.

Кандайдыр тело жантайма тегиздикте тең салмактуулукта турган учурду көрөлү (4.2-сүрөт). Мында телого сарпталган күчтөрдү масса борборуна салыштырмалуу алабыз. Телого адегенде оордук күчү $m\vec{g}$ таасир кылат.

Бул күчтү $\vec{F}_1$ жана $\vec{F}_2$ түзүүчүлөргө ажыраталы.



4.2-сүрөт.

Мында $\vec{F}_1$ күч телону жантайма тегиздик боюнча ылдый карай тайгалантууга аракет жасайт. $\vec{F}_2$ күч жантайма тегиздиктин бети берген басым күчүн пайда кылат. Бул күч бет тарабынан телого болгон реакция күчү $\vec{N}$ тын пайда болушуна алып келет. Телонун тайгаланышына карама-каршы багытта сүрүлүү күчү $\vec{F}_3$ таасир кылат.

Бул учурда да телого таасир этип жаткан бардык күчтөрдүн вектордук суммасы нөлгө барабар болот.

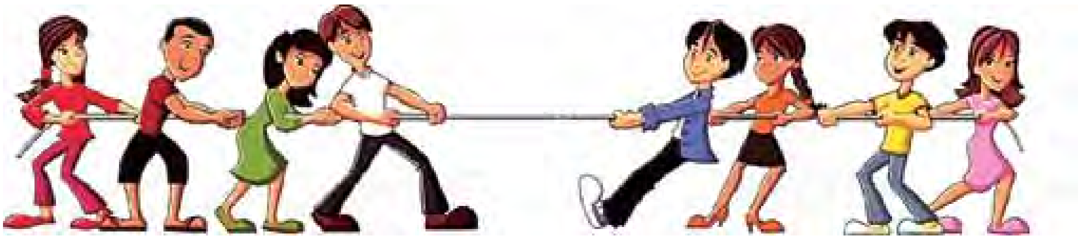
$$\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{N}_1+\vec{F}_3=0.$$

Жогорудагылардан келип чыгып төмөнкү тыянакты жасоого болот:

Айлануу огуна ээ болбогон тело же телолор системасы тең салмактуулукта калышы үчүн ага таасир этип жаткан күчтөрдүн вектордук суммасы нөлгө барабар болууга тийиш.

$$\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3+.....+\vec{F}_n=0.$$

Тең салмактуулуктун түрлөрү.



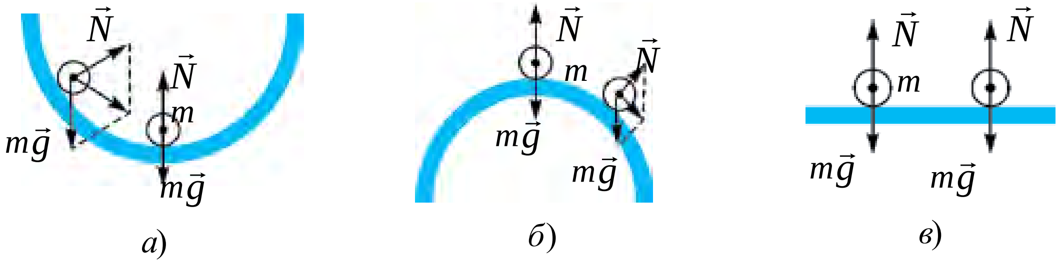
4.3-сүрөт.

Эгерде кандайдыр тело тең салмактуулук абалында болсо, аны ар дайым ушул абалда турат деп болбойт (4.3-сүрөт). Анткени реалдуу шарттарда ага сырттан күтүлбөгөн түрткүлөр берилип турат. Мындай түрткүлөрдөн телолорду толук сактоонун мүмкүнчүлүгү жок. Маанилүү жери, ушундай түрткүлөрдөн кийин тело тең салмактуулукта калабы же тең салмактуулук бузулабы, ошону билүү керек. Ал үчүн тышкы түрткү аркылуу тең салмактуулук абалынан четтеген телого таасир эткен натыйжалык күчтүн багытын аныктоо керек. Алынган натыйжалык күчтүн багыты боюнча тең салмактуулук үч түрдө болот.

1. Туруктуу тең салмактуулук. Телону тең салмактуулук абалынан чыгарганда, аны баштапкы абалына кайтаруучу күч пайда боло турган тең салмактуулукка *туруктуу тең салмактуулук* дейилет (4.4-*а* сүрөт). Мында жарым сферанын ичине салынган шарча тең салмактуулук абалынан чыгарылганда, ага таасир этип жаткан күчтөрдүн тең таасир этүүчүсү аны кайра тең салмактуулук абалына кайтарат.

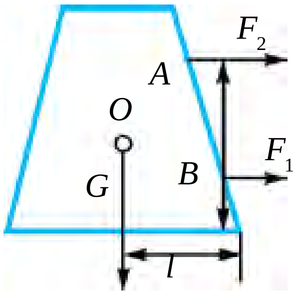
2. Туруктуу эмес тең салмактуулук. Телону тең салмактуулук абалынан чыгарганда, аны баштапкы абалынан алыстатуучу күч пайда боло турган тең салмактуулукка *туруктуу эмес тең салмактуулук* дейилет (4.4-*б* сүрөт). Мында жарым сферанын үстүнө коюлган шарча тең

салмактуулук абалынан чыгарылганда, ага таасир этип жаткан күчтөрдүн тең таасир этүүчүсү аны тең салмактуулук абалынан ого бетер чыгарат.



4.4-сүрөт.

3. **Айырмасыз тең салмактуулук**. Телону тең салмактуулук абалынан чыгарганда, анын абалын өзгөртө турган эч кандай күч пайда болбосо, *айырмасыз тең салмактуулук* дейилет (4.4-*в* сүрөт). Горизонталдуу беттин үстүнө коюлган шарчага тыштан түрткү берилгенде, ал ордунан жылат. Бирок ага таасир этип жаткан күчтөрдүн тең таасир этүүчүсү нөлгө барабар болот.



4.5-сүрөт.

4.5-сүрөттө келтирилген телого масса борборунан ылдый жайлашкан В чекитине F_1 күч таасир эттирилсе, ($F_1 > F_{сүр.} \cdot F_{жум.}$ – сүрүлүү күчү), тело алга умтулма кыймылга келет. Күчтүн чоңдугун өзгөртпөгөн түрдө ал *А* чекитине жылдырылса, тело кыйшая баштайт. Масса борборунан ылдыйга багытталган *G* вектор менен телонун төмөнкү негизи контурунун четки чекити ортосундагы аралык l азая баштайт. Күчтү таасир эттирүү улантылса, *G* вектору телонун негизин чек аралаган контурдун ичинен чыгат жана тело кулайт.

Ошентип телонун туруктуулугу:

1) телонун оордугунан;

2) телонун негизи аянтынын чоңдугунан;

3) кулатуучу күчтүн масса борборунан канчалык төмөнгө сарпталгандыгынан көз каранды.

$$F_1 = \frac{mgl}{h}. \qquad (4.1)$$

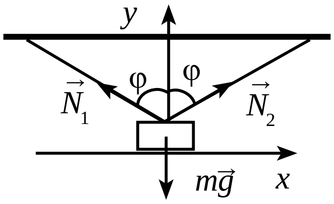
Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Массасы 10 кг болгон тело эки чоюлбас арканга илинген. Алар өз ара 60° бурчту түзгөн түрдө тең салмактуулукта калат. Аркандардын тартылуу күчтөрүн эсепте.

Б е р и л г е н:
$m = 10$ кг
$\varphi = 60^0$

Табуу керек
$N_1 = ?;\ N_2 = ?$

Ч ы г а р ы л ы ш ы:



Чийме боюнча, жүккө таасир этүүчү бардык $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$ жана $m\vec{g}$ күчтөр бир чекитте кесилишет. Ошол боюнча, тең салмактуулук шарты эки теңдеме менен аныкталат.

$$N_1 \sin\varphi - N_2 \sin\varphi = 0;$$
$$N_1 \cos\varphi + N_2 \cos\varphi - mg = 0.$$

Алар менен математикалык өзгөртүүлөр ишке ашырылгандан кийин

$$N_1 = N_2;\ 2\,N_1 \cos\varphi = mg;\ N_1 = N_2 = \frac{mg}{2\cos\varphi};$$

$$N_1 = N_2 = \frac{10\,\text{кг} \cdot 10\frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2\cos 60°} = 100\ \text{Н}.$$

Жообу: 100 Н.

1. *Телолордун масса борбору жайлашкан чекиттин багытында күч таасир эттирилсе, эмне байкалат?*
2. *Айлануу огуна ээ болбогон телолорго таасир этип жаткан күчтөрдүн вектордук суммасы нөлгө барабар болсо, эмне байкалат?*
3. *Тең салмактуулуктун түрлөрүнө турмуштан, техникадан мисал келтир.*

18-тема. МОМЕНТТЕР ЭРЕЖЕСИНЕ НЕГИЗДЕНИП ИШТЕГЕН МЕХАНИЗМДЕР

6-класста сен жөнөкөй механизмдерден рычаг, козголуучу жана козголбос блоктор, чыгырык жана лебёдка менен таанышкансың. Алардын ишине көңүл бурулса, бардыгында айлануу октору болот.

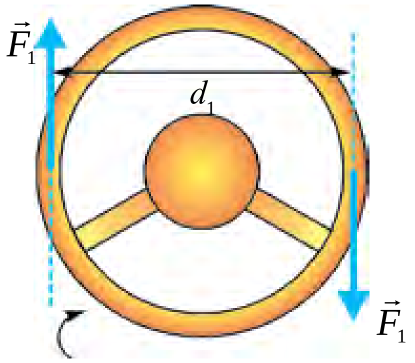
Мындай телолордун тең салмактуулукта болушу үчүн аларга таасир этип жаткан күчтөрдүн вектордук суммасы нөлгө барабар болушу жетиштүү эместиги да айтылган. Мында күч сарпталган чекиттин айлануу огунан кандай алыстыкта болушунан да көз каранды болот.

Күч сарпталган чекиттен айлануу огуна чейин болгон эң кыска аралык **күчтүн ийни** деп аталат. Мында күч менен ийин дайыма өз ара перпендикулярдуу болот.

Күчтүн күчтүн ийнине көбөйтүндүсүнө күчтүн моменти дейилет: $M = F \cdot l$,

Күчтүн моменти бирдиги $[M] = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Тело күчтүн моменти таасиринде айлануу огу айланасында бурулат. Мында телого таасир этип жаткан күчтүн моменти жуп күчтүн таасирине окшош болот. ***Жуп күч*** дегенде, багыты карама-каршы, чоңдуктары барабар, бирок бир окто жатпаган күчтөр түшүнүлөт.



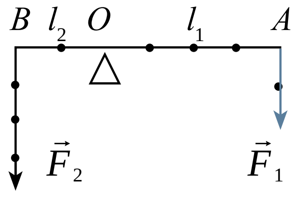
4.6-сүрөт.

Буга мисал иретинде автомобиль рулунун бурулушун келтирүүгө болот (4.6-сүрөт). Айлануу огу рулдун ортосунда болуп, ага жуп F_1 күчтөр таасир этет.

Натыйжалык күчтүн моменти рулду бир жакка буруучу моменттерди өз ара кошуу менен табылат:

$$M = F_1 \frac{d_1}{2} + F_1 \frac{d_1}{2} = F_1 d_1.$$

Эгерде айлануу огуна ээ болгон телого бир нече күч таасир этип жаткан болсо, бул күчтөрдүн моменттерин өз ара кошуу аркылуу натыйжалык момент табылат. Мында телону саат жебесинин багытында айландырган күч моменттери оң белгиде, саат жебесинин багытына карама-каршы багытта айландырган күч моменттери терс белгиде алынат.



4.7-сүрөт.

4.7-сүрөттө масштабдуу сызгычтын О чекитинен штативге илинип, андан түрдүү алыстыкта коюлган жүктөр келтирилген. Мында A чекитине илинген жүктөрдүн оордугу F_1 ге, айлануу огунан алыстыгы l_1 ге барабар болуп, сызгычты саат жебесинин багытында аракеттендирген моментти пайда кылат. B чекитине илинген жүктөрдүн оордугу F_2 ге, айлануу огунан алыстыгы l_2 ге барабар болуп, сызгычты саат жебесинин багытына карама-каршы багытта айландырган күчтүн моментин пайда кылат. Натыйжалык күчтүн моментин табуу үчүн телого таасир этүүчү күч моменттеринин белгисин эсепке алып кошобуз:

$$M = F_2 l_2 + (-F_1 l_1) = F_2 l_2 - F_1 l_1.$$

Мындан көрүнүп тургандай, тело тең салмактуулукта калышы үчүн $M = 0$ болушу керек.

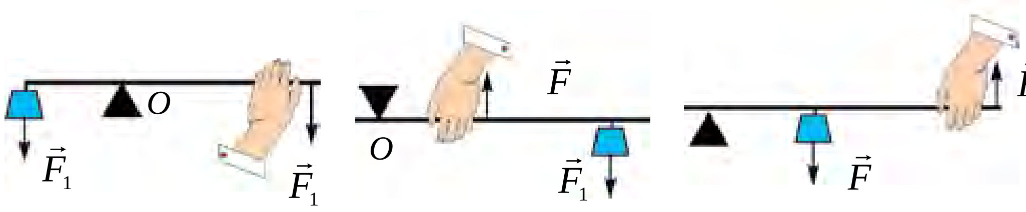
Мындан айлануу огуна ээ болгон телолордун тең салмактуулук шарты төмөнкүдөй болот:

Айлануу огуна ээ болгон телого таасир этип жаткан күч моменттеринин вектордук суммасы нөлгө барабар болгондо тело тең салмактуулукта калат::

$$\vec{M}_1+\vec{M}_2+\vec{M}_3+\ldots+\vec{M}_n=0. \qquad \textbf{(4.2)}$$

Бул эреже Архимед тарабынан табылган болуп, ***моменттер эрежеси*** деп аталат. **Моменттер эрежесине негизделип иштеген жөнөкөй механизмдерге** рычаг, козголбос жана козголуучу блоктор, чыгырык, винт (домкрат) жана у. с. кирет.

Рычаг. Практикада рычагдын үч түрү колдонулат (4.8-сүрөт).



а) *б*) *в*)

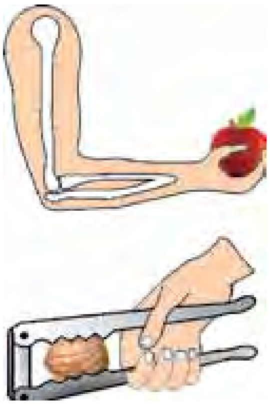
4.8-сүрөт.

Эки ийиндүү рычагда (4.8-*а* сүрөт) таяныч рычагдын күчтөр сарпталган чекиттеринин аралыгында болот.

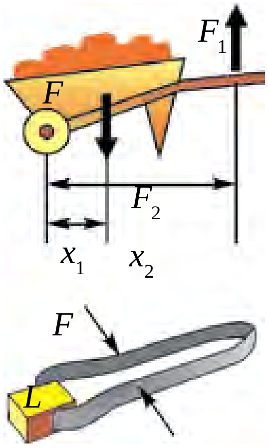
Бир ийиндүү рычагда (4.8-*б* сүрөт) таяныч рычагдын бир учуна жайлаштырылган болуп, жүк рычагдын экинчи учуна коюлат. Кармап туруучу күч таяныч менен жүк сарпталган чекиттер аралыгына жайлаштырылат. Аларда күчтөр антипараллель багытталган болот. Адамдын колу, жаңгак чаккан кыскыч буга мисал боло алат (4.9-сүрөт).

Рычагдын үчүнчү түрүндө (4.8 *в*-сүрөт) таяныч рычагдын бир учуна жайлаштырылган болуп, жүк таяныч менен кармап туруучу күч сарпталган чекиттердин аралыгына коюлат. Аларда да күчтөр антипараллель багытталган болот. Буга замбил, кыпчуур сыяктуулар мисал боло алат (4.10-сүрөт).

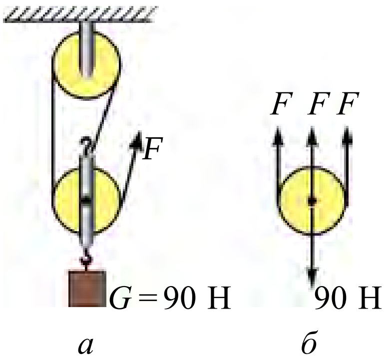
Блоктор. Турмушта жана техникада блоктордон пайдаланууда козголуучу жана козголбос блоктор комплексинен пайдаланылат**.** Комплексте блоктор өз ара туташтырылып, ***даражалуу полиспаст*** алынат.



4.9-сүрөт.



4.10-сүрөт.



4.11-сүрөт.

4.11-сүрөттө ошондой ***даражалуу полиспаст*** келтирилген. Мында илинген жүктүн оордугу блокторго оролгон аркандарга бөлүштүрүлөт.

$$\boldsymbol{F = \frac{P}{n}}. \tag{4.3}$$

Бул боюнча полиспастта жүк канча арканга бөлүштүрүлсө, жүктү көтөрүү үчүн керек боло турган күч ошончо жолу аз болот.

1. *Телого таасир этүүчү күчтүн моменттери кандай эрежени негизинде кошулат?*
2. *Айлануу огуна ээ телонун тең салмактуулугу боюнча мисал келтир.*
3. *Полиспастта козголбос блоктордун саны ашып отурса, анын күчтү күчөтүп берүү чоңдугу кандай өзгөрөт?*

19-тема. АЙЛАНМА КЫЙМЫЛДЫН ДИНАМИКАСЫ

Сен көптөгөн күжүрмөн фильмдерди көргөнүңдө, айдоочу автомобилдин рулун кескин бурганда, машинанын оодарылып кеткенин көргөнсүң. Циркте мотоциклчинин дубалды бойлой айдаганын да көргөндөр бар.

Мындай тажрыйба жасап көрөлү. Чакага бир аз суу куюп, аны вертикалдуу тегиздикте айландыралы. Чака айлануу учурунда жогорку чекиттен өтүп жатканда андагы суу төгүлбөстөн өтөт.

Жогоруда келтирилген мисалдардан машинаны оодарган, мотоциклчини дубалга басып турган жана чакадагы суунун оордугун тең салмактуулукта кармап турган күч бар экендиги келип чыгат.

Бул күч кандай алынат жана анын чоңдугу эмнелерден көз каранды?

Ал үчүн айлана боюнча бир калыпта кыймыл жасап жаткан телодо борборго умтулма күч болушун эстейли:

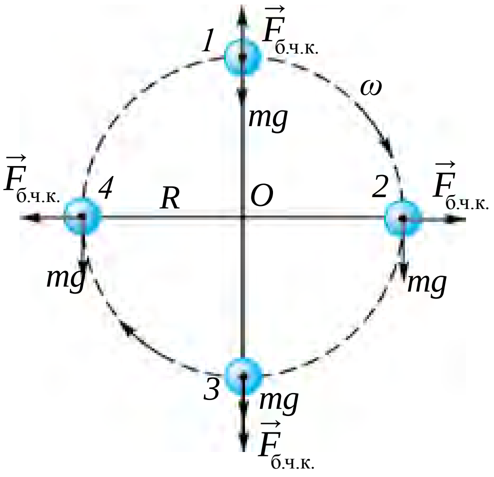
$$F_{\text{б.у.к.}} = \frac{mv^2}{R}. \qquad (4.4)$$

Ньютондун үчүнчү мыйзамы боюнча:

$$F_{\text{б.у.к.}} = F_{\text{б.ч.к.}}$$

борбордон четтөөчү күч $\vec{F}_{\text{б.ч.к.}}$ да пайда болот.

Мына ошол борбордон четтөөчү күч кескин бурулган машинаны оодарат жана айланган чаканын төңкөрүлгөн абалында суунун төгүлүшүнө жол койбойт.



4.12-rasm

4.12-сүрөттө R радиустуу айлана боюнча аракеттенген телого таасир этүүчү күчтөр көрсөтүлгөн. Биринчи абалда борбордон четтөөчү күч $\vec{F}_{\text{б.ч.к.}}$ оордук күчү $m\vec{g}$ га карама-каршы багытталгандыгы себептүү телонун оордугу азаят:

$$P_1 = mg - \frac{mv^2}{R}. \qquad (4.5)$$

Үчүнчү абалда телонун оордук күчү жана борбордон четтөөчү күч ылдыйга, б. а. бир жакка багытталган. Ошол боюнча, телонун оордугу чоңоёт:

$$P_2 = mg + \frac{mv^2}{R}. \qquad (4.6)$$

Борбордон четтөөчү күч айлануучу телолордо жана телонун кыймылы учурунда бурулуу зарыл болгон учурларда эсепке алынат.

Куду ушундай жолдун бурулуш бөлүктөрүндө борборго умтулма күчтүн таасиринде вертикалдуу абалдан кыйшаюу байкалат. Бул абал

аварияга алып келбестиги үчүн велосипедчи же мотоциклчи айлануу борборун карай бир аз кыйшайып аракеттенүүсү зарыл (4.13 *а*-сүрөт). Автомобилде бул күчтү тең салмактоо үчүн жолдун бир жагын бир аз көтөрүп курулчу болду (4.13 *б*-сүрөт). Трамвай жана поезддердин рельстери жолдун бурулуу жерлеринде тышкы айланасы бир аз көтөрүлүп курулат.

4.13-сүрөт.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Тело кандайдыр бийиктиктен түшүп, алкак боюнча аракеттенет. Алкактын радиусу кандай болгондо, тело алкактын *T* чекитинен түшүп кетпейт? Телонун *T* чекиттеги ылдамдыгы 30 м/с.

Берилген:
$v = 30$ м/с
$g = 10$ м/с^2

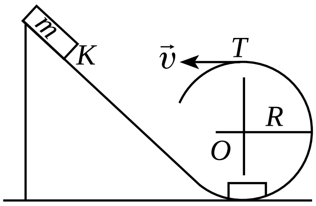
Табуу керек
R – ?

Чыгарылышы:

Тело *T* чекитинен түшүп кетпестиги үчүн $F_{оор.} = F_{б.ч.к}$ шарт аткарылышы керек.

$$mg = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow g = \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v^2}{g};$$

$$R = \frac{30^2}{10} \frac{м^2/с^2}{м/с^2} = 90 \text{ м.}$$



Жообу: 90 м.

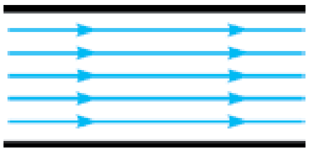
1. *Борбордон четтөөчү күчтүн таасирине негизденип иштеген кандай аспаптарды билесиң?*
2. *Жолдун бурулуу бөлүктөрүндө эмне себептен автомобилдердин ылдамдыгы чектелет?*
3. *Машинанын айдоочусу кескин бурулуу жерине жакындашканда эмне кылышы керек? Эмне үчүн айдоочу нымдуулук көп болгондо, жолдо төгүлгөн жалбырактар көп болгон убакытта жана тайгалакта аябай этият болууга тийиш?*

20-тема. СУЮКТУКТУН ЖАНА ГАЗДАРДЫН КЫЙМЫЛЫ, АГЫМДЫН ҮЗГҮЛТҮКСҮЗДҮК ТЕОРЕМАСЫ. БЕРНУЛЛИНИН ТЕҢДЕМЕСИ

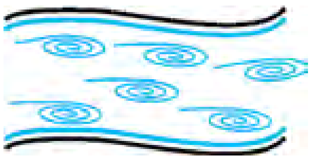
Сен тынч абалда турган суюктук жана газдардын идиштин бетине басым жасашы жөнүндө билим алгансың. Табиатта жана турмушта суюктук тынч абалдан тышкары, кыймылда да болот. Арык, канал, дарыяларда жана водопровод түтүктөрүндө агып жаткан сууда кандай күчтөр пайда болот? Муну үйрөнүү үчүн арыкта агып жаткан суу бетинин абалын бир эстеп көрөлү. Суусу мол, кең каналда жай аккан суунун ортоңку бөлүгү бир калыпта, дээрлик бир сызык боюнча, кыймыл жасайт. Муну сууда кошо агып келе жаткан чөптөрдүн кыймылына байкоо жүргүзүп, ишеним пайда кылууга болот (4.14-сүрөт). Мындай агымга ***катмарлуу*** же ***ламинардык агым*** дейилет. Тоодон түшүп жаткан арыктын суусу тез агат. Ага ташталган майда чөптөрдүн, жалбырактардын кыймылына байкоо жүргүзүлсө, көптөгөн жерлерде ирим, б. а. айлампа көрүнүшүндөгү кыймылдар пайда болот (4.15-сүрөт.) Мындай агымга ***турбуленттүү*** агым дейилет. Демек, суюктук кандайдыр түтүктө акканда, суюктуктун түтүктүн беттерине сүрүлүшү натыйжасында катмарлардын жылышы түтүктүн ортоңку бөлүгүндө тезирээк, четки бөлүктөрүндө жайыраак жүрөт экен.

Сүрүлүүнү эсепке албаган түрдө, суюктуктун туурасынан кесилиш аянты өзгөрө турган түтүк боюнча агышын көрөлү (4.16-сүрөт)

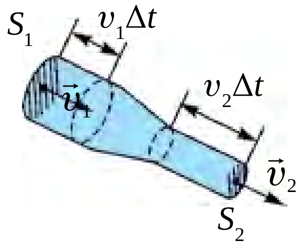
Суюктук түтүктүн S_1 аянтка ээ бөлүгүнө v_1 ылдамдык менен кирип, S_2 аянтуу бөлүгүнөн v_2 ылдамдык менен чыгып кетет. Кичине гана Δt убакыттын ичинде S_1 аянттан m_1 массалуу суюктук, S_2 аянттан m_2 массалуу суюктук агып өтөт. Массанын сакталуу мыйзамы боюнча $m_1=m_2$. Массалардын ордуна суюктук тыгыздыгы ρ жана көлөмү V аркылуу туюнтмасын койсок $\rho_1\ S_1v_1\Delta t=\rho_2\ S_2v_2\Delta t$. Суюктуктун кысылбастыгы эсепке алынса, $\rho_1=\rho_2$ болот. Анда



4.14-сүрөт.



4.15-сүрөт.



4.16-сүрөт.

$S_1v_1\Delta t=S_2v_2\Delta t$ болот. Барабардыктын эки жагын Δt га бөлүп салсак,

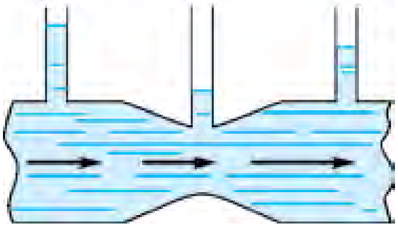
$$S_1 v_1 = S_2 v_2 \qquad (4.7)$$

ге ээ болобуз. Алынган натыйжаны төмөнкүдөй мүнөздөөгө болот:

Түрдүү кесилиш аянттуу түтүктө агып жаткан кысылбас суюктук ылдамдыктарынын модулу, суюктуктун кесилиш аянттарына тескери пропорциялаш болот. Буга кысылбас суюктук үчүн *агымдын үзгүлтүксүздүгү* теңдемеси дейилет.

Ошентип, агым түтүгүнүн кең бөлүгүндө суюктуктун ылдамдыгы кичине, тар жеринде болсо чоң болот. Водопровод шлангынан суу сээп жатканда, сууну алысыраак себүү үчүн шлангдын учу кысылат.

Кыймылдагы суюктуктарда басымдын бөлүштүрүлүшүн көрөлү.



4.17-сүрөт.

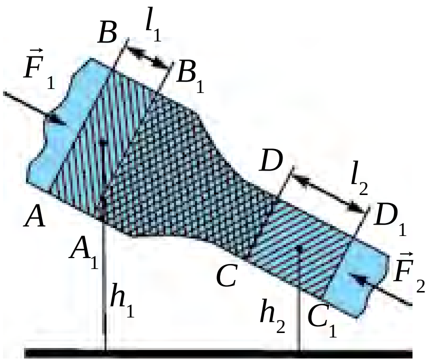
Жогорку бөлүгүндө ичке өлчөө түтүктөрү уланган, түрдүү аянттуу түтүк боюнча суюктук агып жаткан болсун (4.17-сүрөт). Суюктуктун стационардык агымында ар бир өлчөө түтүктөрү боюнча суюктук көтөрүлөт. Суюктук мамычаларынын бийиктиктери боюнча түтүктүн беттерине жасалган басым жөнүндө пикир жүргүзүүгө болот. Тажрыйбалардын көрсөтүшүнчө, түтүктүн кең бөлүгүндөгү басым, анын тар бөлүгүнө салыштырмалуу чоң болот. Агымдын үзгүлтүксүздүгү теңдемеси боюнча түтүктүн кең бөлүгүндө агымдын ылдамдыгы кичине, тар бөлүгүндө чоң болот. Мындан төмөнкү тыянакка келебиз:

Суюктук агымынын ылдамдыгы чоң болгон жерлерде анын басымы кичине жана, тескерисинче, агымдын ылдамдыгы кичине болгон жерлерде чоң болот.

Суюктук басымынын агым ылдамдыгынан көз карандылыгынын математикалык туюнтмасын 1738-жылы D. Бернулли аныктаган эле.

Бернуллинин теңдемесин суюктуктун агымына механикалык энергиянын сакталуу мыйзамын колдоо аркылуу чыгарууга болот.

Суюктук агып жаткан, туурасынан кесилиш аянты өзгөрмө түтүктү горизонтко салыштырмалуу жантык абалда орнотолу (4.18-сүрөт.)



4.18-сүрөт.

Түтүктүн кең бөлүгүндөгү *AB* аянтынан адегенде белгилүү бир суюктук көлөмүн ажыратып көрөлү. Бул көлөм агып өтүшү үчүн *t* убакыт керек болсун. Суюктук кысылбагандыктан ошол убакыттын ичинде

түтүктүн тар бөлүгүндөгү CD аянттан да ошончо көлөмдөгү суюктук агып өтөт. Суюктуктун AB аянтын S_1, андан агып өтүү ылдамдыгын v_1 жана CD аянтын S_2, андан агып өтүү ылдамдыгын v_2 менен белгилейли. Басым күчтөрү F_1 жана F_2, ошондой эле алынган көлөмдөгү суюктуктун оордук күчү таасиринде t убакыт бою оң жакка жылат. Мында аткарылган жумуш

$$A=A_1+A_2=F_1\, l_1-F_2 l_2=p_1 S_1 v_1 \Delta t+p_2 S_2 v_2 \Delta t.$$

Суюктуктун стационардык агымында A_1B_1 жана CD аралыктагы (4.18-сүрөттө штрихтелген аянт) суюктуктун энергиясы өзгөрбөйт, б. а. ABB_1A_1 көлөмдү ээлеген суюктук жылып, CDD_1C_1 көлөмдү ээлейт. Энергиянын сакталуу мыйзамы боюнча тышкы күчтөрдүн аткарган жумушу энергиянын өзгөрүшүнө барабар:

$$\Delta E=\Delta E_k+\Delta E_p=\frac{1}{2}\rho\Delta V\,(v_2^2-v_1^2)+\rho g\,(S_2 l_2 h_2-S_1 l_1\, h_1).$$

$S_2 l_2=S_1 l_1=\Delta V$ экендиги эсепке алынып, ΔV га кыскартылса

$$p_1+\rho g h_1+\frac{\rho v_1^2}{2}=p_2+\rho g h_2+\frac{\rho v_2^2}{2}. \qquad (4.8)$$

Буга идеалдуу суюктук же газдын агымы үчүн **Бернуллинин теңдемеси** дейилет.

Эгерде $h_1=h_2$ болсо,

$$p_1+\frac{\rho v_1^2}{2}=p_2+\frac{\rho v_2^2}{2} \text{ болот.}$$

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Түбү тыгын менен бекемделген, кичинекей жылчыгы бар идишке 1 м бийиктикте суу куюлган. Суунун бетине массасы 1 кг жана аянты 100 см^2 болгон поршень коюлган. Идиштин бети менен поршендин аралыгынан суу сызып өтпөйт. Тыгын алынган заматта суу жылчыктан кандай ылдамдык менен атылып чыгат?

Берилген:
$m=1$ кг
$S=100$ см^2
$h=1$ м

Табуу керек
$v=?$

Чыгарылышы:

Бернуллинин теңдемесинен пайдаланабыз. Суу агымынын басымы атмосфера басымы p_o га барабар. Жылчыктан баштап h бийиктиктеги поршендин түбүндөгү басым $p_o+\frac{mg}{S}$ га барабар. Бернуллинин теңдемеси боюнча

$$p_o+\frac{\rho v^2}{2}=p_o+\rho g h+\frac{mg}{S}.$$

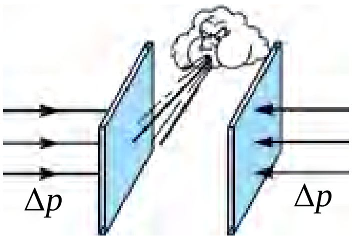
Мындан $v=\sqrt{2gh+\frac{2mg}{\rho S}}\approx 4{,}9$ м/с.

Жообу: 4,9 м/с.

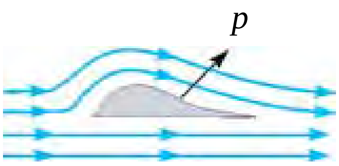
1. *Суюктуктун динамикалык басымы дегенде эмнени түшүнөсүң?*
2. *Ламинардык жана турбуленттүү агымдар кандай мүнөздөлөт?*
3. *Сен жашаган жерде аккан суулар кандай көрүнүштө агышын мүнөздөп бер.*
4. *Эмне себептен суюктуктун ылдамдыгы чоңойсо, анын басымы азаят?*

21-тема. СУЮКТУКТУН ДИНАМИКАЛЫК БАСЫМЫ ДЕГЕНДЕ ЭМНЕНИ ТҮШҮНӨСҮҢ?

Суюктуктун тынч абалындагыга караганда кыймыл абалында басымдын өзгөрүшүн көрдүк. Бул басымга ***динамикалык басым*** дейилет. Динамикалык басымдын суюктук же газдын ылдамдыгынан көз карандылыгына байкоо жүргүзүү үчүн төмөнкүдөй тажрыйба жасайлы. Эки барак кагаз алып, тик абалда кармайлы. Андан кийин кагаздын арасына үйлөйлү (4.19-сүрөт). Мында кагаздар бири-бирин көздөй умтулуп жакындашат. Мунун себеби, кагаздардын ортосундагы аба үйлөөнүн натыйжасында кыймылга келет жана ал жердеги басым азаят. Кагаздардын тыш жагындагы басым, ички бөлүгүндөгүнөн чоң болуп калгандыгы себептүү, кагаздарды кысуучу күч пайда болот. Бир жакты карай аракеттенген эки кеме кээде эч кандай себепсиз кагылышып кеткен учурлар болгон. Мунун себебин да куду ушундай эки кагаздын ортосуна үйлөгөндө басымдардым айырмасы пайда болушу менен түшүндүрүлөт.



4.19-сүрөт.

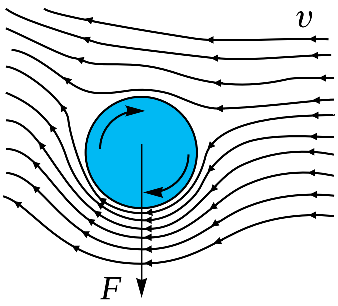


4.20-сүрөт.

1. Самолёттун канатын көтөрүүчү күч. Самолёттордун учушу да дал ушул кубулушту үйрөнүү аркылуу ишке ашырылды. Бул самолёттун канатынын атайын түзүлүшү менен түшүндүрүлөт (4.20-сүрөт).

Самолёттун канаты “сүйрү” формада жасалып, ага келип урулган шамал, канаттын астыңкы жана үстүңкү жагынан өтөт. Үстүңкү бөлүгүндө шамал өтүшү керек болгон жол астыңкы бөлүгүнөн көбүрөөк. Ошондуктан үстүңкү

бөлүгүндө шамалдын ылдамдыгы астыңкысынан чоңураак болот. Демек, шамалдын ылдамдыгы чоң болгон жердеги басым p_1 шамалдын ылдамдыгы кичине болгон астыңкы бөлүгүндөгү басым p_2 ден кичине болот. Натыйжада ылдыйдан жогоруга багытталган басымдар айырмасы $p=p_2-p_1$ пайда болот. Агым турбуленттүү болсо, басымдардын айырмасы чоң болот. Ошол басымдардын айырмасы себептүү самолёттун канатын көтөрүүчү күч алынат.

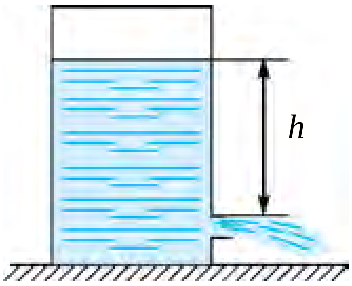


4.21-сүрөт.

2. Магнус эффекти. Футбол талаасында бурчтан тебилген топтун бурулуп, дарбазага киргенин телевизордон же стадиондон көргөндөр көп. Топту бурулууга эмне аргасы кылат? Мунун себеби, топтун ортосуна эмес, бир аз четирээкке тепкен чебер футболчу аны түз кыймыл учурунда айланууга аргасыз кылат. Натыйжада топтун сол жана оң жагындагы аба агымынын ылдамдыгы өзгөрөт жана басымдар айырмасы пайда болуп, топту дарбаза жакка бурат. Буга ***магнус эффекти*** дейилет (4.21-сүрөт).

3. Идиштин жылчыгынан атып чыккан суюктуктун ылдамдыгын эсептөө.

Бернулли теңдемесинен пайдаланып, суюктуктун бетинен h тереңдиктеги жылчыктан атып чыгып жаткан суюктуктун ылдамдыгын эсептөөгө болот (4.22-сүрөт).



4.22-сүрөт.

Идиштеги суюктуктун үстүңкү бетиндеги басым, атмосфералык басым p_0 га барабар. Суюктуктун ылдамдыгы $v_0=0$. Суюктук чыккан жылчыктагы басым да p_0 га барабар. Жылчыктан чыккан суюктуктун ылдамдыгын v менен белгилеп, бул эки жер үчүн 4.9-формуланы колдойбуз:

$$p_0+\frac{\rho v^2}{2}=p_0+\rho gh, \text{ мындан}$$

$$v=\sqrt{2gh}\,. \qquad (4.10)$$

Буга идеалдуу суюктук үчүн ***Торричеллинин формуласы*** дейилет.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Бою 5 м болгон цистернада жерден 50 см бийиктикте чорго орнотулган. Чорго ачылса, андан суюктук кандай ылдамдык менен атып чыгат?

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$H=5$ м $h=50$ см$=0{,}5$ м	$v=\sqrt{2g(H-h)}$	$v=\sqrt{2\cdot 10\frac{м}{с^2}(5м-0{,}5м)}=$ $=\sqrt{20\frac{м^2}{с^2}4{,}5}\approx 9{,}5\frac{м}{с}$
Табуу керек $v-?$		*Жообу:* $\approx 9{,}5\ \frac{м}{с}$

1. Үйдө кагаздан түрдүү көрүнүштө батперек жаса. Кайсы батперекте көтөрүүчү күч чоң болушун негиздөөгө урунуп көр.
2. Дене тарбия сабагында футбол тобун бурчтан тээп, айландырып бурууга аракеттенип көр.

?

1. Батперек кандай күчтөрдүн таасиринде жогоруга көтөрүлөт?
2 4.22-сүрөттөгү идиштен атып чыгып жаткан суюктуктун ылдамдыгы жылчыктын аянтынан көз карандыбы?
3. Көптөгөн автомобилдердин тышкы көрүнүшү эмне үчүн үч бурчтук, төрт бурчтук же ушуга окшош формада жасалбайт?
4. Магнус эффектинен дагы кайсы жерлерде пайдаланууга болот?

3-көнүгүү

1. Арканды илинбей турган кылып тартууга болобу?

2. Массасы $1{,}2\cdot 10^3$ кг болгон ноо жерде жатат. Анын бир учунан көтөрүү үчүн кандай күч керек? (*Жообу*: $\approx 6\cdot 10^3$ Н).

3. Массасы 1,35 т болгон автомобилдин дөңгөлөктөрү орнотулган октор бири-биринен 3 м алыстыкта жайлашкан. Автомобилдин масса борбору алдыңкы октон 1,2 м алыстыкта жайлашкан. Автомобилдин ар бир огуна сарпталган күчтөрдү аныкта.

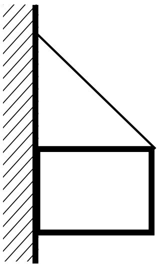
4. Куб формасындагы телону оодаруу үчүн анын үстүңкү кырына кандай күч менен таасир этүү керек? Мында кубдун полго сүрүлүү коэфициентинин минималдуу мааниси канча болушу керек? Кубдун жагы a га, массасы m ге барабар.

5. Негизи квадраттан турган бийик тактай горизонталдуу тегиздикте турат. Сызгычтан гана пайдаланып, тактай менен тегиздиктин ортосундагы сүрүлүү коэфициентин кандай аныктоого болот?

6. Телого чоңдугу 100 Н болгон үч күч таасир этүүдө. Эгерде биринчи жана экинчи күчтүн ортосундагы бурч 60°, экинчи жана үчүнчү күчтүн ортосундагы бурч 90° болсо, күчтөрдүн тең таасир этүүчүсүн тап. (*Жообу*: 150 Н).

7. Узундугу 10 м болгон кир кургатуу арканында оордугу 20 Н болгон костюм илинип турат. Костюм илинген кийим илгич аркандын ортосунда болуп, аркан бекитилген чекиттерден өткөн горизонталдуу сызыктан 10 см ылдыйда жайлашкан. Аркандын тартылуу күчүн тап. (*Жообу*: 500 Н).

8. Вертикалдуу дубалга аркан менен илип коюлган ящик 4.23-сүрөттө көрсөтүлгөндөй тура алабы?



4.23-сүрөт.

9. Узундугу 10 м, массасы 900 кг болгон рельс эки параллель трос менен көтөрүлүүдө. Тростордон бири рельстин учуна, экинчиси башка учунан 1 м ары жайлашкан. Тростордун тартылуу күчтөрүн тап. (*Жообу*: 4 кН; 5 кН).

10. Бир тектүү оор металл стержень бүктөлдү жана бир учунан эркин илип коюлду. Эгерде бүгүлүү бурчу 90° болсо, стержендин илинген учу вертикаль менен кандай бурчту түзөт? (*Жообу*: $\mathrm{tg}\alpha = 1/3$).

11. Дарыянын суусу анын кайсы жеринде тез агат: суунун бетки бөлүгүндөбү же белгилүү бир тереңдиктеби; дарыянын ортосундабы же жээкке жакын жериндеби?

12. Суу жеткирүү тармагы тешилип, андан жогоруга суу атып чыга баштады. Эгерде жылчыктын аянты 4 мм^2, суунун атып чыгуу бийиктиги 80 см болсо, бир суткада канча суу коромжу болот? (*Жообу*: 1380 л).

13. Суу асты кемеси 100 м тереңдикте сүзүүдө. Окуу машыгуулары учурунда анда кичинекей жылчык пайда болду. Эгерде жылчыктын диаметри 2 см болсо, ага суу кандай ылдамдык менен кирет? Жылчык аркылуу бир саатта канча суу кирет? Кеменин ичиндеги басым атмосфералык басымга барабар. (*Жообу*: 44,3 м/с; 50 м^3).

14. Өрт өчүрүү үчүн иштетилчү суу ноосундагы суунун деңгээли 60 л/мин. Эгерде ноодон чыккан суунун бети 1,5 см^2 болсо, 2 м бийиктикте суунун бети канчага барабар болот?

15. Эмне себептен бышкан жумурткага атылган ок аны көзөп өтөт, бирок чийки жумуртканы тытып салат?

IV главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору

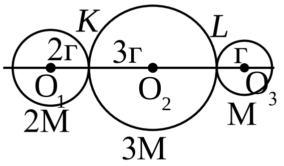
1. Массалары 2M, 3M жана M болгон тегерек формасындагы телолор сүрөттө көрсөтүлгөндөй орнотулган. Алардын масса борбору кайсы чекитте жайлашкан?

A) KL чекиттеринин ортосунда;

B) L чекитинде;

C) M чекитинде;

D) LM чекиттеринин ортосунда.



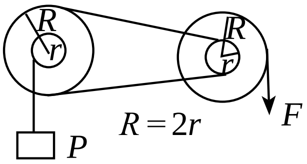
2. Сүрөттө келтирилген система тең салмактуулукта турат. *F* күч *R* дин канча бөлүгүнө барабар.

A) 1/2;

B) 1/4;

C) 1/8;

D) 2.



3. Күчтүн ийни – бул….

A) рычагдын узундугу;

B) рычагдын айлануу огунан аягына чейин болгон аралык;

C) күч векторунун багытынан айлануу огуна чейин болгон эң кыска аралык;

D) рычагга таасир этүүчү жуп күчтөрдүн ортосундагы эң кыска аралык.

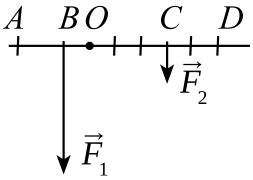
4. Сүрөттө рычагга таасир этүүчү $\vec{F}_1$ жана $\vec{F}_2$ күчтөр келтирилген. $\vec{F}_1$ жана $\vec{F}_2$ күчтөрдүн ийиндерин көрсөт.

A) *OA; OD*;

B) *BD; CA*;

C) *AB; CD*;

D) *OB; OC*.



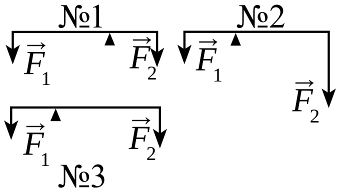
5. Сүрөттө келтирилген рычагдардан кайсы бири тең салмактуулукта болот?

A) 1 гана;

B) 2 гана;

C) 3 гана;

D) 1 менен 3 гана.



6. Күчтүн моменти кандай бирдикте өлчөнөт?

A) Ньютон метр (Н · м); B) Жоуль (Ж);
C) Ватт секунд (Вт · с); D) Жоуль/секунд (Ж/с).

7. “Түрдүү аянтуу түтүктө агып жактан кысылбас суюктук ылдамдыктарынын модулу суюктуктун беттерине тескери пропорциялаш болот”. Бул ырастоо кандай аталат?

A) Агым үзгүлтүксүздүгү теңдемеси; B) Торричелли теңдемеси;
C) Бернулли теңдемеси; D) Магнус эрежеси.

8. Торричелли формуласын көрсөт.

A) $v = \sqrt{2gR}$; B) $v = \sqrt{gh}$;
C) $v = \sqrt{2gh}$; D) $p_1 + \rho g\, h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = \text{const}$.

9. Бернулли теңдемесин көрсөт.

A) $v = \sqrt{2gR}$; B) $v = \sqrt{gh}$;
C) $v = \sqrt{2gh}$; D) $p_1 + \rho g\, h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = \text{const}$.

10. Бою 5 м болгон цистернанын астына чорго орнотулган. Чорго ачылса, андан суюктук кандай ылдамдык менен атып чыгат?

A) 9,5 м/с; B) 95 см/с; C) 9,8 м/с; D) 10 м/с.

IV главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Туруктуу тең салмактуулук	Телону тең салмактуулук абалынан чыгарганда, аны баштапкы абалына кайтаруучу күч пайда боло турган тең салмактуулук.
Туруктуу эмес тең салмактуулук	Телону тең салмактуулук абалынан чыгарганда, аны баштапкы абалынан алыстатуучу күч пайда боло турган тең салмактуулук.
Айырмасыз тең салмактуулук	Телону тең салмактуулук абалынан чыгарганда, анын абалын өзгөртө турган эч кандай күч пайда болбой турган тең салмактуулук.
Күчтүн моменти	Күчтүн күчтүн ийнине көбөйтүндүсү: $M = F \cdot l$

Айлануу огуна ээ болгон телонун тең салмактуулукта калуу шарты	Телого таасир этип жаткан күч моменттеринин вектордук суммасы нөлгө барабар болгондо, тело тең салмактуулукта калат: $\vec{M_1}+\vec{M_2}+\vec{M_3}+......+\vec{M_n}=0.$
Эки ийиндүү рычаг	Таяныч рычагдын күчтөр сарпталган чекиттеринин аралыгында болот.
Бир ийиндүү рычаг	Таяныч рычагдын бир учуна жайлаштырылган болуп, жүк рычагдын экинчи учуна сарпталат.
Даражалуу полиспаст	Козголуучу жана козголбос блоктор комплекси $F=\frac{P}{n}$. P–жүктүн оордугу; F–тартылуу күчү.
Ламинардык агым	Суюктуктун катмар-катмар болуп агышы.
Турбуленттүү агым	Суюктуктун айлампалуу көрүнүштөгү кыймылы.
Агым үзгүлтүксүздүгү теңдемеси	Түрдүү аянтуу түтүктө агып жаткан кысылбас суюктук ылдамдыктарынын модулу суюктуктун беттерине тескери пропорциялаш болот: $S_1v_1=S_2v_2$.
Бернулли теңдемеси	$p_1+\rho gh_1+\frac{\rho v_1^2}{2}=p_2+\rho gh_2+\frac{\rho v_2^2}{2}$. Суюктуктун агым ылдамдыгы чоң болгон жерлеринде анын басымы кичине жана, тескерисинче, агым ылдамдыгы кичине болгон жерлеринде басымы чоң болот.
Динамикалык басым	Суюктуктун кыймылы натыйжасында пайда боло турган басымы.
Магнус эффекти	Айланма кыймыл жасап жаткан телонун жактарында газ же суюктук басымдарынын айырмасы пайда болушу натыйжасында телонун кыймыл багытын өзгөрүшү.
Торричеллинин формуласы	$v=\sqrt{2gh}$; v–суунун агуу ылдамдыгы; h–бийиктик.

V глава. МЕХАНИКАЛЫК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР ЖАНА ТОЛКУНДАР

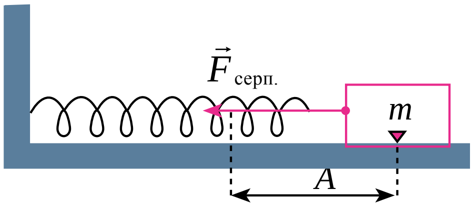
22-тема. ГАРМОНИЯЛЫК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР

Турмушта кездешкен кыймылдардын кээ бирлери бирдей убакыт аралыгында кайталанып турат. Мындай кыймылдарга ***мезгилдүү*** кыймылдар дейилет. Мезгилдүү кыймылдардын ичинде телонун тең салмактуулук абалынын айланасында кезеги менен эки жакты карай жасалган кыймылдар көп кездешет. Телонун мындай кыймылына ***термелме кыймыл*** же кыскача ***термелүүлөр*** дейилет.

Тең салмактуулук абалынан чыгарылган телонун өзү-өзүнөн ички күчтөрдүн таасиринде жасаган термелүүлөрүнө ***эркин термелүүлөр*** дейилет. Термелип жаткан телонун тең салмактуулук абалынан алыстоо аралыгына анын ***которулушу*** (x) дейилет. Тең салмактуулук абалынан эң чоң четтөөгө ***термелүү амплитудасы*** (A) дейилет.

Механикалык термелүүлөргө байкоо жүргүзүү үчүн пружинанын учуна бекитилген жүктүн термелүүлөрү менен таанышалы (5.1-сүрөт). Сүрөттөгү пружинага бекитилген жүк горизонталдуу стерженде сүрүлүүсүз аракеттене алат, анткени шарчанын оордук күчүн стерждин реакция күчү тең салмактайт.

Пружинанын серпилгичтик коэфициенти k, ал эми массасы эсепке алынбас деңгээлде кичине. Системанын массасы жүктө, катуулугу болсо пружинада чогулган деп эсептөөгө болот.



5.1-сүрөт.

Эгерде тең салмактуулук абалында турган жүктү оң жакка A аралыкка тартып, коюп жиберсек, жүк тартылган пружинада (5.1-сүрөт) пайда болгон серпилгичтик күчүнүн

$$F_{серп.} = -kA \tag{5.1}$$

таасиринде тең салмактуулук абалын карай атакеттене баштайт. Убакыт өтүшү менен жүктүн которулушу А дан азайып, ал эми жүктүн ылдамдыгы болсо чоңоюп отурат. Жүк тең салмактуулук абалына жетип келгенден кийин, анын которулушу (x) нөлгө барабар болгондуктан, серпилгичтик күчү нөлгө түшөт. Бирок жүктүн *инерциясы* себептүү сол жакты карай аракеттене баштайт. Пружинада пайда болгон серпилгичтик күчүнүн модулу да чоңоюп отурат. Бирок серпилгичтик күчү ар дайым жүктүн которулушуна тескери багытталгандыктан, ал жүктү тормоздой баштайт. Натыйжада жүктүн кыймылы басаңдап, акыры барып ал токтойт. Эми жүк кысылган пружинада пайда болгон серпилгичтик күчүнүн таасиринде кайра тең салмактуулук абалын карай кыймылын баштайт.

Мезгилдүү түрдө термелип жаткан системанын убакыттын ичинде кайсы мыйзам боюнча өзгөрүп жаткандыгын аныктоо үчүн воронкага кум толтуруп, аны жипке илип, термелтип жиберели. Воронканын термелүү жараянында анын астындагы картон кагазды бир калыпта тарта баштасак, кумдун кагаздагы изи синусоида формасында экендигинин күбөсү болобуз. Мындан төмөнкүдөй тыянак чыгат: *Мезгилдүү термелип жаткан телонун которулушу убакыт өтүшү менен синустар же косинустар мыйзамы боюнча өзгөрөт.* Мында которулуунун эң чоң мааниси амплитуда A га барабар болот:

$$x = A\sin(\omega_0 t + \varphi_0), \tag{5.2}$$

бул жерде: ω_0–термелип жаткан системанын параметрлеринен көз каранды болгон циклдик жыштыгы, φ_0–баштапкы фаза. $(\omega_0 t + \varphi_0)$ болсо термелүү башталгандан t убакыт өткөндөгү термелүү фазасы

Математикадан белгилүү болгондой, $\sin\alpha = \cos\left(\alpha - \frac{\pi}{2}\right)$; ошондуктан (5.2) ни

$$x = A\cos\left(\omega_0 t + \varphi_0 - \frac{\pi}{2}\right) \tag{5.3}$$

деп да жазууга болот.

Убакыттын ичинде параметрлери синус же косинустар мыйзамы боюнча өзгөргөн термелүүлөргө *гармониялык термелүүлөр* дейилет.

Демек, тең салмактуулук абалынан чыгарылган пружиналуу маятник гармониялык термелет экен. Система гармониялык термелүүсү үчүн: 1) тело тең салмактуулук абалынан чыгарылганда анда системаны тең салмактуулук абалына кайтаруучу ички күчтөр пайда болушу; 2) термелип жаткан тело инерттүүлүккө ээ болуп, ага сүрүлүү жана

каршылык күчтөрү таасир этпестиги керек. Бул шарттарга термелме кыймылдын жүрүү шарттары дейилет.

Гармониялык термелүүлөрдүн негизги параметрлери:

а) термелүү мезгили T–бир жолу толук термелүү үчүн кеткен убакыт:

$$T=\frac{t}{N}; \tag{5.4}$$

б) термелүү жыштыгы ν–1 секундда жүргөн термелүүлөр саны:

$$\nu=\frac{N}{t}; \tag{5.5}$$

Бирдиги $[\nu]=s^{-1}=$Гц;

в) циклдик жыштык –2π секунддагы термелүүлөрдүн саны:

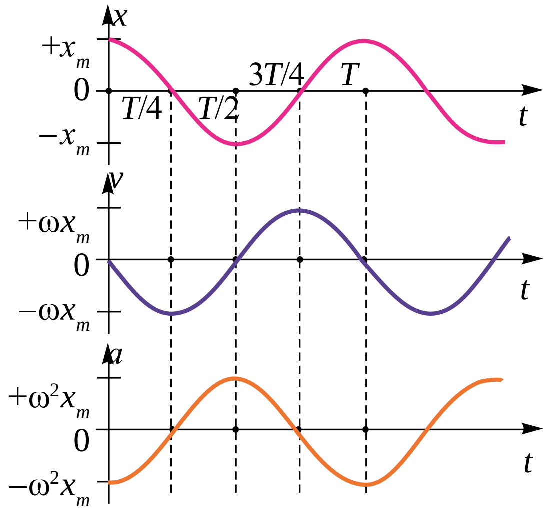
$$\omega=\frac{2\pi}{T}. \tag{5.6}$$

Гармониялык термелүүлөрдүн теңдемеси (5.2) ни (5.5) менен (5.6) ларды эсепке алып, төмөнкүдөй көрүнүштөрдө жазууга болот.

$$x=A\sin(\omega_0 t+\varphi_0)=A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t+\varphi_0\right)=A\sin(2\pi\nu t+\varphi_0). \tag{5.7}$$

Которулушу убакыт учурунда синус же косинустар мыйзамы боюнча өзгөргөн гармониялык термелүүлөрдү сан жагынан мүнөздөгөн чоңдуктардын көпчүлүгү (ылдамдык, ылдамдануу, кинетикалык жана потенциалдык энергиялар) да гармониялык өзгөрөт.

Муну төмөнкү графика жана теңдемелерде көрсөк болот:



$$x=A\sin(\omega t+\varphi_0) \tag{5.8}$$

$$v=A\omega\cos(\omega t+\varphi_0) \tag{5.9}$$

$$a=-A\omega^2\cos(\omega t+\varphi_0)=$$
$$=A\omega^2\cos[(\omega t+\varphi_0)+\pi] \tag{5.10}$$

5.2-сүрөт.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1-маселе. Чекит гармониялык термелме кыймыл жасоодо. Максималдуу которулушу жана ылдамдыгы тиешелүү түрдө 0,05 м жана 0,12 м/с га

барабар. Максималдуу ылдамдануусун тап жана которулуу 0,03 м ге барабар болгон моменттеги чекиттин ылдамдыгын жана ылдамдануусун тап.

Берилген:

$A = 0{,}05$ м

$v_{макс} = 0{,}12$ м/с

Табуу керек

$a_{макс}$ –?

v –?

a–?

Формуласы жана чыгарылышы:

$$x = A\sin(\omega t + \varphi),\quad a_{макс} = \frac{v^2_{макс}}{A};$$

$$v = v_{макс}\sqrt{1-\left(\frac{x}{A}\right)^2} = \frac{v_{макс}}{A}\sqrt{A^2 - x^2}$$

$$v = \omega A\cos\omega t;\quad a = -\omega^2 A\sin\omega t = -\omega^2 x;$$

$$a = -\frac{v^2}{A^2}x = -\frac{(0{,}12)^2\left(\frac{м}{с}\right)^2}{(0{,}05)^2}\cdot 0{,}03 = -(7{,}3\cdot 10^{-2}\ м/с^2)$$

$$-\frac{v^2_{макс}}{A^2}x = -\frac{(0{,}12)^2\left(\frac{м}{с}\right)^2}{(0{,}05)^2}\ 29\cdot 10^{-2}м/с^2;$$

$$v = \frac{0{,}12\ \frac{м}{с}}{0{,}05} = \sqrt{(0{,}05^2 - 0{,}03^2)м^2} \approx 9{,}6\cdot 10^{-2}\ \frac{м}{с}.$$

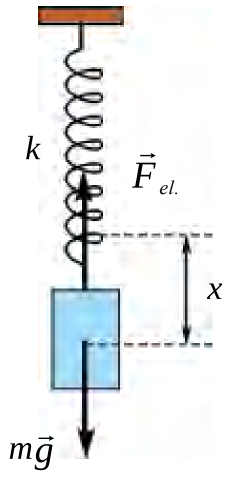
1. *Мезгилдүү кыймыл деп кандай кыймылга айтылат? Мезгилдүү кыймылга турмуштан жана техникадан мисалдар келтир.*
2. *Гармониялык термелүү кыймылынын теңдемесин жаз.*
3. *Гармониялык термелүүнүн которулушу, амплитудасы, мезгили, жыштыгы деп эмнеге айтылат?*

23-тема. ПРУЖИНАЛУУ ЖАНА МАТЕМАТИКАЛЫК МАЯТНИКТЕР

Мезгилдүү термелме кыймыл жасаган тело же телолор системасына ***маятник*** дейилет. Табиатта кездешкен көпчүлүк термелме кыймылдар: пружиналуу жана математикалык маятниктердин кыймылына окшош болот.

Катуулугу k болгон пружинага илинген m массалуу жүктөн турган системага ***пружиналуу маятник*** дейилет (5.3-сүрөт). Илинген жүктүн таасиринде пружина x_0 аралыкка чоюлат. Анын тең салмактуулук шарты

$$ma = -kx_0 \qquad (5.11)$$



5.3-сүрөт.

менен аныкталат. Пружинаны бир аз x ке тартып, коюп жиберсек, жүк вертикалдуу багытта термелме кыймылга келет.

Тажрыйба жардамында жүк которулушунун убакыттан көз карандылыгы

$$x = A\sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

мыйзам боюнча өзгөрүшүн аныктаган элек. Гармониялык термелип жаткан телонун ылдамдануусун (5.10) дон $a = -\omega_0^2 x$ экендигин эсепке алсак, (5.10) барабардык төмөнкү көрүнүшкө келет:

$$-\omega_0^2 x + \frac{k}{m} x = 0.$$

Бул барабардыктан

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \qquad (5.12)$$

ге ээ болобуз.

Демек, гармониялык термелип жаткан телонун циклдик термелүү жыштыгы термелүү системасына кирген телолордун параметрлеринен көз каранды экен. (5.12) ге пружиналуу маятниктин циклдик (мезгилдүү) жыштыгын табуу формуласы дейилет. Термелүү мезгилинин мүнөздөмөсү боюнча $T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{2\pi\nu} = \frac{2\pi}{\omega_0}$ ден

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m}}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}},$$

башкача айтканда

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \qquad (5.13)$$

Пружиналуу маятниктин термелүү мезгили илинген жүктүн массасынан чыгарылган квадрат тамырга түз, пружинанын катуулугунан чыгарылган квадрат тамырга тескери пропорциялаш болот.

Пружиналуу маятникте энергиянын алмашышын көрөлү. Маятниктин кинетикалык энергиясы, пружинанын массасы эсепке алынбаганда, $E_k = \frac{mv^2}{2}$ жүктүн кинетикалык энергиясына барабар болот. Мурдагы темада ылдамдык $v = A\omega_0\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ туюнтмасы менен аныкталышы көрсөтүлгөн болчу. Анда маятниктин кинетикалык энергиясы

$$E_k = \frac{1}{2} m A^2 \omega_0^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi_0) \qquad (5.14)$$

гө барабар болот.

Пружиналуу маятниктин потенциалдык энергиясы пружинанын деформациялык энергиясына барабар, башкача айтканда:

$$E_{\text{p}} = \frac{kx^2}{2} = \frac{1}{2}kA^2\sin^2(\omega_0 t + \varphi_0)\,. \qquad (5.15)$$

Көбүнесе системанын толук энергиясы $E_t = E_k + E_p$ ни билүү чоң мааниге ээ:

$$E_{\text{t}} = E_{\text{k}} + E_{\text{p}} = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2\cos^2(\omega_0 t + \varphi_0) + \frac{1}{2}kA^2\sin^2(\omega_0 t + \varphi_0)$$

Эгерде $\omega_0^2 = \dfrac{k}{m}$ экендигин эсепке алсак,

$$E_{\text{t}} = \frac{1}{2}kA^2[\cos^2(\omega_0 t + \varphi_0) + \sin^2(\omega_0 t + \varphi_0)] \qquad (5.16)$$

же

$$E_{\text{t}} = \frac{1}{2}kA^2 = \text{const} \qquad (5.17)$$

экендиги келип чыгат.

Көңүл бур, пружиналуу маятниктин толук энергиясы убакыттан көз каранды болбогон туруктуу чоңдук экен, б. а. механикалык энергиянын сакталуу мыйзамынын аткарылышын көрөбүз.

Чоюлбас жана салмаксыз жипке илинген, тең салмактуулук абалынын айланасында мезгилдүү термелме кыймыл жасаган материалдык чекитке ***математикалык маятник*** дейилет.

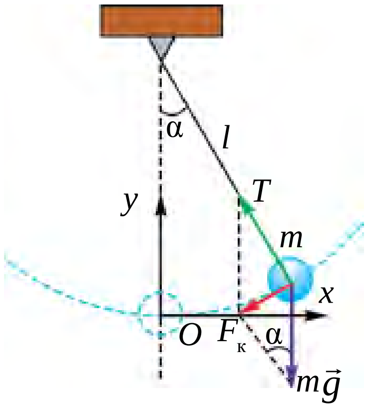
Маятник туруктуу тең салмактуулук абалында болгондо материалдык чекиттин оордугу ($P = mg$) тартылуу күчү T ны тең салмактайт (5.4-сүрөт). Анткени алардын модулдары барабар болуп, бир түз сызык боюнча, карама-каршы жакка багытталган. Эгерде маятникти α бурчка кыйшайтсак, mg жана T күчтөр өз ара бурч түзүп багыт алгандыктан бири-бирин тең салмактай албайт. Мындай күчтөрдүн кошулушунан маятникти тең салмактуулук абалына ***кайтаруучу күч*** алынат.

Маятникти коюп жиберсек, маятник кайтаруучу күчтүн таасиринде тең салмактуулук абалын карай аракеттене баштайт. 5.4-сүрөттөн

$$F_{\text{к}} = P\ \sin\alpha = mg \cdot \sin\alpha \qquad (5.18)$$

экендигин көрөбүз.

Ньютондун экинчи мыйзамы боюнча, $F_{\text{к}}$ күч материалдык чекитке a ылдамданууну берет. Ошондуктан



5.1-сүрөт.

$$-mg\ \sin\alpha = ma. \tag{5.19}$$

Аябай кичине кыйшаюу бурчтарында ($\alpha \leq 6° \div 8°$) болгондугу жана $F_к$ күч ар дайым которулушка карама-каршы багытталгандыгы үчүн (5.19) ду

$$ma \approx -mg \cdot \frac{x}{l} \tag{5.20}$$

көрүнүштө жазууга болот. Эгерде материалдык чекиттин (шарчанын) термелүү жараянындагы которулушун x тамгасы менен белгилесек жана $a = -\omega_0^2 x$ туюнтма этибар алынса, $-m\omega_0^2 x = mg\frac{x}{l}$.

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} \tag{5.21}$$

болот. Термелүү мезгилинин мүнөздөмөсү боюнча, $T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{2\pi\nu} = \frac{2\pi}{\omega_0}$ болгондуктан:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \tag{5.22}$$

Математикалык маятниктин термелүү мезгилин билдирген бул формула ***Гюйгенс формуласы*** деп аталат. Мындан математикалык маятниктин төмөнкү мыйзамдары келип чыгат:

1) математикалык маятниктин кыйшаюу бурчу (α) кичине болгондо термелүү мезгили анын термелүү амплитудасынан көз каранды эмес;

2) математикалык маятниктин термелүү мезгили ага илинген жүктүн массасынан да көз каранды эмес;

3) математикалык маятниктин термелүү мезгили анын узундугунан чыгарылган квадрат тамырга түз пропорциялаш жана эркин түшүү ылдамдануусунан чыгарылган квадрат тамырга тескери пропорциялаш экен.

Мында математикалык маятниктин термелүүсү

$$x = A\sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

туюнтма менен белгиленет.

Белгилей кетчү жери, термелүү амплитудасы же кыйшаюу бурчу чоң болгондо, математикалык маятниктин термелүүсү гармониялык болбой калат. Анткени, $\sin\alpha \approx \frac{x}{l}$ ге барабар болбойт жана маятник кыймыл теңдемесинин чыгарылышы синус же косинус көрүнүшүндө болбойт.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1-маселе. Биринчи маятниктин термелүү мезгили 3 с, экинчисиники 4 с га барабар. Алар узундуктарынын суммасына барабар болгон маятниктин термелүү мезгилин тап.

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$T_1 = 3$ с $T_2 = 4$ с $l = l_1 + l_2$ Табуу керек $T-?$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$; $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}}$; $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}}$; $T = 2\pi\sqrt{\frac{l_1 + l_2}{g}}$. $l_1 = \frac{T_1^2 \cdot g}{4\pi^2}$ жана $l_2 = \frac{T_2^2 \cdot g}{4\pi^2}$; $T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2}$	$T = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$ с. *Жообу:* 5 с.

1. Пружиналуу маятниктин циклдик жыштыгын эки эсе чоңойтуу үчүн анын кайсы параметрин канча эсе өзгөртүү керек?

2. Математикалык маятник илинген жиптин кыйшаюу бурчу кайсы мыйзам боюнча өзгөрөт?

3. Кандай шарт аткарылганда, математикалык маятниктин термелүүлөрү гармониялык болот?

24-тема. ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ: МАТЕМАТИКАЛЫК МАЯТНИК ЖАРДАМЫНДА ЭРКИН ТҮШҮҮ ЫЛДАМДАНУУСУН АНЫКТОО

Иштин максаты: Эркин түшүү ылдамдануусун математикалык маятник жардамында аныктоо усулун үйрөнүү.

Керектүү аспаптар жана жабдуулар. Математикалык маятник, лаборатория универсалдуу штативи, секундомер, өлчөө тасмасы.

Ишти аткаруунун тартиби:

1. Жипти мүмкүнчүлүгүнүн барынча узун абалда бекемдеп, анын узундугу өлчөнөт. Шардын радиусу r аныкталат. Алынган натыйжа жадыбалга жазылат. $l_1 = (l_{жип} + r)\,m$.

2. Шарчаны тең салмактуулук абалынан чоң болбогон ($6° - 8°$) бурчка кыйшайтып, ал кыймылга келтирилет. Ошол учурда секундомер ишке салынат.

3. Математикалык маятниктин термелүүлөр саны саналат. Маятник $N_1 = 20$ жолу термелгенде, секундомер токтотулат.

4. Секундомердин көрсөтүшү белгиленет жана жадыбалга жазылат.

5. $T = \frac{t}{n}$ ден термелүү мезгили аныкталат.

6. $g = \dfrac{4\pi^2 l}{T^2}$ туюнтмасы боюнча эркин түшүү ылдамдануусу эсептелет.

7. Маятник жибинин узундугун өзгөртпөгөн түрдө термелүүлөрдүн саны $N_2=30$ жана $N_3=40$ болгон учурлар үчүн тажрыйба жогорудагыдай кайталанат.

8. Алынган натыйжалар негизинде маятниктин термелүү мезгили жана эркин түшүү ылдамдануусунун маанилери аныкталып, жадыбалга жазылат.

9. Алынган натыйжалар негизинде төмөнкү жадыбал толтурулат.

l_i, м	N_i	t_i, с	g_i, м/с²	$\bar{g}$, м/с²	Δg, м/с²	$\Delta \bar{g}$, м/с²	$\varepsilon = \dfrac{\Delta\bar{g}}{\bar{g}} \cdot 100\%$
	20						
	30						
	40						

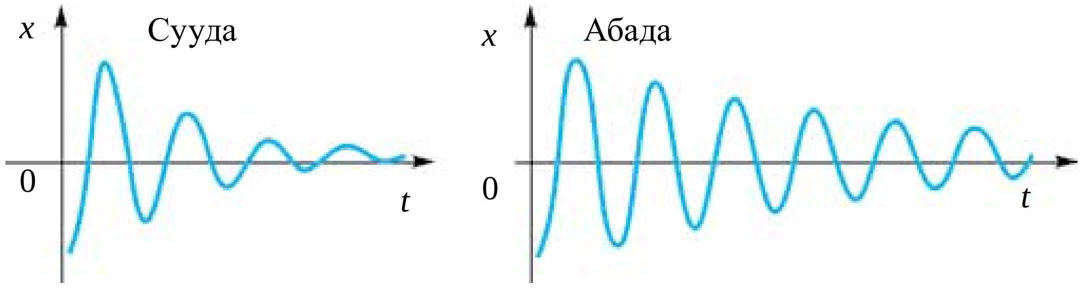
1. Эмне себептен маятниктин термелүү мезгили маятник шарчасынын массасынан көз каранды болбойт?

2. Эмне себептен Жердин түрдүү географиялык кеңдиктеринде бул тажрыйба жасалса, натыйжа түрдүүчө чыгат?

3. Математикалык маятник шарчасынын өлчөмдөрү өзгөртүлсө, анын термелүү мезгили кандайча өзгөрөт?

25-тема. АРГАСЫЗ ТЕРМЕЛҮҮЛӨР. ТЕХНИКАДА РЕЗОНАНС

Кандайдыр чөйрөдө жүрүп жаткан эркин термелүүлөр басаңдоочу болот (5.5-сүрөт). Анткени термелүү учурунда термелип жаткан тело чөйрөгө сүрүлүшү себептүү каршылыкка жолугат.



5.4-сүрөт.

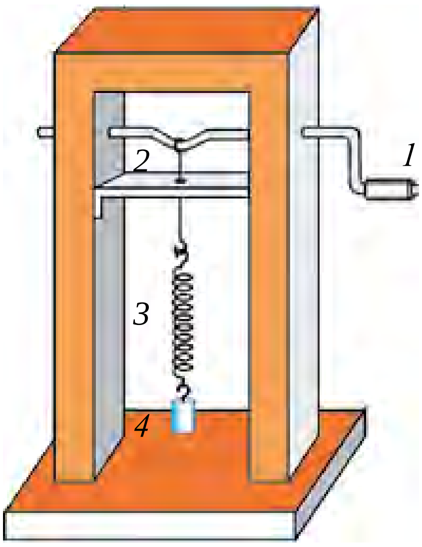
Ошондуктан эркин термелүүлөрдөн иш жүзүндө пайдаланылбайт.

Термелүүлөр басаңдабастыгы үчүн иштетилген энергияны мезгилдүү түрдө толуктап туруу керек. Ал үчүн термелүүчү системага тышкы күч аркылуу мезгилдүү таасир тийгизип туруу керек. Мына ушундай тыштан күч таасир этип тура турган курулманын жөнөкөй макети 5.6-сүрөттө келтирилген. Пружинага илинген жүктү ылдыйга тартып, коюп жиберилсе, ал термелме кыймыл жасайт. Бул учурда пружина илинген темир өзөктүн туткасы айландырылса, термелүүлөр өчпөйт. **Тыштан мезгилдүү түрдө таасир этип турган күчтүн таасиринде жүргөн системалык термелүүлөргө *аргасыз термелүүлөр* дейилет.**

Бул аргасыз термелүүлөрдү пайда кылган мезгилдүү өзгөрүүчү тышкы күчкө ***аргасыз кылуучу күч*** дейилет.

Аргасыз термелүүлөргө күндөлүк турмуштан көптөгөн мисалдар келтирүүгө болот. Сен тыңшаган радиодогу, магнитофондогу, телевизордогу радио кернейлердин *мембрана*сы андан өткөн аргасыз кылуучу токтун таасиринде термелет. Үйдүн же мектептин алдынан оор жүк жүктөгөн машиналар өткөндө терезе айнектеринин зыңылдаганын уккансың. Эски бетон курулмаларды (фундамент, мамыча) бузган, тоо тектерин көчүргөн *пневматикалык балкалар* да мезгилдүү түрдө таасир эткен тышкы күчтүн таасиринде иштейт. Аргасыз термелүүлөрдөн пайдалануу же зыяндуу учурларда жоготуу үчүн аларды үйрөнүү керек. 5.6-сүрөттөгү курулмадан пайдаланып, тышкы аргасыз кылуучу күчтүн термелүүчү системада алынган термелүүлөргө таасирин үйрөнөбүз.

Жүк (*4*) байланган пружинанын (*3*) учу илмектүү (*2*) зымдын учуна илинген. Илмектин учу алкак формасында болуп, темир өзөктүн (*l*) жаа формасында бүгүлгөн бөлүгүндө сүрүлөт. Темир өзөктү айландыра баштасак, жүктүү пружина термеле баштайт.



5.1-сүрөт.

Өзөктүн туткасын тезирээк айландырсак, жүктүн термелүүлөрү баштап бир аз артта калып, кийин теңешет. Ошондо *термелүүлөр туруктуу* болот.

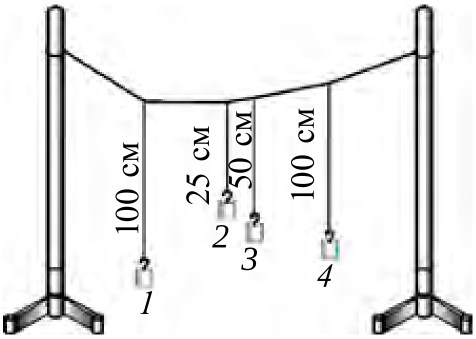
Мында өзөк убакыт бирдиги ичинде канча жолу айланса, жүктүү пружина да ошончо жолу айланат. Демек, **термелүүчү**

системада жүрүп жаткан аргасыз термелүүлөр аргасыз кылуучу күчтүн жыштыгына барабар болот экен.

Аргасыз термелүүлөр *өчпөй турган термелүүлөр* саналат.

Резонанс кубулушу

Эми термелүүчү системада жүрүп жаткан термелүүлөр амплитудасынын аргасыз кылуучу күчтөн кандайча көз карандылыгын көрүп чыгалы. Ал үчүн жөнөкөй гана тажрыйба жасайбыз. 4–5 м узундуктагы жипти бөлмөнүн бир учунан экинчи учуна бир аз салкы кылып тартабыз.



5.5-сүрөт.

Аларга 3–4 түрдүү узундуктагы жиптерге илинген жүктөрдү бекемдейбиз (5.7-сүрөт).

Биринчи жүк илинген жиптин узундугун төртүнчү жүк илинген жиптин узундугу менен бирдей алабыз. Биринчи маятникти тең салмактуулук абалынан чыгарып, коюп жиберсек, ал термеле баштайт. Анын термелүүсү жалпы бекемделген жип аркылуу башка маятниктерге өтүп, алар да акырындык менен термелме кыймылга келет. Маятниктерде туруктуу термелүүлөр пайда болгондон кийин экинчи, үчүнчү жана төртүнчү маятниктердин термелүүсүнө көңүл бурсак, төртүнчү маятниктин амплитудасы эң чоң экендигин көрөбүз. Төртүнчү жана биринчи маятниктердин узундуктары бирдей болгондуктан, алардын эркин термелүүлөр мезгили (жыштыгы) өз ара барабар болуп чыгат.

Демек, *аргасыз термелүүлөрдө аргасыз кылуучу күчтүн жыштыгы, термелүүчү системанын эркин термелүүлөрү жыштыгына барабар болгондо термелүүлөрдүн амплитудасы эң чоң болот, б. а. резонанс жүрөт.*

Тышкы аргасыз кылуучу күчтүн жыштыгы, термелүүчү системанын эркин жыштыгына барабар болгондо, термелүүлөр амплитудасынын кескин чоңоюу кубулушуна *резонанс* дейилет.

Резонанс учурунда амплитуданын чоңоюшуна аргасыз кылуучу күчтүн багыты менен термелүүчү телонун кыймыл багытынын өз ара дал келиши себеп болот.

Резонанс кубулушунан техникада жана турмушта кеңири пайдаланылат. Сааттарда, бардык түрдөгү жылаажындарда, сиреналарда, пневматикалык балкаларда резонанс кубулушунан пайдаланылат.

Бирок резонанс кубулушу кээ бир учурларда зыяндуу да.

Мисалы, дарыянын үстүнө курулган асма көпүрөдөн киши өткөндө, ал термелип турат. Андан өтүп жаткан кишинин секин же тез жүрүшүнө карай көпүрөнүн термелүүсү чоңоюшу же басаңдашы мүмкүн. Эгерде кадам таштоонун жыштыгы көпүрөнүн жыштыгына дал келсе, көпүрөнү кармап турган тартмалар үзүлүп кетиши мүмкүн. Резонанс зыяндуу болгон учурларда аны азайтуу максатында тиешелүү иш-чаралар көрүлөт. Ишканаларда станоктордогу бөлүктөрдүн айланышы натыйжасында резонанс болбостугу үчүн имараттын пайдубалы оор жана чоң курулат. Автомобилдердеги термелүүлөрдү тез басаңдатуу үчүн *амортизаторлор* орнотулат.

Автотермелүүлөр. Өчпөй турган аргасыз термелүүлөрдүн болушу үчүн тышкы мезгилдүү күч таасир этип турушу керек. Бирок системадагы термелүүлөр тышкы мезгилдүү күчтүн таасирисиз да өчпөй турган болушу мүмкүн. Эгерде эркин термеле ала турган системанын ичинде энергиянын булагы болсо жана бул булактан термелүүчү телого жоготкон энергиянын орудн толуктоо үчүн керектүү энергиянын келип турушун системанын өзү жөнгө салып турса, анда мындай системада өчпөй турган термелүүлөр пайда болот.

Маятниктүү жөнөкөй саат мындай типтеги системанын эң жөнөкөй мисалы эсептелет. Бул система белгилүү энергиянын коруна, б. а. жерден кандайдыр бийиктикке көтөрүлгөн жүктүн потенциалдык энергиясына же кысылган пружинанын энергиясына ээ.

Энергиянын булагынан камсыздангандыгы себептүү өчпөгөн термелүүлөрдү пайда кылган системалар *автотермелүүлүү системалар* деп аталат. Электр жылаажынды, адамдын жүрөгү менен өпкөсүн да автотермелүүлүү система деп кароого болот.

Системада тышкы мезгилдүү күч таасирисиз ички булактын таасиринде жүргөн өчпөс термелүүлөр автотермелүүлөр деп аталат.

Аргасыз термелүүлөрдүн жыштыгы тышкы күчтүн жыштыгы менен бирдей болот. Автотермелүүлөрдүн жыштыгы жана амплитудасы системанын жеке өзгөчөлүктөрү менен белгиленет. Автотермелүүлөрдүн амплитудасы ошол термелүүлөрдү пайда кылган баштапкы кыска убактылуу таасирдин (түрткүнүн) чоңдугунан көз каранды эмес.

?

1. Эркин термелүүлөрдү өчпөй турган термелүүлөргө айландыруу үчүн эмне кылуу керек?

2. Кандай термелүүлөргө аргасыз термелүүлөр дейилет?

3. *Резонанс кубулушу кандай шартта пайда болот?*
4. *Резонанс пайдалуу же зыяндуу болгон учурлар үчүн мисал келтир.*

Топту алып, баскетболчудай жерге уруп ойно. Топтун кыймылы кандай кыймылга кирет? Топтун жерге тийүү жыштыгын жана секирүү бийиктигин өзгөрт. Кайсы учурда топтун кыймылы туруктуу болушуна көңүл бур.

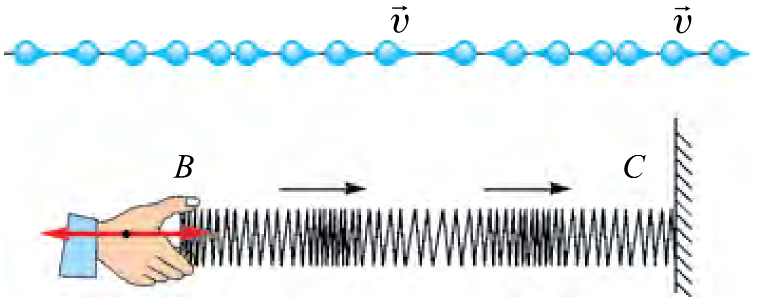
26-тема. МЕХАНИКАЛЫК ТОЛКУНДАРДЫН ЧӨЙРӨЛӨРДӨ ТАРАЛЫШЫ. УЛЬТРА ЖАНА ИНФРА ҮНДӨРДӨН ТУРМУШТА ЖАНА ТЕХНИКАДА ПАЙДАЛАНУУ

Белгилүү болгондой, кандайдыр телонун чөйрөдөгү термелме кыймылы ошол тело турган чөйрөгө берилет. Эгерде термелүү абада болсо, өзүнүн кыймылын абанын бөлүкчөлөрүнө берет. Аба бөлүкчөлөрүнүн термелме кыймылы бардык багытта аба боюнча таралат. Бул кубулуш суюктуктарда да, катуу телолордо да жүрөт. Вакуумда механикалык толкундар таралбайт.

Термелүүнүн чөйрөдө убакыттын ичинде таралуу жараянына ***толкун*** дейилет.

Жалпысынан алганда, механикалык толкундар эки түрдүү болот: узата жана тууралжын толкундар.

Толкун таралып жаткан чөйрөдө бөлүкчөлөрдүн термелүү багыты толкундун таралуу багыты менен бир окто болсо, мындай толкунга ***узата толкун*** дейилет.

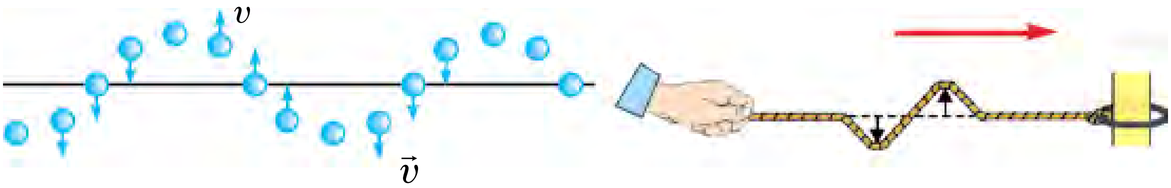


5.6-сүрөт.

Узата толкундар таралганда чөйрө кысылуу жана кеңейүү деформациясына жолугат (5.8-сүрөт). Суюктук жана газдарда мындай деформация чөйрө бөлүкчөлөрүнүн тыгыздашуусу же сейректеши аркылуу жүрөт. Узата толкундар бардык чөйрөлөр: катуу, суюк жана газ сымал чөйрөлөрдө таралышы мүмкүн.

Узата толкундарга мисал иретинде серпилгич стержендеги толкунду же абада таралган үндү келтирүүгө болот.

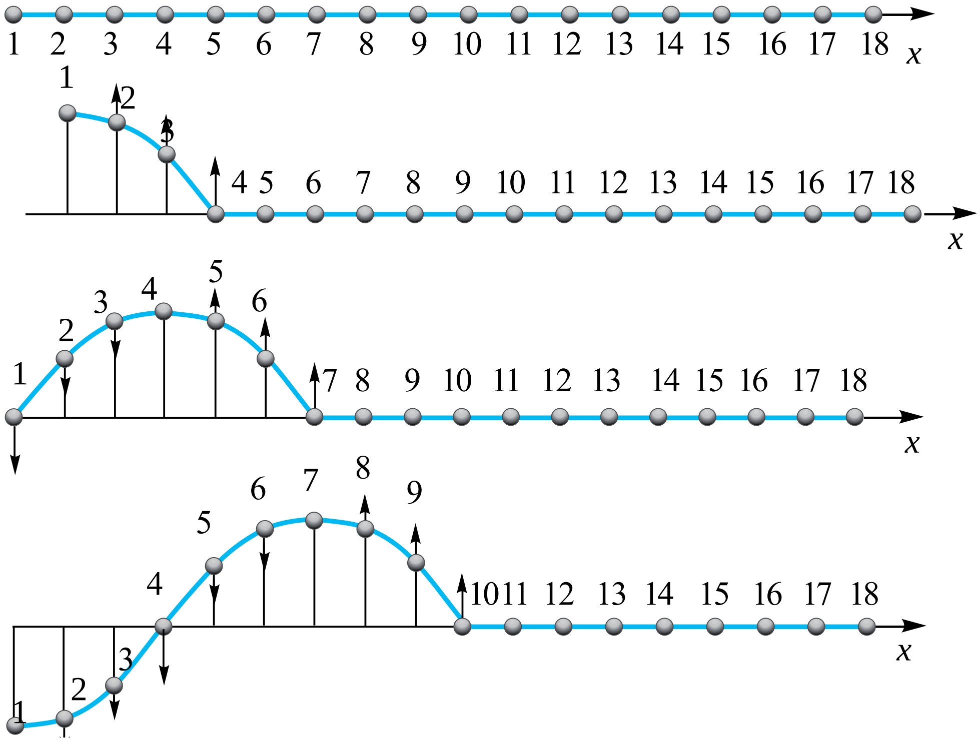
Толкун таралып жаткан чөйрөдө бөлүкчөлөрдүн термелүү багыты толкундун таралуу багытына перпендикулярдуу болсо, мындай толкунга ***тууралжын толкун*** дейилет.



5.7-сүрөт.

Тууралжын толкундар таралганда чөйрөнүн бир катмары, экинчисине салыштырмалуу жылат. Мындай толкундар таралганда чөйрөдө дөң жана чуңкурлар пайда болот (5.9-сүрөт). Катуу телолордон айырмалуу түрдө, суюктук жана газдар катмарлардын жылышына салыштырмалуу серпилгичтик өзгөчөлүгүнө ээ эмес. Ошондуктан тууралжын толкундар катуу телолордо гана тарала алат.

Тууралжын толкундун чекиттен чекитке термелүүнү берүү жараянын кеңири карап чыгалы. 5.10-сүрөттө тууралжын толкундун ар ¼ *T* убакыттагы абалы келтирилген.



5.8-сүрөт.

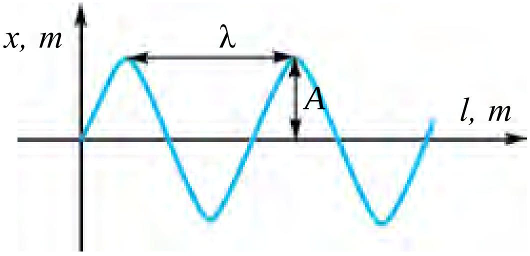
5.10-сүрөттө бөлүкчөлөрдүн кандайдыр моменттеги абалы номерленген шарчалар көрүнүшүндө берилген. Шарчалар бири-бирине жакын жайлашкандыктан, алардын ортосунда өз ара таасир бар. Эгерде биринчи шарчаны термелме кыймылга келтирсек, б. а. аны жогоруга жана ылдыйга аракеттенүүгө аргасыз кылсак, шарчалардын ортосундагы өз ара таасир себептүү калгандары да анын кыймылын кайталайт. Бирок алардын кыймылы мурдагысына салыштырмалуу кечиккен (фаза боюнча жылган) абалда болот.

Мисалы, төртүнчү шар биринчи шардан ¼ термелүүгө артта болот. Жетинчи шардын кыймылы биринчи шардан ½ термелүүгө, онунчусу ¾ термелүүгө артта калат. Он үчүнчү шар биринчи шардан бир толук термелүүгө артта калат, б. а. аны менен бирдей фазада термелет.

Эки бири-бирине эң жакын аралыкта жайлашкан жана бирдей фазада термелип жаткан чекиттердин ортосундагы аралыкка *толкун узундугу* дейилет.

Толкун узундугу грекче λ ("ламбда") тамгасы менен белгиленет. Биринчи жана он үчүнчү шар, экинчи жана он төртүнчү, үчүнчү жана он бешинчи шарлардын ортосундагы аралыкка бир толкун узундугуна барабар дейилет.

Демек, бир мезгилдин ичинде толкун таралган аралык толкундун узундугуна барабар болот:



5.9-сүрөт.

$$\lambda = vT.$$

Мында v – толкундун таралуу ылдамдыгы (5.11-сүрөт). Термелүү мезгилинин жыштыктан көз карандылыгы $\nu = \frac{1}{T}$ этибар алынса, $\lambda = \frac{v}{\nu}$ болот. Бирдиги $[\lambda] = 1$ м.

Көлмөгө же тынч шамалсыз учурда суунун бетине таш ыргытылса, таш түшкөн чекиттен баштап бардык жакка термелүүлөр таралат. Бул толкундар айлана формасында болуп, дөң жана чуңкурлардан турат.

Зымдын термелүүлөрүнүн ошол зым боюнча таралышы жөнөкөй толкунга мисал боло алат.

Андагы термелүүнүн таралуу ылдамдыгы $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ жана ошондуктан:

а) таралуу ылдамдыгы зымдын тартылуу күчү T жана анын сызыктуу тыгыздыгы $\rho = \frac{m}{l}$ ден көз каранды;

б) чөйрөнүн серпилгичтиги канча чоң болсо, термелүүлөрдүн таралуу ылдамдыгы ошончо чоң болот.

Үн жана анын табияты. Серпилгич чөйрөдө таралып жаткан толкундардын жыштыгы 20 Гц тен (кээ бир адабияттарда 16 же 17 Гц) 20000 Гц ке чейин болсо, мындай механикалык толкундарды адамдын угуу органы сезет. Мындай толкундар–***үн толкундары*** же ***үн*** деп аталат. Жыштыгы 20 Гц тен кичине болгон толкундар инфра үн деп аталат жана муну адам баласы сезбейт.

Жыштыгы 1 Гц тен 10^{13} Гц ке чейин болгон толкундардын өзгөчөлүгүн үйрөнгө физиканын бөлүмүнө *акустика* дейилет.

Үн узата толкун болуп, чөйрөнүн тыгыздыгынан, анын өзгөчөлүгүнөн көз каранды болгон ылдамдык менен таралат.

Белгилей кетчү жери, чөйрөнүн температурасы туруктуу болгондо басымдын өзгөрүшү жыштыктын өзгөрүшүнө түз пропорциялаш жана $\frac{p}{\rho} = \text{const}$ болгондуктан, газдарда үндүн таралуу ылдамдыгы басымдан көз каранды болбой калат.

Бирок газдарда үндүн таралуу ылдамдыгы анын температурасынан көз каранды.

Катуу телолордо болсо, узата жана тууралжын толкундар тарала берет, ошондуктан үндүн узатасынан ылдамдыгы $v_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$, тууралжын толкундун таралуу ылдамдыгы $v_k = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$ формуласы менен эсептелет.

Бул жерде: E–чөйрө үчүн Юнг модулу, G–которулуу модулу. Катуу телолордо узата толкундардын таралуу ылдамдыгы тууралжын толкундардын таралуу ылдамдыгынан дээрлик эки эсе чоң, анткени $E > G$.

Ошондуктан жер титирөөнү эки жолу туябыз, анткени жер титирөө борборунан биз турган жерге узата толкун мурдараак, ал эми тууралжын толкун болсо кийинчерээк жетип келет.

Адам кулагынын үндү туюу жана угуу зонасынын жыштыгы 16 Гц тен 20000 Гц болгон үндөргө туура келет.

Жыштыгы 20 кГц тен жогору болгон үн толкундарына *ультра үндөр* дейилет. Ультра үндөр өзүнө мүнөздүү касиеттерге ээ болуп, жарык нурлары сыяктуу мейкиндикте ичке шоола көрүнүшүндө таралат.

Ультра үндөр:

1) металлдардын ичиндеги жарыктарды, суу астындагы буюмдарды, деңиз балыктарынын үйүрү жайлашкан жерлерди аныктоодо;

2) катуу, суюк жана газ абалында телолордун физикалык касиеттерин үйрөнүүдө.

3) өтө катуу жана морт телолорду механикалык иштетүүдө, аларды тазалоодо;

4) медицинада бөйрөк, боор, түйүлдүк жана ушул сыяктуу адамдын ички органдарынын абалын үйрөнүүдө кеңири колдонулат.

Жарганаттар өзү чыгарган ультра үндүн алдыдагы тосмодон чагылган бөлүгүн кабыл алып, тосмону сезет жана ага барып урулбайт.

? *1. Узата жана тууралжын толкундар бири-биринен эмнеси менен айырмаланат?*

2. Узата толкундар таралганда чөйрө кандай деформацияга кездешет?

3. Толкун узундугун кантип аныктоого болот?

5-көнүгүү

1. Математикалык маятник 1 мин 40 с дун ичинде 50 жолу термелди. Маятниктин термелүү мезгилин жана циклдик жыштыгын тап. (*Жообу*: 2 с, $\pi\ \frac{1}{c}$).

2. Термелме кыймылдын теңдемеси $x=0{,}06\cos100\pi t$ көрүнүштө берилген. Термелме кыймылдын амплитудасын, жыштыгын жана мезгилин тап. (*Жообу:* 6 см, 50 Гц, 20 мс).

3. Чекит гармониялык термелме кыймыл жасайт. Эң чоң которулуу $A=10$ см, ылдамдыктын эң чоң мааниси $v_m=20$ см/с. Термелүүлөрдүн циклдик жыштыгы жана чекиттин максималдуу ылдамдануусу табылсын. (*Жообу:* 2 рад/с; 0,4 м/с^2).

4. Чекит амплитудасы $A=0{,}1$ м, мезгили $T=2$ с болгон гармониялык термелме кыймыл жасоодо. Которулуу $x=0{,}06$ м болгон моменттеги ылдамдык жана ылдамдануу табылсын. (*Жообу:* 0,25 м/с; 0,6 м/с^2)

5. Мезгилдин кандай бөлүгүндө чекиттин ылдамдыгы анын максималдуу маанисинин жарымына барабар болот? Гармониялык термелүүлөрдүн баштапкы фазасы нөлгө барабар. (*Жообу:* $\frac{1}{12}$ Т).

6. Материалдык чекит амплитудасы A=5 см болгон гармониялык термелме кыймыл жасайт. Эгерде чекитке F=0,2 Н серпилгич күч таасир этсе, чекиттин кинетикалык, потенциалдык жана толук энергиясы табылсын.

7. Катуулугу 100 Н/м, жүгүнүн массасы 10 г болгон пружиналуу маятниктин термелүүлөр жыштыгы кандай (Гц)? (*Жообу*: 16 Гц).

8. Эгерде пружиналуу маятник пружинасынын жарымы кыркып салынса, анын термелүүлөрүнүн жыштыгы кандай өзгөрөт?

9. Математикалык маятниктин узундугу 2,5 м, ага илинген шарчанын массасы 100 г. Термелүү мезгили кандай (с)? (*Жообу*: 3,14 с).

10. Түбүндө кичинекей жылчыгы бар суулуу чака арканга илинген түрдө термелүүдө. Суунун азайышы менен термелүү мезгили кандай өзгөрөт?

11. Бирдей убакыт аралыгында биринчи маятник 50 жолу, экинчи маятник 30 жолу термелди. Эгерде алардын бири экинчисинен 32 см кыска болсо, маятниктердин узундугун тап.

12. Массасы 20 кг болгон окуучу селкинчек тебүүдө. Селкинчек тең салмактуулук абалынан максимум 1 м ге кыйшайган жана минутуна 15 жолу термелип жаткан болсо, термелүү мезгилинин 1/12 бөлүгүндөгү кинетикалык жана потенциалдык энергиясын тап.

V главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору

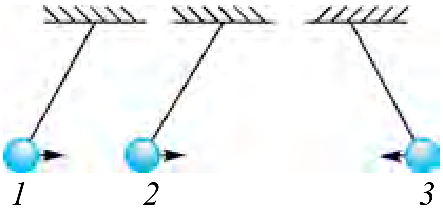
1. Термелүүлөрдүн амплитудасы 2 эсе чоңойтулса, анын мезгили кандай өзгөрөт?

A) 2 эсе чоңоёт; B) 2 эсе азаят;
C) 4 эсе чоңоёт; D) өзгөрбөйт.

2. Математикалык маятниктин узундугу 16 эсе азайса, анын эркин термелүүлөрүнүн мезгили кандай өзгөрөт?

A) 16 эсе азаят; B) 16 эсе чоңоёт;
C) 4 эсе чоңоёт; D) 4 эсе азаят.

3. Шарчалар өз ара кандай фазада термелүүдө?



A) 1 жана 3 карама-каршы, 2 жана 3 фазасы бирдей;
B) 1 жана 2 карама-каршы, 2 жана 3 бирдей;
C) 1 жана 2 бирдей, 2 жана 3 карама-каршы;
D) 1 жана 2 карама-каршы, 1 жана 3 бирдей.

4. **Узата толкундар кандай чөйрөлөрдө таралат? 1 – катуу телолордо; 2 – суюктуктарда; 3 – газ сымал заттарда.**
   A) 1 де гана;   B) 2 де гана;   C) 3 тө гана;   D) 1, 2 жана 3 тө.
5. **Сүйлөмдү толтур. "Термелүүлөр таралып жаткан чөйрөдө бирдей фазада термелип жаткан эки чекиттин ортосундагы эң ... дейилет".**
   A) ... жакын аралыктын толкун узундугу;
   B) ... чоң жылуунун амплитудасы;
   C) ... алыс аралыктын толкун узундугу;
   D) ... чоң термелүүлөр санынын жыштыгы.
6. **Сүйлөмдү толтур. "Тууралжын толкундар ... толкундар эсептелет".**
   A) ... кысылуу;   B) ... кеңейүү;
   C) ... кысылуу-кеңейүү;   D) ... которулуу.
7. **Чөйрөдө таралып жаткан толкундун мезгили 10 с, толкун узундугу 5 м болсо, толкундун таралуу ылдамдыгы эмнеге барабар болот?**
   A) 0,5 м/с;   B) 2 м/с;   C) 50 м/с;   D) 5 м/с.
8. **Эгерде материалдык чекиттин термелүүлөрүнүн амплитудасы 4 см болсо, анын бир толук термелүү учурунда басып өткөн жолу кандай (см) болот?**
   A) 0;   B) 4;   C) 8;   D) 16.
9. **Циклдик жыштык деп эмнеге айтылат?**
   A) 1 секунддагы термелүүлөр санына;
   B) бир термелүү үчүн кеткен убакытка;
   C) 2π секунддагы термелүүлөрдүн санына;
   D) бурчтук ылдамдыктын 1 секунддагы өзгөрүшүнө.
10. **Катуулугу 160 Н/м болгон пружинага 400 г жүк илинди. Алынган маятниктин термелүү жыштыгы кандай (Гц)?**
   A) 1,6;   B) 3,2;   C) 5,4;   D) 20.

V главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Термелме кыймыл	Ар кандай кайталануучу кыймыл.
Термелүүлөр мезгили	Бир жолу толук термелүү үчүн кеткен убакыт. $[T] = 1$ с.

Эркин термелүүлөр	Баштапкы берилген энергиянын эсебинен гана жүрүп жаткан термелүүлөр.
Термелип жаткан телонун которулушу	Термелип жаткан телонун каалагандай учурда тең салмактуулук абалына салыштырмалуу жайлашкан ордун көрсөткөн чоңдук.
Термелүүлөр жыштыгы	Убакыт бирдиги ичиндеги термелүүлөрдүн саны. $\nu = 1/T$; $[\nu] = 1/с = 1$ Гц.
Пружиналуу маятник	Катуулугу k болгон пружинага m массалуу жүк илинип, эркин термеле алган система: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
Математикалык маятник	Чоюлбас, салмаксыз жипке илинген, өлчөмдөрү жиптин узундугуна салыштырмалуу эсепке албас деңгээлде кичине болгон шарчадан турган термелүүчү система. $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.
Басаңдоочу термелүүлөр	Убакыттын өтүшү менен амплитудасы азайып баруучу термелүүлөр. Эркин термелүүлөр – басаңдоочу термелүүлөр саналат.
Резонанс кубулушу	Тышкы аргасыз кылуучу күчтүн жыштыгы термелүүчү системанын эркин термелүүлөрүнүн жыштыгына барабар болгондо термелүүлөр амплитудасынын кескин чоңоюшу.
Узата толкундар	Толкун таралып жаткан чөйрө бөлүкчөлөрүнүн термелүү багыты менен толкундун таралуу багыты өз ара дал түшкөн толкундар. Катуу, суюк жана газ сымал чөйрөлөрдө таралат.
Тууралжын толкундар	Толкун таралып жаткан чөйрө бөлүкчөлөрүнүн термелүү багыты менен толкундун таралуу багыты өз ара перпендикулярдуу болгон толкундар. Алар катуу телолордо гана таралат.
Толкун узундугу	Толкундун бир мезгилдин ичинде басып өткөн аралыгы: $\lambda = vT$. Бирдиги $[\lambda] = 1$ м.

VI глава. ТЕРМОДИНАМИКАНЫН НЕГИЗДЕРИ

27-тема. ЖЫЛУУЛУК ЖАРАЯНДАРЫНЫН КАЙТПАСТЫГЫ. ТЕРМОДИНАМИКАНЫН МЫЙЗАМДАРЫ

Термодинамикалык жараянда система баштапкы абалдан аралык абалдар аркылуу акыркы абалга өтөт. Бул өтүү кайтма жана кайтпас болушу мүмкүн.

Кайтма жараян деп, система кандайдыр абалга өткөндө акыркы абалдан баштапкы абалга ошол аралык абалдар аркылуу тескери удаалаштыкта өтүшүнө айтылат.

Мисалы, сүрүлүүсүз жүргөн бардык нукура механикалык жараяндар кайтма жараянга мисал болот. Алсак, узун илгичке илинген оор маятниктин термелүүсү кайтма жараянга жакын болот. Мында кинетикалык энергия иш жүзүндө толук потенциалдык энергияга айланат. Ошондой эле, тескериси да орундуу. Чөйрөнүн каршылыгы кичине болгондугу себептүү термелүүнүн амплитудасы акырын азаят жана термелүү жараяны көпкө созулат.

Белгилүү каршылыкка жолуккан же ысык телодон муздак телого жылуулук берүү менен жүргөн ар кандай жараян кайтпас болот. Иш жүзүндө бардык реалдуу жараяндар кайтпас жараяндар эсептелет. Жогорудагы келтирилген маятник мисалындагы жараян да кайтпас, анткени сүрүлүүнү жоготууга болбойт. Ошондуктан механикалык энергиянын бир бөлүгү ар дайым жылуулукка айланат жана кайтпас болуп айлана-чөйрөгө чачылып кетет, демек, айланадагы телолордо өзгөрүү жүрөт, ошондуктан жараянга кайтпас дейилет.

Ошондой эле, ысык телодон муздак телого жылуулук санынын берилүү жараяны да кайтпас жараяндарга мисал боло алат.

Кыскасы, табиятта кайтма жараяндар жок. Реалдуу жараяндардын бардыгы кайтпас. Кайтма жараяндар идеалдаштырылган түшүнүк саналат.

Ички энергия. Термодинамикалык система көптөгөн молекулалар менен атомдордон түзүлгөндүгү сага белгилүү. Ал ички энергияга ээ, б. а. молекулалар тынымсыз кыймылда болгондуктан, кинетикалык энергияга ээ. Ошону менен бирге заттын молекулалары ортосунда өз ара таасир күчү болгондугу себептүү молекулалар өз ара таасирдин потенциалдык энергиясына ээ болот.

Термодинамикалык системанын ички энергиясы деп, анын бардык молекулаларынын тартипсиз кыймылынын кинетикалык энергиялары менен алардын өз ара таасири потенциалдык энергияларынын суммасына айтылат.

Телонун ички энергиясын механикалык энергия менен чаташтырбастык керек, анткени механикалык энергия телонун башка телолорго салыштырмалуу кыймылы жана жайлашышынан көз каранды болсо, ошол телонун ички энергиясы телону түзүүчү бөлүкчөлөрдүн кыймылы жана бири-бирине салыштырмалуу жайлашышынан көз каранды.

Ички энергия термодинамикалык системанын бир маанилүү функциясы эсептелет, б. а. системанын ар бир абалына ички энергиянын анык бир мааниси туура келип, ал система бул абалга кантип келип калганынан таптакыр көз каранды эмес. Эгерде газ ысытылса, молекула менен атомдордун ылдамдыктары да чоңоёт. Бул болсо ички энергиянын чоңоюшуна алып келет. Эгерде басым же салыштырма көлөм өзгөртүлсө, бул да ички энергиянын өзгөрүшүнө алып келет, анткени молекулалардын ортосундагы аралык өзгөрөт. Демек, алардын өз ара таасири потенциалдык энергиялары да өзгөрөт.

Адатта, системанын ички энергиясы $T=0$ K да нөлгө барабар деп эсептелет, бирок бул чоң мааниге ээ эмес. Анткени система бир абалдан экинчисине өткөндө ички энергиянын өзгөрүшү ΔU мааниге ээ болот.

Термодинамиканын биринчи мыйзамы. Ал үчүн ысытылып жаткан чайнектин мисалын көрөлү. Чайнек алган жылуулук саны Q ичиндеги суунун ысышына, б. а. суунун ички энергиясынын чоңоюшуна ΔU жана суунун буулары чайнектин капкагын көтөргөндө тышкы күчтөргө каршы (капкактын оордук күчү) аткарыла турган A жумушка сарпталат. Бул жараян үчүн энергиянын сакталуу жана айлануу мыйзамы

$$Q=\Delta U+A \tag{6.1}$$

көрүнүшүнө ээ болот. Бул термодинамиканын биринчи мыйзамынын математикалык көрүнүшү болот.

Термодинамикалык системага берилген жылуулук саны анын ички энергиясын чоңойтуу үчүн жана тышкы күчтөргө каршы аткарган жумуштардын суммасына барабар.

Эгерде системага жылуулук саны берилип жаткан болсо, Q оң, эгерде системадан жылуулук саны алынып жаткан болсо, Q терс белги менен алынат. Ошондой эле, эгерде система тышкы күчтөргө каршы жумуш аткарып жаткан болсо, A жумуш оң, тышкы күчтөр системанын үстүндө жумуш аткарып жаткан болсо, A жумуш терс болот.

Термодинамиканын биринчи мыйзамы биринчи түрдөгү түбөлүктүү кыймылдаткычты (латинче “perpetuum mobile”) жасоого болбостугун көрсөтөт. Биринчи түрдөгү “perpetuum mobile” боюнча барабар санда энергия сарптабастан жумуш аткара ала турган машинаны куруу жөнүндө пикир айтылат. Энергиянын сакталуу жана айлануу мыйзамы болгон термодинамиканын биринчи мыйзамында болсо табиятта жүргөн бардык жараяндарда энергия өзү-өзүнөн пайда болбойт жана жоголбойт, ал бир көрүнүштөн башкасына айланышы гана мүмкүн, деп белгиленет. Термодинамиканын биринчи мыйзамы төмөнкүдөй да мүнөздөлөт:

Система бир абалдан экинчи абалга өткөндө ички энергиянын өзгөрүшү тышкы күчтөрдүн жумушу (A') менен системага берилген жылуулук саны (Q) нун суммасына барабар:

$$\Delta U = Q + A'. \qquad (6.2)$$

Термодинамиканын биринчи мыйзамы энергиянын сакталуу жана айлануу мыйзамын туюнтпаса да, термодинамикалык жараяндын жүрүү багытын көрсөтө албайт. Мисал үчүн биринчи мыйзам, жылуулук санынын ысык телодон муздак телого өтүү мүмкүнчүлүгү кандай болсо, муздак телодон ысык телого өтүү мүмкүнчүлүгү да ошондой, деп көрсөтөт. Чындыгында болсо “Табиатта өзү-өзүнөн кандай жараяндар жүрүшү мүмкүн”, деген суроо туулат. Буга термодинамиканын экинчи мыйзамы жооп берет.

Термодинамиканын экинчи мыйзамы. Бул мыйзамдын аныктамасы бир нече көрүнүштө болуп, алардын эң жөнөкөйү – Клаузиустун аныктамасын келтиребиз.

Жылуулук өзү-өзүнөн төмөн температуралуу телодон жогору температуралуу телого өтпөйт.

Иш жүзүндө эбегейсиз чоң океан сууларындагы жылуулук өзү-өзүнөн температурасы суунукунан төмөнүрөөк болгон телого гана өтүшү

мүмкүн. Жылуулукту температурасы төмөн телодон температурасы жогору телого өткөрүү үчүн кошумча жумуш аткаруу керек. Ошону менен бирге, жылуулук саны жумушка толук айланбай, анын бир бөлүгү айлана-чөйрөнү ысытууга сарпталат. Ушул көз караштан алганда экинчи мыйзам боюнча Планктын төмөнкү мүнөздөмөсү да көңүл бурарлык: **табиятта жылуулук саны толук бойдон жумушка айлана турган жараян болушу мүмкүн эмес.**

Жылуулук жумушка айланышы үчүн ысыткыч жана муздаткыч болушу керек. Бардык жылуулук машиналарында ысыткычтан муздаткычка берилген энергиянын бир бөлүгү гана пайдалуу жумушка айланат. Анда жылуулук машиналарынын ПАК кандай чоңдуктардан көз каранды жана аны жогорулатуу үчүн эмне кылуу керек деген суроо туулат. Бул суроого термодинамиканын экинчи мыйзамынын Карно мүнөздөмөсү жооп берет: **идеалдуу жылуулук машинасынын пайдалуу аракет коэффициенти жылуулук берүүчү менен жылуулук алуучулар температураларынын айырмасы менен гана аныкталат.**

Термодинамиканын мыйзамдары иш жүзүндө кандай жылуулук машиналарын жасоого болору жана алардын ПАК ин жогорулатуу үчүн эмнелерге көңүл буруу зарылдыгы жөнүндө көрсөтмө берет.

Экинчи түрдөгү “perpetuum mobile”. Экинчи түрдөгү “perpetuum mobile” океан сууларындагы чоң сандагы энергиядан жумуш аткарбастан пайдаланууга болот, деген идеяга негизделген. Термодинамиканын экинчи мыйзамы болсо **жылуулук саны ысык телодон муздак телого өзү-өзүнөн өтүшү гана мүмкүн, тескериси үчүн болсо кошумча жумуш аткаруу зарыл деп белгилейт**. Бул болсо экинчи түрдөгү “perpetuum mobile”ди жасоого болбостугун көрсөтөт.

Эгерде экинчи түрдөгү “perpetuum mobile”ди жасоого болгондо, адамзат аябай чоң энергиянын булагына ээ болмок. Океандардагы 10^{21} кг суунун температурасы 1 °С ка төмөндөтүлсө, бул 10^{24} Ж жылуулук санын ажыратып алуу мүмкүнчүлүгүн берет. Ошончо энергия берген көмүрдү темир жол составына жүктөсөк, анын узундугу 10^{10} км ди түзөт. Бул болсо дээрлик Күн системасынын диаметрине барабар аралык эсептелет.

1. Термодинамиканын биринчи мыйзамы жараяндын жүрүү багытын көрсөтө алабы?

2. Термодинамиканын экинчи мыйзамынын аныктамаларын айт.

3. *Термодинамиканын экинчи мыйзамынын мааниси эмнеде?*
4. *Табиатта жылуулук саны толук бойдон жумушка айланган жараян болушу мүмкүнбү?*
5. *Жылуулук машинасынын пайдалуу аракет коэффициенти эмнелерден көз каранды?*

28-тема. АДИАБАТА ЖАРАЯНЫ. ЖЫЛУУЛУК МАШИНАСЫНЫН ПАЙДАЛУУ АРАКЕТ КОЭФФИЦИЕНТИ. КАРНО ЦИКЛИ

Адиабата жараяны.

Айлана-чөйрө менен жылуулук санын алмашпастан жүргөн жараянга адиабата жараяны дейилет.

Адиабата жараянына тез жүргөн жараян мисал болот. Мисал үчүн газ тез кысылганда аткарылган жумуш анын температурасынын, б. а. ички энергиясынын чоңоюшуна алып келет. Температуранын чоңоюшу натыйжасында айланага жылуулук саны таралышы үчүн болсо белгилүү убакыт керек. Ошондуктан да $Q=0$. Ичтен күйүүчү кыймылдаткычта отун аралашмасынын күйүшү адиабата жараянына мисал болот.

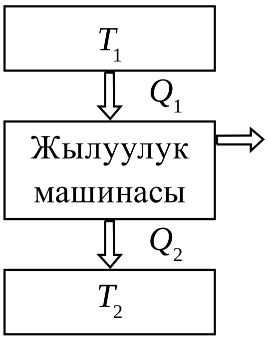
Адиабата жараяны үчүн термодинамиканын биринчи мыйзамы төмөнкү көрүнүштө болот:

$$\Delta U + A = 0 \quad \text{же} \quad A = -\Delta U, \qquad (6.3)$$

б. а. адиабата жараянында жумуш ички энергиянын өзгөрүшү эсебинен аткарылат.

Жылуулук машинасы деп, отундун ички энергиясын механикалык энергияга айландырып берген машиналарга айтылат.

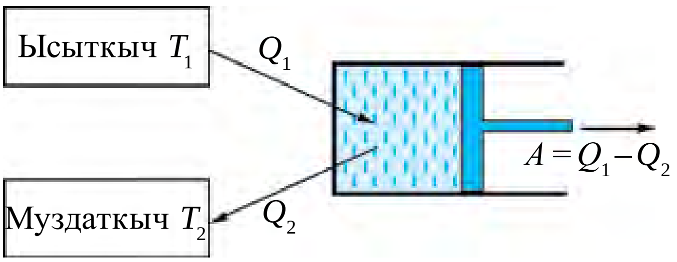
Жылуулук машинасынын иш принциби 6.1-сүрөттө көрсөтүлгөн. Бир циклде T_1 температуралуу ысыткычтан Q_1 жылуулук саны алынып, T_2 температуралуу муздаткычка Q_2 жылуулук саны кайтарылат жана $A=Q_1-Q_2$ сандагы жумуш аткарылат. 6.2-сүрөттө жылуулук машинасынын түзүлүшү көрсөтүлгөн. Ар кандай кыймылдаткыч үч бөлүктөн турат: жумушчу зат (газ же буу), ысыткыч жана муздаткыч. Ысыткычтан Q_1 жылуулук саны алган жумушчу зат кеңейип, жумуш аткарат. Отундун күйүшү натыйжасында ысыткычтын температурасы T_1 өзгөрбөс болуп калат.



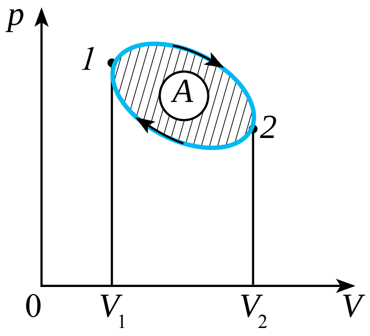
6.1-сүрөт.

Кысылганда жумушчу зат Q_2 жылуулук санын T_2 температуралуу муздаткычка берет. Жылуулук кыймылдаткычы цикл менен иштеши керек.

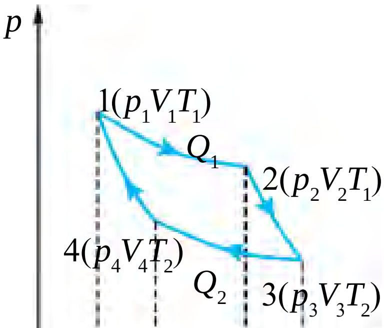
Айланма жараян же цикл деп, система бир канча абалдардан өтүп, баштапкы абалына кайткан жараянга айтылат (6.3-сүрөт). Саат жебесинин багыты менен жүргөн жараянга (газ баштап кеңейип, андан кийин кысылат) түз цикл, саат жебесине тескери багытта (газ баштап кысылып, андан кийин кеңеет) жүргөн жараянга болсо тескери цикл дейилет. Жылуулук машиналары түз, ал эми муздаткычтар болсо тескери циклдин негизинде иштейт. Цикл аяктаганда жумушчу зат өзүнүн баштапкы абалына кайтат, б. а. анын ички энергиясы баштапкы маанисине ээ болот.



6.2-сүрөт.



6.3-сүрөт.



6.4-сүрөт.

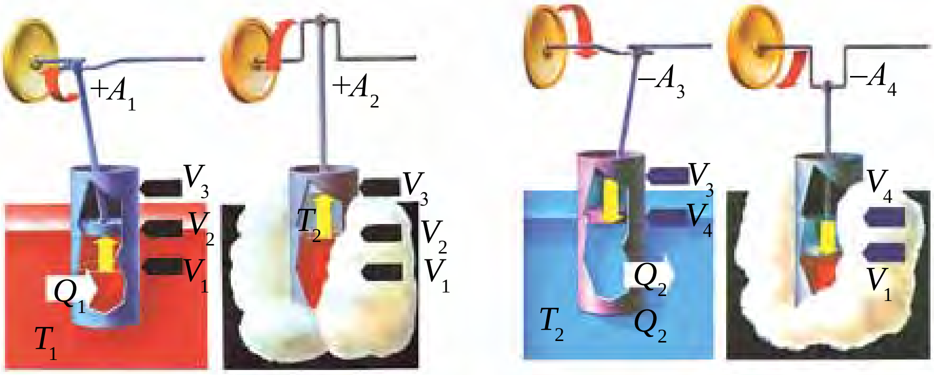
Карно цикли–кезекме-кезек өз ара алмашып турган эки изотермикалык жана эки адиабата жараянынан турган кайтма айланма жылуулук жараяны саналат. (6.4-сүрөт).

Карно цикли деп аталган эки изотермикалык жана эки адиабата жараяндарынан турган циклди 6.5-сүрөттө келтирилген муунактуу вал жана шатун орнотулган поршендүү цилиндрдин мисалында көрүп чыгабыз.

1. Цилиндрдеги поршень эң ылдыйкы абалында, газдын көлөмү V_1 ди түзөт. Цилиндр T_1 температуралуу ысыткычтуу идишке жайлаштырылган. Баштапкы абалдагы газдын температурасы T_1, басымы p_1 жана көлөмү V_1 болсун, бул жараянды 6.4-сүрөттөгү pV диаграммада газдын баштапкы абалын 1 деп белгилейбиз. T_1 температуралуу ысыткычтан цилиндрге Q_1 жылуулук

саны берилет жана газдын ысыткычтан алып жаткан жылуулук саны эсебине анын изотермикалык түрдө көлөмү V_2 ге чейин кеңейиши ишке ашат. Акырында, газдын экинчи абалдагы параметрлери p_2, V_2, T_1 болот. Бул абалда газ A_1 жумуш аткарат. 6.4-сүрөттөгү pV диаграммада газдын изотермикалык кеңейиши 1–2 изотерма менен көрсөтүлгөн.

2. Кеңейүүнүн экинчи адиабата баскычында Q_1 жылуулук саны азайтылса да, поршень V_2 ден V_3 кө чейин кеңеет. Газдын ички энергиясы эсебине поршень A_2 жумуш аткарат, газдын температурасы төмөндөйт. 6.4-сүрөттөгү pV диаграммада газдын адиабата кеңейиши 2–3 адиабата менен көрсөтүлгөн, газдын бул абалдагы параметрлери p_3, V_3, T_2 болот.



6.5-сүрөт.

3. Газдын изотермикалык кысылышын ишке ашыруу үчүн цилиндр T_2 муздаткычка жайлаштырылат жана поршень кысылат, газдын көлөмү V_3 төн V_4 кө чейин азайтыла баштайт. Бул жараян изотермикалык болушу үчүн A жумуш толугу менен жылуулукка айланып, газ Q_2 жылуулук санын муздаткычка берет, 6.5-*б* сүрөттөгү pV диаграммада газдын изотермикалык кысылышы 3–4 изотерма менен көрсөтүлгөн, газдын бул абалдагы параметрлери p_4, V_4, T_2 болот.

4. Циклдин акыркы бөлүгүндө газ адиабата кысылып, поршень газдын көлөмүн V_4 төн V_1 ге чейин азайтырат. Мында аткарылган жумуш газдын температурасын баштапкы деңгээлине көтөрүү үчүн сарпталат жана системанын ички энергиясы чоңоёт. 6.5-сүрөттөгү pV диаграммада газдын адиабата кысылышы 4–1 адиабата менен көрсөтүлгөн, газдын бул абалдагы параметрлери p_1, V_1, T_1 болот, б. а. баштапкы абалдагы маанисин ээлейт.

Ошентип, идеалдуу газ өзүнүн баштапкы абалына кайтат жана ички энергиясын толук калыбына келтирет. Цикл учурунда идеалдуу газ

ысыткычтан Q_1 жылуулук санын алат жана муздаткычка Q_2 жылуулук санын берет. Термодинамиканын биринчи мыйзамы боюнча, $Q_1 - Q_2$ жылуулук саны жумуш аткарууга сарпталат жана бул жумуш сандык мааниси жагынан циклди курчап турган аянтка барабар.

Жылуулук машинасынын пайдалуу аракет коэффициенти. Жылуулук машинасынын же Карно циклинин пайдалуу аракет коэффициенти (ПАК) деп төмөнкү чоңдукка айтылат:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}. \qquad (6.4)$$

Эгерде жылуулук машинасынын аткарган жумушу эсепке алынса, б. а. $A = Q_1 - Q_2$ болсо, анда

$$\eta = \frac{A}{Q_1}. \qquad (6.5)$$

Ошондой эле, Карно циклинин ПАК ысыткычтын T_1 жана муздаткычтын T_2 температуралары аркылуу да туюнтулушу мүмкүн:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \qquad (6.6)$$

Демек, идеалдуу жылуулук машинасынын ПАК жумушчу заттын түрүнөн көз каранды болбой, ысыткыч менен муздаткычтын температуралары менен гана аныкталат.

(6.6) туюнтмадан дагы төмөнкүдөй тыянактарды чыгарууга болот:

1) жылуулук машинасынын ПАК көтөрүү үчүн ысыткычтын температурасын жогорулатуу, муздаткычтын температурасын болсо төмөндөтүү керек;

2) жылуулук машинасынын ПАК ар дайым бирден кичине болот.

(6.6) боюнча Карно ПАК жөнүндө теорема жазган. Ысыткыч менен муздаткычтын берилген температураларында ар кандай кыймылдаткычтын ПАК Карно циклинин ПАК нен чоң болбойт.

1. Жылуулук машинасы деп кандай курулмага айтылат?

2. Карно цикли деп эмнеге айтылат?

3. Жылуулук машинасынын пайдалуу аракет коэффициенти (ПАК) кандай аныкталат?

4. ПАК жумушчу заттын түрүнөн көз карандыбы?

5. Жылуулук машинасынын ПАК жогорулатуу үчүн эмне кылуу керек?

29-тема. АДАМЗАТТЫН ТУРМУШУНДА ЖЫЛУУЛУК КЫЙМЫЛДАТКЫЧТАРЫНЫН МААНИСИ. ЖЫЛУУЛУК КЫЙМЫЛДАТКЫЧТАРЫ ЖАНА ЭКОЛОГИЯ

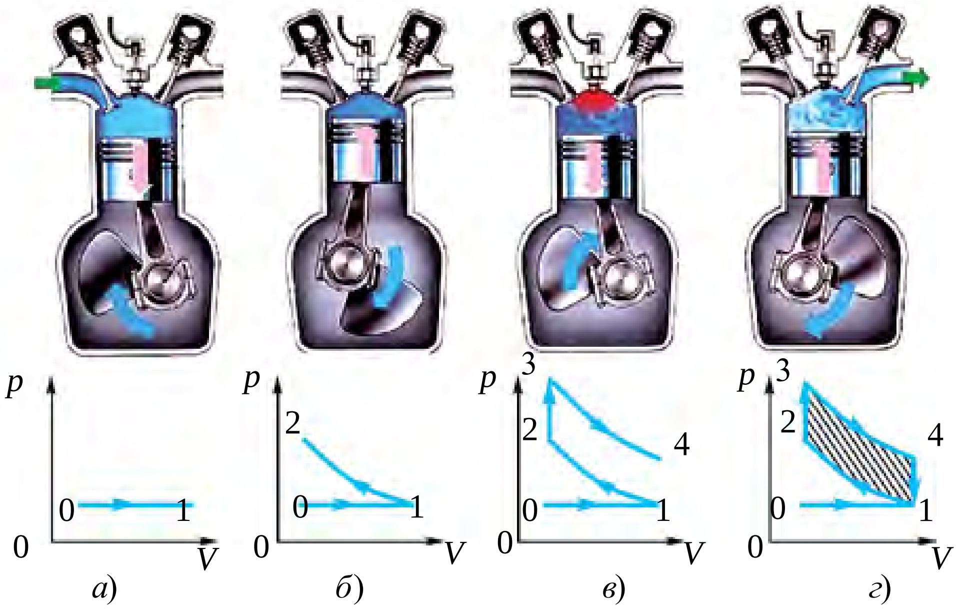
Жылуулук кыймылдаткычтары. Жылуулук кыймылдаткычтарына буу машинасы, буу турбинасы, ичтен күйүүчү кыймылдаткыч, реактивдүү кыймылдаткычтар кирет.

Буу машинасы. Буу машиналары менен буу турбиналарында ысыткычтын милдетин буу казаны, жумушчу заттын милдетин буу, муздаткычтын милдетин болсо атмосфера же иштетилген бууну муздатуучу курулма – конденсатор аткарат.

Ичтен күйүүчү кыймылдаткыч. Ичтен күйүүчү кыймылдаткычта ысыткыч менен жумушчу заттын милдетин отун, муздаткычтын милдетин болсо атмосфера аткарат.

Адатта, отун иретинде бензин, спирт, керосин жана дизель отуну колдонулат. Атайын курулма (мисалы, бензиндүү кыймылдаткычтарда карбюратор) жардамында отун менен аба аралашма көрүнүшүндө даярдалып, цилиндрге берилет. Цилиндрде болсо аралашма күйөт. Күйүүнүн продуктулары болсо атмосферага чыгарып салынат. Эми кээ бир кыймылдаткычтарга кеңири токтолобуз.

Карбюраторлуу кыймылдаткыч. Төрт такттуу карбюраторлуу кыймылдаткычтын иш принциби жана жумушчу диаграммасын көрөлү (6.6-сү-



6.6-сүрөт.

рөт). Тышкы күчтөрдүн таасиринде поршень ылдый карай аракеттенгенде (6.6 *а*-сүрөт), киргизүү клапаны ачылып, жумушчу аралашма цилиндрге түшөт.

Жараян атмосфералык басымдын астында изобарикалык түрдө жүрөт. Поршень эң төмөнкү абалга жеткенде, киргизүү клапаны жабылып, биринчи такт (соруу такты) аяктайт: графикте жараян 0–1 түз сызык менен көрсөтүлгөн. Экинчи (кысуу) такт да (6.6-*б* сүрөт) тышкы күчтүн таасиринде жүрөт.

Эки клапан тең жабык жана газ адиабата түрүндө кызыйт. Бул графикте *1–2* сызыкка туура келет. Үчүнчү такт жумуш жараянында от алып күйүү (6.6-*в* сүрөт). Поршень эң жогорку абалга жеткенде от алдыруучу свечанын учкуну аралашманы күйдүрөт жана газдын басымы кескин чоңоёт. Графикте бул *2–3* изохорикалык жараянга туура келет. Клапан жабык бойдон, поршень ылдый карай аракеттенет, б. а. адиабата түрүндө кеңеет. *3–4* сызык жумушчу жолунун тактына туура келет (6.6-*г* сүрөт). Көрүнүп тургандай, бул тактта газдын басымы төмөндөйт, көлөмү чоңоёт, температурасы төмөндөйт. Мында аткарылган жумуш оң болуп, ал газ ички энергиясынын азайышы эсебине аткарылат. Төртүнчү чыгаруу такты 6.6-*д* сүрөттө берилген. Поршень эң ылдыйга жеткенде чыгаруу клапаны ачылып, күйүүнүн продуктулары чыгаруу курулмасы аркылуу айлана-чөйрөгө чыгарып салынат. Газдын басымы төмөндөйт жана такттын аягында атмосфералык басымга барабар болуп калат. Графикте бул изохорикалык жараян *4–1* сызык менен көрсөтүлгөн. Поршень маховиктин энергиясы эсебинен жогору абалына кайтат жана такт аяктайт.

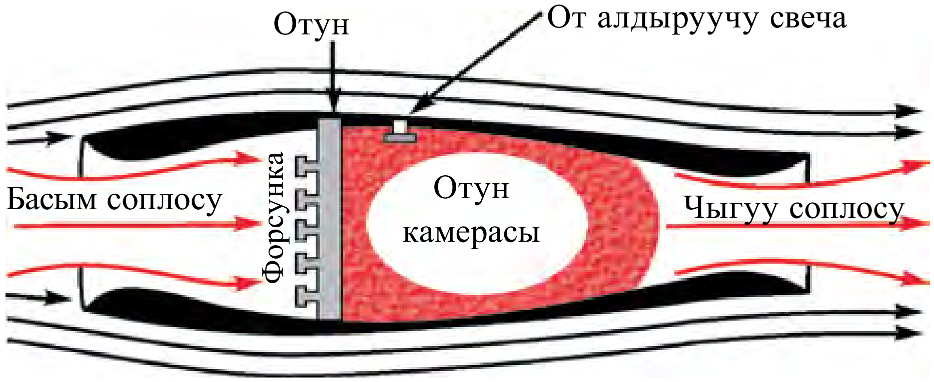
Каралган туюк жараянда аткарылган жумуш жараян сызыктары менен ажыратылган, штрихтелген фигуранын аянтына барабар болот. Графикти иликтөө көрсөткөндөй, *3–4* бөлүктөгү кеңейүү *1–2* бөлүктөгү кысылууга салыштырмалуу чоңураак басымда жүрөт. Куду ушунун натыйжасында кыймылдаткыч пайдалуу жумуш аткарат. *3–2* жана *4–1* изохорикалык жараяндарда (V=const) жумуш нөлгө барабар жана жогоруда айтылгандай, пайдалуу жумуш адиабата кеңейүү жана кысылуулуардын айырмалары менен аныкталат.

Иш жүзүндө ичтен күйүү кыймылдаткычтарынын ПАК 20–30 % ды түзөт. Алардын ПАК жогорулатуу үчүн болсо аралашманы көбүрөөк кысуу керек. Бирок ичтен күйүүчү кыймылдаткычтарда отундун

аралашмасын өтө катуу кысууга болбойт, анткени кысылган отун кызып, өзү-өзүнөн күйүп кетиши мүмкүн. Бул болсо кыймылдаткычтын иш принцибин бузат.

Дизель. Немис инженери Дизель жогорудагы кыйынчылыктардан оолак жана ПАК кыйла жогору болгон кыймылдаткычты жаратты. Дизелдерде кысуу деңгээли кыйла жогору болуп, анын аягында абанын температурасы, отун өзү-өзүнөн жалындашы үчүн жетиштүү деңгээлде жогору болот. Отун болсо карбюраторлуу кыймылдаткычтардагыдай кескин эмес, акырын, поршень кыймылынын кандайдыр бөлүгү учурунда күйөт. Отундун күйүү жараяны жумушчу көңдөйдүн көлөмү жогорулап барышы учурунда жүрөт. Ошондуктан да газдардын басымы жумуш учурунда өзгөрбөй калат. Ошентип, дизелде аралашманын күйүү жараяны өзгөрбөс басымда жүрөт. Карбюраторлуу кыймылдаткычтарда болсо бул жараян өзгөрбөс көлөмдө жүргөн. Дизель карбюраторлуу кыймылдаткычка караганда үнөмдүүрөөк келип, ПАК да кыйла жогору, дээрлик 40 % ды түзөт. Анын кубаттуулугу да кыйла чоң болушу мүмкүн. Ошону менен бирге, кыйла арзан отунда да иштей берет. Дизелдер стационардык курулмаларда, темир жол, аба жана суу транспортторунда кеңири колдонулат. Учурда кичине кубаттуулуктагы дизелдер автомашина жана тракторлордо да көп иштетилүүдө.

Реактивдүү кыймылдаткыч. 6.7-сүрөттө реактивдүү кыймылдаткычтын схемалык түзүлүшү келтирилген. Анын иш принциби төмөнкүдөй. Самолёт учканда каршысынан келип жаткан абанын агымы сопло аркылуу өтүп, форсунка чачкан отун менен аралашып, жумушчу отунду пайда кылат. Андан кийин күйүү камерасына түшөт жана от алдыруучу свеча жардамында күйөт. Жумушчу аралашманын күйүшү натыйжасында алынган газдар чоң ылдамдык менен чыгаруу жылчыгы – сопло аркылуу чыгарып салынат. Аралашманын күйүшү басымдын кескин чоңоюшуна алып келет жана натыйжада соплодон чыккан газдын ылдамдыгы



6.7-сүрөт.

кыймылдаткычка кирип жаткан газдын ылдамдыгынан абдан чоң болот. Мына ушул ылдамдыктардын айырмасы натыйжасында импульстун сакталуу мыйзамы боюнча, реактивдүү тартылуу күчү пайда болот.

Учурдагы жылуулук машиналарынын ПАК 40 % дан (ичтен күйүү кыймылдаткычтары) 60 % га чейин (реактивдүү кыймылдаткычтар) болушу мүмкүн. Ошондуктан окумуштуулар кыймылдаткычтарды өркүндөтүүнүн үстүндө тынымсыз изилдөөлөр жүргүзүшүүдө. Ошону менен бирге, ичтен күйүүчү кыймылдаткычтардын токтоосуз көбөйүп жаткандыгы табиятка жана айлана-чөйрөгө чоң кооп туудуруп жатат. Экологиялык таза кыймылдаткычтарды жаратуу бүгүнкү күндүн эң олуттуу көйгөйлөрүнөн бири саналат.

Табиатты коргоо. Табиаттын жогорку продукциясы болгон адамзат, ошондой эле башка жаныбарлар да ушул табияттын бир бөлүгү эсептелет. Алар жашашы жана өнүгүшү үчүн болсо керектүү нерселер–таза аба жана таза продуктулар керек. Биз дем алган аба Жердин атмосферасын түзгөн газдардын аралашмасы саналат. Анын курамында кычкылтек, азот, суутек жана башка табигый газдардан тышкары чаң, түтүн, туздардын бөлүкчөлөрү жана башка аралашмалар бар. Мындан тышкары, абанын курамында өнөр жай таштандылары болот.

Жылуулук кыймылдаткычтарынын көп санда иштетилиши да айлана-чөйрөгө терс таасирин тийгизет. Эсеп-кысаптарга караганда, азыркы учурда Жердин бетинде жыл сайын 2 млрд тонна көмүр жана 1 млрд тонна мунайзат күйдүрүлөт. Бул болсо Жердеги температуранын көтөрүлүшүнө жана натыйжада мөңгүлөр эрип, океандардагы суу деңгээлинин көтөрүлүшүнө алып келиши мүмкүн. Мындан тышкары, атмосферага 120 млн тонна күл жана 60 млн тоннага чейин уулуу газ чыгарып салынат.

Дүйнөдөгү 200 млн дон ашуун автомобиль күн сайын атмосфераны көмүртек (II) оксид, азот жана углеводороддор менен уулайт. Жылуулук жана атом электр станциялары кубаттуулуктарынын чоңоюшу менен сууга болгон талап да чоңоюп отурат. Ошондуктан учурда аба жана суу бассейндерин булгануудан сактоонун тикеден-тике жана кыйыр усулдарынан пайдаланылат. Кыйыр усул–бул ар түрдүү түтүн жана газдарды тазалап чыгаруу; атмосфераны аз булгаган отундар–табигый газ, күкүртсүз мунайзат жана башкалардан пайдалануу; бензинсиз жүрө турган автомобиль кыймылдаткычтарын жаратуу жана ушул сыяктуулар.

Кыйыр усулдар атмосферанын төмөнкү катмарындагы уулуу заттар концентрациясынын кескин азайышына алып келет. Булар чыгындан чыгаруучу булактардын бийиктигин ашыруу, метеорологиялык шарттарды эсепке алып, аралашмаларды абага чачып жиберүүнүн түрдүү усулдарынан пайдалануу жана башкалар.

1. Жылуулук кыймылдаткычтарына эмнелер кирет?
2. Карбюраторлуу кыймылдаткычтын иш принцибин түшүндүр.
3. Ичтен күйүүчү кыймылдаткычтын ПАК жогорулатуунун кандай кыйын жери бар?
4. Дизелдин иш принцибин түшүндүр.
5. Реактивдүү кыймылдаткычтын иш принцибин түшүндүр.
6. Табиатты коргоо үчүн кандай иш-чаралар көрүлүп жатат?

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Пайдалуу аракет коэффициенти 0,4 кө барабар болгон Карно циклинде газдын изотермикалык түрдө кеңейишинде аткарылган жумуш 8 Ж болсо, газдын изотермикалык түрдө кысылышындагы жумуш аныкталсын.

Б е р и л г е н:	Ф о р м у л а с ы жана ч ы г а р ы л ы ш ы:
$\eta = 0{,}4$ $A = 8$ J $T=$const	Циклдин $pV-$диаграммасын түзөбүз $\eta=0{,}4$; 1–2 өтүү газдын изотермикалык кеңейишин; 3–4 өтүү болсо изотермикалык кысылышын көрсөтөт.
Табуу керек $A_{кысыл}$–?	

Карно циклинин ПАК төмөнкүдөй аныкталат:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

бул жерде: Q_1–газдын ысыткычтан алган жылуулук саны, Q_2–газдын муздаткычка берген жылуулук саны. Изотермикалык кеңейүүдө аткарылган $A_{кең}$ жумуш газдын ысыткычтан алган Q_1 жылуулук санына, изотермикалык кысылуудагы $A_{кысыл}$ жумуш болсо газдын муздаткычка берген Q_2 жылуулук санына барабар болот, б. а. $Q_1=A_{кең}$; $Q_2=A_{кысыл}$.

Анда циклдин ПАК төмөнкү көрүнүшкө келет:

$$\eta = \frac{A_k - A_s}{A_k}.$$

Мындан $A_{кысыл}$ ны таап, берилгендерди ордуна коюп эсептейбиз:

$$A_{кысыл} = (1 - 0{,}4) \cdot 8\ Ж = 4{,}8\ Ж. \qquad \textit{Жообу:}\ A_{кысыл} = 4{,}8\ Ж.$$

6-көнүгүү

1. Температурасы 20 °C ка чоңойгондо 200 г гелийдин ички энергиясы канчага өзгөрөт? (*Жообу:* $\Delta U = 12{,}5$ кЖ).

2. 320 г кычкылтекти 10 K га изобарикалык кыздырганда канча жумуш аткарылат? (*Жообу:* $A = 830$ Ж).

3. 15 °C температуралуу 1,5 кг суусу бар идишке 100 °C температуралуу 200 г суунун буусу киргизилди. Буу конденсациялангандан кийин жалпы температура кандай болот? (*Жообу:* $t = 89$ °C).

4. Массасы 290 г болгон абаны 20 K га изобарикалык кыздырганда, ал канча жумуш аткарган жана мында ага канча жылуулук саны берилген? (*Жообу:* 1,7 кЖ; 5,8 кЖ).

5. 800 моль газды 500 K га изобарикалык кыздырганда ага 9,4 МЖ жылуулук саны берилди. Мында газ аткарган жумушту жана анын ички энергиясы канчага чоңойгонун аныкта. (*Жообу:* 3,3 МЖ; 6,1 МЖ).

6. Температурасы 27 °C болгон 160 г кычкылтек изобарикалык кыздырылганда анын көлөмү эки эсе чоңойду. Газдын кеңейишинде аткарылган жумушту, кычкылтекти кыздырууга кеткен жылуулук санын, ички энергиянын өзгөрүшүн тап. (*Жообу:* 12,5 кЖ; 44,2 кЖ; 31,7 кЖ).

7. Идеалдуу жылуулук машинасынын кыздыргычынын температурасы 117 °C, муздаткычыныкы 21° C. Машинанын 1 с да кыздыргычтан алган жылуулук саны 60 кЖ га барабар. Машинанын ПАК, 1 с да муздаткычка берилген жылуулук санын жана машинанын кубаттуулугун эсепте. (*Жообу:* 23 %; 146 кЖ; 14 кВт).

8. Идеалдуу жылуулук машинасында кыздыргычтан алынып жаткан ар бир киложоуль энергиянын эсебинен 300 Ж жумуш аткарылат. Эгерде муздаткычтын температурасы 280 K болсо, машинанын ПАК жана кыздыргычтын температурасын аныкта. (*Жообу:* 30 %; 400 K).

9. 110 кВт кубаттуулукка жетишкен жана бир саатта 28 кг дизель отунун сарптаган трактор кыймылдаткычынын ПАК тап. (*Жообу:* 34 %).

10. Эгерде мотоцикл 108 км/саат ылдамдык менен аракеттенип, 100 км жол жүргөндө 3,7 л бензин сарпталса жана кыймылдаткычтын ПАК 25 % болсо, анда мотоциклдин кыймылдаткычы ээ болгон орточо кубаттуулук кандай болот? (*Жообу:* 8,9 кВт).

VI главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору

1. **Термодинамиканын биринчи мыйзамын көрсөт.**
   A) $\Delta U = Q + A$; B) $Q = \Delta U + A$; C) $Q = \Delta U - A$; D) $\Delta U = Q - A$.

2. **Сүйлөмдү толтур. Айлана-чөйрө менен жылуулук саны алмашпастан жүргөн жараянга ... жараян дейилет.**
   A) ... изотермикалык; B) .. изохорикалык;
   C) ... адиабата; D) ...изобарикалык.

3. **Сүйлөмдү толтур. Карно циклинин пайдалуу аракет коэффициенти ...**
   A) ... бирге барабар; B) ... бирден чоң;
   C) ... нөлгө барабар; D) ... бирден кичине.

4. **Жылуулук саны өзү-өзүнөн төмөн температуралуу телодон жогору температуралуу телого өтпөйт. Бул мүнөздөмө эмнени туюнтат?**
   A) Термодинамиканын I мыйзамын;
   B) Термодинамикалык тең салмактуулукту;
   C) Термодинамиканын II мыйзамын;
   D) Термодинамикалык жараянды.

5. **Сүйлөмдү толтур. Отундун ички энергиясын механикалык энергияга айландырып берген машинага ... дейилет.**
   A) ... жылуулук кыймылдаткычы; B) ... жылуулук машинасы;
   C) ... реактивдүү кыймылдаткыч; D) ... буу турбинасы.

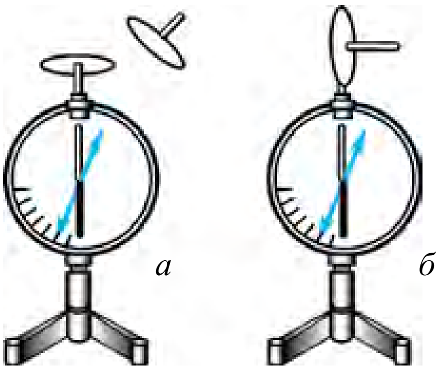
VI главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Термодинамикалык система	Өз ара жана тышкы телолор менен таасирдешкен, ошондой эле энергия алмаша турган заттар жана телолор комплекси.
Температура	Макроскопиялык системанын термодинамикалык тең салмактуулук абалын мүнөздөгөн физикалык чоңдук.
Макроскопиялык система	Өтө көп сандагы атом жана молекулалардан турган система.

Термодинамикалык тең салмактуулук	Системанын макроскопиялык параметрлери көпкө өзгөрбөстөн турган жараян.
Термодинамикалык жараян	Термодинамикалык системанын жок дегенде кандайдыр бир параметринин өзгөрүшү.
Кайтма жараян	Системанын акыркы абалдан баштапкы абалга ошол аралык абалдар аркылуу, тескери багытта айлана-чөйрөдө эч кандай өзгөрүү болбостон өтүшү.
Кайтпас жараян	Белгилүү каршылыкка кездешкен же ысык телодон муздак телого жылуулук берүү менен жүргөн ар кандай абал.
Ички энергия	Заттын бардык молекулаларынын тартипсиз кыймылы кинетикалык энергияларынын жана алардын өз ара таасири потенциалдык энергияларынын суммасы
Термодинамиканын биринчи мыйзамы	$Q=\Delta U+A$. $Q-$жылуулук саны; $\Delta U-$ички энергиянын өзгөрүшү; $A-$аткарылган жумуш.
Термодинамиканын экинчи мыйзамы	Жылуулук саны өзү-өзүнөн төмөн температуралуу телодон жогору температуралуу телого өтпөйт.
Адиабата жараяны	Айлана-чөйрө менен жылуулук саны алмашпастан жүргөн жараян.
Жылуулук машинасы	Отундун ички энергиясын механикалык энергияга айландырып берген машиналар.
Айланма жараян же цикл	Системанын бир канча абалдардан өтүп, өзүнүн баштапкы абалына кайта турган жараян.
Карно цикли	Кезекме-кезек өз ара алмашып турган эки изотермикалык жана эки адиабата жараяндарынан турган кайтма айланма жылуулук жараяны.
Жылуулук машинасынын пайдалуу аракет коэффициенти	$\eta=\frac{Q_1-Q_2}{Q_1}$, Q_1- ысыткычтан алынган жылуулук саны, Q_2-муздаткычка берилген жылуулук саны.

VII глава. ЭЛЕКТР-ДИНАМИКА

30-тема. ЗАРЯДДЫН САКТАЛУУ МЫЙЗАМЫ. ЧЕКИТТИК ЗАРЯДДЫН ТАЛААСЫ. ЭЛЕКТР ТАЛААНЫН ЧЫҢАЛГАНДЫГЫНЫН СУПЕРПОЗИЦИЯ ПРИНЦИБИ



7.1-сүрөт.

Заряддардын сакталуу мыйзамы. Телолор электрленгенде алардагы жалпы заряд саны өзгөрөбү? Бул суроого жооп табуу үчүн төмөнкү тажрыйбаны жасайлы (7.1 *а*-сүрөт).

Электрометрди алып, анын стерженине металл дискти орнотобуз. Дисктин үстүнө калын ноотуну ороп, анын үстүнөн изоляция туткалуу башка дискти сүртөлү. Мында электрометрдин жебеси кыйшаят. Бул болсо ноотуда жана ага сүртүлгөн дискте электр заряддарынын пайда болгондугун көрсөтөт.

Тажрыйбаны улантабыз. Ноотуга сүртүлгөн дискти экинчи электрометрдин стерженине тийгизебиз (7.1-*б* сүрөт). Мында экинчи электрометрдин жебеси да бурулат. Жебенин кыйшаюу бурчу биринчи электрометр жебесинин кыйшаюу бурчуна барабар болот. Бул болсо эки диск тең сандык мааниси жагынан бирдей санда заряддалгандыгын көрсөтөт. Эгерде эки электрометрдин тең стержендери металл өткөргүч менен туташтырылса, эки электрометрдин тең жебеси нөл абалга келгендигин көрөбүз. Бул кубулуш электрометрлер (дисктер) сандык мааниси жагынан барабар, бирок белгилери түрдүүчө зарядга ээ болгонун көрсөтөт. Ошондуктан бул заряддардын суммасы нөлгө барабар чыкты.

Электрленүү боюнча жүргүзүлгөн бардык тажрыйбалардын көрсөтүшүнчө, жалгыз телону заряддоого болбойт экен. Телону заряддоо үчүн

сөзсүз, экинчи тело болушу шарт. Электрленүү жараянында телолордон бири канча терс заряд алса, экинчиси ошончо сандагы оң зарядга ээ болот. Натыйжада телолордогу жалпы заряддардын саны өзгөрүүсүз сакталат.

Ар кандай туюк системанын ичиндеги бардык телолор заряддарынын алгебралык суммасы өзгөрбөйт б. а.:

$$q_1+q_2+ \dots +q_n=\text{const}. \qquad (7.1)$$

Бул тыянак *электр зарядынын сакталуу мыйзамы* деп аталат.

Заряддардын сакталуу мыйзамы 1750-жылы америкалык окумуштуу жана саясий ишкер Бенжамин Франклин тарабынан киргизилген.

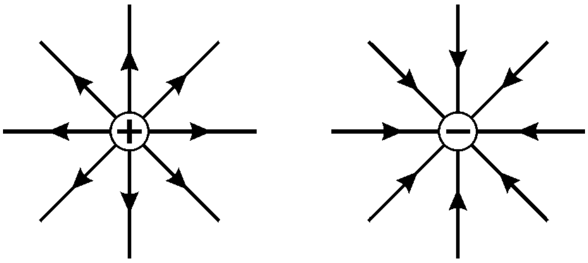
Фарадей менен Максвеллдин теориясы боюнча заряддалган телолордун айланасында **электр талаа** пайда болот. Өз ара таасир ошол электр талаа аркылуу ишке ашат. Бул талааны кол менен кармоого, көз менен көрүүгө болбойт. Аны жалаң таасирлери боюнча гана сезүүгө болот.

Электр талаасынын заряддуу бөлүкчөлөргө таасирин үйрөнүүнүн көрсөтүшүнчө, талаанын таасири заряддалган телого жакын жерде күчтүү, андан алысташкан сайын күчсүздөнүп отурат. Электр заряддары пайда кылган талаанын күчтүү же күчсүз экендигин көрсөтүү үчүн электр талаанын чыңалгандыгы деп аталган чоңдук киргизилген. **Электр талаанын чыңалгандыгы**

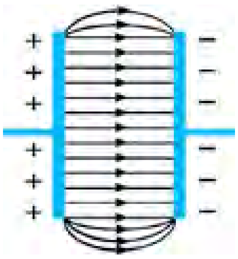
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \qquad (7.2)$$

формуласы менен аныкталат. Мында $\vec{E}$–талаанын кандайдыр чекитиндеги талаанын чыңалгандыгы; q_o–талаанын ошол чекитине киргизилген заряддын саны; $|\vec{F}|$–электр талаасы тарабынан киргизилген q_o зарядга таасир этүүчү күч.

Электр талаасы күч сызыктары же чыңалгандык сызыктарынын жардамында мүнөздөлөт (7.2 жана 7.3-сүрөттөр). Электр талаанын чыңалгандыгы вектордук чоңдук болуп, күч сызыктарынын багытында болот.



7.2-сүрөт.



7.3-сүрөт.

Чыңалгандык бирдиги $[E]=\frac{|F|}{|q|}=1\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$ же $1\ \frac{\text{В}}{\text{м}}$.

Чекиттик q заряддын r аралыкта пайда кылган талаа чыңалгандыгын эсептейли:

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_0};\ F=k\frac{|q|\cdot|q_0|}{r^2};\ E=\frac{k\frac{|q|\cdot|q_0|}{r^2}}{|q_0|}=k\frac{|q|}{r^2};$$

$$E=k\frac{|q|}{r^2}. \qquad (7.3)$$

Бул жерде: $r-$чекиттик заряддан талаа чыңалгандыгы аныктала турган чекитке чейин болгон аралык; $k=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}=9\cdot10^9\ \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Кл}^2}$.

Электр талаасын негизинен заряддар системасы пайда кылат. Мисалы, q_1 жана q_2 заряддар системасы пайда кылган талаанын кандайдыр чекитине сыноо зарядын киргизсек, ага ар бир заряд тарабынан $\vec{F_1}$ жана $\vec{F_2}$ күчтөр таасир кылат (7.4-сүрөт). Сыноо зарядына таасир этип жаткан бул күчтөрдүн тең таасир этүүчүсү төмөнкүгө барабар болот:

$$\vec{F}=\vec{F_1}+\vec{F_2}. \qquad (7.4)$$

Анда A чекиттеги талаанын чыңалгандыгы төмөнкүгө барабар:

$$\vec{E}=\vec{E_1}+\vec{E_2}. \qquad (7.5)$$

(7.5) туюнтма төмөнкүдөй мүнөздөлөт:

Заряддар системасынын кандайдыр чекитте пайда кылган электр талаасынын чыңалгандыгы, системага кирген ар бир заряддын ошол чекитте өз алдынча пайда кылган талаа чыңалгандыктарынын вектордук суммасына барабар.

$$\vec{E}=\vec{E_1}+\vec{E_2}+\vec{E_3}+...+\vec{E_n}. \qquad (7.6)$$

Буга электр талаасынын суперпозиция принциби дейилет.

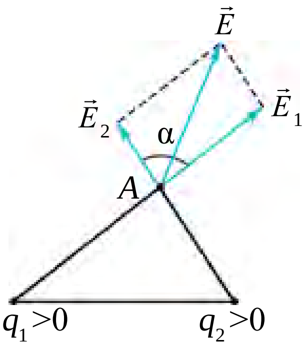
Суперпозиция сөзү “кошулуу же үстү-үстүнөн түшүү” деген маанини билдирет.

Суперпозиция принциби боюнча бири-биринен r аралыкта жайлашкан эки чекиттик заряддын кандайдыр чекиттеги талаа чыңалгандыгын эсептейли (7.4-сүрөт). Ар бир заряддын каралып жаткан чекиттеги

талаа чыңалгандыгы $\vec{E}_1 = k\frac{|q_1|}{r_1^2}$ жана $\vec{E}_2 = k\frac{|q_2|}{r_2^2}$ туюнтмалары менен аныкталат. Заряддардын ошол чекиттеги натыйжалык талаа чыңалгандыгы суперпозиция принцибине негизинен төмөнкү туюнтма негизинде эсептелет:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cdot \cos\alpha}\,. \qquad (7.7)$$

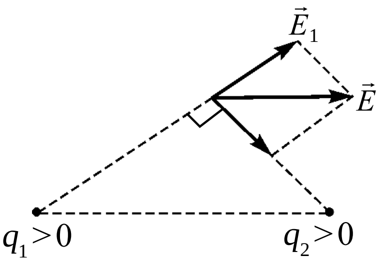
Бул жерде: E_1 жана E_2 тиешелүү түрдө чекиттик заряддардын каралып жаткан чекиттеги талаа чыңалгандыктары, α–талаа чыңалгандык векторлорунун ортосундагы бурч.



7.4-сүрөт.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Заряддары 4 нКл дан болгон эки карама-каршы белгиде заряддалган чекиттик заряддар бири-биринен 10 см аралыкта жайлашкан. Биринчи заряддан 8 см, экинчи заряддан 6 см аралыкта жайлашкан чекиттеги талаанын чыңалгандыгы эмнеге барабар?

Берилген:	Формуласы жана чыгарылышы:
$q_1=4$ нКл$=4\cdot10^{-9}$ Кл $q_2=-4$ нКл$=-4\cdot10^{-9}$ Кл $r=10$ см$=10\cdot10^{-2}$ м $r_1=8$ см$=8\cdot10^{-2}$ м $r_2=6$ см$=6\cdot10^{-2}$ м $k=9\cdot10^9$ Н$\cdot$м^2/Кл^2	
Табуу керек E–?	$r_1^2+r_2^2=r^2$ экендигинен $\alpha=90°$ $E = \sqrt{E_1^2+E_2^2} = k\cdot q\sqrt{\frac{1}{r_1^2}+\frac{1}{r_2^2}}$ $E=9\cdot10^9\cdot4\cdot10^{-9}\sqrt{\frac{1}{(8\cdot10^{-2})^2}+\frac{1}{(6\cdot10^{-2})^2}} = 750\,\frac{Н}{Кл}$. *Жообу:* 750 $\frac{Н}{Кл}$.

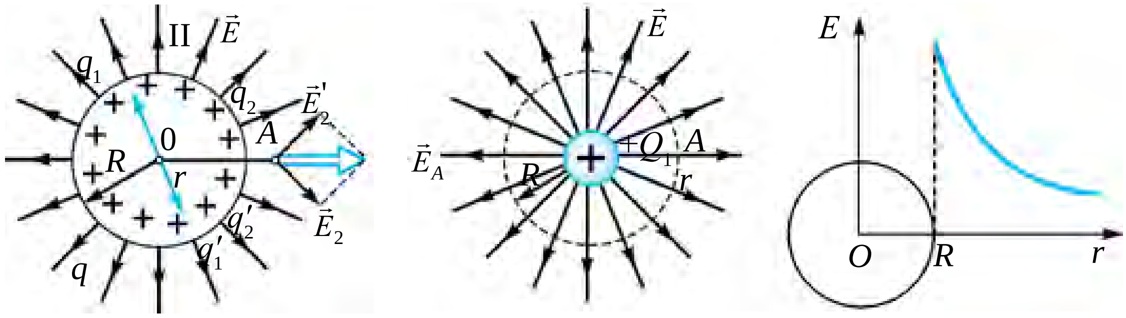
1. *Чекиттик заряддын байкоо жүргүзүлүп жаткан чекиттеги талаа чыңалгандыгы кандай эсептелет?*
2. *Суперпозиция сөзүнүн мааниси эмне?*
3. *Суперпозиция принцибин мүнөздө жана анын формуласын жаз.*

31-тема. ЗАРЯДДАЛГАН ШАРДЫН ЭЛЕКТР ТАЛААСЫ. ДИЭЛЕКТРИК КАБЫЛДООЧУЛУК

Радиусу R ге барабар болгон электр өткөрүүчү шар q заряд менен заряддалган болсун (7.5-*а* сүрөт). Заряддалган мындай шардын (сферанын) пайда кылып жаткан электр талаа чыңалгандыгын анын борборунда, сыртында жана андан тышта аныктайлы. Ал үчүн биз баштап q зарядды сырт боюнча бир калыпта бөлүштүрүлгөн бир нече бирдей сандагы заряддарга ажыратабыз, б. а. $q=q_1+q_2+q_3+...+q'_1+q'_2+q'_3...$

Каалагандай саны бирдей q_1 жана q'_1 сыяктуу заряддардын шардын борборундагы натыйжалык талаасынын чыңалгандыгы суперпозиция принциби боюнча нөлгө барабар болот Демек, заряддалган сферанын ичинде талаанын чыңалгандыгы нөлгө барабар.

Шардан тышта андан r аралыкта жайлашкан каалагандай А чекиттеги талаанын чыңалгандыгын табалы. *OA* сызыгында симметриялуу жайлашкан q_2 жана q'_2 заряддар түгөйүн ажыратып алалы. Бул заряддар *Or* огун бойлой багытталган окто чыңалгандыкты пайда кылат. Демек, шардын тышындагы чекиттеги талаа чыңалгандыгынын күч сызыктары, шардын борборуна сарпталган оң заряддалган чекиттик заряд талаасынын күч сызыктары менен дал түшөт (7.5-*б,* сүрөт).



а) *б*) *в*)

7.5-сүрөт.

Заряддалган шардын сыртындагы электр талаанын чыңалгандыгы төмөнкүдөй аныкталат

$$E=\frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}.$$

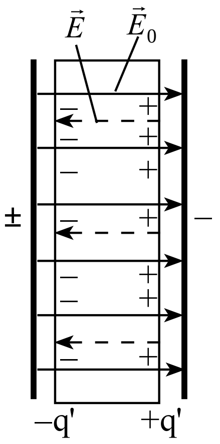
Заряддалган шардын тышындагы чекитте пайда кылынган талаанын чыңалгандыгы менен чекиттик заряд пайда кылган талаанын бирдей-

лигинен шардын тышындагы ($r \geq R$) чекитте пайда кылынган талаанын чыңалгандыгын төмөнкү формуладан эсептөөгө болот

$$E = \frac{|q|}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = k \cdot \frac{|q|}{r^2}. \tag{7.6}$$

Бул боюнча шардын сыртынан алыстаган сайын талаанын чыңалгандыгы аралыктын квадратына тескери пропорциялаш түрдө азайып барат (7.5-*в* сүрөт).

Электр талаанын чыңалгандыгы талаа пайда кылуучу заряд жайлашкан чөйрөнүн касиеттеринен көз каранды. Карама-каршы белгиде заряддалган эки пластинанын ортосуна диэлектрик киргизилген учурду көрөлү (7.6-сүрөт).



7.6-сүрөт.

Диэлектрикте эркин электрондор өтө аз. Негизги электрондор атом электронунун кабыгында жайлашат. Пластинадагы электр заряддарынын талаасы таасиринде электрондук кабык деформацияланат. Натыйжада атомдогу оң жана терс заряддардын борборлору үстү-үстүнөн түшпөйт. Бул кубулушка *диэлектриктин уюлдануусу* дейилет.

Уюлданган атомдор (молекулалар) пайда кылган талаанын чыңалгандыгы $\vec{E}'$, негизги талаанын чыңалгандыгы $\vec{E}_0$ гө карама-каршы багытталган болот. Натыйжада жалпы талаа $\vec{E}=\vec{E}_0-\vec{E}'$ ге чейин басаңдайт. Диэлектрик себептүү талаанын канча эсе басаңдаганын көрсөткөн чоңдукка диэлектриктин *диэлектрик кабылдоочулугу* дейилет:

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}. \tag{7.7}$$

Анда, диэлектриктин ичинде жайлаштырылган чекиттик заряддан r аралыкта турган чекиттеги талаанын чыңалгандыгы да ε эсе азаят:

$$E = k\frac{|q|}{\varepsilon \cdot r^2}. \tag{7.8}$$

Ошондой эле, бир тектүү диэлектриктин ичинде жайлашкан чекиттик заряддардын ортосундагы өз ара таасир күчү вакуумдагы таасир күчүнөн ε эсе кичине болот жана бул таасир күчү төмөнкү туюнтма жардамында эсептелет:

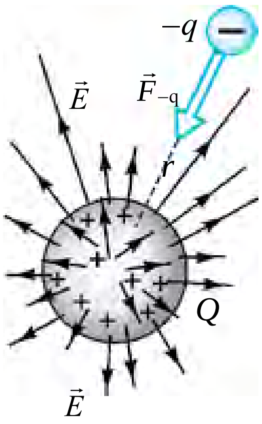
$$F = k\frac{|q_1|\cdot|q_2|}{\varepsilon \cdot r^2}. \tag{7.9}$$

Диэлектрик кабылдоочулук өлчөмсүз чоңдук эсептелет.

1. *Эмне себептен заряддалган шардын ичинде электр талаасы нөлгө барабар болот?*
2. *Заряддалган шардын сыртында жана андан тышта электр талаасы кандайча эсептелет?*
3. *Эмне себептен диэлектрик заттар электр талаасын басаңдатат?*

32-тема. ЧЕКИТТИК ЗАРЯД ТАЛААСЫНЫН ПОТЕНЦИАЛЫ. ПОТЕНЦИАЛДАР АЙЫРМАСЫ

Электр талаасынын күчтүү же күчсүз экендигин аныктоо үчүн анын талаасына сыноо заряды киргизилип, талаа тарабынан ага кандай күч таасир этиши аныкталган болчу. Ошондуктан да электр талаанын чыңалгандыгы талаанын күч мүнөздөмөсү эсептелет.



7.7-сүрөт.

Талаага сыноо зарядынын алып кирилишине негизги заряддын талаасы каршылык көрсөтөт (7.7-сүрөт). Ошондуктан талаанын күчтөрүнө каршы жумуш аткаруу керек болот.

Бул аткарылган жумуш кандайча аныкталат?

Бул жумуш негизги заряд менен киргизилген сыноо зарядынын өз ара таасиринин потенциалдык энергиясына айланат:

$$W_{-q} = -k\frac{Qq}{r}. \qquad (7.9)$$

Формулада минус белгисинин коюлушу заряддардын ортосунда тартылуу күчүнүн таасирин көрсөтөт.

Козголбос Q оң заряддан r аралыкта турган $+q$ заряддын потенциалдык энергиясы төмөнкүдөй туюнтулат:

$$W_{+q} = k\frac{Qq}{r}. \qquad (7.10)$$

Формулада оң белгинин коюлушу, заряддардын ортосунда түртүшүү күчүнүн таасирин көрсөтөт.

Потенциалдык энергиянын нөл эсеби иретинде формула боюнча чексиз чоң аралык алынат. Мындай аралыкта заряддар өз ара таасирдешпейт.

Ошентип, электр талаасы күч мүнөздөмөсүнө ээ болуу менен бирге энергетикалык мүнөздөмөгө да ээ болот. Ал электр талаасынын потенциалы деп аталган чоңдук аркылуу туюнтулат.

Чекиттик заряд электр талаасынын потенциалы дегенде, негизги жана талаага киргизилген сыноо заряддарынын өз ара таасири потенциалдык энергиясынын сыноо заряды санына катышы менен өлчөнгөн чоңдукка айтылат:

$$\varphi = \frac{W_{-q}}{q}. \qquad \textbf{(7–11)}$$

Чекиттик q заряддын потенциалы төмөнкүдөй аныкталат:

$$\varphi = k\frac{q}{\varepsilon \cdot r}. \qquad (7.12)$$

Потенциал түшүнүгүнөн пайдаланып, q_1 зарядды талаа пайда кылуучу q заряддан r_1 алыстыктагы чекиттен r_2 алыстыктагы чекитке которууда аткарылган жумушту табабыз:

$$A = W_1 - W_2 \quad \text{же} \quad A = q_1\left(k\frac{q}{\varepsilon \cdot r_1} - k\frac{q}{\varepsilon \cdot r_2}\right) = q_1(\varphi_1 - \varphi_2). \qquad (7.13)$$

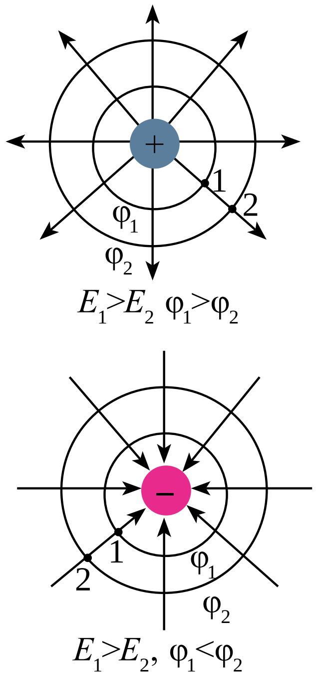
Бул туюнтмадагы $\varphi_1 - \varphi_2$ айырма чекиттердин ортосундагы ***потенциалдар айырмасы***нан турган болуп, ага ***электр чыңалуу*** дейилет жана төмөнкү көрүнүштө жазылат:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2. \qquad (7.14)$$

Потенциал жана потенциалдар айырмасынын бирдиги италиян окумуштуусу Вольтанын урматына Вольт (V) деп аталат. $\varphi = \frac{W}{q}$ дан $1\text{В} = \frac{1\text{Ж}}{1\text{Кл}}$ га барабар. Мүнөздөмө боюнча 1 Кл зарядды электр талаанын бир чекитинен экинчи чекитине которууда электр талаасы 1 Ж жумуш аткарган чекиттер потенциалдарынын айырмасы 1 В ко барабар болот.

Чекиттик заряддан бирдей алыстыкта жайлашкан чекиттердин потенциалдары барабар болот. Эгерде бул чекиттер бириктирилсе, алынган сырт ***эквипотенциалдык бет*** дейилет.

Чекиттик заряддын эквипотенциалдык бети заряддын айланасында борборлош айланалар формасында жайлашат (7.8-сүрөт). Талаанын күч сызыктары эквипотенциалдык бетке ар дайым перпендикулярдуу болот.



7.8-сүрөт.

Электр талаанын чыңалгандыгы менен потенциалдар айырмасынын ортосунда төмөнкүдөй байланыш бар:

$$E=\frac{\varphi_1-\varphi_2}{d}, \qquad (7.15)$$

$d-$потенциалдары φ_1 жана φ_2 болгон чекиттердин ортосундагы аралык. Мындан талаа чыңалгандыгынын бирдиги $1\frac{\text{В}}{\text{м}}$ келип чыгат.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Абада турган 5 см радиустуу металл сферага 30 nКл заряд берилди. Заряддалган сферанын борборунан 2 см, сферанын бетинде жана сфера бетинен 5 см алыстыктагы чекиттеги талаанын потенциалы табылсын.

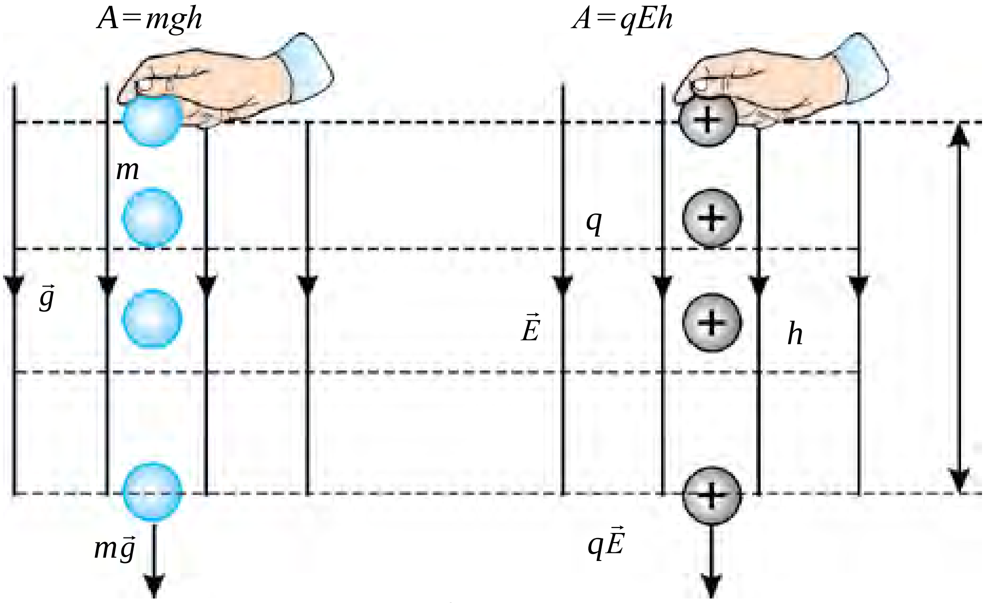
Б е р и л г е н:	Ф о р м у л а с ы:	Ч ы г а р ы л ы ш ы:
q=30 н Кл=$30\cdot10^{-9}$Кл	$\varphi_{\text{ич.}}=\varphi_{\text{бет.}}=$	$\varphi_{\text{ич.}}=\varphi_{\text{бет.}}=9\cdot10^9\,\frac{30\cdot10^{-9}}{5\cdot10^{-2}}=5400$ В;
$r=5$ см$=5\cdot10^{-2}$ м	$=k\frac{q}{r}$	
$r_1=2$ см$=2\cdot10^{-2}$ м		
$r_2=5$ см$=5\cdot10^{-2}$ м	$\varphi_{\text{тыш.}}=$	$\varphi_{\text{тыш.}}=9\cdot10^9\cdot\frac{30\cdot10^{-9}}{5\cdot10^{-2}+5\cdot10^{-2}}=$
$k=9\cdot10^9$ Н$\cdot$м^2/Кл^2	$=k\frac{q}{r+r_2}$	=2700 В.
Табуу керек		Бирдиги:
$\varphi_{\text{ич.}}-?$		$[\varphi]=\frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{С}^2}\cdot\frac{\text{Кл}}{\text{м}}=\frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{Кл}}=\frac{\text{Гц}}{\text{Кл}}=\text{В}$.
$\varphi_{\text{бет.}}-?$		
$\varphi_{\text{тыш.}}-?$		*Жообу*: 5400 В; 2700 В.

1. *Электростатикалык күчтүн аткарган жумушу менен талаада которулуп жактан заряддын потенциалдык энергиясы ортосундагы көз карандылыкты жаз.*
2. *Электр талаасында турган заряддын потенциалдык энергиясы кандай аныкталат?*
3. *Протондон $5{,}3\cdot10^{-11}$ м алыстыктагы электр талаасынын потенциалын тап. Протондон мына ушундай алыстыкта жайлашкан орбита боюнча аракеттенген электрондун потенциалдык энергиясы эмнеге барабар болот?*

33-тема. ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫК ТАЛААДА ЗАРЯДДЫ КОТОРУУДА АТКАРЫЛГАН ЖУМУШ

Механикада киргизилген физикалык чоңдуктар (которулуу, күч, күчтүн аткарган жумушу, потенциалдык энергия) каалагандай фундаменталдуу өз ара таасирлерди, ошонун катарында, электр-магниттик таасирлерди туюнтууда пайдаланылат.

Жердин бир тектүү (g=const) гравитациялык талаасында телону $\vec{g}$ менен h аралыкка которууда (7.9-сүрөт) оордук күчүнүн аткарган жумушу $A=mgh$ болчу.



7.9-сүрөт.

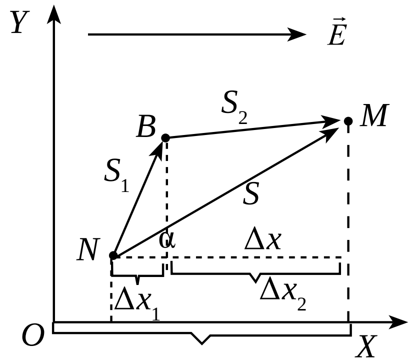
$+q$ зарядын бир тектүү ($\vec{E}$=const) электр талаасынын күч сызыктары боюнча которууда аткарылган жумуш

$$A_q=qEh \qquad (7.16)$$

ка барабар болот. Бул формула электр талаанын чыңалгандыгы менен которулуунун багыты дал түшкөндө орундуу болот.

Алардын багыты дал түшпөгөн учурду да карап көрөлү.

Бир тектүү электр талаасына киргизилген заряд q ($q>0$, болгондо) электр талаасынын багытында же ага тескери багытта ($q<0$, болгондо) которулганда электр талаасы жумуш аткарат. Жумушту эсептөө үчүн баштап X огун талаанын чыңалгандыгы менен бир багытта алабыз (7.10-сүрөт).



7.10-сүрөт.

Оң белгилүү зарядга талаа тарабынан таасир этип жаткан күч да X огу менен бир жакка багытталган болот. Талаадагы заряд $\vec{F}=q\vec{E}$ күчтүн таасиринде s жол боюнча N чекитинен M чекитине которулган болсо, аны которууда электр күчүнүн аткарган жумушу төмөнкүдөй аныкталат:

$$A=F\cdot s\cdot \cos\alpha=q\cdot E\cdot s\cdot \cos\alpha. \qquad (7.17)$$

Бул жерде: α – күч менен которулуунун ортосундагы бурч.

$\Delta x=x_2-x_1=s\cdot \cos\alpha$ экендигинен (7.17) барабардык төмөнкү көрүнүштү алат:

$$A = qE\Delta x. \qquad (7.18)$$

Эми электростатикалык талаада q зарядды NBM сынык сызыгы боюнча которууда аткарылган жумушту эсептейли. Жумуш скалярдык чоңдук болгондуктан, *NBM* жолдо аткарылган жумуш *NB* жана *BM* жолдорунда аткарылган жумуштардын алгебралык суммасына барабар болот $A=A_1+A_2$.

Зарядды которуудагы A_1 жана A_2 жумуштар куду зарядды NM жол боюнча которууда аткарылган жумуш сыяктуу аныкталат, б. а.:

$$A_1=qE\Delta x_1 \text{ va } A_2=qE\Delta x_2. \qquad (7.19)$$

Δx_1 жана Δx_2тиешелүү түрдө s_1 жана s_2 которулуу векторлорунун X октогу проекциялары. Анда (7.18) ге (7.19) туюнтма коюлса, төмөнкү көрүнүштү алат:

$$A=qE(\Delta x_1+\Delta x_2)=qE\Delta x.$$

Мындан төмөнкүдөй тыянак келип чыгат. Бир тектүү электр талаасында зарядды которууда аткарылган жумуш которулуу жолунун формасынан көз каранды болбой, заряд которулган чекиттердин баштапкы жана акыркы абалдарынан (б. а. Δx тен) гана көз каранды болот, мындай талаага *потенциалдык талаа* дейилет. Демек, электростатикалык талаа – потенциалдык талаа экен. Ошондуктан электростатикалык талаада зарядды туюк контур боюнча которууда аткарылган жумуш ар дайым нөлгө барабар болот. Аткарган жумушу заряддын кыймыл траекториясынан көз каранды болбогон күчкө **консервативдик күч** дейилет.

$E\cdot\Delta x=\varphi_2-\varphi_1$ экендиги эсепке алынса,

$$A = q(U_2 - U_1) \qquad (7.20)$$

ге ээ болобуз. Бул формула q электр зарядын электр талаасында потенциалы φ_2 болгон чекиттен потенциалы φ_1 болгон чекитке которууда аткарылган жумушту эсептөө формуласы болуп эсептелет

Маселе чыгаруунун үлгүсү

100 *μКл* заряд чекиттик заряд талаасынын чыңалгандыгы 4 кВ/м болгон бир тектүү электр талаада 4 см аралыкка которулганда электростатикалык талаа 8 мЖ жумуш аткарды. Талаанын күч сызыктары менен которулуу векторунун ортосундагы бурч кандай болгон?

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$q = 100\ \mu$Кл $= 100 \cdot 10^{-6}$ Кл	$A = q \cdot E \cdot s \cdot \cos\alpha$	$\cos\alpha = \dfrac{8 \cdot 10^{-3}}{10^{-4} \cdot 4 \cdot 10^{3} \cdot 4 \cdot 10^{-2}} = \dfrac{1}{2}$
$E = 4$ кВ/м $= 4 \cdot 10^{3}$ В/м	$\cos\alpha = \dfrac{A}{q \cdot E \cdot s}$	$\cos\alpha = \dfrac{1}{2}$
$s = 4$ см $= 4 \cdot 10^{-2}$ м		$\alpha = 60°$.
$A = 8$ мЖ $= 8 \cdot 10^{-3}$ Ж		
Табуу керек $\alpha - ?$		*Жообу*: 60°.

1. *Потенциалдык талаа деп кандай талаага айтылат?*
2. *Электростатикалык талаада зарядды туюк сызык боюнча которууда аткарылган жумуш эмнеге барабар?*
3. *7.20 формуладан пайдаланып потенциалдардын айырмасына мүнөздөмө бер.*

34-тема. ЭЛЕКТР ТАЛААСЫНЫН ЭНЕРГИЯСЫ

Өткөргүчтү заряддоо үчүн заряддардын ортосундагы өз ара түртүү күчүн жеңүүдө жумуш аткарылат. Бул жумуштун эсебине, өткөргүч энергияга ээ болот. Заряддалган телонун алган энергиясы сан жактан ($W_{эл}$ – бул энергия электр талаанын энергиясы деп аталат) аны заряддоодо аткарылган жумуштун санына барабар болот, б. а. $A = W_{эл}$. Өткөргүчтү заряддоодо аткарылган жумуш кандай эсептелет? Баштап тело заряддалбаган болсо, анын потенциалы нөлгө барабар болот. Ага q заряд берилсе, анын потенциалы нөлдөн φ ге чейин өзгөрөт. Телону заряддоодо аткарылган жумуш:

$$A = q \cdot \varphi_{орт} \qquad (7.21)$$

го барабар болот. Тело потенциалынын орточо мааниси анын баштапкы жана акыркы маанилеринин орто арифметикалык маанисине барабар болот, б. а.

$$\varphi_{орт} = \frac{0+\varphi}{2} = \frac{\varphi}{2}. \quad (7.22)$$

$\varphi_{орт}$ нун маанисин (7.21) барабардыгына коюп, төмөнкү туюнтманы алабыз:

$$A = \frac{q\varphi}{2}. \quad (7.23)$$

Демек, телону заряддоодо аткарылган жумуш анын заряды менен потенциалынын көбөйтүндүсүнүн жарымына барабар болот экен. Телону заряддоодо анын потенциалы $\varphi = \frac{q}{C}$ формула боюнча бир калыпта, б.а. сызыктуу өзгөрөт. Мында C–өткөргүчтүн электр сыйымдуулугу. Анда (7.23) туюнтманы

$$A = \frac{C\cdot\varphi^2}{2} \text{ жана } A = \frac{q^2}{2C} \quad (7.24)$$

көрүнүштөрдө жазууга болот. Алсак, $A = W_{эл}$ байланыш боюнча жалгыз заряддалган телонун электр талаасынын энергиясын төмөнкүдөй жазабыз:

$$W_{эл} = \frac{q\cdot\varphi}{2} = \frac{C\cdot\varphi^2}{2} = \frac{q^2}{2C}. \quad (7.25)$$

Эгерде заряддалган тело конденсатордон турган болсо, анын электр талаасынын энергиясын ($W_{кон}$) эсептөөдө (7.25) туюнтмадагы заряддын санын конденсатордун бир каптамасындагы заряддын саны менен, потенциалын болсо анын каптамаларынын ортосундагы потенциалдардын айырмасы менен алмаштыруу керек, б. а.:

$$W_{кон} = \frac{q\cdot(\varphi_1-\varphi_2)}{2} = \frac{C\cdot(\varphi_1-\varphi_2)^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (7.26)$$

болгондуктан, заряддалган конденсатордун электр энергиясын аныктоо формуласын

$$W_{кон} = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C} \quad (7.27)$$

көрүнүштөрдө жазууга болот.

Заряддалган телонун энергиясы анын айланасында пайда болгон электр талаасында топтолгон болуп, энергиянын мааниси электр талаасы таралган мейкиндиктин көлөмүнөн жана талаанын чыңалгандыгынан көз каранды

болот. Жекече түрдө заряддалган жалпак конденсаторду карап көрөлү. Жалпак конденсатордун каптамаларындагы заряддар пайда кылган электр талаасы анын каптамаларынын ортосундагы чөйрөдө топтолгон болот. Мейкиндиктин көлөмүн $V=Sd$ формула аркылуу эсептөөгө болот.

Заряддалган жалпак конденсатордун сыйымдуулугу $C=\frac{\varepsilon_0\varepsilon S}{d}$ жана конденсатор талаасынын чыңалгандыгы менен каптамаларынын ортосундагы потенциалдардын айырмасы ортосундагы байланышка, ошондой эле (7.27) формула боюнча төмөнкүгө ээ болобуз:

$$W=\frac{CU^2}{2}=\frac{\varepsilon_0\varepsilon\cdot SE^2d^2}{2d}=\frac{\varepsilon_0\varepsilon\cdot E^2}{2}V. \qquad (7.28)$$

Заряддалган жалпак конденсатордун энергиясы ал пайда кылган электр талаасы чыңалгандыгынын квадратына жана ошол талаа ээлеген мейкиндиктин көлөмүнө түз пропорциялаш экен. Талаанын көлөм бирдигине туура келген энергиясына *энергиянын көлөмдүк тыгыздыгы* дейилет. Мүнөздөмө боюнча:

$$\omega=\frac{W}{V}=\frac{\varepsilon_0\varepsilon\cdot E^2}{2V}V=\frac{\varepsilon_0\varepsilon\cdot E^2}{2}. \qquad (7.29)$$

Ар бир конденсатор өзүндө заряд топтоо гана эмес, ошондой эле, энергия топтоо өзгөчөлүгүнө да ээ. Конденсатор алган энергия каптамалардын ортосундагы чөйрөдө болот. Бул энергияны конденсатордо көпкө сактоого болбойт. Конденсатор алган зарядын убакыт өтүшү менен аны курчап турган айлана-чөйрөгө берет.

Конденсатор электр каршылыгы кичине болгон чынжыр аркылуу зарядсызданганда, өзүнүн энергиясын дээрлик заматта берет.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Жалпак аба конденсаторунун сыйымдуулугу 0,1 μF ке барабар болуп, 200 В потенциалдар айырмасына ээ. Конденсатордогу электр талаасынын энергиясын эсепте.

Б е р и л г е н:	Ф о р м у л а с ы:	Ч ы г а р ы л ы ш ы:
$C=0{,}1\ \mu\text{F}=1\cdot10^{-7}$ F $U_2-U_1=200$ В	$W=\frac{C(U_2-U_1)^2}{2}$	$W=\frac{10^{-7}\cdot40000}{2}$ F · В$^2=2\cdot10^{-3}$ Ж.
Табуу керек $W-?$		*Жообу*: 2 мЖ.

1. Заряддалган телонун алган энергиясы кандай чоңдуктардан көз каранды?

2. Конденсаторду заряддоодо кандай жумуш аткарылат?

3. Заряддалган конденсатордун энергиясы каерде топтолот?

7-көнүгүү

1. Жактары 10 см болгон туура үч бурчтуктун эки учунда -4 nКл жана + 4 nКл болгон эки заряд жайлашкан. Үч бурчтуктун үчүнчү учундагы талаанын чыңалгандыгы эмнеге барабар? (*Жообу:* 3,6 кВ/м).

2. Диэлектрик чөйрөнү бири-биринен 6 см аралыкта заряды 6 nКл жана –8 nКл болгон эки заряд жайлашкан. Алардын ортосундагы талаанын чыңалгандыгы кандай? (*Жообу:* 140 кВ/м).

3. Кандай чекиттик заряд потенциалдардын айырмасы 100 В болгон эки чекиттин ортосунда которулганда, талаа 5 μЖ жумуш аткарат? (*Жообу:* 50 nКл).

4. Электростатикалык талаанын кандайдыр чекитиндеги 50nКл заряд 7,5 μЖ потенциалдык энергияга ээ. Ошол чекиттеги электр талаасынын потенциалын тап. (*Жообу:* 150 В).

5. Эки +0,4 μКл жана $-0{,}6$ μКл чекиттик заряд бири-биринен 12 см аралыкта жайлашкан. Заряддарды туташтыруучу кесиндинин ортосунда электр талаанын потенциалы кандай болот? (*Жообу:* –30 кВ).

6. Заряды $3 \cdot 10^{-8}$ Кл го барабар эки чекиттик заряд абада бири-биринен 50 см аралыкта турат. Аларды 20 см ге чейин жакындаштыруу үчүн кандай жумуш аткарылышы керек? (*Жообу:* 10,8 μЖ).

7. Эгерде заряддалган эки параллель пластинканын ортосундагы аралык 12 см, потенциалдардын айырмасы 180 В болсо, пластинкалардын ортосундагы талаанын чыңалгандыгын аныкта. (*Жообу:* 1500 В/м).

8. Чыңалгандыгы 6000 В/м болгон бир тектүү электр талаада бир чыңалгандык сызыгында алынган, ортосундагы аралык 2 см болгон эки чекиттин ортосундагы потенциалдардын айырмасы кандай болот? (*Жообу:* 120 В).

9. Жалпак конденсатордун каптамаларындагы чыңалуу 150 В, заряды 80 μКл болсо, конденсатордогу талаанын энергиясы эмнеге барабар? (*Жообу:* 6 мЖ).

10. Жалпак конденсатор 2 μКл заряд алып, 0,5 μЖ талаа энергиясына ээ болду. Конденсатордун сыйымдуулугу кандай болгон? (*Жообу:* 16 μF).

11. Жалпак конденсаторго $4 \cdot 10^{-5}$ Кл заряд берилгенде, анын энергиясы 20 мЖ га барабар болду. Конденсатор каптамаларынын ортосундагы чыңалуу кандай болгон? (*Жообу:* 1000 В).

12. Диэлектрик кабылдоочулугу 4 жана чыңалгандыгы $3 \cdot 10^3$ В/м болгон чекиттеги электр талаанын энергия тыгыздыгын тап. (*Жообу:* 159 μЖ/м^3).

VII главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору

1. **Талаанын чыңалгандыгы 800 В/м болгон чекитте жайлашкан 5 μКл зарядга канча электростатикалык күч (Н) таасир кылат?**
   A) $4 \cdot 10^{-2}$; B) $4 \cdot 10^{-3}$; C) $3{,}2 \cdot 10^{-5}$; D) $1{,}6 \cdot 10^{-5}$.
2. **Чыңалгандыгы 27,3 кВ/м болгон электр талаада кыймыл жасаган электрондун ылдамдануусу эмнеге барабар (м/с^2)? $м_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг.**
   A) $4{,}8 \cdot 10^{16}$; B) $4{,}8 \cdot 10^{15}$; C) $7{,}2 \cdot 10^{16}$; D) $9{,}6 \cdot 10^{15}$.
3. **$1 \cdot 10^{-4}$ г массалуу заряддалган тамчы, чыңалгандыгы 100 Н/Кл болгон бир тектүү электр талаада тең салмактуулукта турат. Тамчынын зарядын аныкта (Кл).**
   A) 10^{-8}; B) 10^{-6}; C) 10^{-4}; D) 10^{-3}.
4. **Радиусу 2 см болгон металл шарга 1,2 nКл заряд берилди. Шардын бетине жакын жердеги электр талаанын чыңалгандыгын тап (кВ/м).**
   A) 27; B) 18; C) 24; D) 9.
5. **Радиусу 6 см болгон металл шарга 24 nКл заряд берилген. Шардын борборунан 3 см алыстыктагы чекитте чыңалгандык канчага барабар болот (кВ/м)?**
   A) 45; B) 90; C) 60; D) 0.
6. **Радиусу 12 см болгон шардын бетинде 0,18 μКл оң заряд бир калыпта бөлүштүрүлгөн. Шардын борборундагы талаанын потенциалын тап (V).**
   A) 90; B) 60; C) 120; D) 180.
7. **Эки чекиттик заряддын ортосундагы аралыкты 9 эсе азайтсак, алардын өз ара таасир потенциалдык энергиясы кандай өзгөрөт?**
   A) 9 эсе чоңоёт; B) 9 эсе азаят;
   C) 3 эсе чоңоёт; D) 3 эсе азаят.

8. Чекиттик q заряд потенциалдар айырмасы 100 В болгон эки чекит ортосунда которулганда, 5 мЖ жумуш аткарылган. q заряд чоңдугу (μКл) кандай болгон?

A) 20; B) 5; C) 500; D) 50.

VII главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Заряддардын сакталуу мыйзамы	Ар кандай туюк системанын ичиндеги бардык телолор заряддарынын алгебралык суммасы өзгөрбөйт б. а.: $q_1+q_2+ \ldots +q_n=\text{const}$.
Электр талаасынын күч сызыктары	Электр талаасына киргизилген оң зарядга талаа тарабынан таасир этүүчү күчтүн багытын көрсөткөн сызыктар. Оң заряд пайда кылган электр талаанын күч сызыктары заряддан чыгуучу, терс заряддыкы болсо зарядга кирүүчү болот.
Электр талаанын чыңалгандыгы	$\vec{E}=\frac{\vec{F}}{q_0}$ электр талаасына киргизилген оң бирдик зарядга талаа тарабынан таасир этүүчү күч.
Чекиттик q заряддын r аралыкта пайда кылган талаа чыңалгандыгы	$E=k\frac{\lvert q\rvert}{r^2}$.
Электр талаанын суперпозиция принциби	Заряддар системасынын кандайдыр чекитте пайда кылган электр талаасынын чыңалгандыгы, системага кирген ар бир заряддын ошол чекитте өз алдынча пайда кылган талаа чыңалгандыктарынын вектордук суммасына барабар: $\vec{E}=\vec{E}_1+\vec{E}_2+\vec{E}_3+\ldots+\vec{E}_n$.
Заряддалган шардын (сферанын) ичкерисиндеги жана бетиндеги чекиттерде пайда кылынган талаанын чыңалгандыгы	$E=0$; $E=\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$.

Диэлектриктин уюлдануусу	Электр талаасына жайлаштырылган заттын (чөйрөнүн) атомдору (молекулалары) электрондук кабыктын электр талаасы таасиринде деформацияланат. Натыйжада атомдор (молекулалар) да оң жана терс заряддын борборлору үстү-үстүнөн түшпөйт.
Диэлектрик кабылдоочулук	$\varepsilon = \dfrac{E_0}{E}$.
Диэлектриктин ичинде жайлаштырылган чекиттик заряддан *r* аралыкта турган чекиттеги талаанын чыңалгандыгы	$E = k\dfrac{\lvert q\rvert}{\varepsilon \cdot r^2}$.
Козголбос *Q* оң заряддан *r* аралыкта турган $+q$ заряддын потенциалдык энергиясы	$W_{+q} = k\dfrac{Qq}{r}$.
Чекиттик *q* заряддын потенциалы	$\varphi = k\dfrac{q}{\varepsilon \cdot r}$.
Электр чыңалуу	$U = \varphi_1 - \varphi_2$.
Консервативдик күч	Аткарган жумушу заряддын которулуу траекториясынан көз каранды болбогон күч.
Энергиянын көлөмдүк тыгыздыгы	$w = \dfrac{W}{V} = \dfrac{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot E^2}{2}$.

VIII глава. ТУРУКТУУ ТОКТУН МЫЙЗАМДАРЫ

35-тема. ЭЛЕКТР ӨТКӨРҮМДҮҮЛҮК. ТОК КҮЧҮНҮН ЧЫҢАЛУУДАН КӨЗ КАРАНДЫЛЫГЫ

8-класста электр тогу болушу үчүн 3 шарт аткарылышы айтылган болчу.

1. Ток булагынын болушу.
2. Ток өткөн чынжырда эркин которула алган заряддуу бөлүкчөлөрдүн болушу.
3. Чынжырдын туюк болушу.

Анда, ошондой эле, катуу, суюк жана газдарда электр тогу өтүшү каралганда электр каршылыгы түшүнүгү киргизилген болчу. Электр тогу кандай заряддуу бөлүкчөлөрдүн эсебинен жаралат? Эмне себептен электр тогунун өтүшүнө чөйрө каршылык көрсөтөт? Мындай суроолорго жооп берүүдөн мурда электр өткөрүмдүүлүк түшүнүгүн киргизебиз.

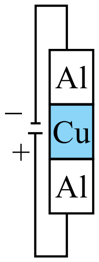
Электр каршылыгына тескери болгон чоңдукка *электр өткөрүмдүүлүк* $\left(\frac{1}{R}\right)$ **дейилет**. Бирдиги немис окумуштуусу Э. Р. Сиэменстин урматына коюлган.

$$\gamma=\frac{1}{R}; \qquad (8.1)$$

$$1\ \text{Сиэменс}=1\text{С}=\frac{1}{\text{Ом}}.$$

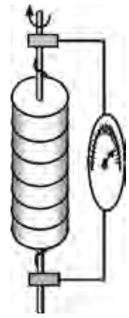
Металлдардын электр өткөрүмдүүлүгүн үйрөнүүгө XX кылымдын башында киришилген болчу. 1901-жылы немис окумуштуусу Карл Рикке абдан мыкты жылмакайланган үч цилиндрден (эки алюминий жана бир жез) турган чынжыр түзөт жана андан бир жыл бою ток өткөрөт (8.1-сүрөт). Бул убакыттын ичинде цилиндрлерден жалпы саны $3{,}5\cdot10^6$ Кл заряд өтөт, бирок бул цилиндрлер затынын химиялык курамынын өзгөрүшүнө алып келбеген. Тажрыйба аяктап, цилиндрлер

ажыратылгандан кийин, алардын массалары да өзгөрбөгөндүгү аныкталды. Атомдордун бири-бирине өтүү издери катуу телолордогу жөнөкөй диффузиянын натыйжаларынан ашык болбоду. Бирок, бул тажрыйба металлдарда кандай бөлүкчөлөр себептүү ток өтүшүн түшүндүрүп бербеди.



8.1-сүрөт.

Америкалык физиктер Т. Стюарт менен Р. Тольмендер төмөнкүдөй тажрыйба жүргүзүшкөн. 1916-жылы жүргүзүлгөн бул тажрыйбада металл өткөргүч оролгон чоң диаметрлүү түрмөк алынып, ал 500 айл/мин жыштык менен айланма кыймылга келтирилген жана кескин токтотулган (8.2-сүрөт). Мында түрмөктөгү эркин заряддар дагы бир аз убакыт инерция менен аракеттенүүнү улантkandыктан, кыска убактылуу ток пайда болгон. Муну ток өткөргүчтүн учтарына туташтырылган сүрүлүүчү контакттар аркылуу туташтырылган гальванометр белгилеген. Окумуштуулар ток ташуучу бөлүкчөлөрдүн $\frac{q_0}{m}$ салыштырма зарядын тажрыйбада аныкташты. Ал $1{,}8 \cdot 10^{11}$ Кл/кг га барабар чыгып, электрондун салыштырма зарядына туура келет.


8.2-сүрөт.

Бул илимий факт, металлдар электр өткөрүмдүүлүгүнүн классикалык теориясына негиз болду.

XX кылымдын баштарында немис физиги П. Дрюде жана голланд физиги Х. Лоренц металлдар электр *өткөрүмдүүлүгүнүн классикалык* теориясын жаратышты. Бул теориянын негизги мазмуну төмөнкүлөрдөн турат:

1. Металлдарда электр өткөрүмдүүлүктүн жогору болушу, аларда бирдик көлөмгө туура келген эркин электрондордун көптүгүнөн. Мисалы, жезде эркин электрондордун концентрациясы $8{,}4 \cdot 10^{23}$ м$^{-3}$ кө барабар. Электрондор куду газ сыяктуу тордун иондору ортосундагы мейкиндикти толтуруп, тартипсиз жана тынымсыз кыймылда болот. Электрондордун металлдардагы тартипсиз кыймылынын ылдамдыгы эсептелгенде божомол менен 60–100 км/с га барабар чыгат. Тышкы электр талаанын жоктугунда, өткөргүчтүн каалагандай кесилиш бети аркылуу өткөн электрондордун кыймылы тартипсиз болгондуктан, электр тогу нөлгө барабар болот.

2*. П. Дрюде менен Х. Лоренцтер өткөрүмдүүлүктүн электрондук теориясынан пайдаланып, чынжырдын бир бөлүгү үчүн Ом мыйзамын теориялык түрдө келтирип чыгарышты.

Ал үчүн узундугу l, электрондорунун концентрациясы n жана туурасынан кесилиш аянты S болгон өткөргүчтү карап көрөбүз (8.3-сүрөт). Өткөргүчтүн учтарына U чыңалуу берилсе, пайда болгон талаанын чыңалуусу $E=\frac{U}{l}$ нин таасиринде электрондор $a=\frac{eE}{m}$ ылдамдануу алат. t убакыттан кийин электрондун ылдамдыгы $v=\frac{eEt}{m}$ болот. t–электрондордун эки кагылышуусунун аралыгындагы убакыт. Кагылышууларда электрон ылдамдыгынын багыты өзгөрөт, бирок орточо ылдамдык өзгөрбөйт

$$v_{орт}=\frac{eEt}{2m}. \tag{8.2}$$

Ток күчүнүн мүнөздөмөсү боюнча

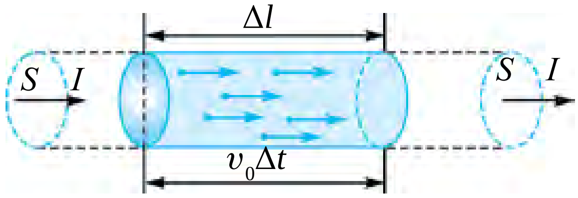
$$I=\frac{q}{t}=\frac{enV}{t}=\frac{enSl}{t}=enSv_{орт} \tag{8.3}$$

Мында (8.1) эсепке алынса,

$$I=\frac{ne^2t}{2m_e}\frac{S}{l}U \tag{8.4}$$

га ээ болобуз.

$\gamma=\frac{ne^2t}{2m_e}\frac{S}{l}$–туюнтмага электр өткөрүмдүүлүк дейилет. $\gamma=\frac{1}{R}$ өткөрүмдүүлүк экендиги эсепке алынса, анда, $R=\frac{2m_e}{ne^2t}\frac{l}{S}$ –электр каршылыгынын туюнтмасы келип чыгат.



8.3-сүрөт.

Мында $\frac{2m_e}{ne^2t}=\rho$–салыштырма каршылык. Салыштырма каршылык дегенде узундугу 1 м, туурасынан кесилиш аянты 1 м^2 болгон өткөргүчтүн каршылыгы түшүнүлөт.

Ошентип,

чынжырдын бир бөлүгүнөн өткөн токтун күчү, өткөргүчтүн учтарына сарпталган чыңалууга жана өткөрүмдүүлүккө түз пропорциялаш *болот.*

$$I=\gamma\cdot U. \tag{8.5}$$

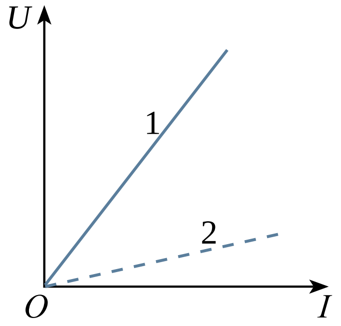
Бул байланышты XIX кылымдын башында тажрыйба жолу менен немис физиги Г. Ом тапкан болчу. Адатта, мындай байланыш

$$I = \frac{U}{R} \qquad (8.6)$$

көрүнүштө туюнтулат.

8.4-сүрөттө өзгөрбөс температурада эки металл өткөргүчтөн өткөн ток күчүнүн өткөргүчтүн учтарына берилген чыңалуудан көз карандылыгы келтирилген.

Өткөргүчтөрдүн аспаптар жана керектөөчүлөрдөн өткөн ток күчүнүн чыңалуусунан көз карандылык графигине *вольт-ампердик мүнөздөмө* дейилет (ВАМ).



8.4-сүрөт.

Заттардын салыштырма электр өткөрүмдүүлүгү боюнча алынган натыйжалар өнөр жай жана эл чарбачылыгында иштетилчү электр-техникалык продукцияларды даярдоодо чоң мааниге ээ. Ток өткөрүүчү кабель үчүн электр тогун өткөрүү жөндөмдүүлүгүнө карай металл өткөргүчтөр тандалат. Материал туура эмес тандалса, анда чыңалуунун өзгөрүшү натыйжасында кабелдин кызып кетишине жана өрт чыгышына себеп болушу мүмкүн.

Металлдардан эң чоң электр өткөрүмдүүлүккө ээ болгон материал күмүш эсептелет. Күмүштүн салыштырма электр өткөрүмдүүлүгү 20 °С та 63,3 MS/м ге барабар. Күмүштөн электр зымдарын даярдоо кымбатка түшкөндүктөн, электр өткөрүү жөндөмдүүлүгү жагынан кийинки орунда турган жезден пайдаланылат. Анын салыштырма электр өткөрүмдүүлүгү 58,14 MS/м ге барабар. Жез өткөргүчтөр күндөлүк турмушта жана өндүрүштө кеңири колдонулат. Эрүү температурасы жогору болгондуктан, ал электр жүктөмөлөргө чыдамдуу келет жана кызыган абалда көпкө иштей алат.

Иштетилиши боюнча алюминий өткөргүчтөр жезден кийинки орунда турат. Анын салыштырма электр өткөрүмдүүлүгү 20 °С та 35,71 MS/м ге барабар. Анын эрүү температурасы жезге салыштырмалуу дээрлик эки эсе аз болуп, жүктөмөлөргө чыдамдуулугу төмөн.

Салыштырма электр өткөрүмдүүлүгү кичине болгон (нихром 0,9 MS/м, фехраль 0,77 MS/м) куймалардан электр ысыткыч аспаптардын спиралдары даярдалат.

Электролиттерде салыштырма электр өткөрүмдүүлүк температурадан, эритменин концентрациясынан, электролиттин табиятынан көз

каранды. Электролиттик эритмелердин салыштырма электр өткөрүмдүүлүгү (металлдардан айырмалуу түрдө) температуранын жогорулашы менен чоңоёт. Концентрациянын чоңоюшу менен электролиттик эритмелердин салыштырма электр өткөрүмдүүлүгү баштап чоңоёт, андан кийин максималдуу маанисине жеткенден кийин азая баштайт.

Салыштырма каршылык же салыштырма электр өткөрүмдүүлүктү өлчөө үчүн *кондуктометр* деп аталган аспаптар колдонулат. Кондуктометрдин жардамында суунун, конденсаттын же буунун сапаты текшерилет. Колдонуу облусу–фармакология, медицина, биохимия, биофизика, химиялык технология, тамак-аш өнөр жайы, сууну тазалоо жана у. с.

1. Металлдарда кандай бөлүкчөлөрдүн иреттүү кыймылы себептүү электр тогу пайда болот?

2. Өнөр жайда жалаң электр өткөрүмдүүлүгү жогору болгон материалдар гана колдонулабы?

3. Аспаптын вольт-ампердик мүнөздөмөсү дегенде эмне түшүнүлөт?

36-тема. ТОК КҮЧҮ ЖАНА ТОКТУН ЖЫШТЫГЫ. ЭЛЕКТР ТОГУНУН ТААСИРЛЕРИ

Эгерде өткөргүчтүн туурасынан кесилиш аянтынан каалагандай бирдей убакыт ичинде бирдей сандагы заряддар агып өтсө, өткөргүчтөн ***туруктуу ток*** өтүп жатат дейилет.

Өткөргүчтүн туурасынан кесилиш аянтынан агып өткөн заряддын саны (q) нун ошол сарпталган t убакыт аралыгына катышы менен өлчөнгөн физикалык чоңдукка ***ток күчү*** дейилет:

$$I=\frac{q}{t}. \tag{8.7}$$

Электр тогунун негизги мүнөздөмөлөрүнөн бири ***токтун жыштыгы*** (j) эсептелет. Токтун жыштыгы деп, ток күчү I нин ток агып өткөн багытка перпендикулярдуу болгон туурасынан кесилиш аянты S га катышы менен өлчөнгөн физикалык чоңдукка айтылат:

$$j=\frac{I}{S}. \tag{8.8}$$

Токтун жыштыгы $\frac{\text{А}}{\text{м}^2}$ лерде өлчөнөт.

Ток күчүн

$$I=nev_{\text{орт}}S$$

көрүнүшүндө туюнтууга болот. Бул жерде: n–заряд ташуучулардын концентрациясы; e–электрондун заряды; $v_{орт}$–заряддуу бөлүкчөлөр иреттүү кыймылынын орточо ылдамдыгы; S–ток өтүп жаткан өткөргүчтүн туурасынан кесилиш аянты.

Анда токтун жыштыгын

$$j = \frac{I}{S} = \frac{nev_{орт}S}{S} = nev_{орт} \qquad (8.9)$$

ne–көбөйтүндү заряддын тыгыздыгын мүнөздөйт (бирдик көлөмдөгү заряд). Ошондуктан $j = r_e\ v_{орт}$ болот.

Токтун жыштыгы вектордук чоңдук болуп, оң бөлүкчө ылдамдыгынын $v_{орт}$ багыты менен дал түшөт.

Өткөргүчтөгү токтун жыштыгы, өткөргүч канчалык деңгээлде электр энергиясы менен жүктөлгөндүгүн көрсөтөт. Өткөргүчтө артык баш коромжуга жол бербестик жана кымбатка түшпөстүгү үчүн андагы токтун жыштыгын оптималдуу тандоо керек болот.

Ток жыштыгынын чоңдугуна өткөргүчтүн материалы таасир этпесе да, техникада өткөргүч салыштырма каршылыгы жана узундугу боюнча тандалат. Күндөлүк максаттарда иштетилчү өткөргүчтөр токтун үнөмдөө режимине ылайык тандалат.

Үйлөрдө иштетилчү зымдар кыска болгондуктан, анын үнөмдүү ток жыштыгы 6–15 А/мм^2 аралыгында алынат. Үйдөгү шыбактын астына жайлаштырылган диаметри 1,78 мм (2,5 мм^2) болгон PVX изоляциялуу жез өткөргүч 30, ал тургай 50 А ток күчүн көтөрө алат.

Электр берүү линияларында үнөмдүү ток жыштыгы кичине болуп, 1–3,4 А/мм^2 айланасында болот. Өнөр жайдын жыштыгы (50 Гц) те иштеген электр машиналары жана трансформаторлорунда бул маани 1 ден 10 А/мм^2 ге чейин болот.

Суюктуктардагы электр тогу үйрөнүлгөндө электроддордо заттын саны ажырап чыккандыгы менен таанышсың. Демек, айрым чөйрөлөрдөн электр тогу өткөндө химиялык өзгөрүштөр жүрөт экен. 8-класстан, ошондой эле, электр тогу өткөндө өткөргүчтөрдүн ысышын билесиң. Демек, электр тогунун жылуулук таасирлери да бар. Андан турмушта, өнөр жайда кеңири пайдаланылат.

Өткөргүчтөрдөн ток өткөндө анын айланасында магнит талаасы болушун алгачкы жолу даниялык окумуштуу Ханс Кристиан Эрстед 1820-жылы аныктаган болчу. Ошондон көп узабай француз окумуштуусу Анде Мари Ампер токтуу өткөргүчтөрдүн өз ара таасир-

дешүүсүн ачат. Кийинки изилдөөлөр токтуу өткөргүчтөр магнит талаасы аркылуу таасирдешүүсүн көрсөттү. Токтун магниттик таасирин үйрөнүү электр-техниканын күчтүү өнүгүшүнө алып келди. Белгилей кетчү жери, ток металлдардан, электролиттерден, газдардан жана жарым өткөргүчтөрдөн өткөндө да токтун магниттик таасири болот.

Металлдардан ток өткөндө анын химиялык таасири байкалбайт.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Диаметри 1 мм болгон өткөргүчтөн 5 А ток өтүп жатат. Өткөргүчтөгү токтун жыштыгын эсепте.

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$D=1$ мм $I=5$ А	$j=\frac{I}{S}$	$S=\frac{3{,}14\cdot 1^2}{4}=0{,}785$ мм².
Табуу керек $j-?$	$S=\frac{\pi D^2}{4}$	$j=\frac{5A}{0{,}785\ мм^2}=6{,}37\ \frac{А}{мм^2}$.

Жообу: $6{,}37\ \frac{А}{мм^2}$.

1. *Ток күчү деген эмне?*
2. *Ток жыштыгынын турмуштагы, өнөр жайдагы мааниси кандай?*
3. *Электр тогунун таасирлерин түшүндүрүп бер.*

37-тема. ЖАЛПЫ ЧЫНЖЫР ҮЧҮН ОМ МЫЙЗАМЫ. ТОК БУЛАГЫНЫН ПАЙДАЛУУ АРАКЕТ КОЭФФИЦИЕНТИ

Өткөргүчтөн ток өткөндө ал ысыйт жана белгилүү санда жылуулук ажырап чыгат. Демек, энергиянын сакталуу мыйзамы боюнча, өткөргүч боюнча эркин электрондор которулганда электростатикалык талаа *жумуш аткарат.* Бирок, электр чынжырында энергия *ажыраса*, энергиянын сакталуу мыйзамы боюнча, ошончо энергия электр чынжырына *келүүгө тийиш.* Суроо туулат: кубулуш чынжырдын кайсы бөлүгүндө жүрөт жана кандай физикалык жараяндардын натыйжасында энергия электр чынжырына берилет? Адегенде аныкташтырып алабыз: электр чынжырындагы энергия булагынын милдетин электростатикалык талаа аткара алабы?

Аткара албайт, анткени 33-темада каралгандай, электростатикалык талаада зарядды *туюк* траектория боюнча которууда аткарылган жумуш *нөлгө* барабар. Демек, жалаң электростатикалык талаанын таасирин менен гана эркин заряддар *туюк* чынжыр боюнча аракеттене албайт.

Демек, ал үчүн чынжырдын кандайдыр бир бөлүгүндө заряддарга *электростатикалык эмес күчтөр* таасир жасоого тийиш. Бул күчтөргө *четки күчтөр* дейилет. Алар зарядга ток булагынын ичинде таасир этип, ошол күчтөр энергияны электр чынжырына жеткирип берет.

Ток булагында четки күчтөрдүн таасиринде заряддардын ажырашы жүрөт. Натыйжада булактын бир уюлунда оң, экинчи уюлунда терс заряд топтолот. Уюлдардын ортосунда потенциалдардын айырмасы пайда болот.

Токтун химиялык булактарында четки күчтөр химиялык табиятка ээ болот. Мисалы, эгерде цинк жана жез электроддор сульфат кислотасына матырылса, цинктин оң иондору жездин оң иондоруна караганда электродун тез-тез таштап кетип турат. Натыйжада жез жана цинк электроддордун ортосунда потенциалдар айырмасы пайда болот: жез электроддун потенциалы, цинктине караганда чоң болот. Жез электрод *ток булагынын оң уюлу,* цинк электрод болсо *терс уюлу* болот.

Ток булагында четки күчтөр эркин заряддарды электростатикалык талаанын күчтөрүнө каршы которууда $A_{чет}$ жумуш аткарат.

Бул жумуш берилген убакыттын ичинде чынжыр боюнча которулуп жаткан q заряд санына пропорциялаш болот. Ошондуктан четки күчтөрдүн аткарган жумушунун заряд санына катышы $A_{чет}$ дан да, q дан да көз каранды болбойт. Демек, ал ток булагынын мүнөздөмөсү эсептелет. Бул катыш, б. а. бирдик q оң заряддын туюк чынжыр боюнча которууда аткарган жумушуна булактын ***электр кыймылдаткыч күчү (ЭКК)*** дейилет жана $\mathcal{E}$ тамгасы менен белгиленет:

$$\mathcal{E}=\frac{A_{чет}}{q}. \qquad (8.9)$$

ЭКК чыңалуу сыяктуу вольттордо өлчөнөт.

Эгерде чынжырдагы ток күчү I болсо, t убакыт ичинде чынжырдан $q=It$ заряд өтөт. Ошондуктан (1) формуланы төмөнкүдөй жазып алабыз

$$A_{чет}=\mathcal{E}\,It. \qquad (8.10)$$

Бул учурда ток булагынын ичинде жана тышкы чынжырда

$$Q_{ички}=I^2rt \quad \text{жана} \quad Q_{тышкы}=I^2Rt \qquad (8.11)$$

жылуулук саны ажырап чыгат. Бул жерде r–булактын каршылыгы болуп, ал ***ички каршылык*** деп аталат.

Энергиянын сакталуу мыйзамы боюнча

$$Q_{тышкы}+Q_{ички}=A_{чет}. \qquad (8.12)$$

(8.9), (8.10) жана (8.11) лерди (8.12) ге коюп, тиешелүү амалдар аткарылгандан кийин

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \qquad (8.13)$$

га ээ болобуз. Бул туюнтмага ***жалпы чынжыр үчүн Ом мыйзамы*** дейилет.

$R+r$ ге чынжырдын ***толук каршылыгы*** дейилет.

Жалпы чынжыр үчүн Ом мыйзамын

$$\mathcal{E}=IR+Ir \qquad (8.14)$$

көрүнүшүндө жазып алабыз. Бул туюнтмадагы биринчи кошулуучу, булактын уюлдарындагы U чыңалууга барабар:

$$IR=U.$$

Булактын уюлдарындагы *максималдуу чыңалуу* $\mathcal{E}$ го барабар. Бул $I=0$ болгондо болот. Тышкы чынжырга каршылык туташпастан ачык калганда ток күчү нөл болот. Мындай учурда

$$U_{\text{макс}}=\mathcal{E}.$$

Булак уюлдарынын ортосундагы *минималдуу чыңалуу* нөлгө *барабар.* Бул учур кыска туюкталуу болгондо, б. а. тышкы каршылык $R=0$ болгондо байкалат. Мындай учурда ток күчү максималдуу болот:

$$I_{\text{qt}}=\frac{\mathcal{E}}{r}. \qquad (8.15)$$

Буга *кыска туюкталуу тогу* дейилет.

Тышкы чынжырда аткарылган жумушка *пайдалуу жум*уш дейилет. Аны $A_{\text{п}}$ менен белгилейли. Токтун аткарган жумушу формуласынан пайдаланып

$$A_{\text{п}}=I^2Rt$$

ны алабыз.

$$A_{\text{чет}}=I^2Rt+I^2rt$$

болгондуктан, пайдалуу жумуштун четки күчтөр аткарган жумушка катышын табабыз:

$$\eta=\frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{чет}}}=\frac{I^2Rt}{I^2Rt+I^2rt}=\frac{R}{R+r}. \qquad (8.16)$$

Пайыздарда туюнтулган бул катышка ток булагынын ПАК дейилет.

1. Эмне себептен электростатикалык талаа электр чынжырындагы энергия булагынын милдетин аткара албайт?
2. Четки күчтөр дегенде эмне түшүнүлөт?
3. Электр кыймылдаткыч күч дегенде эмненин күчү көздө тутулат?
4. Кыска туюкталуу кандай кубулуш?

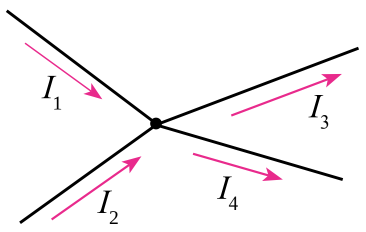
38-тема. ТОК БУЛАКТАРЫН УДААЛАШ ЖАНА ПАРАЛЛЕЛЬ ТУТАШТЫРУУ

Электр тогунун химиялык булактарынын уюлдарында алынган ЭККтүн мааниси кичине болот. Мисалы, гальваникалык элементтер түркүмүнө кирген Даниэль элементинин ЭКК 1,11 В ко, Лекланше элементиники 1,4 В ко барабар. Кислоталуу аккумуляторлордун заряддалган заматта өлчөнгөн ЭКК 2,7 В болсо, щелочтуу аккумуляторлордуку 1,3 В болот.

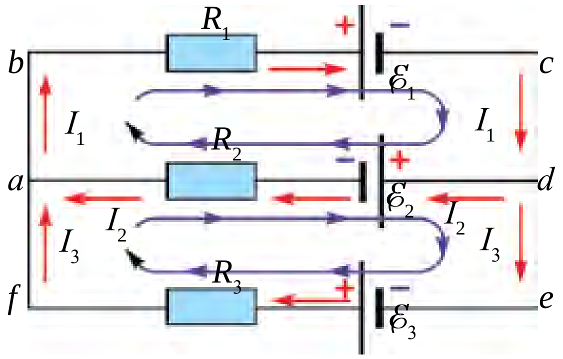
Көптөгөн техникалык курулмаларды иштетүү үчүн чоң чыңалуу талап кылынат. Мисалы, автомобилдин моторун айландырып, ишке салып жиберүү үчүн чоң кубаттуулуктагы 12 В туу өзгөрбөс ток булагы керек болот. Мындай учурларда элементтерди же аккумуляторлорду өз ара удаалаш же параллель туташтыруу керек болот.

Токтун булактарын өз ара удаалаш же параллель туташтырууда пайда болгон чынжырлардагы ток күчүн жана чыңалууларды эсептөөдө Кирхгоф эрежелеринен пайдаланылат.

Ток өткөрүүчү зымдардан аз дегенде үчөөсү туташкан чекитке **түйүн** дейилет. Түйүнгө кирген токтун багыты оң, чыккан токтун багыты терс деп кабыл алынат (8.5-сүрөт).



8.5-сүрөт.



8.6-сүрөт.

Кирхгофтун биринчи эрежеси. **Түйүнгө туташкан өткөргүчтөр аркылуу кирүүчү жана андан чыгуучу токтордун алгебралык суммасы нөлгө барабар:**

$$I_1+I_2+I_3+...+I_n=0. \qquad (8.17)$$

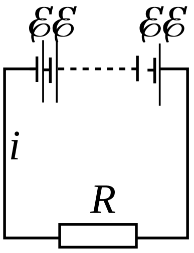
Тармакталган чынжырларда ар дайым токтун багыты боюнча бир нече туюк жолдорду ажыратып алууга болот. Мындай туюк жолдор *контур* деп аталат. Ажыратып алынган контурдун түрдүү бөлүктөрүндө түрдүүчө ток өтүшү мүмкүн. 8.6-сүрөттө жөнөкөй тармакталган чынжыр келтирилген.

Кирхгофтун экинчи эрежеси. **Туюк контурдун тармактарындагы чыңалуулардын алгебралык суммасы контурдагы ЭККтөрдүн алгебралык суммасына барабар:**

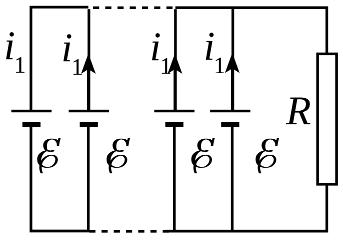
$$\begin{aligned} &I_1R_1+I_2R_2=-\mathcal{E}_1-\mathcal{E}_2; \\ &-I_2R_2+I_3R_3=\mathcal{E}_1+\mathcal{E}_2; \qquad \textbf{(8.18)} \\ &I_1+I_2+I_3=0. \end{aligned}$$

Токтун булактарын эсептөөдө четки күчтөрдүн багыты оң эсептелет.

Бул эрежелерден пайдаланган түрдө токтун булактарын удаалаш жана параллель туташтырып үйрөнөбүз.



8.7-сүрөт.



8.8-сүрөт.

Маселени жөнөкөйлөштүрүү үчүн туташуучу бардык элементтердин ЭККтөрү $\mathcal{E}$ менен ички каршылыктар r ди барабар деп алабыз.

1. n элементти удаалаш туташтырып, батареяны курайлы (8.7-сүрөт). Аны тышкы R каршылыкка туташтыралы. Кирхгофтун экинчи мыйзамын туюк контурга колдойбуз:

$$n\mathcal{E}=I_1R+nIr.$$

Мындан

$$I = \frac{n\mathcal{E}}{R+nr}. \qquad (8.19)$$

Демек, *n элементти удаалаш туташтырып, батарея куралганда жалпыЭКК n эсе чоңоёт.*

Мындай туташтыруу тышкы каршылык ички каршылыктан кыйла эсе чоң болгондо, натыйжасы жогору болот. Чындап эле, $R>>nr$ болгондо, (8.19) формуладагы nr ди R ге салыштырмалуу эсепке албаса да болот. Анда

$$I \approx \frac{n\mathcal{E}}{R},$$

б.а. n элемент удаалаш туташканда, чынжырдагы токтун күчү бир элементке салыштырмалуу n эсе болот.

2. Батареяны n элементти параллель туташтырып чынжыр түзөлү (8.8-сүрөт). Аны тышкы R каршылыкка туташтыралы. Кирхгофтун эки мыйзамын туюк контурга колдойбуз.

$$I = nI_1, \qquad \mathcal{E} = IR + I_1 r$$

Бул жерде: I_1 – бир элементтен өткөн токтун күчү. Мындан,

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+\frac{r}{n}}. \qquad (8.20)$$

Демек, n элементти параллель туташтырып, батарея куралганда *жалпы ЭКК өзгөрбөйт, ички каршылыгы n эсе азаят.*

Параллель туташтыруу тышкы каршылык ички каршылыкка салыштырмалуу кичине болгон учурларда жакшы натыйжа берет. $R<<r$ болгондо (8.25) формуланы

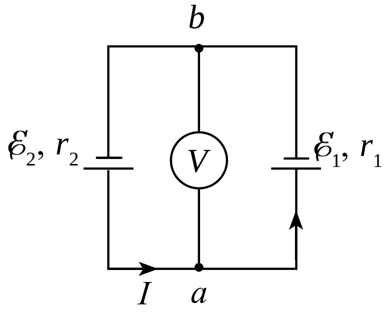
$$I \approx n\frac{\mathcal{E}}{r}$$

көрүнүшүндө жазып алабыз.

Мындан жалпы токтун күчү бир элемент берген токтун күчүнө караганда n эсе чоңоюшу келип чыгат.

Практикада элементтин ЭКК төрү менен ички каршылыктары ар кыл болгон учурлар болушу мүмкүн.

Адегенде булактын бирдей белгидеги уюлдары өз ара туташкан учурду көрөлү. 8.9-сү-



8.9-сүрөт.

рөттөгү электр чиймеде ички каршылыктары r_1 жана r_2, ЭККтөрү $\mathcal{E}_1$ жана $\mathcal{E}_2$ болгон эки элементтин бирдей белгидеги уюлдары өз ара туташкан учур келтирилген. Чийменин *a* жана *b* чекиттерине туташтырылган вольтметр эмнени көрсөтөт? Мында вольтметрдин ички каршылыгы элементтердин ички каршылыгынан кыйла чоң деп каралат.

Эгерде $\mathcal{E}_2 > \mathcal{E}_1$ болсо, чынжырдагы токтун багыты 8.9-сүрөттө көрсөтүлгөндөй болот. Вольтметрдин ички каршылыгы чоң болгондуктан андан өткөн токту эсепке албайбыз. Кирхгофтун экинчи эрежеси боюнча, элементтердин ички каршылыктарындагы потенциалдары элементтер ЭККтөрүнүн суммасына барабар.

$$Ir_1 + Ir_2 = \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1. \qquad (8.21)$$

Мында минус белгисинин алынышына себеп, элементтер чынжырда карама-каршы багыттагы токторду пайда кылат. Мындан чынжырдан өткөн токтун күчү

$$I = \frac{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1}{r_1 + r_2} \qquad (8.22)$$

ге барабар болот.

Вольтметрдин көрсөтүшү

$$U = \mathcal{E}_1 + Ir_1 = \frac{\mathcal{E}_2 r_1 + \mathcal{E}_1 r_2}{r_1 + r_2} \qquad (8.23)$$

ге барабар болот.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

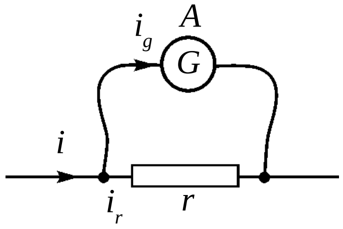
Ички каршылыктары 0,4 Ом жана 0,6 Ом болгон эки ток булагынан биринин ЭКК 2 В, экинчисиники 1,5 В га барабар болуп, 8.9-сүрөттө көрсөтүлгөндөй туташкан. *a* жана *b* чекиттердин ортосундагы чыңалууну тап.

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$r_1 = 0{,}6$ Ом $r_2 = 0{,}4$ Ом $\mathcal{E}_1 = 2$ В $\mathcal{E}_2 = 1{,}5$ В	$U = \frac{\mathcal{E}_2 r_1 + \mathcal{E}_1 r_2}{r_1 + r_2}$	$U = \frac{1{,}5\text{ В} \cdot 0{,}4\text{Ом} + 2\text{ В} \cdot 0{,}6\text{Ом}}{0{,}4\text{Ом} + 0{,}6\text{Ом}} = 1{,}8$ В.
Табуу керек $U = ?$		*Жообу:* $U = 1{,}8$ В.

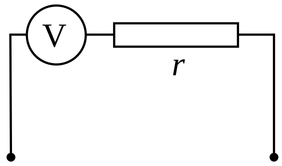
1. *Кирхгоф эрежелеринен кандай чынжырларды эсептөөдө пайдаланууга болот?*
2. *Ток булактарын удаалаш туташтыруу кандай учурларда пайдалуу?*
3. *Кандай учурларда токтун булактары параллель туташтырылат?*

39-тема. АМПЕРМЕТР ЖАНА ВОЛЬТМЕТРДИН ӨЛЧӨӨ ЧЕГИН ЖОГОРУЛАТУУ

Электр чынжырларында иштетилчү электр өлчөө аспаптары белгилүү чекте иштей алат. Мисалы, гальванометр абдан сезгир аспап болуп, ал өтө кичине ток күчүн жана чыңалууну өлчөй алат. Алардын өлчөө чегин жогорулатуу үчүн аларга кошумча каршылыктар туташтырылат



8.10-сүрөт.



8.11-сүрөт.

Гальванометрди амперметр иретинде иштетүү үчүн ага параллель түрдө ***шунт*** деп аталган, чоңдугу абдан кичине каршылык туташтырылат (8.11-сүрөт).

Гальванометрдин каршылыгын R, шунттун каршылыгын r менен белгилейли. Гальванометр менен шунт өз ара параллель туташкандыктан, алардын учтарындагы чыңалуу U га барабар болот. Анда гальванометрден жана шунттан өткөн ток күчтөрү

$$I_г = \frac{U}{R} \text{ жана } I_r = \frac{U}{r}$$

ге барабар болот. Чынжырдагы жалпы токтун күчү I, гальванометрден өткөн токтун күчү $I_г$ ден n эсе чоң болсун::

$$I = n \cdot I_г; \qquad \frac{I_r}{I_г} = \frac{R}{r} = n$$

Чынжырдагы токтун күчү $I = I_г + I_r = I_г n + I_г = I_г(n+1)$, же

$$\frac{I_г}{I} = \frac{1}{n+1}.$$

Ошентип, гальванометрден өткөн токтун күчү, жалпы токтун күчүнөн $(n+1)$ эсе кичине болот. Ток күчтөрүнүн туюнтмалары аркылуу гальванометрге туташтырылган шунттун каршылыгын табабыз:

$$\frac{U}{R}(n-1)=\frac{U}{r}, \qquad \boxed{r=\frac{R}{n-1}}. \tag{8.24}$$

Ошентип гальванометрге параллель түрдө каршылыгы r болгон шунт туташтырылса, анын *өлчөө чеги n эсе чоңоёт жана аспап шкаласынын бөлүнүү даражасы (n + 1) эсе чоңоёт.*

Гальванометрди вольтметр иретинде иштетүү үчүн ага удаалаш түрдө кошумча каршылык туташтырылат (8.11-сүрөт). Мында да гальванометрдин каршылыгын R, кошумча каршылыкты r менен белгилейли. Гальванометр менен кошумча каршылык өз ара удаалаш туташкандыктан, алардан өткөн токтун күчтөрү $I=I_г=I_r$ болот. R жана r удаалаш туташкандыктан, жалпы чыңалуу

$$U=I\,(R+r)=IR+I\cdot r$$

болот. Чынжырдагы жалпы чыңалуу U нун $U_г$ га катышын

$$n=\frac{U_г}{U} \text{ деп алабыз.}$$

Бул жерде $U_г$–гальванометрдин чыңалууну өлчөө чеги. Жалпы чыңалуу туюнтмасынын эки жагын тең $U_г$ га бөлүп жиберсек, $n=1+\frac{r}{R}$ болот. Мындан

$$\boxed{r=R(n-1)}. \tag{8.25}$$

Демек, гальванометрге *удаалаш түрдө r каршылык туташтырылса, анда анын чыңалууну өлчөө чеги n эсе чоңоёт экен.* Анда *аспап шкаласынын бөлүнүү даражасы (n + 1) эсе чоңоёт.*

Адатта, чоң маанилүү чыңалууларды өлчөй турган вольтметрлер да ушул принципте иштейт.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

1. Каршылыгы 0,04 Ом болгон шунт туташкан амперметр тармакка туташтырылганда 5 А ди көрсөттү. Амперметрдин ички каршылыгы 0,12 Ом. Чынжырдын тармакталбаган бөлүгүндөгү токтун күчүн тап.

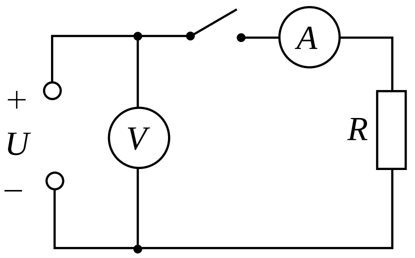
Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$r=0{,}04$ Ом $I_А=5$ А $R_А=0{,}12$ Ом	$r=\frac{R}{n-1}$, $n=\frac{R}{r}+1$ $I=nI_А$	$n=\frac{0{,}12\,Ом}{0{,}04\,Ом}+1=3+1=4$; $I=4\cdot5$ А$=20$ А.
Табуу керек $I=?$		*Жообу:* 20 А.

1. Амперметрге шунт кандайча тандалат?
2. Вольтметрге кошумча каршылык кандайча тандалат?
3. Вольтметрге кошумча каршылык параллель туташтырылса, эмне болот?

40-тема. ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ: ТОК БУЛАГЫНЫН ЭКК ЖАНА ИЧКИ КАРШЫЛЫГЫН АНЫКТОО

Иштин максаты: амперметр жана вольтметр жардамында ток булагынын электр кыймылдаткыч күчүн жана ички каршылыгын аныктоо.

Керектүү аспаптар: 1) лабораториялык универсалдуу ток булагы же аккумулятор батареясы; 2) амперметр; 3) вольтметр; 4) үзүп-туюктагыч; 5) өткөргүчтүн зымдары; 6) 10 Ом, 20 Ом дуу каршылыктар.



8.12-сүрөт.

Жумуштун аткарылышы.

1. 8.12-сүрөттө келтирилген электр чынжыры чогултулат. Чынжырга 10 Ом дуу каршылык туташтырылат.

2. Үзүп-туюктагычтын ачык абалында вольтметрдин көрсөткүчү $U_В$ жазып алынат. $U_В=\mathcal{E}$ го барабар деп алынат.

3. Үзүп-туюктагыч туташтырылат жана амперметрдин көрсөткүчү $I_А$ жазып алынат.

4. Натыйжалары жадыбалга көчүрүлөт.

Тажрыйба №	$U_В$, В	U_2, В	$I_А$, А	$\mathcal{E}$, В	r, Ом
1.					
2.					

5. Ток булагынын ички каршылыгы $r=\frac{\mathcal{E}-U_2}{I}$ ден эсептелет жана натыйжасы жадыбалга көчүрүлөт.

6. Чынжырга 20 Ом дук каршылык туташтырылып, тажрыйба кайталанат.

7. 1- жана 2-тажрыйбаларда табылган r_1 менен r_2 ни салыштыр.

1. Электр чынжырдын кайсы бөлүгүнө ички, кайсы бөлүгүнө тышкы чынжыр дейилет?
2. Булактын ЭКК дегенде эмнени түшүнөбүз?
3. Булактын ички каршылыгы эмненин эсебинен алынат?

8-көнүгүү

1. Батареянын ЭКК 1,55 В. Аны каршылыгы 3 Ом болгон тышкы каршылыкка туташтырганда батареянын кыскычтарындагы чыңалуу 0,95 В ко барабар болду. Батареянын ички каршылыгы эмнеге барабар?

2. ЭКК 30 В болгон батарея туташкан ток чынжырындагы токтун күчү 3 А ге барабар. Батареянын кыскычтарындагы чыңалуу 18 В. Батареянын ички каршылыгын жана тышкы чынжырдын каршылыгын тап.

3. Электр тогунун булагын 5 Ом дуу каршылыкка туташтырганда чынжырдагы токтун күчү 5 А ге, 2 Ом дуу каршылыкка туташтырганда чынжырдагы токтун күчү 8 А ге барабар болду. Булактын ички каршылыгын жана ЭКҮн тап (*Жообу*: 3 Ом; 40 В).

4. Ток булагы элементинин ЭКК 1,5 В. Кыска туюкталуунун тогу 30 А. Элементтин ички каршылыгы эмнеге барабар? Эгерде элемент каршылыгы 1 Ом болгон түрмөккө туташтырылса, анда элементтин уюлдарындагы чыңалуу канчага барабар болот?

5. Эгерде батареяга туташтырылган тышкы каршылык n эсе чоңойгондо, каршылыктагы чыңалуу U_1 ден U_2 ге чоңойсо, анда батареянын ЭКК эмнеге барабар? (*Жообу*: $\mathcal{E}=U_1 \cdot U_2\,(n-1)/\,(U_1 n-U_2)$).

6. Кандай шартта батареянын учтарындагы чыңалуу анын ЭККүнөн чоң болушу мүмкүн?

7. ЭКК $\mathcal{E}_1$ жана $\mathcal{E}_2$ болгон элементтер параллель туташтырылган. Эгерде алардын ички каршылыктары барабар болсо, элементтердин кыскычтарындагы потенциалдардын айырмасын тап.

8. ЭКК 1,5 В жана 2 В болгон элементтер бирдей белгилүү уюлдары менен туташкан. Батареянын клеммаларына туташтырылган вольтметр 1,7 В чыңалууну көрсөттү. Элементтердин ички каршылыктарынын катышын тап (*Жообу*: $r_1/r_2=2/3$).

9. ЭКК 1,3 В жана 2 В болгон элементтердин ички каршылыктары тиешелүү түрдө 0,1 Ом жана 0,25 Ом го барабар. Алар параллель туташтырылган. Чынжырдагы токтун күчү жана элементтердин кыскычтарындагы чыңалуу табылсын.

10. Вольтметрдин төрт өлчөө чеги бар: 3, 15, 75, 150 В. Аспаптан өтүшү мүмкүн болгон токтун күчү 0,8 мА. Эгерде вольтметрдин ички каршылыгы 1000 Ом болсо, анда туташтырылган кошумча каршылыктар R_1, R_2, R_3 жана R_4 лерди тап (*Жообу*: 9, 49, 249 жана 499 КОм).

11. Ички каршылыгы 200 Ом болгон гальванометр токтун күчү 100 мкА болгондо, бүткүл шкаласыга бурулат. Ага кандай каршылык удаалаш туташтырылса, вольтметр иретинде иштеп, 2 В чыңалууга чейин өлчөй алат?

VIII главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору

1. **Ток булагынын электр кыймылдаткыч күчү кандай бирдикте туюнтулат?**
   A) Н; B) Ж; C) А; D) В.
2. **Булактын ЭКК 12 В. Булактын ичинде 50 Кл зарядды бир уюлдан экинчисине которууда четки күчтөр канча жоуль жумуш аткарат?**
   A) 60; B) 50; C) 330; D) 600.
3. **Металлдар электр өткөрүмдүүлүгүнүн классикалык теориясын ким биринчи болуп жараткан?**
   A) П. Дрюде жана голланд физиги Х. Лоренц;
   B) Э. Р. Сиэменс; | C) К. Рикке; | D) Т. Стюарт жана Р. Тольмен.
4. **Амперметрге туташтырылган шунт кандайча тандалат жана туташтырылат? R_A–амперметрдин каршылыгы, r–шунттун каршылыгы.**
   A) $R_A > r$, параллель туташтырылат;
   B) $R_A > r$, удаалаш туташтырылат;
   C) $R_A < r$, удаалаш туташтырылат;
   D) $R_A < r$, параллель туташтырылат.
5. **Вольтметрге туташтырылган кошумча каршылык кандайча тандалат жана туташтырылат? R_v– вольтметрдин каршылыгы, r–кошумча каршылык.**
   A) $R_v > r$, параллель туташтырылат;
   B) $R_v > r$, удаалаш туташтырылат;
   C) $R_v < r$, удаалаш туташтырылат;
   D) $R_v < r$, параллель туташтырылат.
6. **Электр чынжыры каршылыгы 4 Ом болгон резистордон жана ЭКК 12 В, ички каршылыгы 2 Ом болгон ток булагынан түзүлгөн. Резистордогу чыңалуу канча вольт?**
   A) 8; B) 2; C) 4; D) 12.

7. Сүйлөмдү толтур. *n* элементти ... .. туташтырып, батарея куралганда жалпы ЭКК *n* эсе......

A) ... удаалаш ... чоңоёт; B) ... удаалаш ... азаят;
C) ... удаалаш ... өзгөрбөйт; D) ...параллель ... чоңоёт.

8. *n* элементти...... туташтырып, батарея куралганда, жалпы ЭКК ..., ички каршылыгы *n* эсе...

A) ... параллель ... өзгөрбөйт ... азаят;
B) ... параллель ... чоңоёт ... азаят;
C) ... параллель ... өзгөрбөйт ... чоңоёт;
D) ... удаалаш ... өзгөрбөйт ... азаят.

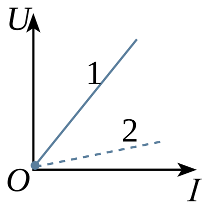
9. Ички каршылыгы 0,01 Ом болгон ток булагы кыска туюкталганда, ток күчү 1000 А болду. Булактын ЭККүн тап (В).

A) 10; B) 9; C) 12; D) 15.

10. Ички каршылыгы 2 Ом болгон батареяга 50 Ом дуу тышкы каршылык туташтырылды. Эгерде батареянын ЭКК 12 В болсо, ПАК (%) тап.

A) 92; B) 89; C) 96; D) 100.

VIII главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Электр тогу болушунун шарттары	1. Ток булагынын болушу. 2. Ток өткөн чынжырда эркин которула алган заряддуу бөлүкчөлөрдүн болушу. 3. Чынжырдын туюк болушу.
Электр өткөрүмдүүлүк	Электр каршылыгына тескери болгон чоңдук.
Вольт-ампердик мүнөздөмө (ВАМ)	Өткөргүчтөр, аспаптар жана керектөөчүлөрдөн өткөн ток күчүнүн чыңалуудан көз карандылык графиги. 
Токтун жыштыгы	Ток күчү (*I*) нин ток агып өтүп жаткан багытка перпендикулярдуу болгон туурасынан кесилиш аянты (*S*) ке катышы $j = \frac{I}{S}$; $j = nev_{орт}$.

Электр кыймылдаткыч күч (ЭКК)	$\mathcal{E}=\frac{A_{\text{чет}}}{q}$ – бирдик зарядды туюк чынжыр боюнча которууда четки күчтөрдүн аткарган жумушу. Бирдиги – 1 В.
Жалпы чынжыр үчүн Ом мыйзамы	$I=\frac{\mathcal{E}}{R+r}$.
Кыска туюкталуу тогу	$I_{\text{кт}}=\frac{\mathcal{E}}{r}$ – тышкы каршылык нөлгө барабар болгондогу токтун күчү.
Ток булагынын ПАК	$\eta=\frac{R}{R+r}\cdot 100\ \%$.
Кирхгофтун биринчи эрежеси	Түйүнгө туташкан өткөргүчтөр аркылуу кирүүчү жана чыгуучу токтордун алгебралык суммасы нөлгө барабар: $I_1+I_2+I_3+...+I_n=0$.
Кирхгофтун экинчи эрежеси	Туюк контур тармактарындагы чыңалуулардын суммасы, контурдагы ЭКК төрдүн алгебралык суммасына барабар: $I_1R_1+I_2R_2+\ ...\ +I_nR_n=\mathcal{E}_1+\mathcal{E}_2+\mathcal{E}_n$.
n элементти удаалаш туташтырып, батареяны куроо	$I=\frac{n\mathcal{E}}{R+nr}$. *n* элементти удаалаш туташтырып, батарея куралганда жалпы ЭКК *n* эсе чоңоёт.
n элементти параллель туташтырып батареяны куроо	$I=\frac{\mathcal{E}}{R+\frac{r}{n}}$ *n* элементти параллель туташтырып, батарея куралганда жалпы ЭКК *n* эсе азаят.
Шунт	Амперметрдин өлчөө чегин жогорулатуу үчүн аспапка параллель туташтырылган кичине маанилүү каршылык $r=\frac{R}{n-1}$.
Кошумча каршылык	Вольтметрдин өлчөө чегин жогорулатуу үчүн аспапка удаалаш туташтырылган чоң маанилүү каршылык, $r=R(n-1)$ ге барабар.

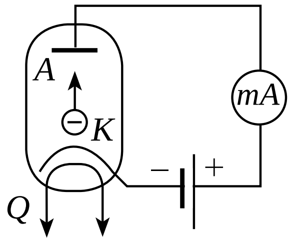
IX глава. ТҮРДҮҮ ЧӨЙРӨЛӨРДӨ ЭЛЕКТР ТОГУ

41-тема. ВАКУУМДА ЭЛЕКТР ТОГУ

Вакуумда электр тогун үйрөнүү үчүн туюк айнек же металл идиштин ичине бири-биринен белгилүү аралыкта эки электрод орнотулат. Идиштин ичиндеги аба соруп алынат. Аба молекулалар өздөрүнүн кыймылы учурунда эки электроддун ортосунда кагылышпагандай кылып соруп алынат. Ал үчүн идиштин ичинде калган абанын басымы $p \ll 10^{-13}$ мм сым. мам. айланасында болушу керек.

Электроддордон бирин анод (A) деп атайбыз жана аны булактын оң уюлуна туташтырабыз. Экинчисин катод (K) деп атайбыз жана аны булактын терс уюлуна туташтырабыз (9.1-сүрөт).

Анод менен катоддун ортосуна чыңалуу коюлганда чынжырга туташкан сезгич гальванометр эч кандай ток жок экендигин көрсөтөт. Бул болсо вакуумда ток ташуучу заряддуу бөлүкчөлөрдүн жоктугун көрсөтөт.



9.1-сүрөт.

Заряддуу бөлүкчөлөрдү алуу үчүн катод атайын кыздыргыч (K) жардамында ысытылат. Кыздыргыч спираль формасында жасалып, андан өз алдынча электр тогу өткөрүлөт.

Металлдардын ысышы себептүү алардан электрондун учуп чыгуу кубулушуна *термоэлектрондук эмиссия* дейилет.

Катод ысытылганда андан учуп чыккан электрондорго анод менен катоддун ортосуна коюлган электр талаасы таасир кылат. Натыйжада электрондор катоддон анодду карай ылдамдануу менен аракеттенет. Аноддун чынжырына туташтырылган гальванометр токтун бар экендигин билдирет.

Эми анодду ток булагынын терс уюлуна, катодду болсо оң уюлга туташтыралы. Мындай учурда гальванометрдин жебеси кыйшайбайт, б. а. чынжырдан ток өтпөйт.

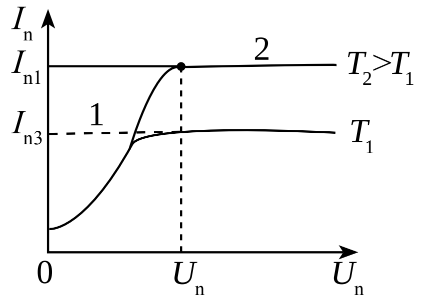
Вакуумдагы электр тогу электрондор агымынын иреттүү кыймылынан турат.

Анод менен катоддон турган вакуумдуу лампага **эки электроддуу электрондук лампа–диод** дейилет.

Ар кандай электрондук аспаптын өзгөчөлүгү анын *вольт-ампердик мүнөздөмөсүнөн,* б. а. андан өткөн ток күчүнүн аспапка коюлган чыңалуудан көз карандылыгы менен белгиленет.

Диоддун вольт-ампердик мүнөздөмөсүн үйрөнүү үчүн диоддун кыздыргычына өзгөрбөс 4 В чыңалуу берилип, туруктуу сакталат. Натыйжада кыздыргыч бирдей туруктуу T_1 температурада ысып турат. Анод менен катоддун ортосундагы чыңалуу нөлгө барабар болгондо ысыган катоддон атып чыккан электрондор катоддун айланасында *электрондук булутту* пайда кылат. Аноддун чыңалуусу чоңоюп барышы менен электрондук булуттагы электрондор аноддү карай аракеттене баштайт жана электрондук булуту тарала баштайт. Мында чыңалуунун чоңоюшу менен аноддун тогу да чоңоюп отурат (9.2-сүрөт). Диоддун вольт-ампердик мүнөздөмөсүндө бул 1 зонага туура келет. Бирок кийинчерээк чыңалуунун чоңоюшу анод тогунун чоңоюшуна сезилерлүү таасир көрсөтпөйт жана мүнөздөмөдө ал 2 зонага туура келет. Бул мезгилде катоддон учуп чыккан бардык электрондор анодго жетип барат жана аноддун тогу өзгөрбөй калат. Бул мезгилдеги аноддун тогуна ***каныккан ток*** дейилет.

Кыздыргычтын чыңалуусун 6 В кылып тажрыйба кайталанса, анын температурасы T_2 болот. Мында каныккан токтун мааниси чоңоёт.



9.2-сүрөт.

Мүнөздөмөдөн көрүнүп тургандай, ток күчүнүн чыңалуудан көз карандылыгы сызыктуу эмес. Мүнөздөмөнүн 1 бөлүгүндө ток күчүнүн чыңалуудан көз карандылыгы

$$I_a = kU^{3/2} \tag{9.1}$$

мыйзам ченемдүүлүгүнө баш ийиши аныкталган болчу. Бул формулага ***Богуславский-Ленгмюр формуласы*** дейилет

Чоң кубаттуулукка ээ болгон жарым өткөргүчтүү диоддор иштеп чыгылбастан мурда вакуумдуу диоддордон өзгөрмө токторду тууралоодо пайдаланышкан.

1. *Вакуумдагы электр тогуна байкоо жүргүзүү үчүн электрондук лампанын ичиндеги басым канчадан көп болбостугу керек?*
2. *Вакуумда ток ташуучу бөлүкчөлөр кандайча алынат?*
3. *Электрондук булут деген эмне?*
4. *Диоддон кандай максаттарда пайдаланууга болот?*

42-тема. МЕТАЛЛ ӨТКӨРГҮЧТӨР КАРШЫЛЫГЫНЫН ТЕМПЕРАТУРАДАН КӨЗ КАРАНДЫЛЫГЫ

Металл өткөргүчтөрдүн каршылыгы температуранын өзгөрүшүнөн кандайча көз каранды?

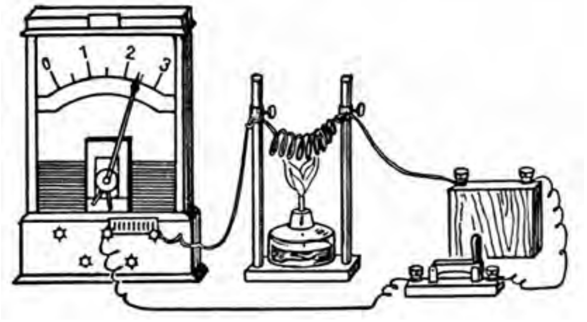
Ой жүгүртүп көрөлү. Бир жактан температуранын чоңоюшу эркин электрондор ылдамдыгынын жана кагылышуулар санынын чоңоюшуна алып келет. Мындан тышкары, кристаллдык торчонун түйүндөрүндөгү иондордун термелүү амплитудасы жана анын кыймылдагы электрондор менен кагылышууларынын саны чоңоёт. Натыйжада заряддалган бөлүкчөлөрдүн иреттүү кыймыл ылдамдыгы азаят, бул болсо ток күчүнүн азайышына алып келет.

Экинчи жактан, температура чоңойгондо бирдик көлөмдөгү эркин электрондордун саны чоңоёт. Мисалы, электролиттик эритмелерде иондордун саны чоңоёт.

Кайсы фактор көбүрөөк роль ойносо, температуранын чоңоюшу өткөргүч каршылыгынын чоңоюшуна же азайышына алып келиши мүмкүн.

Бул пикирдин тууралыгын текшерүү үчүн төмөнкүдөй тажрыйба жасалган. Электр лампочкасына удаалаш түрдө спираль формасында бүгүлгөн темир зым туташтырылган (9.3-сүрөт).

Баштап лампочка тунук күйүп турат. Спираль ысытылса, лампочканын тунуктугу азаят. Эгерде аларга удаалаш амперметр туташтырылса, ал өтүп жаткан ток күчүнүн азайгандыгын көрсөтөт. Бул тажрыйба спираль ысытылганда анын каршылыгы чоңоюшун көрсөтөт. Мындай тажрыйбаны башка металлдар же металл куймалары менен да жасап көрүүгө болот.



9.3-сүрөт.

Демек, ***металл өткөргүчтөр ысытылганда алардын каршылыгы чоңоёт экен.***

Эгерде 0 °С та өткөргүчтүн каршылыгы R_0, t температурада R болсо, алардын ортосундагы байланыш

$$R=R_0(1+\alpha\Delta t) \qquad (9.2)$$

болот. Бул жерде: $\alpha-$каршылыктын температуралык коэфициенти. Анын физикалык маанисин түшүнүү үчүн

$$\alpha=\frac{R-R_0}{R_0\Delta t}=\frac{\Delta R}{R_0\Delta t} \qquad (9.3)$$

ны алабыз. Демек, $\alpha-$коэфициент, температура 1 °С ка өзгөргөндө өткөргүч каршылыгынын өзгөрүшү 0 °С тагы каршылыгынын канча бөлүгүн түзүшүн көрсөтөт. Так иштеген электрондук схемаларда өткөргүч каршылыгынын температурадан көз карандылыгын эсепке алуу керек болот. Аны эсепке албастык кошумча каталардын пайда болушуна алып келиши мүмкүн.

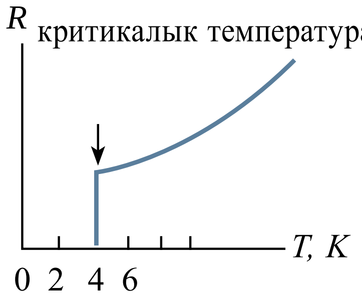
Өткөргүчтөр ысытылганда алардын геометриялык өлчөмдөрү аз өзгөрөт. Өткөргүчтүн каршылыгы негизинен салыштырма каршылыктын өзгөрүшү менен өзгөрөт. Салыштырма каршылыктын температурадан көз карандылыгын табуу үчүн (9.2) туюнтмага $R=\rho\frac{l}{S}$ жана $R_0=\rho_0\frac{l}{S}$ тер коюлат.

$$\rho=\rho_0(1+\alpha\Delta t). \qquad (9.4)$$

Төмөнкү жадыбалда кээ бир бир металлдардын салыштырма каршылыгынын температуралык коэфициенти келтирилген:

Металл же куйма	α, °С	Металл же куйма	α, °С
Алюминий	0,0042	Никелин	0,0001
Висмут	0,0046	Никель	0,0065
Вольфрам	0,0045	Ниобий	0,003
Темир	0,0062	Нихром	0,0002
Алтын	0,0040	Калай	0,0044
Индий	0,0047	Платина	0,0039
Кадмий	0,0042	Сымап	0,0010
Кобальт	0,0060	Коргошун	0,0042
Жез	0,0039	Күмүш	0,0040
Молибден	0,0050	Хром	0,0059
Натрий	0,0055	Хромаль	0,000065
Нейзильбер	0,0003	Цинк	0,0042

Металлдардын салыштырма каршылыгынын температурадан көз карандылыгынан *каршылыктуу термометрде* пайдаланылат. Мындай термометрлер менен өтө жогору жана өтө төмөн температураларды өлчөөгө болот. Мисалы, платиналуу термометрлер менен –200 °С тан +600 °С ка чейин болгон температураларды 0,0001 °С тактыкта өлчөөгө болот.



9.4-сүрөт.

Ошентип, металлдарда температура төмөндөшү менен каршылыктын азайышы жана абсолюттук нөл температурада нөлгө барабар болушу керек. Бирок экинчи жактан каралса, абсолюттук нөл температурада эркин электрондордун ылдамдыгы да нөлгө умтулушу натыйжасында өткөргүчтүн каршылыгы чексиз чоң болуп кетиши керек. Бул караштардын канчалык тууралыгын тажрыйба жасап, текшерүү зарыл болчу. 1908-жылы голланд физиги Камерлинг-Оннес биринчи болуп суюк гелийди алды. Ошол “гелийдин” температураларында иштөө Камерлинг-Оннеске “өтө өткөрүмдүүлүк” кубулушун ачуу мүмкүнчүлүгүн берди. Ал адегенде металлдар, андан кийин сымап менен тажрыйба жасап көрөт. Сымап менен жүргүзүлгөн тажрыйба күтүлбөгөн натыйжаны берет. Температуранын төмөндөшү менен сымаптын каршылыгы төмөндөп отурат жана 4,15 К (суюк гелийдин кайноо температурасынан бир топ төмөн температура)да кескин азайып нөлгө түшүп калат (9.4-сүрөт). 1911-жылдын 28-апрелинде Камерлинг-Оннес алган натыйжаларын жарыялайт. Бул ойлоп табууну ал ***өтө өткөрүмдүүлүк*** деп атайт. Бул күтүлбөгөн эффект болуп, ошол доордогу теориялар менен түшүндүрүп болбоду. 1912-жылы коргошун менен калайда өтө өткөрүмдүүлүк кубулушу байкалат. Кийинки изилдөөлөрдө мындай абал көптөгөн металлдар менен куймаларлда 25 К дан төмөн температураларда байкалат. 1957-жылы өтө өткөрүмдүүлүк кубулушу Купер жана Боголюбовдор тарабынан теориялык жактан негизделди. 1957-жылы Коллинз тарабынан жүргүзүлгөн тажрыйбада токтун булагы болбогон туюк чынжырда ток 2,5 жыл бою токтоосуз агып турган. 1986-жылы металлокерамика материалдарында жогору температуралуу (100 К) өтө өткөрүмдүүлүк жараяны байкалган.

Маселе чыгаруунун үлгүсү

Электр лампочкасындагы вольфрамдан жасалган спиралдын 20 °С тагы каршылыгы 30 Ом го барабар. Лампочка 220 В туруктуу ток

булагына туташтырылганда андан өткөн токтун күчү 0,6 А ге барабар болду. Лампочка күйгөндөгү спиралдын температурасын аныкта.

Берилген:	Формуласы:	Чыгарылышы:
$t=20\,^{\circ}\mathrm{C}$ $R_1=30$ Ом $U=220$ В $\alpha=0{,}005$ 1/град	$R=R_0(1+\alpha\Delta t)$	$R_0=\dfrac{30\,\text{Ом}}{1+0{,}005\dfrac{1}{\text{град}}20^{\circ}\mathrm{C}}=27\,\text{Ом};$ $R=\dfrac{220\,B}{0{,}6\,A}=366{,}7\,\text{Ом}\approx367\,\text{Ом};$ $\Delta t=\dfrac{367\text{Ом}-27\text{Ом}}{27\text{Ом}\cdot0{,}005\dfrac{1}{\text{град}}}=2518^{\circ}\mathrm{C}.$
Табуу керек $\Delta t-?$		*Жообу:* 2518 °С.

1. Металлдарда температуранын жогорулашы менен алардын каршылыгы кандай өзгөрөт?

2. Металлдар каршылыгынын температурадан көз каранды түрдө өзгөрүшүнөн кандайча пайдаланылат?

3. Өтө өткөрүмдүүлүк абалынан өнөр жай, транспортто пайдалануунун келечеги кандай?

43-тема. ЖАРЫМ ӨТКӨРГҮЧТӨРДӨ ӨЗГӨЧӨ ӨТКӨРҮМДҮҮЛҮК. АРАЛАШМАЛУУ ӨТКӨРҮМДҮҮЛҮК

Табиатта ушундай заттар да болуп, алардын бирдик көлөмдө электрондорунун саны өткөргүчтөргө салыштырмалуу аз, бирок изоляторлорго (диэлектриктерге) салыштырмалуу көп. Ошондуктан мындай заттар ***жарым өткөргүчтөр*** деп аталды.

Жарым өткөргүч заттарда температуранын жогорулашы менен алардын салыштырма каршылыгы азаят. Өтө төмөн температураларда жарым өткөргүч зат диэлектрик болуп калат.

Металлдарга жарык таасир эткенде алардын электр өткөрүмдүүлүгү дээрлик өзгөрбөйт. Жарым өткөргүчкө жарык түшкөндө алардын электр өткөрүмдүүлүгү жогорулайт.

Ошентип, жарым өткөргүчтөрдүн негизги айырмалуу жактары төмөнкүлөрдөн турат:

а) электр өткөрүү жөндөмдүүлүгү боюнча металлдар менен диэлектриктердин аралык абалын ээлейт;

б) ысытылганда жана жарык түшкөндө салыштырма каршылыгы азаят.

Жарым өткөргүчтүн касиетине ээ болгон элементтерге германий, кремний, теллур, селен жана у. с. кирет. Сага химия предметинен белгилүү болгондой, химиялык элементтердин атомдук түзүлүшү жана өзгөчөлүгү боюнча, **Д.И. Менделеевдин мезгилдүү жадыбалында** жарым өткөргүч элементтер негизинен III, IV жана Б топтордо жайлашкан.

Жарым өткөргүчтөрдүн түзүлүшү. Өзгөчө өткөрүмдүүлүк.

Жарым өткөргүчтөрдө электр тогунун табиятын түшүнүү үчүн, алардын түзүлүшүн билүү зарыл. Ал үчүн курамында эч кандай өзгө заттар болбогон нукура кремнийдин кристаллын көрөлү. Сен 9-класста атомдун түзүлүшү менен таанышкансың. Анда атомдо электрондор кабык-кабык болуп жайлашышын да билип алгансың.

Кремнийдин атомунда электрондор кабаттап жайлашканда анын эң тышкы кабыгында төрт электрону жайлашат. Кошуна атомдор бири-бирин ошол электрондордун жардамында кармап турат.

Ар бир атом кошуна атом менен өзүнүн бир электрону аркылуу байланышат. Натыйжада эки атом өз ара эки электрон аркылуу байланышат. Мындай байланышка **коваленттик байланыш** дейилет.

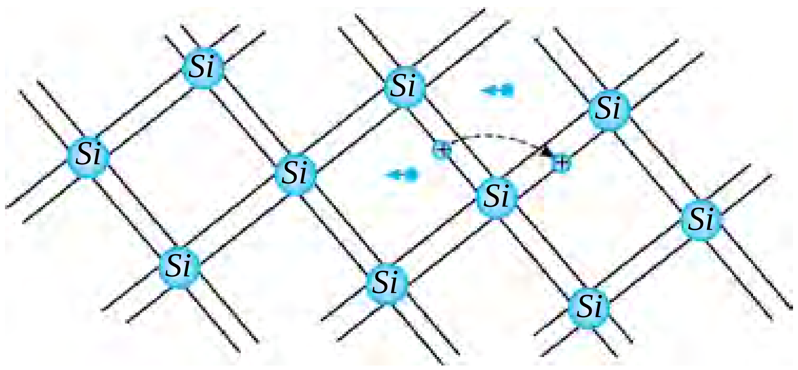
Коваленттик байланышта катышкан электрондор ***валенттик электрондор*** деп да аталат. Демек, валенттик электрондор жалпы кристаллдык атомдорго тиешелүү болот.

Электрон өткөрүмдүүлүк. Төмөн температураларда жуп электрондорду түзгөн байланыш күчтүү болуп, үзүлбөйт.

Ошондуктан төмөн температураларда кремний электр тогун өткөрбөйт. Температура жогорулаганда валенттик электрондордун кинетикалык энергиясы чоңоёт. Айрым байланыштар үзүлө баштайт. Алардан айрымдары барып-келип, жүргөн жолунан чыгып, металлдагы сыяктуу эркин электронго айланат. Бул электрондор электр талаасынын таасиринде жарым өткөргүч боюнча которулат жана электр тогун пайда кылат (9.5-сүрөт).

Эркин электрондордун которулушу себептүү жарым өткөргүчтө ток пайда болушуна **электрон өткөрүмдүүлүк** же кыскача ***n*-түрдөгү өткөрүмдүүлүк** (лат. *negativus* – терс) дейилет.

Көңдөйчөлүү өткөрүмдүүлүк. Коваленттик байланышта катышкан электрон чыгып кеткен жерде **көңдөйчө** алынат. Нейтралдуу атомдон терс заряддуу электрон чыгып кеткен жер оң зарядга ээ болот.



9.5-сүрөт.

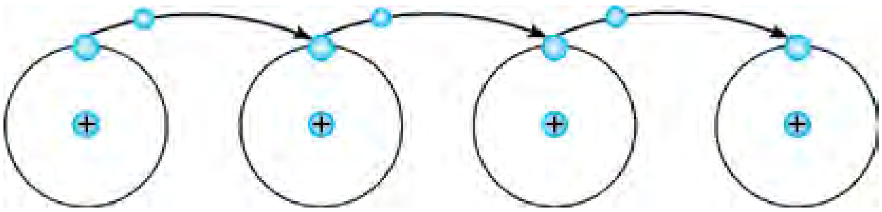
Бош көңдөйчөнү коваленттик байланыштагы башка электрон келип туюктайт. Бирок эми көңдөйчө башка жерде пайда болот. Ошентип, электрондун бир жерден экинчи жерге которулушунда, көңдөйчөлөрдүн да салыштырмалуу которулушу жүрөт.

Электр талаасы болбогондо электрондордун жана ошого тиешелүү көңдөйчөлөрдүн которулушу иретсиз болот.

Электр талаасы коюлганда эркин электрондор бир жакка, көңдөйчөлөр экинчи жакка которулат.

Куду ушундай жарым өткөрүүнүн башында пайда болгон көңдөйчөгө кошуна аттомдон электрондун секирип өтүшүндө оң заряддуу көңдөйчө өткөргүчтүн акыры жакка которулат (9.6-сүрөт).

Мындай өткөрүмдүүлүккө жарым өткөргүчтөрдүн **көңдөйчөлүү өткөрүмдүүлүгү** же кыскача ***p*-түрдөгү өткөрүмдүүлүк** (лат. *positivus*–оң) дейилет.



9.6-сүрөт.

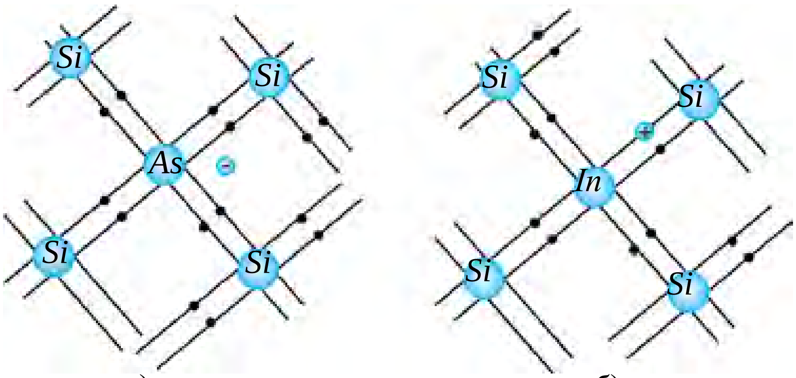
Ошентип, нукура (эч кандай аралашмасыз) жарым өткөргүчтөрдө эркин электрондордун кыймылы менен байланыштуу электрон өткөрүмдүүлүк, көңдөйчөлөр кыймылы менен байланыштуу көңдөйчөлүү өткөрүмдүүлүк болот.

Аралашмаларсыз, нукура жарым өткөргүчтөгү өткөрүмдүүлүккө **өзгөчө өткөрүмдүүлүк** дейилет. Мында бул заттагы электрон жана көңдөйчөлүү өткөрүмдүүлүк дээрлик барабар болот.

Нукура жарым өткөргүчтөрдө эркин электрондор жана көңдөйчөлөр саны аз болгондуктан, электр өткөрүү жөндөмдүүлүгү кичине болот.

Аралашмалуу жарым өткөргүчтөр: донорлуу аралашмалар. Эми нукура жарым өткөргүчтүү кремнийге бир аз аралашма кошолу. Адегенде кремний атомдорунун арасына беш валенттүү мышяк (As) ты киргизели.

Мында кремнийдин төрт коваленттик байланышты пайда кылган электронунун ордун мышяктын төрт электрону ээлейт. Мышяктын бешинчи электрону бош калып, эркин электронго айланат (9.7 *а*-сүрөт).



а) *б*)

9.7-сүрөт.

Натыйжада эркин электрондордун саны көңдөйчөлөрдүн санынан көп болот. Жарым өткөргүчтүн салыштырма каршылыгы кескин азаят. Мында кошулган мышяк атомдорунун саны жарым өткөргүчтүн атомдору санынын он миллиондон бир бөлүгүн түзгөндө, эркин электрондордун концентрациясы (1 $см^3$ ге туура келген электрондордун саны) нукура жарым өткөргүчтүкүнө салыштырмалуу миң эсе чоң болот. Кошулганда оңой эле электронун берген аралашмаларга **донорлуу аралашмалар** дейилет. Донорлуу аралашмаларда негизги ток ташуучу бөлүкчөлөр электрондор болгондуктан, аларга ***n*-түрдөгү жарым өткөргүчтөр** дейилет. Көңдөйчөлөр мындай жарым өткөргүчтөрдө негизги эмес заряд ташуучуларга кирет.

Акцепторлуу аралашмалар. Нукура жарым өткөргүчтүү кремнийге индий затын аралаштыралы. Индий (In) үч валенттүү болгондуктан, анын үч электрону кремнийдин атому менен коваленттик байланышты түзөт. Мында индий кошуна атомдор менен нормалдуу жуп электрондуу коваленттик байланыш түзүшү үчүн бир электрон жетпейт. Натыйжада көңдөйчө пайда болот. Кристаллга канча индий атому киргизилсе, ошончо көңдөйчө пайда болот (9.7 *б*-сүрөт).

Мындай түрдөгү аралашмага **акцепторлуу аралашмалар** дейилет. Жарым өткөргүч электр талаасына киргизилгенде, көңдөйчөлөрдүн которулушу жүрүп, көңдөйчөлүү өткөрүмдүүлүк пайда болот. Негизги ток ташуучулары көңдөйчөлөрдөн турган аралашмалуу жарым өткөргүчтөргө ***p*-түрдөгү жарым өткөргүчтөр** дейилет. Мындай жарым өткөргүчтөрдө электрондор негизги эмес заряд ташуучулар эсептелет.

1. Кандай өзгөчөлүгү боюнча аларды жарым өткөргүчтөр деп аташкан?

2. Электрон өткөрүмдүүлүк кандай бөлүкчөлөрдүн кыймылы менен байланыштуу?

3. Электрон менен көңдөйчө жолукканда кандай кубулуш жүрөт?

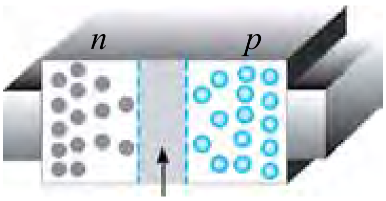
4. Эмне себептен жарым өткөргүчтүн каршылыгы ага киргизилген аралашмадан көз каранды?

5. Акцептор аралашмалуу жарым өткөргүчтө кандай заряд ташуучулар негизги эсептелет?

Д. И. Менделеевдин химиялык элементтер мезгилдүү системасы жадыбалын ал. Андан III жана Б топтон аралашма иретинде иштетсе болгон элементтерди жазып ал. IV топтогу жарым өткөргүч менен аралашмалуу жарым өткөргүчтүн пайда болуу чиймесин чий.

44-тема. ЖАРЫМ ӨТКӨРГҮЧТҮҮ АСПАПТАР (ДИОД, ТРАНЗИСТОР) ЖАНА АЛАРДЫН ТЕХНИКАДА КОЛДОНУЛУШУ

Кандайдыр жарым өткөргүчтүн кристаллынын бир жагында *n*-түрдөгү, экинчи жагында *p*-түрдөгү жарым өткөргүчтү алалы (9.8-сүрөт). Жарым өткөргүчтүн ортоңку бөлүгүндө эркин электрондор заматта бош көңдөйчөлөрдү толтурат. Натыйжада жарым өткөргүчтүн ортоңку бөлүгүндө заряд ташуучулар жок зона пайда болот. Бул зонанын касиети диэлектриктикиндей болот.



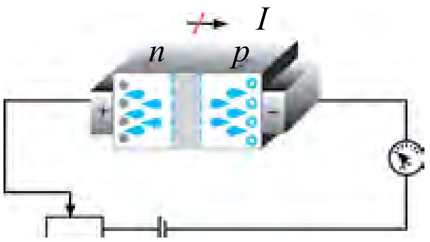
9.8-сүрөт.

Ошондуктан бул зона мындан ары электрондордун *p*-зонага, көңдөйчөлөрдүн *n*-зонага өтүшүнө тоскоолдук кылат. Ошондуктан ага **туюктоочу катмар** дейилет.

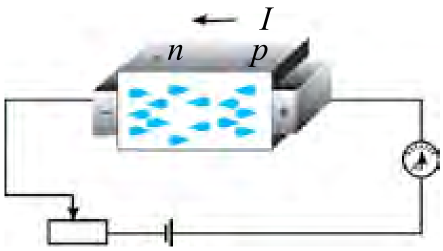
Бул жарым өткөргүчтү ток булагына туташтыралы. Адегенде жарым өткөргүчтүн *p*-зонасын булактын терс уюлуна, *n*-зонасын булактын оң уюлуна туташтыралы (9.9-сүрөт).

Мында электрондор булактын оң уюлуна, көңдөйчөлөр булактын терс уюлуна тартылат. Натыйжада туюктоочу катмар кеңеет. Жарым өткөргүч аркылуу дээрлик ток өтпөйт. Мындай абалга ***тескери p–n өтүү*** деп аталат.

Эми жарым өткөргүчтүн *p*-зонасына булактын оң уюлун, *n*-зонасына булактын терс уюлун туташтыралы. Мында электрондор *n*-зонадан түртүлүп, *p*-зонага тартылат.



9.9-сүрөт



9.10-сүрөт

Көңдөйчөлөр болсо *p*-зонадан түртүлүп, *n*-зонага тартылат. Натыйжада туюктоочу катмар тараят жана андан заряд ташуучулар өтө баштайт (9.9-сүрөт). Жарым өткөргүчтөн ток өтөт. Мындай абалга ***түз p–n өтүү*** дейилет. Түз *p–n* өтүүдө жарым өткөргүчтүн электр каршылыгы, тескери *p–n* өтүүгө салыштырмалуу бир нече эсе кичине болот. Жарым өткөргүчтө *p–n* өтүү себептүү ток бир багытта гана өтөт. Анын бул өзгөчөлүгүнөн жарым өткөргүчтүү аспаптарда пайдаланылат.

Жарым өткөргүчтүү диод.

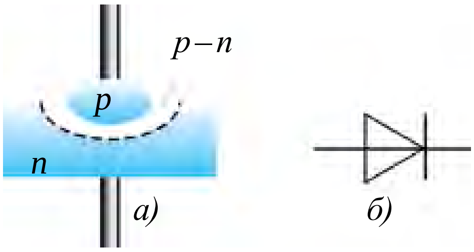
Жарым өткөргүчтөрдө *p–n* өтүүнү пайда кылуу үчүн *p* жана *n* өткөрүмдүүлүккө ээ болгон эки жарым өткөргүчтү механикалык түрдө туташтыруу жетиштүү болбойт. Анткени мында алардагы аралык чоң болот. *p* жана *n* өтүүдөгү калыңдык атомдор аралык дистанцияга тең деңгээлде кичине болушу керек. Ошондуктан донор аралашмага ээ болгон германийдин монокристаллдуу беттеринен бирине индий ширетилет. Диффузия кубулушу себептүү индийдин атомдору германий монокристаллынын ичине кирет. Натыйжада германийдин бетинде *p*-түрдөгү өткөрүмдүүлүккө ээ зона пайда болот. Германий

монокристаллынын индийдин атомдору кирбеген зонасы мурдагыдай *n*-түрдөгү өткөрүмдүүлүккө ээ болот. Аралык зонада *p–n* өтүү пайда болот (9.11 *а*-сүрөт).

Бир *p–n* өтүүгө ээ болгон жарым өткөргүчтүү аспапка **жарым өткөргүчтүү диод** дейилет.

Жарым өткөргүчтүү диодго жарык, аба жана тышкы электр, магнит талааларынын таасирлерин азайтуу үчүн германийдин кристаллы герметикалык туюк металл кабыкка жайлаштырылат.

Жарым өткөргүчтүү диоддун шарттуу белгиси 9.11 *б*-сүрөттө келтирилген.

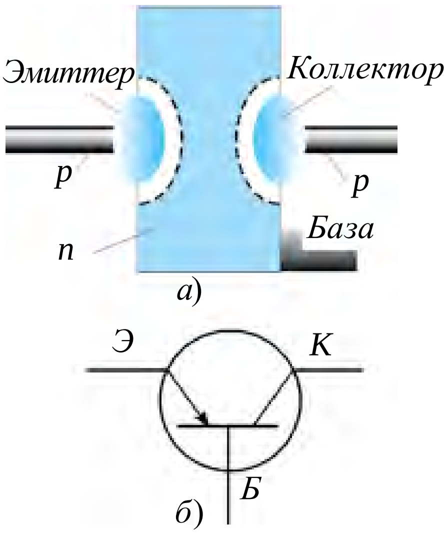


9.11-сүрөт.

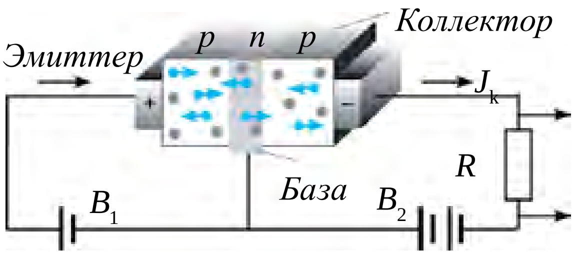
Транзистор жөнүндө түшүнүк.

Эки *p–n* өтүүгө ээ жарым өткөргүчтүү системага **транзистор** дейилет. Транзистордун жардамында электр термелүүлөрү алынат, жөнгө салынат жана күчөтүлөт.

Транзисторду даярдоо үчүн электрон өткөрүмдүүлүккө ээ болгон германий кристаллынын эки жагына индий ширетилет. Германий кристаллынын калыңдыгы абдан кичине болот (бир нече микрометр). Ошол катмар транзистордун негизи, б. а. **базасы** деп аталат (9.12 *а*-сүрөт).



9.12-сүрөт.



9.13-сүрөт.

Анын көңдөйчөлүү өткөрүмдүүлүккө ээ болгон эки тарабынан чыгарылган учтарына **эмиттер жана коллектор** дейилет. Мындай түрдөгү транзисторго *p–n–p* **структуралуу транзистор** дейилет (9.12 *а*-сүрөт).

Транзистордун эмиттер зонасындагы көңдөйчөлөр концентрациясы, базадагы электрондордун концентрациясына караганда бир нече эсе чоң кылып даярдалат. Транзистордун шарттуу белгиси 9.12 *б*-сүрөттө келтирилген. Транзистордун иштешин көрөлү (9.13-сүрөт).

Эмиттер–база аралыгына туташкан B_1 батареянын чыңалуусу түз *p–n* өтүүнү пайда кылат. Коллектор–база аралыгындагы B_2 батарея тескери *p–n* өтүүнү пайда кылат. Анда коллектордо ток кандайча алынат? База–эмиттер аралыгына коюлган чыңалуунун таасиринде көңдөйчөлөр базага кирип келет. Базанын калыңдыгы абдан кичине болгондугу жана анда электрондордун концентрациясы аз болгондугу үчүн көңдөйчөлөрдүн өтө аз бөлүгү электрондорго биригет. Көптөгөн көңдөйчөлөр болсо коллектордун зонасына өтүп калат.

Коллекторго B_2нин терс уюлу туташкандыктан көңдөйчөлөр ага тартылып, коллектор тогун пайда кылат. Эмиттер–база чынжырындагы ток күчү, эмиттер–коллектор багытындагы ток күчүнөн кыйла кичине болот. Эмиттер–база багытындагы ток күчү өзгөрсө, эмиттер–коллектор багытында өтүп жаткан ток күчү да өзгөрөт. Ошондуктан транзистордон өзгөрмө ток сигналдарын күчөтүүдө пайдаланылат.

Транзисторду даярдоодо база иретинде *p*-түрдөгү жарым өткөргүч алынышы да мүмкүн. Анда эмиттер жана коллектор зонасы *n*-түрдөгү жарым өткөргүчтөн даярдалат. Мындай транзисторго ***n–p–n*** **структуралуу транзистор** дейилет.

Мындай түрдөгү транзисторлордун иштеш принциби *p–n–p* түрдөгү транзистордон айырмаланбайт. Бул транзистордо токтун багыты коллектордон эмиттер жакка гана болот.

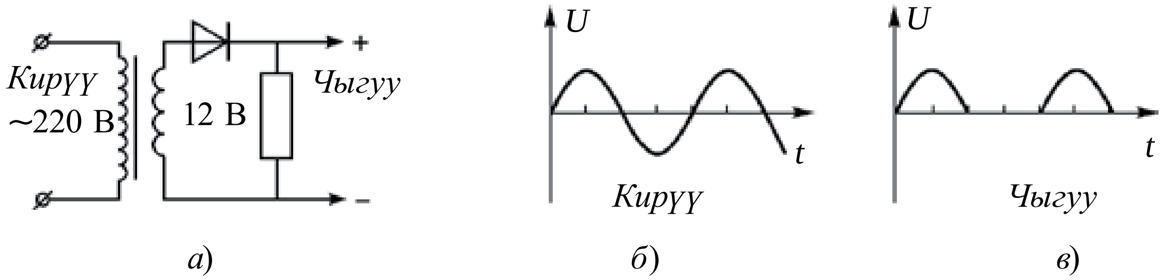
Интегралдык микросхемалар*

Өткөн кылымдын 70-жылдарында он сумдук тыйындай келген жарым өткөргүч материалдын бөлүгүнө миңдеген микроскопиялык транзисторлор жайлаштырылган микросхемалар жаратылды. Аларда транзисторлор менен кошо диоддор, конденсаторлор, резисторлор жана башка радиоэлектрондук элементтер да жайлаштырылгандыктан, ал **интегралдык микросхема** деп аталды. Бул ачылыш чакан көлөмдүү татаал схемаларды жайлаштыруу жана стол компьютерлерин жаратуу мүмкүнчүлүгүн туудурду. Баштап радиоэлементтер жарым өткөргүчтүн бетинде жайлашкан болсо, кийинчерээк алар бүткүл көлөм боюнча жаратыла башталды. Алар **микрочипт**ер деп аталды. Микрочиптердин негизинде кол телефондору, алып жүрүлө турган компьютер (Ноутбук) жана у. с. чакан радиоэлектрондук курулмалар жасалууда. Учурда тырмактай келген микрочипте жүз миллиондогон транзистор жана радиоэлементтер жайлаштыруулуда. Бул деген, радиоэлементтин өлчөмү $\approx 10^{-9}$ м айланасында дегенге жатат. 10^{-9} м бир нанометрге

барабар. Ошондуктан мындай микросхемаларды долбоорлоо, жасоо иштери менен алектенген тармакка **нанотехнология** дейилет.

Бул тармакты үйрөнүү жана аларды өркүндөтүү, эң мурда, эң жөнөкөй электр-техникалык курулмаларды жасоодон жана иштешин үйрөнүүдөн башталат.

Өзгөрмө токту туруктуу токко айландырып берген түзөткүч. Белгилүү болгондой, телевизор, радиоприёмник жана ушул сыяктуу аспаптарды күндөлүк турмушта өзгөрмө 220 В туу тармакка туташтырып иштетебиз. Бирок аны түзгөн диод, транзистор сыяктуу жарым өткөргүчтүү аспаптар болсо туруктуу токтун булагына туташтырылышы керек. Демек, бул аспаптарда өзгөрмө токту туруктуу токко айландырып берген өз алдынча бөлүгү болушу керек. 9.14-сүрөттө мына ушундай курулманын жөнөкөй схемасы келтирилген.



9.14-сүрөт.

Бул схемада трансформатордун биринчилик оромуна өзгөрмө 220 В чыңалуу берилгенде, экинчилик оромунан 12 В алынат. Жарым өткөргүчтүү диод чыңалуунун оң жарым мезгилинде токту өткөрөт. Терс жарым мезгилинде болсо өткөрбөйт. Ошондуктан бул схемадагы курулмага **бир жарым мезгилдүү түзөткүч** дейилет.

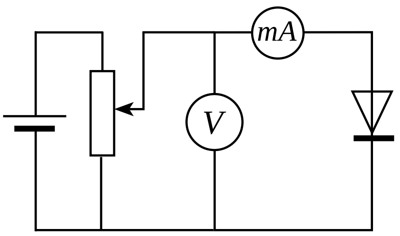
Түзөткүчтүн кириши жана схемадагы чыңалуу формалары 9.14 *б* жана *в*-сүрөттө келтирилген. Сүрөттөн көрүнүп тургандай, схемада чыңалуунун жарымынан гана пайдаланылат. Мындан тышкары, анын чоңдугу да күчтүү өзгөрөт. Ошондуктан эки жарым мезгилдүү түзөткүч колдонулат.

1. *Жарым өткөргүчтүү диод эмне себептен токту бир жакка гана өткөрөт?*
2. *p–n өтүү деген эмне?*
3. *Жарым өткөргүчтүн каршылыгы p–n өтүүдөн кандайча көз каранды?*
4. *Транзистордо түз жана тескери p–n өтүүлөр кайсы зоналарда жүрөт?*
5. *p–n–p жана n–p–n түрдөгү транзисторлор эмнеси менен айырмаланат?*

45-тема. ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ: ЖАРЫМ ӨТКӨРГҮЧТҮҮ ДИОДДУН ВОЛЬТ–АМПЕРДИК МҮНӨЗДӨМӨСҮН ҮЙРӨНҮҮ

Иштин максаты. Жарым өткөргүчтүү диоддон өткөн ток күчүнүн коюлган чыңалуудан көз карандылыгын үйрөнүү.

Керектүү аспаптар: 1) жарым өткөргүчтүү диод (колодкада); 2) туруктуу ток булагы (36–42 В); 3) үзүп-туюктагыч; 4) өткөргүч зымдары; 5) миллиамперметр; 6) реостат; 7) вольтметр.



9.15-сүрөт.

Жумуштун аткарылышы:

1. Керектүү аспаптар чогултулуп, 9.15-сүрөттөгү чийме боюнча электр чынжыры жыйналат.

2. Реостаттын кулагын бурап, чыгууда 0 В болгон абал орнотулат.

3. Үзүп-туюктагыч туташтырылат.

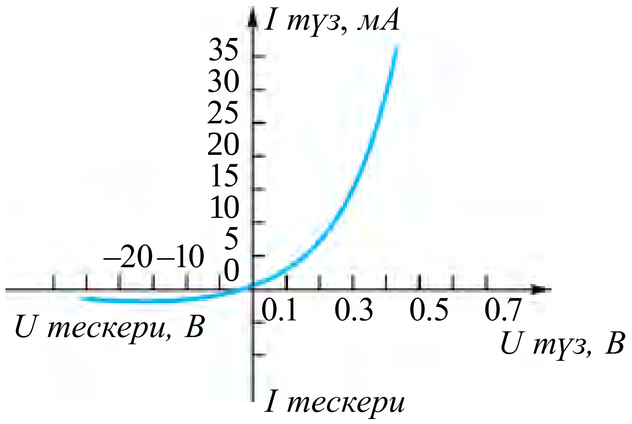
4. Реостаттын кулагын бурап, тышкы чынжырга берилген чыңалуу акырын чоңойтулат. Вольтметр менен амперметрдин көрсөткүчтөрү жазылат.

5. Өлчөөнүн натыйжалары жадыбалга киргизилет.

***U*, В**							
***I*, А**							

6. Ток булагынын уюлдары алмаштырылат жана тажрыйба кайталанат.

7. Натыйжалар боюнча жарым өткөргүчтүү диоддон өткөн ток күчүнүн коюлган чыңалуудан көз карандылык графиги чийилет.



9.16-сүрөт.

8. Жарым өткөргүчтүү диоддон түз *p–n* өтүү жана тескери *p–n* өтүү багытында өтүп жаткан ток күчүнүн коюлган чыңалуудан көз карандылыгы 9.16-сүрөттөгү графикте келтирилген.

Диодго тескери багыттагы чыңалуу коюлганда диоддун паспортунда жазылган маанисинен чоң чыңалууну коюуга болбойт.

1. Диод түз туташкан абалда ток күчүнүн коюлган чыңалуудан көз карандылыгы түз сызыктан турбастыгына көңүл бур жана себебин түшүндүрүүгө аракеттен.

2. Эмне себептен тескери багытта чыңалуу коюлса, андан ток өтөт?

3. Алынган маалыматтардан пайдаланып, диоддун түз жана тескери өтүү багыттары үчүн электр каршылыктарын эсепте.

9-көнүгүү

1. Жез стерженден 0,5 с бою тыгыздыгы 9 А/мм^2 болгон ток өткөндө анын температурасы кандайча өзгөрөт? Жездин салыштырма каршылыгы $1{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ом · м, тыгыздыгы 8900 кг/м^3, салыштырма жылуулук сыйымдуулугу 380 Ж/(кг K) (*Жообу*: 0,20 °С).

2. Ниобийден жасалган спираль 100 °С ка ысытылса, анын салыштырма каршылыгы канча эсе өзгөрөт? Ниобий үчүн $\alpha = 0{,}003$ K^{-1} (*Жообу*: 1,3 эсе чоңоёт).

3. Никелин зымдын 20 °С тагы каршылыгы 20 Ом го барабар болчу. Ал 120 °С ка чейин ысытылса, каршылыгы эмнеге барабар болот? Никелин үчүн $\alpha = 0{,}0001$ K^{-1}.

4. Вакуумдуу диоддо электрон анодго 8 Мм/с ылдамдык менен жетип барат. Анод чыңалуусун тап (*Жообу*: 180 В).

5. Вакуумдуу диоддо аноддогу максималдуу токтун күчү 50 мА ге барабар болду. Катоддон секунд сайын канча электрон учуп чыгууда? (*Жообу*: $3{,}1 \cdot 10^{17}$).

6. Жарым өткөргүчтөрдө оң ион менен көңдөйчөнүн ортосунда айырма барбы?

7. Эмне себептен тышкы шарттар өзгөрбөгөн түрдө электрон-көңдөйчө жуптугу тынымсыз пайда болуп турганы менен, жарым өткөргүчтө эркин заряд ташуучулардын саны өзгөрбөйт?

8. Германийге фосфор, цинк, калий киргизилсе, кандай түрдөгү өткөрүмдүүлүк алынат?

9. Эмне себептен бирдей чыңалууда түз *p–n* өтүүдөгү ток, тескери өтүүдөгү токко салыштырмалуу кыйла чоң болот?

10. Термистордун (каршылыгы температура боюнча өзгөргөн жарым өткөргүчтүү аспаптын) учуна удаалаш түрдө 1 кОм дуу каршылык туташтырылып, ага 20 В чыңалуу берилди. Бөлмөнүн температурасында чынжырдагы токтун күчү 5 мА болчу. Термистор ысык суугa салынганда андан өткөн токтун күчү 10 мА болуп калды. Термистордун каршылыгы канча эсе азайган? (*Жообу*: 3 эсе).

IX главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору

Сүйлөмдү толтур. Металлдардын ысышы себептүү алардан электрондун учуп чыгуу кубулушуна ... дейилет.

A) ... термоэлектрондук эмисссия...; B). ..электрондук эмиссия...;
C) .... чыгуу жумушу...; D) ...каныккан ток....

2. Вакуумдагы электр тогунун табияты эмнеден турат?

A) электрондор агымынын бир жакка кыймылынан;
B) оң иондордун бир жакка кыймылынан;
C) терс иондор агымынын бир жакка кыймылынан;
D) электрондордун, оң жана терс иондордун бир жакка кыймылынан турат.

3. Донор аралашмалуу жарым өткөргүчтөр кандай түрдөгү өткөрүмдүүлүккө ээ?

A) негизинен электрондук өткөрүмдүүлүккө;
B) негизинен көзөнөктүү өткөрүмдүүлүккө;
C) бирдей санда электрондук жана көзөнөктүү өткөрүмдүүлүккө;
D) электр тогун өткөрбөйт.

4. Нукура жарым өткөргүчтөн электрондордун иреттүү кыймылы себептүү 1 мА ток өтүп жатат. Жарым өткөргүчтөн өтүп жаткан толук токтун күчү эмнеге барабар?

A) I мА; B) 2 мА; C) 0,5 мА; D) 0.

5. Сүйлөмдү улант. “Температуранын чоңоюшу менен жарым өткөргүчтүн каршылыгы...”

A) ... чоңоёт; B) ... баштап чоңоёт, андан кийин азаят;
C) ... азаят; D) ... баштап азаят, андан кийин чоңоёт.

6. Жарым өткөргүчтө көзөнөк менен электрон жолукканда эмне алынат?

A) оң ион; B) нейтралдуу атом;

C) терс ион; D) оң жана терс иондор.

7. Аралашмалуу өткөрүмдүүлүк кандай бөлүкчөлөрдүн кыймылы менен байланышкан?

A) негизинен эркин электрондор;

B) негизинен көңдөйчөлөр;

C) барабар сандагы эркин электрондор жана көңдөйчөлөр;

D) түрдүү сандагы эркин электрондор же көңдөйчөлөр.

8. “Түз *p–n* өтүүдө жарым өткөргүчтөгү туюктоочу катмар ...” Сүйлөмдү улант.

A) ... кеңеет;

B) ... тараят;

C) ... өзгөрбөстөн калат;

D) ... чыңалуунун чоңдугу боюнча сызыктуу өзгөрөт.

9. Коваленттик байланышта канча электрон катышат?

A) 1; B) 2; C) 3; D) 4.

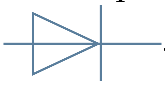
10. *n–p–n* түрдөгү транзистордун базасына эмиттерге салыштырмалуу кандай белгидеги потенциал берилгенде транзистордон ток өтөт?

A) оң; C) нөл;

B) терс; D) кандай белгиде берилишинин мааниси жок.

IX главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар

Термоэлектрондук эмиссия	Металлдардын ысышы себептүү алардан электрондун учуп чыгуу кубулушу.
Вакуумда электр тогу	Электрондордун иондор агымынын бир жакка кыймылынан турат.
Эки электроддуу электрондук лампа	Анод жана катоддон турган вакуумдуу лампа–диод.
Каныккан ток	Катоддон учуп чыккан бардык электрондор анодго жетип барганда анод тогунун өзгөрүүсүз калышы.
Богуславский-Ленгмюр формуласы	$I_a = kU^{3/2}$. Вакуумдуу диоддон өткөн ток күчүнүн аноддук чыңалуудан көз карандылыгы.
Металл өткөргүчтөр каршылыктарынын температурадан көз карандылыгы	$R=R_0(1+\alpha t)$; R_0 -0°C та өткөргүчтүн каршылыгы; $R-$ t температурадагы каршылык, $\alpha-$каршылыктын температуралык коэфициенти.
Өтө өткөрүмдүүлүк	Температуранын төмөндөшү менен өткөргүч каршылыгынын кескин азайып, нөлгө түшүп калышы.
Электрон өткөрүмдүүлүк (*n*-түрдөгү өткөрүмдүүлүк)	Эркин электрондордун которулушу себептүү жарым өткөргүчтө токтун пайда болушу.
Көңдөйчөлүү өткөрүмдүүлүк (*p* – түрдөгү өткөрүмдүүлүк)	Коваленттик байланышта электрондун жетишсиздиги себептүү пайда болгон бош орунга көңдөйчө дейилет. Электр талаасынын таасиринде көңдөйчөлөрдүн которулушу себептүү жарым өткөргүчтө көңдөйчөлүү өткөрүмдүүлүк жүрөт.
Жарым өткөргүчтөрдө өзгөчө өткөрүмдүүлүк	Жарым өткөргүчтөн бирдей санда эркин электрондор менен көңдөйчөлөрдүн которулушу себептүү электр тогун өткөрүшү.
Донорлуу аралашмалар	Нукура жарым өткөргүчкө кошулганда оңой эле электронун берген аралашмалар. Мында *n*-түрдөгү өткөрүмдүүлүк алынат.

Акцепторлуу аралашмалар	Нукура жарым өткөргүчкө кошулганда коваленттик байланыш үчүн бир электрондун жетишсиздигинен көңдөйчө пайда кылган аралашмалар. Мында *р*-түрдөгү өткөрүмдүүлүк алынат.
Туюктоочу катмар	Бир жагы *n*-түрдөгү, экинчи жагы *р*-түрдөгү жарым өткөргүчтүн чегинде алына турган заряддуу бөлүкчөлөр болбогон зона.
Түз *р–n* өтүү	Бир жагы *n*-түрдөгү, экинчи жагы *р*-түрдөгү жарым өткөргүчтө *р*-зонасы булактын оң уюлуна, *n*-зонасы терс уюлуна туташканда туюктоочу катмар жукарып, токтун өтүшү.
Тескери *р–n* өтүү	Бир жагы *n*-түрдөгү, экинчи жагы *р*-түрдөгү жарым өткөргүчтө *р*-зонасы булактын терс уюлуна, *n*-зонасы булактын оң уюлуна туташканда туюктоочу катмар кеңейип, токтун өтпөстүгү.
Жарым өткөргүчтүү диод	Бир *р–n* өтүүгө ээ болгон жарым өткөргүчтүү аспап. Шарттуу белгиси .
Транзистор	Эки *р–n* өтүүгө ээ болгон жарым өткөргүчтүү аспап. *р–n–р* жа*на n–р–n* структураларда болот.
Интегралдык микросхема (ИМС)	Электр чынжыры абдан жогору деңгээлде тыгыздашып туташкан элементтерден турган микроэлектрондук курулма. ИМСга туташкан элементтердин саны ~10^6 ге чейин болот.

ПАЙДАЛАНЫЛГАН АДАБИЯТТАР

1. Физика: Механика. 10 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики/ *М.М. Балашов* и др.; под ред. *Г.Я. Мякишев*а.–5-е изд.стереотип.–М.: “Дрофа”, 2002. – 496 с.: ил.
2. Физика: Электродинамика. 10–11 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики/ *Г.Я. Мякишев, А.З. Синяков, Б. А. Слободскова.*–4-е изд. стереотип.–М.: “Дрофа”, 2002.–480 с.: ил.
3. Физика. 10 кл.: Учеб. для общеобразоват. учеб.заведений.–4-е изд. стереотип.–М.: “Дрофа”, 2001.–416 с.: ил.
4. *N.Sh. Turdiyev.* Fizika. Fizika fani chuqur o‘rganiladigan umumta’lim maktablarining 7-sinfi uchun darslik.–T.: Gafur G‘ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2016.
5. *N.Sh. Turdiyev.* Fizika. Umumta’lim maktablarining 8-sinfi uchun darslik. – T.: “Turon-Iqbol”, 2006.
6. Ўзбекистон Миллий энциклопедияси.–Т.: “Ўзбекистон Миллий энциклопедияси” Давлат илмий нашриёти, 2004.
7. Физика. Энциклопедия/ под. ред. *Ю.В. Прохорова.*–М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 944 с.
8. *A. No‘monxojayev* va b. Fizika I. – T.: “O‘qituvchi” – 2002. –400 b.
9. *A. No‘monxo‘jayev* va b. Fizika II.– T.: “O‘qituvchi” – 2003. –414 b.
10. *A. No‘monxo‘jayev* va b. Fizika III.– T.: “O‘qituvchi” – 2001. –352 b.
11. *K.A. Tursunmetov, A.M. Xudoyberganov.* Fizikadan praktikum.– T.: “O‘qituvchi” 2003.
12. *K.A. Tursunmetov* va b. Fizikadan masalalar to‘plami.– T.: “O‘qituvchi” 2004.
13. *K.A. Tursunmetov* va b. Fizika. Ma’lumotnoma.– T.: “O‘zbekiston”. 2016.–202 b.
14. *K. Suyarov, Sh. Usmonov, J. Usarov.* Fizika (Mexanika). 1-kitob. O‘qituvchiga yordamchi qo‘llanma: T.: “Yangi nashr” nashriyoti, – 2010.
15. *A.G. Ganiyev, A. K. Avliyoqulov, G. A. Alimardonova.* Fizika. I gism. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik. – T.: “O‘qituvchi” 2012. – 400 b.
16. *A.G. Ganiyev, A. K. Avliyoqulov, G. A. Alimardonova.* Fizika. II gism. Akademik litsey va kasb-hunar kollejlari uchun darslik. – T.: “O‘qituvchi” 2013. – 208 b.
17. *К. Суяров, А. Хусанов, Л. Худойбердиев.* Физика. Механика ва молекуляр физика./ I китоб. – T.: “O‘qituvchi”. – 2002.
18. *L. Xudoyberdiyev, A. Husanov, A. Yunusov, J. Usarov.* Fizika. Elektrodinamika. Elektromagnit tebranishlar 2-kitob. – T.: “O‘qituvchi” NMIU. – 2004.

МАЗМУНУ

МЕХАНИКА 3
1-тема. Физиканын изилдөө методдору 3

I глава. КИНЕМАТИКА 5
2-тема. Механикалык кыймылдын түрлөрү. Кыймылдардын эркиндик принциби 5
3-тема. Телолордун вертикалдуу кыймылы 7
4-тема. Айлана боюнча бир калыпта эмес кыймыл. Бурчтук ылдамдануу. Тангенциалдык ылдамдануу. 10
5-тема. Айланма жана алга умтулма кыймылды өз ара берүү 14
6-тема. Горизонталдуу атылган телонун кыймылы 16
7-тема. Горизонтко кыйшык атылган телонун кыймылы 18
8-тема. Лабораториялык иш: Горизонтко кыйшык атылган телонун кыймылын үйрөнүү. 22
I главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору 24
I главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар 25

II глава. ДИНАМИКА 28
9-тема. Динамиканын мыйзамдары 28
10-тема. Галилейдин салыштырмалуулук принциби. Инерциялык жана инерциялык эмес эсеп системалары 32
11-тема. Гравитациялык талаада кыймыл 35
12-тема. Тело оордугунун кыймылдын түрүнөн көз карандылыгы 37
13-тема. Телонун бир нече күч таасириндеги кыймылы 40
II главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору 44
II главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар 45

III глава. МЕХАНИКАДА САКТАЛУУ МЫЙЗАМДАРЫ 47
14-тема. Энергия жана жумуш. Энергиянын сакталуу мыйзамы. Телонун жантайма боюнча аракетинде аткарылган жумуш 47
15-тема. Лабораториялык иш: Жантаймада пайдалуу аракет коэффициентин аныктоо 51
16-тема. Телолордун абсолюттук серпилгич жана серпилгич эмес кагылышуусу 53
III главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору 56
III главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар 58

IV глава. СТАТИКА ЖАНА ГИДРОДИНАМИКА 59
17-тема. Телолордун тең салмактуулукта болушунун шарттары 59
18-тема. Моменттер эрежесине негизденип иштеген механизмдер 62
19-тема. Айланма кыймылдын динамикасы 65
20-тема. Суюктуктун жана газдардын кыймылы, агымдын үзгүлтүксүздүк теоремасы. Бернуллинин теңдемеси 68
21-тема. Суюктуктун динамикалык басымы дегенде эмнени түшүнөсүң? 71
IV главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору 75
IV главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар 76

V глава. МЕХАНИКАЛЫК ТЕРМЕЛҮҮЛӨР ЖАНА ТОЛКУНДАР ... 78
22-тема. Гармониялык термелүүлөр ... 78
23-тема. Пружиналуу жана математикалык маятниктер ... 81
24-тема. Лабораториялык иш: Математикалык маятниктин жардамында эркин түшүү ылдамдануусун аныктоо ... 85
25-тема. Аргасыз термелүүлөр. Техникада резонанс ... 86
26-тема. Механикалык толкундардын чөйрөлөрдө таралышы. Ультра жана инфра үндөрдөн турмушта жана техникада пайдалануу ... 90
V главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору ... 95
V главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар ... 96

VI глава. ТЕРМОДИНАМИКАНЫН НЕГИЗДЕРИ ... 98
27-тема. Жылуулук жараяндарынын кайтпастыгы. Термодинамиканын мыйзамдары ... 98
28-тема. Адиабата жараяны. Жылуулук машинасынын пайдалуу аракет коэффициенти. Карно цикли ... 102
29-тема. Азамзаттын турмушунда жылуулук кыймылдаткычтарынын мааниси. Жылуулук кыймылдаткычтары жана экология ... 106
VI главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору ... 112
VI главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар ... 112

VII глава. ЭЛЕКТР-ДИНАМИКА ... 114
30-тема. Заряддын сакталуу мыйзамы. Чекиттик заряддын талаасы. Электр талаа чыңалгандыгынын суперпозиция принциби ... 114
31-тема. Заряддалган шардын электр талаасы. Диэлектрик кабылдоочулук ... 118
32-тема. Чекиттик заряд талаасынын потенциалы. Потенциалдар айырмасы ... 120
33-тема. Электростатикалык талаада зарядды которууда аткарылган жумуш ... 123
34-тема. Электр талаасынын энергиясы ... 125
VII главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору ... 129
VII главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар ... 130

VIII глава. ТУРУКТУУ ТОКТУН МЫЙЗАМДАРЫ ... 132
35-тема. Электр өткөрүмдүүлүк. Ток күчүнүн чыңалуудан көз карандылыгы ... 132
36-тема. Ток күчү жана токтун жыштыгы. Электр тогунун таасирлери ... 136
37-тема. Жалпы чынжыр үчүн Ом мыйзамы. Ток булагынын пайдалуу аракет коэффициенти ... 138
38-тема. Ток булактарын удаалаш жана параллель туташтыруу ... 141
39-тема. Амперметр жана мольтметрдин өлчөө чегин жогорулатуу ... 145
40-тема. Лабораториялык иш: Ток булагынын ЭКК жана ички каршылыгын аныктоо ... 147
VIII главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору ... 149
VIII главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар ... 150

IX глава. ТҮРДҮҮ ЧӨЙРӨЛӨРДӨ ЭЛЕКТР ТОГУ ... 152
41-тема. Вакуумда электр тогу ... 152
42-тема. Металл өткөргүчтөр каршылыгынын температурадан көз карандылыгы ... 154
43-тема. Жарым өткөргүчтөрдө өзгөчө өткөрүмдүүлүк. Аралашмалуу өткөрүмдүүлүк ... 157
44-тема. Жарым өткөргүчтүү аспаптар (диод, транзистор) жана алардын техникада колдонулушу ... 161
45-тема. Лабораториялык иш: Жарым өткөргүчтүү диоддун вольт-ампердик мүнөздөмөсүн үйрөнүү ... 166
IX главаны жыйынтыктоо боюнча тест суроолору ... 168
IX главада үйрөнүлгөн эң маанилүү түшүнүк, эреже жана мыйзамдар ... 170

ПАЙДАЛАНЫЛГАН АДАБИЯТТАР ... 172

Ф49 Физика. Орто билим берүү мекемелеринин 10-класс окуучулары үчүн окуу китеби /Н.Ш.Турдиев, К.А.Турсунметов, А.Г.Ганиев, К.Т.Суяров, Ж.Э.Усаров, А.К.Авлиякулов. – Т.: "Niso Poligraf" басма үйү, 2017.–176 б.

ISBN 978-9943-4868-1-2

УЎК: 53(075.3)
КБК 22.3я721

O'quv nashri

Narziqul Sheronovich Turdiyev, Komiljon Axmetovich Tursunmetov, Abduqahhor Gadoyevich Ganiyev, Kusharbay Tashbayevich Suyarov, Jabbor Eshbekovich Usarov, Abdurashit Karimovich Avliyoqulov

FIZIKA

O'rta ta'lim muassasalarining 10-sinflari uchun darslik

(Qirg'iz tilida)

1-nashri

Жооптуу редактору *З. Сангирова*

Которгон *А. Зулпихаров*
Редактору *А. Зулпихаров*
Сүрөттөрдүн редактору *Ж. Гурова*
Техникалык редактору *Д. Салихова*
Компьютерде даярдаган *Б. Бабаходжаева*

Оригинал-макет «NISO POLIGRAF» басма үйүндө даярдалды.
Ташкент вилояти, Орто Чырчык району, «Ак-Ата» АЖЖ,
Машъал махалласи, Марказий көчөсү, 1-үй.

Лицензиянын номери AI №265.24.04.2015.
Басууга 2017-жыл 12-октябрда уруксат этилди. Форматы 70×100 $^1/_{16}$.
Офсеттик кагаз. «Times New Roman» гарнитурасы. Кегель 12,5.
Шарттуу басма табагы 12,87. Эсеп басма табагы 12,76.
Нускасы 788. 186-сандуу келишим. 17-630-сандуу буюртма.

Өзбекстан Басма сөз жана маалымат агенттигинин «O'zbekiston» басма-полиграфиялык чыгармачылык үйүнүн басмаканасында басылды. 100011, Ташкент шаары, Навоий көчөсү, 30-үй.

Ижарага берилген окуу китебинин абалын көрсөтүүчү жадыбал

№	Окуучунун аты жана фамилиясы	Окуу жылы	Окуу китебинин алган кездеги абалы	Класс жетекчи-синин колу	Окуу китебинин тапшырылып жаткандагы абалы	Класс жетекчи-синин колу
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Окуу китеби ижарага берилип, окуу жылынын аягында кайтарып алынганда жогорудагы жадыбал класс жетекчиси тарабынан төмөнкүчө баалоо критерийлери боюнча толтурулат:

Жаңы	Окуу китебинин биринчи жолу пайдаланууга берилгендеги абалы.
Жакшы	Мукабасы бүтүн, окуу китебинин негизги бөлүгүнөн ажыраган эмес. Бардык барактары бар, жыртылбаган, беттеринде жазуу-чийүүлөр жок.
Канааттан-дырарлык	Мукабасы эскирген, бир аз чийилген, четтери жыртылган, окуу китебинин негизги бөлүгүнөн бир аз ажыраган, пайдалануучу тарабынан канааттандырарлык даражада иретке келтирилген. Кээ бир беттерине чийилген.
Канааттан-дырарлык эмес	Мукабага чийилген, жыртылган, негизги бөлүгүнөн ажыраган же таптакыр жок, канааттандырарлык эмес деңгээлде калыбына келтирилген. Беттери жыртылган, барактары жетишсиз, чийип, боёп ташталган. Окуу китеби жараксыз.