5 3
С-58

И. И. СОКОЛОВ

ФИЗИКА КУРСУ

ОРТО МЕКТЕПТИН 8-КЛАССЫ ҮЧҮН
ОКУУ КИТЕБИ

1-бөлүк

Фрунзе
КЫРГЫЗМАМБАС
1956

Проф. И. И. СОКОЛОВ

Кирг
53
С58

ФИЗИКА КУРСУ

БИРИНЧИ БӨЛУК

МЕХАНИКА

ОРТО МЕКТЕПТИН 8-КЛАССЫ ҮЧҮН
ОКУУ КИТЕБИ

ОРУСЧА 10-БАСЫЛЫШЫНАН АЛЫНЫП
КЫРГЫЗЧА 4-БАСЫЛЫШЫ

Орусча оригиналын РСФСР Агартуу Министерствосу бекиткен.
Кыргызча котормосун Кыргыз ССР Агартуу Министерствосу бекиткен.

Обязательный экземпляр

Фрунзе
КЫРГЫЗМАМБАС
1950

ФИЗИКА КУРСУНА ЖАЛПЫ КИРИШ СӨЗ.

Киши жаратылыштын ичинде жашайт жана өзү жаратылыштын бир бөлүгүн түзөт. Бардык жаратылышты бүт бойдон алганда, ал түбөлүк өзгөрүп туруучу материя болот. Материянын ар бир айрым бөлүгү физикалык нерсе деп аталат. Жылдыздар, Күн, планеталар, тоо тектеринин кесектери, айрым өсүмдүктөр жана жаныбарлар, бир тамчы суу, аванын бөлүкчөсү, авада учуп жүргөн чаң жана заттын бизге маалим болгон эң майда бөлүкчөлөрү—молекулалар, атомдор, электрондор ж. б. физикалык нерсе деп саналат.

Физикалык нерселерде өзгөрүүлөр болуп турат, алар физикада кубулуш деп аталат. Стол үстүндө электр лампасынын бир орундан экинчи орунга которулушу, лампанын ичиндеги кыл аркылуу электр тогунун өтүшү, кылдын кызарышы жана анын жарык бериши—мына ушулардын барысы кубулуш болот. Чагылган жана күн күркүрөө, асманда желенин пайда болушу, электр энергиясынын аралыкка берилиши, электр энергиясын заводдордо станокторду иштетүү үчүн пайдалануу—мына ушулар да ар түрдүү кубулуштарда болот.

Шарттар жана себептер бирдей болгондо кубулуш да бирдей болот. Нерсе турган шарттар менен ошол эле шарттарда болуп өткөн кубулуш арасындагы белгилүү бир көз карандылык закон деп аталат. Бүткүл ааламдагы бардык кубулуштар закондорго ылайык, закон ченемдүүлүк менен өтүшөт.

Закондордун чогуусу жана кубулуштардын кандайда болсо бир бөлүгү үчүн ал закондорду түшүндүрүп берүү бул жөнүндөгү илимдин мазмунун түзөт.

Жаратылыштын кубулуштары абдан көп жана ар түрдүү болгондуктан, айрым илимдердин саны да абдан көп. Жаратылыштын кубулуштары ичинде кайсы бир кубулуштар кайсы нерселерде болгонуна көз каранды эмес, башкача айтканда, мындай нерселер асмандагы жарык берүүчүлөр, жер бетинин бир бөлүгү, тирүү заттар, өндүрүш куралдары болууга көз каранды эмес. Бирок нерселердин өтө чектелген чөйрөсүндө гана боло турган кубулуштар да бар.

Мисалы, аванын аракетинен, ар кандай нерсенин жерге келип түшүшүнөн, нерсени согуудан үн келип чыгуу мүмкүн, бирок сүйлөө—кишилерге гана таандык болгон кубулуш.

Физика кубулуштардын жалпы түрлөрүн: механикалык кыймылды, жылуулукту, электрди, нур чыгарууну (мунун айрым түрү—жарык болот) жана бардык нерселердин жалпы касиеттерин, түзүлүшүн үйрөтөт.

Кубулуштардын бул түрү жаратылыштын бардык нерселеринде боло тургандыктан, физика жаратылыш жөнүндөгү негизги илим болуп саналат.

„Физика“[1] деген сөз гректин фюзис деген сөзүнөн келип чыккан, бул болсо—„жаратылыш“ деген маанини берет.

Физика закондорунун жалпы мүнөзү ушул сөз менен кубатталган.

Жаратылыштын кубулуштары жөнүндөгү ар кандай илим, ошолор менен катар физика да, жаратылыш закондорун үйрөнүүнү гана өз милдети кылып алышпайт; алар адамзаттын тиричилигиндеги керектөөлөрүн канааттандыруу максатында жаратылышты үйрөнүү үчүн жана жаратылыштын өзүн өзгөртүү үчүн негиз жана каражат болуп кызмат кылууга тийиш.

Социалисттик өнөр жайлардын, транспорттун, айыл чарбасынын, согуштехникасынын илимий негиздерин жана алардын андан ары өнүгүшүн түшүнүп алуу үчүн физиканы үйрөнүү зарыл.

Үйрөнүлүп жаткан кубулуштардын мүнөзүнө жараша физика курсунун бардык мазмуну беш ири бөлүмгө бөлүнүшү мүмкүн:

1. Катуу нерселердин, суюктуктардын жана газдардын механикасы.
2. Жылуулук жана малекулалык физика.
3. Электр.
4. Нур чыгаруу (көрсөтө айтканда—жарык).
5. Заттын түзүлүшү.

---

[1] „Физика“ деген сөздү орус тилине Ломоносов киргизген.

МЕХАНИКА.

МЕХАНИКА БӨЛҮМҮНӨ КИРИШ СӨЗ.

1. Механикалык кыймыл. Бир нерсенин экинчи нерсеге карата салыштырмалуу которулушу, же болбосо бир нерсенин экинчисине карата авалынын салыштырма өзгөрүшү механикалык кыймыл деп аталат.

Механикалык кыймыл кыймылдын эң жөнөкөй формасы болуп саналат. Ошондуктан механикалык жөнөкөй кыймылды ичине алган жана механика деп аталган бөлүмү физикада биринчи орунга коюлат.

Механикалык кыймылдар абдан көп, ар түрдүү жана жаратылышта ар дайым болуп турат. Кишинин өзү да жана башка кыбырап жан сактоочулар жердин бетиндеги белгилүү орундарга салыштырганда өз авалдарын өзгөртүп турушат. Кургак жерде жүрүүчү бардык арабалар, ава жана суу кемелери, жөнөп кетүүчү жана барып жетүүчү станцияларына салыштырганда, же болбосо жердин бетиндеги бул же тигил точкага салыштырганда бир орундан экинчисине которулуп тургандыктан катташуу каражаттары болуп саналат. Шкивдердин жана иштетилип жаткан тетиктердин айланма кыймылын, станоктордогу аспаптардын илгери жана артка жылышын, штамптоочу машиналардагы буу барскандардын жана уруучу бөлүктөрүнүн көтөрүлгөнүн жана ылдый түшкөнүн, кол аспаптарынын ар кандай кыймылын, мисалы, устанын колундагы балканын иштегенин ар кандай заводдо байкоого болот.

Кайсы бир бөлүкчөлөрдүн, карап турганда көрүүгө мүмкүн болбогон кыймылдары да илим лабораторияларында үйрөнүлөт.

Мындан ары сүйлөгөндө, сөздүн баарысы механикалык кыймылга арналгандыктан „механикалык“ деген сөз айрым учурларда түшүп калуу мүмкүн.

1 а. Механиканын бөлүмдөрү. Механиканын бир бөлүгүндө механикалык кыймылдын ар кандай түрлөрү сүрөттөлүп, башкача айтканда мында кыймыл кандайча өтөт—деген суроого жооп берилет.

Механиканын бул бөлүмү кинематика деп аталат. (Бул атама

гректин кинео, бизче жылдырамын, деген маанидеги сөзүнөн келип чыккан.)

Андан кийин механика ар кайсы түрдөгү механикалык кыймылдын пайда болуу жана бар болуу себептерин түшүндүрөт, башкача айтканда, механикалык кыймылдын бул же тигил түрү эмнеликтен пайда болот, деген суроого жооп берет.

Механиканын бул бөлүмү динамика (гректин дюнамис,—бизче күч деген сөз) деп аталат.

Механиканын үчүнчү бөлүгү нерсеге аракет кылган күчтөрдүн тең салмактуулугу келип чыгуучу шарттарды текшерет. Механиканын бул бөлүгү статика (гректин статос—тике туруучу деген сөзүнөн) деп аталат.

2. Механикалык кыймылдын салыштырмалуулугу. Физикада окула турган механикалык кыймыл ар увакытта салыштырмалуу кыймыл болот.

Бул—ар увакытта бир нерсенин кыймылы, бул учурда кыймылсыз деп алынган экинчи нерсеге карата салыштырмалуу түрдө дегенге жатат.

Мисалы, кишилердин жана арабалардын бардык кыймылдары, кыймылсыз деп алынуучу, Жердин кандай да болсо бир орундарына салыштырмалуу түрдө текшерилет, чындыгында да Жердин кыймылы аркасында алар татаал кыймылдарды жасашат. Машинанын кыймылдагы бөлүктөрү бул учурларда кыймылсыз деп саналган ошол машиналардын негизине (станиналарга) карата салыштырмалуу түрдө кыймылдашат, чындыгында, машиналардын негизи (станиналары) жер менен кошо жылып турушат.

Пароходдо пассажирлердин (жүргүнчүлөрдүн) кыймылын палубага карата, аны кыймылсыз деп санап, салыштырмалуу кароого мүмкүн, чындыгында болсо, палуба өз кезеги менен суугa, жээктерге карата салыштырмалуу кыймылда турат жана ошону менен бирге бардык жердин кыймылына катышат.

Күн өзүнүн системасы, ошону менен катар Жер менен да бирге, мейкиндикте жылдыздарга салыштырмалуу түрдө жылат.

Жаратылышта кыймылда болбогон нерсе жок. Бардык нерсе кыймылда, бирок алардын бардык кыймылдары салыштырмалуу. Бир нерсенин экинчи нерсеге карата болгон салыштырмалуу кыймылын окуп үйрөнгөн кезде бул нерселердин бирөө кыймылсыз, экинчиси кыймылдоочу деп алынат. Кайсы нерсени кыймылсыз, кайсынысын кыймылдоочу деп алуу—маселенин шартына жараша болот.

Станцияда эки поезд турган кезде, пассажир олтурган поезд кыймылга келип, экинчи поезд станцияда калса, же болбосо мунун тескерисинче болсо, пассажирлерге бул поезддер бирдей жылгандай болуп сезилет, же эгер бул уакта пассажирлер поезддердин вагондорунан башка эч кандай буюмдарды көрүшпөсө анда бир поезд карама-каршы багытты көздөй жылып бара жатат деп сезиле тургандыгын ар бир поезддин пассажирлеринин бардыгы билишет.

Токарь станогунда иштелүүчү буюм кыймылсыз тургузулуп,

кескич айланса да, же болбосо кескич кыймылсыз болуп, иштөөчү буюм айланса да бирдей натийжа чыгат.

3. Салыштырмалуу тынчтык. Түрдүү нерселердин түрдүүчө болгон кыймылдарынын арасында, нерселердин салыштырмалуу аралыктары өзгөрүлбөй турган кыймылдар да бар. Мисалы, жарыш жолдордо турган эки поезд, бир багытты көздөй жарыш жолдор боюнча жүрүп олтура турган болсо, бул поезддердин вагондорунун салыштырмалуу аралыктары өзгөрүлбөйт. Кыймылдын мындай учуру салыштырмалуу тынчтык деп аталат. *Нерселер кыймылда болгондо алардын өз ара аралдары өзгөрүлбөй турган кездеги бул нерселердин кыймылындагы айрыкча учур салыштырмалуу тынчтык деп аталат.*

Мисалы жүрүп бара жаткан кезде пароходдун трюмдарында жаткан бардык жүктөр, пароходдун каюталарында же болбосо поезддердин вагондорунун ичинде жаткан бардык буюмдар салыштырмалуу тынчтыкта жаткан болот.

Бардык тоолор, токойлор, шаарлар, үйлөр, үйлөрдүн бөлүктөрү ж. б. жер менен кошо жылыштарына карабастан, салыштырмалуу тынчтыкта турушат.

Мындан ары „салыштырмалуу“ деген сөз айтылбаган болсо да, салыштырмалуу кыймылдын же салыштырмалуу тынчтыктын учурлары окула тургандыгын эске алуу керек.

4. Материалдык точка. Нерселердин кыймылдарынын түрдүү көрүнүштөрүн жеңил түшүнүп алуу үчүн, кыймылдоочу нерсенин түрүнүн өзүн жеңилдетүү керек. Бул максат менен механикага материалдык точка тууралу түшүнүк киргизилет. Кичине болгондуктан өлчөмдөрүн эсепке албоого мүмкүн болгон нерсе материалдык точка деп аталат. Ошентип, материалдык точка ошол эле маселеде карала турган башка геометриялык чондуктарга салыштырганда кичине боло тургандыгы жогорудагы келтирилген мисалдардан эле көрүнүктүү.

Мындай точканын кыймылын карап чыгууга бизде негиз барбы? Ооба, себеби, көп учурларда нерсенин бир точкасынын кыймылы бардык нерсенин кыймылын аныктайт. Ал эми анын өлчөмү менен формасы үйрөнүлө, окула турган кыймылдын мүнөзүн айтпайт. Мисалы паровоз бүтүн кыймылда болгондо (дөңгөлөктөрүнүн айланышын, поршенинин кыймылын карап чыгууну кошпогондо) анын кандайдыр точкасынын кыймылын, мисалы: алдыңкы точкасынын кыймылын окуп үйрөнүү менен гана чектелүүгө болот. Снаряддын учушун окуп үйрөнгөн кезде, аны кыймылда болгон материалдык точка деп шарт кылууга болот. Жердин Күн айланасындагы кыймылын окуп үйрөнгөн кезде, Жерди точка деп алууга болот, анткени Жер менен Күндүн ортосундагы 150000000 *км* аралыкка салыштырганда, Жердин 12700 *км* ге жакын болгон диаметрин эсептебеске болот.

Материалдык чекиттин түшүнүгүнүн кириш сөзү мына ушул ойлор менен акталат.

I. ТҮЗ СЫЗЫКТУУ КЫЙМЫЛДАРДЫН КИНЕМАТИКАСЫ ЖАНА ДИНАМИКАСЫ.

1. Түз сызыктуу кыймылдын эң жөнөкөй түрлөрү.

5. Точканын кыймылынын траекториясы жана кыймылдарды траектория боюнча классификациялоо. Кыймыл, ар кандай кубулуш сыяктуу, убакыттын бир эле бөлүгү ичинде орундалат.

Материалдык точка, өзүнүн кыймылы кезинде, убакыттын каалаган бөлүгүндө сызыкты сызат.

Материалдык точканын жылган сызыгы анын траекториясы деп аталат.

Колдон түшүп кеткен кичинекей шарик столдун үстүнө түз сызык боюнча келип түшөт. Анын траекториясы түз сызыктуу болот. Ошол эле шарикти жипке байлап, аны колдун аракети менен айлана боюнча кыймылга келтирүүгө болот. Горизонтко эңкейте ыргытылган шарик, кыйшык сызыкты сызат.

Ошондуктан кыймылдарды классификациялоого, б. а. аларды траекториянын формасы боюнча түрдүү түрлөргө бөлүүгө болот.

Траектория боюнча точканын кыймылдары: а) түз сызыктууга, б) ийри сызыктууга бөлүнөт.

Бул эки түрлөрдүн ичинен эң жөнөкөйү түз сызыктуу кыймыл болот. Кыймылды окуп үйрөнүүнү ошондон баштоо керек.

6. Жол, убакыт, ылдамдык жана кыймылдарды ылдамдык боюнча классификациялоо. Паровоз, пароход, самолёт, замбиректин снаряды жылган кезде, убакыт өткөн сайын жол башталган жерге—станцияга, пристанга, аэропортко ж. б. салыштырганда анын аралыгы өзгөрүлөт.

Жылып бара жаткан материалдык точканын траекториясы боюнча, жолдун башталышынан тартып биз караган кездеги убакыттын моментиндеги траекториянын точкасына чейинки аралык жолдун узундугу деп аталат. Жолдун узундугу узундук чендери менен ченелет.

Кыймылды окуп үйрөнгөн кезде, кыймылдын убакыты жана өтүлгөн жолдун узундугу ченелет.

Бирок бул эки чондук,—айрым-айрым алынса, окуп үйрөнүп жаткан кыймылды толук мүнөздөө үчүн такыр жетишпейт.

Жүгүрүүчүлөр, коньки тебүүчүлөр, лыжачылар, велосипедчилер жарышкан кезде, кайыктар, автомобилдер, самолёттор жарышканда жарышка катышуучулар бирдей жолду өтүп келишет, ошентсе да, алардын жүрүштөрүнүн бири биринен айырмалары бар. Бул бирдей жолду жарышка катышуучулар убакыттын түрдүү бөлүктөрүндө өтүшөт. Демек, кыймылды мүнөздөш үчүн жалаң жол жетишсиздик кылат.

Ушул сыяктуу, станциядан үч поезд: пассажир, ылдам жүрүүчү, курьер поезддери жөнөп кете алышат, же болбосо, аэродромдон үч самолёт: чалгынчы, истребитель, бомбалоочу көтөрүлө алышат. Бирдей эле убакытта булардын ар бири, өз милдеттерин орундатып, түрдүү аралыктарды өтүшөт. Кыймылдарынын убакыты бирдей болгонуна карабастан, бул нерселердин кыймылы бир-биринен ажырайт: нерселер бирдей убакытта узундугу түрдүүчө болгон жолду өтөт. Демек, кыймылды мүнөздөө үчүн жалаң убакыт жетишпейт.

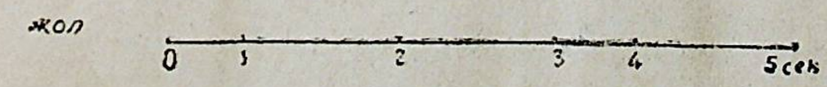
Айрым-айрым алганда жолдун узундугунан да, убакыттан да айырмасы бар, кыймылдын бул сапаты кандайча аталат? Бул сапат кыймылдын ылдамдыгы деп аталат. Жол жана убакыт деген түшүнүктөрдү айрым-айрым алганда ылдамдыктын түшүнүгү татаалыраак келет. Бул түшүнүк жолдордун узундугун жана ошол жолдорду өтүүгө кеткен убакытты салыштыруу аркылуу келип чыгат.

Эки нерсенин бири, экинчисине караганда бирдей эле убакытта, узун жолду өтсө, ошонусунун ылдамдыгы чоң. Эки нерседен бирөө ошол эле жолду, экинчисине караганда, аз убакытта өтсө, ошонун ылдамдыгы көп болот.

Ошентип, биз нерсенин ылдамдыгы тууралу өтүлгөн (басылган) жолду жана өткөн убакытты салыштыруу аркылуу айта алабыз.

Ар түрдүү нерсе бирдей эле убакыттын ичинде өткөн жолду салыштырып, биз ылдамдыктарды салыштыра алабыз.

Нерсенин кыймылынын ылдамдыгы өзгөрө ала тургандыгын биздин байкоолорубуз көрсөтөт. Жөнөлө турган жерден жөнөп кеткенде же барып жете турган жерине жакындаганда паровоз, пароход, тепловоз, электровоз, самолёт өзүлөрүнүн ылдамдыгын өзгөртүшөт. Снаряддардын замбиректен авага учуп чыгарда жана бутага барып тийгенде ылдамдыктары ушундай өзгөрөт. *Ылдамдыгы өзгөрүп турган кыймыл өзгөрүлмө кыймыл деп аталат* (1-сүрөттө нерсенин барабар бирдей убакыт ичинде өткөн жолдору бөлүнүп коюлган).



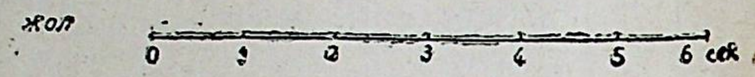
1-сүрөт. Өзгөрүлмө кыймылдын мисалы.

Нерселердин кыймылынын ылдамдыгы Жер үстүндө узак убакыттын ичинде өзгөрбөй турган учурлар абдан сейрек кезигет (мисалы, станциялардын арасындагы түз сызыктуу жол боюнча

горизонталь бетте жылган поезд). *Туракту ылдамдыктагы кыймыл бир калыптагы кыймыл деп аталат* (2-сүрөт).

Кыймылдын жөнөкөйү—түз сызыктуу бир калыптагы кыймыл болот.

7. Түз сызыктуу бир калыптагы кыймыл. Заводдо же болбосо курулуштардагы жумуштарда колдонула турган транспортёр, (ал металлдан, жыгачтан, резинадан жана башка материалдардан жасалат) иштелүүчү буюмдар же курулуш материалдар анын жардамы менен бир жумуш ордунан экинчисине жылыруучу, үзгүлтүксүз жылып турган учу жок лента түрүндөгү шайман болот.



2-сүрөт. Бир калыптагы кыймылдын мисалы.

Транспортёрлордун кыймылы—бир калыптагы кыймыл болот. Москвадагы жер астындагы жолдун (метронун) станцияларындагы жылуучу шатынын (эскалатордун) жылышы бир калыптагы кыймылдын экинчи мисалы болот.

Бир калыптагы кыймылды мындай деп да аныктоого болот. Бир калыптагы кыймыл деп, точка увакыттын бирдей аралыгында узундугу бирдей болгон жолду өткөн кыймыл аталат.

Кичине аралыктарда поезддер, пароходдор, автомашиналар, самолёттор, кишилер бир калыпта жүрө алышат, б. а. барабар болгон увакыттын ичинде, жолдун барабар болгон бөлүктөрүн өтө алышат.

Эгерде поезд ар бир саатта, мисалы 36 *км* ден, ар бир жарым саатта 18 *км* ден, ар бир минутада 0,6 *км* ден, ар бир секундада 10 *м* ден, секунданын ар бир ондогон үлүшүндө 1 *м* ден ж. б. жол өтсө, ошондо поезддин кыймылы бир калыптагы кыймыл болор эле.

Эгерде поезд ар бир саат сайын 36 *км* ден, ар бир жарым саатта 18 *км* ден жер өтүп, андан кийинки чейрек сааттарда 8, 10, 12, 6 *км* ден жол өтсө, бул кыймыл бир калыптагы кыймыл деп саналбайт.

8. Бир калыптагы кыймылдын ылдамдыгы. Ошентип, бир калыптагы кыймылды аныктагандан кийин, бул кыймылдын ылдамдыгы тууралу түшүнүк түзүүгө болот.

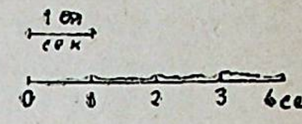
Бир калыптагы кыймылдын ылдамдыгы—увакыттын бирдигиндеги өтүлгөн жолдун узундугу менен ченеле турган чоңдук болот[1].

[1] Ылдамдыктын бул аныктамасы кыймыл 1 секундадан аз эмес увакытка созулууга тийиш деп эсептебейт. Кыймыл секунддун үлүшүнө гана созулса да ылдамдыкты эсептеп чыгарууга болот.

Кыймылдын ылдамдыктары ар түрдүүчө боло тургандыгын ар түрдүү кыймылдардын тажрийбасынан билебиз.

Кыймылдардын ылдамдыгын ажырата билүү үчүн аларды чө нөөгө үйрөнүү керек. Чоңдукту ченөө дегенибиз ал чоңдукт бирдик деп алынган бир тектүү чоңдук менен салыштыруу де генге жатат.

9. Ылдамдыктын бирдиги. *Точка, бир калыптагы кыймылд 1 см жолду 1 секундада өткөн ылдамдык, ылдамдыктын бирдиги деп кабыл алынат.*



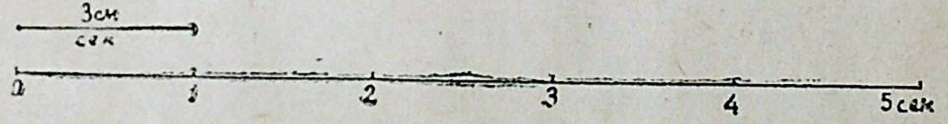
3-сүрөт. Ылдамдыгы 1 $\frac{см}{сек}$ болгон бир калыптагы кыймыл.

Бул бирдиктин аты $\frac{см}{сек}$ болот („секундада сантиметр“ деп окулат). Эгерде точка 1 секундада 1 *см* жолду өтсө, анын ылдамдыгы, ылдамдыктын бирдигине барабар болот; эгерде точка1 секундада 3 *см* өтсө, анын ылдамдыгы 3 бирдикке, же болбосо 3 $\frac{см}{сек}$га барабар болот; эгерде точка 1 секундада 1 жерди өтсө, анын ылдамдыгы 100 бирдикке, же 100$\frac{см}{сек}$ га барабар болот. (3-жана 3-а сүрөттөр.)

Ошондой болсо да, точка бир калыптагы кыймылд 1 метрди 1 секундада өткөн ылдамдык, техникада ылдамдыктын бирдиги деп кабыл алынат.

Бул бирдиктин аты $\frac{м}{сек}$болот („секундада метр“ деп окулат)

Бир калыптагы кыймылдын ылдамдыгы кайсы бирдик менен ченелсе да, анын чоңдугу тууралу элес түзүү үчүн, өткөн жолду кыймылдын увакытын ченеп, биринчи санды экинчи санг



3-а сүрөт. Ылдамдыгы 3$\frac{см}{сек}$болгон бир калыптагы кыймыл.

бөлүү керек; мындан келип чыккан тийинди ылдамдыктын бир диктеринин санын берет; табылган сандын жанына ылдамдыкты бирдигинин атын жазуу керек.

Түрдүү ылдамдыктардын мисалдары китептин аягындаг 1-таблицада көрсөтүлгөн.

10. Бир калыптагы кыймылдын тендемеси. Бир калыптаг кыймылдын аныктоосунан жана ылдамдыктын аныктоосуна бир калыптагы кыймылдын ылдамдыгы, кы мылдын бардык мезгилинде бирдей же туракту у чоңду болот деген корутундуну чыгарууга болот.

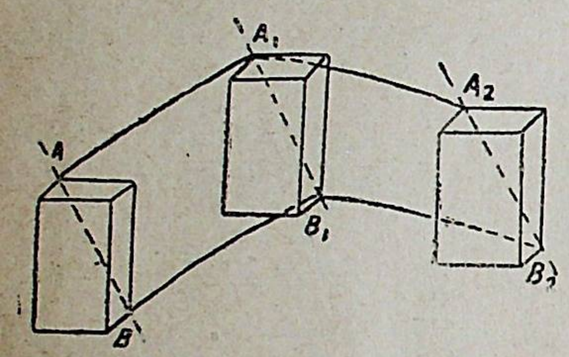
Эгерде жолдун узундугун s тамгасы, убакытты t жана ылдамдыкты v менен белгилесек, анда аныктоо боюнча $v=\frac{s}{t}$ болот.

Мындан бир калыптагы кыймылдын теңдемесин төмөнкү түрдө жазууга болот:

$$\boxed{s=vt.} \qquad (I)$$

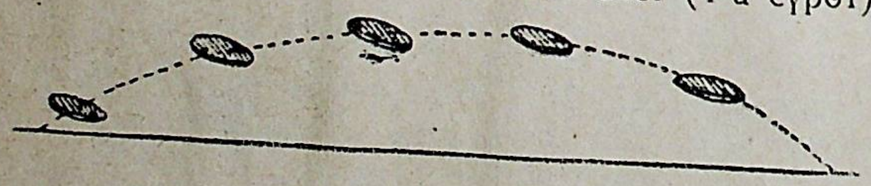
Бир калыптагы кыймылдын жолу убакытка түз пропорциялуу экенин соңгу өз ара катыштар көрсөтүп турат.

11. Нерсенин теңелме кыймылы. Бир калыптагы кыймылдын колунун материалдык точка үчүн чыгарылган формуласы, нерсенин кыймылынын түрдүү көрүнүштөрүнүн бирөө үчүн, атап айтканда теңелме кыймыл үчүн да жарамдуу болот. Кыймылдоочу нерсенин эки точкасын туташтыруучу ар кандай түз сызык өзү-өзүнө жарыш болуп жыла турган кыймыл нерсенин теңелме кыймылы деп алынат (4-сүрөт). Мисалдар: түз сызыктуу жол менен жүргөн экипаждын, автомашиналардын кузовдору; кузовдун бардык точкалары бирдей жана жарыш жолдорду өтүшөт. Жонуучу станоктогу кескичтин кыймылы теңелме кыймыл болот, анткени, анын ар бир кыры, машинанын ичинде өзүнө-өзү жарыш түрдө жылат.



4-сүрөт. Нерсенин теңелме кыймылы: $AB \parallel A_1 B_1 \parallel A_2 B_2$.

Теңелме кыймыл түз сызыктуу кыймыл гана болот деп ойого жарабайт. Нерсенин түз сызык боюнча жүрбөгөн теңелме кыймылынын жакшы мисалы болуп, жеңил атлетика ыргытуучу ши ыргыткан дисканын кыймылы эсептелет (4-а сүрөт). Дис-



4-а сүрөт.

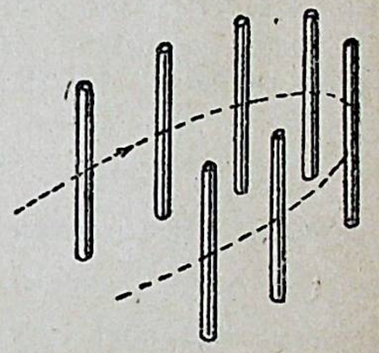
ын борбору ийри сызыктуу траектория боюнча кыймылдайт, ок аны менен бирге дисканын тегиздиги өзү-өзүнө жарыш уп жылат. Эгерде колубузга карандашты алып, анын эңкейин өзгөртпөстөн сактап, карандашты каалаган ийри сызык онча жылдырсак, анда ал бул уакта теңелме кыймыл жаса-

ган болот (4-б сүрөт). Бир калыптагы кыймылдын закондору теңелме кыймылдын увагында точка үчүн да жана нерсе үчүн да бирдей жарамдуу болот.

11а. Бир калыптагы кыймылга маселелер чыгаруу. § 10 дагы (I) теңдемени пайдаланып, нерсенин бир калыптагы кыймылына берилген маселелерди чыгарууга болот. Мында төмөндөгү жалпы эрежени колдонуу керек:

Маселелерди чыгарганда бардык чоңдуктарды тиешелүү бирдиктер менен туюнтуу керек.

Мисалы, узундуктарды жана ылдамдыктарды *см* жана $\frac{см}{сек}$ же болбосо *м* жана $\frac{м}{сек}$ жана ошол сыяктуулар менен туюнтуу керек. Бирок, жолдун узундугун метр менен, ылдамдыкты болсо $\frac{см}{сек}$ менен туюнтуу жарабайт.



4-б сүрөт.

Эгерде маселелердин шарттарында чоңдуктар тиешелүү бирдиктер менен берилген болбосо, аларды, маселени чыгаруудан мурда тиешелүү бирдиктерге келтирүү керек.

Мисалы, 1939-ж. 28-августта Москванын чет-жакаларында „Сталь-7“ деген самолётко старт берилди. Бул самолёт 5 068 *км* учуп, 404,936 $\frac{км}{саат}$ келген орточо ылдамдыкты көрсөтүп, ушундай аралыктагы ылдамдыктын эл аралык рекордунан ашып түштү. Кыймылдоо (учуу) увагын тапкыла. Ылдамдыкты $\frac{м}{сек}$ менен туюнткула.

$$\begin{array}{l} s=5068\ км \\ v=404{,}936\ \frac{км}{саат} \\ \hline t? \end{array} \Bigg| t=\frac{s}{v} \Bigg| t=\frac{5068\ км}{404{,}936\ \frac{км}{саат}}=\frac{5068\ км.саат}{404{,}936\ км}=12{,}51\ саат$$

$$v=404{,}936\frac{км}{саат}=\frac{404\,936\ м}{3\,600\ сек}=112{,}5\frac{м}{сек}.$$

1-көнүгүү.

1. Окуп үйрөнүү үчүн болгон самолёт 130 $\frac{км}{саат}$ ка жакын ылдамдыкка эсептелет. Бул ылдамдыкты $\frac{м}{сек}$ менен туюнткула.

2. 1935-жылы Советтер Союзунун Баатырлары Чкалов, Байдуков жана Беляковдор Москва—Баренцово денизи—Франц-Иосиф Жери—Челюскин Тумшугу—Камчаткадагы Петропавловск—Амурдагы Николаев ортосундагы, „Сталиндик маршрут“ боюнча конбостон алыска учууну аткарышты (Москвадан учкан кези 20-июль 1935-жыл) жана 9374 *км* келген аралыкты 56 саат 21 минутада өтүштү. Учуунун ылдамдыгын $\frac{км}{саат}$ менен тапкыла.

3. 1937-ж. 12-июлда, 3 саат 21 минутада Советтер Союзунун Баатырлары Громов, Юмашев жана Данилиндер Москва—Түндүк уюл—Калифорния штаты (АКШ) деген „Сталиндик трасса“ боюнча учуп чыгышты. Эгерде алар авада 62 саат 17 минута болуп, 185 $\frac{км}{саат}$ ылдамдык менен учкан болсо, канчалык аралыкты учуп өткөн болот?

4. Температура 16° ка жакын болгон кезинде үн авада 340 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен таралат. Үн бир минутада канчалык жерге таралат?

5. Жарык 300 000 $\frac{км}{сек}$ ылдамдык менен таралат. Эгерде Күн менен Жердин орточо аралыгы $149{,}5 \cdot 10^6$ *км* болсо, Күндүн жарыгы Жерге канчалык увакытта келип жетет? (1 секундага чейинки аныктык менен).

6. Папанинчилердин жылган музу 274 күндө 2500 *км* аралыкты өткөн (1937-ж. 21-майдан баштап). Анын жылышынын орточо ылдамдыгын тапкыла.

Жообу: 0,4 $\frac{км}{саат}$.

7. Эгерде Жердин экватордук радиусу 6378 *км* ге барабар болсо, Жер экваторунун точкасынын суткада айланышынын ылдамдыгын 1 $\frac{м}{сек}$ ге чейинки аныктык менен тапкыла.

12. Ылдамдык—вектор. Эгерде Москва жана Пролетарская станцияларынын ортосунда турган паровоз, турган ордунан 10 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен жүрүп кетти дегени маалым болсо, анда жалаң гана ушул берилген боюнча паровоз Москва жаккабы же андан ары жүрүп кеттиби деген суроого жооп бериш болбойт. Ылдамдыкты толук мүнөздөө үчүн, анын сан менен көрсөтүлгөн маанисин гана билүү жетишсиз экендиги бул мисалдан көрүнүп турат. Рельсалар үстүндө турган паровоз же бир багытка, же ага каршы карай ылдамдануу ала алат. Биллиард шары, биллиарддын тегиздиги үстүндө туш келген багытка карай ылдамдык ала алат.

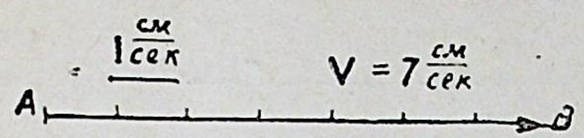
Мына ошентип, кайдада болбосун аракеттеги бир нерсенин ылдамдыгын толук аныкташ үчүн аны, текшерилүүчү ылдамдыкта ылдамдыктын канча бирдиги бар экендигин көрсөтүүчү сан менен туюнтуп, андан кийин анын багытын бериш керек.

Ичиндеги бирдиктердин саны жана багыт менен аныкталган чондук вектор[1] деп аталат.

[1] Векторлорго карама-каршы болуп физикада багыт менен байланышпаган чондуктар кезигет. Ошондуктан алар сан мааниси боюнча гана аныкталат. Алар скаляр лар деп аталат (латиндин скале, – шаты деген сөзүнөн алынган).
Мурда белгилүү болгон чондуктардан энергия, жылуулуктун саны, электричествонун саны скаляр болот.

Демек, ылдамдык—вектор болот.

Вектордун эки белгиси тең графиктик көрсөтүүнүн жардамы менен оңой эле туюнтулат. A точкасынын 7 $\frac{см}{сек}$ га барабар болгон жана солдон оңго горизонталь багыттагы ылдамдыгын көрсөтүү керек дейли.



5-сүрөт. 7 $\frac{см}{сек}$ ылдамдыкты график менен көрсөтүү.

Эркибизче алынган масштабды алалы, мисалы: 1 $\frac{см}{сек}$ ылдамдыкты 5 *мм* ге барабар кесинди менен көрсөтөлүк (5-сүрөт). Кандай да болсо бир A точкасынын үстүнөн горизонталь сызык сызалы жана анын үстүнө солдон оңго карай алынган 7 кесиндини (ар бирин 5 *мм* ден) белгилейли; ошондо AB кесинди, A точкасынын 7 $\frac{см}{сек}$ өлчөмүнө барабар жана солдон оңго карай горизонталь багыттуу ылдамдыгы бар экенин көрсөтөт.

13. Бир калыптагы кыймылдагы ылдамдыктын жана жолдун графиктери. Бир калыптагы кыймылдын формулалары жол увакытка баш ийгендигин беришет. Бир калыптагы кыймыл кезинде өтүлгөн жол увакытка пропорциялуу болот. Башка чондуктун өзгөрүлүшүнө жараша өзгөрүлө турган чондук, анын функциясы деп аталат. Эки чондуктун функциялык байланышын, чиймеде, функциянын графиги деп аталган, белгилүү сызык менен көрсөтүүгө болот. Аны (графикти) куруу үчүн өзара байланыштуу болгон эки чондуктардын тиешелүү сан менен бир санды абсцисса деп, экинчисин ордината деп алуу керек, координаталардын ар бир жубу боюнча тегиздиктин чекитин табуу жана табылган чекиттерди сызык менен кошуу керек. Ошентип, курулган сызык функциянын графиги деп аталат.

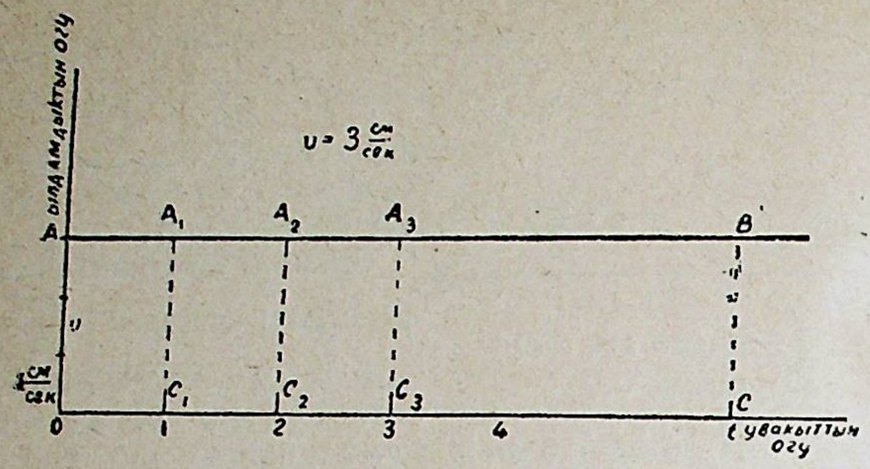
1. *Бир калыптагы кыймылдын ылдамдыгынын графиги.*

$v = 3 \frac{см}{сек}$ үчүн график куралы.

Бир калыптагы кыймылда ылдамдык туруктуу чондук болгондуктан, анда:

$t = 0, 1, 2, 3, 4, \ldots$
$v = 3, 3, 3, 3, 3, \ldots$ болот.

Биз абсциссалар огун t увакыттардын огу деп алалы жана анын үстүндө увакыттын тең аралыктарын көрсөткөн бир катар тең кесиндилерди өлчөп алалы (6-сүрөт); ординаталар огун v ылдамдыктарынын огу деп алалы жана анын үстүндө, ылдамдыктын ар бир бирдигин көрсөткөн бир катар тең кесиндилерди өлчөп алабыз.



6-сүрөт. Бир калыптагы кыймылдын ылдамдыгынын графиги.

t жана v маанилеринин жогоруда жазылып алынган тиешелүү жуп (экөөн) маанилерин координаталар деп алып, алар боюнча тегиздиктеги A_1, A_2, A_3,... точкаларын табабыз жана табылган точкаларды сызык менен кошобуз. Бир калыптагы кыймыл болгон учурда, *ылдамдыктын графиги убакыттардын огуна жарыш түз сызык болот.*

Ылдамдыктын графигинен пайдаланып, бир калыптагы кыймылдын жолун эсептеп чыгаруу үчүн амалды (жолду) берүүгө болот.

Жолдун $s=vt$ формуласы боюнча 2 секундада өтүлгөн жол 2 сек. $\times\ v\frac{см}{сек}=2\ v$ *см* ге барабар, 3 сек. өтүлгөн жол 3 сек. $\times\ v\ \frac{см}{сек}=3\ v$ *см* ге барабар, t сек. өтүлгөн жол vt ге барабар.

Ошону менен бирге, 2 v болсо OAA_2C_2 тик бурчтуктун аянтынын сан менен көрсөтүлгөн мааниси экенин, 3 v болсо, OAA_3C_3 тик бурчтуктун аянтын ($OA=v$; $OC_3=3$; $OAA_3C_3=v\times3=3\ v$), vt дагы $AOBC$ тик бурчтуктун аянтынын сан менен көрсөтүлгөн мааниси экенин ($OA=v$; $OC=t$; $OABC=vt$) 6-сүрөт көрсөтүп турат. Бир калыптагы кыймылда t убактысы ичинде өтүлгөн жол, убакыттардын огу, ылдамдыктын графиги жана кыймылдын башталышы менен аякталышына тиешелүү ординаталар менен чектелген тик бурчтуктун аянтына сан жагынан барабар деген корутундуну мындан чыгарып болот.

Мында жол менен аянттын сан жагынан гана туура келгендиги жана жол эч качан аянт боло албагандыгы эсте болуу керек.

Жолду график боюнча эсептеп чыгаруу, бир калыптагы кыймыл учурунда эч кандай жеңилдикти киргизбейт, бирок бул амал (жол) бир кыйла татаалыраак учурлардагы расчёттор үчүн негиз болуп эсептелине алат.

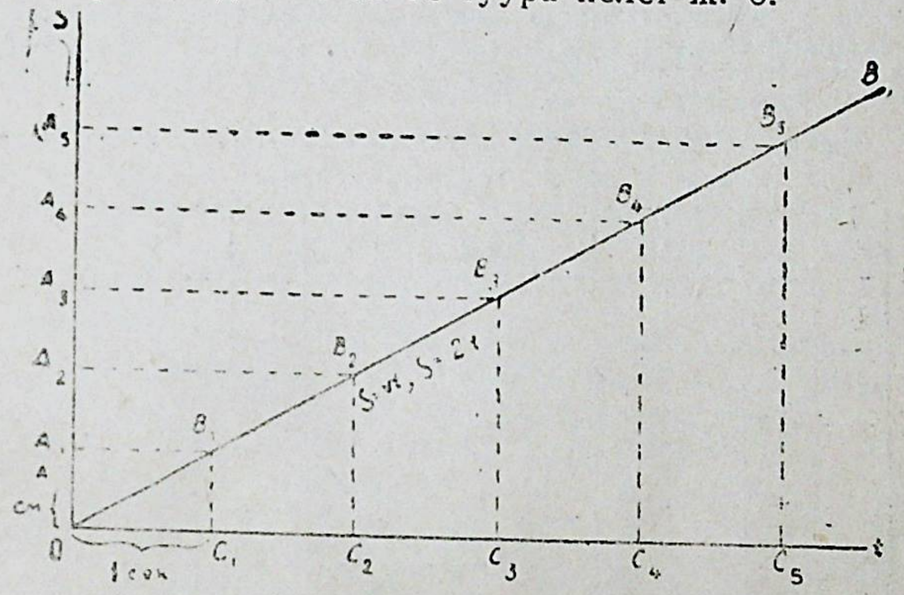
2. *Бир калыптагы кыймылдын жолунун графиги* $v=2\frac{см}{сек}$

нын айрым мааниси үчүн $s=vt$ функциясынын графигин куралы. Убакыт t га бир канча маанилер берип, алардын бири үчүн, s ге тиешелүү болгон маанини эсептеп чыгаралык:

$t=0,\ 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 5,\ \ldots$
$s=0,\ 2,\ 4,\ 6,\ 8,\ 10,\ \ldots$

Координаталардын тик бурчтуу октору алалы жана абсциссалар огун t убакыттарынын огу деп, ординаталардын огун болсо s жолдорунун огу деп алалы (7-сүрөт).

Убакыттардын огунда бир топ, бири-бирине барабар $OC_1=C_1C_2=C_2C_3=\ldots$, кесиндилерин өлчөп алалы, булардын ар бири, график жагынан алганда, бир секунданы көрсөтөт. Ординаталар огунда, 1 *см* келген жолдун узундугун көрсөткөн OA кесиндини өлчөп алалы, анда OA_1 кесиндиси 2 *см* жолдун узундугуна, OA_2 кесиндиси 4 *см* ге туура келет ж. б.



7-сүрөт. Бир калыптагы кыймылдын жолунун графиги.

Тиешелүү A_1 жана C_1, A_2 жана C_2 ж. б. координаталардын учтарынан октого жарыш болгон сызыктарды өз ара кезигишкенге дейре сызсак, бул координаталар боюнча тегиздиктин B_1, B_2, B_3 ж. б. точкаларын табабыз.

Убакытты үзгүлтүксүз өзгөрткөн кезде, мындай точкалардын сансыз көбүн табууга болот, булардын баары OB түз сызыгын түзүшөт.

Ошентип, *бир калыптагы кыймылдын жолунун графиги, координаталардын башталышы аркылуу өтүүчү түз сызык болот.*

Демек, бир калыптагы кыймылда жолдун убакытка байланышканын ар түрдүү болгон үч жол менен көрсөтүүгө болот.

Сөз менен: *жол убакытка түз пропорциялуу.*

Алгебрача: $s=vt$.

Графикче: *түз сызык.* Жолдун графиги эч бир учурда жолдун траекториясын көрсөтпөй турганын эсте тутуу керек.

2-көнүгүү.

1. $10\frac{см}{сек}$ га барабар, вертикалдуу тик ылдый багытталган ылдамдыкты чиймеде көрсөткүлө (масштабын да көрсөткүлө).

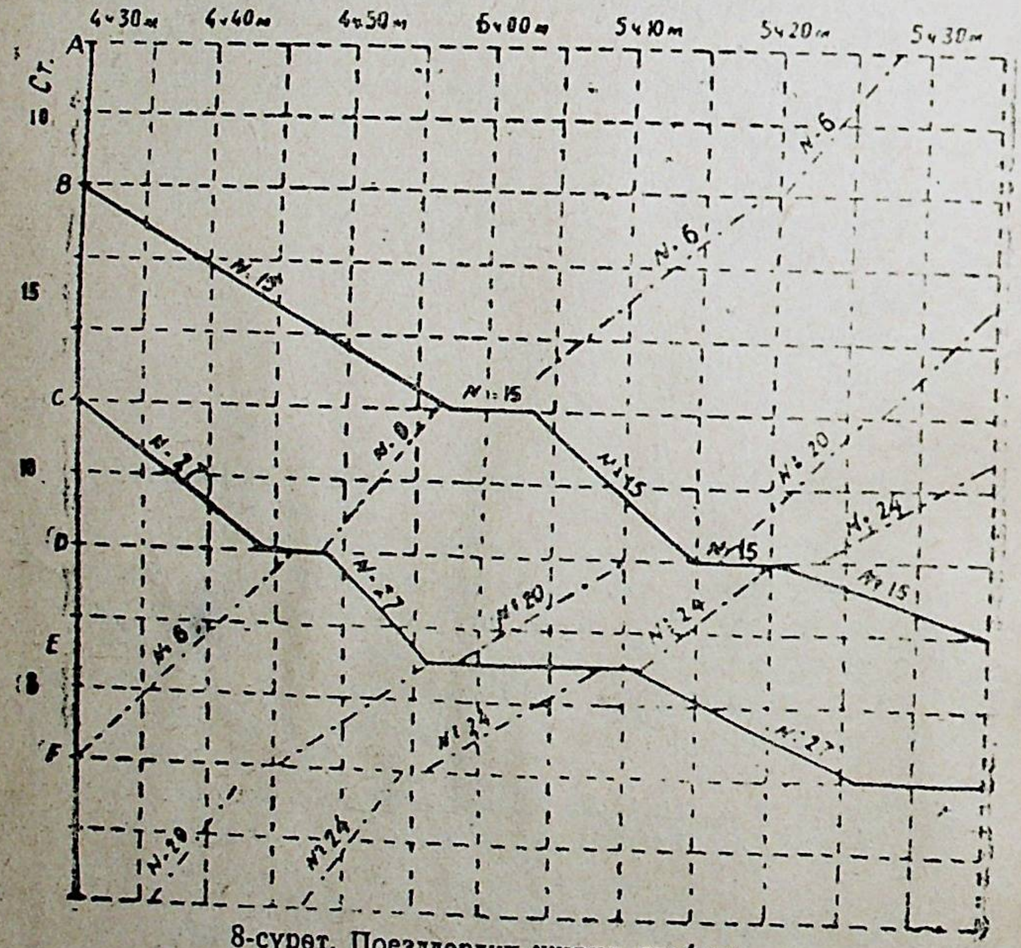
2. $v=4\frac{см}{сек}$ ылдамдыгынын графигин түзгүлө.

3. $s=3t$; $s=\frac{1}{2}t$ жолунун графигин түзгүлө.

4. Бул убакытта бир жерден $v_1=2\frac{см}{сек}$ жана $v=3\frac{см}{сек}$ ылдамдыкта бир калыптагы кыймылда болгон эки нерсенин жолдорунун графиктерин ошол бир эле октого түзгүлө.

5. Бир орундан $v_1=2\frac{см}{сек}$ жана $v_2=3\frac{см}{сек}$ ылдамдыктары бар бир калыптагы кыймылда болгон эки нерсенин, бирок экинчи нерсе биринчиден 1 секунда кийин чыккан кездеги жолдорунун графиктерин ошол эле бир октого түзгүлө. Канча убакыттан кийин жана кайсы аралыкта экинчи нерсе биринчини кууп жетет? (Чийме боюнча аныктагыла.)

6. Поезддердин жүрүү графиги боюнча (8-сүрөт) ар бир поезддин *A, B, C*



8-сүрөт. Поезддердин жүрүү графиги.

ж. б. станцияларынын арасындагы ылдамдыгын $\frac{км}{саат}$ менен жана станцияларда токтогон убакытты аныктагыла. Кайсы поезд кайсы станцияларга токтобой өтүп кетет.

Ординаталардын огундагы сандар станциялардын аралыктарын көрсөтүшөт: графиктерде поезддердин номерлери көрсөтүлгөн.

14. Өзгөрүлмө кыймыл. Станциядан жөнөп кеткен учурда поезддер, пароходдор, автобустар улам өскөн ылдамдык менен жөнөгөндүгү, алар станцияга жакындап келген учурда кемиген ылдамдык менен жакындагандыгы көрсөтүлгөн эле.

Төмөн түшүп келе жаткан же болбосо өйдө ыргытылган нерселер, замбиректерден атылган снаряддар, маятник же буу машинасынын поршени өз ылдамдыктарын өзгөртүшөт.

Ылдамдыгы туруктуу болбогон кыймыл бир калыптагы эмес өзгөрүлмө кыймыл деп аталат.

Же болбосо, эгерде точка кандайдыр бирдей эле убакыттын ичинде узундуктары ар түрдүү болгон жолду өтсө, анда кыймыл бир калыптагы эмес кыймыл деп аталат.

Жаратылышта жана техникада кыймылдын негизги түрү өзгөрүлмө кыймыл болот. Кайсы бир учурларда изилдөөнү жеңилдетүү максатында бир аз убакытта бир калыпта эместикке көңүл койбоого жана айрым болгон өзгөрүлмө кыймылды бир калыптагы катарында деп кароого болот.

15. Өзгөрүлмө кыймылдын орточо жана кирпик каккыча болгон ылдамдыгы. Бир калыптагы кыймылда ылдамдык турактуу жана анын 1 секундада өткөн жолунун узундугу менен өлчөөгө болот. Ошону менен катар, өзгөрүлмө кыймылда ылдамдык үзгүлтүксүз өзгөрүлүп турат.

Ошондуктан, өзгөрүлмө кыймылды мүнөздөө үчүн ылдамдык жөнүндөгү түшүнүктү кеңитүү зарыл. Бул максатта эки түшүнүк киргизилет: убакыттын берилген аралыгы ичиндеги орточо ылдамдык жана кирпик каккыча болгон ылдамдык, б. а. убакыттын берилген моментиндеги ылдамдык же болбосо жолдун берилген точкасындагы ылдамдык.

Өзгөрүлмө кыймылда өтүлгөн бардык жолду кыймылдын бардык убагына бөлгөндө, өзгөрүлмө кыймылдын орточо ылдамдыгын табууга болот. Поезд Москвадан Серпуховго дейре болгон бардык 99 *км* жолду өзгөрүлмө кыймылда болуп 3 саатта өтөт. Эгерде биз бардык жолду убакытка бөлсөк, $33\frac{км}{саат}$ болгон орточо ылдамдык келип чыгат.

Өзгөрүлмө кыймылдын жолу жана убактысы менен бирдей болгон бир калыптагы кыймылдын ылдамдыгы өзгөрүлмө кыймылдын орточо ылдамдыгы деп айтылат.

Поезддер, кемелер, жөө кишилер ж. б. жүрүштөрүнүн ылдам-

дыктарын көрсөткөн кезде, алардын орточо гана ылдамдыгын көрсөтүшөт. (261-беттеги 1-таблицаны карагыла.)

Бир аз эңкейиши бар жолдон жүрүп бара жаткан поезддди элестейли. Мындай учурда анын ылдамдыгы үзгүлтүксүз өсүп турат, эгерде ал поезд бул учурга карама-каршы, б. а. өрдү көздөй жүрө турган болсо, анда анын ылдамдыгы үзгүлтүксүз кемип отурат. Жолдогу кандайдыр бир мамыны өткөн учурдагы поезддин ылдамдыгы деп, эгерде ошол поезд ошол кирпик каккыча өткөн увакыттан же болбосо ошол жол мамысынан тартып бир калыпта жылып кетти деп алгандагы ылдамдык ойлонулат. Эгерде дөбөдөн түшүп келе жаткан поезд арык үстүндөгү көпүрөнү 25 $\frac{км}{саат}$ ылдамдык менен өттү деп айтылса, анда аны мындайча түшүнүү керек: эгерде поезд ошол жерден тартып, ошол эле ылдамдык менен бир калыпта жүрүп олтурса, анда ал ар бир саатта 25 *км* ылдамдык менен жылган болор эле.

Эгерде ошол кирпик каккыча болгон учурдан тартып нерсенин кыймылы бир калыпта болуп кетсе, ошондой ылдамдык өзгөрүлмө кыймылдын кирпик каккыча болгон ылдамдыгы деп аталат.

16. Бир калыптагы-өзгөрүлмө кыймыл. Өзгөрүлмө кыймылдын ар түрдүү түрлөрүнүн ичинен эң жөнөкөйү бир калыптагы өзгөрүлмө кыймыл болот.

Ар кандай барабар убакыттын ичинде, ылдамдык барабар чоңдуктарга өзгөрүлө турган кыймыл бир калыптагы-өзгөрүлмө кыймыл деп аталат.

Бир калыптагы-өзгөрүлмө кыймыл—ылдамдыгы көбөйө турган бир калыпта-ылдамдануучу кыймылга жана ылдамдыгы улам кемий турган—бир калыпта-акырындоочу кыймылдарга ажырайт.

17. Ылдамдануу. Ар түрдүү болгон өзгөрүлмө кыймылдардын салыштырма мүнөздөмөсү үчүн орточо жана кирпик каккыча болгон бул эки ылдамдыктар жетишсиз болот.

Түрдүү, ал түгүл бир калыпта өзгөрүлмөлүү кыймылдарда да ылдамдыктын өзгөрүлүшү түрдүүчө болуу мүмкүн. Эгерде темир жол станциясынан: ылдам, почта, товар ташуучу поезддери жөнөп кетишсе, алар жөнөп кеткенине минута өткөндөн кийин, бул поезддердин ылдамдыктары түрдүүчө болот. Демек, бул үч өзгөрүлмө кыймылдар бири-биринин ылдамдыктары өзгөрүлүп өсүп барган тездик менен ажыралышат.

Өзгөрүлмө кыймылдагы ылдамдыктын өзгөрүлүшүнүн тездигин мүнөздөө үчүн ылдамдануу деп аталган бөтөнчө механикалык чоңдук киргизилет.

Эгерде кандай да болсо бир точка өзгөрүлмө кыймылдагы кирпик каккыча 35 $\frac{см}{сек}$ ылдамдыкта болуп, бир минутадан кийин 71 $\frac{см}{сек}$ ылдамдыкта болсо, ылдамдануусу $\frac{71-35}{60}=\frac{36}{60}=0{,}6$ ылдам-

дануу бирдигине барабар болот. Эгерде станцияга жакындап келе жаткан поезд бир жерде кирпик каккыча 15 $\frac{м}{сек}$ ылдамдыкта болуп, 5 секундадан кийин 5 $\frac{м}{сек}$ ылдамдыкта болсо, анын ылдамдануусу $\frac{5-15}{5}=-2$ ылдамдануу бирдигине барабар болот.

Түз сызыктуу бир калыпта өзгөрүлмө кыймылдын ылдамдануусу убакыттын бирдиги ичинде ылдамдыктын өзгөрүшү менен ченелген чоңдук болот.

Ылдамдануу ылдамдыкка караганда татаалыраак түшүнүк экени жогоруда келтирилген мисалдардан көрүнүп турат. Ылдамдыктын өзгөрүлүшүн гана билгенде, мисалы: ылдамдык 12 $\frac{см}{сек}$ өзгөрүлдү дегенди билгенде, ылдамдануу тууралу түшүнүктү түзүүгө болбойт; бул өзгөрүлүш болгон убакытты да билүү зарыл. Ылдамдыктын өзгөрүлүшүн жана бул өзгөрүлүш болгонго кеткен убакытты салыштыруу аркасында гана ылдамдануу тууралу түшүнүктү түзүүгө болот. Ылдамдануу дегенибиз ылдамдыктан да жана убакыттан да ажыралган бөтөнчө түрдөгү чоңдук экендиги эсте болуу керек.

Ылдамдыктын 1 секунда ичинде болуп өткөн өзгөрүлүшү боюнча ылдамдануу тууралу айтууга болот.

Ошентип, өзгөрүлмө кыймылдын башындагы ылдамдыгын v_0 аркылуу, t сек. өткөндөн кийинки ылдамдыгын v аркылуу белгилесек жана ылдамдануну a тамгасы менен белгилесек,

ошондо $\boxed{a=\frac{v-v_0}{t}}$ болот.

Жогоруда аныкталган сыяктуу, бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылдын ылдамдыгы—ар кандай барабар убакыттын ичинде барабар чоңдуктарга өзгөрөт; демек ар бир секундада ылдамдык бирдей эле чоңдукка өзгөрөт, ошондуктан бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылдын чондугу, туруктуу чоңдук болот. Мына ушунтип бир калыптагы—өзгөрүлмө кыймылды, ылдамдануусу туруктуу болгон кыймыл деп да аныктоого болот.

Кийинки ылдамдык мурункудан чоң ($v>v_0$) болгон ылдамдатылган өзгөрүлмө кыймылдарда, ылдамдануу оң сан менен туюнтулат; кийинки ылдамдык мурункудан кичине б. а. $v<v_0$ болгон акырындатылган өзгөрүлмө кыймылдарда, ылдамдануу терс сан менен туюнтулат.

Ылдамдык—вектор болгондуктан, ылдамдыктын өзгөрүлүшү да вектор болот; демек, ылдамдыктын 1 секундада өзгөрүлгөнү менен өлчөнүүчү *ылдамдануу да вектор болот.*

18. Ылдамдануунун бирдиктери. Ылдамдануунун бирдигин табуу үчүн $a=\frac{v-v_0}{t}$ формуласындагы алымга ылдамдыктын бирдигинин маанисин берүү керек, б. а. $v-v_0=1\ \frac{см}{сек}$ деп алыш керек, бөлчөктүн бөлүмүнө болсо, убакыттын бирдигинин маанисин берүү керек, б. а. аны $t=1$ сек. деп алыш керек. Ошондо формуладан төмөндөкүнү табабыз:

$$a=\frac{1\frac{см}{сек}}{1\ сек}=1\frac{см}{сек^2}.$$

Ылдамдануунун бирдигин атоо үчүн $\frac{см}{сек^2}$ белгиси кабыл алынат.

Бул атаманы төмөнкүчө айтып окуу керек: *„секундадагы сантиметр секунда ичинде“* (же болбосо, „квадрат секундага бөлүнгөн сантиметр“).

Техникада ылдамдануунун бирдигин $v-v_0=1\frac{м}{сек}$ жана $t=1$ сек. деп алып белгилейт: Ошондо:

$$a=\frac{1\frac{м}{сек}}{1\ сек}=1\frac{м}{сек^2}$$ болот.

Ылдамдануунун бул бирдигин аташ үчүн $\frac{м}{сек^2}$ белгиси кабыл алынат.

Ошентип, *ылдамдык увакыттын ар бир бирдигинде ылдамдыктын бирдигине артып турган өзгөрүлмө кыймылдын ылдамданышы ылдамдануунун бирдиги үчүн алынат.*

Эгерде нерсенин ылдамдыгы 1 секундада бир бирдикке өзгөрүлүп жылса, ылдамдануу да 1 $\left(\frac{см}{сек^2}\right)$ бирдикке барабар болот; эгерде бир секунда ичинде ылдамдык 10 бирдикке өзгөрүлсө, анда ылдамдануу да ылдамдануунун 10 бирдигине барабар болот. Колдон түшкөн шарчанын ылдамдыгы, бир секундада болжол менен алганда ылдамдыктын $\left(\frac{см}{сек}\right)$ 980 бирдигине өзгөрүлүп ылдый түшөт; демек ылдамдануу да ылдамдануунун 980 бирдигине барабар болот $\left(980\frac{см}{сек^2}\right)$. Бул ылдамдануу эркин түшүүчү нерсенин ылдамдануусу деп аталат (нерсенин түшүшү жөнүндө § 30 да толук айтылган).

Ылдамдануунун чондугу тууралу көз алдыга элес келтирүү үчүн, ылдамдыктын өзгөрүлүшүн жана ошол өзгөрүлүш болуп

өткөн увакытты тиешелүү бирдиктерде ченөө керек жана биринчи санды экинчисине бөлүү керек; мындан чыккан тийинди ылдамдануунун бирдиктеринин санын көрсөтөт.

3-көнүгүү.

(Бул төмөндөгү маселелерде кыймыл бир калыптагы—өзгөрүлмө кыймыл деп алынат).

1. Эгерде жогорудан ташталган бомбанын ылдамдыгы 13 секунда ичинде $193\frac{м}{сек}$ дан $276\ \frac{м}{сек}$ га дейре өзгөрүлгөн болсо, анын ылдамдануусу кандай болот?

2. Эгерде автомобилдин ылдамдыгы 1 минута ичинде $3\ \frac{м}{сек}$ дан $32{,}4\ \frac{км}{саат}$ ка дейре көбөйгөн болсо, анын ылдамдануусу кандай болот?

Жообу: $0{,}1\ \frac{м}{сек^2}$.

3. Эгерде нерсенин ылдамдыгы 10 секунда ичинде $60\ \frac{см}{сек}$ дан $20\ \frac{см}{сек}$ га дейре өзгөрүлсө, анын ылдамдануусу кандай болот?

Жообу: $-4\ \frac{см}{сек^2}$.

4. Эгерде станцияга жакындап келе жаткан поезд токтогонго чейин жарым минута илгери $9\ \frac{км}{саат}$ ылдамдыкта болгон болсо, анын ылдамдануусу кандай болот?

Жообу: $\approx -0{,}08\frac{м}{сек^2}$.

19. Баштапкы ылдамдыгы жок бир калыптагы ылдамдатылган кыймылдын ылдамдыгы жана жолу.

Бир калыптагы-өзгөрүлмө кыймылдарды үйрөнүүнү бир калыптагы ылдамдатылган кыймылдан баштайлы. Адегенде нерсе тынч абалдан бир калыптагы-ылдамдатылган кыймылга өткөн учурлар менен гана чектелели; бул учурларда баштапкы ылдамдык нулга барабар болот. Мындай кыймылдын мисалы болуп, кийинчерек окула турган, нерселердин эркин түшүшү (§ 30) эсептелет.

Эгер поезд станциядан $2\frac{м}{сек^2}$ ылдамдануу менен жөнөп кетсе, анда анын ылдамдыгы секундасына $2\frac{м}{сек}$ га өзгөрө берет жана бир секунда өткөндөн кийин $v_1=2\frac{м}{сек}$ га барабар болот. Эки секунда өткөндөн кийин ылдамдык $v_2=2\ \frac{м}{сек}+2\frac{м}{сек}=4\ \frac{м}{сек}$ га барабар болот.

Үч секунда өткөндөн кийин ылдамдык $v_3=4\frac{м}{сек}+2\frac{м}{сек}=6\frac{м}{сек}$ га барабар болот.

Жалпы алганда, эгер ылдамдануну a менен белгилесек, анда бир секундадан кийин ылдамдыктын өзгөрүшү ошол эле a са-

ны менен туюнтулат, бирок башка атама[1] менен туюндурулат Ошондо:

бир секунда өткөндөн кийин ылдамдык $v_1=a$

эки „ „ „ „ $v_2=v_1+a=2a$

үч „ „ „ „ $v_3=v_2+a=3a$

. . . . . .

t секунда өткөндөн кийин ылдамдык $v=at$ болот.

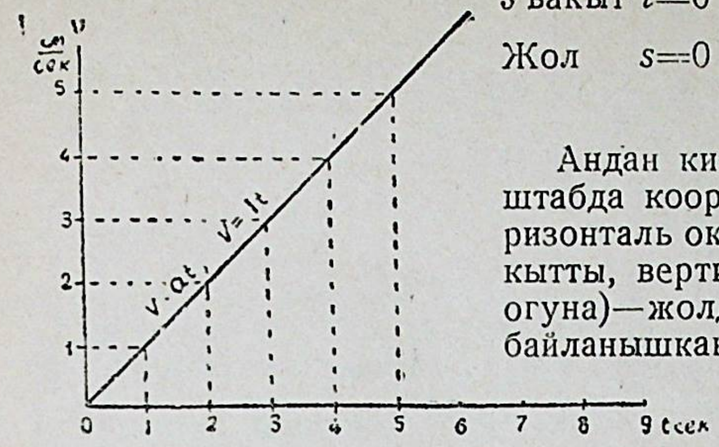
Бул формула боюнча увакыттын туш келген учуру үчүн ылдамдыкты эсептеп чыгарууга болот.

Баштапкы ылдамдыгы нулга барабар болгон бир калыптагы ылдамдатылган кыймылдын жолунун формуласын чыгарабыз. Өзгөрүлмө кыймылдын t увактысы ичиндеги жолу, бир калыптагы кыймыл ошол эле увакыттын ичинде орточо ылдамдыкта өткөн жолу менен бирдей болорун эске түшүрөбүз. Эгерде башталгыч ылдамдык нулга барабар болсо, ылдамдык t сек. увакыттан кийин v боло турган болсо, ошондо бир калыптагы ылдамдатылган кыймылдагы орточо ылдамдык $\frac{v}{2}$ болот. t увактысы ичинде бул ылдамдык менен өтүлгөн s жолу $s=\frac{v}{2}t$ болот. Эгерде v нын ордуна ага барабар болгон at туюнтмасын койсок, анда $s=\frac{at}{2}\cdot t=\frac{at^2}{2}$. Демек баштапкы ылдамдыгы нулга барабар болгон кездеги бир калыптагы—ылдамдатылган кыймылдын тендемеси төмөнкүдөй болот.

$$v=at;\quad s=\frac{at^2}{2}. \qquad \text{(II)}$$

19а. Бир калыптагы-ылдамдатылган кыймылдын ылдамдыгынын жана жолунун графиктери. $a=1\frac{см}{сек^2}$ ылдамдануу үчүн башталгыч ылдамдыгы жок бир калыптагы ылдамдатылган кыймылдын ылдамдыгынын графигин түзөлү (9-сүрөт). Андан кийин ушундай эле кыймыл үчүн жолдун графигин түзөлү (10-сүрөт). $s=\frac{at^2}{2}$ формуласы боюнча бир, эки, үч ж. б. секунда увакыттын аралыгындагы жолдордун узундугун эсептеп чыгаралы.

[1] Атап айтканда ылдамдыктын бирдигинин атамасында $\frac{см}{сек}$ же $\frac{м}{сек}$ келип чыгат. Анткени, ылдамдануунун бирдигинин атамасы болгон $\frac{см}{сек^2}$ же $\frac{м}{сек^2}$ увакыт бирдигинин атамасына: секундага көбөйтүлөт.



9-сүрөт. Баштапкы ылдамдыгы жок бир калыптагы ылдамдатылган кыймылдын ылдамдыгынын графиги.

Увакыт $t=0$	1	2	3	4	5	6
Жол $s=0$	$\frac{1}{2}$	2	$4\frac{1}{2}$	8	$12\frac{1}{2}$	18

Андан кийин, бир канчалык масштабда координаталар октору на—горизонталь окко (абсцисса огуна) увакытты, вертикалдык окко (ордината огуна)—жолду ченеп коёбуз. Өз ара байланышкан t жана s маанилеринин бир жубуна туура келген точкаларды кадимки ык менен табабыз. Табылган точкалар аркылуу өтүүчү сызык баштапкы ылдамдыгы жок бир калыпта—ылдамдатылган кыймылдын жолунун графигин түзөт.

Маселелерди чыгаруунун мисалдары.

1-м и с а л. Поезд станциядан жөнөп кетип, 600 *м* жолдун аягында 27 $\frac{км}{саат}$ ылдамдыкты алды. Бул жолдогу поезддин ылдамданышын жана ал бул жолду баса турган увакытты табуу керек.

$v_0=0$ $v=27\frac{км}{саат}$ $s=600\ м$ $a\ ?\quad t\ ?$	$v_0=0$ $v=7{,}5\frac{м}{сек}$ $s=600\ м$ $a\ ?\quad t\ ?$	$v=at$ $s=\frac{at^2}{2};\ s=\frac{vt}{2}$	$a=\frac{v}{t}$ $t=\frac{2s}{v}$

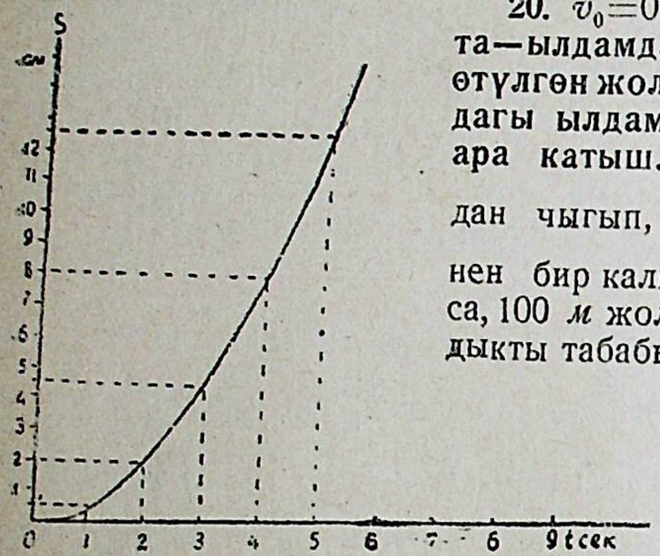
$$t=\frac{2\cdot 600\ м}{7{,}5\ м/сек}=160\ сек.,\qquad a=\frac{7{,}5 м/сек}{160\ сек}\approx 0{,}05\ \frac{м}{сек^2}.$$

2-м и с а л. Поезд станциядан бир калыпта ылдамдатылган кыймыл менен жөнөйт жана 5 минутадан кийин $36\frac{км}{саат}$ ылдамдыкты алат. Ылдамдануунуну жана ошол увакыттын ичинде өтүлгөн жолду табуу керек.

$v_0=0$	$v_0=0$	$v=at$	$a=\frac{v}{t}$
$v=36\frac{км}{саат}$	$v=10\frac{м}{сек}$	$s=\frac{at^2}{2}$	$s=\frac{vt}{2}$
$t=5$ *мин.*	$t=300$ *сек.*		
a ? s ?	a ? s ?		

$a=\frac{10\frac{м}{сек}}{300сек}=\frac{1}{30}\frac{м}{сек^2}\approx 0{,}03\frac{м}{сек^2}$; $s=\frac{10\frac{м}{сек}}{2}300\ сек=1\,500\ м.$

20. $v_0=0$ болгондо бир калыпта—ылдамдатылган кыймыл үчүн өтүлгөн жол менен жолдун аягындагы ылдамдык ортосундагы өз ара катыш. Эгер нерсе тынч абалдан чыгып, $2\frac{м}{сек^2}$ ылдамдануу менен бир калыпта — ылдамдай жылса, 100 *м* жолдун аягындагы ылдамдыкты табабыз.



10-сүрөт. Баштапкы ылдамдыгы жок бир калыптагы ылдамдатылган кыймылдын жолунун графиги.

$v_0=0$	$v=at$
$s=100\ м$	$s=\frac{at^2}{2}$
$a=2\frac{м}{сек^2}$	
v ?	

Убакыт t маселеде берилбеген, аны эки тендемеден тең чыгарып таштоого болот.

Биринчи тендемеде t ны туюнтабыз.

$t=\frac{v}{a}$ экенин табабыз; табылган туюнтманы экинчи тендемеге t нын ордуна коёбуз.

Квадратка көтөрөбүз: $t^2=\frac{v^2}{a^2}$ жана $s=\frac{at^2}{2}$ тендемесине койсок төмөндөгү келип чыгат: $s=\frac{v^2}{2a}$; $v^2=2as$; $v=\sqrt{2as}$.

$$v=\sqrt{2\cdot 2\frac{м}{сек^2}\cdot 100\ м}=\sqrt{2^2\cdot 10^2\ \frac{м^2}{сек^2}}=2\cdot 10\frac{м}{сек}=20\frac{м}{сек}.$$

Негизги эки тендемеден чыккан $v=\sqrt{2as}$ туюнтмасы, берилген өтүлгөн жол менен ылдамдануу боюнча аяккы ылдамдыкты

эсептеп чыгарууга мүмкүндүк бергенин көрдүк. Бул сыяктуу маселелерде негизги эки тендемени ар жолу чыгарып олтуруунун ордуна, акыркы формуланы эсте тутуу жетишет:

$$\boxed{v=\sqrt{2as.}} \qquad (III)$$

21. Башталгыч ылдамдыгы $v_0=0$ болгон бир калыпта ылдамдатылган кыймылда ырааттуу секундаларда өтүлгөн жол. Бир калыпта ылдамдатылып кыймылдаганда нерсе биринчи, экинчи, үчүнчү жана андан аркы секундаларда өткөн жолдорду эсептеп чыгаралы.

Негизги формула $s=\frac{at^2}{2}$ боюнча, эгер $t=1$ секунда деп атап, биринчи секундадагы s_1 жолун эсептеп чыгарууга болот. Анда $s'_1=\frac{a\cdot 1^2}{2}=\frac{a}{2}$ болот.

Экинчи секундадагы жолду эсептеп чыгаруу үчүн, адегенде негизги формула боюнча эки секундада өтүлгөн жолду эсептеп чыгарабыз. $t=2\ сек.$ болсо, $s_2=\frac{a\cdot 2^2}{2}=4\cdot\frac{a}{2}$. Эки секундада өтүлгөн жолдон биринчи секундада өтүлгөн $\frac{a}{2}$ жолду алып таштайбыз, ошондо экинчи секундада гана өтүлгөн жолду табабыз; $s'_2=4\cdot\frac{a}{2}-\frac{a}{2}=3\frac{a}{2}$. Дал ушул сыяктуу, үчүнчү секундада өтүлгөн жолду табуу үчүн, адегенде $t=3\ сек$ ичинде өтүлгөн жолду табуу керек $s_3=\frac{a\cdot 3^2}{2}=9\frac{a}{2}$ жана келип чыккан туюнтмадан эки секундада өтүлгөн жолду: $s_2=4\cdot\frac{a}{2}$ны алып таштоо керек.

Ошондо үчүнчү секундада гана өтүлгөн жол келип чыгат:

$s'_3=9\frac{a}{2}-4\frac{a}{2}=5\frac{a}{2}$.

Андан аркы секундалардын ар кайсынысында өтүлүүчү жолдорду эсептеп чыгаруу үчүн да дал ушул сыяктуу иштөө керек. Эсептеп чыгаргандарыбызды төмөнкү таблицага чогулталы:

$t=1$,	анда 1 сек. өтүлгөн жол	$s_1=\frac{a}{2}$	барабар;
$t=2$,	„ 2 „ „ „	$s_2=\frac{a}{2}\cdot 2^2=4\cdot\frac{a}{2}$	барабар;
$t=3$,	„ 3 „ „ „	$s_3=\frac{a}{2}\cdot 3^2=9\cdot\frac{a}{2}$	„

$t=4$, „ 4 „ „ „ $s_4=\frac{a}{2}\cdot 4^2=16\cdot\frac{a}{2}$ „

$t=5$, „ 5 „ „ „ $s_5=\frac{a}{2}\cdot 5^2=25\cdot\frac{a}{2}$ „

. . . . . .

$t=n-1$, $n-1$ „ „ $s_{n-1}=(n-1)^2\frac{a}{2}$ барабар;

$t=n$ „ n „ „ $s_n=n^2\frac{a}{2}$ барабар.

Бул теңдемелерден биринчи, экинчи, үчүнчү ж. б. секундаларда өтүлгөн жолдордун узундугун чыгарууга болот.

Мисалы: биринчи секундада $s'_1=\frac{a}{2}$ барабар;

экинчи „ $s'^2=4\frac{a}{2}-\frac{a}{2}; s'_2=3\frac{a}{2}$ барабар;

үчүнчү „ $s'_3=9\frac{a}{2}-4\frac{a}{2}; s'_3=5\frac{a}{2}$ „

төртүнчү „ $s'_4=16\frac{a}{2}-9\frac{a}{2}; s'_4=7\frac{a}{2}$ „

бешинчи „ $s'_5=25\frac{a}{2}-16\frac{a}{2}; s'_5=9\frac{a}{2}$ „

. . . . . .

n-инчи секундада $s'_n=n^2\frac{a}{2}-(n-1)^2\frac{a}{2}=$

$=(n^2-n^2+2n-1)\frac{a}{2}=(2n-1)\frac{a}{2}.$

Эми, ирети менен алынган андан кийинки секундаларда өтүлгөн жолдорду салыштыралы.

$$s'_1:s'_2:s_3':s'_4:s'_5:\ldots s'_n=\frac{a}{2}:3\frac{a}{2}:5\frac{a}{2}:7\frac{a}{2}:9\frac{a}{2}:\ldots:(2n-1)\frac{a}{2}.$$

$\frac{a}{2}$ га кыскартсак төмөндөгү келип чыгат:

$$s'_1:s'_2:s'_3:s'_4:s'_5:\ldots:s'_n=1:3:5:7:9:\ldots:(2n-1).$$

Баштапкы ылдамдыгы жок бир калыптагы—өзгөрүлмө кыймылдын формуласын карап, мындай корутундуларга келүүгө болот:

1. Ылдамдык убакытка түз пропорциялуу.

2. Биринчи секундада өтүлгөн жол, сан жагынан ылдамдануунун жарымына барабар.

3. Жол убакыттын квадратына түз пропорциялуу.

4. Убакыттын иреттүү барабар аралыктарында өтүлгөн жолдор, иреттүү так сандардай катышат.

(Убакыттын ар кандай иреттүү барабар аралыктарында өтүлгөн жолдор иреттүү так сандардай катыша тургандыгын түшүнүү кыйын эмес.)

21а. Башталгыч ылдамдыгы бар бир калыптагы-өзгөрүлмө кыймыл[1]. Эми бир катар баштапкы кыймылы бар нерсе бир калыптагы-өзгөрүлмө кыймылды алган учурду текшерели. Мисалы, поезд жолдун горизонталь участогу боюнча $10\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен бир калыпта жылып келатат жана өрдөн ылдыйлаганда ылдамдануусу $+2\frac{м}{сек^2}$ болгон бир калыптагы - ылдамдатылган кыймылга өтөт. Ошондо анын ылдамдыгы секундасына $2\frac{м}{сек}$ га өзгөргөн жана бир секунда өткөндөн кийинки ылдамдык $10\frac{м}{сек}+2\frac{м}{сек}=12\frac{м}{сек}$ га, эки секунда өткөндөн кийин $12\frac{м}{сек}+2\frac{м}{сек}=14\frac{м}{сек}$ га, үч секунда өткөндөн кийин $14\frac{м}{сек}+2\frac{м}{сек}=16\frac{м}{сек}$ га барабар болот ж. б.

Эгер ошол эле поезд $10\frac{м}{сек}$ болгон туруктуу ылдамдык менен өргө келип $-1\frac{м}{сек^2}$ ылдамдануу менен бир калыпта—улам кемип турган кыймылга өтсө, анда ылдамдыктын өзгөрүшү секундасына $-1\frac{м}{сек}$ болот. Бир секунда өткөндөн кийинки ылдамдык $10\frac{м}{сек}+\left(-1\frac{м}{сек}\right)=9\frac{м}{сек}$ га; эки секунда өткөндөн кийинки ылдамдык $9\frac{м}{сек}+\left(-1\frac{м}{сек}\right)=8\frac{м}{сек}$ га барабар болот ж. б. Жалпысынан алганда, эгер бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылдын баштапкы ылдамдыгын v_0 аркылуу, ал эми ылдамдануусун a аркылуу белгилесек, анда ылдамдыктын бир секунда ичинде өзгөрүлүшү ошол эле a саны менен, бирок башка атама менен туюндурулат (атап айтканда ылдамдыктын бирдигинин атамасы: $\frac{см}{сек}$ же $\frac{м}{сек}$ менен туюндурулат, себеби, ылдамдануунун атамасы $\frac{см}{сек^2}$ же $\frac{м}{сек^2}$ убакыттын атамасы: секундага көбөйтүлөт). Ошондо бир секунда өткөндөн кийин ылдамдык $v_1=v_0+a$ болот,

[1] Баштапкы ылдамдыгы бар бир калыптагы-өзгөрүлмө кыймылды үйрөнүүнү бул бөлүмдү бышыктоого киргизүүгө болот.

эки секунда өткөндөн кийин $v_2=v_1+a=v_0+2a$ болот,

үч „ „ „ $v_3=v_2+a=v_0+3a$ „

. . . . . .

t секунда өткөндөн кийин ылдамдык $v=v_0+at$ болот.

Бул формула боюнча увакыттын туш келди моменти үчүн ылдамдыкты эсептеп чыгарууга болот. Ошол эле формуланы ылдамдануунун негизги аныктамасынан

$$a=\frac{v-v_0}{t}$$ деп чыгарууга болот.

Андан төмөнкү келип чыгат:

$$v-v_0=at;\ v=v_0+at.$$

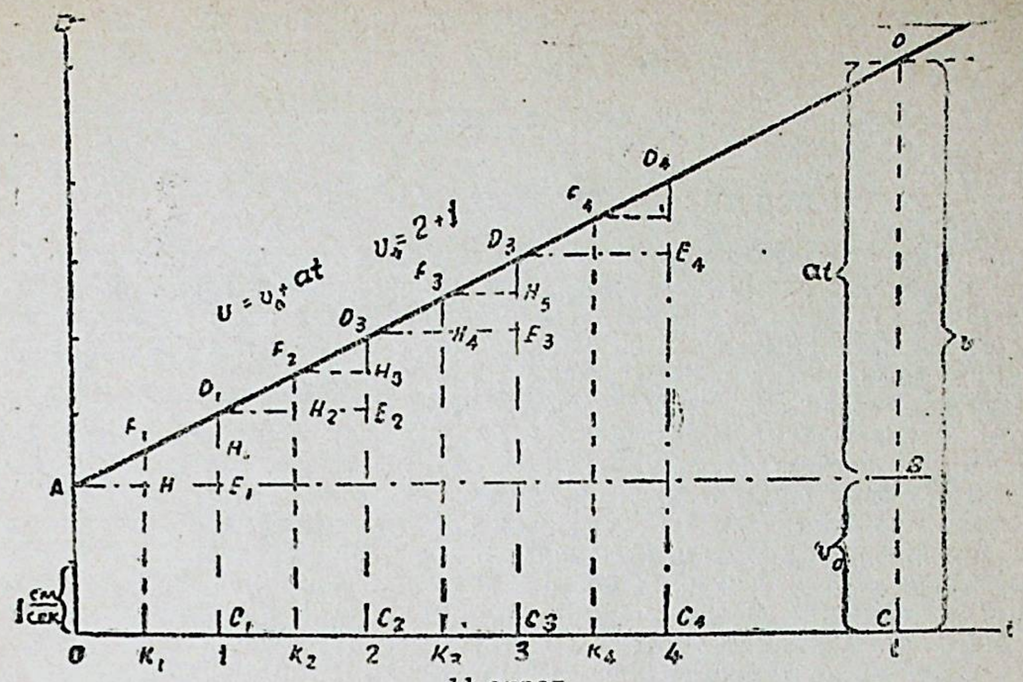
Баштапкы ылдамдыгы бар түз сызыктуу бир калыпта-өзгөрүлмө кыймылдын жолунун формуласын чыгаруу үчүн, өзгөрүлмө кыймылдын t увагы ичиндеги жолу бир калыптагы кыймылда ошол эле увакыттын ичинде орточо ылдамдык менен өтүлгөн жол менен бирдей болорун эске алуу керек. Эгер баштапкы ылдамдык v_0 ге барабар болсо, ал эми t секунда өткөндөн кийинки ылдамдык v болсо, анда бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылдагы орточо ылдамдык $\frac{v_0+v}{2}$ болот. Эгер v нын ордуна, ага барабар болгон v_0+at туюнтмасын койсок, анда орточо ылдамдык $v_0+\frac{at}{2}$ болот. Бир калыптагы кыймылда бул ылдамдык менен t увакыттын ичинде өтүлгөн жол $s=v_0t+\frac{at^2}{2}$ болот. Демек, баштапкы ылдамдыгы v_0 болгон бир калыптагы-өзгөрүлмө кыймылдын тендемелери төмөнкүлөр болот:

$$v=v_0+at;\ s=v_0t+\frac{at^2}{2}.$$ (IIа)

Формулалардын экөө тең бир калыпта ылдамдатылган жана бир калыпта кемитилген кыймыл үчүн да жарамдуу болот: биринчиси үчүн ылдамдануу a оң сан менен, экинчиси үчүн терс сан менен туюнтулат.

22. Баштапкы ылдамдыгы бар бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылдын ылдамдыгынын графиги. Төмөнкү учур (11-сүрөт) үчүн бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылдын ылдамдыгынын графигин түзөлү:

$$v_0=2\frac{см}{сек}$$ жана $a=1\frac{см}{сек^2}$.



11-сүрөт.

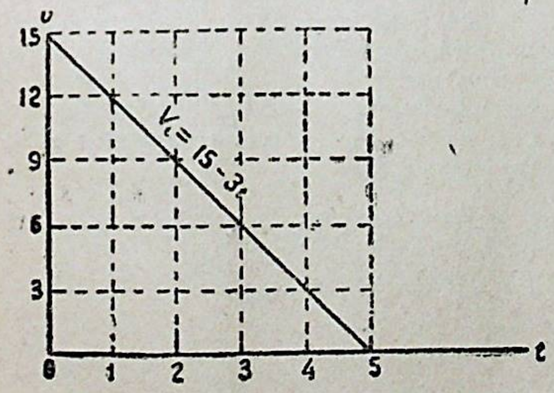
$v=v_0+at$ болгондуктан, $t=0$ болгондо $v=2$; $t=1$ болгондо $v=3$; $t=2$ болгондо $v=4$ ж. б. болот. Эсептеп чыгаруунун натийжаларын төмөнкү таблица түрүндө көрсөтүүгө болот:

t	0	1	2	3	4
v	2	3	4	5	6

Эми $v_0=15\frac{см}{сек}$ болгон учур үчүн $v=v_0+at$ графигин түзөлү(12-сүрөт);

$a=-3\frac{см}{сек^2}$; мында

t	0	1	2	3	4	5
v	15	12	9	6	3	0



12-сүрөт.

Бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылдын ылдамдыгынын графиги—абсциссалар огуна жантык түз сызык экендиги 11-жана 12-сүрөттөрдөн көрүнүп турат. Ординаталар огуна график менен кесилүүчү кесинди баштапкы ылдамдыктын чондугун көрсөтөт. Эгерде баштапкы ылдамдыкты көрсөткөн кесиндинин учунан абсциссалар огуна жарыш сызыкты өткөрсөк, анда бул жарыш сызык тиешелүү увактынын ичинде

ылдамдыктын өскөнүн көрсөтүүчү кесиндинин ар бир ординатасынан кесет. Мисалы, биринчи секунда үчүн ылдамдыктын өсүшү $E_1D_1=1\frac{см}{сек}$ кесиндиси менен, жарым секунда үчүн—$HF_1=\frac{1}{2}\frac{см}{сек}$ кесиндиси менен туюнтулат (11-сүрөт).

22а. Бир калыпта-өзгөрүлмө кыймылдын жолунун тендемесин башкача чыгаруу. Бир калыптагы кыймылдын ылдамдыгынын графигин текшерген кезде (§13), точканын бир калыптагы кыймылда өткөн жолу ылдамдыктын графиги, абсциссалардын огу жана кыймылдын чектелген тик бурчтук аянтына, *сан жагынан барабар* экендигин аныктаган элек.

Бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылдын ылдамдыгынын графиги абсциссалардын огуна жантык болгондуктан, бул чыгарылган эрежени адегенде эле пайдалануу жарабайт. Окуп үйрөнүп жаткан өзгөрүлмө кыймылды башка бир ылдамдыктары ар бир секунданын аягында секирип a чоңдугуна өзгөрүлгөн бир катар бир калыптагы кыймылдардан түзүлгөн кыймылга ойдон алмаштырабыз. Ошондо бир калыптагы кыймылдардын ар биринин ылдамдыгынын графиги абсциссалардын огуна жарыш болгон түз сызык болот, ал эми элестетилген бардык кыймылдын ылдамдыгынын жалпы графиги сынган баскычтуу $AE_1D_1E_2D_2E_3$... ж. б. сызыгы түрүндө болуп көрүнөт (11-сүрөт).

Көз алдыга келтирилген бир калыптагы бир катар кыймылдардын чогуу өткөн жолу, мурункудай, $OAE_1C_1+C_1D_1E_2C_2+$... ж. б. тик бурчтуктардын аянтарынын суммасына сан жагынан барабар болуп чыгат. Албетте, бул эсептеп чыгарылган жол өзгөрүлмө кыймылдын анык жолунан башкача болот. Биздин көз алдыбызга келтирген кыймылыбыз анык кыймылга жакынырак келиши үчүн, бир калыптагы кыймылдардын ылдамдыгы ар бир жарым секунданын аягында $\frac{a}{2}$ чоңдукка өзгөрүлөт деп эсептейли. Ошондо ылдамдыктардын $AHF_1H_1D_1H_2F_2H_3$... түрүндөгү баскычтуу жаңы графиги келип чыгат жана бул жаңы катардагы көз алдыга келтирилген бир калыптагы кыймылдар өтүлгөн жол, $OAHK_1+K_1F_1H_1C_1+C_1D_1H_2K_2+$... тик бурчтуктардын аянттарынын суммасына сан жагынан барабар болот.

Бир калыптагы бир катар кыймылдардан түзүлүп көз алдыга келтирилген кыймылдан анык бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылга дагы жакынырак келүү үчүн, ылдамдык секирме түрдө өзгөрүлүп турган убакытты кичиртүү керек жана бир калыптагы бир кыймыл экинчи кыймылга алмаштырылат.

Ылдамдыктын секирме түрдө өзгөрүшүнүн аралыгын кичирейткен сайын ылдамдыктар графигинин сынык сызыгы түз сызыктуу AD графигине жакындай берет жана кыймылдын жолун сан жагынан туюнтуп турган тик бурчтуктардын аянттарынын суммасы $OADC$ трапециясынын аянтына жакындай берет.

Ошондуктан, *берилген убакыттын ичинде, бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылда өтүлгөн жол сан жагынан (белгилүү пределде), ылдамдыктын графиги, убакыттардын огу жана жолду эсептеп чыгара турган убакыттын батына жана аягына тиешелүү ординаталар менен чектелген фигуранын аянтына барабар деп эсептелүү мүмкүн. Бирок* $OADC$ фигурасы трапеция, анын жарыш жактары $OA=v_0$ жана $DC=v=v_0+at$ га барабар, бийиктиги болсо $OC=t$. Мындан t убактысы ичинде, бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылда өтүлгөн жол, сан жагынан төмөнкүгө барабар:

$$s=\frac{OA+DC}{2}\cdot OC;\ s=\frac{v_0+v}{2}\cdot t=\frac{v_0+v_0+at}{2}\cdot t=v_0t+\frac{at^2}{2};$$

$$s=v_0t+\frac{at^2}{2}.$$

Бул текшерүүдөн $\frac{v_0+v}{2}$ *чоңдугу бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылдын орточо ылдамдыгын түзгөндүгүн* көрүп олтурабыз.

$OADC$ трапециясынын аянты $OABC=v_0t$ тик бурчтуктун аянты менен $ABD=\frac{at^2}{2}$ үч бурчтуктун аянтынан болот.

Мунун биринчи бөлүгү точканын баштапкы ылдамдыгы v_0 менен бир калыптагы кыймылда өткөн жолун көрсөтөт. Экинчи бөлүгү, эгерде $v_0=0$ деп алсак, ошол $s=v_0t+\frac{at^2}{2}$ жалпы формуласынан келип чыгат, Ошондо экинчи бөлүк, баштапкы ылдамдыгы нулга барабар болгон бир калыпта ылдамдатылган кыймылда өтүлгөн жолду көрсөтөт.

22б. Баштапкы ылдамдыгы ар кандай болгон бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылга берилген маселелерди чыгаруунун мисалдары.

1. Поезд горизонталь багытта бир калыпта $36\frac{км}{саат}$ ылдамдык менен жүрүп олтуруп, бир калыпта ылдамдатылган жүрүшкө (өрдөн түшкөндө) өтөт жана 600 $м$ жолду өтөт, анын акыркы ылдамдыгы $45\frac{км}{саат}$ болот. Ылдамдануу жана ылдый түшкөн убакытты тапкыла.

Берилгени:	Табуу керек:
$v_0=36\frac{км}{саат}=\frac{36\,000}{3600}\frac{м}{сек}=10\frac{м}{сек}$;	
$v=45\frac{км}{саат}=\frac{45\,000}{3600}\frac{м}{сек}=12{,}5\frac{м}{сек}$;	a; t.
$s=$ . . . . . $=600$ $м$	

Бул чоңдуктар 21а § тагы формулаларга коюлат:

$12{,}5=10+at$; $600=10t+\frac{at^2}{2}$; $at=2{,}5$; $a=\frac{2{,}5}{t}$;

$600=10t+\frac{2{,}5t^2}{2t}$; $600=10t+1{,}25t$; $600=11{,}25t$;

$t=600:11{,}25=53$ (1 ге чейинки аныктык менен); $t=53$ *сек.*,

$$a=\frac{2{,}5}{t}=\frac{2{,}5}{53};\ a=0{,}047\frac{м}{сек^2}.$$

2. Горизонталь багытта бир калыпта $18\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен жүрүп олтурган поезд, өргө карай бир калыпта акырындатылган жүрүш менен чыгат жана 1 минутадан кийин анын ылдамдыгы $10\frac{м}{сек}$ болот. Ылдамдануу жана өрдөө жолун тапкыла.

Берилгени:	Табуу керек:
$v_0=18\frac{м}{сек}$; $v=10\frac{м}{сек}$; $t=60$ *сек*;	a; s.

$10=18+a\cdot 60$; $s=18\cdot 60+\frac{a\cdot 60^2}{2}$; $a=\frac{10-18}{60}=-\frac{8}{60}$;

$a=-\frac{2\,м}{15\,сек^2}$; $s=18\cdot 60-\frac{2\cdot 60^2}{15\cdot 2}=14\cdot 60$; $s=840$ *м*.

3. Баштапкы ылдамдык $v_0=0$, эркин түшүүчү нерсенин ылдамдануусу $a=980\frac{см}{сек^2}$. Эркин түшүүчү нерсе $s=10$ *м* жолду өткөндөн кийинки ылдамдыгын тапкыла.

$$v^2=2as;\ v=\sqrt{2as};\ s=10\ м=1000\ см.$$

$$v=\sqrt{2\cdot 980\frac{см}{сек^2}\cdot 1000\ см};$$

$$v=\sqrt{196\cdot 10^4\frac{см^2}{сек^2}}=14\cdot 10^2\frac{см}{сек};\ v=1400\frac{см}{сек}=14\frac{м}{сек}.$$

4-көнүгүү.

1. Нерсенин баштапкы ылдамдыгы $v=10\frac{см}{сек}$ болуп $a=5\frac{см}{сек^2}$ ылдамдануу алат. $t=20$ сек. ичинде өткөн жолун жана анын ылдамдыгын тапкыла.

Жообу: $v=110\frac{см}{сек}$; $s=12$ *м*.

2. Нерсенин баштапкы ылдамдыгы $v_0=20\frac{см}{сек}$ болуп, $6\frac{см}{сек^2}$ ылдамдануу алды жана бир нече увакыттан кийин $v=80\frac{см}{сек}$ ылдамдыкка жетти. Ушул увакыттын ичинде өтүлгөн жолду жана увакытты тапкыла.

Жообу: 10 сек.; 5 *м*.

3. Кыймылдын башталышынан тартып 5 секунда өткөндөн кийин нерсенин ылдамдыгы $60\frac{см}{сек}$ га жетти. Бул кездеги ылдамдануу $10\frac{см}{сек^2}$, v_0 жана s ти тапкыла.

4. Нерсенин ылдамдануусу $a=-3\frac{см}{сек^2}$ болуп, 12 сек. ичинде 3 метр жол өттү. Анын баштапкы жана акыркы ылдамдыктарын тапкыла.

Жообу: $43\frac{см}{сек}$; $7\frac{см}{сек}$.

5. Эгерде $3\frac{см}{сек}$ ылдамдык менен нерсе кыймылын баштап 6 сек. кийин анын ылдамдыгы $45\frac{см}{сек}$ жетсе, нерсенин ылдамдануусу кандай жана ал канчалык жол өткөн?

Жообу: $7\frac{см}{сек^2}$; 144 *см*.

6. Поезд станциядан бир калыпта ылдамдаган кыймыл менен жөнөп, 600 метр өткөндөн кийин анын ылдамдыгы $45\frac{см}{саат}$ ка жетти. Бул жолду өткөндөгү увакытты жана ылдамдануу тапкыла.

Жообу: 96 сек; $13\frac{см}{сек^2}$.

7. Ылдамдыгы $54\frac{км}{саат}$ болгон поезд пневматикалык токтоткуч менен (тормоз) 15 сек. ичинде токтойт. Ал токтой баштагандан тартып токтоого чейин кандай аралыкты өтөт жана анын ылдамдануусу кандай.

Жообу: 112,5; $-1\frac{м}{сек^2}$.

8. Мылтыктын стволунун узундугу 1,2 *м*. Ок стволдон $880\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен учуп чыгат. Анын кыймылын бир калыптагы ылдамданган деп эсептеп, ылдамдануусун жана мылтыктын ичиндеги октун жолдогу увакытын тапкыла.

Жообу: 0,003 сек. чамасында.

9. Бир увакытта бир багытты көздөй эки нерсе жибер илген. Анын бири бир калыпта кыймылдап ылдамдыгы $98\frac{см}{сек}$, экинчиси болсо баштапкы ылдамдыгы 0 жана ылдамдануусу $980\frac{см}{сек^2}$ болуп бир калыпта ылдамдануу менен кыймылдайт. Канча секундадан кийин экинчи биринчисин кууп жетет?

Жообу: 20 сек.

10. $a=4\frac{см}{сек^2}$, $v_0=0$ болгон учур үчүн ылдамдыктын, өтүлгөн жолдун жана ылдамдануунун графигин сызгыла.

11. $v^2-v_0^2=2as$ экенин далилдегиле.

12. Нерсенин башталгыч ылдамдыгы $100\frac{см}{сек}$ жана ылдамдануусу $a=-4\frac{см}{сек^2}$ болуп бир калыпта өзгөрүлмө кыймылда жүрүп 920 *см* жолду өттү. Нерсенин кыймылы кандай түрдө? Кыймылынын ылдамдыгы эмнеге барабар?

13. 11-сүрөттө көрсөтүлгөн $\frac{v_0+v}{2}$ ординаталарынын жарым суммасынын кандай физикалык мааниси бар?

14. $s=v_0t+\frac{at^2}{2}$ формуласындагы ар бир мүчөнүн айрым өздөрүнүн кандай физикалык мааниси бар?

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Механикалык кыймыл деп эмнени айтабыз?
2. Материалдык точка деп эмнени айтабыз?
3. Кыймылдагы точканын траекториясы деп эмнени айтабыз?
4. Траектория боюнча кыймылдар кандай түрлөргө бөлүнүшөт?
5. Теңелме кыймыл деп нерсенин кандай кыймылы айтылат?
6. Кыймылдын ылдамдыгы жөнүндө түшүнүктү кандайча түзүүгө болот?
7. Ылдамдыгы боюнча кыймылдар кандай түрлөргө бөлүнүшөт?
8. Бир калыптагы кыймыл жана өзгөрүлмө кыймыл деп кандай кыймылдар айтылат?
9. Ылдамдыктын кандай бирдиктери алынган?
10. Вектор деп эмнени айтат? Ылдамдык кайсы чондукка тиешелүү?
11. Ылдамдыктын векторун графикте кандайча көрсөтүүгө болот?
12. Бир калыптагы кыймылдын тендемеси математикача жана графикче кандайча туюнтулат?
13. Өзгөрүлмө кыймылдын орточо жана көз ачып жумганча ылдамдыгы деген эмне?
14. Өзгөрүлмө кыймылдын ылдамдануусу деген эмне?
15. Кыймыл акырындаганда ылдамдануунун кандай белгиси болот?
16. Ылдамдануу—скалярдык же вектордук—кандай чондуктардын разрядына тиешелүү?
17. Ылдамдануунун бирдиктери кандайча жана кайсылары алынган?

18. Бир калыпта өзгөрүлмө кыймыл деп кайсыны айтат?
19. Бир калыпта өзгөрүлмө кыймылдын кандай түрлөрү бар?
20. Баштапкы ылдамдыгы нулга барабар болгон бир калыпта өзгөрүлмө кыймылдын жолунун жана ылдамдыгынын теңдемеси кандай түрдө болот жана ал кандай чыгарылат?
21. Өтүлгөн жол аркылуу акыркы ылдамдыкты бул учур үчүн кандайча туюнтууга болот?
22. Баштапкы ылдамдыгы нулдан айырмасы болгон бир калыпта өзгөрүлмө кыймылдын жолунун жана ылдамдыгынын теңдемеси кандай түрдө болот жана ал кандай чыгарылат?
23. Бир калыпта өзгөрүлмө кыймылдын ылдамдануусунун, ылдамдыгынын жана жолунун графиги кандай түрдө болот жана аны кандай түзүүгө болот?

2. Ньютондун кыймыл закондору.

23. Механиканын өөрчүшү. Механика жөнүндөгү билимдерди киши эң өзелки убакыттардан бери таап келген.

Байыркы дүйнөдөгү мамлекеттерде, биз татаал согуш курулуштарына жана чоң курулуштарга кезигебиз.

Египеттеги пирамидалар, Вавилон мунарасы, Грециядагы гавандар, Римдин көпүрөлөрү жана крепосттору, орто кылымдагы коргондор жана храмдар—мына ушул курулуштардын бардыгы ар түрдүү механикалык маалуматтардын бай материалын адам баласына чогултуп берген.

Биздин заманыбызга чейин үч жүз жыл дээрлик мурда (287—212) Сицилияда Сиракуз шаарында, байыркы дүйнөнүн эң улуу физиги-математиги Архимед жашаган. Ал рычаг законуна далилдөө берген, гидростатиканын негизги законун ачкан, нерселердин салмак борбору жөнүндөгү окууну баштап берген жана толуп жаткан машиналарды ойлоп чыгарган. Мунун ичинде Архимед машинасы деп аталган суу көтөрүүчү винт бар. Механиканын статика деп аталган бөлүмүнө Архимед негиз салган.

Географиялык улуу ачылыштардын доорунда (XVI к.) адам баласынын өндүрүш керектөөлөрү тарабынан механикага болгон таламдары айрыкча күчөдү.

Аласта жүргүзүлүүчү соода байланыштарынын жана деңизде сүзүүнүн өнүгүшү, кеме куруу—кемелердин чыдамдуулугун жана киши сыймдуулугун көбөйтүү алардын туруктуулугун арттыруу боюнча, аны менен катар океандарда кемелер жүргүзүү проблемасы боюнча бир катар таламдарды илимдин алдына койду.

Европадагы өлкөлөрдүн феодалдык туюкталышынын бузулушу, ички товар алмашуунун көбөйүшү катташуу жолдорун жакшылоону талап кылышкан. Феодалдык Европадагы жолдор эң начар авалда болгон. Эки экипаж өтүшүп кете ала турган жолдор тууралу кыял гана кылышкан. Феодалдык жер ээлери жолдордун мындай жаман авалда сакталып турушуна гана таламдаш болгон, анткени аларга караштуу жерлердеги жолдордо өтүп бара жаткан арабалардан түшкөн товарларды алууга алар акылуу болгон („арабадан түшүп калганды жоголду дей бер“ деген макал ушундан калган). Күч алып бара жаткан буржуазия, мунун тескерисинче, катташуу жолдорунун жакшыланышын талап кылган жана агын суу транспортуна көңүлдү айрыкча бурган. Суу транспортун жабдуу иши, каналдарды каздыруу, плотиналар жасатуу менен байланышкан. Суу транспортун жакшылоо, суунун кыймылынын закондорун окуп үйрөнүүгө, тим турган жана агын суудагы басымдын таралыш закондорун окуп үйрөнүүгө алып келген.

Механиканын маселелерин чечүү иши менен жакын байланышы бар, XVI жана XVII кылымдардын өндүрүш аракеттеринин бир далай жактарына токтобостон, согуш иши механика илимин түзүүгө айрыкча күчтүү таасир кылганын белгилеп кетели.

Мамлекеттердин экономикалык таламдарынын күрөшү согуштар аркылуу чечилген. Мылтык дарысы табылган замандан тартып, от атуучу куралдар улам

көп колдонула баштаган. Согуш кагылыштарда артиллерия менен жабдылган армия тарабында жеңиш болгон. Таамай атуу болсо нерселердин учуу закондорун билүүгө байланыштуу болгон. Ошондуктан нерселердин түшүү закондорун, ыргытылган нерселердин авасыз мейкиндикте жана авада жылуу закондорун окуп үйрөнүү, замандын биринчи кезектеги милдети болгон.

Ошентип, замандын ар түрдүү өнөр жайлык жана согуш таламдары, жалпы теориялык негизде, механикалык маселелерди чечүүгө алып келишкен.

XV жана XVI кылымдардын чегинде Леонардо да Винчи (1452—1519) деген эң сонун окумуштуу, инженер, художник механика маселелерине катуу кийлигишкен.

Илимдин өндүрүшүндө, ар дайым болуп туруучу өтө зарыл керектелинип коюлган милдеттер өз заманындагы гениалдуу акылдарды өздөрүнө тартышат. Ошондуктан улуу үч илимпоздор: Галилей (1564—1642), Ньютон (1643—1727) жана Гюйгенс (1629—1695) механикалык маселелерди окуп үйрөнүүгө берилишкен жана адамзат чогултканмиң жылдык тажрийбага сүйөнүп, механиканын негизги закондорун түзүшкөн, б. а. физика илиминин бир бөлүгүн түзүүчү механика илиминин башталышын негиздеген.

Галилей менен Ньютон ачкан закондор илим жана ага негизделген техниканы күчтүү түрдө өнүгүүгө жардам берген жана бул закондор жаңы ачылган бир топ көрүнүштөрдү түшүндүрүү үчүн XX кылымда гана жетишсиз болуп калган.

Бул закондорго негизделген механика Галилей-Ньютондун механикасы же классикалык механика деп аталып кеткен.

23а. Механиканын негизги милдети. Механиканын негизги милдети—нерселер өз ара аракет кылганда, алардын механикалык кыймылынын өзгөрүшү кандайча боло тургандыгын жана мында кандай сан катыштары бар экенин түшүндүрүү болот.

Ньютон өзүнүн 1687-жылы басылып чыккан „Натуралдык философиянын математикалык негиздери“[1] деген атактуу китебинде бул катыштарды механиканын негизги үч законунда көрсөткөн. Бул закондор төмөндө айтылат.

24. Механиканын биринчи закону. Бизге же болбосо башка бир нерсеге салыштырганда тынч турган *эч бир нерсе өзүнчө тынч авалдан чыкпагандыгын* тажрийба көрсөтүп турат: таштар өз орундарында жатат, вагондор жолдордун үстүндө турат, ок мылтыктын ичинде жатат. Бир нерсе тынчтык авалынан чыгуунун себептерин окулуп үйрөнүлгөн тажрийба менен дайыма издөөгө жана издеп табууга көнүккөнбүз. Эгерде таштар ордунан которулган болсо, аларды же кишилер ташыган болот, же агып жаткан суу агызып келген болот, же куюн жылдырган болот, жалпы айтканда кандай да болсо, бир нерсе таасир кылган болот. Эгерде вагондор рельсалар боюнча жылып кетсе, аларды же буунун аракети, же кишилердин булчуңу аны ордунан которгон болот. Мылтыктын огу, от алып кетүүчү газдардын түртүшүнөн мылтыктан чыгып кетет. Кишилер жана айбандар жүргөн кезде жерди теминип илгери басышат. Муз тайгалак болуу аркасында теминүү кыйын болгондуктан, муз үстүндө жүрүү кыйын. Темир мыктар, темирдин таарындылары, магнит стрелкасы, магнит же болбосо электр тогу таасир кылуу аркасында аракет-

[1] Китептин чыныгы аты (латин тилинде): Philosophiae Naturalis Principia Mathematica.

кé (кыймылга) келет. Жеңил буюмдар, электрленген нерселер аркылуу кыймылга келтирилет.

Бир нерсенин *ылдамдыгы* чоңдугу боюнча да жана багыты боюнча да *башка нерселер менен өз ара таасир кылышуу аркасында* гана *өзгөргөндүгүн* дайыма байкоолорубуз көрсөтүп турат. Мисалы, авада учуп бара жаткан ок, күүлөнтүп айдалган кайык, акырындай башташат, анткени аларга сырттан ава же суу өздөрүнүн тоскоолдуктары менен таасир кылышат. Уруп жиберүүдөн горизонталь бет үстүндө тоголонуп кеткен шар акырындан өз кыймылын басайтат жана бетке сүрүлүшү канчалык чоң болсо, ошончолук бат токтойт: чөп же кум үстүндө баарыдан бат токтойт; асфальт жолдо алысыраак тоголонот жана сүрүлүү аз болгон жылмакайланган тактайда же жылмакай муздун үстүндө көпкө тоголойт.

Жылып бараткан нерсенин ылдамдыгынын чоңдугу өзгөрүүнүн себеби—ага башка нерсенин таасир кылышы болуп саналгандыгын бул байкоолор көрсөтөт: бул таасир канчалык аз болсо, нерсенин ылдамдыгы ошончолук көпкө сакталат.

Жылып бараткан нерсе башка нерсе менен өз ара таасир кылганда гана, ылдамдыктын багыты да өзгөрө турганын байкоого болот. Шарикти жантык тегиздик боюнча стол үстүнө коё берели: ал стол үстүндө түз сызык боюнча тоголонуп кетет. Шариктин жолуна, баштапкы кыймылдын багытына кандайда болсо бир бурч жасап, брусок коёлу: шарик жолунда турган тоскоолго урулуп өз кыймылынын багытын, демек, өз ылдамдыгынын багытын өзгөртөт.

Брусок ордуна ийилген темир пластинка коюп, тажрийбаны кайталап көрөлү: мында шарик пластинкага тийип, пластинканы бойлоп кыйшык сызык боюнча тоголонот.

Темир шарик алып, жантык тегиздиктин четине тегиздик бүткөн жерге, күчтүү магнит коёлу: темир шарик тегиздиктен тоголонуп түшүп, түз жолунан чыгып, магниттин тартуу күчү астында, магнитти көздөй бурулат.

Учуп бараткан ташка же окко ар бир кирпик каккыча болгон убакытта Жер өзүнүн тартуусу менен таасир кылгандыктан, горизонталь кылып ыргытылган таш же атылган ок түз барбай, жерге жантык кыйшык сызык боюнча учат.

Нерселердин кыймылы жөнүндөгү көп байкоолордон Галилей нерселердин негизги касиети тууралу: *ар кандай нерсе башка нерселердин таасири тийбеген өз бетинче болгондо, өз кыймылынын ылдамдыгын өзгөртпөстөн сактайт*, деген корутундуну чыгарган.

Өз кыймылынын ылдамдыгын өз бетинче болгондо өзгөртпөстөн сактоочу нерсенин касиети инерция деп аталып кеткен.

Нерселердин инерциясы кыймылдын бардык түрлөрүндө, ошону менен бирге салыштырмалуу тынчтык кезинде да байкалат.

Салыштырмалуу тынчтык кыймылдын көп боло турган түрүн түзүп, анда салыштырмалуу ылдамдык нулга барабар болот.

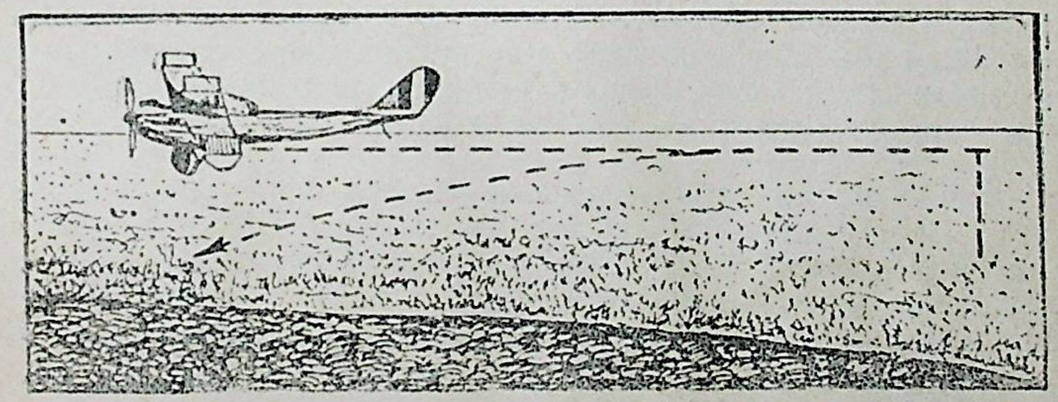
Эгер нерсеге кыймылга келтирүүчү кандайда болсо тышкы күч үздүксүз таасир кылган учурда гана нерсе жылат деген окуу Галилейге чейин үстөмдүк кылып келген. Кала берсе Галилейдин замандаштарынан болгон кайсы бир окумуштуулар инерция деген түшүнүктү бат эле өздөштүрүп кете алышпаган.

Жогоруда айтылгандардан башка дагы бир катар мисалдарды текшерип, нерселердин инерциясы байкалышын, башкача айтканда, чоңдугу жана багыты жагынан өзгөрүлбөс ылдамдыктагы кыймылды же тынчтык авалды сактап турууга нерселердин жөндөмдүү болушун көрөлү.

Тышкы себеп нерсени тынчтык авалдан чыгарган ар бир учурда тынчтык инерциясы ачык байкалат. Трамвай вагонунун ичинде, кайыкта же болбосо ар кандай арабада олтурган кишилер вагон же кайык кыймылга келгенде чалкалай түшүшөт жана алардын тынчтыктан кыймылга өтүшү канчалык ылдам болсо, адам да ошончолук көп чалкалайт.

Арабага түшкөн кишинин буттары сүрүлүү аркасында арабанын таманы же олтургучу менен кошо илгерилеп, ылдамдык алууга үлгүрөт, ал эми буттар менен серпилгич түрдө байланышкан тула бою өзүнүн тынчтык авалын сактап кала берет жана араба кыймылга келгенде чалкалай түшкөн болот. Мына ушул эле себептен, жазы арабага салынган буюмдар, арабаны илгери карай кескин түрдө түрткөндө, кыймылга тескери болгон багытта кулап түшүшөт.

Арабада, вагондо, кайыкта бара жаткан киши жүрүштүн ар бир акырындаган кезинде илгери эңкейип, жүрүштүн ар бир ылдамдаган кезинде чалкалайт, бурулуш жасалган ар бир кезде жолдун кыйшаюусунун сырт жагын көздөй ийилет—мына ушулардын баарысынан инерция байкалат.



13-сүрөт. Самолёттон ташталган бомбанын траекториясы.

Самолёттон ташталган буюмдар (13-сүрөт) же вагондун терезесинен ташталган буюмдар, самолётко же вагонго ээрчип олтурушат, бирок оордук күчү аларды түз сызыктуу жолдон чыгарып жиберет.

Ылдам бараткан вагондон секирип түшкөн киши вагон жүрүп бараткан жакка чуркап, буттарынын жерге сүрүлүшү ылдамдыкты азайтканча чуркай берет. Кыймылдаткыч ишин токтоткондон кийин да, машинанын бөлүктөрүнүн сүрүлүшү же жерге сүрүлүү аларды токтотконго чейин автомобиль, поезд, машинанын шкиви кыймылын уланта берет.

Кыймылдын ылдамдык багытынын сакталышын биз бир топ жөнөкөй учурларда да байкайбыз.

Тез бара жаткан кезде башка багытка бурулуп кетүүнүн кыйын экендигин, мындайча башка багытка бурулуу үчүн бурулуп турган жакка дене бойду эңкейтүү керек экендигин ар бир велосипедчи, муз тебүүчү же тим эле түз чуркап бара жаткан киши билет. Кыймылдагы нерсенин инерциясы, бардык учурларда нерсе жылып келген түз сызык боюнча кыймылды уланта берет.

Поезд түз сызыктуу жолдон жаа түрүндөгү жолго өтсүн үчүн, тышкы рельсти ичкисине караганда көтөрүңкү коюшат; мындай кылбаса ылдам келаткан поезд бурулушта рельстен чыгып кетиши мүмкүн.

Бул мисалдар болсун жана башка байкоолор болсун эки корутундуга алып келишет:

1. Нерсенин кыймылынын ылдамдыгы чоңдук жагынан жана багыт жагынан да башка нерселердин таасири астында гана өзгөрөт.

2. Тыштан таасир болбосо, нерселер инерция боюнча өз ылдамдыгын өзгөртпөстөн сакташат.

Жердеги шарттарда таза түрдө кыймылдын инерциясын байкоо жөнүндө тажрийба жасап болбойт, анткени бардык тышкы таасирлерди—жердин тартышын, сүрүлүүнү, заттын ичинде нерсенин кыймылы болуп жаткан заттын тоскоолдугун бир маалда алып таштоого болбойт. Бирок заттын инерциясы жердеги нерселердин жана асмандагы жарык кылуучулардын кыймылындагы бардык учурларда көрүнөт. Эсептеп чыгаруудан инерцияны эсепке алгандагы келип чыккан корутундулар, жасалган байкоолорго өтө чоң аныктык менен бирдей келишет, бул болсо заттын инерциясы бар экендигине жандама ишендирүү болот.

Демек, *нерсе өзүнүн тынчтык авалын же болбосо түз сызыктуу бир калыптагы кыймылын, кандай да болсо бир тышкы себеп нерсени бул авалдан чыгарганга дейре сактап турушу заттын инерциясы болот.*

Ньютондун китебинде механиканын биринчи законунун төмөнкү формулировкасы бар:

Ар кандай нерсе өзүнүн тынчтык авалында же болбосо бир калыптагы түз сызыктуу кыймылында, жумшалган күчтөр бул авалды өзгөртүүгө аргасыз кылганга чейин, кармалып тура берет.

4а-көнүгүү.

1. Поезд бир калыпта жүрүп баратканда вагондун столунда тынч жаткан топ, поезддин кыймылынын багытын көздөй илгери, же кыймылга тескери артка же жанга кулап түштү. Бул учурлардын ар бириси поезддин жүрүшүндөгү кайсы өзгөрүүнү көрсөтөт?

2. Бир калыпта жүрүп бараткан автомобилдин оң капталында олтурган пассажир (жүргүнчү) капталга такала түштү. Автомобилдин жүрүшүндө кандай өзгөрүш болду?

3. Чайкалбастан бир калыпта кетип бараткан пароходдун каютасынын потологуна шар асып коюлган. Эгер пароход жүрүшүн ылдамдатса, басайтса, баштапкы багытынан сол жакка бурулса, капылестен токтосо шардын авалында кандай өзгөрүүлөр болот?

4. Ылдам жүрүп бараткан поезддин вагонунан илгери карай секирип түшкөн пассажир эмне үчүн жыгылат жана поезд жай жүрүп баратканда секирсе жыгылбай тик туруп калат?

5. Поезд жай жүрүп баратса да, секиргенде поезддин багытына карама-каршы тескери жакты көздөй секирүүгө эмне үчүн жарабайт?

6. Жай жүрүп бараткан поезддин акыркы вагонундагы ачык аянтчадан секиргенде жерге буту менен түшүү үчүн кандай ылдамдык менен жана кайсы багытта секирүү керек?

7. Балтаны саптаганда эмне үчүн балтанын сабынын бош учун койгучка ургулайт?

8. Нерсенин инерциясынын турмуш шарттарындагы жана жөнөкөй техникадагы мисалдарын көрсөткүлө.

25. Күч. Ньютондун биринчи законунда нерсенин кыймылын өзгөртүш себебин белгилөө үчүн к ү ч деген сөз колдонулат.

Жогорудагы түшүндүрүү боюнча нерсенин кыймылын өзгөртүш себеби ар увакытта биринчи нерсе менен өз ара аракет кылуучу экинчи нерсе болот. Нерсеге, материяга байланышпаган күч жок. Өз ара аракет кылышуучу жана ошол өз ара аракет кылышуудан өз кыймылдарын өзгөртүүчү нерселер гана бар. Ошондуктан к ү ч деген сөз мындан ары карай кыскалык үчүн, мааниси шартталган түрдө колдонулат. Ар дайым, бир нерсе экинчи нерсеге, анын ылдамдыгын өзгөртүп, аракет кылды деп айтып отуруунун ордуна, нерсеге күч таасир кылды деген оңойлотулган туюнтманы колдонууга болот. Бирок ылдамдыктын ар кандай өзгөрүлүшү, ылдамдануунун пайда болушу менен белгиленет. Мунун негизинде күчкө (жогоруда көрсөтүлгөн мааниде түшүнгөндө) төмөнкү аныктоону берүүгө болот: *нерсенин кыймылын ылдамдатуунун себеби күч болот.*

Нерселердин бири-бирине болгон таасирин текшергенде, мындай таасирдин эки түрүн ажыратууга болот:

1. Аралыкка таасир кылуу.
2. Нерселер түздөн-түз тийишкенде таасир кылуу.

Аралыкка таасир кылуунун мисалдары: оордук күчү—нерселерди Жердин тартып туруу күчү; магниттелген нерселер ортосунда аракет кылган магнит күчтөрү; электрлештирилген нерселер арасында аракет кылган электр күчтөрү.

Күчтөрдүн экинчи түрү согуудан, кысуудан, чоюудан, жалпы алганда—нерсенин д е ф о р м а ц и я с ы, башкача айтканда, нер-

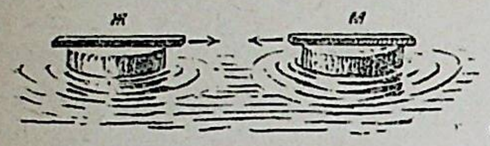
сенин формасы же көлөмүнүн өзгөрүүсү пайда болгон бардык аракеттерден келип чыгат.

Ар кандай деформацияда—кысууда, созууда, жылдырууда, ийүүдө, буроодо—бүт бойдон бардык нерселер салыштырмалуу тынчтыкта турса да, нерсенин айрым бөлүкчөлөрү кыймылдашат.

Деформацияланган нерсе башка нерсеге таасир кыла турган күч серпилгич күч деп аталат.

Күчтөрдүн экинчи түрүнө, серпилгич күчтөрдөн айырмаланып, бири-бирине тийишкен нерселердин биринде гана пайда болуучу сүрүлүү күчүн киргизүүгө болот.

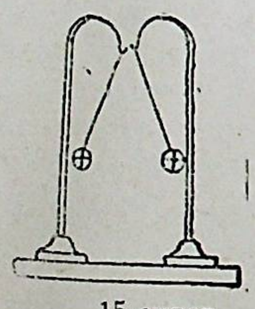
25а. Жаратылышта нерселердин өз ара аракеттениши гана бар. Ушул увакытка чейин биз күч тууралу сүйлөгөндө бир нерсенин экинчи нерсеге аракети тууралу сүйлөдүк. Ошентип күч тууралу түшүнүк пайда болсун үчүн эки нерсенин бар болушу зарыл. Ортосунда күчтөр аракет кылган эки нерсе, тең укуктуу экен: алардын экөө тең бири-бирине таасир кылат жана ар бири экинчисинин таасирине дуушар болот. Жаратылышта нерселердин бири-бирине аракет кылышы ар дайым бир маалда пайда болот, нерселердин өз ара аракеттениши пайда болот. Жалаң гана аракет кылган нерселер болбойт жана башка нерселердин таасирине гана туруштук берген нерселер да жок.



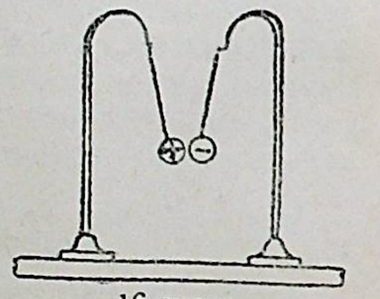
14-сүрөт.

Эки пробканын үстүнө магнит жана темир тилкелерди жайлаштырып, пробкаларды айнек идиштин ичиндеги суунун үстүнө коёлу; пробкалар бир эле уакта бири-бирин көздөй сүзүп кеткенин көрөбүз (14-сүрөт). Кагаздан жасалган эки шарикти жибек жипке асып коёлу жана териге сүрүлгөн айнек таякча менен аларды электрлейбиз. Бул эки шарик бир эле уакта түртүшүп бири-биринен алыстап кеткенин көрөбүз (15-сүрөт).

Ушул эле тажрийбаны кайталап көрөлү, бирок бул жолу бир шарикти айнек таякчасы менен, экинчисин эбонит таякчасы менен электрлейбиз; шариктердин *экөө тең бир эле уакта* бири-бирин көздөй тартылганын көрөбүз (16-сүрөт). Коргошундан, чоподон, мумдан жасалган эки шарды бирин көздөй бирин жиберели: алар экөө сүзүшкөндөн кийин, шарлардын экөөндө тең оюк пайда болгонун байкоо мүмкүн. Нерселердин экөөнүн тең аракетинин өзгөрүшүн байкоо ар дайым мүмкүн эмес: мисалы, Жер өзүнө тартып турган таш өз кезинде Жерди өзүнө тартып турганын биз байкайбыз. Бирок өз ара аракеттенүүнүн мындайча жок сыяк-



15-сүрөт.



16-сүрөт.

танышы кубулуштун өзү абдан кичине болуудан деп, же байкоо куралдары орой болуудан деп түшүндүрүү керек. Бир учурларда байкоонун техникасын жакшыртуу аркылуу, экинчи учурларда эсептеп чыгаруу аркылуу төмөнкү корутундулардын жалпы экенине ишенүүгө болот:

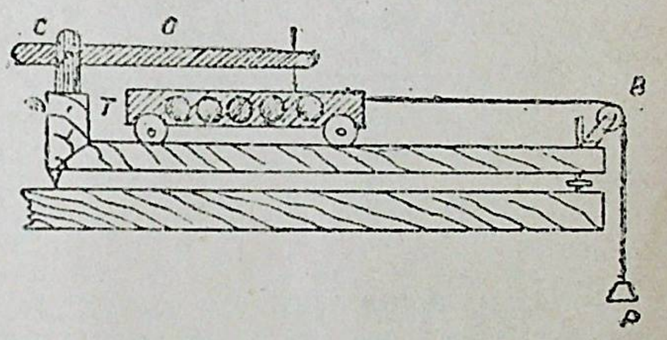
1. Жаратылышта нерселердин өз ара аракеттениши гана бар.

2. Эки нерсе механикалык жол менен өз ара аракеттенген кезде, бир күч алардын бирөөнө жумшалат, экинчи күч экинчисине жумшалат.

3. Күчтөрдүн экөөнүн тең карама-каршы багыты бар.

26. Күч менен ылдамдануу ортосундагы көз карандылык. Жогор жакта биз күчтү ылдамдануунун себеби катарында аныктадык. Эми ошол бир нерсеге таасир кылган күчтөрдүн жана ошол эле нерсеге бул күчтөр берген ылдамдануулар ортосунда кандайда болсо көз карандылык болобу—жокпу, мына ушуну байкап көрөлү. Бул суроого жооп берүү үчүн нерсеге таасир кылган күчтөрдү ченөө жана алар берген ылдамдануларды эсептеп чыгаруу керек. Күчтөрдү биз динамометрдин жардамы менен ченей алабыз. Ылдамдануларды болсо, нерсе белгилүү бир увакыттын ичинде өткөн жолдор боюнча эсептеп чыгара алабыз. Ар түрдүү күчтөр таасир кылганда нерсе алган ар түрдүү ылдамдануларды биз төмөнкү тажрийбада эсептеп чыгара алабыз.

Оор жыгач араба *T* горизонталь багыттагы күчтүн таасири астында горизонталь тактайды бойлото жыла алат (17-сүрөт). Бул күчтү *P* жүгү түзөт. Ал жүк *B* чыгырыгы аркылуу өткөрүлгөн жана андан ары арабага горизонталь түрдө тартылган жипке асып коюлган. Кыймылдын уактысы саат боюнча эмес, *C* кыстыргычына кыстырылган серпилгич *D* пластинкасынын термелиши боюнча белгиленет.

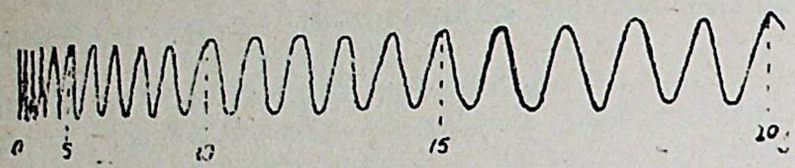


17-сүрөт. Динамиканын экинчи законун текшерүү үчүн курал.

Серпилгич пластинка да увакыттын бирдей аралыктары ичинде өзүнүн ырааттуу термелишин жасайт. Бир секундада 10 жолу термеле турган пружинаны табууга болот; анда ар бир термелүүнүн узактыгы 0,1 секунда болот.

Пластинканын учуна сыяга малынган ичке кисточка бириктирилет, ал эми арабага кисточкага тийишип турган кагаз тилкеси чапталат. Араба кыймылга келип, пластинка термелгенде, кисточка толкундуу сызыкты чиет (18-сүрөт). Биз тандап алган пластинкада ар бир 10 ийрилме 1 секундага, 5 ийрилме—0,5 секундага туура келет. Адегенде араба бир калыпта жүрө

тургандай болгон жүк алынат. Тартуу күчү сүрүлүү күчүн тең салмактантат жана араба акырын гана түртүп коюудан инерция боюнча жылат дегенди бир калыптагы кыймыл көрсөтөт. Андан кийин жипке 5, 10, 15 грамм жүктү удаалаш асат, араба



18-сүрөт. Термелген пластинканын учуна бириктирилген кисточка чийген ийри сызык.

менен пластинка аракетке келтирилет жана кагаздагы толкундуу сызыктын узунунан сызылган түз сызык боюнча араба 0,5 секундада, же 1 секундада же 2 секундада баскан жол ченелет. $s=\frac{at^2}{2}$ формуласы боюнча берилген жол s жана увакыт t боюнча a ны эсептеп чыгаруу мүмкүн.

Бир тажрийбанын натийжалары төмөнкү таблицада көрсөтүлгөн (арабанын өзүнүн салмагы 1 700 грамм)[1].

Аракетке келтирүүчү күч грамм менен	Увакыт секунда менен	Аралык сантиметр менен	Ылдамдануу $a=\frac{2s}{t^2}\ \frac{см}{сек^2}$
5	3	12,60	2,80
10	2	11,20	5,60
15	2	16,70	8,35
20	1,5	12,64	11,24
30	1,5	18,90	16,80

Биринчи жана төртүнчү катардагы сандарды жол-жолу менен салыштырсак, биз (тажрийбанын тактыгынын пределинде) аракетке келтирүүчү күч нече эсе көбөйтүлсө, ылдамдануу ошончо эсе көбөйгөнүн көрөбүз.

Буга окшогон тажрийбалардан төмөнкү корутунду чыгат: *ошол эле бир нерсе түрдүү күчтөрдөн алган ылдамдануу күчкө түз пропорциялуу.*

26а. Нерсенин массасы тууралу түшүнүк. Эгер биз тажрийбадагы биринчи күчтү F_1, экинчи күчтү F_2, үчүнчүсүн F_3 жана акыркысын F тамгасы менен белгилесек, ал эми аларга теңдеш болгон ылдамданууларды a_1, a_2, a_3,... a аркылуу белгилесек, анда тажрийбанын маалуматтарын төмөнкүчө жазууга болот:

[1] Арабанын салмагы, жогоруда жазылган тажрийбадагы сыяктуу, аскан жүктүн салмагынан бир кыйла оор болгондуктан, арабаны аракетке келтирүүчү жиптин керилиши ылдамдатылган кыймыл кезиндеги ылдый-түшкөн нерсенин салмагына так барабар эмес, бирок ал бул мааниге абдан жакын.

$$\frac{F_1}{F_2}=\frac{a_1}{a_2};\quad \frac{F_2}{F_3}=\frac{a_2}{a_3};\quad \frac{F_3}{F}=\frac{a_3}{a}.$$

Эгер бул пропорцияларда ортоңку мүчөлөрдүн ордун алмаштырсак, анда барабар болгон катыштардын төмөнкү катарын алабыз:

$$\frac{F_1}{a_1}=\frac{F_2}{a_2}=\frac{F_3}{a_3}=\ \dots\ =\frac{F}{a}.$$

Берилген нерсеге биз кандай гана күч менен таасир кылсак да, таасир кылуучу күчтүн өзү берген ылдамдануугa болгон катышы турактуу чоңдук болуп саналганын биз бул катардагы барабардыктан көрөбүз.

Чоңдуктардын мындай турактуулугу кокусунан болбойт; бул чоңдук нерсенин күчтөн да жана ылдамдануудан да башкача болгон жаңы касиетин аныктайт.

Буга ишенүү үчүн, ар түрдүү нерселер үчүн, мындай катыштар ар түрдүү болобу же жокпу, мына ушуну текшерип көрөлү.

Бул максат менен жогоруда айтылган тажрийбаны ар түрдүү нерселер менен кайталап көрөлү. Ар бир нерсе үчүн күчтүн ылдамдануугa болгон катышы турактуу болуп кала берерин, бирок ар кандай нерселер үчүн бул катыштар ар кандай экенин тажрийбанын маалуматтары көрсөтөт. Демек, мындай катыштар чыныгы эле нерсенин бөтөнчө касиетин мүнөздөшөт. Бул эмне деген касиет? Биз бардык нерселер инерциялуу экендигин көргөнбүз. Эгерде ар түрдүү нерселер бирдей эле күчтөн ар түрдүү ылдамдануу алышса, б. а. алар өзүлөрүнүн ылдамдыгын түрдүүчө өзгөртүшсө, демек, алар ар түрдүү өлчөмдө инерциялуу болот.

Ар түрдүү нерселер бирдей эле күчтүн таасири астында ар түрдүү ылдамдануу ала тургандыгын туюнтуучу, нерселердин инерциясынын ар түрдүүлүгү, нерселердин механикалык касиетинин мүнөздөмөсү боло алат. Берилген F күчүнүн таасири астында алган ылдамдануусу кичине болгон нерселер өзүлөрүнүн ылдамдыктарын акырындык менен өзгөртөт. Бирок, ошону менен бирге, алар үчүн, $\frac{F}{a}$ катышы (бөлчөктүн бөлүмү кичине) чоң. Эгерде ошол эле F күчүнүн таасири астында башка нерселер чоң ылдамданууларды алса, демек, алар өзүлөрүнүн кыймылынын абалын аз даражада сактайт, б. а. алардын инерцияларынын чоңдугу кичине. Бирок ошол эле увакта $\frac{F}{a}$ катышы (бөлчөктүн бөлүмү чоң) кичине.

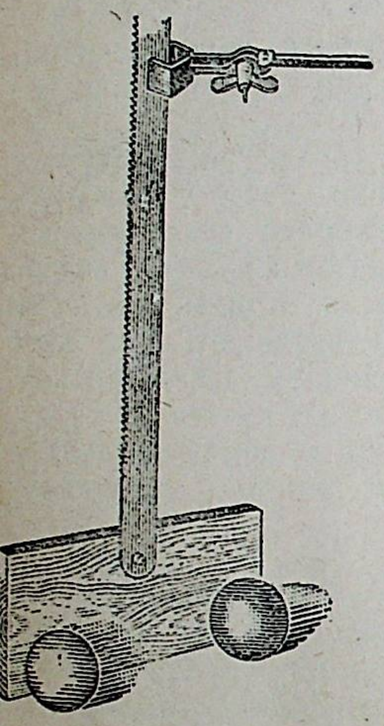
Бул пикирлешүүдөн, нерсенин $\frac{F}{a}$ катышынын турактуулугу менен туюнтулган касиети, нерсенин инерциясы менен байла-

нышкан жана анын чени боло алат деп жыйынтык чыгарууга болот.

Нерсенин инерциясынын чени нерсенин массасы деген атама алды. Ошентип, нерсе үчүн туруктуу болгон $\frac{F}{a}$ катышы нерсенин массасынын чени деп кабыл алынууга мүмкүн.

Ньютон[1] „масса“ деген терминди биринчи жолу киргизген.

Нерсенин ар түрдүү массаларынын таасири механикалык кубулуштардын бардыгында болот жана ал бир катар жөнөкөй тажрийбалардан жана байкоолордон билиниши мүмкүн. Мисалы: столдун дал үстүнө бир тактайды асып коёлу жана аны менен түрдүү өлчөмдөгү[2] шарларды тийиштирели (19-сүрөт). Тактайды бир аз бурчка эңкейтип, аны коё берели; ошондо тактай, өзүнө тийип турган шарлардын бардыгын бир маалда жана бирдей согот. Согуудан, түрдүү шарлар бир убакытта түрдүү алыстыкка тоголонуп кетишет. Демек, алар түрдүү ылдамдыкты жана түрдүү ылдамдануу алган болот (кыймыл тынчтык абалдан башталат). Ошол бир эле аракет түрдүү нерселердин механикалык абалын (бул учурда тынчтык абалын) түрдүүчө өзгөрткөнүн көрдүк. Демек, шарлар бири-биринен массасы менен ажыралышат экен.



19-сүрөт.

Рельсте турган бош жана жүк салынган вагондорду паровоз бирдей түрткөндө, алар түрдүү аралыкка жылып барышат, башкача айтканда, паровоз аларга түрдүү ылдамдануу берет. Ар түрдүү маятниктер бирдей соккудан ар түрдүү аралыкка кыйшайышат.

Экинчи жагынан, ар түрдүү нерселердин ылдамдыгын өзгөртүү үчүн түрдүү күч жумшоо керек болуудан ар түрдүү нерселердин инерциясынын же массасынын чондугу ар түрдүү боло тургандыгы келип чыгат. Мисалы, эгер бош жана жүк салынган вагондор бирдей ылдамдык менен жылып баратышкан болсо, жүк салынган вагонго караганда, бош вагонду токтотуу оңой.

[1] Ньютон Вульсторпдо, Англияда, фермердин бүлөсүндө туулган. Негизги эмгектери: Механиканын негизги закондору, бүтүн дүйнөлүк тартылуу закону, жогорку математиканын негизин иштеп чыгаруу; жарыктын анализи жана синтези; күзгүлүү телескопту ойлоп чыгаруу жана башкалары. Академик С. И. Вавиловдун—„Исаак Ньютон“ деген китебин карагыла, М. 1943-ж.

[2] Түрдүү серпилгичтиктин таасири болбос үчүн бирдей материалдардан жасалган шарды алуу жакшырак болот.

Ылдамдыгы бирдей болуп айланып турган буу машинасынын маховой дөңгөлөгүнө караганда велосипед дөңгөлөгүн токтотуу оңой.

Мына ушинтип, механикалык кубулуштарды окуп үйрөнүү үчүн, мурунку белгиленген чоңдуктардан—ылдамдыктан, ылдамдануудан, күчтөн—башка да механикага жаңы чоңдукту, атап айтканда: массаны киргизүү зарыл.



Ньютон.

27. Механиканын экинчи закону. Ньютондун биринчи законунда бардык нерселер инерциялуу боло тургандыгы жөнүндөгү миң жылдар бою жасалган байкоолордун натийжасы айтылган. Жогоркудагы жазылган тажрийбалар жана байкоолор массанын түшүнүгүн киргизүүнүн зарылдыгын туудурду. Нерсенин механикалык касиетин, анын инерциясынын ченин мүнөздөөчү жаңы киргизилген чоңдукту—нерсенин массасын m тамгасы менен белгилейбиз. Мына ушундай белгилегенде тажрийбадан табылган нерсенин массасы, нерсеге таасир эткен күчтүн жана нерсе алган ылдамдануу ортосундагы көз карандылыкты төмөнкү түрдө көрсөтүүгө болот.

$$\frac{F}{a}=m$$

Физикалык чоңдуктардын ортосундагы ар кандай көз карандылыктын өзү физикалык закон болот. Ошентип, табылган катыш динамиканын экинчи законун түзөт.

Эгерде жогоруда жазылган барабардыкты бөлүмүнөн куткарсак, анда төмөнкү туюнтма келип чыгат.

$$\boxed{F=ma.} \qquad \text{(IV)}$$

Бул барабардык, мындан мурунку барабардыктай эле, экинчи закондун оңойлотулган туюнтмасы болот.

Анын ооз эки туюнтмасы төмөнкүчө:

„Нерсеге таасир этүүчү күч, нерсенин массасы менен нерсеге ошол күч аркылуу берилген ылдамдануунун көбөйтүндүсүнө барабар“.

Массанын түшүнүгү механикалык түшүнүктөрдүн эң кыйындарынын бири болуп эсептелет; ал, механиканы бара-бара кылдаттык менен окуганда гана өздөштүрүлүүгө мүмкүн.

Мындан мурункулардан, масса жөнүндөгү түшүнүктү киргизгенде аны күчтү ченөө жана ылдамдануу эсептеп чыгаруу аркылуу ченөөнүн татаал жолу берилгендиги көрүнүп турат. Физикада мындан ары массаны ченөөнүн бир далай оңоюраак жолу киргизилген. Бул, экинчи жолдун (ыктын) негизделиши §§ 30-31 түшүндүрүлөт. Эми массанын түшүнүгүн колдонууга оңой болсун үчүн, элден мурда, түшүндүрүүсүз, нерсенин массасын таразаларда өлчөөгө болот деп билдиребиз.

Эл аралык келишүү боюнча массанын бирдиги үчүн, белгилүү түрдө жасалган гирдин массасы кабыл алынган. Бул бирдик килограмм деп аталган.

Ар бир нерсени таразага тартканда оордугу канча килограмм же грамм чыкса, метрикалык чендерде ал нерселердин массасы ошончолук килограмм же грамм болот. Масса жана оордуктун метрикалык бирдиктеринин бул дал келиши, орой катанын—масса жана оордук деген эки түшүнүктү аралаштыруунун себеби болуп эсептелет (§ 33 кара).

Бул катаны жибербес үчүн, массанын бирдигин *г* же *кг* аркылуу, оордуктун бирдигин—*Г* же *кГ* аркылуу белгилөөнү макулдашкан.

Мына ошентип, Ньютондун экинчи законунун ар түрдүү формулировкалары күч, масса жана ылдамдануу ортосундагы өз ара катышты белгилейт.

28. Күчтүн узакка созулган жана көз ачып жумгуча болгон аракети. Экинчи закондун (IV) формуласынан чоңдугу жана багыты боюнча туруктуу болгон күч нерсеге да туруктуу ылдамдануу берет деп айтууга болот.

Күчтүн вектору багыты боюнча ылдамдануунун векторуна дал келет. Эгер нерсе туруктуу ылдамдануу алып турса, анда анын кыймылы бир калыпта ылдамдатылган болуп чыгат. *Нерсеге аракет кылган туруктуу бир күч нерсени бир калыпта ылдамдатылган кыймылга келтирет.*

Биз тескери корутундуну да чыгара алабыз: *эгер кандайда болсо бир учурда нерсе бир калыптагы ылдамдануу менен жылса, бул демек, башка нерселердин бардыгынан ага болгон аракети туруктуу бир күчкө алып келет.*

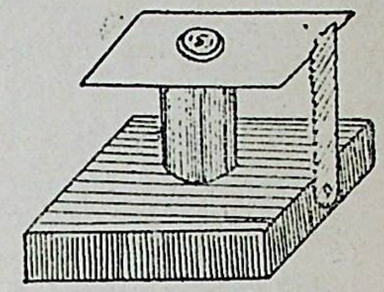
Күч канчалык кичине болсо да, ал нерсенин кыймылын сөзсүз өзгөртөт, башкача айтканда, ага ылдамдануу берет: бирок бул учурда ылдамдануу да абдан аз болот жана ылдамдыктын өзгөрүшү байкалбай калууга да мүмкүн. Күч аз болгондо, ылдамдыктын өзгөрүшү билинсин үчүн бир кыйла убакыт керек болот.

Туруктуу күчтүн аракети астында нерсенин ылдамдыгынын өзгөрүшү $v-v_0=at$ га барабар жана эгер күчтөрдүн аракети өтө чукул болсо (t—абдан кичине болсо), абдан чоң күчтөр кезинде да бул өзгөрүү жок даражада дээрлик аз болуу мүмкүн.

Аз эле убакытта өтө турган аракет кылуучу күчтөр кирпик каккыча болгон күч деп аталат. Согуу кезиндеги күч буга мисал болот.

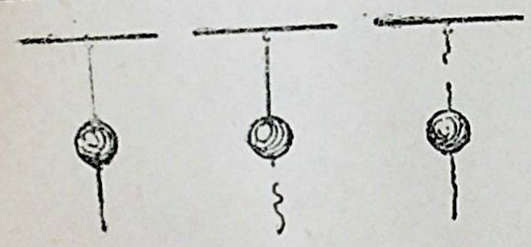
Узакка созулган жана кирпик каккыча боло турган күчтөр кезинде инерциянын таасиринин түрдүүчө болушун төмөнкү тажрийбалар көрсөтө алат.

Стакандын үстүн бир барак картон менен жаап, картондун үстүнө чака тыйын коёлу (20-сүрөт). Эгер картонду кармап, аны жай жылдырсак, анда картон менен кошо чака тыйын да жылат. Чака тыйын кыймылга келип зарыл ылдамдыкты алсын үчүн картон менен чака тыйындын ортосундагы сүрүлүү жеткиликтүү узак убакыт аракет кылат. Эгер картонду узунунан урсак, анда картон чака тыйындын астынан ыргып чыгып, чака тыйын стакандын түбүнө түшөт. Согуу аракети чукул болгондо, чака тыйын горизонталь кыймылга келүү үчүн ылдамдык $v=at$ өсүп үлгүрө албай калат; чака тыйын практикада инерция боюнча баштагы тынчтык абалын сактап турат жана астындагы таянычынан ажырагандыктан стакандын түбүнө түшөт.



20-сүрөт.

Терезенин айнегине узак баскан күч айнекти бүт бойдон талкалайт, өтө тез аракет кылган мылтык огунун абдан чоң урунуу күчү тийишкен жерде турган айнектин бөлүкчөлөрүн ордунан жылдырууга гана үлгүрөт: ок терезеге тийгенде кичине гана тешик кылып оюп кетет.

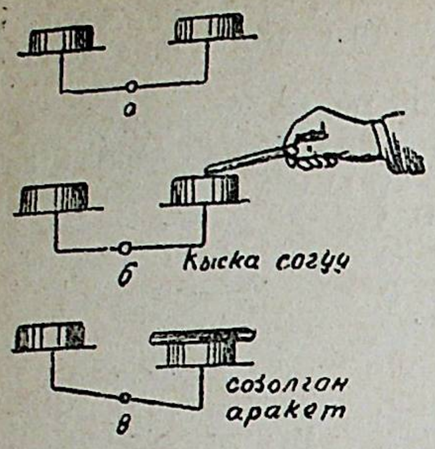


21-сүрөт.

Оор нерсени (гирди) ичке жипке байлап асып коёлу жана гирдин ылдый жагынан дагы ошондой эле жипти байлайлы (21-сүрөт). Астыңкы жипти кармап ылдам тартканда астыңкы жип үзүлөт, гир козголбой кала берет, ал эми ылдыйкы жиптен акырын тартканда үстүңкү жип үзүлүп, гир кыймылга келет. Биринчи учурда аракет увагы өтө аз, t нулга жакын, демек жүктүн ылдамдыгы да нулга жакын же практикада нулга барабар болот. Ошол эле күч F узак убакыт t таасир кылып турганда, ылдамдык да нулдан айырмалуу, ошондуктан жүк кыймылга келет да өзү илинип турган жипти үзөт.

Беранже таразасында эки оор нерсени (тараза алган нерселерди) тең салмакка келтирели (22-сүрөт) жана жеңил металл стержень менен нерселердин бирөөн ылдам (t нулга жакын) соголу. Таразанын тең салмактуулугу бузулбайт. Практикада t нулга жакын болот; мындан ылдамдык v да нуль болот. Эгерде ошол эле стерженди таразанын бир жагындагы нерсенин үстүнө койсок, ал ылдый түшөт. Мында убакыт t нын таасири узак, демек, ылдамдык нулдан башкача болот.

Эгерде таразанын эки жагына оор нерселер салынбаса жана жогорку тажрийбаны, ошол эле күч F менен кайталаса, ылдам



22-сүрөт. Ылдам соккондо таразанын тең салмактуулугу бузулбайт, узак аракет кылганда таразанын бир жагы ылдый түшөт.

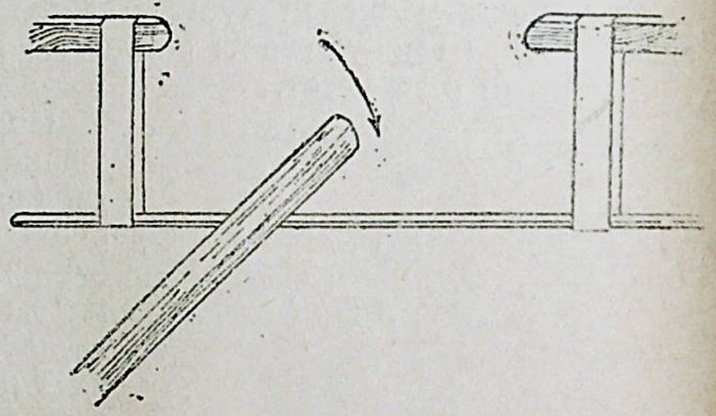
соккон кезде да таразанын бир жагы ылдый түшүп кетүү мүмкүн.

Масса баштапкы тажрийбадагыга караганда бир нече жолу аз болуп калгандыктан, күчтүн мааниси баштагыдай эле болгондо, ылдамдык ошончо эсе көбөйөт жана таразанын табагынын кыймылы байкалат. Мына ошондуктан урганда жылыш жок катарында кичине болууга тийиш болгон бардык учурларда согулуп турган нерселерди абдан массивдүү кылышат; дөшүлөр, машиналардын станиналары жана ушул сыяктуулар ушундай.

46-көнүгүү.

1. Жука жыгач таякча кагаздан жасалган эки алкакка асылып коюлган (23-сүрөт). Эгер таякчанын ортосуна экинчи бир оор таяк менен ылдам урса, андан таякча сынып, кагаз аман калат. Эгер таякчанын үстүнө жай басса, анда алкактар айрылып, таякча аман калат. Эмнеликтен?

2. Циркте көрсөтүлүүчү төмөнкү номерди түшүндүргүлө: жерге чалкасынан түшүп жаткан кишинин көкүрөгүнө чоң болот плита же чоң дөшү коюп, барскан менен катуу урушат. Мындай уруудан кишиге зыян келбейт, ал эми, ошол эле барскан менен кишинин денесине урганда, аны былчырата согуп, өлтүрүп коюу мүмкүн.



23-сүрөт. Ылдам, чукул урганда жыгач таякча сынат, кагаз алкактар аман калышат.

3. Массалары бирдей болгон эки нерсеге ар түрдүү эки күч F_1 жана F_2 таасир кылат. Аракет кылуучу күчтөр менен ушул күчтөр тарабынан нерсеге берилген ылдамдануулар ортосундагы байланыш кандай?

4. Эгерде массалары ар түрдүү болгон эки нерсеге ошол эле бир күч таасир кылса, анда алардын массалары жана алган ылдамдануулары ортосундагы байланыш кандай?

5. Эгерде эки нерсе ар түрдүү күчтөрдөн бирдей ылдамдануу алса, анда аракет кылуучу күчтөр жана күчтөр таасир кылган массалар ортосундагы байланыш жөнүндө эмне айтууга болот.

6. Бир нерсенин массасы 100 *г*, ал эми экинчисиники 200 *г* жана биринчи нерсеге таасир кылган күч, экинчи нерсеге таасир кылган күчтөн төрт эсе чоң. Алардын алган ылдамдануларын салыштыргыла.

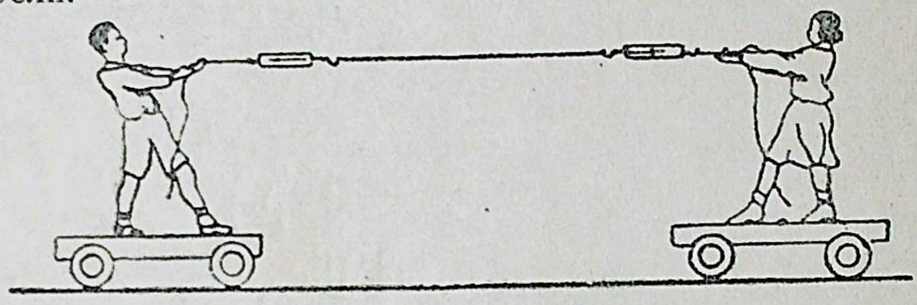
7. Массалары 50 *г* жана 150 *г* болгон эки нерсеге, биринчи нерсе экинчи нерсеге караганда 6 эсе чоң ылдамдык алсын үчүн, жумшалган күчтөрдү салыштыргыла.

8. Бир масса кандайдыр бир күчтөн 12 *см/сек*^{2} ылдамдануу алды, ал эми экинчи масса эки эсе чоң болгон күчтөн 36 *см/сек*^{2} ылдамдануу алды, бул эки массаны салыштыргыла.

29. Механиканын үчүнчү закону. Жогоруда (§ 25-а) жаратылышта нерселердин мындайча өз ара аракеттениши гана бар экенин билдик: эки нерсе бир эле уакта карама-каршы багыттагы күч менен бири-бирине аракет кылышат. Эми өз ара аракеттеги бул күчтөр бирдейби же түрдүүчөбү? деген суроону алдыга коёлу. Бул суроого жоопту, көп кылымдык тажрийбалардын негизинде Ньютон өзүнүн үчүнчү законунда берген.

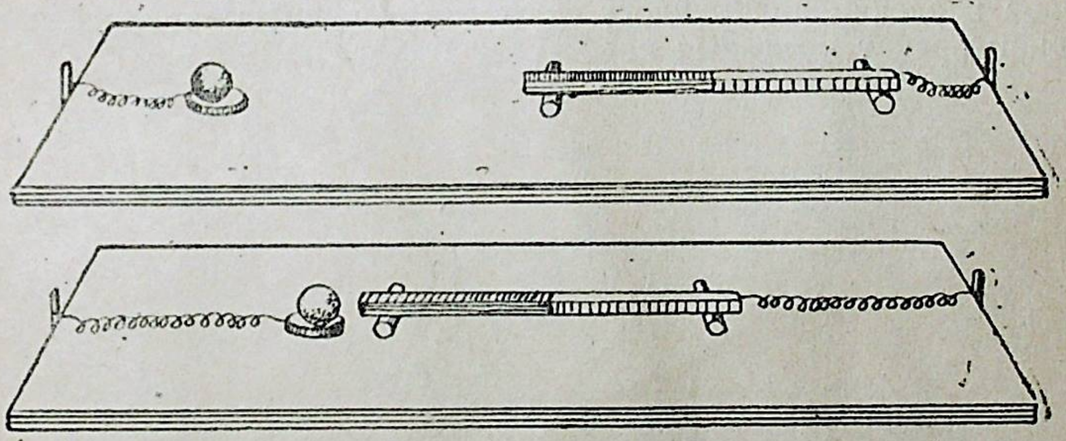
Эки нерсенин бири-бирине болгон аракеттери чоңдук жагынан дайыма барабар жана багыт жагынан карама-каршы болушат.

Механиканын 3-законун колдонуунун бир нече мисалдарын текшерели.



24-сүрөт.

Эки кишини болор-болбос сүрүлүш менен кыймылга келтирүүчү эки жеңил арабанын үстүнө тургузуп коюп (24-сүрөт), жип менен байланган эки динамометрди алардын колдоруна карматалы жана жипти кердирели. Бул кишилердин бирөө, же экинчиси тартабы, же экөө бирге тартабы, ар бир учурда динамометрлердин экөөнүн тең көрсөткөнү б и р д е й болот. Арабаларга салмагы ар кандай киши басууга жана алар арабаларга кандай ылдамдык берүүлөрүнө карабастан, динамометрдин экөөнүн тең

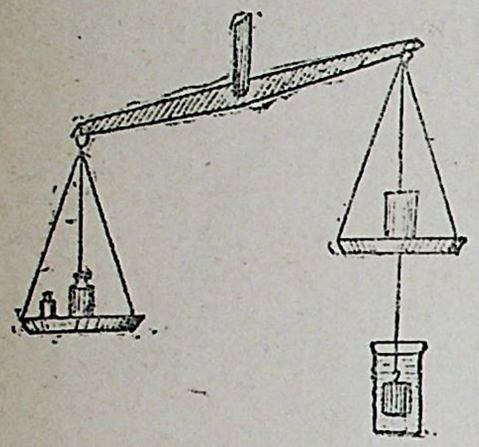


25-сүрөт. Магнит жана болот шар барабар жана карама-каршы багыттагы күчтөр менен бири-бирине бир эле уакта аракет кылышат.

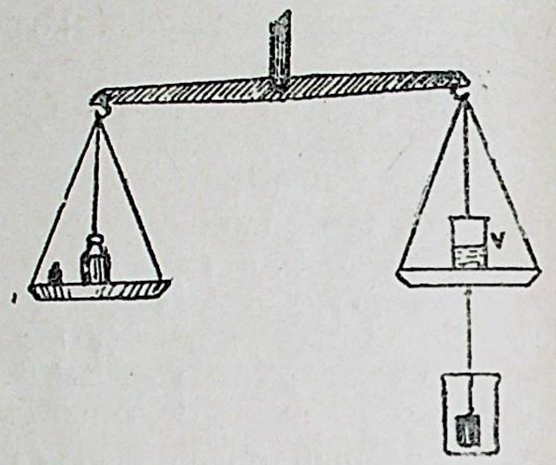
көрсөткөнү бирдей болуп кала берет. Салмакка жана ылдамдыкка жараша болгон динамометрлердин көрсөтүүсү айрым тажрийбаларда бири-биринен айырмасы бар болот, бирок ар бир тажрийбаларда динамометрдин экөөнүн тең көрсөткөнү бирдей болот.

Бети абдан жылмакай айнектин үстүнө жумуру томолоткучтары бар магнитти жана болот шарды коёлу. Булардын экөөтең пружина менен байланып коюлган (25-сүрөт). Алар биринбири тарта баштаганда, өз-ара аракеттенүү күчтөрүнүн бирдей экенин пружиналар көрсөтүп турат.

Катуу нерсени суюктуктун ичине матырганда, Архимеддин законунан билгенибизче, суюктук катуу нерсеге тип-тик жогору багыттагы жана нерсенин көлөмүндөгү суюктуктун салмагына барабар күч менен аракет кылат (26-а жана 26-б сүрөттөр).

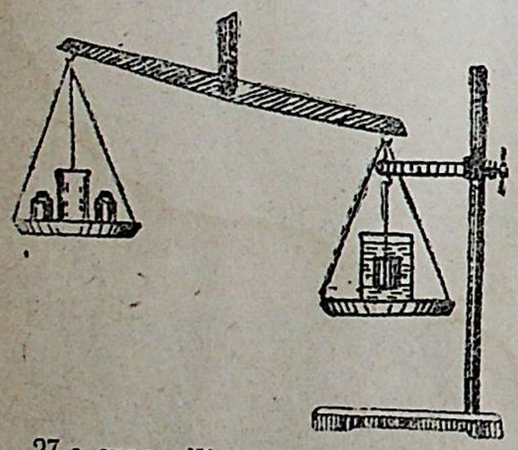


26-а сүрөт. Ичине матырылган нерсеге суюктук тип-тике жогору багыттагы күч менен аракет кылат.

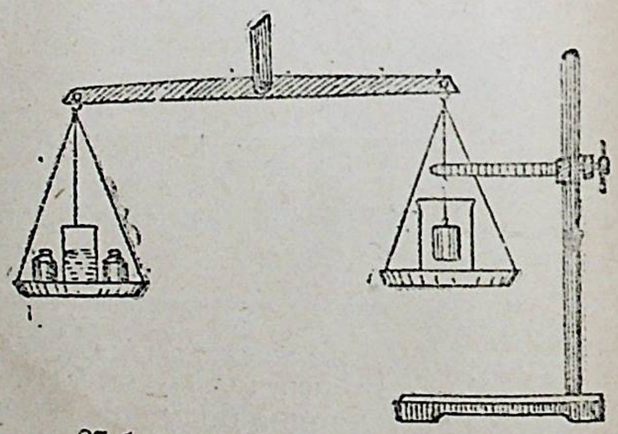


26-б сүрөт. Ичине матырылган нерсеге суюктуктун кандай күч менен аракет кылганын чөнөө.

Эгерде таразанын табактарына ичинде суюктугу бар идиштерди койсок жана суюктуктун ичине өткөн тажрийбадагы нерсени штативге жип менен асып коюп, суюктукка матырсак (27-а—27-б сүрөттөр), анда нерсе суюктукка тип-тике төмөн багыттагы жана нерсенин көлөмүндөгү суюктуктун салмагына барабар күч менен аракет кылганын көрсөтүүгө болот.

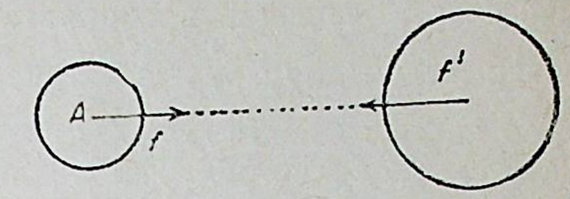


27-а сүрөт. Жипке асылган жана суюктукка матырылган нерсе тип-тике төмөн багыттагы күч менен суюктукка аракет кылат.



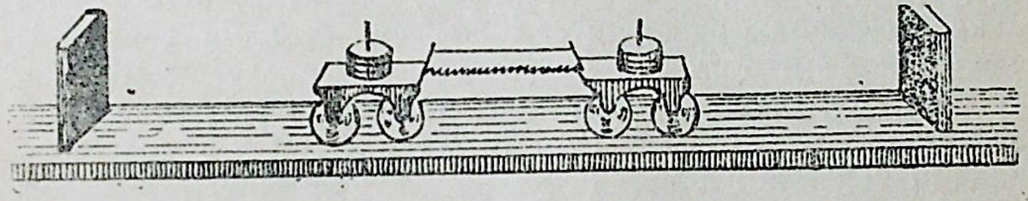
27-б сүрөт. Жипке асылган жана суюктукка матырылган нерсе суюктукка аракет кылгандагы күчтү чөнөө.

Ушул сандуу мисалдар менен чектелип, бир күч бир нерсеге, экинчи күч экинчи нерсеге ж умшалганын дагы бир жолу белгилеп кетели (28-сүрөт).



28-сүрөт. Эки нерсенин өз ара аракеттенишиндеги барабар жана карама-каршы багыттагы күчтөр.

Биздин биринчи тажрийбабыздын түрүн өзгөртөлү. Бирдей болгон кичинекей арабаларды абдан жылмакайланган айнек тактайдын үстүнө коёлу (29-сүрөт). Арабаларды айнек тактайдын дал ортосуна коюп, алардын ортосуна жип менен кыса байланган пружинаны жайлаштыралы. Эгер жипти күйдүрүп жиберсе, пружина эки жакты көздөй чоюлуп, арабалардын экөөн тең бирдей түртүп жиберет. Алар өз ара түздөн-түз аракеттенишкендей болот. Арабалар эки жакты көздөй жылып олтуруп, куралдын тосмосуна бир эле уакта келип урунушат. Демек, массасы бирдей болгон нерселер өз ара аракеттенишкенде бирдей ылдамдык алышат. Эгер бир арабанын массасын көбөйтүп, тажрийбаны кайталасак, анда массасы аз арабага караганда массасы көп араба куралдын четине кечигип келип жетет.



29-сүрөт. Динамиканын үчүнчү законун үйрөнгөндө жайылуучу пружина түрткөн арабалар менен тажрийба жасоо.

Бул кубулуш экинчи жана үчүнчү закондун негизинде оңой эле түшүндүрүлөт. Бир нерсенин массасы m_1, экинчисиники m_2 болсун дейли, өз ара аракеттенүүдөн алган алардын ылдамдануларын a_1, a_2 деп белгилейли. Нерселерге таасир кылган күчтөр $F_1=m_1a_1$ жана $F_2=m_2a_2$ болот.

Бирок өз ара аракеттенишкенде F_1 жана F_2 күчтөрү барабар, демек, $m_1a_1=m_2a_2$. Бул теңдемени пропорцияга жаялы: $a_1 : a_2 = m_2 : m_1$. Мында, *нерселер өз ара аракеттенишкенде алган ылдамдануулар массаларга тескери пропорциялуу* экендиги көрүнүп турат.

Нерселердин экөөнүн тең өз ара аракеттениши бирдей убакытка созулгандыктан жана күчтөрдү туруктуу деп эсептөөгө мүмкүн болгондуктан, тынч авалда турган нерселер өз ара аракеттенүүдөн $v_1=a_1t$ жана $v_2=a_2t$ ылдамдыктарын алышат, мындан $v_1 : v_2=m_2 : m_1$ экени көрүнүп турат, башкача айтканда, бул учурда (тынч авалдан чыкканда) өз ара *аракеттенүүчү нерселердин ылдамдыктары массаларга тескери пропорциялуу.*

Механиканын закондорунун негизинде бир катар кубулуштар-

ды түшүндүрөлү. Эмне үчүн Жер менен таш өз ара аракеттенишкенде таш Жерге түшөт? Таш жана Жер бири-бирине бирдей күчтөр менен аракет кылышат, бирок алардын ылдамдануулары массаларга тескери пропорциялуу. Жердин аракети астында таш алган ылдамдануу болжол менен алганда $980\frac{см}{сек^2}$ ка барабар; Жер алган ылдамдануу Жердин массасы таштын массасынан канча эсе көп болсо, 980 ден ошончо эсе кичине, башкача айтканда, практикада нулга барабар.

Эмне үчүн жерде басып жүрүүгө жана анда ар кандай арабалардын кыймылынын болушу мүмкүн?

Тирүү жандык же араба жер үстүндө аракетке келгенде (кыймылга келгенде), нерсе да жана Жер да бири-биринен массаларга тескери пропорциялуу болгон ылдамдануулар менен түртүлүшөт. Практикада Жер мындай өз ара аракеттенүүдөн тынч авалда калат, ал эми нерсе болсо, Жердин бетине салыштырганда бир орундан экинчи орунга которулат.

Шарга оордук күчү таасир кылууга карабастан, ал эмнеликтен горизонталь столдун үстүндө тынч туруп кала алат?

Шар өз салмагы менен столго басып, аны деформациялайт. Деформацияланган стол шарга барабар, бирок карама-каршы жумшалган күч менен аракет кылат. Ошентип, шарга барабар жана карама-каршы эки күч: салмак жана столдун серпилгичтик күчү жумшалган; бул эки күч бир нерсеге жумшалгандыктан, өз ара тең салмакка келишет жана шар стол үстүндө тынч авалда кала берет.

Эмнеликтен киши оордук күчүнө каршы өйдө карай секире алат? Киши Жерге басып тим турганда, жогорку мисалдагы шар сыяктуу ага аракет кылган күчтөр өз ара тең салмактанат. Бирок киши булчундарын түйүп, жерге өзүнүн салмагынан чоң болгон күч менен аракет кыла алат. Ошондо кишиге Жердин аракет кылуу күчү да, кишинин салмагынан чоң болот. Бул күч кишиге жумшалган кезде, кишинин салмагын тең салмактантпай турган, андан артык болушу аркасында кишиге өйдө карай секирүү аракетин өткөрөт.

Эки нерсенин өз ара аракеттенишинин төмөнкү өзгөчөлүгүнө көңүл бургула. Эгерде бир эле нерсенин бөлүктөрү бири-бирине аракет кылса, анда алар нерсени кыймылга келтирбейт. Оюнчук паровозду бурагыла жана аны жипке илип койгула. Пружинаны бошоткула. Сиздер, поршень штокко, шток—шатунга, шатун—кривошипке, акыркысы—дөңгөлөккө аракет кылганын көрөсүздөр. Бардык бөлүктөр салыштырма кыймылда болушат. Бирок паровоз, бүтүн нерсе сыяктуу, кыймылга келбейт. Паровоздун ар бир жуп бөлүктөрүнүн ортосундагы аракет кылуучу, „ички“ күчтөр деп аталуучу, күчтөр паровозго кыймыл өткөрө албайт. Бирок, эгерде бир нерсенин өз ара аракеттенишүүчү бөлүктөрү башка бир, тышкы нерсеге аракет кыла башташа, анда биринчи нерсе да, бүтүн нерсе сыяктуу, кыймыл-

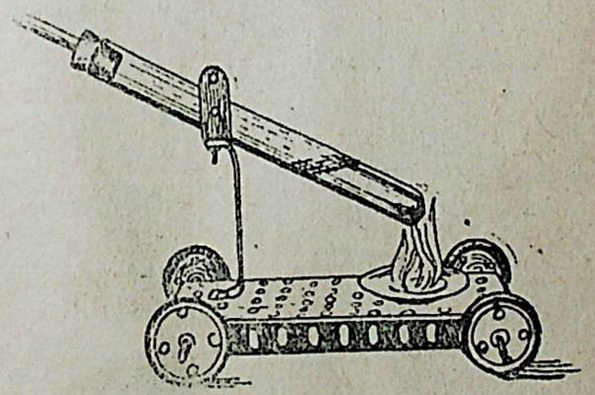
га келе алат. Ошол эле бураган паровозду кыймылдатуучу дун үстүнө коюңуздар, анда ал жылып кетет. Паровоздун дөңгөлөктөрү менен стол ортосунда өз ара аракеттенишүү баштарлат. Паровоз айланып турган дөңгөлөктөрү аркылуу столду түртөт; стол ошондой эле күч менен паровоздун дөңгөлөктөрүн түртөт; паровоз, столго салыштырып караганда которулат. Аттын мойнуна постромкалар кандай күч менен аракет кылса, ат ошондой эле күч менен постромкаларга аракет кылгандыгына карабастан, арабага чегилген аттын кыймылы (жалпы бир нерсе) ушуга окшош жол менен түшүндүрүлөт. Бирдиктүү нерсенин кыймылы: ат+араба—аттын буттарынын жерден түртүлүшүнүн натийжасында болууга мүмкүн. Жер карама-каршы жакка түртүлүштү алат.

Үчүнчү закон бардык жуп нерселер үчүн, өз ара аракеттешүү күчтөрү тап-такыр бирдей деп ырастабайт, мисалы, ат жана жер үчүн болгон күч, экинчи бир жуп—ат жана постромкалар үчүн болгон күчкө барабар эмес.

Эгерде аттын жерден түртүлүү күчү постромкалардын тартылуу күчүнө караганда чоң болсо, бул бир-бирине байланышкан эки нерселердин алдыга жылуусу башталат. Абдан сыйгалак тегиздикте ат жана араба ордунан жыла алышпайт.

29а. **Техникада механиканын үчүнчү закону.** Ок атуучу куралдын тебиши. Ар кандай ок атуучу куралдын стволунун ичиндеги дары от алгандан пайда болгон газдар, кысылган пружинага окшоп, эки жакка тең—окко жана куралдын арткы капталына бирдей, бирок карама-каршы багытталган күч менен басым жасайт. Тийишүүнүн ар бир жеринде—снаряд жана газ, замбирек жана газ—Ньютондун үчүнчү закону боюнча өз ара аракеттенүү күчтөрү пайда болот.

Аягында барып, замбирек жана снаряд өз ара аракеттенишкендей сыяктуу аракет пайда болот. Ошондуктан алар өз массаларына тескери пропорциялуу ылдамдыктар менен ажырап кетишет (мында сүрүлүү жок болуу шарт; сүрүлүү замбиректин кыймылынын ылдамдыгын азайтат) (30-сүрөт).



30-сүрөт. Пушканын модели.

Снаряддын учушунан карама-каршы жакка замбиректин жылышы „тебүү“ деп аталат. Тепкенде аракет кылуучу күчтү ар бир аткыч сезет. Аткан кезде снаряддын учушуна карама-каршы жакка замбирекке аракет кылган тебүү күчү замбиректин стволун жана лафетин атылган жерден бир нече метрге жылдырып жиберер эле. Замбиректин ордунан жылып кетиши, аны кайта ордуна келтирүү үчүн жана бутага кайта мээ-

лөө үчүн увакыт талап кылар эле; бул увакыт минуталап саналар эле.

Замбиректин ылдам атышын жогорулатуу үчүн, замбиректи өз ордуна келтирүүнү жана баштагы прицелди коюуну ылдамдатуу үчүн согуш техникасы замбиректин чегинишин түрдүү жолдор менен азайтат.

Азыркы увакытта абдан көп таралган ыктардын бири төмөнкүдөн турат: лафет жерге казып орнотулган сошниктин жардамы менен кыймылсыз бириктирилет; жылганда жалгыз ствол гана өзү орнотулган салазка менен бирге замбиректин „люлька“ деп аталган бөлүгү боюнча жылат. Ствол бөлүгү чегингенде өзү менен кошо цилиндрди жылдырат; цилиндрге кыймылсыз поршень кирип турат. Цилиндрдин ичине куюлган жана поршендеги өтө кууш жылчыктар аркылуу чоң сүрүлүү менен өтө турган суюктук цилиндрдин жана ага туташтырылган стволдун чегинишин токтотот. Стволдун чегиниши жай жана билинер-билинбес болот. Мындай тормоз *гидравликалык* (суудан жасалган) тормоз деп аталат.

Экинчи бөлүмгө өтүп чыккан суу өзгөчө резервуарлардагы аваны кысып, анын басымын 68 атмосферага чейин жеткирет.

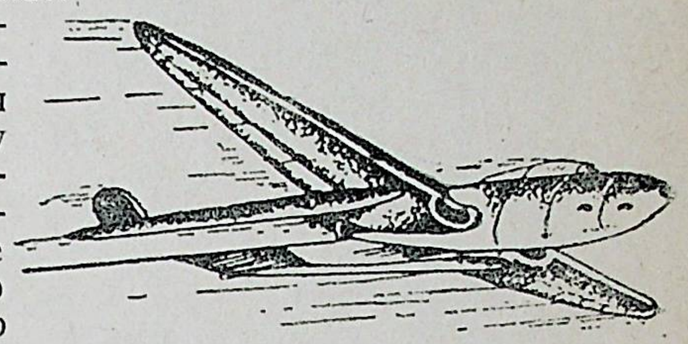
Стволдун чегиниши токтогондон кийин, кысылган ава кенейүүгө умтулуп, суюктукту кайра цилиндрдин ичине айдайт жана ошонун аркасында цилиндрди жана ага бириктирилген стволду кайта түртөт.

Азыркы увакытта колдонулуп жаткан кайсы бир замбиректерде стволдун чегинүү энергиясын пайдалуу ишке пайдаланышат; бул энергия затворду ачат жана жабат. Ок атылгандан кийин затвор өзү ачылат жана бош гильзаны чыгарып таштайт; октогон кезде өзү жабылат. Мындай болгондо замбиректи октоо жана затвор жабылгандан кийин курокту тартуу гана керек болот. Мындай замбирек *автомат* деп аталат. Бардык пулемёттор жана кичине калибрдүү кайсы бир замбиректер толук автоматталган.

К а л а к т у у в и н т. Суу жана ава транспортунда кыймылдаткыч кеменин сыртында сууда же авада турган винтти айландырат. Винт айланганда сууга же авага белгилүү бир күч менен аракет кылат. Ава жана суу өз кезегинде механиканын үчүнчү закону боюнча винтке жана винт аркылуу бүткүл суу же ава кемесине аракет кылышат. Мунун натийжасында кеме жана зат—суу же ава—карама-каршы багыттарда жылышат (орун көторушат).

Р а к е т а л у у к ы й м ы л д а т к ы ч. Жарылуучу зат от алуудан пайда болгон газдар ракетадан бир жакка түртүлүп чыккан кезде ракетага газ тарабынан карама-каршы жакка басуу күчү пайда болот жана ракета ошол эле карама-каршы багытты көздөй жылат. Азыркы кездеги замбиректердин (реактивдик замбиректердин) көп түрлөрүнүн жасалышы ракетанын принцибине негизделген, булардын ичинен биздеги реактивдик гвардиялык

миномёт („катюша“) баарыга кең таралды. Мында түздөгүч бир канча балкалар (темирлер) старттык (мина жиберүүчү) курал (жабдык) болуп эсептелет да, буларга ракета сыяктуу учуучу жана өзү менен кошо өтө чоң талкалоолорго күчү келе турган зарядларды кошо ала кетүүчү реактивдүү миналар жайлаштырып коюлат. Реактивдик замбиректер самолёттордо, катерлерде бирок баарынан көбүрөөк өзгөчө ошол үчүн жарамдуу болгон (жасалган) автомобилдерде колдонулат.



31-сүрөт. Реактивдүү самолёт.

Кийинки жылдарда реактивдик кыймылдаткычтар авиацияда да колдонула баштады (31 - сүрөт). Самолёттордогу пропеллери менен болгон ичинен күйүүчү кыймылдаткычтардын ордуна бир же бир нече реактивдик кыймылдаткычтар коюлат. Бул кыймылдаткычтар ичиндеги өзгөчө камералардагы күйүүчү майларды (бензинди, спиртти, нефтини) күйгүзүү үчүн агымындагы пайда болгон ысык газдардын кубаттуу агымынын күчү менен аракетке келтирилет. Реактивдик кыймылдаткыч самолётко эң чоң ылдамдыкты (үндүн ылдамдыгынын тартибинде) берет, бул болсо, согуш ишинде кең мааниге ээ болот. Пропеллери авасыз мейкиндикте дээрлик керексиз да болуп калат, себеби ал пропеллер авасыз мейкиндикте эч бир авага таяныч (жөлөк) кыла албай калат. Ал эми реактивдик кыймылдаткычты атмосферанын авасынын суюлган катмарларында (стратосферада) аны менен бирге авасыз мейкиндикте да учууга да колдонууга болот. Бул болсо пропеллери бар кыймылдаткычка салыштырганда, реактивдүү кыймылдаткычтын чоң артыкчылыгы бар экендигин көрсөтөт. Реактивдик кыймылдаткычтардын бул акыркы касиети, акыры жүрүп отуруп, аны планеталардын арасындагы мейкиндиктерге барып саякат кылуу үчүн колдонууга мүмкүндүк берет.

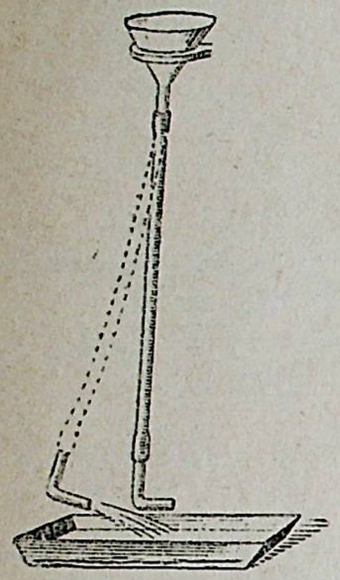
Реактивдик кыймылдаткычтын теориясынын негизин орустун сонун окумуштуусу К. Э. Ц и о л к о в с к и й[1] түзгөн.

---

[1] Ц и о л к о в с к и й Константин Эдуардович (1857—1935) орустун атактуу окумуштуусу жана ойлоп чыгаруучусу болгон. Ал, башкарыла турган дирижаблди бүтүндөй металлдан куруу идеясынын автору болуп да эсептелет.

К. Э. Циолковский реактивдик кыймылдын теориясынын жалпы негизин түзгөн жана реактивдик ракеталардын учуш законун белгилеген. Ал мындай ракеталарды планеталардын арасына катнашуу үчүн колдонууга мүмкүн экендигин көрсөткөн, ар түрдүү типтеги уча турган реактивдик аппараттардын жана аларды текшерүү (сыноо) үчүн лабораториялык установкалардын конструкциясынын негизги принциптерин иштеп чыккан. Космикалык мейкиндикте учуу үчүн, К Э. Циолковский составдуу ракета жөнүндөгү жаңы идеяны сунуш кылган жана анын учуу методикасын иштеп чыккан. Циолковскийдин ракеталык снарядда синирген идеясы Ата мекендик согушта биздин Родинабызды коргоо

Реактивдик суу жана буу кыймылдаткычтары. Суюктуктун калган массасынын басым күчү менен түртүлүп, тешиктен агып чыккан суюктуктун ар кандай агыны суюктукка, ал эми суюктук аркылуу идишке карама-каршы аракет кылат—32-сүрөттө көрсөтүлгөндөй, реакция кылат. Эгер айланып турган идиштерге (33, 34, 35-сүрөттөр) суу же буу үчүн карама-каршы жакка эки тешик жасалса, анда идиштер тешиктерге карама-каршы багытта кыймылга келет. Мындай суу айланткычы (Сегнеров дөңгөлөгү) жана буу айланткычы реактивдик турбиналардын модели болуп саналат.



32-сүрөт. Агындын реакциясы.

5-көнүгүү.

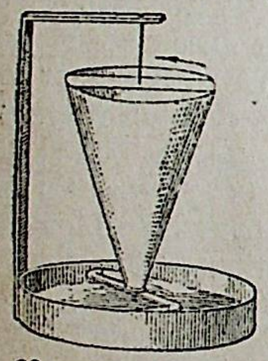
1. Ошол эле бир күч тынч авалда турган эки нерсеге таасир кылат. Кайсы нерсенин массасы көбүрөк экенин кайсы белги боюнча табууга болот?

2. Ракета авасыз мейкиндикте жыла алабы?

3. Кайыкка орнотулган көрүктөн паруска үйлөтүп, парустуу кайыкты жылдырууга болобу?

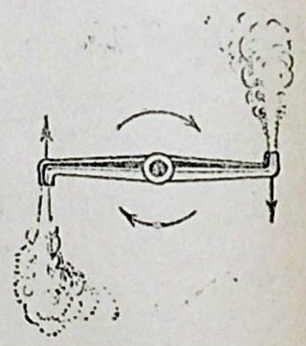
4. Жээкке жакын турган пароходдон жээкке секирип чыгуу оңой болсо да, жээктен ошол эле аралыкта турган жеңил кайыктан жээкке секирип чыгуу эмне үчүн кыйын?

5. Жерде турган эки киши колдон кармашып бирин-бири карама-каршы жакка тартышат. Бирөөнүн колуна жана экинчисинин колуна аракет кылган күчтөр бирдейби? Эмне үчүн бири экинчисин ордунан жылдыра тартып кете алат?



33-сүрөт. Сегнеров дөңгөлөгү.

6. Ат арабаны тартып бараткан кездеги өз ара аракеттенишкен бардык жуп (түгөй) нерселерди санап чыккыла.



34-сүрөт.

7. Бети абдан жылмакай тактайдын үстүндөгү тоголоткучтардын үстүнө дагы бир тактай коюлган. Киши ошол үстүнкү тактайга басып, ылдам чуркоого аракет кылат. Бирок тактайдын жанында турган буюмга салыштырганда киши бир орунда турган сыяктанат. Эмнеликтен ушундай?

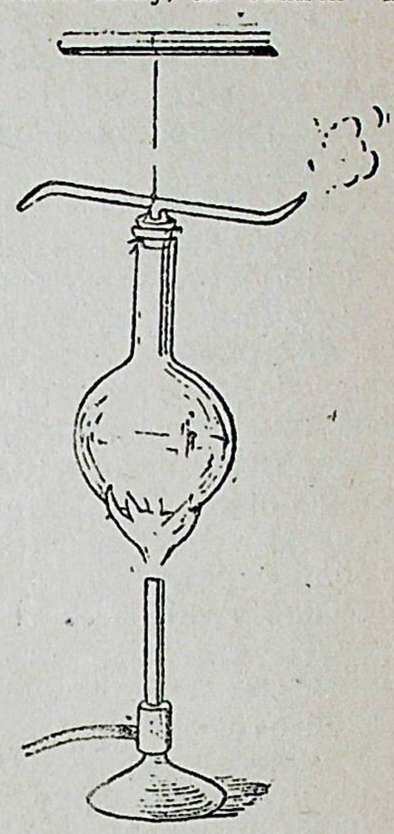
8. Ошол эле тактайда бири-бирине каршы эки киши чуркай алат. Бул учур баштагы учурдан эмнеси менен айырмаланат?

ишинде кызмат кылды. К. Э. Циолковский өзүнүн өмүрү бүткөнгө чейин орто мектептин окутуучусу болуп кала берди.

Белгилүү окумуштуу, азыркы ракета курулушунун негиз салуучусу, К. Э. Циолковский ар уакта Родинанын ишеничтүү уулу болгон. Ал өлөрүнөн бир аз мурун И. В. Сталинге жазган катында мындай деп жазган: „Авиация, ракеталык сүзүүлөр жана планеталар арасына катнаш боюнча жазылган өзүмдүн бардык эмгектеримди—адам баласынын маданиятынын прогрессинин аныкчыныгы жолбашчылары—большевиктер партиясына жана Совет өкмөтүнө өткөрүп беремин".

9. Кишинин колу шарчага өйдө карай кандай күч менен аракет кылса, шарда колго ылдый карай ошончолук күч менен аракет кылса да, эмне үчүн киши колу менен шарды жогору көтөрө алат?

10. Кайыкта олтурган кайыкчы динамометр аркылуу жээктеги мамыга байланган арканды бир канча күч жумшап тартат. Экинчи жолу, ал экинчи кайыктагы кайыкчы кармап турган динамометрге байланган арканды ошондой эле күч менен тартат. Бул учурлардын экөөндө тең динамометрдин көрсөткөнү бирдей болобу? Бул учурлардын экөөндө тең биринчи кайыктын кыймылында кандайда болсо айырма болобу? (Учурлардын экөөндө тең каршылык бирдей.)



35-сүрөт. Буу айланткыч.

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Ньютондун биринчи закону эмнеден турат?
2. Динамикада күч кандайча аныкталат?
3. Ньютондун экинчи закону эмнеден турат?
4. Масса жөнүндөгү түшүнүктү кандайча түзүүгө болот?
5. Ньютондун экинчи закону боюнча күчтүн формуласы кандай болот?
6. Ньютондун үчүнчү закону эмнеде турат?
7. Эки нерсенин өз ара аракеттенишкендигинен келип чыккан ылдамдануулар (же ылдамдыктар) кандай көз карандылыкта турушат?
8. Эгерде күчтөр массаларга бирдей ылдамданууларды беришсе, күчтөр менен массалардын ортосунда кандай көз карандылык бар болот?
9. Эгерде күчтөр бирдей болгон массаларга таасир кылса, күчтөр менен ылдамдануулар ортосунда кандай көз карандылар бар болот?
10. Массалар менен жана ошол массаларга бирдей болгон күчтөр таасир кылуудан келип чыккан ылдамдануулардын ортосунда кандай көз карандылык бар?

АДАБИЯТ.

Перельман, Физика хрестоматиясы, I чыгарылышы, 1924-жылы басылган. „Кыймылдын үч закону", 53, 55-беттер. „Инерция", 56-бет. „Аракеттин жана каршы аракеттин закону", 59—61-беттер.

Перельман, Эрмек кылуучу физика, 1929-жылы басылган, I бөлүк. „Вагондон илгери карай секирүү керекпи?", 25—27-беттер; II бөлүк—„Акыл жеткис закон", 18—19-беттер. „Эчтекеге таянбастан кыймылдоого (жүрүүгө) болобу". 21-бет. „Ракета эмнеликтен жогору учуп чыгат", 21—24-беттер. „Каракатица кандайча жылат", 25-бет. „Ракета минип жылдыздарга", 26—28-бет. „Ава шарынан кат", „Бомба ыргытуучулар", 10-бет.

Ильяшенко С. М. Үндөн ылдам (реактивдик кыймылдаткычтар жөнүндө). Огиз, 1947, 48-бет. 28-сүрөт.

Миконин, Бийиктиктен тышкары учуулар, 112-бет.

Ляпунов Б. В., Ракетадан реактивдик самолётко чейин, 40-бет.

Перельман, Циолковский. Турмушу жана техникалык идеялары, 1937-жыл.

Рынин, Орустун ойлоп чыгаруучусу Циолковский. 1931-жыл.

Монастырев, К. Э. Циолковский. 1945-жыл. 20-бет.

30. Нерселердин эркин түшүшү. Динамиканын жалпы закондорун нерсенин ар түрдүү күчтөрдүн таасири астындагы кыймылына колдонууга болот. Мындай биринчи конкреттүү учур катарында оордук күчүнүн таасири астындагы кыймылды тандап алабыз. Элден мурда эркин түшүүгө токтолобуз. *Эркин түшүү деп, тынчтык авалдан оордук күчүнүн* таасири *астындагы нерсенин кыймылы аталат.* Эгер жердин үстүндө кол менен кармап турган нерсени түртпөстөн бош эле коё берсе, анын кыймылы эркин түшүү болот.

Эркин түшүү—түз сызыктуу кыймыл экенине бизди күндөлүк тажрийба үйрөтөт. Нерсе типтик ылдый карай, отвес сызыгы боюнча түшөт. Эркин түшүүнүн ылдамдыгы артканын байкоо оңой: демек, эркин түшүү—ылдамдатылган кыймыл. Эркин түшүү *бир калыптагы ылдамдатылган кыймыл* экенине кандайча ишенүүгө болот? Эркин түшүү а в а с ы з м е й к и н д и к т е гана аник бир калыптагы ылдамдатылган кыймыл болорун айтып кетели. Аванын тоскоолдук кылышы бир калыптагылыкты бузат. Бирок кичине аралыктарда абдан оор нерселер үчүн да кыймылдын формаларын аванын каршылыгы бузгандыгын эсепке албаса да боло берет.

Эркин түшүү бир калыптагы ылдамдатылган кыймыл экенине ишенүү үчүн, 21-§ та айтылган бир калыптагы ылдамдатылган кыймылдын закондорунун кайсынысын болсо да эркин түшүүгө колдонууга болор-болбосун текшерип көрүү жетишет.

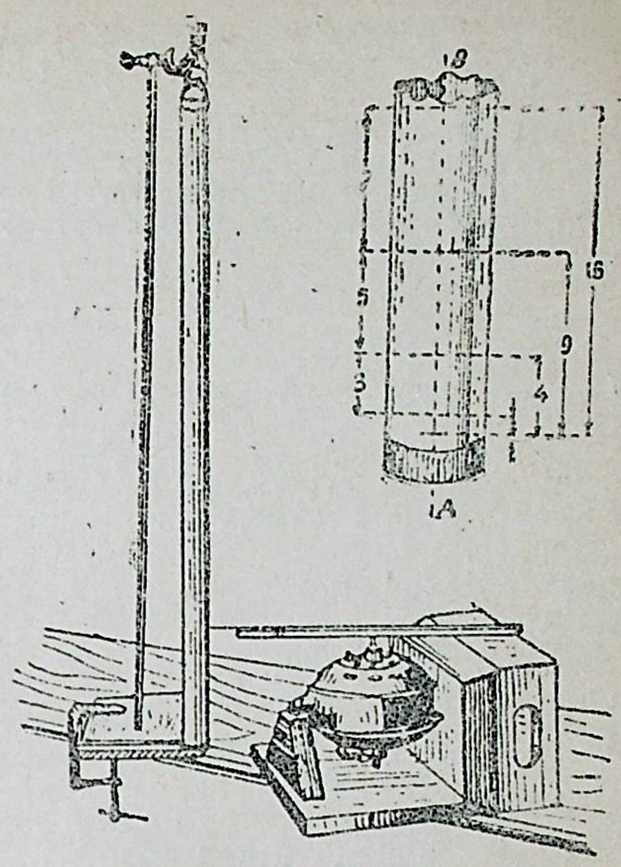
Төмөнкү тажрийбанын жардамы менен увакыттын квадратына жолдун пропорциялуу болуу законун текшерели.

Түшүүчү нерсе үчүн, филтрлөөчү же жазуу кагазы менен оролгон жыгачтан же металлдан жасалган цилиндр (түтүк) алынат. Цилиндрди ичке кендир жипке байлап, штативге асып коюшат (36-сүрөт). Увакытты белгилеп туруучу нерсе катарында өзгөрүлмө же туракту токтун моторун алышат. Огу тике турган дай кылып, бул мотор бекем тактайга бекитилет, октун үстүнө боёкко боёлгон куштун канаты же болбосо кист аштал ган жыгач планка кийгизилип коюлат. Кист айланган кезде цилиндрдин төмөнкү бөлүгүнө анча-мынча гана тийип тургандай кылып, цилиндр жана мотор жайлаштырылат. Мотор жүргүзүлүп, анын жүрүшү турактуулангандан кийин, жипти күйгүзүп, цилиндрге эркин түшүп кетүүгө мүмкүндүк беришет. Мотор бир калыпта айланган кезде, кист цилиндрге увакыттын бирдей аралыктары өткөн сайын тийип турат жана цилиндрдин бооруна бир катар белгилер чийип кетет (36-сүрөт).

Цилиндр түшүп бүткөндөн кийин анын үстүндөгү кагазды алышат, кагаздын үстүнө цилиндрди түзүүчүнү бойлоп AB түз сызык сызышат, бул түз сызык бардык белгилерди кесип өткөндөй болуу керек, андан кийин, цилиндрдин тынч авалындагы төмөнкү белгисинен тартып, андан аркы болгон ар бир белги ортосундагы иреттүү аралыктардын бардыгын өлчөп чыгышат.

Бул аралыктар, түшүүчү нерсе увакыттын бирдей болгон

1,2,3,4... аралыктарында өткөн s_1, s_2, s_3..., жолдорду көрсөтүшөт. Законду текшерип көрүү үчүн бул жолдорду өз ара салыштырып көрүү керек. $s_1 : s_2 : s_3$... катыштары 1 : 4 : 9 : 16,... катыштарына жакын болуп чыгат экен, б. а. жол түшүү увагынын квадратына түз пропорциялуу болот экен. Мындай өз ара катыш бир калыпта ылдамдатылган кыймылдын белгиси болот. Ошентип, тажрийба башта айтылган болжолду аныктайт.



36-сүрөт. Эркин түшүүнү үйрөнүү үчүн түшүүчү цилиндр байланган установка.

Нерселердин эркин түшүү законун Г а л и л е й окуп үйрөнүп:

Нерсенин эркин түшүшү, түз сызыктуу бир калыпта ылдамдатылган кыймыл болот, деп тапкан.

Ичинде кыймыл болуп жаткан чөйрөнүн тоскоолдук кылышынын таасири жок даражада аз болгон кездеги түшүү учуруна гана (мисалы кичине ылдамдыкта болуп авада түшүү) Галилейдин закондору тиешелүү экендигин эскертип кетүү керек.

Башка ылдамдануулардын бардыгынан ажыратып, эркин түшүүнүн ылдамдануусун g[1] тамгасы менен белгилөө кабыл алынган. Анын жакындатылган мааниси.

$$g \approx 980 \frac{см}{сек^2}.$$

Мындайча белгиленгенде, эркин түшүүнүн формулалары төмөнкү түрдү алат:

$$\boxed{v = gt,\ s = \frac{gt^2}{2};\ v^2 = 2gs.} \qquad (V)$$

Эркин түшүүнүн ылдамдануусунун чондугун кандайча табуу керек? Анын чондугун ошол эле тажрийбадан чеңөөгө болот. Мотор бир секундада айланганынын санын счётчик менен чеңөө керек. Эгерде бир секундадагы айланышынын саны n болсо, анда ар бир айланышынын узактыгы $t = \frac{1}{n}$ *сек.* болот. Ошондо иреттүү белгилер арасындагы өткөн увакыт t сек. га барабар болот. Түшүүчү нерсе айрым белгилер арасында өткөн жолдор (21-§ ка салыштыр) төмөндөгүчө болот:

[1] G r a v i t a s—оордук—деген сөздүн башкы тамгасы.

$$s'_1=\frac{g}{2}t^2;\ s'_2=3\frac{g}{2}t^2;\ s'_3=5\frac{g}{2}t^2;\ s'_4=7\frac{g}{2}t^2.$$

Бул сандар арасындагы айырмаларды табалы $s'_2-s'_1=gt^2$; $s'_3-s'_2=gt^2$; $s'_4-s'_3=gt^2$ ж. б. Бардык айырмалар өз ара барабар экени көрүнүп турат. Бул айырмалардын бардыгын кагаздан ченеп алып, жолдордун айырмаларынын орто мааниси l ди табабыз. Бул орточо мааниге төмөнкүлөр барабар болот:

$$l=gt^2,\ \text{же}\ l=g\left(\frac{1}{n}\right)^2;\ l=\frac{g}{n^2};\ g=ln^2.$$

l жана n чондуктары тажрийбада ченелет; акыркы барабардыктан g эсептелип чыгарылат.

31. Эркин түшүүнүн ылдамданышы бардык нерселер үчүн бирдей. Эркин түшүү бир калыптагы ылдамдатылган кыймыл экенин тажрийбада далилденгенден кийин, эркин түшкөндө түрдүү нерселердин ылдамданышы бирдейби же ар түрдүүбү дегенди аныктоо керек.

Эгерде көлөмдөрү бирдей коргошун, темир жана жыгач шарчаларды колго кармап, аларды азырак бийиктиктен бир эле убакытта стол үстүнө же жерге түшүрүп жиберсек, алардын столго же жерге урулушу бири-бирине туш келет. Демек, бул нерселер бирдей жолду ошол эле бир убакыттын ичинде өткөн болот б. а. бирдей ылдамдануу менен өткөн болот.



37-сүрөт.

Жогоруда 30-§та жазылган тажрийба үчүн жыгачтан, металлдан жасалган түрдүү цилиндрлерди алсак, же болбосо ошол эле цилиндрге түрдүү оордуктагы нерселерди байлап, жогоруда жазылган ченөөлөрдү кайталап көрсөк, бул тажрийбалардан эркин түшүүнүн ылдамдануусунун мааниси бирдей болуп, нерсенин массасына көз каранды эместиги келип чыгат.

Эгерде айнектен жасалган узун түтүктүн ичине түрдүү нерселер (кичине таштар, куш жүнү, пробка) салынса, анан түтүк жабылып, анын ичиндеги ава айдап чыгарылса, түтүктү тикесинен кармап бир жолу бир учун, экинчи жолу экинчи учун көтөрүп турсак (37-сүрөт), бардык нерселер топтошуп алып, бирдей ылдамдануу менен ылдый түшөт (бул Ньютон түтүгү менен жасалган тажрийба деп аталат).

Түрдүү нерселер үчүн аванын тоскоолдугу түрдүүчө болуу аркасында, авада нерселер түрдүү ылдамдануу менен түшөт.

Бул сыяктуу тажрийбаларды чогуу алганда, Галилей биринчи жолу тапкан төмөнкү корутундуну чыгарууга болот:

Эркин түшүүнүн ылдамдануусу Жердин берилген ордунда бардык нерселер үчүн бирдей.

Түшүүнүн бийиктиги бирдей эле болгондо, жеңил нерсеге караганда оор нерсе баг түшөт деген жалган көз караш Галилейге чейин эки миң жыл бою

колдонулуп келген. Галилей болсо нерсенин түшүшү жөнүндөгү өзүнүн изилдөөлөрү аркасында бул көз карашты төгүнгө чыгарды.

Эркин түшүүнүн ылдамдануусу жөнүндөгү тажрийбалар берген маалыматтардын негизинде жасалган эсептеп чыгаруулар, жер шарынын түрдүү орундарында бул ылдамдануунун маанилери түрдүүчө экендигин көрсөтүшөт: алар экватордон уюлдарды көздөй чоңоёт. Бул ылдамдануулар ошол эле орун үчүн деңиз деңгелинен түрдүү бийиктикте жана терендикте, түрдүүчө болуп чыгат. Демек, оордуктун күчү да орундан орунга өзгөрүлүп турат. Эркин түшүүнүн ылдамдануусу Жердин түрдүү орундары үчүн түрдүүчө болгондугунан, алардын бирөө кадиресе деп кабыл алынат.

Кадыресе ылдамдануу үчүн, нерсенин эркин түшүүсү 980,665 $\frac{см}{сек^2}$ге барабар болгон ылдамдануусу алынат. Москва үчүн нерсенин эркин түшүүсүнүн ылдамдануусу 981,6 $\frac{см}{сек^2}$ барабар. Жеңилдетилген эсептөөлөр үчүн аларды 981 же 980$\frac{см}{сек^2}$ ге барабар деп алабыз.

Жердин ар бир орду үчүн g туракту чоңдук болгондуктан, ошол эле орундагы ар бир нерсенин салмагы да туракту чоңдук болот. g Жер шарынын бир ордунан экинчи ордуна өзгөрүлүп тура турган чоңдук болгондуктан, нерсенин салмагы да жердин түрдүү орундарында түрдүүчө болот; нерсенин массасы, заттын инерциясынын чени болуу катарында, бардык орунда туракту болуп кала берет[1].

Бир орундан экинчи орунга көчкөндө нерсенин салмагынын өзгөрүлүшүн пружиналуу таразада гана байкоого болот.

6-көнүгүү.

(Маселелерди чыгарганда аванын тоскоолдугу эсептен чыгарылып ташталат).

1. 1 *км* бийиктиктен нерсе канчалык убакыт ичинде жана кандай акыркы ылдамдык менен түшөт?

Жообу: t=14 сек. (1 сек. га дейре аныктык менен).

2. Эгерде таштын акыркы ылдамдыгы 50$\frac{м}{сек}$ болсо, ал таш кандай бийиктиктен түшкөн болот? *Жообу:* ≈ 127 *м.*

3. 10 секунда ичинде таш кайсы бийиктиктен түшөт? Түшүүнүн акыркы ылдамдыгы кандай?

4. Эркин түшкөн нерсе өз жолунун биринчи метрин кайсы убакыт ичинде, экинчи метрин кайсы убакыт ичинде, онунчу метрин кайсы убакыттын ичинде өтөт?

5. Тике шахтанын оозунан туруп жумушчу колундагы ташты түшүрдү. Таш шахтанын түбүнө келип урунду. Жумушчу таштын түшкөн үнүн ташты түшүргөндөн кийин 6,5 секунда өткөндөн кийин укту. Эгер үн 340$\frac{м}{сек}$ ылдам-

---

[1] Материянын эң майда бөлүктөрүнүн кыймылында 200 000$\frac{км}{сек}$ га жеткен жана андан да артык болгон өтө чоң ылдамдыктар XX кылымда маалум болду; мындай ылдамдыктарда нерсенин массасы кыймылдын ылдамдыгына көз каранды экендиги билинди: ылдамдык чоңойгонсо масса чоңоёт, ылдамдык кемигенде масса да кемийт экен. Масса жөнүндөгү ньютондук элестеме мына ушундайча өзгөрүлүүгө тийиш. Техникадагы ылдамдыктар үчүн массанын ылдамдыктан өзгөрүлүшү практикада нулга барабар жана баштагыдай эле массаны туракту деп эсептөөгө болот.

дык менен таралса, шахтанын терендигин (1 метрге чейин аныктык менен) аныктагыла.

6. Таразаны бир жерден экинчи жерге которуп барганда коромыслолуу таразадагы нерсенин салмагынын өзгөрүшүн эмне үчүн табууга мүмкүн эмес.

7. Массалары 1 *г* жана 1 *кг* болгон эки нерсенин авасыз мейкиндикте эркин түшүшүндөгү ылдамдануулары бирдейби же ар түрдүүбү?

32. Нерсенин салмагын масса жана ылдамдануу аркылуу туюндуруу. Бардык бош турган нерселер өз салмагынын аракети астында жерге түшөт. Эркин түшүү биз көргөндөй бир калыптагы ылдамдатылган кыймыл болот. Бир калыптагы ылдамдатылган кыймыл дайыма ылдамдап отурат. Нерсенин салмагы, Ньютондун экинчи закону боюнча, нерсенин массасын нерсенин өз салмагы берген эркин түшүүнүн ылдамдануусуна көбөйткөндөгү көбөйтүндүгө барабар. Эгер кабыл алынгандай, нерсенин массасын m тамгасы, эркин түшүүнүн ылдамданышын g, ал эми нерсенин салмагын P аркылуу белгилесек, анда салмакты масса аркылуу туюндурууну төмөнкү формула менен көрсөтүүгө болот:

$$\boxed{P=mg.} \qquad \text{(Va)}$$

33. Массаларды салыштыруу жолу. 31-§ та жазылган тажрийбалар *бардык нерселер Жердин ошол эле бир ордунда бирдей болгон g ылдамдануусу менен түшкөнүн көрсөтөт.*

Эгер массасы m_1 жана m_2 болгон кандайда болсо эки нерсени алсак, алардын салмагы P_1 жана P_2 механиканын экинчи закону боюнча төмөнкүчө туюндурулат:

$$P_1=m_1g;\ P_2=m_2g.$$

Нерселердин экөөнүн тең салмагын бөлүү аркылуу салыштыралы:

$$\frac{P_1}{P_2}=\frac{m_1g}{m_2g},\quad \frac{P_1}{P_2}=\frac{m_1}{m_2}.$$

Нерселердин массасы салмакка пропорциялуу экенин бул салыштыруу көрсөтүп турат. Эгер эки нерсенин бирөөнүн салмагы экинчисинин салмагынан, 2, 3 же 5 эсе артык болсо, анда анын массасы да экинчисинин массасынан 2, 3 же 5 эсе көп болот.

Нерселердин салмактарын „тараза“ деп аталган аспапта салыштырат.

Демек, *нерсенин массасын да таразада ченөөгө болот.* Нерсенин массасын анын салмагы менен эч бир чаташтыруу жарабагандыгын жогорудагы формула (Va) көрсөтүп турат. Салмак күч болот. Нерсенин массасы, бул нерсеге кандайда болсо бир күчтүн (көрсөтө айтканда салмак) аракет кылышына же кылбоосуна карабастан, ошол нерсенин касиети болот. Нерсенин массасы, анын инерциясынын чени катарында, нерсеге күчтөр аракет кылганга дейре өзгөрүлбөс ылдамдыкты сакташынан көрүнөт; күч аракет кылган учурда масса нерсенин ылдамдануусунун чоңдугуна аракет кылат. Нерсенин салмагын, кандай да болсо, башка бир күч менен тең салмактоого болот, анын массасы болсо, салмак өзгөргөн кезде да өзгөрүлбөстөн кала берет. Мисалы, жогору көтөргөндө асылып коюлган жүктүн салмагы тиреп туруучунун тоскоолдук кылышы менен тең салмактанат, бирок анын массасы бул учурда сакталып тура берет. Асылып коюлган нерсени горизонталь багыт көздөй кыймылга келтирүү үчүн күч жумшоо керек, бирок бул күч нерсенин салмагын жеңүү үчүн эмес, массага ылдамдануу өткөрүү үчүн жумшалат. Сандыктын капкагын ачканда, анын капкагынын салмагын жеңүү үчүн жана ага ылдамдык берүү үчүн күч жумшайбыз. Дубалга киргизилип жасалган шкафдын капкагын ачканда, иш капкактын массасы менен гана болот, анткени капкактын салмагы тең салмакка келтирилип коюлган болот. Завод үчүн керек болгон көмүрдүн өлчөмүн пландаган кезде иш көмүрдүн массасы менен гана болот, себеби көмүрдүн жылытуу аракети массага көз каранды болот. Күйүп турган көмүрдүн салмагы тиреп туруучу аркылуу тең салмактанган болсо да, ал жылуулук берет.

Бирок ошол эле көмүрдү шахтадан чыгарууга же жүк ташуучу автомобилге салууга туура келгенде, аракетке келтирүүчү ылайыктуу күчтү тандап алуу үчүн анын салмагын эсепке алуу керек.

34. Массанын бирдиги. Массанын бирдигинин үлгүсү деп, эл аралык келишим боюнча платина—иридий цилиндрдин *массасы* кабыл алынган, бул цилиндр Парижге жакын жерде чендердин Эл аралык бюросунда сакталат. Массанын бул бирдиги килограмм деп аталат жана кыргызча кыскартылып *кг* деп белгиленет, эл аралык белгиси—*kg*.

Физикада массанын бирдиги деп килограммдын миңден бир бөлүгүн түзгөн грамм алынган. Ал кыргызча *г* деп, эл аралык түрдө g деп белгиленет.

Париждеги бул үлгүнүн салмагы[1] салмактын бирдиги, же жалпысынан алганда күчтүн бирдиги деп кабыл алынган. Күчтүн бул бирдиги *килограмм-күч* деп аталат жана эл аралык түрдө *kG* деп, кыргызча кГ („ге“ жазма тамга) деп белгиленет.

Бул күчтүн миңден бир үлүшү *грамм-күч* деп аталып, G жана $Г$ тамгалары аркылуу белгиленет.

35. Заттын тыгыздыгы. Түрдүү заттардын: металлдын, минералдын, суюктуктун, газдын көлөмү бирдей болгону менен массалары түрдүү болуу мүмкүн. Ошондуктан заттарды массаларына карата салыштыруу үчүн заттын *тыгыздыгы* деп аталган бөтөнчө чоңдук киргизилет.

---

[1] Тагыраак, кадыресе ылдамдануу үчүн=980,665 $\frac{см}{сек^2}$.

Заттын тыгыздыгы дегенибиз—заттын массасы аркылуу көлөм бирдигинде ченеле турган чоңдук болот. Эгер массаны m аркылуу, анын көлөмүн V аркылуу жана тыгыздыгын D аркылуу белгилесек, анда

$$D = \frac{m}{V} \qquad \text{(VI)}$$

Тыгыздыктын бирдиги $\frac{г}{см^3}$ болот. Салыштырма салмак $\frac{Г}{см^3}$ аркылуу туюнтулгандыктан, тыгыздык менен салыштырма салмак ортосунда сан жагынан болжолдуу туш келүү келип чыгат, бирок бул сан жагынан гана туш келгендик. Чындыгына келгенде тыгыздык жана салыштырма салмак масса менен салмак сыяктуу өз ара айырмаланат.

36. Күчтүн динамикалык бирдиги. Ушул убакытка чейин биз ар кандай күчтөрдү салмак бирдиги менен ченеп келдик. Күчтөрдү ченөө үчүн динамометрди же рычагдуу таразаны колдондук. Бирок, жогору жакта бир нечен жолу айтып келгендей, ошол эле бир нерсенин салмагы жердин бетинин түрдүү орундары үчүн бирдей эмес (Жердин формасы жана ал өз огунда айлануу аркасында).

Механиканын экинчи законунун негизинде нерсенин салмагына көз каранды болбогон жана бардык орун үчүн бирдей болгон күчтүн бирдигин белгилөө мүмкүн.

Эгер $F=ma$ формуласында масса $m=1$ $г$ жана ылдамдануу $a=1\frac{см}{сек^2}$ деп алсак, анда F күчү бирге барабар болуп чыгат.

Чындыгында да $F=1\frac{см}{сек^2}\cdot 1\ г=1\frac{г\cdot см}{сек^2}$.

Ошентип, *физикада күчтүн бирдиги деп, 1 г массага секундасына 1 сантиметр секундадагы ылдамдануу өткөргөн күч кабыл алынган.*

Күчтүн бул бирдиги дина (же $\frac{г\cdot см}{сек^2}$) деп аталат. Анын эл аралык белгиси *dn*, кыргызчасы—*дн*.

37. Килограмм-күч менен дина арасындагы өз ара катыш. Биз эми эле көргөндөй, дина 1 $Г$ массага $1\frac{см}{сек^2}$ ылдамдык өткөрөт.

Бирок ошол эле масса өзүнүн 1 $Г$ салмагынын аракети астында эркин түшүүнүн $981\frac{см}{сек^2}$ ка жакыныраак ылдамданууусун алат. Демек, 1 $Г$ күч 981 динага туура келет.

Жердин ар бир ордунда грамм-күч ошол ордундагы эркин түшүүнүн ылдамдануусу 1 секундага кайсы сандагы сантиметр—секунда болуп туюнтулса, ошончо динага барабар болот. Уюлда 1 $Г$=983 дн, экватордо 1 $Г$=978 дн, Москвада 1 $Г$=981 дн, орточо 1 $Г$=981 дн деп алууга болот. 1 $кГ$=981000 дн.

38. *CGS* (*ЦГС*) бирдиктеринин системасы. Биз механикада ар түрдүү болгон алты чоңдук: жолдун узундугу, убакыт, ылдамдык, ылдамдануу, масса, күч менен тааныштык. Бул чоңдуктардын үчөө үчүн бирдиктер эркин өлчөмдө тандап алынган, атап айтканда:

узундук бирдиги үчүн 1 сантиметр[1] (Centimeter),
массанын бирдиги үчүн 1 грамм[2]) (Gramm),
убакыттын бирдиги үчүн 1 секунда[3] (Secunda).

Башка чоңдуктар үчүн бирдиктер биринчи үчөөнүн жардамы менен белгиленген, атап айтканда:

ылдамдык бирдиги үчүн $1\frac{см}{сек}$,

ылдамдануу бирдиги үчүн $1\frac{см}{сек^2}$,

күч бирдиги үчүн $1\frac{г\cdot см}{сек^2}$ же дина.

Механикалык башка чоңдуктардын бирдиктерин ошол эле үч бирдиктен чыгарууга боло тургандыгын биз кийинчерээк көрөбүз.

Эркин өлчөмдө тандап алынган үч бирдик—узундук, масса, убакыт—негизгилер деп аталат; негизгилерден чыгарылган калган бирдиктердин баарысы чыгарылма деп аталат. Белгилүү эрежелер боюнча түзүлгөн негизги жана чыгарылма бирдиктер *бирдиктер системасын* түзөт.

Жогоруда айтылган система негизги бирдиктеринин латынче аттарынын биринчи тамгалары боюнча бирдиктердин *CGS* (*ЦГС*) системасы деп аталат.

39. Бирдиктердин техникалык системасы. Техникада бирдиктердин төмөнкү системасы колдонулат:

---

[1] 1 *см* дегенибиз метрдин жүздөн бир бөлүгү, 1 *м* дегенибиз—платина—иридий стерженине сызылган эки штрихтин октору ортосундагы аралыкка барабар узундук болот. Бул стержень метрдин эл аралык биринчи үлгүсү (прототип) болуп саналат, чендердин Эл аралык бюросунда сакталат.

Эл аралык метрдин узундугу менен, баштапкы ой боюнча метр болуп кызмат кылууга деген Париж меридианынын кырк миллиондон бир бөлүгү ортосунда 0,0856 *мм* айырма бар. Атап айтканда—ал меридиандын узундугу 40003 400 *м* ге барабар.

[2] Килограмм—масса даярдалган кезде 4° кездеги дестиллирлеген (тазартылган) бир куб дециметр суунун массасы катарында ойлонулган болучу. Килограмм—массанын даярдалган үлгүсү 1 $дм^3$ суунун массасынан 0,03 *г* га чоң. 4° жана нормалдык басым кезиндеги 1 *кг* дистиллирленген суунун көлөмү, литр деп аталат: 1 *л* 1 $дм^3$ дан 0,03 $см^3$ ге чоң экендиги мындан көрүнүп турат. 1000 *кг*=1 тоннага (*т*).

[3] 1 секунда дегенибиз орточо күн суткасынын $\frac{1}{86400}$ бөлүгү. Эки чак түш ортосундагы убакыт сутка деп аталат. Жер жыл маалында Күндүн айланасында тегеренген кезде, өзүнүн ылдамдыгы күндөн күнгө өзгөрүлүп тургандыктан, сутканын узундугу да жылдын түрдүү маалында түрдүүчө болот. Убакыттын бирдигин белгилөө үчүн бир жыл ичиндеги орточо күн суткаларынын узундугу эсептеп чыгарылат.

негизгилери:	чыгарылмалары:
узундук бирдиги 1 *м*	ылдамдык бирдиги 1 $\frac{м}{сек}$
күч бирдиги 1 *кГ*	
убакыт бирдиги 1 *сек*	ылдамдануу бирдиги 1 $\frac{м}{сек^2}$

Техникалык системада массанын бирдиги да чыгарылма болот. Аны Ньютондун экинчи законунун формуласынан чыгарууга болот: $F=ma$, мындан масса $m=\frac{F}{a}$.

Эгер $F=1кГ$, $a=1\frac{м}{сек^2}$ десек, анда $m=\frac{1\ кГ}{1\frac{м}{сек^2}}=1\ \frac{кГ\cdot сек^2}{м}$ болот.

Техникалык системада массанын бирдиги деп, 1 *кГ* күч 1 $\frac{м}{сек^2}$ да ылдамдануну өткөргөн масса алынат.

Бул бирдик үчүн атайын атама белгиленген эмес. Аны „массанын техникалык бирдиги“, же кыскартып м. т. б. же дагы $\left(\frac{кГ\cdot сек^2}{м}\right)$ деп аташат.

Салмагы 1 *кГ* болгон нерсе оордук салмагынан 1 $\frac{м}{сек^2}$ эмес, 9,8 $\frac{м}{сек^2}$ ылдамдануу алгандыктан, мындай нерсенин массасы 1 м. т. б. эмес, 9,8 эсе кичине, башкача айтканда $\frac{1}{9,8}$ (м. т. б.) болот.

Салмагы 5 *кГ* болгон нерсенин массасы $\frac{5}{9,8}$ (м. т. б.) болот.

Салмагы 49 *кГ* болгон нерсенин массасы $\frac{49}{9,8}=5$ (м. т. б.) болот.

Салмагы 1 тонна (*Т*) болгон нерсенин массасы $\frac{1000}{9,8}=102$ (м. т. б.) болот.

Жалпысынан, салмагы *РкГ* болгон нерсенин массасын м. т. б. де билүү үчүн салмакты эркин түшүүнүн $\frac{м}{сек^2}$ да болгон ылдамдануусуна g ге бөлүш керек.

$$m=\frac{P}{g}.$$

Техникалык система негизги бирдиктеринин биринчи тамгалары боюнча *MKS* системасы деп аталат.

МАСЕЛЕЛЕРДИ ЧЫГАРУУНУН ЭРЕЖЕЛЕРИ.

Бирдиктердин түрдүү системалары өтүлгөндөн кийин, маселелерди чыгарган кезде, жаңылыштыктардын санын, айрыкча та-

таалырак маселелерде, азайтуу үчүн, төмөнкү эрежелерди колдонуу пайдалуу болот.

1. Досканын же дептердин сол жактагы бөлүгүнө маселеде берилгендердин бардыгын барабардыктар түрүндө, сөздөр ордуна чоңдуктардын кабыл алынган тамга белгилерин колдонуп, жазып коюу керек. Берилгендердин астын сызып, сызыктын ылдый жагына изделе тургандарды жазыш керек.

2. Сан менен берилгендердин бардыгын туура жазып чыккандан кийин, бардык чоңдуктар бирдиктердин бир системасы боюнча туюнтулушун байкап көрүү керек. Эгерде бир система менен туюнтулбаган болсо, берилген бардык чоңдуктарды тандалган системанын бирдиктеринде туюндуруп чыгуу керек.

3. Андан кийин, маселелерде берилгендерге карата, атап айтканда: маселеде жазылган физикалык процесс же маселеде берилген ар түрдүү чоңдуктар менен мүнөздөлгөн нерсенин авалына карата физикалык картинаны окуучулар өзүлөрү айкыначык түшүнүшү керек. Мына ушуга окшош текшерүүлөрдөн, берилген жана изделүүчү чоңдуктарды өз ара байланыштыруучу закондор жөнүндө окуучулар өзүлөрүнө элестерди түзө алышы мүмкүн. Андан кийин бул берилген маселени дагы башка чоңдуктар менен толуктоо керекпи же жокпу, ушуну ойлоо керек. Маселеде жашырын түрдө берилгендердин бар экендигин же болбосо берилгендерди таблицалардан алуунун керектигин байкоо керек (мисалы, эгерде станциядан жөнөп кете турган поезд жөнүндө сөз болсо, анда башталгыч ылдамдыктын мааниси $v_0=0$ экендигин кошуу керек; же болбосо, нерсенин көлөмү берилип иш, анын салмагы жөнүндө жүрсө, анын салыштырма салмагынын маанисин таблицалардан алуу керек).

4. Бардык даярдык амалдар орундалгандан кийин, изделүүчү чоңдук кайсы чоңдуктар менен физикалык байланыштуу экенин абдан жакшылап ойлоп көрүү керек жана бул байланышты формула менен туюнтуп көрсөтүү керек, ал формуланын сол жак бөлүгүндө изделүүчү чоңдук, оң жак бөлүгүндө калгандардын бардыгы тургандай кылып формуланы түзүү жакшырак болот.

5. Биринчи формуланын оң жак бөлүгүндө белгилүү болгон чоңдуктар гана турса, маселе чыгарылган болот. Эгерде жаңы белгисиз чоңдуктар кирсе, анда алардын физикалык маанисин туюнуу, алар башта үйрөнүлгөн чоңдуктардын кайсылары менен байланыштуу экенин эскертүү керек, бул байланыштарды формулалар менен туюнтуп көрсөтүү жана оң жак бөлүгү жалаң белгилүү чоңдуктардан гана түзүлгөнгө дейре иштөө керек.

6. Мындай формула келип чыккандан кийин сандарды атамалары менен бирге формуланын тамгаларын ордуна коюу керек, сандар жана алардын атамалары үстүнөн формулаларда көрсөтүлгөн амалдарды жүргүзүү керек жана белгисиз чоңдук эсептелип чыгарылганча, формулаларды терс тартибинде ордуна коюуну уланта берүү керек. Соңгу жоопко атамаларды коюуну жана текшерүүнү унутпоо керек.Эгерде математикалык көнүгүүлөр мүм-

күндүк берсе, башта ордуна коюуну тамга түрүндө жасоо жана белгилүү чондуктар аркылуу белгисиз чондуктун акыркы тамга туюнтмасын таап, ал тамгалардын сан маанилерин ордуна коюу жакшырак болот.

7. Бардык учурларда, мүмкүн болушунча, кубулуштун картинасын же установканын схемасын көрсөтүүчү чиймелерди жасоо сунуш кылынат.

МАСЕЛЕЛЕРДИ ЧЫГАРУУНУН МИСАЛДАРЫ.

1. Массасы $m=120$ *г* болгон тим жаткан нерсе күчтүн аракети астында $t=5$ минута убакыт ичинде $s=1800$ *м* жол баскан болсо, ал нерсеге кандай күч аракет кылган?

$m=120$ *г* $t=5$ мин. $s=1800$ *м* *F?*	$m=120$ *г* $t=300$ сек. $s=180\,000$ *см* $v_0=0$ *F?*	$F=ma$ $s=\frac{at^2}{2}$	$a=\frac{2s}{t^2}$ $F=\frac{2ms}{t^2}$	$F=\frac{2\cdot 120\ г\cdot 180000\ см}{90\,000\ сек^2}$ $F=480\frac{г\cdot см}{сек^2}$ F=480 дн.

2. Салмагы $P=490$ *кГ* болгон вагонетканы тынч турган авалдан рельс боюнча $F=2{,}5$ *кГ* күч менен жылдырат, канчалык t убакыт өткөндөн кийин ал $v=2\frac{м}{сек}$ ылдамдыкта болот?

$P=490$ *кГ* $F=2{,}5$ *кГ* $v=2\frac{м}{сек}$ *t?*	$P=490$ *кГ* $F=2{,}5$ *кГ* $v=2\frac{м}{сек}$ $v_0=0$ $g=9{,}8\frac{м}{сек^2}$ *t?*	$t=\frac{v}{a}$ $a=\frac{F}{m}$ $m=\frac{P}{g}$	$a=\frac{Fg}{P}$ $t=\frac{vP}{Fg}$	$t=\frac{2\frac{м}{сек}\cdot 490\ кГ}{2{,}5\ кГ\cdot 9{,}8\frac{м}{сек^2}}$ $t=40$ *сек.*

3. Бир калыпта $v_0=18\frac{км}{саат}$ ылдамдык менен бара жаткан, салмагы $P=980$ *кГ* болгон вагонетканы 5 *м* жерден токтотуу үчүн тормоздордун күчү кандай болуу керек?

$P=980$ *кГ* $s=5$ *м* $v_0=18\frac{км}{саат}$ *F?*	$P=980$ *кГ* $s=5$ *м* $v_0=5\frac{м}{сек}$ $v=0$ $g=9{,}8\frac{м}{сек^2}$ *F?*	$F=ma$ $s=v_0t+\frac{at^2}{2}$ $t=\frac{v-v_0}{a}$ $m=\frac{P}{g}$	$t=-\frac{v_0}{a}$ $s=-\frac{v_0^2}{a}+\frac{av_0^2}{2a^2}$ $s=\frac{-2v_0^2+v_0^2}{2a}$ $s=-\frac{v_0^2}{2a}$ $a=-\frac{v_0^2}{2s}$

$$F=-\frac{v_0^2P}{2sg};\quad F=-\frac{25\frac{м^2}{сек^2}\cdot 980\ кГ}{2\cdot 5м\cdot 9{,}8\frac{м}{сек^2}};\quad F=-250кГ^1.$$

[1] Минус белгиси күч ылдамдыкка карама-каршы жакка багытталган дегенди көрсөтөт.

6-а көнүгүү.

1. Түрдүүчө болгон эки нерсе бирдей ылдамдык менен жылышат. Эгерде алардын кыймылына тоскоолдук кыла турган бир эле күч аларга тиркелсе, ал нерселер эмне болот?

2. 1 *г* массага 981 $\frac{см}{сек^2}$ ылдамдануну өткөрүүчү күч канча динага барабар болуу керек?

3. 980 дина күч 20 $\frac{см}{сек^2}$ ылдамдануну кандай массага өткөрө алат?

Жообу: 49 *г.*

4. 9800 дина күч 990 *г* массага кандай ылдамдануну өткөрө алат?

Жообу: $20\frac{см}{сек^2}$.

5. Массасы $m_1=10$ *г* болгон нерсе, массасы $m_2=8$ *г* болгон нерсеге күчү $F=64$ дина менен таасир кылат. Нерселердин экөөнүн тең ылдамдануусун тапкыла.

Жообу: $a_1=6{,}4\frac{см}{сек^2}$; $a_2=\frac{см}{сек^2}$.

6. 1960 дина келген F күчү массасы $m=490$ *г* болгон нерсеге үзгүлтүксүз таасир кылып турат. Нерсе тынчтык авалынан чыгып $t=10$ сек. өткөндөн кийин ал кандай ылдамдыкты алат?

Жообу: $40\frac{см}{сек}$.

7. $m=100$ *г* келген массага күч $F=100$ дина менен таасир кылат. Тынчтык авалдан чыкканына 1 минута өтсө, нерсе канчалык жолду өтөт?

Жообу: 18 *м.*

8. Массасы $m=200$ *г* келген нерсе тынчтык авалда турган кезде, ага турактуу күч таасир кылган, анын таасири астында нерсе 10 сек. ичинде 100 *м* жол өткөн. Күч эмнеге барабар?

Жообу: 40000 дина.

9. Массасы $m=120$ *г* келген жана $10\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен бир калыпта жылып бара жаткан нерсеге бир күч таасир кылган. Эгерде ал күч ылдамдыкка каршы авалдагы багытта нерсени 1 мин. 20 сек. өткөндөн кийин токтотсо, күч эмнеге барабар болот?[1]

Жообу: 1500 дин.

10. 20 *т.* келген нерсе, күчтүн таасири астында $0{,}5\frac{м}{сек^2}$ ылдамдануу алган. Таасир кылган күч эмнеге барабар?

Жообу: 10^9 дина.

11. Салмагы 100 *Г* нерсеге 0,5 $\frac{см}{сек^2}$ ылдамдануну кандай күч өткөрө алат?

Жообу: 50 дина

12. Салмагы 49 *Г* болгон нерсе 5 *Г* күчтүн аракети астында кандай ылдамдануу алат?

Жообу: $100\frac{см}{сек^2}$.

13. 10 *Г* күч $980\frac{см}{сек^2}$ ылдамдануну кандай массага өткөрө алат?

Жообу: 10 *г.*

14. 1 *кГ* күч 2 *кг* массага кандай ылдамдануу өткөрө алат (бардык чондуктарды бирдиктердин бир системасында туюнткула)?

Жообу: $490\frac{см}{сек^2}$.

[1] Ылдамдануу үчүн терс сан, күч ылдамдыкка каршы багытталганын б. а. тоскоолдукту көрсөтөт.

15. 400 *г* дан болгон эки масса, кыймылсыз чыгырыкка (блокко) тең салмакталып коюлган. Эгерде массасынын бирөөнүн үстүнө 20 *г* келген кошумча масса түрткүсүз коюлса, кандай ылдамдануу келип чыгат (g=980)? Сүрүлүү эсепке алынбасын.

Жообу: $\approx 24\frac{см}{сек^2}$.

16. Кыймылсыз блокко ар бири 475 *г* келген эки масса тең салмакталып коюлган. Эгерде массалардын бирөөнүн үстүнө 30 *г* келген кошумча масса салынса, кандай ылдамдануу келип чыгат (g=980). Бул соңгу эки маселеде кыймылдатуучу күчтөрдү жана ылдамданууларды салыштыргыла.

Жообу: 30 $\frac{см}{сек^2}$; 1,5; 1,25.

17. Кыймылсыз блокко ар бири 230 *г* келген эки масса тең салмакталып коюлган. Эгерде массалардын бирөөнүн үстүнө 30 *г* келген кошумча масса коюлса, кандай ылдамдануу келип чыгат (g=980). Соңгу эки маселеде ылдамдааануулар жана кыймылга келтирилген толук массаларды салыштыргыла.

Жообу: 60 $\frac{см}{сек^2}$; 2.

18. Акыркы үч маселенин ар бири үчүн бир жана эки секундада өтүлгөн жолдорун эсептеп чыгаргыла.

Жообу: 12 *см*, 15 *см*, 30 *см*; 48 *см*, 60 *см*, 120 *см*.

19. № 15, 16, 17 —маселелерди ар бири үчүн, 3 сек. өткөндөн кийинки ылдамдыкты эсептеп чыгаргыла.

Жообу: 72 $\frac{см}{сек}$, 90 $\frac{см}{сек}$, 180 $\frac{см}{сек}$

20. Бала шатыга чыгып, суу куюлган бутылканы колунан түшүрүп жиберет. Түшүп келе жаткан кезде бутылканын түбүнө болгон суунун басымы эмнеге барабар?

21. Салмагы 70 *кГ* келген киши, 1 $\frac{м}{сек^2}$ ылдамдануу менен жүрүп бара жаткан автомобилде олтурган кезинде, олтургучтун аркасына кандай күч менен басат?

Жообу: 7,1 *кГ*.

22. Массасы 3 *т* келген замбиректен, массасы 15 *кг* келген снаряд 650 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен атылып чыгат. Замбирек, тебилгенде кандай ылдамдыкты алат?

Жообу: 3,25 $\frac{м}{сек}$.

23. Ок мылтык ичинен 860 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен атылып чыгат. Октун массасы m=9,6 *г*, мылтыктын массасы m_1=4,45 *кг*. Мылтыктын тебилгендеги ылдамдыгын аныктагыла.

Жообу: 1,9 $\frac{м}{сек}$.

24. 1891/1930-жылдын үлгүсүндөгү мылтыктын найзасы жана кайышы менен бирге болгон жалпы салмагы (буга патрондор кирбейт) P=4,458 *кГ* га барабар; патрондун салмагы $P_1 \approx 23$ *Г* (21,5 жана 24,5 *Г* арасында) барабар. Октун баштапкы ылдамдыгы $v_0 \approx 865\frac{м}{сек}$ га (860 жана 870 ортосунда) барабар. Эгер мылтык таптакыр эркин жыла турган болсо, жалгыз патрон менен атканда мылтыктын тебүү ылдамдыгы кандай болор эле?

25. 1908-жылдын үлгүсүндөгү диаметри 7,62 *мм* келген октун кыймылына аванын тоскоолдук кылуу күчүнүн чондугу 3,5 *Г* га жетет. Ок стволдон учуп чыккан кездеги ылдамдануну тапкыла. (24-маселени карагыла.)

Перельман, Физикалык хрестоматия, 1-чыгарылышы. „Боштук ичинде түшүү", 61—64-беттер, „Ава ичинде түшүү", 64—66-беттер.

Перельман, Эрмек кылуучу физика, 1-бөлүк „Замбиректин огу ичинде саякат", 88—96-беттер.

Темердинг Г., Түшүү закондору, алардын тарихи жана мааниси.

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Бирдиктер системасы деп эмнени айтат?
2. Бирдиктердин кандай системалары маалум жана ар бир системасындагы негизги бирдиктер кандай?
3. Дина деген эмне?
4. Туруктуу күч нерсеге кандай кыймылды өткөрө алат?
5. Нерсенин эркин түшүшү деп эмнени айтат?
6. Эркин түшүү кайсы күчтүн таасири астында болот?
7. Эркин түшүү кайсы багытта болот?
8. Эркин түшүү кыймылдын кайсы түрү болот?
9. Эркин түшүүдөгү кыймылдын түрү тууралу кандай тажрийбалардан корутунду жасоого болот?
10. Түшүүнүн ылдамдыгы, түшүүнүн убактысына кандай көз каранды болот?
11. Түшүүнүн ылдамдыгы, өтүлгөн жол аркылуу кандай формула менен туюнтулат?
12. Эркин түшкөндө өтүлгөн жол менен убакыт ортосунда кандай көз карандылык бар?
13. Эркин түшкөндө биринчи секундада өтүлгөн жол ылдамдануу аркылуу сан жагынан кандайча туюнтулат?
14. Эркин түшүүнүн ылдамдануусу эмнеге барабар?
15. Экинчи нерсенин массасы биринчинин массасынан үч эсе көп. Эркин түшкөн кезде бул нерселердин ылдамдануусу кандай болот?
16. Эркин түшүүнүн ылдамдануусу нерсенин массасына көз карандыбы? Алдыга коюлган бул сурооо кандай байкоолор жана тажрийбалар жооп берет?
17. Ава ичинде же башка чөйрөдө түшкөн нерселердин ылдамдыктарында байкалган айырма эмнеден келип чыгат?
18. Нерсенин салмагы масса жана ылдамдануу аркылуу кандайча туюнтулат?
19. Нерсенин салмагы менен массасы ортосунда кандай көз карандылык бар? Массанын түшүнүгү менен нерсенин салмагынын түшүнүгүнүн айырмаларын мисалдар менен түшүндүргүлө.
20. Нерселердин массаларын кандай курал менен өлчөөгө болот?
21. Заттын тыгыздыгы деп эмне айтылат? Тыгыздык кандай бирдиктер менен ченелет?
22. Заттын салыштырма салмагы деп эмнени айтат? Ал кандай бирдиктер менен ченелет?
23. Тыгыздыгы $\frac{г}{см^3}$ жана салыштырма салмагы $\frac{Г}{см^3}$ менен туюндурулгандардын сан маанилеринин ортосунда айырма барбы?
24. CGS жана техникалык системада массанын бирдиги деп эмне кабыл алынган?
25. Дина жана килограмм-күч ортосундагы катыштар кандай?
26. Салмагы 981 динага барабар болгон нерсенин массасы кандай?

3. Кыймылдарды кошуу.

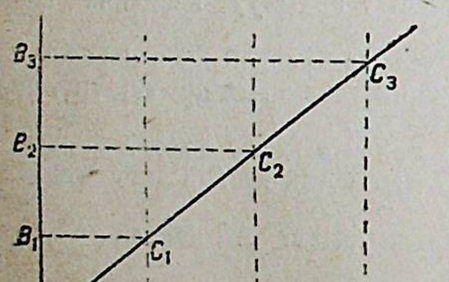
40. Нерсенин кыймылдагы авалына күч аракетинин көз каранды эместиги. Күч нерсеге өткөрүүчү ылдамдануу, күчтүн чондугуна жана нерсенин массасына гана көз каранды экендигин механиканын экинчи закону белгилейт. Демек, *ылдамдануу*

күч аракет кылган нерсенин тынчтыкта турушуна же болбосо кыймылда болушуна көз каранды эмес. Нерсе тынч авалда турган учурда да жана ал жылып бара жаткан учурда да, ошол эле бир күч ошол нерсеге чондугу жана багыты жагынан бирдей болгон ылдамдануу өткөрөт. Нерсенин кыймылдашы инерция боюнча да жана күчтүн аракети астында да болуу мүмкүн. Демек, *берилген күчтүн нерсеге болгон аракети, ошол эле нерсеге башка күчтөр аракет кылууга көз каранды эмес.* Экинчи закондон чыккан бул натийжа—*күч аракетинин көз каранды эместик закону* деп аталат.

Бир нече күчтөрдүн чогуу аракети астындагы нерсенин акыркы кыймылы, бул күчтөрдүн ар бири айрым түрдө бере турган кыймылдан, албетте, башкача болот; бирок бул учурда да ар бир күч жалгыз бере ала турган ылдамдануу гана өткөрөт. Башталгыч 0 ылдамдыктан түшкөн жана кандай болбосун башталгыч ылдамдык менен ыргытылган нерсеге оордук күчү ошол эле бир ылдамдануу өткөрөт. Авада, оордук күчүнө аванын тоскоолдук кылуу күчү кошулса да, бул ылдамдануу боштукта болсун жана авада болсун өзгөрүлбөй кала берет. Аванын тоскоолдук күчү акыркы кыймылды өзгөртөт, бирок оордук күчүнүн кылган аракети өзгөрбөйт.

Ар түрдүү чыныгы кыймылдарды текшергенде, келтирилген пикирлерден жаңы эки маселе: татаал кыймылдын жолун издеп табуу жана анын ылдамдыгын издеп табуу келип чыгат.

41. Түз сызыктуу жана бир калыптагы эки кыймылдын жолдорун кошуу. Түз сызыктуу жана бир калыптагы кыймылдардын жолдорун кошуу маселесин кандай да болсо бир конкреттүү мисалда текшерип көрүү оңой болот. AO_3 сызыгы (38-сүрөт) пароходдун бир калыптагы жана түз сызыктуу кыймылын көрсөтөт деп алалы. Эгерде жалаң пароход гана жылса, O точкасында турган пассажир 1 секундадан кийин A_1 точкасына, 2 сек. дан кийин A_2 точкасына, 3 сек. дан кийин A_3 точкасына келип, OA_3 сызыгын бойлоп которула берер эле, O, A_1, A_2, A_3 точкалары ортосундагы иреттүү аралыктар өз ара барабар. Эгерде пароход тим туруп, пассажир палубанын бир четинен экинчи четине бир калыпта жылса, ал 1 сек. дан кийин B_1 точкасына, 2 сек. дан кийин B_2 точкасына, 3сек. дан кийин B_3 точкасына ж. б. келип OB_3 түз сызыгын бойлоп басар эле, мында O, B_1, B_2, B_3 точкалары арасындагы иреттүү аралыктар барабар болор эле. Пароход жана пассажир бир эле уакта жылганда ошол эле жолду басып, B_1 точкасына келет. Бирок ошол



38-сүрөт. Түз сызыктуу жана бир калыптагы эки кыймылдын жолдорун кошуу.

уакыттын ичинде палубанын өзү да которулат; палуба боюнча пассажирдин жолу мейкиндикте $A_1 C_1$ багытын алат; палубанын бардык точкалары, ошолор менен B_1 точкасы OA_3 көжарыш жолдорду өтүшөт. Ошондуктан пассажир 1 сек. дан кийин $C_1 A_1$ жана $B_1 C_1$ түз сызыктары кесишкен жердеги C_1 точкасында болуп калат. 2 секундадан кийин пассажир палубага салыштырганда B_2 авалына келет, бирок палуба C_2A_2 сызыгына которулат жана пассажир C_2A_2 жана B_2C_2 кесишкен жердеги C_2 точкасында калат. 3 сек. дан кийин пассажирдин орду C_3A_3 жана B_3C_3 кесишкен жердеги C_3 точкасында болот.

Бүтүн секунда үчүн болгон бул сыяктуу талкуулоону секунданын кез келген үлүштөрү үчүн да келтирүү мүмкүн. Пассажирдин иреттүү авалдарынын бардыгы, б. а. O, C_1, C_2. C_3 точкалары кайсы сызыкта жай алышат деп суралат.

C_1 жана C_3 точкаларын O точкасы менен айрым туташтырып, OA_1C_1 жана OA_3C_3 деген эки үч бурчтукту алабыз.[1]

Бул үч бурчтуктар окшош, анткени, алардын жактарынын түгөйлөш эки жагы пропорциялуу (OA_3: $OA_1 = C_3A_3 : C_1A_1 = 3$) жана алардын пропорциялуу жактарынын арасында жаткан A_1 жана A_3 бурчтары өз ара барабар. Окшош үч бурчтуктарда тең деш бурчтар барабар; демек C_1O жана C_3O жактары A_3O жагы менен түзгөн бурчтар барабар болот, б. а. O, C_1, C_3 ж. б. точкаларынын бардыгы бир түз сызыкта жатышат.

Тендеш үч бурчтуктарды салыштыруудан OC_1, C_1C_2, C_2C_3 кесиндилер ж. б. өз ара барабар экенин далилдөө оңой.

Түз сызыктуу жана бир калыптагы эки кыймылды кошуудан да, түз сызыктуу жана бир калыптагы кыймыл келип чыкканы жогоруда талкуулоодон жана чиймеден көрүнүп турат.

Пассажирдин акыркы кыймылы татаал кыймыл деп аталат: пассажирдин палуба боюнча болгон кыймылы жана палубанын кыймылы— кошулуучулар деп аталат. Кошулуучунун бирөө—пассажирдин палуба боюнча кыймылы салыштырмалуу кыймыл деп аталат; экинчи кошулуучу—пароходдун кыймылы—которулма кыймыл деп аталат. Мындан, *түз сызыктуу жана бир калыптагы эки кыймылдын жолдорун кошуудан келип чыккан татаал кыймылдын жолу—кошулуучу жолдорго курулган параллелограмдын диагоналы болот,* деген келип чыгат.

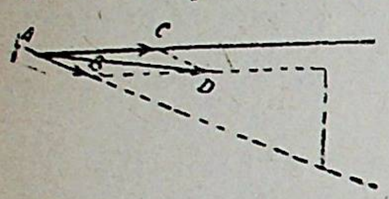
Ошентип, агын суунун жээгинде байкап турган киши пассажирдин жылышын бир жээктен экинчи жээкке карай кыйгачынан көрөт. Анын кыймылынын багыты жана жээктин сызыгынын ортосундагы бурч кыймылдардын экөөнүн ылдамдыгына жараша болот. Татаал кыймылдын жолун табуу, жолдорду кошуу деп айтылат. Берилген векторлордо

---

[1] Талкуулоонун башында OC_3 жана OC_1 түз сызыктары дал келишпейт деп алабыз.

параллелограмды куруу жана анын диагоналын издеп табуу деген векторлорду кошууга алып келет.

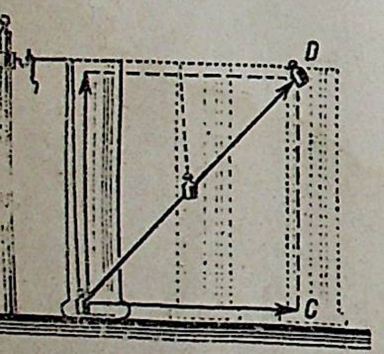
Жолдорду кошууда, параллелограмдын эрежесин бир топ жөнөкөй тажрийбаларда текшерүүгө болот. Мисалы, стол үстүндө жаткан бир барак кагазга масштабды жайлаштырып, аны бекемдеп коюшат (39-сүрөт). Масштабдын бөлүүлөрү чийилген жагына карата чийме үч бурчтук гипотенузасы менен жаткызылат, анын катеттерине сантиметрдик бөлүүлөр белгиленет. Эгерде үч бурчтуктун авалы сызгычка салыштырмалуу кылып өзгөртүлбөсө жана карандаш A точкасынан үч бурчтуктун жагын бойлоп 10 *см* аралыкка дейре жүргүзүлсө, ал кагазга AC түз сызыгын сызат. Эгер карандаш A точкасында үч бурчтукка бекем тирелип, сызгычты бойлоп үч бурчтук менен кошо бир маалда 4 *см* ге дейре жылдырылып олтурулса, карандаш AB түз сызыгын сызат. Эми карандаш менен сызгычты мурунку авалына келтирип жана үч бурчтукту сызгычты бойлотуп баштагы аралыкка (4 *см*) жана карандашты үч бурчтуктун жагын бойлотуп баштагы аралыкка (10 *см*) бир маалда жылдырса, карандаш AD колун сызат. Бул жол AB жана AC жолдоруна курулган параллелограмдын диагоналы болот.



39-сүрөт. Которулууларды кошуу боюнча тажрийба.

Бардык установканы баштапкы авалына кайтарып, кошулуучу кыймылдардын экөөнү да иреттүү түрдө иштеп көрөлү, мисалы, адегенде үч бурчтук карандаш менен сызгычты бойлоп 4 *см* ге жылдырылсын, андан кийин карандаш үч бурчтуктун кыймылсыз жагын бойлоп (же башка тартипте) 10 *см* ге жылдырылсын, ошондо карандаш бардык учурларда D точкасына келип токтогонун көрөсүңөр. Демек, *эгер нерсе эки кыймыл жасаса, анда ал жетишкен акыркы авал, нерсе кыймылдын экөөн да бир маалда жасашына же болбосо иреттүү түрдө биринин артынан бирин жасашына көз каранды болбойт.*

Кыймылдардын көз каранды эместик закону ушундан келип чыгат. Бул закон кыймылдардын жолдорун кошуу үчүн негиз болуп кызмат кылат.



40-сүрөт. Татаал кыймыл параллелограмдын диагоналы боюнча болот.

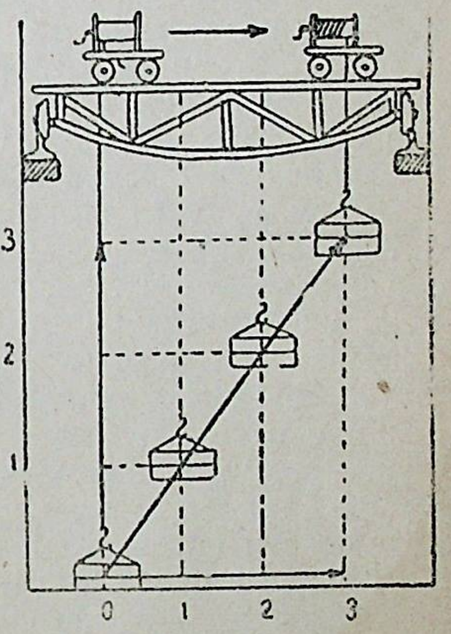
Ошол эле эрежени текшерүү үчүн дагы бир тажрийбаны иштейбиз. Бир барак кагаз мык менен сайылып коюлган тактай тикесинен вертикаль түрдө коюлат. Кагаздын бир четине ичине кичине гир салынган айнек цилиндр коюлат. Гирде жип байланып, анын учу мыкка оролуп коюлат (40-сүрөт). Эгерде цилиндр кыймылсыз турган кезде жиптен тартсак, гир AB жолун өтөт. Эгерде

гирдин жиби чечилип алынып, цилиндр тактай бойлоп солдон онго жылдырылса гир AC жолун өтөт. Эгерде жипти гирге байлап, цилиндр тактайды бойлоп AC кесиндисине жылдырылса, анда гир цилиндр менен кошо жылып жана ошону менен бирге цилиндрдин бетин бойлоп жылып AD жолун өтөт. AB, AC, AD үч кесиндилерине жасалган чийме, татаал кыймылдын жолу параллелограмдын диагоналы менен көрсөтүлгөнүн көрсөтөт. Тажрийбаны цилиндрдин түрдүүчө жантыктыгында кайталоого болот.

Бир калыптагы түз сызыктуу эки кыймылдын жолдорун кошуудагы мисалдардын бирөөн көпүрө краны иштеген кезде көрүүгө болот. Крандын жардамы менен, жүктү көтөрүп жатып бир эле увакытта аны жан жакка жылдырууга болот. Жолдордун мындайча кошулушу 41-сүрөттө көрсөтүлгөн.

Которулууларды кошууну текшергенде 2-§ та айтылып кеткен механикалык кыймылдын „салыштырмалуулугу“ кубатталат.

Пароходдун палубасындагы пассажирдин кыймылын текшергенде, пассажирдин траекториясы жана ылдамдыгы берилген маселеде кайсы нерсе кыймылсыз деп алынганына карата өзгөрүлгөнүн көрөбүз: палубада турган байкоочуга караганда жерде турган байкоочу башкача траектория-ны жана башкача ылдамдыкты байкайт. Күн үстүндө турган байкоочуга пассажирдин кыймылы Жерде турган байкоочуга караганда башкачарак болуп көрүнөр эле, анткени пароходдогу пассажир өзүнүн кыймылынан башка да Жер менен кошо Жердин огунун айланасындагы жана Күн айланасындагы кыймылды жасайт.



41-сүрөт.

Кандай да болсо бир жылдыздын үстүндө турган байкоочу Күндө тургандагыга караганда башка көрүнүштү көрөр эле, анткени ал үчүн пассажирдин кыймылы бардык Күн системасынын кыймылы менен татаалданар эле.

Кыймылы бир калыпта жана түз сызыктуу болгон нерсе менен байланышкан байкоочу бул нерсе которулабы же жокпу аныктай албайт.

Бир калыпта жүрүп олтурган пароходдун жабык каютасында олтурган пассажирлер, машинанын түрсүлдөгөнүн угушпаса, жүрүп бара жаткандыктарын же тим тургандыктарын аныктай алышпас эле (пристанга жакындаган кезде, машинанын иши токтотулганда пассажирлер көп жаңылышат). Ошондуктан Жер үстүндө жашоочулар (асмандагы жылдыздар боюнча байкоодон башка түрдө), Жердин суткалык айланышын да, Күн айланасында

айланышын да, Күн менен кошо мейкиндиктеги кыймылын да байкашпайт. Эгерде өзгөрүлмө кыймыл болсо, анда кыймылдын авалы билинип калуу мүмкүн. Поезд ылдам акырындаса, текчедеги буюмдар кулап түшөт; автомобиль катуу бурулса, анын ичиндеги кишилер сырткы жакка кысылышат ж. б.

42. Ылдамдыктарды кошуу. Кошулуучу кыймылдардын ылдамдыктары боюнча татаал кыймылдын ылдамдыгын табууга 38-сүрөт мүмкүндүк берет. OA кесиндиси пароход 1 сек. да өткөн жолду көрсөтөт, демек, пароходдун ылдамдыгынын графиктик көрүнүшү болот. Ошол сыяктуу эле OB_1 кесиндиси палубага салыштыргандагы пассажирдин ошол эле масштабдагы ылдамдыгынын графиктик көрүнүшү боло алат; OC_1 кесиндиси болсо татаал кыймылдын ылдамдыгынын графиктик көрүнүшү болот. *Татаал кыймылдын ылдамдыгы чоңдук, жана багыт жагынан кошулуучу ылдамдыктарга курулган параллелограмдын диагоналы менен көрсөтүлө тургандыгын* $OB_1C_1A_1$ параллелограммы көрсөтүп турат. Бир калыптагы жана түз сызыктуу эки кыймылда кошуу учуру үчүн жасалган бул корутунду ар түрдүү кыймылдар болгон учурларга таралат, анткени ылдамдык ар уакта түз сызыктын кесиндиси түрүндө көрсөтүлөт; эгерде кыймылдар бир калыпта болбосо, алардын ылдамдыктары ар бир айрым учур үчүн тураktуу деп алынып, башта көрсөтүлгөндөй эле кошулууга мүмкүн. Ошентип, ылдамдыктар векторлорду кошуу эрежеси боюнча кошулат.

Кошулуучу ылдамдыктардын экөө тең бир түз сызык боюнча бет алса, анда $v=v_1+v_2$; карама-каршы жактарга бет алган болсо, анда $v=v_1-v_2$. Башка учурларда $v_1-v_2<v<v_1+v_2$ болот, анткени үч бурчтуктун ар бир жагы башка эки жактарынын айырмасынан чоң жана алардын суммасынан кичине.

43. Ылдамдыктарды эки түзүүчүлөргө ажыратуу. Татаал кыймылды текшерген кезде, берилген татаал кыймылдын ылдамдыгын түзүүчү, кошулуучу кыймылдардын ылдамдыктарын табуу жөнүндөгү маселе келип чыгуу мүмкүн; мисалы агын суудагы сүзүп бараткан моторлуу кайыктын ылдамдыгы жана суунун агымынын ылдамдыгы боюнча, кайыкка мотордун берген ылдамдыгын (акпаган сууда) аныктоо керек болот.

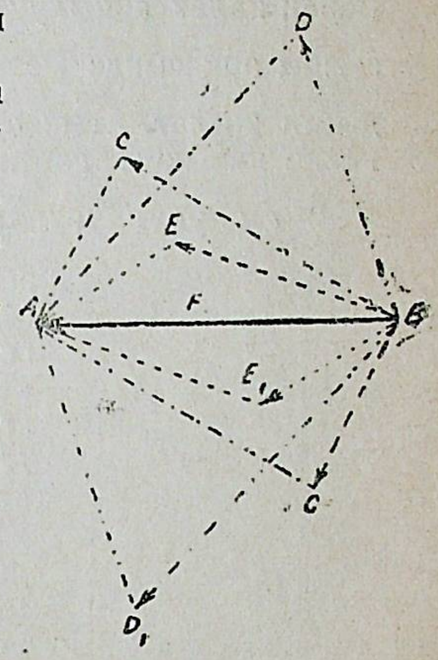
Татаал кыймылдын берилген ылдамдыгы боюнча, түзүүчү ылдамдыктарды табуу, ылдамдыкты а ж ы р а т у у деп айтылат. Физикалык чоңдуктардын кайсынысы болсо да вектор менен туюндурулган кездеги в е к т о р д у түзүүчүлөргө а ж ы р а т у у деген жалпы түрдө болгон маселенин айрым учурун бул маселе түзөт.

Берилген векторду түзүүчүлөргө ажыратуу дегенибиз, аныкталбаган маселе болот: ошол эле бир натийжалоочу векторду бере турган көп сандаган ар түрдүү кошулуучу векторлорду табууга болот.

Берилген ылдамдыкты бири-бирине, бурч боюнча багытталган эки түзүүчүгө ажыраткыбыз келсе, буга оңой эле ишенүүгө

болот. Бул учурда түзүүчүлөрдү табуу үчүн параллелограмдарды түзүп, анда берилген вектор диагонал болуу керек. Бул берилген диагоналда толуп жаткан түрдүү параллелограмдарды куруу мүмкүн экенин оңой эле көрүүгө болот, бул параллелограмдардын ар биринин жактары, чоңдугу жана багыты жагынан түзүүчү эки векторду көрсөтөт жана бул эки вектордон берилген векторду түзүүгө болот (42-сүрөт).

Векторду белгилүү бир кошулуучуларга ажыратуу маселесин түзүү үчүн, берилген векторго кошумча шарттарды коюу керек. Векторду бурч боюнча аракет кылуучу эки кошулуучуларга ажыратуунун төмөнкү эки учуру көп кезигет.



42-сүрөт.

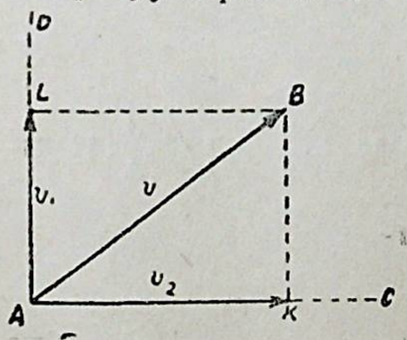
Биринчи учур. Вектор (ылдамдык) жана кошулуучулардын, багыты берилген; кошулуучулардын чоңдуктарын табуу керек.

v векторун тик (вертикаль) жана горизонталь багыттар боюнча эки кошулуучуга ажыратуу керек дейли (43-сүрөт).

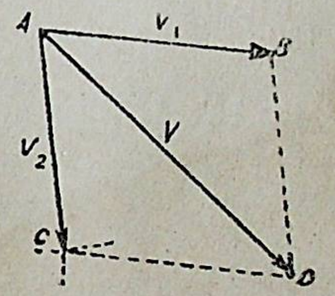
Бул учурда берилген v вектордун B учу аркылуу берилген AC жана AD багыттарына жарыш сызыктарды алар менен кесишкенге дейре сызуу керек. Мындан келип чыккан $ALBK$ параллелограмында, параллелограмдын AK жана AL жактары чоңдук жана багыт жагынан берилген v векторуу үчүн кошулуучу v_1 жана v_2 векторлорун көрсөтөт.

Экинчи учур. Вектор берилген жана кошулуучулардын биринин чоңдугу жана багыты берилген; экинчи кошулуучунун багытын жана чоңдугун табуу керек.

Вектордун бири v_1 берилген болсо, v векторун эки кошулуучуга ажыратуу керек дейли (44-сүрөт).



43-сүрөт. Векторду, багыттары берилген эки түзүүчүгө ажыратуу.



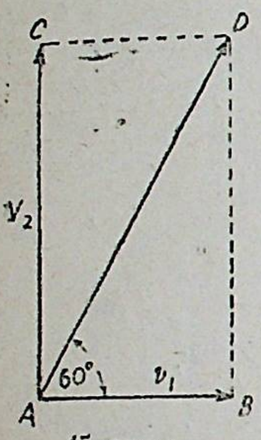
44-сүрөт. Түзүүчүлөрдүн бирөө берилгенде, векторду эки түзүүчүгө ажыратуу.

Мындай учурда ажыратылуучу вектордун D учун берилген кошулуучу вектордун B учу менен туташтыруу керек, мындан

ABD үч бурчтугу келип чыгат. Бул үч бурчтукту, берилген вектор диагонал болгондой кылып параллелограмга дейре кошумчалоо керек. Бул үчүн берилген вектордун A жана D учтарынан үч бурчтуктун жактарына жарыш болгон сызыктарды алар өз ара кесишкенге дейре сызуу керек; $ABDC$ параллелограмынын AC жагы чондук жана багыт жагынан экинчи кошулуучу v_2 векторду көрсөтөт. Векторду кошулуучуларга ажыратуунун бул учуру бир векторду экинчисинен кемитүүнү көрсөтөт; атап айтканда v_1 вектору v вектордон кемитилет.

М и с а л. Кайыкчы агын суунун туурасына багытталган күч менен калак аркылуу кайыкты жылдырат, кайык агын суунун агыны аркасында жээкке карата 60° бурч менен $2\frac{м}{сек}$ ылдамдыкта жылат. Агын суунун агуу ылдамдыгын жана агын жок кезде кайыкчы кайыкка өткөрө турган ылдамдыкты тапкыла.

2 *см* узундугундагы $1\frac{м}{сек}$ масштабын алып, AD кесиндиси аркылуу кыймылдын v ылдамдыгын туюнталы (45-сүрөт). Ошондо AB багыты агындын багытын көрсөтөт, AC багыты болсо, кайыкты кайыкчы калак менен жылдырган багыт, бул агындын багытына перпендикуляр болот. $DB \parallel AC$ жана $DC \parallel AB$ сызыктарын сызып, агындын ылдамдыгын AB кесиндиси түрүндө жана кайыкчыдан болгон кайыктын ылдамдыгын AC кесиндиси түрүндө табабыз. Кошулуучу ылдамдыктардын чондуктарын масштаб боюнча же эсептеп чыгаруу менен табууга болот.



45-сүрөт.

ADB үч бурчтугунда D бурчу 30° ка барабар. 30° келген бурчтун каршысында жаткан катет, геометриядан белгилүү болгондой, гипотенузанын жарымына барабар:

$$AB=\frac{1}{2}AD.$$

Ошондо

$$BD=AC=\sqrt{AD^2-AB^2}=\sqrt{AD^2-\frac{AD^2}{4}}=\sqrt{\frac{3}{4}AD^2}=\frac{AD\sqrt{3}}{2}$$

же

$$AB=AD\cos 60°=AD.\frac{1}{2};\quad AC=AD\cos 30°=\frac{AD\sqrt{3}}{2}.$$

7-көнүгүү.

Жүрүп бара жаткан поезддин арткы аянтчасында турган пассажир (жүргүнчү) жолдун полотносуна бир ташты түшүрүп жиберет. Таш жерге түшкөн кезде аянтчага салыштырганда кандай авалда болот (аванын тоскоолдугун эсепке албаганда)?

2. Поезддин арткы аянтчасында турган пассажир поезддин жүрүшүнө карама-каршы болгон багытты көздөй, поезддин ылдамдыгына барабар болгон ылдамдык менен ташты ыргытат. 1-маселедеги суроону табуу керек.

3. Эгерде ташты ыргытуунун ылдамдыгы поезддин ылдамдыгынан чоң жана кем болгон учур үчүн жогорку маселедеги суроолорго жооп бергиле.

4. Агын суунун агынынын ылдамдыгы $3\frac{м}{сек}$; агын суунун туурасынан өтүп бара жаткан кайыкка мотор өткөрө турган ылдамдык $4\frac{м}{сек}$ ге барабар; татаал ылдамдыктын чондугун жана багытын тапкыла (ал жээкти көздөй кандай бурч менен багытталган)? *Жообу*: $5\frac{м}{сек}$; 53° ка жакын.

5. Поезддин ылдамдыгы $20\frac{м}{сек}$ га барабар; жаан тамчысынын тике (вертикаль түрдө) түшүү ылдамдыгы $8\frac{м}{сек}$. Поезддин терезесине салыштырганда жаан тамчысынын ылдамдыгынын чондугу жана багыты кандай? Поезд жүрүп бара жаткан кезде жаан кайсы жакка жантык жаагандай болуп көрүнөт? Жантыктык бурч эмнеге көз каранды? (Түшүп келе жаткан тамчынын поездге салыштырмалуу ылдамдыгын чиймеде көрсөткүлө.) *Жообу*: $21,5\frac{м}{сек}$.

6. 1000 *м* келген аралыкта окоп алдынан, ага жарыш түрдө душмандын жөө аскери $2\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен чуркап бара жатат. Эгерде октун ылдамдыгы $500\frac{м}{сек}$ болсо, мылтыкты окоптун сызыгына перпендикуляр болгон сызыкка кандай бурч боюнча багыттоо керек? *Жообу*: ≈14°.

7. Жөө киши $5\frac{км}{саат}$ ылдамдык менен түндүк чыгыш багытка карай түндүккө 30° бурч боюнча кетип бара жатат. Ал түндүктү көздөй кандай ылдамдык менен жылат?

8. Паровоз станцияда турган кезде, паровоздун түтүнүн жел түндүккө карай учуруп кетет. Паровоз $50\frac{км}{саат}$ ылдамдык менен батышты көздөй жүргөндө, түтүн поезддин жанында түндүк чыгышты көздөй учат. Желдин ылдамдыгы кандай? Түтүндүн бөлүкчөлөрү жерге салыштырганда кандай багытта болот? Түтүндүн учушу машинистке кандай багытта көрүнөт?

9. Шамал капталдан болгондо октун четке кетишин аныктоо үчүн аткычтардын таблицасында мындай деп көрсөтүлгөн: каптал шамал октун ылдамдык багытына 30° бурч менен сокконду октун четке кетиши эки эсе аз ылдамдык менен, бирок октун ылдамдыгына перпендикуляр багытта соккон шамал кезиндеги октун четке кетиши менен бирдей болот. Таблицанын бул көрсөткөнүнүн туура экенин далилдөө керек.

10. Дарияны туурасынан сүзүп өткөндө, дариянын агыны боюнча суучулдун ылдый кетиши дариянын агынынын ылдамдыгынын сүзүп өтүү ылдамдыгына болгон катышын дариянын метр менен ченелген кендигине көбөйткөнгө барабар экенин көрсөтүү керек.

11. Дариянын кендиги 100 *м*, агындын ылдамдыгы $1\frac{м}{сек}$ жана сүзүүнүн ылдамдыгы $0,5\frac{м}{сек}$ болгондо, суучулдун дариянын агыны боюнча ылдый четтеп кетишинин чондугун эсептеп чыгаруу керек.

12. Жогорку маселедеги суучул мандай өйүздөгү эң жакын точкага келип чыгуу үчүн, жээкке карата кандай бурчта сүзүүгө тийиш?

13. 1940-жылдын үлгүсүндөгү өзү октолуучу мылтыктын огунун учуудагы

башталгыч ылдамдыгы $v_0=830\frac{м}{сек}$. 90° бурчта жана $v=\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен чуркап бара жаткан жөө бутага атканда, дистанция 100 *м* болгондо мээлөө точкасы 39 *см* илгери чыгарылат, дистанция 400 *м* болгондо 180 *см* чыгарылат. Бул учурлардын экөөндө тең ок учуунун бардык увагында өзүнүн башталгыч ылдамдыгын сактайбы? Эгер сактабаса, ар бир учурда учуунун орточо ылдамдыгы кандай?

Эскертүү: 9-мәселе Н. Филатовдун „Мылтыктардан жана пулеметтордон атуунун негизи жөнүндө кыскача маалуматтар" деген китебиндеги маалуматтарга негизделген. Воениздат 1938-жыл.

10—12-маселелер Смирнов жана Ховратовичтин „Кол кабышчы куралдардын жана материалдардын жардамы менен суу кечүү" деген китебиндеги маалуматтарга негизделген, Воениздат, 1941-ж.

Акыркы маселе „Аткычтар иши боюнча насият. НСД—41. 1940-жылдын үлгүсүндөгү өзү октолуучу мылтык" деген китептин маалуматтарына негизделген, Воениздат НКО 1941-жыл. 80-бет.

44. Вертикаль өйдө ыргытылган нерсенин кыймылы. Башталгыч ылдамдыгы v_0 болгон нерсени типтик өйдө ыргытканда, ага биринчи учурдан тартып оордук күчү аракет кылат. Бир аз жерге чейин оордук күчү туруктуу чондук болгондуктан, ал нерсеге туруктуу ылдамдануу өткөзөт, бирок, бул ылдамдануу, ылдамдыкка карама-каршы жакка багытталган болот. Мында түз сызыктуу бир калыпта акырындатылган кыймыл келип чыгат (анын ылдамдануусу терс сан болот). Бул кыймылды окуп үйрөнгөн кезде, төмөнкү төрт маселени алдыга коюуга болот.

I. Эгерде башталгыч ылдамдык v_0 берилген болсо, нерсенин *өйдөлөө убактысын* эсептеп чыгаруу керек. Нерсе аягында барып токтогондуктан, анын акыркы ылдамдыгы $v=0$ болот.

Теңдемени тамга түрүндө чыгаруу: $v=v_0+at$; $a=-g$, $v=v_0-gt$ $0=v_0-gt$; $t=\frac{v_0}{g}$.

II. *Өйдөлөөнүн бийиктигин* эсептеп чыгаргыла. $s=v_0t+\frac{at^2}{2}$ формуласы боюнча төмөндөгүлөр келип чыгат:

$s=v_0t-\frac{gt^2}{2}$; $t=\frac{v_0}{g}$ (I карагыла);

$$s=\frac{v_0\cdot v_0}{g}-\frac{g}{2}\left(\frac{v_0}{g}\right)^2=\frac{v_0^2}{g}-\frac{v_0^2}{2g^2}=\frac{v_0^2}{g}-\frac{v_0^2}{2g}=\frac{v_0^2}{2g}.$$

III. Жерге түшкөн кездеги *акыркы ылдамдыкты* аныктагыла. Кирпик каккыча токтогондон кийин, II пунктта эсептеп чыгарылган бийиктиктен, жерге эркин түшүү башталат. Өтүлгөн жол аркылуу, акыркы ылдамдык $v^2=2gs$ формуласы менен туюнтулат. Бирок $s=\frac{v_0^2}{2g}$ (II карагыла); $v^2=\frac{2g\cdot v_0^2}{2g}$, $v=v_0$ болот.

Түшүүнүн акыркы ылдамдыгы, ыргытуунун башталгыч ылдамдыгына барабар.

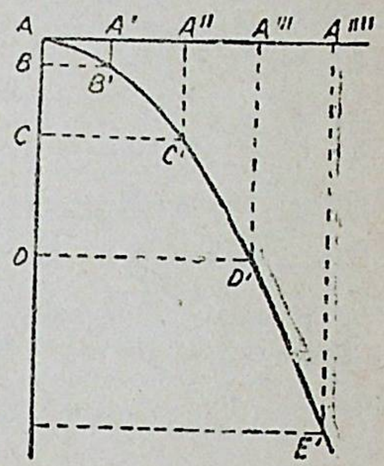
IV. *Түшүү убактысын* аныктагыла. Формула боюнча

$v=+gt$; $v=v_0$ (III карагыла); $v_0=gt$; $t=\frac{v_0}{g}$ (I карагыла).

Түшүү убактысы өйдөлөө убактысына барабар.

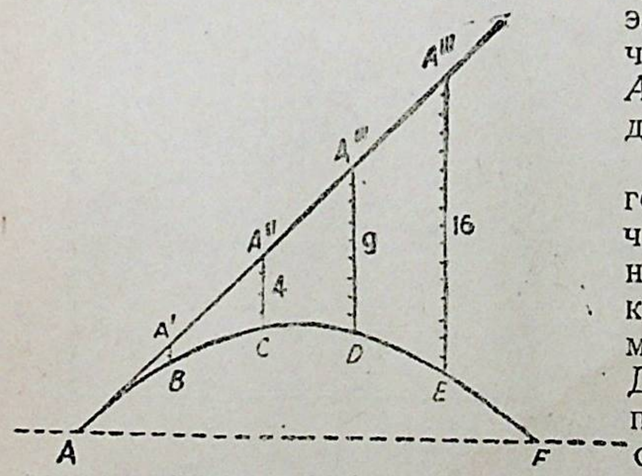
Эскертүү. Эсептелгенде аванын тоскоолдугу эсепке алынбаган.

45. Горизонталь багытка ыргытылган нерсенин кыймылы. Башталгыч ылдамдыгы v_0 менен нерсе горизонталь багытка ыргытылган. Эгерде нерсенин салмагы аракет кылбаса, ал инерция боюнча горизонталь түрдө жана бир калыпта жылып олтура берер эле жана увакыттын бирдей аралыктарында A', A'', A''' ж.б. точкаларына тиер эле (46-сүрөт). Инерция боюнча горизонталь кыймыл жок болгон кезде, нерсенин салмагы ага типтик ылдый кеткен бир калыпта ылдамдатылган кыймылды өткөрөөр эле жана нерсе 1 секунда ичинде, сүрөттө AB кесиндиси менен көрсөтүлгөн $\frac{g}{2}$ жолун өтөр эле, 2 сек. ичинде төрт эсе көп AC жолду, 3 сек. ичинде—9 эсе көп AD жолду ж. б. өтөр эле. Эки кыймыл бир уакта болгон кезде оордук күчү, нерсеге күчтөрдүн аракет кылуудагы көз каранды эместик закону боюнча, эркин түшүүдөгү ылдамдануунун дал өзүн өткөрөт, бирок да мында баягы нерсе түшкөн типтик сызык мейкиндикте которулат жана анын авалы 1 секундадан кийин B' A', эки сек. кийин—C' A'', үч секундадан кийин D' A''' болот. Ыргытылган нерсенин өзү ошол эле аралыктардын ичинде B', C', D' ж. б. точкаларга келет.



46-сүрөт. Горизонталь багытта ыргытылган материалдык точканын жолу.

Бул точкалардын аралыгы AE тик огунан б. а. BB', CC', DD' өз ара 1:2:3 жана дагы ушул сыяктуу сандардай катышат. Ушул эле точкалардын горизонталга чейинки аралыктары $B'A'$, $C'A''$, $D'A'''$ да 1:4:9 ж. б. сандар сыяктуу катышат.

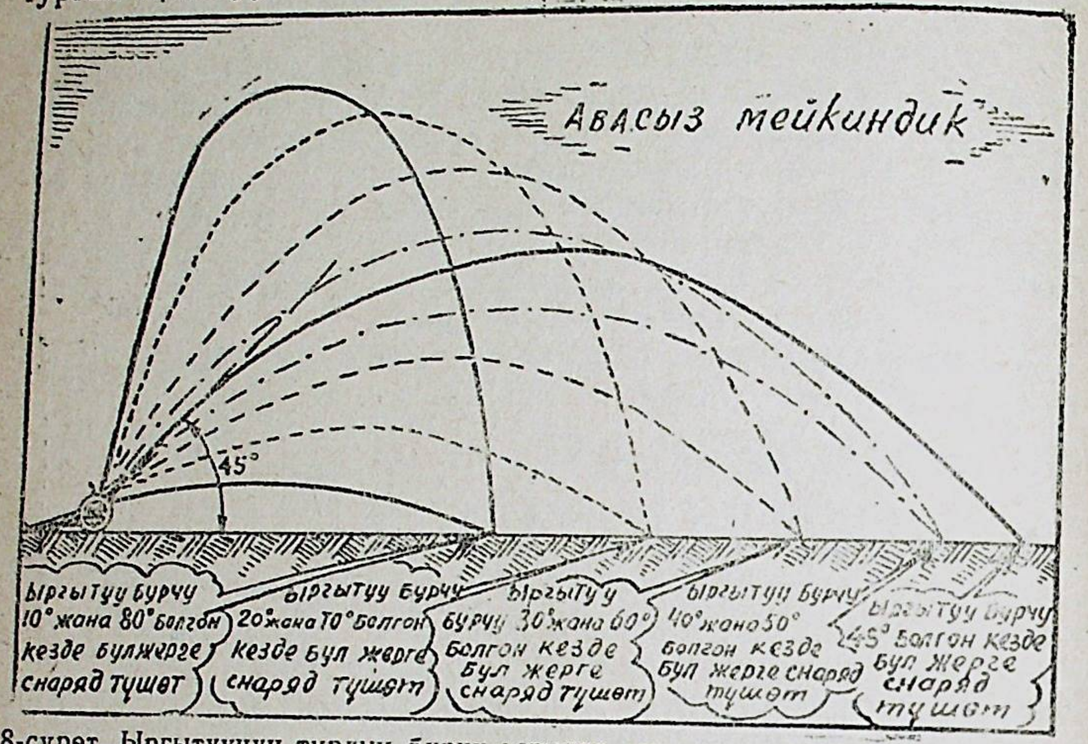


47-сүрөт. Горизонтко жантык ыргытылган материалдык точканын жолу.

Точкалардын бир октон болгон аралыктары алардын экинчи октон болгон аралыктарынын квадратынын катарында катышкан кыйшык сызык геометрияда парабола деп аталат. Демек $B'C'D'$ ж. б. чекиттер *парабола* деп аталган ийри сызыкта жатышат. Мына ушунтип, *горизонталь багытта ыргытылган нерсе, чокусу*

ыргытуу точкасында жаткан парабола боюнча түшөт.

46. Горизонтко жантык ыргытылган нерсенин кыймылы. *AA‴* түз сызыгы нерсе инерция боюнча бир калыпта жылып олтурган ыргытуу багытын көрсөтөт дейли (47-сүрөт). *A′*, *A″*, *A‴*



48-сүрөт. Ыргытуунун түрдүү бурчу астында атканда эң алыс кетүүнүн бурчу жана түрдүү траекториялар.

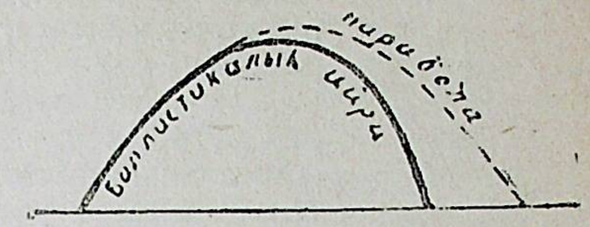
точкалары, нерсе инерция боюнча гана бир калыпта жылганда, убакыттын бирдей аралыктарында келе турган авалды көрсөтөр эле. *A′*, *A″*, *A‴*, *A⁗* точкаларынан эркин түшкөн кезде нерсе *A′*, *A″*, *A‴*, *A⁗* точкалары аркылуу жүргүзүлгөн вертикаль (тик



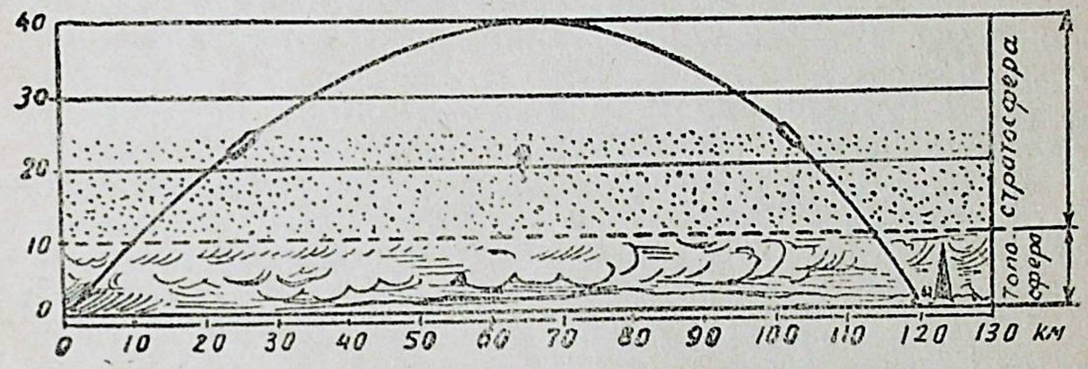
49-сүрөт.

сызык) боюнча түшөр эле жана убакыттын квадратына пропорциялуу болгон жолдорду өтөр эле. Жогорку учурдагы сыяктуу

талкуулоо аркылуу нерсенин татаал кыймылдагы авалын (*B,C,D*... точкаларын) табууга болот. Сызылган ийри сызык да парабола болот. Демек, *горизонтко жантык ыргытылган нерсе, парабола боюнча түшөт.* Ыргытуу точкасынан, ыргытуу точкасы аркылуу өтүп горизонталдык бетти парабола кескенге чейинки *AF* аралыгы *учуунун алыстыгы* деп аталат. Эсептеп чыгаргандын көрсөткөндөрүнө караганда, учуунун эң алыскысы горизонттун тегиздигине карата 45° болгон ыргытуу бурчунун увагында келип чыгат экен (48-сүрөт).



50-сүрөт. Баллистикалык ийри сызык.



51-сүрөт. Эң эле алыскы аралыкка атуучу замбиректин снарядынын траекториясы.

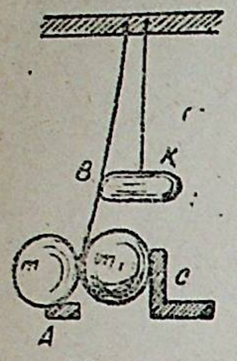
47. Баллистикалык ийри сызык. Кыймылдын жогоруда чечилген учуру мылтыктан жана замбиректен атканда кез келет. Бирок атканда аванын тоскоолдугун көңүлгө албай болбойт; анткени снаряддын учуу ылдамдыктары өтө чоң, катуу ылдамдануууда учуп бара жаткан нерсеге аванын кылган таасири өзгөчө белгилүү болуп калат.

Ава тоскоолдук кылуу аркасында снаряддын учуу ылдамдыгы кемий берет, иреттүү *A′*,*A″*,*A‴* точкалары бири-бирине жакындай беришет (47-сүрөт), чыныгы ийри сызык өзүнүн ылдыйлаган тармагында теориялык сызыктан тигирек болот. Ал баллистикалык ийри сызык деп аталат (50-сүрөт).

1918-жылы немецтер Парижди карай аткан кезде замбиректи горизонтко карата 65° бурчка жайлаштырышкан, мында снаряддын ылдамдыгы 1600 $\frac{м}{сек}$ ге жеткен. Снаряд өзүнүн чыккан тармагында стратосферага көтөрүлүп, аванын тыгыздыгы жердин үстүндөгүгө караганда бир кыйла кем болгон катмарларына кирген. Ошондуктан мындай бийиктикте снаряд боштукта сыяктуу учкан жана учуунун 120 *км* алыстыгын берген (51-сүрөт).

Ыргытылган нерселердин жолдорун эсептеп чыгарганда тынч

турган аванын тоскоолдугун гана эмес, жерге салыштырма кыймылда болгон аванын кыймылынын аракетин б. а. желдин аракетин да көңүлгө алуу керек.



52-сүрөт.

Нерсе типтик түшсө да же болбосо туш келген парабола боюнча ыргытылса да, бир горизонталдык деңгелден экинчисине түшүү убактысы бирдей болот.

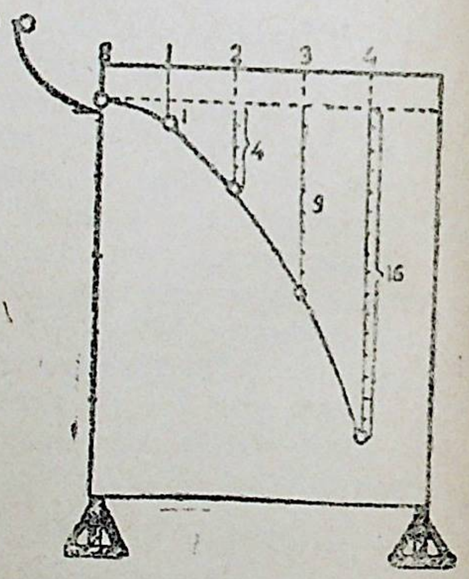
52-сүрөттө көрсөтүлгөн куралдын жардамы менен буга ишенүүгө болот. Бул куралда жогору жакка бекем кысылып коюлган металлдан жасалган B пластинкасы m_1 шарын ылдый түшүп кетүүдөн кармап турат жана тегиздиктин четинде жаткан m шарына тийип турат. Пластинкага K балкасы соккондо, пластинка m шарына горизонталь түрткү берет жана ошону менен бирге m_1 шарын эркин түшүрүп жиберет. Шарлардын экөө тең жерге бир маалда келип түшүшөт.

48. I-лабораториялык иш. **Горизонталь багытка ыргытылган нерсенин траекториясын табуу.**

Куралдар: 1) койгучка тигинен бекитилген тактай (52-сүрөт); 2) бир табак кагаз жана тактайга бекитүү үчүн кнопкалар; 3) 90° ка туура келгендей кылып айлананын жаасы боюнча ийилген аштоо; 4) аштоону тактайга бекитүү үчүн струбцинка; 5) шарча.

Иштин жүрүшү: 1. Кагазды кнопкалар менен тактайга бекитип койгула жана тактайдын жогорку бурчуна 53-сүрөттө көрсөтүлгөндөй кылып аштоону бурап бекиткиле;шарча тоголонуп түшүп кете турган аштоонун учун кагазга белгилеп койгула.

2. Шарчанын айлана боюнча тоголонуп түшүүгө түрткүсүз коё берип, бир нече жолу иштеп көрүп, аштоодон арырак жерден шарчанын жолунун кандай да болсо бир точкасын белгилеп алгыла. Бул үчүн тактай боюнча карандашты, шарча келип ага согулганга дейре жылдырууга болот.



53-сүрөт.

3. Кагазды тактайдан алып A точкасы аркылуу горизонталь жана вертикаль түз сызыктарды сызгыла. Шарчанын траекториясында белгиленген A точкасынан горизонталь түз сызыкка перпендикуляр түшүргүлө. Бул L_1, перпендикулярдын узундугу кыймылдардын кайсы кошулуусунун жолун көрсөтөт?

4. Жолдун узундугун билип, тиешелүү формула боюнча жолдун баштапкы белгиленген точкага дейре шарчанын түшүшүнүн убактысын эсептеп чыгаргыла.

5. Ошол эле убакыттын ичинде шарча горизонталь боюнча

кыймылдын экинчи кошулушунда канча L_2 жолду өттү? Бул кыймыл кандай?

6. Убакыттын табылган аралыгын бирдей болгон 4—6 бөлүккө бөлгүлө жана бул аралыктын ар бир бөлүгү үчүн кошулуучу кыймылдарда шарча горизонталь жана вертикаль (тик) боюнча өткөн жолдорду тапкыла.

7. Татаал кыймылда, убакыттын бирдей аралыктарынын аягында шарча өткөн точкаларды түзгүлө. Бул точкалар боюнча шарчанын траекториясынын ийри сызыгын сызгыла.

8. Карандашты траекториянын түрдүү точкаларына которуп жана ар бир жолу шарчаны 2-пунктта көрсөтүлгөндөй, аштоонун ошол эле точкасынан түрткүсүз тоголотуп жиберип, сызыктын туура сызылышын текшергиле.

9. Аштоонун башка точкаларынан тоголотулган шарчанын жолу үчүн ийри сызыктарды сызгыла.

8-көнүгүү.

1. Нерсе $v_0=245\ \frac{см}{сек}$ ылдамдык менен типтик өйдө ыргытылган. Өйдөлөөнүн убактысын жана бийиктигин, түшүүнүн убактысын жана акыркы ылдамдыкты тапкыла ($g=980$; аванын тоскоолдугу эсепке алынбайт).

Жообу: $\frac{1}{4}$ *сек.* 30 $\frac{5}{8}$ *см.*

2. Бир эле точкадан башталгыч ылдамдыгы С болгон эки нерсе типтик өйдө жана ылдый ыргытылган. Бул нерселердин аралыгы убакытка жараша кандайча өзгөрүлөт? *Жообу*: Убакытка түз пропорциялуу.

3. 24,5 $\frac{м}{сек}$, 49 $\frac{м}{сек}$, 61,25 $\frac{м}{сек}$. ге барабар горизонталь багыттуу ылдамдык алган материалдык точканын кыймылынын жолдорун бир чиймеге чийгиле.

4. Горизонтко караганда 30°, 45° жана 60° бурчта 49 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык алган материалдык точканын кыймылынын жолдорун бир чиймеге чийгиле.

5. Горизонталь коюлган мылтыктан, горизонталь боюнча 440 *м* аралыкта турган бутаны көздөй 880 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен ок атылып чыгат. Ок бутага тие турган жер горизонттон канчалык ылдый жатат. *Жообу*: ≈122 *см.*

6. Бийиктиги 120 *м* келген дөбөдө замбирек турат, бул замбиректен $v_0=1000\ \frac{м}{сек}$ ылдамдык менен горизонталь багытка снаряд атылып чыгат. Горизонталь боюнча эсептегенде, снаряд замбиректен канчалык алыс барып жерге түшөт?

Жообу: ≈5 *км.*

7. Самолёт 490 *м* бийиктикте $v=360\ \frac{км}{саат}$ ылдамдык менен горизонталь багытта учуп бара жатат. Самолёт A точкасынын үстүнөн учуп өткөн кезде, андан бомба ташталат. Бомба A ордунан канчалык алыс барып түшөт?

Жообу: 1000 *м.*

8. 360 *м* бийиктикте горизонталь багытта учуп бара жаткан самолёттон, ал A точкасынын үстүндө кезде, андан бомба ташталат, бул бомба A точкасынан 720 *м* алыс барып жерге түшөт. Самолёттун учуу ылдамдыгын тапкыла.

Жообу: 84 $\frac{м}{сек}$.

9. Бир поезддин узундугу 150 *м*, экинчисиники—100 *м*; поезддер карама-

каршы багытта жүрүп бара жатышат. Биринчисинин ылдамдыгы $v_1=16\ \frac{м}{сек}$, экинчисиники $v^2=20\ \frac{м}{сек}$. Биринчи поезд экинчи поезддин вагонунун терезеси алдынан канчалык увакытта өтөт жана экинчи поезд биринчи поезддин вагонунун терезеси алдынан канчалык увакытта өтөт? *Жообу*: 4,2 сек; 2,8 сек.

10. Аэростат 4,9 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен көтөрүлүп бара жатат. Жер үстүнөн 49 *м* бийиктиктен кум толтурулган мешок таштапат. Мешоктун кыймылын түшүндүргүлө жана кыймылдын ар бир түрү үчүн кыймылдын убактысын жана өтүлгөн жолун эсептеп чыгаргыла.

11. Горизонталь багыттагы замбиректен 500 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен ядро (тололок ок) атылып чыгат. Эгерде ушундай эле атуу Марста болсо, андагы тартылуу күчү жердеги тартылуу күчүнүн 0,4 үнө барабар болсо, көрүнүштө (ылдамдык, траектория, учуунун алыстыгы) эмне өзгөрүлөр эле?

12. 47-§ тагы (51-сүрөттө) көрсөтүлгөн тажрийбадагы түшүү суу ичинде болсо, шариктердин экөөнүн тең тез түшүшү үчүн бирдей убакыт керек болор беле?

13. Гранатаны бир орунда тике туруп „кулачтап" ыргытканда эмне үчүн манчаны ийинден эң жогору авалда көтөрүп ыргытуу керек?

Жогоруда айтылган учурдан башка учурда ыргытканда гранатанын ылдамдыгы, траекториясы жана учуунун алыстыгы кандайча өзгөрөт?

Гранатаны оң кол менен тез ыргыткан кезде, мылтык кармаган сол колду эмне үчүн солго жана арка жакка тартуу керек?

(Полковник Г. А. Калачёвдун „Душманды граната менен кыр" деген китебинен, Воениздат НКО, 1941).

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Күчтөрдүн аракеттеринин көз каранды эместик закону эмнеде?
2. Векторлорду кошуу эрежеси эмнеде?
3. Векторлорду ажыратуу эрежеси эмнеде?
4. Эмнелер берилгенде векторду эки түзүүчүлөргө ажыратуу маселеси анык болуп калат?
5. Векторлор эрежеси боюнча кайсы чондуктар кошулат жана ажыратылат?
6. Биптик өйдө ыргытылган нерсе кандай жылат?
7. Биптик өйдө ыргытылган нерсенин ылдамдануусу эмнеге барабар?
8. Биптик өйдө ыргытылган нерсенин өйдөлөө жана түшүү убактысы ортосундагы өз ара катыш аванын тоскоолдугу жок кезде, кандай болот?
9. Аванын тоскоолдугу жок кезде биптик өйдө ыргытуунун башталгыч ылдамдыгы менен түшүүнүн акыркы ылдамдыгы ортосунда кандай өз ара катыш бар?
10. Горизонталь ыргытылган нерсе кандай жолду түзөт?
11. Горизонтко энкейте ыргытылган нерсе кандай жолду түзөт?
12. Учуунун алыстыгы деп эмнени айтат жана ал эмнеге көз каранды болот?

АДАБИЯТ.

Перельман. Эрмек кылуучу физика. 1-бөлүк, „Кыймылдарды кошуу" 13—18-бет.

Внуков. Физика жана өлкөнү коргоо. 1-чыгышы. 1-бөлүм. Внуковдун редакциясында, Артиллерия.

4. Механикалык энергия.

49. Жумуш тууралу түшүнүк. Толуп жаткан механикалык кубулуштарды окуп үйрөнүү үчүн мындан мурунку киргизилген механикалык чондуктар жетишсиздик кылат. Ошондуктан

механикага ж у м у ш деген дагы бир жаңы чондук киргизилет.

Жумуш деген түшүнүк кишинин аракетинен алынат.

Жүктү өйдө көтөргөндө, көтөрүү жолунда күч жумшап, киши жумушту аткарат.

Киши устунду арааларайт, араа бир калыпта жүрүп олтурган кезде, ал жыгачтын булаларын кыйратуу үчүн зарыл болгон күчтү жумшайт жана арааны белгилүү бир аралыкка которгондо күч тиркелген точканы да которот.

Ар бир араачы—жумушчу өз жумушун жумшалган күчкө (катуу же жумшак жыгачты арааларайбы) жана которуу жолуна (устун жоон жана ичке болобу) жараша баалайт.

Күчтүн жана ошол күч аткаруучу нерсенин же болбосо нерсенин айрым бөлүктөрүнүн которулушунун бар болушу—жумуш аткаруунун зарыл шарттары болот.

Жумуштун түшүнүгү колдонулган башка учурларда биз бул белгилерди табабыз.

Физикада жумуштун түшүнүгү бир нерсени экинчиси менен ар кандай которууга келтирилет. Паровоз поездди аракетке келтирет; паравоздун тартуу күчү бир калыптагы кыймыл кезинде дөңгөлөктөр рельстерге сүрүлүүнү жана аванын тоскоолдугун жеңүү жумушун аткарат. Кандай да болсо бир аралыкта суу астындагы кеме, суу үстүндөгү кеме, ава кемеси аракетте болсо, анын машинасынын тартуу күчүн бир калыптагы кыймылда бул жолдо суунун же аванын, же болбосо булардын экөөнүн тең тоскоолдугун жеңип жана кеме өзүнө ээрчиткен ава жана суу массаларын бир орундан экинчи орунга которуштуруп жумуш аткарат.

Станоктордун жаруучу, кесүүчү, жонуучу, тешүүчү аспаптарын же болбосо жерди иштетүүчү куралдарды аракетке келтирүүчү бардык кыймылдаткычтардын тартуу күчү аркасында иштетилүүчү заттын тоскоолдугун жеңүүдөгү, анын бөлүктөрү арасындагы жармашуу күчүн жеңүүдөгү, бөлүкчөлөрдүн өздөрүн которуудагы жумушту аткарышат.

Жумуштун толуп жаткан учурларынын жок даражасындагы бөлүгүн түзгөн бул мисалдар, күч бир нерсени бир канча жерге которгон кезде гана жумуш аткарыла тургандыгын көрсөтүшөт.

Жумуш аткарылган бардык учурларда нерсе өз кыймылына тоскоолдук болгонун сезет, бул тоскоолдукту ага жумшалган күч жеңет.

Боштук ичиндеги нерсенин кыймылы буга кирбей турган-сып көрүнөр, бирок бул учурда да күч нерсенин инерциясы боюнча сактаган ылдамдыгын өзгөртөт жана нерсеге ылдамдануу өткөрөт.

Бардык учурларды жалпылап, *күчтүн жумушу нерсенин кыймылына болгон тоскоолдуктарды жеңүүдө болот,* деп айтууга болот.

Жумуштун физикалык түшүнүгү анын турмуштагы түшүнүгүнө туура келбейт.

Физикада нерсени күч которгон кездеги жумуш тууралу гана сөз болот.

Горизонталь стол үстүндө жаткан нерсеге аракет кылган оордук күчү жумуш аткарбайт. Тим турган кароолчу же болбосо бир кап жүктү ийнине салып көтөрүп тим турган жүк ташуучу жумушту аткарбайт, бирок алардын организмдеринин ичинде, булчуңдардын чыңалышы аркасында, заттардын күчтүү алмашуусу жана аны менен байланыштуу болгон жылуулукту сарп кылуу болуп турат. Демек физиологиялык мааниде жумуш аткарылат.

Мына ушинтип, жумуштун физикалык түшүнүгү менен физиологиялык түшүнүгүнүн ортосунда айырма бар.

50. Жумушту ченөө. Жумуш которулуу менен байланыштуу болгондуктан, жумушту которулууга пропорциялуу деп эсептөө өзүнөн өзү эле келип чыгат: кош жолдо ошол эле бир күч кош жумушту, үч жолдо—үч жумушту ж. б. аткарат.

Экинчи жагынан, ошол эле бир жолдо эки эсе көп күч кош жумушту, үч эсе көп күч—үч жумушту ж. б. аткарат.

Күчтүн багыты боюнча нерсенин которулуш жолуна күчтү көбөйткөндөгү көбөйтүндү менен ченелген чоңдук жумуш болот.

Эгерде күчтү F, жолду s жана жумушту *A* аркылуу белгилесек, анда:

$$A=Fs. \qquad \text{(VIIa)}$$

Нерсенин которулуу жолу күчтүн багытына туура келбеген учурлар да болууга мүмкүн. Мисалы, рельстердин жанынан жүргөн ат, рельстер боюнча жылып келе жаткан вагонетканын арканын тартат; жээкте бара жаткан кишилер тарткан аркандын жардамы менен кайык агын сууну бойлоп жүрүп олутурат; нерсенин салмагы нерсени горизонтко жантык тегиздик бойлото жылдырат. Бул учурлардын бардыгында кыймылдатуучу күчтүн багыты жана нерсенин которулуу багыты өз ара бурч түзүшөт.

Жалпы учурда *күчтү жолго жана алардын ортосундагы бурчтун косинусуна көбөйткөндөгү көбөйтүндү менен жумушту ченөө белгиленген.*

Эгерде күч менен жолдун багыттары ортосундагы бурчту α аркылуу белгилесек, анда:

$$A=Fs\cos\alpha \qquad \text{(VIIб)}$$

Эгерде кыймылдын багыты күчтүн багытына туура келсе, б. а. $\alpha=0$, $\cos\alpha=1$ болсо, жумуштун формуласы башта маалум болгон түрдү алат:

$$A=Fs.$$

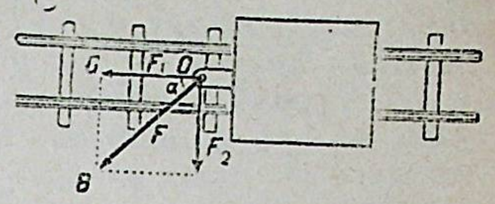
Жумуштун туюнтмасына $\cos\alpha$ көбөйтүүчүсүн киргизүүнүн кандай мааниси бар?

54-сүрөттө нерсеге жумшалган F күчү эки түзүүчүлөргө ажыратылган[1];биреөө F_1 жолду бойлоп багытталган, экинчиси F_2 жолго перпендикуляр болгон.

[1] Ылдамдыктын векторун ажыратууга окшош, күч параллелограм эрежеси боюнча кошулуучуларга ажыратылат. (Төмөнтөн 65-§ты карагыла.)

Нерсе жыла ала турган жолго перпендикуляр болгон күч бул жол боюнча аны кыймылдата албайт. Ошентип, жылдыруучу күч, кыймылдын багыты боюнча түзүүчү күч гана болот. Бирок *BOG*Δнан күч $F_1=F\cos\alpha$ га.

Ошондуктан жумуштун $A=Fs\cos\alpha$ деген формуласы, нерсеге жумшалган күч, нерсенин мүмкүндүк которулушу менен бурч түзсө, анда анын которуу жумушун күчтүн жол бойлоп багытталган түзүүчүсү гана аткарат деген ойду туюнтат.



54-сүрөт.

Мүмкүн болгон которулуштун багытына перпендикуляр болгон ар бир күч эгерде нерсе кандай да болсо башка себептен кыймылга келтирилген болсо да жумушту аткарбайт.

Чынында да $\alpha=90°$ болгондо, $\cos 90°=0$ жана $A=Fs\cdot 0=0$.

Жүк горизонталь тегиздик боюнча которулганда, анын салмагынын жумушу, жолго перпендикуляр күч болгондуктан нулга барабар болот.

Бул учурда жүктү которуудагы жумушту горизонталь багыттагы тартуу күчү иштейт.

Эгерде күч нерсенин мүмкүн болгон которулушу менен т а р б у р ч түзсө, анда ал нерсеге ылдамдануу өткөрөт; ал—к ы й м ы л д а т у у ч у күч болот. Тар бурчтун косинусу—оң болот, демек, жумуштун бардык туюнтмасы да (VIIб) оң болот. Жумушту, текшерип жаткан нерсе үстүнөн башка нерсе аткарат; ошондуктан, *кыймылдатуучу күчтүн нерсе үстүндөгү жумушу оң болот.*

Эгерде күч нерсенин которулушу менен к е ң бурч түзсө, анда күч жылып бара жаткан нерсенин ылдамдыгын кемитет; ал кыймылга т о с к о о л д у к болот. Кең бурчтун косинусу—терс; демек, жумуштун туюнтмасы да терс болот. Тоскоолдукту жылып бара жаткан нерсенин өзү жеңет. Бул учурда, өзүнүн жылышына тоскоолдук кылган нерселер үстүнөн ал нерсенин өзү жумуш аткарат. Ошондуктан *тоскоолдук күчүнүн жумушу—терс болот.*

51. Жумуштун бирдиктери. 1. *CGS* системасында жумуштун бирдигин белгилеп алуу үчүн $F=1$ дина, $s=1см$ деп алуу керек. Ошондо $A=1$ дина. $1\ см=1$ дина$\cdot\ см=1$эрг. *CGS* системасында жумуштун бирдиги *эрг*[1] деп аталат.

Күчтүн багыты боюнча 1 сантиметр жолдогу 1 *дина күчтүн жумушу эрг болот.*

1 эргдеги мындай жумушту, оордугу 1 миллиграмм чамасындагы бутакты 1 *см* бийиктикке которуп кумурска жасайт.

Дина $\frac{г\cdot см}{сек^2}$ атамасы ордуна жарагандыктан, эрг $\frac{г\cdot см}{сек^2}\cdot см$ же болбосо $\frac{г\cdot см^2}{сек^2}$ деген атама ордуна жарайт.

10 000 000 эрг, жумуштун д ж о у л ь[2] деп аталган эң жогорку бирдигин түзөт. 1000 джоуль бир килоджоулду түзөт.

Практикада, айрыкча электр ченөөлөрүндө, төмөнкү бирдиктер да колдонулат:

3 600 джоуль	*ватт-саат*[3]	деп аталат
360 000 „	*гектоватт-саат*	„
3 600 000 „	*киловатт-саат*	„

[1] Э р г о н—жумуш деген грек сөзүнөн алынган.
[2] Атактуу англиялык физик Джоулдун урматына.
[3] Атаманы тандоо жөнүндө 55-§ ты карагыла.

Техникада $F=1кГ$, $s=1$ *м* деп алынат, анда:

$$A=1кГ\cdot 1\ м=1кГм.$$

Күчтүн килограммометр (кГм) деп аталган техникалык бирдиги үчүн, күчтүн багыты боюнча 1 метр жолдогу 1 килограмм күчтүн жумушу алынат.

52. Түрдүү системадагы жумуштун бирдиктеринин арасындагы өз ара катыштар. Бир жагынан килограммометр, экинчи жагынан эрг жана джоуль арасындагы өз ара катышты белгилейли.

$1\ кГм=1\ кГ\cdot 1м=1\ 000\ Г\cdot 100\ см=1000\cdot 981$ дина $\cdot 100см=$
$=98\ 100\ 000$ дина $\cdot см=98\ 100\ 000$ эрг $=9{,}81$ джоуль.

1 килограммометр 9,81 джоулге, же 9,8 джоулге барабар (онунчу үлүштөргө чейинки тактык менен).

1 килоджоуль $=102\ кГм$;

53. Кубат. Түрдүү кыймылдаткычтар аткарган жумуштун чондугу, жумуштун уактысы маалум болбосо, бул кыймылдаткычтарга баа берүү үчүн жетишсиз болот. Мисалы, кандай да болсо бир учурда киши 135 000 *кГм* жумушту аткарды, автомобиль болсо, башка учурда бардыгы болуп 120 000 *кГм* жумуш аткарды деп биле алабыз. Бирок киши жалпы алганда автомобилге караганда көбүрөк жумушту аткарууга жарамдуу деген корутундуну мындан чыгарып болбойт. Түрдүү машиналардын жумушка жарамдуулугуна баа берүү үчүн уакыттын бирдей бөлүктөрү ичиндеги алардын жумушун эсептеп чыгаруу керек. Бул максат менен кубат деп аталган бөтөнчө чондук киргизилет.

1 секундада аткарылган жумуш менен ченеле турган чондук кубат болот.

Мурункудай эле жумушту A аркылуу, уакытты t аркылуу белгилеп, кубат үчүн N белгисин киргизсек, анда бул үч чондуктар, аныктоо боюнча өз ара төмөнкү катыш менен байланышкан болот:

$$\boxed{N=\frac{A}{t}.} \qquad (VIII)$$

54. Кубаттын бирдиктери. Жогорку формула, кабыл алынган эреже боюнча кубаттын бирдиктерин түрдүү системаларда белгилөөгө мүмкүндүк берет.

CGS системасында: $A=1$ эрг, $t=1$ сек. деп алсак, ошондо

$$N=\frac{1\ эрг}{1\ сек}=1\ \frac{эрг}{сек}.$$

Кубаттын бирдиги үчүн CGS системасында 1 эрг жумуш 1 секундада аткарылган кубат алынат.

Бул бирдик өтө кичине болот жана өтө аз колдонулат.

$A=1$ килоджоуль жана $t=1$ секунда деп алалы; ошондо:

$$N=\frac{к\,дж}{сек}=1\ \frac{кдж}{сек}=1\ квт.$$

Кубаттын бирдиги үчүн 1 кдж жумуш 1 секундада аткарылган кубат алынат жана бул бирдик киловатт деп аталат.

Киловаттын миңден бир үлүшү ватт[1] деп аталат.

100 ватт 1 гектоватты түзөт.

1 000 ватт 1 киловатты түзөт.

Техникада $A=1\ кГм$ жана $t=1$ сек. деп алынат, ошондо:

$$N=\frac{1\ кГм}{1\ сек}=1\ \frac{кГм}{сек}.$$

Кубаттын бул бирдиги ордуна, андан 75 эсе көп болгон жана аттын күчү[2] деп аталган бирдик колдонулат.

75 кГм келген жумуш 1 секундада аткарылгандагы кубат аттын күчү болот.

$$75\frac{кГм}{сек}=1\ а.к.$$

Аттын күчү менен ватт арасындагы өзара катыш:

$1\ а.к.=75\ \frac{кГм}{сек}=75\cdot 9{,}81\ \frac{дж}{сек}=736\ вт$ (1 ге чейинки аныктык менен) же болбосо:

$$1\ а.к.=0{,}736\ квт\ (\frac{3}{4}\text{ чамасында}).$$

Мындан $1\ квт=\frac{1а.к.}{0{,}736}=1{,}36\ а.к.$ (же 0,1 ге чейинки аныктык менен 1,4).

Мисалдар. 1. Кубат $N=1\ вт$ га барабар. $t=1$ саат убактагы жумушту тапкыла.

$$A=N\cdot t=1вт\cdot 3\ 600\ сек.=1\frac{дж}{сек}\cdot 3\ 600\ сек.=3\ 600\ дж=$$
$$=1\ вт\text{-}саат.$$

Кубаттуулугу 1 ватт кезинде 1 саат ичинде аткарылган жумуш 1 ватт-саат болот.

2. Кубат $N=1\ вт$ га барабар. $t=10$ саат ичиндеги жумушту тапкыла.

$$A=Nt;\ t=3\ 600\cdot 10\ сек.$$

$$A=1\ вт\cdot 36\ 000\ сек.=36\ 000\ \frac{дж}{сек}\cdot сек.=36\ 000\ дж.=$$

---

[1] Аты буу машинасын жетилткен атактуу Уатт (Watt) деген кишинин урматына арналган.

[2] Аттын күчү дегенибиз күч эмес кубат экенин жана кубат болгондо да аттын узак иштегендеги орточо кубаты эмес, андан эки эсе көбүрөөк экендигин эсте тутуу керек.

$$=\frac{36\,000}{3600}\ вт\text{-}саат=10\ вт\text{-}саат.$$

Жумушту ватт-сааттар менен эсептеп чыгаруу үчүн ваттар менен берилген кубатты сааттардын санына көбөйтсө, жетиштүү болору бул мисалдан көрүнөт.

3. Кубат 8 *гвт* барабар. $t=5$ саат убакыттагы жумушту тапкыла.

$$A=N\cdot t=8\ гвт\cdot 5\ саат=40\ гвт\text{-}саат.$$

4. Эгерде түшүүнүн бийиктиги же агындын чыңалуусу 6 *м* ге барабар болсо, суунун жумушка кеткени, б. а. 1 секундада агып өткөн суунун саны $5м^3$ (көлөмү) ге барабар болсо, суу агынынын кубатын эсептеп чыгаргыла.

Суунун салмагы $Q=Vd$, агындын чыңалуусу—Н.

$$\text{Кубаты } N=\frac{QH}{75}а.\ к.\quad N=\frac{5\cdot 1\,000\cdot 6}{75}=400\ а.\ к.$$

55. Энергия. Нерсенин жумуш кылган учурларын текшергенде, башка нерсе үстүндө жумуш аткаруучу нерсе өзүнүн механикалык авалында өзгөрүүлөргө учурашын көрөбүз. Мисалы, тактайды тешип өтүүчү ок, жыгачтын буласын талкалоо жана которуу жумушун аткаргандан кийин, кемиген ылдамдык менен тактайдан учуп чыгат. Тактай бир канча калың болгондо, ок анын бир аз гана жерин тешет. Демек, ок жумуштун белгилүү запасын ичине алган болуп, ал запасты тактайдын ичине өткөн жолунда түгөткөн болот.

Нерсе аткара ала турган жумуштун чондугу нерсенин энергиясы *деп аталат.*

Энергия—нерсенин жаңы сапаты болот, айрым алганда нерсенин массасынан же анын ылдамдыгынан башкача болот.

Башка нерсе менен өз ара аракет кылышканда, башка нерсе үстүнөн жумуш аткарылганда, нерсенин бул сапаты келип чыгат.

Аракеттеги ар бир нерсе башка нерсе менен өз ара аракеттенишкенде же нерселердин өздөрүн же алардын бөлүктөрүн которот ; б. а. жумушту аткарат. Мисалы, аванын жылган массасы—жел парустуу кемелерди жылдырып, жел установкаларынын канаттарын аракетке келтирип, жумушту аткарат; ылдамдыгы чоң болгон жел—бороон жыгачтарды түп-тамыры менен жулуп, үйдүн төбөлөрүн алып кетип, оор таштарды жылдырып, ойрондоочу которулуулар жасайт. Суу буусу—буу турбиналарынын калактарына чоң ылдамдык менен согулуп, аларды аракетке келтирет жана ошону менен кошо турбинанын роторлорунун бардыгын аракетке келтирет. Агын суулар же шаркыратмаларда аккан суу дөңгөлөктөрдү жана турбиналарды айландырат, ылдамдыгы чоң жана массасы көп болуп кетсе көпүрөлөрдү, курулуштарды агызып, жээктерди жеп кетип, ойрондоо аракеттерин жасайт. Ар кандай кыймылда болгон нерсе башка нерселерге тийгенде: кишинин колу менен ыргытылган союл,

мылтыктан атылган ок жана азыркы алыска атуучу замбиректердин снаряддары да жумушту аткарышат.

Жүрүп келе жаткан поезд тоскоолго согулганда келип чыккан эң чоң ойрондоо жумушу ар кимге маалум. Чоюн нерсе (копёрдин „бабасы“) өзүнүн буу дөшүсүнүн үстүнө түшкөндө, бир кесик металлды согуучу буу барсканы, пайдалуу жумушту аткарышат.

Жогоруда көрсөтүлгөн мисалдардын бардыгында нерселер кыймылдоо аркасында башка нерселер үстүндө жумушту аткарышат.

Ошондуктан кыймылда болгон нерселердин энергиясы, грекче к и н е о—жылдырамын деген сөздөн алынып, к и н е т и к а л ы к энергия деп аталат.

Нерсенин кыймылынын ылдамдыгы чоңойгон сайын, анын кинетикалык энергиясы чоңоёт. Бирок да энергиянын чондугу кыймылда болгон нерсенин массасына жараша болот. Ошол эле бир ок, башта чоң ылдамдык менен учканда жана аягында ылдамдык кемиген уакта, нерсеге түрдүүчө таасир кылат. Массасы түрдүү болгон эки барскан ошол эле бир ылдамдык менен түшүрүлгөндө, түрдүү жумушту аткарышат.

Ошентип, нерсенин кинетикалык энергиясын нерсенин массасы жана ылдамдыгы аркылуу туюндуруу деген милдет келип чыгат.

56. Кинетикалык энергиянын формуласы. Нерсеге туракту күч аракет кылган жана нерсе тоскоолсуз күчтүн багыты боюнча жыла алган учурду текшерели. Анда күчтүн аракети нерседе жалаң гана ылдамдануу жана бир калыпта ылдамдатылган кыймылды өткөрүүдө болот. Жолдун кандайда бир участкасынын башында тынчтык авалда болуп, участканын аягында t секундадан кийин ылдамдыгы v чондугуна дейре көбөйгөндө, аракетке келтирүүчү күчтүн жумушу эмнеге сарп кылынганын текшерели.

Ошондо бул участкада: ылдамдануу $a=\frac{v}{t}$; орточо ылдамдык $v_{орт}=\frac{v}{2}$ нерсе өткөн жол $s=\frac{v}{2}\cdot t$.

Эгерде нерсенин массасы m болсо, анда күч $F=ma=m\cdot\frac{v}{t}$ жана жумуш $A=Fs=m\frac{v}{t}\cdot\frac{v}{2}t=\frac{mv^2}{2}$; $Fs=\frac{mv^2}{2}$.

Ошентип, нерсени тынч турган авалдан v ылдамдыгына чейин жылдырууга кеткен күчтүн жумушу $\frac{mv^2}{2}$ чондугу менен туюнтулат. $\frac{mv^2}{2}$ т у ю н т м а с ы к и н е т и к а л ы к э н е р г и я н ы н $W(к)$ ө л ч ө м ү ү ч ү н а л ы н а т, о ш о н д у к т а н

$$\boxed{W^{(к)}=\frac{mv^2}{2}.} \qquad (IX)$$

Эгер күч аракет кыла баштаган учурда нерсе ошол эле көз ачып жумгуча тынч турган болсо, анда:

$$Fs=\frac{mv^2}{2}. \qquad (Xа)$$

Нерсенин кинетикалык энергиясы, күч нерсенин ылдамдыгын нулдан тартып акыркы чоңдукка чейин чоңойтуп, нерсе үстүндө аткарган жумушка барабар экендиги мында көрүнүп турат.

Өзүнүн жолунда каршылыкты учуратуучу нерсенин кыймылын карап көрөлү.

Эгерде кыймылдатуучу күч F ге барабар, тоскоолдук F_1 ге барабар болсо, анда кыймылдатуучу күч $F-F_1$ нин айырмасы болот деп бул көрүнүштү текшерүүгө болот; бирок бул $F-F_1$ күчү нерсени тоскоолдуксуз жылдырат. Ошондо буга жогорудагы тендемени колдонууга болот, атап айтканда:

$$(F-F_1)s=\frac{mv^2}{2},$$

мындан кашааларды ачканда жана мүчөлөр которулганда бул формула келип чыгат:

$$\boxed{Fs=F_1s+\frac{mv_2}{2}.} \qquad (Xб)$$

Fs баягыча эле толук кыймылдатуучу күчтүн жумушун көрсөтөт; F_1s болсо s жолундагы F_1 тоскоолдугун жеңүүдөгү жумуш болот. Ошондуктан жазылган барабардык төмөнкү өз ара катышты туюнтат:

Кыймылдатуучу күчтүн кандай да болсо бир жолдогу жумушу ошол жолдогу тоскоолдукту жеңүүдөгү жумушка жана нерсе алган кинетикалык энергиясынын кошулгандагысына барабар.

57. Нерсе кандайда болсо бир башталгыч ылдамдык менен жылган учур үчүн жумуш менен кинетикалык энергиянын арасындагы өз ара катышты чыгаруу. Эгер жолдун кандай да болсо бир участогунун башында нерсенин v_1 ылдамдыгы болуп, ал жолдун аягында t убакыт өткөндөн кийин v_1 ылдамдыгы болсо, анда бул участкадагы ылдамдануу $a=\frac{v_2-v_1}{t}$ жана орточо ылдамдык $v_{орт}=\frac{v_2+v_1}{2}$ болот; t убакыт ичинде нерсе орточо ылдамдык менен өткөн жол

$$s=\frac{v_2+v_1}{2}\cdot t$$ га барабар болот.

Массасы m болгон нерсеге аракет кылуучу күч $F=ma=m\frac{v_2-v_1}{t}$; болот; жумуш болсо

$$A=Fs=m\frac{v_2-v_1}{t}\cdot\frac{v_2+v_1}{2}\cdot t=\frac{m(v_2^2-v_1^2)}{2}=\frac{mv_2^2}{2}-\frac{mv_1^2}{2}.$$

Эгер кыймылга келтирүү күч F ке барабар болсо, ал эми кыймылга тоскоолдук F_1 ге барабар болсо, анда бул кубулушту кыймылга келтирүүчү күч $F-F_1$ айырмасына барабар болгон күч гана боло тургандай кылып текшерүүгө болот; бирок бул $F-F_1$ күчү нерсени тоскоолу жок кыймылга келтирет. Анда азыр гана чыгарылган тендемени ага колдонууга болот, атап айтканда:

$$(F-F_1)s=\frac{mv_2^2}{2}-\frac{mv_1^2}{2}.$$

Кашааларды ачып жана мүчөлөрүн которуштурсак төмөндөгү келип чыгат:

$$\boxed{Fs=F_1s+\frac{mv_2^2}{2}-\frac{mv_1^2}{2}.} \qquad (Xв)$$

Fs мурункудай эле аракетке келтирүүчү күчтүн толук жумушун көрсөтөт; F_1s болсо s жолундагы тоскоолдукту жеңүүгө кеткен жумуш болот; ошондуктан келип чыккан барабардык төмөнкү өз ара катышты көрсөтөт:

Кыймылдатуучу күчтүн кандай да болсо бир жолдогу жумушу бул жолдогу тоскоолдукту жеңүүдөгү жумушка нерсенин кинетикалык энергиясынын өзгөрүлүшүнүн кошулгандагысына барабар.

Акыркы формула бир топ айрым учурларды ичине алат. Бул учурларды андан чыгаруу мүмкүн.

1. Эгерде $F_1=F$ болсо, анда $0=\frac{mv_2^2}{2}-\frac{mv_1^2}{2}$; $v_2^2=v_1^2$ жана $v_2=v_1$

Кыймылга келтирүүчү күч тоскоолдукка барабар болсо, анда нерсе туруктуу ылдамдык менен жылат жана нерсенин кинетикалык энергиясы өзгөрүлбөйт. Бул учурда кыймылга келтирүүчү күчтүн жана тоскоолдуктун тең таасир кылуучусу нулга барабар болот; демек, бул нерсе инерция боюнча жылат дегенге жатат.

Паровоз бир калыпта иштегенде поезддин түз сызыктуу горизонталдык жолдун участкасындагы кыймылы буга мисал боло алат. Белгилүү ылдамдыкка жеткенде паровоздун тартуу күчү тоскоолдуктардын (сүрүлүүнүн, аванын тоскоолдугунун) күчтөрүнө барабар болуп калат. Поезд инерция боюнча бир калыпта жүрөт, анын кинетикалык энергиясы өзгөрбөстөн кала берет.

2. Эгерде $F_1 > F$ болсо, анда $F - F_1$ айырмасы терс болот; ошондо $\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$ айырмасы да терс болууга тийиш, б. а. v_2 ден v_1 кичине болуп калат.

Эгер нерсе жылып бара жаткан кезде, аракет кылдыруучу күчтөн чоңураак болуп кеткен тоскоолдукка кезиксе, (мисалы, поезд өргө чыккан кез) анда нерсе акырындап жылат жана анын кинетикалык энергиясы кемийт.

Нерсенин кинетикалык энергиясынын кемиши, аракет кылдыруучу күчтөн артыкча тоскоолдукту жеңүү жумушуна кетет. Бул кинетикалык энергиянын кемиши тоскоолдуктун күчү, кайрадан жылдыруучу (аракет кылдыруучу) күчкө барабар болгонго чейин созула берет. Паровоздун поездди тартыш (сүйрөш) күчү, ошондой эле болгондо деле поезд энкейишти көздөй, горизонталь боюнча жүргөндөгүгө караганда акырыныраак жүрөт.

3. Эгерде күч $F=0$ болсо, б. а. нерсе ылдамдыкты алып, андан ары аракет кылдыруучу күч жок эле жыла берсе, мисалы, ыргытылган нерсе сыяктуу, анда $0 = F_1 s + \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$ болот, мындан: $F_1 s = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}$.

Ылдамдык $v_2 < v_1$, $\frac{mv_2^2}{2} < \frac{mv_1^2}{2}$; *демек, кайсы бир жолдогу тоскоолдукту жеңүүгө кеткен жумуш ошол жолдогу нерсенин кинетикалык энергиясынын кемишине барабар болот.*

Эгерде паровоздун машинасына буу жиберүүнү токтотуп койсо, анда поезд такыр эле токтоп калбастан, өзүндө болгон кинетикалык энергиянын запасынын бар болушунун аркасында, өзүнүн кыймылына болгон тоскоолдуктарды жеңип бир нече увакыт жүрө берет.

4. Эгерде акыркы учурда нерсе токтосо, б. а. $v_2 = 0$ болсо, анда $F_1 s = \frac{mv_1^2}{2}$ болот, мындан:

Жылып бара жаткан нерсенин кинетикалык энергиясы, жылып бара жаткан нерсе өзүнүн токтогонунча аткара турган тоскоолдукту жеңүүдөгү жумушка барабар.

Эң жөнөкөй эсептеп чыгарууларга формулаларды колдонолу.

Мисалдар. 1. Салмагы 20 $Г$ келген ок мылтыктын оозунан 600 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен учуп чыгат. Анын кинетикалык

энергиясын тапкыла. Эсептеп чыгарууну CGS системасынын бирдиктеринде иштегиле.

Эгерде октун салмагы $P = 20$ $Г$ болсо, анын массасы $m = 20$ $г$ болот; ылдамдыгы $v = 60\,000 \frac{см}{сек}$ болот, $W^{(к)} = \frac{mv^2}{2} = \frac{20г \cdot 60\,000 \frac{см^2}{сек^2}}{2} =$

$= 36\,000\,000\,000 \frac{г \cdot см^2}{сек^2} = 36 \cdot 10^9$ эрг.

$W^{(к)} = 36 \cdot 10^2$ джоулга;

$W^{(к)} = \frac{3\,600}{9{,}81} = 367$ *кГм.*

2. Салмагы 20 $Г$ келген ок 400 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен учуп, калыңдыгы 20 *см* келген устунга тиет жана бул устундан 100 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен чыгып кетет. Устундун тоскоолдугун тапкыла.

CGS системасынын бирдиктеринде чыгарабыз:

$m = 20$ $г$; $v_1 = 40\,000 \frac{см}{сек}$; $v_2 = 10000 \frac{см}{сек}$; $s = 20$ *см*; $F = 0$;

$$F_1 = x;\ F_1 s = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2};\ F_1 = \frac{m}{2s}\left(v_1^2 - v_2^2\right);$$

$$x = \frac{20\ г}{2 \cdot 20см} \cdot \left(4^2 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^8\right) \frac{см^2}{сек^2} = \frac{20 \cdot 15 \cdot 10^8}{2 \cdot 20} \frac{с \cdot см^2}{см \cdot сек^2} =$$

$= 7{,}5 \cdot 10^8 \frac{г \cdot см}{сек^2} = 75 \cdot 10^7$ дина; $x = \frac{75 \cdot 10^7}{981} Г = \frac{75 \cdot 10^4}{981}$ *кГ* ≈ 764 *кГ.*

3. Эгерде ава агымынын кесилиши же болбосо шамал кыймылдаткычтын канаттарына агып тийген аянты 10 $м^2$ ге барабар, шамалдын ылдамдыгы 10 $\frac{м}{сек}$ ге барабар болсо, ава агымынын кубатын эсептеп чыгаргыла.

Ава агымынын кесилиш аянтын S, ылдамдыгын v, салыштырма салмагын d аркылуу белгилейли.

Бир секундада өткөн ава агымынын көлөмү Sv

" " " " " салмагы Svd.

" " " " " массасы $\frac{Svd}{g}$ ге барабар.

$\frac{mv^2}{2}$ формуласы боюнча эсептелип чыгарылуучу кинетикалык энергия $W^{(к)} = \frac{Sv^3 d}{2g}$ болот.

Кубаты ат күчү менен алганда $N = \frac{Sv^3 d}{2 \cdot 75 g}$ га барабар болот

$d = 1{,}3 \frac{кГ}{м^3}$ болгондуктан, $g = 9{,}8 \frac{м}{сек^2}$ анда $\frac{1{,}3}{2 \cdot 75 \cdot 9{,}8}$ көбөйтүүчүнү түбөлүккө эсептеп чыгарууга болот; аны болжолдоп алганда,

0,0009 га барабар. Ошондо ава агымынын кубатын төмөнкү формула менен туюндурууга болот:

$$N=0,\ 0009\ Sv^3\ а.\ к.$$

9-көнүгүү.

1. 100 *кГ* келген күчтүн 10 *м* жолдогу жумушун эсептеп чыгаргыла.
2. Эгерде жонгуч станоктун кескичи 12 *см* ге жылганда 180 *кГм* жумушту аткара турган болсо, ага жумшалган күчтү тапкыла. *Жообу*: 1500*кГ*.
3. Эгерде кубаты 24 *а. к.* болгон автомобиль 1 саатта 36 *км* өтсө, анын моторунун кыймылдатуучу күчү эмнеге барабар? *Жообу*: 180 *кГ*.
4. Эгерде 100 *кГ* жүктү көтөргүч машина 27 *м* бийиктикке 3 минутада көтөрсө анын кубаты кандай болот? *Жообу*: 2 *а. к.*
5. Массасы 500 *кг* келген тынч жаткан нерсеге күч аракет кылып, аны бир калыпта ылдамдатылган кыймыл менен 4 секундада 64 *м* жерге жылдырган. Күчтүн жумушун тапкыла. *Жообу*: 256000 джоуль.
6. Пулемёт огунун массасы 10 *г*; стволунун узундугу 80 *см*; октун атылып чыгуу ылдамдыгы 880 $\frac{м}{сек}$. Кыймылын бир калыпта ылдамдатылган деп эсептеп, жылдыруучу күчтү жана анын жумушун тапкыла.

Жообу: 484·10⁶ дина; 3872·10⁷ эрг.

7. Массасы 20 *г* болуп 500 $\frac{см}{сек}$ ылдамдык менен учкан нерсенин кинетикалык энергиясын тапкыла.

Жообу: 25·10⁵ эрг.

8. Салмагы 19,6 *кГ* келип, 20$\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен жылган нерсенин кинетикалык энергиясын тапкыла. *Жообу*: 400 *кГм*.

9. Салмагы 196 *кГ* болуп 1000 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен учкан снаряддын (деңиз замбирегинин снарядынын ылдамдыгы) кинетикалык энергиясын техникалык бирдиктерде эсептеп чыгаргыла. *Жообу*: 10⁷ *кГм*.
10. 96 *кГ* келген жүктү бир калыпта 5 *м* бийиктикке көтөрүш үчүн кандай жумушту сарп кылуу керек?
11. Салмагы 1000 *кГ* келген нерсе 15 *м* бийиктиктен түшкөн кезде, оордук күчү кандай жумушту аткарат?
12. Ылдамдыгы 1 саатта 6 *км* болуп, күчтөнүшү 45 *кГ* болгон кезде, ат, 4 саат ичинде кандай жумушту аткара алат?
13. Буу машинасы салмагы 400 *кГ* келген барсканды 90 *см* бийиктикке көтөрөт. Ал 54 000 *кГм* жумушту аткаруу үчүн барсканды нече жолу көтөрөт?
14. 1 минутада 18 *м*³ суу түшөт. Эгерде анын кубаты 30 *а. к.* барабар болсо, ал кандай бийиктиктен түшөт? *Жообу:* 7,5 *м*.
15. Жер айдоочу сокону трактор 1,2$\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен тартат, сокого кеткен кубат 24 *а. к.* барабар болсо, соко жеңген топурактын тоскоолдугун аныктагыла. *Жообу:* 1500 *кГ*.
16. Дирижабль 15$\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен учат. Эгерде аваны жеңүү үчүн кете турган кубат 168 *а. к.* барабар болсо, аванын тоскоолдугун аныктагыла. *Жообу:* 840 *кГ*.
17. Копёрдин токмогунун салмагы 375 *кГ*, ал 1 минутада 1,6 *м* жерге 12 жолу көтөрүлөт. Эгерде ар бир жумушчунун кубаты 0,1 *а. к.* барабар болсо, бул жумушту аткаруу үчүн канча жумушчуну коюу керек? *Жообу:* 16 киши.
18. Салмагы 70 *кГ* келген киши 3$\frac{м}{сек}$ туруктуу ылдамдык менен чуркап

тоого чыгып бара жатат. Жолдун өрдөшү ар бир 100 *м* жолго 20 *м* ге барабар келет. Чуркап бара жаткан кишинин кубатын аныктагыла.

Жообу: 0,56 *а. к.*

19. Массасы 800 *г* келген балка, 3$\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен жылып мыкты урат жана аны тактайга 6 *мм* терендикке киргизет. Балка менен мык бири-бирине тийишкен кездеги, алардын ортосундагы орточо күчүн тапкыла.

Жообу: 61,2 *кГ*.

20. Салмагы 19,6 *кГ* келген снаряд 700$\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен учуп, үйүлгөн топуракка келип тийгенде, 1,6 *м* терендикке өтүп кетет. Топуректын тоскоолдугун тапкыла.

Жообу:≈306 200 *кГ*.

58. Потенциялык энергия. Башка нерселер үстүндөгү жумушту кыймылга келген нерсе гана иштебейт. Жердин үстүнөн көтөрүлгөн ар кандай нерсе, жерге кайта түшүү мүмкүндүгүн алар замат жумуш жасай алат. Ошондуктан жердин үстүнөн көтөрүлгөн нерседе да энергия бар. Бирок анын энергиясы кыймылга эмес, жердин үстүнөн көтөрүлгөн а в а л ы н а көз каранды болот.

Авалдын бул энергиясы эсебинен нерсе ылдый түшкөндө гана жумуш жасай алат. Жердин үстүндө көтөрүлүп турганда нерсе тынч авалда болгон кезинде, ал жумуш жасоо мүмкүндүгүнө гана ээ, бирок жумуштун өзүн жасабайт. Жердин үстүндө көтөрүлгөн нерсенин энергиясы, кыймылга келген нерсенин кинетикалык энергиясынан айырмаланып, п о т е н ц и я л ы к[1] энергия деп аталып кеткен. Жердин үстүнө көтөрүлгөн нерсени өйдө көтөрүү үчүн кандайда болсо башка нерсе (мисалы киши, жел ж. б.) оордук күчүнө каршы көтөрүү жумушун иштегендиктен, ал нерсе потенциялык энергиянын бир кыйла запасын алат.

Мисалы, копёрдин өйдө көтөрүлгөн токмогунун потенциялык энергиясы, ошол токмокту көтөрүүгө сарп кылынган жумуштун өлчөмүндө болот. Байламта алдындагы суу, тоо көлү, булут саландап турган зоо, жалпы алганда оордук күчүнүн аракети астында төмөнкү деңгээлге кулап кете турган бардык нерселер потенциялык энергияга ээ болушат. Буулган суу бийиктиктен түшкөндө, эң чоң жумушту аткарганын билебиз (гидростанцияда).

Жердин үстүнө H бийиктигине көтөрүлгөн нерсенин потенциялык энергиясынын чени—нерсени жердин үстүндө ошол бийиктикке көтөрүү үчүн сарп кылуу керек болгон жумуш болуп саналат. Эгер нерсенин салмагы P ге барабар болсо, анда аны H жолунда бир калыпта көтөрүү үчүн салмакты тең салмакка келтире турган P күчүн типтик өйдө үзгүлтүксүз жумшоо керек...

Анда өйдө көтөрүү жумушу $A=PH$. Бул жумуш $W^{(p)}$ потенциялык энергияны ченейт.

Мындан: $\boxed{W^{(p)}=pH}$ же $\boxed{W^{(p)}=mgH}$ (XI)

[1] Атама латынче „потенция“ деген сөздөн алынган, бул „мүмкүнчүлүк“ дегенге жатат.

Кинетикалык жана потенциялык энергиялардын формулаларын чыгаруу *жумуш үчүн кандай бирдиктер белгиленген болсо, энергия да ошол бирдиктерде ченеле турганын көрсөтөт.*

Бирок, потенциялык энергия нерсени жердин бетинен алыстаткан кезде гана пайда болбойт. Өйдөдөн түшүп келе жаткан нерсе, резина топ же болбосо пил сөөгүнөн жасалган шар деп элестейли. Коюлган нерсеге келип урунганда нерсенин ылдамдыгы нулга айланат жана анын кинетикалык энергиясы да нулга айланат; топ же шар кирпик каккыча өйдө секирип кетерин жана кинетикалык энергияга жаңыдан ээ болорун билебиз. Токтогон учурда кинетикалык энергия потенциялык энергияга өтүп кетет. Нерселер койгучка келип урунган учурда эмне болот? Резинанын, аванын, пил сөөгүнүн бөлүкчөлөрү өз ара жакындашып которулушуп жана нерселер өз формаларын өзгөртүштү. Молекулаларды жакындаткан кезде, молекулалардын ортосундагы өз ара аракеттештик түртүү формасында болуп пайда боло баштайт (бир нерселерде көбүрөк, экинчилеринде азырак). Нерселердин ичинде, тышкы аракет токтолгондон кийин, бузулган формасын же көлөмүн калыбына келтирүүгө жарамдуу күчтөр пайда болот жана алар серпилгичтик күчтөр деп аталат. Келип түшкөн нерсенин кинетикалык энергиясы серпилгичтик күчтөрүн жеңүүгө сарп кылынат жана нерсенин бөлүкчөлөрү которулуу аркасында нерсенин серпилгичтик деформациясынын потенциялык энергиясына айланат[1].

Тышкы аракет алынып ташталганда, молекулалар ортосундагы түртүүчү күчтөр молекулаларды жылдырышат, нерсе өз формасын калыбына келтирет жана койгучтан ыргып кетет; серпилгичтик деформациясынын энергиясы болсо, жаңыдан кинетикалык энергияга өтүп кетет.

Трамвай жана темир жол поезддеринин ава тормоздорунда, ава почтасында, торпеда ыргытуучу аппараттарда ава кысылуу аркасында, б. а. анын молекулалары которулуу аркасында, потенциялык энергияны алат.

Бир нече атмосферанын басымы астында жаткан казандагы суу буусу, буу машинасынын поршени астына жиберилгенде, өзүнүн потенциялык энергиясы менен жумушту аткара баштайт. Ушундай потенциялык энергия, кысылган катуу нерселерде же болбосо созулган серпилгич нерселерде да бар, мисалы: саат пружиналарында, пружиналуу рессораларда, буферлерде созулган резина ж. б. бар.

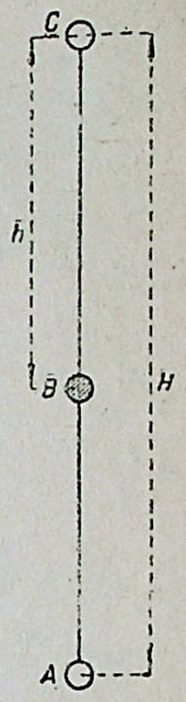
Демек, *өз ара аракеттештикте болгон нерсенин же нерсенин бөлүкчөлөрүнүн салыштырмалуу авалына көз каранды болгон энергия потенциялык энергия деп айтылат.*

Потенциялык энергияны чындыгында дайыма, жок дегенде эки нерсе ээлегендигин эсте кармоо керек, мисалы көтөрүлгөн

[1] Идеалдык серпилгич нерселерде болот, чыныгы нерселерде кинетикалык энергиянын бир бөлүгү жылуулукка айланат.

таш жана жер, бирок мында көтөрүлгөн таштын жерге салыштыргандагы потенциялык энергиясы тууралу шарт менен гана айтууга болот.

59. Энергиянын сакталуу закону. Күчтүн жумушу сан жагынан нерсенин кинетикалык же потенциялык энергиясынын өзгөрүшүнө барабар экенин көрдүк. Механикалык кубулуштарда энергиянын бул же тигил түрлөрү ортосундагы салыштырма тууралу маселени алдыга коюуга болот.



55-сүрөт.

Массасы m болгон нерсени H бийиктигине көтөрүү үчүн (55-сүрөт), $F=mg$ күчүн жумшоо керек жана анын салмагын жеңүүгө $A=mgH$ жумушту сарп кылуу керек. Ошондо жогорку C чекити үчүн потенциялык энергия $Wc^{(p)}=mgH$ болот; кинетикалык энергия $Wc^{(к)}=0$ болот; толук энергия потенциялык жана кинетикалык энергиялардын суммасына барабар болот, б. а. $Wc=mgH$. Нерсе C чекитинен A чекитине эркин түшкөндө, анын A чекитиндеги ылдамдыгы $v^2=2gH$ болот жана кинетикалык энергиясы:

$$W_A{}^{(к)}=\frac{mv^2}{2}=\frac{2mgH}{2}=mgH \text{ болот.}$$

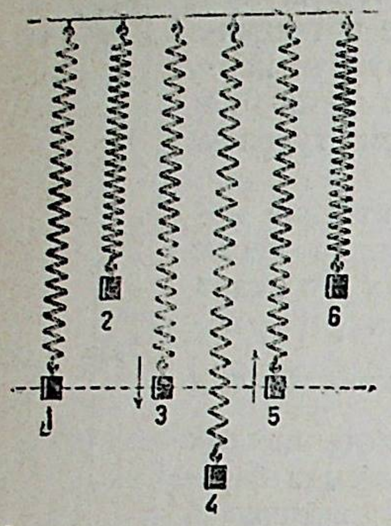
Жерге урунуп турган нерсенин потенциялык энергиясы 0 ге барабар; толук энергия баягыча эле $W_A=mgH$ га барабар болот.

Түшүүнүн жолундагы туш келген точка үчүн, мисалы жерден $H-h$ бийиктигиндеги B точкасы үчүн, потенциялык энергия $W_B{}^{(p)}=mg\ (H-h)$ ка барабар болот, кинетикалык энергия $W_B{}^{(к)}=\frac{mv^2}{2}$ ка барабар болот, анткени нерсе C точкасынан B точкасына дейре h жолун өттү жана $v^2=2gh$ ылдамдыгын алды, ошондо $W_B{}^{(p)}=\frac{m\cdot 2gh}{2}=mgh$ болот. Толук энергия төмөнкүгө барабар $W_B=mgh+mg\ (H-h)=mgh+mgH-mgh=mgH$.

Мындан төмөнкү корутунду чыгат: *нерсе типтик өйдө учканда же нерсе эркин түшкөндө кинетикалык энергия потенциялык энергияга жана тескерисинче тең өлчөмдө өтүшөт, ошондуктан нерсенин ичинде энергиянын жалпы өлчөмү өзгөрүлбөй кала берет.*

Эгерде түшүүчү нерсе толук серпилгич болсо, ал кайсы бир бийиктиктен жерге түшкөндө секирип кетер эле (жерден кагылып кетер эле); анын кинетикалык энергиясы кайтадан потенциялык энергияга өтө баштар эле жана тоскоолдук жок болгондо нерсе ошол эле бийиктикке көтөрүлөр эле, анан бардык көрүнүш башынан кайталай берер эле.

Ошентип, вертикаль түшкөн жана секирген идеалдык серпилгич топтун энергиясы кинетикалык формадан потенциялыкка жана тескерисинче өтүп тура берер эле.



56-сүрөт. Серпилгич пружина терметилген кезде потенциялык энергиянын кинетикалык энергия болуп кетиши жана ошонун тескериси.

Чындыгында нерсенин толук серпилгич эместиги жана аванын тоскоолдугу нерсенин кыймылынын бара-бара акырындашына жана аягында нерсенин токтошуна себепкер болуп эсептелишет.

Потенциялык энергиянын кинетикалыкка жана тескерисинче өтүшүн төмөнкү тажрийбадан байкоого болот. Спираль пружинага бекитилген жүк, пружина деформация болгондон кийин бир авалды алат, ал 56-сүрөттө 1-номери менен көрсөтүлгөн.

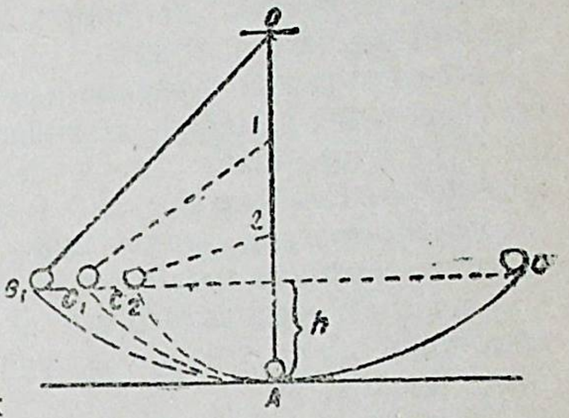
Жүктү 2-авалга көтөрүүгө жумушту сарп кылып, ага кошумча потенциялык энергиянын запасын өткөрүүгө болот. Колдон бошотуп жиберилген жүк экинчи авалдан ылдый түшүп кетет жана 3-авалда потенциялык энергиянын бардык запасы кинетикалык энергияга өтөт. Инерция аркасында жүк 3-авалда токтолуп калбайт жана андан ары карай өзүнүн кинетикалык энергиясын пружинаны деформациялоого жана демек, потенциялык энергияны түзүүгө сарп кылып, 4-авалга барат.

4-авалда жүктүн кинетикалык энергиясы түгөнгөн болуп, потенциялык энергиянын запасы эң чоң мааниге жеткен болот. Анын эсебинен, көрүнүштүн бардык жүрүшү кайталанат.

Энергиянын өз ара өтүшүнүн бул сыяктуу мисалы болуп маятниктин термелиши кызмат кыла алат.

Маятник тең салмактуулук A авалынан B точкасына жана h бийиктигине көтөрүлгөндө (57-сүрөт), ага потенциялык энергиянын запасы mgh өткөрүлөт; маятник тынч турган B точкасында кинетикалык энергия 0 га барабар болуп, толук энергия болсо mgh га барабар болот. Маятник $\smile BA$ боюнча термелүүгө өткөн кезде, анын ылдамдыгы көбөйөт, демек, кинетикалык энергия өсөт, потенциялык энергия болсо кемийт. A точкасында потенциялык энергиянын бардык запасы нулга айланат, анын ордуна кинетикалык энергия ошол эле mgh маанисине барып жетет (ылдамдык $v^2_A = 2gh$). Термелүүнүн экинчи жарымында кинетикалык энергия потенциялык энергиянын өсүшүнө сарп кылынат жана маятникти оң жакка h бийиктигине көтөрүлгөндөй сол жакка да көтөрөт. Андан кийинки көрүнүш ошол эле тартипте кайталанат. Эгерде энергия аванын зыяндуу тоскоолдуктарына жана тирелген точкасындагы сүрүлүүнү жеңүүгө сарп кылынбаса, термелүү түбөлүккө созула берер эле. Анда термелүү өчпөс деп аталар эле. Чындыгында да энергия тоскоолдуктарды жеңүүгө сарп кылынгандыктан, термелүүлөр акырындап кичирее баштайт; кыймыл токтоп калат—мындай термелүү өчүүчү деп аталат.

OA вертикалынын кайсы жерине болсо да, мисалы 1-же болбосо 2-точкага мык кагылса, анда B точкасынан термелген маятник $\smile AC_1$ боюнча же $\smile AC_2$ боюнча барып, тең салмактуулук абалынан ошол эле бир h бийиктигине ар бир жолу көтөрүлөт, A точкасынан өткөн учурга дейре жыйналган кинетикалык энергия, чоңдук жагынан ошондой эле болгон потенциялык энергияга өтө алат жана демек, бардык учурларда маятник ошол эле бир бийиктикке көтөрүлө алат.



57-сүрөт. Маятниктин термелүүсүндө энергиянын кайрадан түзүлүшү.

Байкоолордун көрсөтүүсүнө караганда, планеталар Күндүн айланасында эллипс боюнча айланышат жана алардын ылдамдыктары Күнгө жакын точкаларда өтө чоң болуп, алыскы точкаларда—эң аз болот (180-сүрөт). P точкасынан өткөнгө дейре жыйналган кинетикалык энергия PA жолунда (эллипстин жогорку бөлүгү) кемий берет, анын ордуна Күн ортосундагы аралык чоңоюу аркасында да потенциялык энергия көбөйө берет. AP жолунда (төмөнкү бөлүк) потенциялык энергия кинетикалыкка айланып, кемий берет: P точкасында эң чоң энергия—кинетикалык, эң кичинеси—потенциялык болот; A точкасында мунун тескерисинче болот; планеталардын кыймылы энергиянын кайта өтүшү жагынан алганда, маятникке окшош.

Жаратылыштагы кубулуштардын жүрүшүн окуп үйрөнгөн кезде энергиянын айланышынын жана сакталышынын жалпы закону чыгарылган болучу:

Жаратылыштын бардык кубулуштарында энергия жаралбайт жана жоголбойт, бирок тең өлчөмдө бир түрдөн экинчиге же болбосо бир нерседен экинчисине өтөт.

Энергиянын бир формадан экинчисине өтүшүнөн техникада дайыма пайдаланышат. Жумушчулар өз энергияларын потенциялык энергияга айландырып, копёрдин чоюн токмогун бийиктикке акырын көтөрүшөт; анан барып бул потенциялык энергия, түшүп бара жаткан токмоктун кинетикалык энергиясына айланат, бул энергия болсо топурактын тоскоолдугун жеңүүгө жана казыкты жерге киргизүүгө сарп кылынат. Аягында барып, казыкты жерге киргизүү жумушчулардын энергиясынан болот, бирок мында төмөнкү айырма бар: казыкты копёрдин жардамы менен урганда акырындык менен жыйылган энергия эң кыска

срокто сарп кылынат жана андан тоскоолдукту жеңүүчү чоң күч келип чыгат; мындай күчтү жумушчулар өздөрүнүн бардык бул-чун күчтөрүн казыктын өзүнө тике жумшаганда бере алышпайт.

Саатты бураганда энергияны сарп кылуу тескери карай болот. Сааттын механизмин буроочу киши сааттын пружинасына потенциялык энергияны өткөрүү жумушун кыска убакыттын ичинде аткарат. Бул потенциялык энергия сүрүлүүнү жеңүүгө жана механизмге кинетикалык энергияны өткөрүүгө сарп кылынат жана бул потенциялык энергия механизмдин түзүлүшүнө карап, бир сутка же бир жума ичинде расход кылынат. Ушул сыяктуу ава тормозунда аваны кысуу жумушуна келип чыккан потенциялык энергия, тормоздун жумушуна бир нече саат боюнча расход кылынат.

Механикалык энергиянын сакталуу закону, жаратылыштын бул же тигил кубулуштарында энергиянын кандай болсо да кайра түзүлүшү болуп турса дагы, энергиянын сакталышынын жана айланышынын жалпы законунун айрым учуру болот.

Механикалык энергиянын башка формаларга өтүшү менен курстун мындан аркы бөлүмдөрүндө таанышабыз. Жогоруда айтылган закон, жаратылыштын бардык кубулуштарында энергиянын айланыш жана сакталыш закону катарында, эң эле кеңири маанияге ээ болду.

Илимдин тарихында энергиянын сакталуу законун, чет өлкөлөрдөгү окумуштуулардан 100 жылга алдыга өтүп кеткен орустун гений окумуштуусу М. В. Ломоносов биринчи жолу айткан.

10-көнүгүү.

1. 1 *кГ* күч 10 *м* жерге чейин нерсеге таасир кылат. Эгерде тоскоолдук жок болсо, жолдун аягындагы кинетикалык энергия кандай болот?

2. 36 $\frac{км}{саат}$ ылдамдык менен жүргөн жана составында салмагы 50 000 *кГ* келген паровоз, тендери 25000 *кГ* келген, ар бири 16 600 *кГ* дан келген 25 вагону бар поезддин кинетикалык энергиясын техникалык бирдиктерде эсептеп чыгаргыла.
Жообу: $25 \cdot 10^5$ *кГм*.

3. Массасы 10 *г* болгон ок мылтыктын оозунан 600 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен атылып чыгат жана тактайга тийип, ага 20 *см* терендикке кирип кетет. Тактайдын тоскоолдук кылуу күчүн тапкыла.
Жообу: $9 \cdot 10^8$ дина.

4. Массасы 10 *г* болгон октун ылдамдыгы 500 $\frac{м}{сек}$ болуп, материалдын тоскоолдугу 800 *кГ* болсо, ал канчалык терендикке өтө алат? *Жообу:* ≈16 *см*.

5. Массасы 10 *г* келген ок 600 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен келип калындыгы 4 *см* тактайга тиет жана андан 400 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен учуп чыгат. Тактайдын тоскоолдук кылышынын орточо күчүн тапкыла.
Жообу: $250 \cdot 10^7$ дина.

6. Жаадан аткан кезде энергиянын айланышын текшергиле.

7. Ава пистолетинен аткан кезде энергиянын айланышын текшергиле.

8. Экипаждагы рессоранын жана вагондогу буферлердин маанисин эмнеде?

9. Экинчи маселедеги поезд, буу жиберүү токтогондон кийин, токтогонго чейин тормозсуз 1,5 *км* жерди өтөт. Деңгөлөктөрдүн рельстерге сүрүлүү күчү кандай?
Жообу; 1666 *кГ*.

10. Өткөн маселедеги поезд буу жиберилүү токтотулгандан кийин 100 *м* жерге барып токтосо, анын тормоздорунун күчү кандай? *Жообу:* ≈23 300 *кГ*.

11. Эгерде секунда сайын расход болуп турган суу 2000 $\frac{м^3}{сек}$ га, түшүүнүн бийиктиги 37 *м* ге барабар болсо, Днепр плотинасынан секунда сайын түшкөн суунун потенциялык энергиясын төмөнкү деңгелге салыштырмалуу түрдө аныктагыла.

12. Массасы 20 *г* болуп, өйдө карай 30 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен ыргытылган нерсенин кинетикалык жана потенциялык энергиясы, ыргытылганына 3 сек. өткөндөн кийин кандай болорун эсептеп чыгаргыла (g=980).
Жообу: $W_{(к)}$ =36 000 эрг.

13. Нерсе өйдө карай 49 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен ыргытылган. Анын кинетикалык энергиясы кайсы бийиктикте потенциялык энергиясына барабар болот?
Жообу: 61 *м*.

14. Массасы 5 *кг* болуп илинип турган мылтыктан 10 *г* келген ок 700 $\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен учуп чыгат. Учуп чыккан октун энергиясынын чондугун мылтык тепкендеги энергиянын чондугу менен салыштыргыла.

15. Эгер мылтыктын салмагы P=4,456 *кГ*, октун салмагы P_1=9,6 *Г*, заряддын салмагы P_2=5,2 *Г*, октун башталгыч ылдамдыгы v_0=860 $\frac{м}{сек}$, ылдамдануусу g=9,8 $\frac{м}{сек^2}$ болсо жана ок менен бирге дары газдарынын жарымы жылса, мылтык тепкен кездеги энергияны эсептеп чыгаруу керек.

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Нерсенин которулушу күчтүн багыты боюнча болсо, жумуш эмне менен ченелет?
2. Жумуштун бирдиктери кандай? Эргдин, джоулдун жана килограммометрдин арасындагы өз ара катыштар кандай?
3. Нерсенин которулушу, күчтүн багыты менен бурч түзгөндө жумуш кантип эсептелип чыгарылат?
4. Нерсеге аракет кылган күч, нерсе которулганда, кайсы учурда жумуш аткарбайт?
5. Нерсе горизонталь которулган кезде кайсы күчтү жеңүү үчүн жумуш сарп кылынат?
6. Кубат деген эмне?
7. Кубаттын түрдүү системаларындагы бирдиктери жана алардын өз ара катыштары кандай?
8. Энергия деп эмнени айтат?
9. Кинетикалык жана потенциялык энергия деген эмне?
10. Жердин үстүндө көтөрүлгөн нерсенин потенциялык энергиясы кандай формула менен туюнтулат?
11. Кинетикалык энергия кандай формула менен туюнтулат?
12. Энергия кайсы бирдиктерде ченелет?
13. Нерсе үстүндө иштелген жумуш менен нерсе алган кинетикалык энергия арасында кандай өз ара катыш бар?
14. Жылып бара жаткан нерсе жасай ала турган тоскоолдукту жеңүүдөгү жумуш эмнеге барабар?
15. Энергиянын сакталуу закону эмнеде турат?

АДАБИЯТ.

Перельман, Эрмек кылуучу физика, 1-бөлүк, 63-69-беттер.

II. СТАТИКА.

1. Күчтөрдү кошуу жана ажыратуу.

60. Күчтүн үч белгиси. Күчтүн нерсеге аракет кылышы нерсе ылдамдануу алуудан же деформация болуудан, башкача айтканда, формасы же көлөмү өзгөрүүдөн көрүнөт. Деформация да, ылдамдануу менен байланыштуу, бирок нерсенин бардыгы эмес, анын айрым бөлүктөрү.

Жогоруда белгиленгендей, ылдамдануу—вектор; ошондуктан ылдамдануу жасаган күчтүн да ылдамдануунун багытына дал келген багыты болот. Демек күч вектор болот.

Ошентип, күчтүн бир белгиси—анын багыты, экинчи белгиси—бул же тигил бирдиктерде берилген анын сан маанисн болот.

Ар кандай векторду мүнөздөгөн бул эки белгиден башка да, күч үчүн дагы үчүнчү белгини көрсөтүү керек. Урганда бир нерсе экинчисине тийишет; ошондо күч экинчи нерсенин кандайдыр точкасына жумшалды дешет. Паровоз вагондун илмегине илинген чынжырдын алкагынын жардамы менен вагонду жылдырат: паровоздун тартуу күчү вагондун илмегине жумшалган. Жалпысынан, нерсеге аракет кылган ар бир күч үчүн анын жумшалуу точкасын шарттуу түрдө белгилешет.

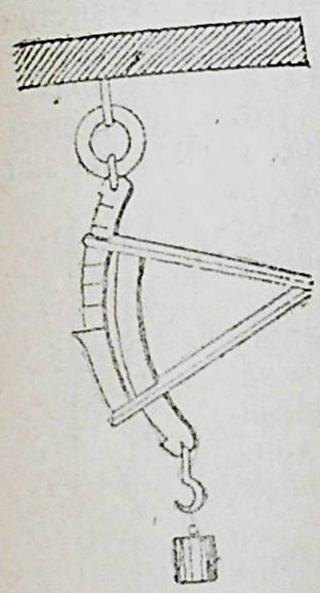
Нерсенин күч жумшалган точкасы күчтүн үчүнчү белгиси болот.

Күчтү график жолу менен вектор түрүндө көрсөткөндө, вектор—күчтү көрсөткөн кесиндини күч жумшалган точкадан күчтүн багыты боюнча чийишет.

Күчтү же берилген нерсеге күч өткөргөн ылдамдануу боюнча, же күч жасаган деформация боюнча ченөөгө болот. Адатта, күчтү нерсенин деформациясы боюнча ченешет. Деформациялануучу нерсе катарында спираль түрүндөгү пружина (58-сүрөт) же башка түрдөгү пружина (58-а сүрөт) алынат. Шкаласына бөлүүлөр салынган (шкаласы градуирделген) деформациялануучу пружина динаметр же күч ченегич деп аталат.

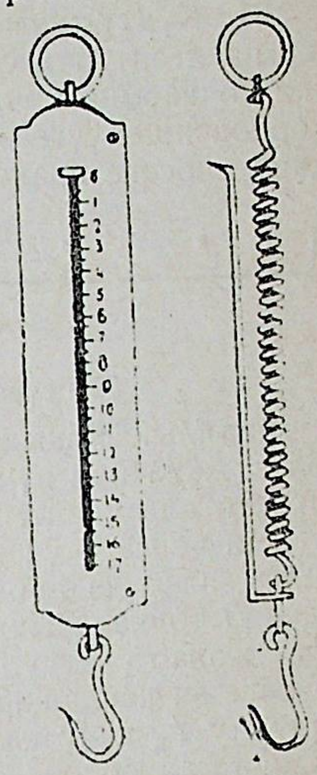
60а. Тең салмактануучу күчтөр. Бул убакытка дейре биздин көңүлүбүз, нерселердин өз ара аракеттештик кыймылынын аваллын өзгөрткөн учурларга, башка сөздөр менен айтканда, күч нерсеге ылдамдануну өткөргөн учурларга берилип келди. Нерсе күчтөрдүн аракети астында бир калыпта жана түз сызыктуу аракет кылуунун учуру да болуу мүмкүн: вертикаль боюнча бир калыпта көтөрүлгөн жүк; түз сызыктуу участкада бир калыпта жылган поезд.

Майда нерселердин (чаңдын, тумандын майда бөлүкчөлөрүнүн) же авада эң эле чоң беттүү (парашют) нерселердин түшүшү да кыймылдын мына ушундайча учурунун мисалдары боло алышат. Түшүүнүн ылдамдыгынын артышы менен аванын тоскоолдугунун күчү да улам көбөйө берип, акырында барып нерсенин салмагына барабар болуп калат. Кыймыл болсо, нерсенин салмагы менен аванын тоскоолдугу барабар болгонго чейинки ылдамдык менен бир калыпта болуп калат.



58а-сүрөт. Динамометр.

Эң майда нерселер жана анын тескерисинче, бети бир кыйла чоң болгон нерселер үчүн, ылдамдык эң чоң болуп калууга жетише албай калат; мындай нерселер авада бир кыйла акырын жылышат. Парашютту колдонуу да мына ушуга негизделген.



58-сүрөт.

Поездга бир эле маалда бир нече күч: паровоздун тартуу күчү, дөңгөлөктөр рельстерге сүрүлүүнүн күчү, аванын тоскоолдугу ж. б. аракеттер кылууга карабастан, ал бир калыпта жыла алат.

Нерсеге бир нече күч аракет кылганда, ал бир калыпта жана түз сызыктуу жылган же болбосо тынчтык авалында турган ар бир учурда ага аракет кылуучу күчтөр өз ара тең салмактанышат.

Ошентип, өздөрү аракет кылган нерсенин ылдамдыгын, биритип таасир этип, өзгөртпөгөн күчтөр өз ара тең салмактануучу күчтөр деп айтылат.

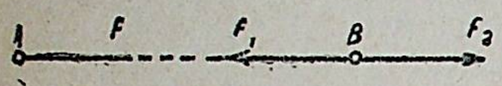
Айрым учурда, чоңдук жагынан барабар болуп, багыт жагынан карама-каршы болуп, бир чекитке аракет кылган эки күч өз ара тең салмактануучу күчтөр болот.

Күчтөрдүн түрдүү учурлардагы тең салмактуулук шарттарын текшерүүчү механиканын бөлүгү статика деп аталат.

Статикада катуу нерсенин чыныгы касиеттеринен көңүлдү бурушат жана идеялык катуу нерсе, башкача айтканда, өзүнө ал күч аракет кылганда формасы жагынан да, көлөмү жагынан да тактыр өзгөрбөй турган нерсе жөнүндөгү элести пайдаланышат.

Идеалдык катуу нерсеге аракет кылганда бир гана точкада жумшалган эмес, *эгер күчтөр бир түз сызык боюнча багытталган болсо, түрдүү точкаларда да жумшалган барабар жана карама-каршы багытталган эки күч өз ара тең салмактанат.*

61. Күчтү жумшоо точкасын катуу нерседе көчүрүү. Күчтүн жумшалган точкасын, күчтүн багыты боюнча, нерсенин туш келген точкасына көчүрүүгө болот. Буга төмөндөгүчө талкуулоолордон ишенүүгө болот. Нерсенин A точкасына жумшалган F күчү нерсеге аракет кылат деп алалы (59-а сүрөт).

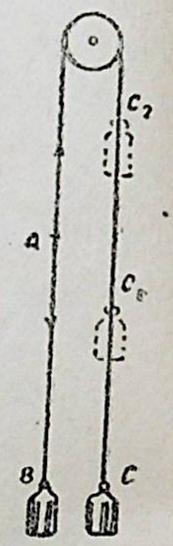


59-а сүрөт.

Күчтүн багытынын уландысындагы кандай да болсо, нерседеги бир B точкасын алалы жана ага AB багыты боюнча ар бири F күчүнө барабар болгон эки карама-каршы F_1 жана F_2 күчтөрдү жумшайлы. Жаңыдан жумшалган күчтөрдүн аракети өз ара жоголот жана бул күчтөр нерсеге жумшалган F күчүнүн аракетин өзгөртө алышпайт.

Эми нерсеге үч күч аракет кылып, ага F күчү кандай аракет кылса, алар да ошондой аракет кылат. Бул үч күчтүн ичинен A жана B точкаларында жумшалган карама-каршы багыттагы эки күч F жана F_1 катуу нерсе өзгөрүлбөс болуу аркасында нерсеге эч кандай аракет кыла алышпайт жана аракет кылуучу F_2 күчү калат, бирок ал эми B точкасына жумшалган болот.

Эгерде блоктон жипти өткөрүп (59-б сүрөт), жиптин эки учуна бирдей болгон эки жүк тагылса жана бул жүктөрдүн бирөө жиптин түрдүү точкаларына көчүрүлсө, бул жүктүн азыркы авалына карабастан, күчтөрдүн тең салмактуулугу өзгөрүлбөй сакталып тура берет.



59-б сүрөт. Күч жумшалуу точкасынын нерсенин бир точкасынан экинчисине көчүрүлүшү.

62. Тең аракет кылуучу күч. Эгерде нерсеге бир нече күч аракет кылса, мындай учурда аларды бир күч менен алмаштыруга болот.

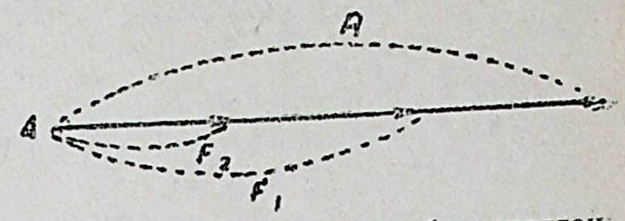
Нерсеге жумшалган бир нече күч өткөрө турган аракеттин дал өзүн ошол нерсеге өткөрө ала турган жалгыз күч алардын тең аракет кылуучу күчү деп аталат. Тең аракет кылуучу күчкө алмаштырган күчтөр түзүүчүлөр деп айтылат. Тең аракет кылуучу күчтү табуу, күчтөрдү кошуу деп айтылат.

63. Бир түз сызык боюнча бир жакка багытталган күчтөрдү кошуу. Бир нече бала чананы бир жип менен сүйрөшөт; чананы ошол эле жүрүш менен жүргүзүү үчүн ошол эле жипке кандай болгон бир күчтү жумшоо керек деп суроого болот. Экинчи мисалды алалы; динамометрге 1 *кГ*, 2 *кГ*, 3 *кГ* келген гирлер биринин артынан бири асылып коюлган. Динамометрдин пружинасы баштагыдай эле созулушу

үчүн бул үч гирдин ордуна кандай бир гирди асууга болот деп суралат.

Жогорку алдыга коюлган суроолорго, сиздер жоопту турмуштажрийбаңыздан оңой эле таба аласыздар, демек, берилген күчтөрдүн тең аракет кылуучу күчүн оңой эле табууга болот.

Бардык учурлардагы байкоолордон төмөнкү корутундуну чыгарууга болот:



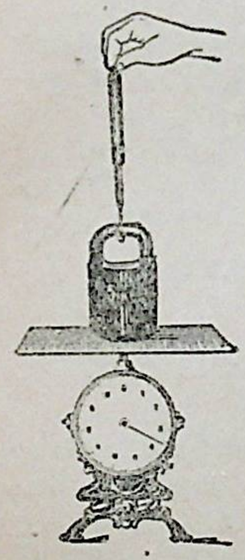
60-сүрөт. Бир түз сызык боюнча багытталган эки күчтүн тең аракет кылуучу күчү.

Нерсенин бир точкасына бир түз сызык боюнча бир жакты көздөй аракет кылган бардык күчтөрдүн тең аракет кылуучу күчү ошол эле точкага жумшалган жана ошол эле түз сызык боюнча ошол эле жакка багытталган түзүүчү күчтөрдүн суммасына барабар болот.

Эгерде бир күчтү F_1 аркылуу, экинчисин F_2 аркылуу алардын тең аракет кылуучу күчүн R аркылуу белгилесек (60-сүрөт), анда:

$$\boxed{R = F_1 + F_2.} \qquad \text{(XIIa)}$$

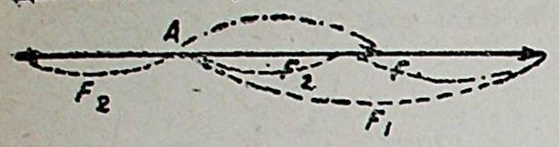
64. Бир түз сызык боюнча карама-каршы жакка багытталган күчтөрдү кошуу. Гирди пружиналуу таразага (кысууда иштөөчү динамометрге) салгыла. Тараза гирдин вертикаль ылдый багытталган салмагын көрсөтөт. Анан кийин гирге динамометрди бириктирип, аны типтик өйдө тартқыла. Ошондо пружиналуу тараза гирдин салмагы менен динамометр гирди тартуунун айырмасына барабар күчтү көрсөтөт. Таразанын көрсөткөнү гирге жумшалган жана бир түз сызык боюнча тупа-туура карама-каршы жактарга багытталган эки күчтүн тең аракет кылуучу күчүн берет (61-сүрөт).


61-сүрөт. Карама-каршы жактарга багытталган эки күчтү кошуу.

Жогорку динамометрди канчалык тартсак да (албетте гирдин салмагынан чыкпастан), төмөнкү тараза салмак менен тартуу ортосундагы айырманы көрсөтөт.

Бир түз сызык боюнча карама-каршы жактарга багытталган эки күчтүн тең аракет кылуучу күчүн төмөнкү талкуулоо аркылуу табууга болот. Нерсенин, бир A точкасына (62-сүрөт) бир жакка F_1 күчү жана карама-каршы жакка F_2 күчү аракет кылат дейли. Чоңураак болгон F_1 күчүн эки түзүүчү менен алмаштыралы, булардын бирөөн F_2 күчүнө барабар кылып, экинчисин $F = F_1 - F_2$ айырмасына

барабар деп алалы. Өткөн параграфтагы эреже боюнча, түзүүчү күчтөрдүн экөө тең F_2 жана F ошол эле түз сызык боюнча ошол эле F_1 күчүнүн багыты жакка багытталган болот. Мындайча алмаштыргандан кийин нерсенин A точкасына үч күч аракет кылат: бир жакка F_2 күчү жана карама-каршы жакка F_2 жана F_1-F_2 күчтөрү аракет кылат. 60-§ тагы эреже боюнча F_2 жана F_2 күчтөрүнүн аракети, карама-каршы багытталган бир точкага жумшалган барабар күчтөр катарында өз ара жоголот жана да берилген күчтөрдүн аракети жалгыз $F=F_1-F_2$ күчүнүн аракети болуп калат, мына ушул күч, берилген күчтөрдүн тең аракет кылуучусу R болот.



62-сүрөт. Бир түз сызык боюнча карама-каршы жакка багытталган эки күчтүн тең аракет кылуучу күчү.

Ошентип, ***нерсенин бир точкасына бир түз сызык боюнча карама-каршы жактарга аракет кылган эки күчтүн тең аракет кылуучу күчү алардын айырмасына барабар, ошол эле точкага жумшалган жана чоң күч жакка ошол эле сызык боюнча багытталган болот.***

$$R=F_1-F_2 \qquad \text{(XIIб)}$$

Нерсеге бурч боюнча аракет кылган эки күчтү кошуу (күчтөрдүн параллелограмы). Ошол эле бир нерсеге бири бирине бурч боюнча аракет кылган күчтөрдүн учурун карап көрөлү.

Кемеге, мотордун тартуу күчү, суунун агым күчү, шамалдын басым күчү бир эле уакта аракет кылышат. Тоого өрдөп бара жаткан тракторго анын салмагы типтик ылдый аракет кылат, боорду бойлогон тартуу күчү аркет кылат, сүрүлүү күчү тартууга карама-каршы болот ж. б.

Үйдүн төбөсүнө, өзүнүн салмагынан башка да, үстүндө жаткан кардын салмагы, төбөгө кандай да болсо бир бурч менен багытталган шамалдын (желдин) басым күчү аракет кыла алышат ж.б.

Ошентип, нерсеге бурч боюнча аракет кылуучу күчтөрдү кошуу маселеси келип чыгат.

Анын чечилишин издөөнү, нерсенин бир точкасына аракет кылуучу эки күчтүн учурунан баштайбыз.

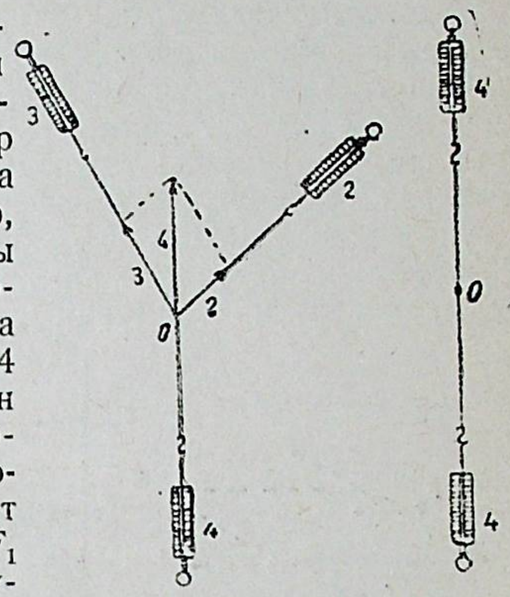
Кандай да болсо бир нерсеге эки күчтүн аракетин бурч менен өткөрүү, анан бул эки күчтү ошол аракетти бере турган бир күч менен алмаштыруу жана түзүүчү күчтөр менен алардын тең аракет кылуучусунун чондуктары жана багыттары ортосундагы өз ара катыштарды табуу тажрийбалуу изилдөөнүн милдети болот.

Үч узун жипти алалы, аларды бир түйүн кылып, алардын бош калган учтарын илмек кылып, үч динамометрдин догосуна

(илмегине) илип коёлу, динамометрдин өздөрүн болсо, эркинче сызылган авалда тактайга мыктар менен бекитип коёлу (63-сүрөт).

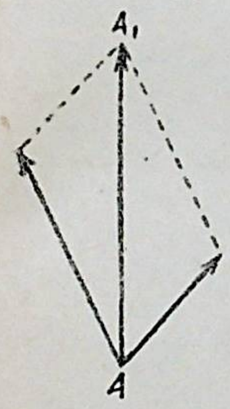
Тактайга бекитилген кагазга түйүндүн авалын, үч жиптин багытын жана үч күчтүн чоңдугун, динамометрдин пружиналарынын тартылышын, мисалы $F_1=3$, $F_2=2$ жана $F_3=4$ деп белгилеп коёлу.

Андан кийин бул динамометрлердин экөөн, мисалы, биринчиси менен экинчисин бошотолу, жиптердин бошонгон учтарындагы илмектерди бир динамометрге илели (63-сүрөт) жана үчүнчү бошотулбаган динамометр, анын жиби жана түйүнү баштагы авалына келгенче берки динамометрди тарталы. Жиптин багытын жана жаңыдан илинген динамометрдин $R=4$ көрсөтүүсүн белгилейли. Ошондо анын пружинасынын созулуу күчү жиптердин түйүнүнө, бошотулган эки динамометрдин созулуу күчүндөй эле аракет кылат. Ошондуктан биз R күчүн F_1 жана F_2 күчтөрүнүн тең аракет кылуучу күчү деп эсептей алабыз.



63-сүрөт. Нерсенин бир точкасына үч күчтүн аракет кылышы.

Түзүүчүлөр менен тең аракет кылуучунун багыттары жана чоңдуктары ортосундагы катышты табуу үчүн, тактайдан динамометрди алалы, кагазга түзүүчүлөрдүн жана тең аракет кылуучунун багыттарын түйүн аркылуу сызалы; анан күчтөрдү көрсөтүү үчүн масштаб тандап алып, ар бир багытка тиешелүү күчтөрдүн чоңдугун көрсөткөн кесиндилерди белгилеп коёлу. Түзүүчү күчтөрдүн учтарын тең аракет кылуучунун учу менен бириктиргенде 64-сүрөттө көрсөтүлгөн фигура келип чыгат.



64-сүрөт. Күчтөрдүн параллелограмы.

Динамометрлерди түрдүүчө созуп жана түрдүүчө багытка коюп тажрийбаларды кайталоого болот. Тажрийбалар жакшылап жасалса, мындайча түзүүдөн келип чыккан фигуралар параллелограм болгонун көрсөтүшөт. Мындан төмөнкү корутунду чыгат.

Нерсенин бир эле точкасына бурч менен аракет кылган эки күчтүн тең аракет кылуучу күчү чоңдугу жана багыты жагынан, түзүүчү күчтөргө курулган параллелограмдын диагоналы менен көрсөтүлөт.

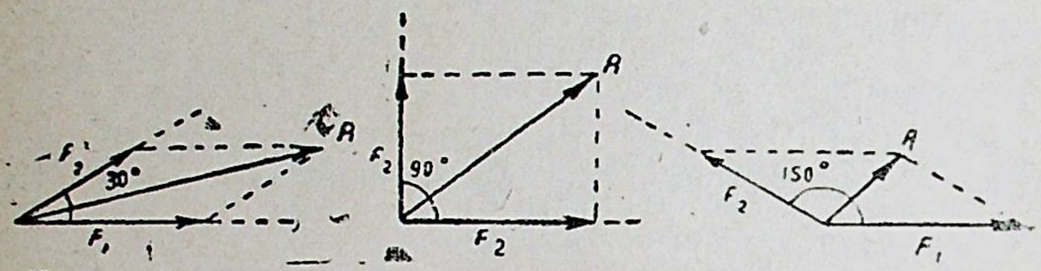
Түзүүчү күчтөрдүн үстүндө курулган параллелограм күчтөрдүн параллелограмы деп аталат.

Берилген векторлорго курулган параллелограмдын диагоналын табуу векторлорду кошуу деп аталат, диагоналдын өзү болсо, векторлордун геометриялык суммасы деп аталат.

Геометриялык сумманы алгебралык сумма менен чаташтыруу жарабайт. Биздин мисалдан $R=4$ экени көрүнүп турат, анда суммасы $F_1+F_2=3+2=5$ болот. Тең аракет кылуучу R үч бурчтуктун бир жагы болбогондугунан, түзүүчү күчтөрдү көрсөткөн башка эки жактын суммасынан дайыма кичине болууга жана алардын айырмасынан чоң болууга тийиш.

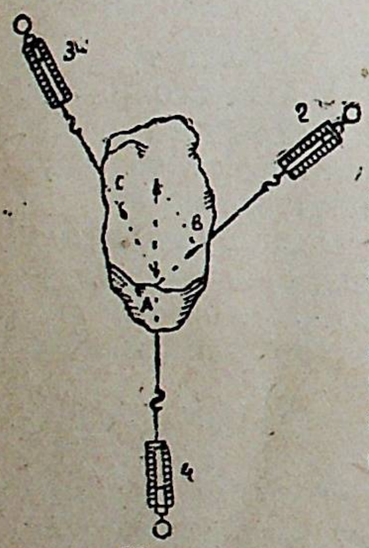
Тең аракет кылуучунун чондугу менен багыты, түзүүчүлөрдүн чондугунан башка дагы эмнеге көз каранды?

Ошол эле эки күч 30°, 90° жана 150° бурч түзгөн үч учурдагы, бул эки $F_1=3$, $F_2=2$ күчтөрүнүн тең аракет кылуучу күчүн табалы. Ар бир учурда тең аракет кылуучу күч келип чыгышы үчүн берилген түзүүчүлөрдүн графиктик көрүнүшүн табабыз, алардын үстүнө параллелограм курабыз да анын диагоналын сызабыз (65-сүрөт) жана тандап алынган масштаб боюнча тең аракет кылуучу күчтүн чондугун ченейбиз.



65-сүрөт. Тең аракет кылуучу күчтүн чондугунун түзүүчүлөрдүн ортосундагы бурчка көз каранды болушу.

Сүрөттөрдү өз ара салыштырып көргөндө, түзүүчүлөр ортосундагы бурч кичирейген сайын алардын тең аракет кылуучу күчү чоңойгондугун, бурч чоңойгон сайын—кичирейгенин көрөбүз. Түзүүчүлөрдүн ортосундагы бурч нулга барабар болгон учурда, б. а. түзүүчүлөрдүн экөө тең бир түз сызык боюнча бир жакка багытталганда тең аракет кылуучу күч түзүүчүлөрдүн суммасына барабар болгон эң чоң маанини алат (бул күчтөрдү кошуунун биринчи учуруна туура келет). Түзүүчүлөрдүн ортосундагы бурч 180° ка барабар болгон учурда, б. а. түзүүчүлөр бир түз сызык боюнча карама-каршы жактарга багытталганда тең аракет кылуучу күч түзүүчүлөрдүн айырмасына барабар болгон эң кичине маанини алат (күчтөрдү кошуунун экинчи учуруна туура келет).



66-сүрөт.

Ошентип, тең аракет кылуучунун жана нерсенин бир точкасына бурч боюнча аракет кылуучу түзүүчүлөрдүн чондуктары арасындагы көз карандылыкты төмөнкү өз ара катыш менен туюнтууга болот:

$$F_1+F_2 \geqslant R \geqslant F_1-F_2,$$

мында барабардык белгилери эми эле текшерилген айрыкча учурларга, барабарсыздык белгилери болсо—калган учурлардын бардыгына тиешелүү.

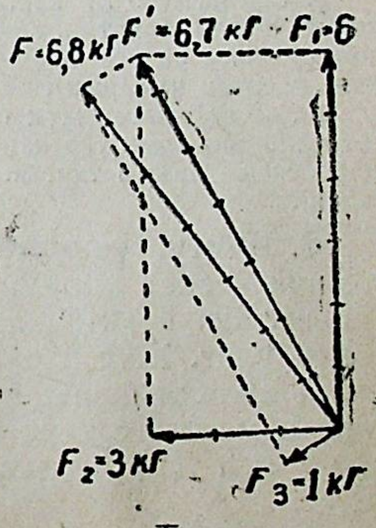
Үч күчтү тең салмактандырганда, 66-чиймеде көргөндөй, туш келген эки күчтү түзүүчүлөр деп алууга болот; ошондо үчүнчү күч тең салмактоочу болот, б. а. биринчи эки күчтүн тең аракет кылуучусуна барабар жана карама-каршы болот.

66-чиймени өз дептериңерге чийип алгыла, масштабды колдонуп, туш келген эки күчтүн үстүнө параллелограмдарды кургула жана тең аракет кылуучунун чондугу жана багыты диагоналга дал келишин салыштыргыла. Эгер тик бурч жасаган эки түзүүчү күч кошулса, анда тең аракет кылуучу күчтү Пифагордун теоремасы негизинде эсептеп чыгарууга болот. Мисалы, 65-сүрөттөгү ортонку чийме үчүн:

$$R^2=F_1^2+F_2^2$$
$$R^2=3^2+2^2$$
$$R=\sqrt{13}$$
$$R\approx 3{,}6\ кГ.$$

66. Нерсенин эки точкасына жумшалган эки күчтү кошуу. Баягы үч динамометр менен жасалган тажрийбаны кайталайлы, бирок мында алардын жиптерин бир түйүнгө эмес, бир кесик картондун же фанеранын түрдүү точкаларына бекители (66-сүрөт). Күчтөр өз ара тең салмактанышкандай болуп жайлашкандан кийин бул картондун которулушу токтогондон кийин, бардык үч күчтүн багытын белгилөө керек. Бардык үч күчтүн багыттары бир точкада кесишкендигин тажрийбалар көрсөтөт; бул чекит, жогоруда чыгарылган эреже боюнча курула турган параллелограмдын чокусу болот.

Ошентип, бир тегиздикте жаткан жана нерсенин түрдүү точкаларына жумшалган эки күчтү кошуу үчүн, чиймеде вектор—күчтөрдү көрсөтүү керек, алардын багыттарын кесишкенге дейре улантуу, кесишүү точкасына түзүүчү күчтөрдүн экөөнүн тең жумшалган точкаларын көчүрүп жана күчтөрдү параллелограм эрежеси боюнча кошуу керек.



67-сүрөт. Түзүүчү үч күчтүн тең аракет кылуучу күчүн табуу.

67. Нерсеге аракет кылган бир нече күчтөрдү кошуу. Мисалды текшерели. Кайыкка үч күч аракет кылат: агындын туурасына карай иштеген калакчылардын күчү $F_1=6\ кГ$ агын суунун күчү $F_2=3\ кГ$ жана агынга карата 45° бурч боюнча жүрүп турган желдин күчү $F_3=1\ кГ$. Бул үч күчтүн тең аракет кылуучу күчүн тапкыла.

Күчтөрдү график түрүндө көрсөтөлү (67-сүрөт). Түзүүчү күчтөрдүн саны экиден көп болгондо, башта кандай да болсо эки күчтүн тең аракет кылуучу күчү F' табылат, анан барып бирин-

чи тең аракет кылуучу күчү F жана келирки күчтөрдүн бирөө үчүн тең аракет кылуучу күчү F' табылат, ошентип акыркы тең аракет кылуучу күч келип чыккыча иштей берилет.

Тең аракет кылуучу күчтүн өлчөмүн эсептеп чыгаруу жолу менен же масштаб боюнча табууга болот. Биздин мисалда масштаб боюнча табылган $F=6{,}8$ кГ.

11-көнүгүү.

1. Жерде турган ящиктин салмагы 400 кГ, анын үстүнө салмагы 80 кГ келген киши чыкты. Жерге басуунун күчү эмнеге барабар?

2. Жерде биринин үстүнө бири коюлган бирдей өлчөмдөгү 6 ящик турат: төмөнкү экөөнүн салмагы 10 кГ дан, андан аркы үчөөнүкү — 8 кГ дан жана жогоркунуку — 6 кГ. Бардык оордук күчтөрүнүн тең аракет кылуучусу эмнеге барабар?

3. Чананын горизонталь багыттагы тартуу күчү 100 кГ га барабар болууга тийиш. Бул чанага эки ат чегилген, булар горизонталь багытта 40 жана 45 кГ күч беришет. Чана бир калыпта жылуу үчүн кандай кошумча күч берилүү керек?

4. Салмагы 88 кГ келген жумушчу кыймылсыз чыгырыкка асылган аркандын жардамы менен 48 кГ келген жүктү көтөрөт, Жумушчунун жерди басып турган күчү канчалык?

5. Кайыкты өз ара 60° бурч түзгөн эки аркандан, ар бири 12 кГ га барабар болгон күч менен тартышат. Тең аракет кылуучуну (график жана эсептеп чыгаруу менен) тапкыла.

Жообу: 20,8 кГ

6. Өткөн маселедеги түзүүчүлөрдүн ортосундагы бурч 45° жана 30° ка барабар болсо, тең аракет кылуучунун өзгөрүлүшүн график жолу менен байкап чыккыла.

7. 120° бурчта аракет кылган тепетең болгон эки күчтүн тең аракет кылуучусу эмнеге барабар?

8. Тепетең келген үч күч өз ара 120° бурч жасап, нерсеге бир точкада аракет кылышса, алардын тең аракет кылуучусу эмнеге барабар?

9. Салмагы 60 кГ келген жүк сымда асылып турат. Жүк асылган точкага динамометрди бекитип, аны горизонталь карман жүктү 20 кГ келген күч менен тартып жаңы авалга коюшат. Тең аракет кылуучуну тапкыла (график менен жана эсептеп чыгарып).

10. 45 кГ келген жүк сымда асылып турат. Жүк асылган точкага динамометр илинип, анын тартканы горизонт менен 45° ту түзөт. Жүктү 18 кГ күч менен жаңы авалга тартып коюшат. Тең аракет кылуучуну тапкыла (график менен).

68. Күчтү түзүүчүлөргө ажыратуу. Нерсенин точкасына бурч боюнча аракет кылуучу күчтөрдү кошуунун табылган эрежеси толуп жаткан практикалык көп маселелерди чыгарган кезде кенен колдонулат. Жалаң бул учурларда болсун жана аларга окшош толуп жаткан башка учурлар болсун, өткөн параграфта текшерилген маселеге терс маселени чечүүгө, атап айтканда берилген күчтү аны түзүүчү эки күч менен алмаштыруу чечүүгө туура келет.

Берилген күч боюнча анын түзүүчүлөрүн табуу, күчтү ажыратуу деп айтылат.

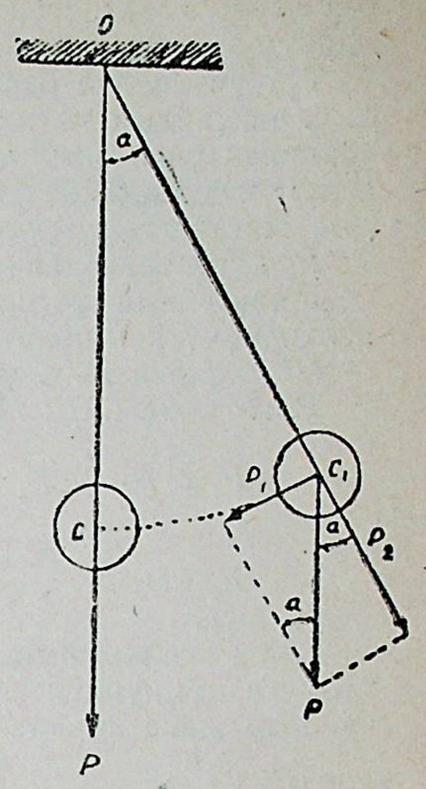
Эки күчтү бир күч менен алмаштыруу үчүн негиз болуп кызмат кылган баякы тажрийбалар, бир күчтү, анын нерсеге жасаган аракетин өзгөртпөй туруп, эки күч менен алмаштыруунун мүмкүндүгүн көрсөтүшөт.

Күчтү түзүүчүлөрүнө ажыратуу, 43-§ та берилген векторду ажыратуунун жалпы эрежеси боюнча жүргүзүлөт.

Ар бир айрым маселеде (берилген күчтү белгилүү бир түзүүчүлөрүнө ажыратуу үчүн) же түзүүчүлөрдүн экөөнүн тең багыттары, же түзүүчүлөрдүн бирөөнүн багыты менен чоңдугу берилүү тийиш. Мында, багытты тандоо кокусунан болбостон, маселедеги конкреттүү берилген менен шартталган болуу керек.

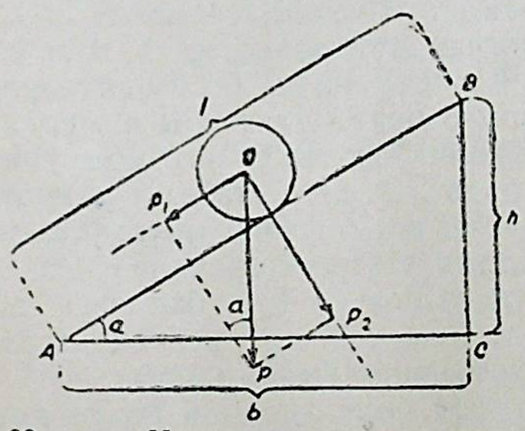
Күчтөрдү ажыратууну мисалдарда чечели.

Мисалдар: 1. Маятникти кыймылга келтирүүчү күчтү тапкыла. 68-сүрөт O огунун жанында термелип турган маятникти көрсөтөт; ага C точкасында жумшалган P күчү таасир кылат. Маятник C жана O точкалар бир вертикалда турган авалда болгондо, P күчүнүн аракети тирөөнүн тоскоолдугу аркасында жоголот жана маятник тынч авалда турат.



68-сүрөт. Маятникти кыймылга келтирүүчү күч.

Бул точкалар бир вертикалда жатпаган кезде, салмактын аракети тирөөнүн тоскоолдугу менен жоготулбайт жана маятник аракетке келет. Маятникти кайсы күч кыймылга келтиргенин табуу үчүн, тең аракет кылуучу деп алынган маятниктин салмагын эки түзүүчү менен алмаштыруу зарыл. Түзүүчүлөрдүн бирөөнүн багыты деп кыймыл көрүнөө мүмкүн болбогон багытты тандап алалы б. а. тирөө аркылуу $O\,C_1$ жибинин уландысы боюнча өтүүчү багытты тандап алалы, экинчи багытты биринчиге перпендикуляр кылып б. а. маятниктин траекториясына жаныманын багыты боюнча алалы. Берилген P диагоналы жана берилген багыттар үстүнө параллелограмм куруп, түзүүчүлөрдүн чоңдуктарын табабыз, алар: P_1 жана P_2 болот.



69-сүрөт. Нерсени жантык тегиздик боюнча ылдый жылдыруучу күч.

Тирөө точкасы аркылуу багытталган P_2 күчүнүн аракети тирөө точкасынын тоскоолдугу аркасында жоголот; P_1 күчү маятникти CC_1 жаа боюнча аракетке келтирүүчү күч болот.

2. Узундугу $l=2{,}5$ м тактайдын бир чети жерден $h=1{,}5$м бийиктигине көтөрүлгөн. Тактай үстүндө салмагы $P=60$ кГ кел-

ген нерсе жатат. Нерсени жантык тегиздик боюнча ылдый жылдыруучу күчтү тапкыла (69-сүрөт).

Түзүүчүлөрдүн багыттары үчүн, жантык тегиздиктин б. а. тактайдын узундугуна перпендикуляр болгон бир багытты, экинчиси үчүн анын узундугуна жарыш багытты алалы. Берилген P күчүнө жана ушул багыттарга курулган параллелограмдын жактары түзүүчү P_1 жана P_2 нин чоңдуктарын берет.

P_2 күчү тегиздикке басым жасайт; анын нерсеге кылган аракети тактайдын тоскоолдугу менен жоголот. P_1 күчү кыймылга келтирүүчү күч болот.

OPP_1 жана BAC үч бурчтуктардын окшоштугунан:

$P_1 : P = BC : AB$; $P_1 : P = h : l$; $P_2 : P = AC : AB$; $P_2 : P = b : l$;

$$P_1 = P \cdot \frac{h}{l}; \; P_1 = \frac{60 \cdot 1{,}5}{2{,}5} = 36; \; P_1 = 36 кГ; \; b = \sqrt{l^2 - h^2};$$

$$P_2 = P \; \frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l}; \; P_2 = 60 \cdot \frac{2}{2{,}5} = 48; \; P_2 = 48 \; кГ.$$

Бул мисал кыймылдатуучу күчтү тең салмактоочу F күчүн табууга мүмкүндүк берет. Мындай күч, кыймылдатуучу күчкө барабар жана карама-каршы күч болуу керек, демек $F = P_1$, мындан $F = P\frac{h}{l}$.

Нерсени жантык тегиздикте, тынчтыкта же болбосо бир калыптагы кыймылда кармап туруу үчүн, тегиздикке жарыш болгон күч тегиздиктин бийиктиги h анын узундугу l ден канча эсе кичине болсо, ошончо эсе нерсенин салмагынан да кичине болууга тийиш.

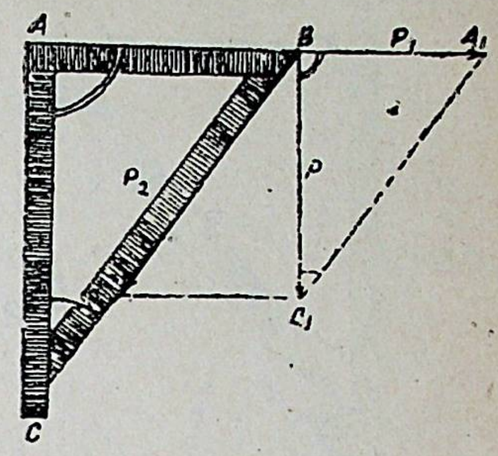
Бул негизде жүктү өйдө чыгаруу же ылдый түшүрүү үчүн жантык тегиздиктен пайдаланышат. Мисалы, салмагы 360 $кГ$ келген ящикти жерден жүк ташуучу автомобилге, 1, 2 $м$ бийиктикке көтөрүп салуу керек. Көтөрүү үчүн жумушчулардын күчү жетпей калуу мүмкүн. Ошондо бекем тактайды алып, анын бир башын машинанын үстүнө, экинчи башын жерге коюп, анын үстү менен жүктү жылдырууга болот. Эгер тактайдын узундугу 5 $м$ болсо, анда жүктү жантык тегиздик боюнча сүрүлүүсүз жогору көтөрүп чыгаруу үчүн бийиктик узундуктан канча эсе кичине болсо, салмактан ошончолук аз болгон күч, башкача айтканда 4 эсе кем күч керек болот. Демек 90 $кГ$ келген тартуу күчүн жумшоо жетишет (сүрүлүү эсепке алынбаганда).

Оор ящиктерди жерден складдын подвалдарына колго көтөрүп түшүрүшпөйт. Аларды жантык тегиздик боюнча түшүрүп, бийиктик жантык тегиздиктин узундугунан канча эсе кем болсо, ящиктин салмагынан ошончо эсе кем болгон кармоочу күчтү гана жумшашат. Жүктү жылдырууга жана жүрүүгө оңой болсун үчүн, үйдүн тепкичтери, тоодогу жол бир аз өрдөнүп, жантык тегиздик түрүндө жасалат.

3. Кронштейнде $P = 48$ $кГ$ болгон жүк асылып турат

(70-сүрөт), кронштейндин горизонталь стержени $AB = 0{,}9$ $м$, вертикаль стержени $AC = 1{,}2$ $м$, AB стержени тартылуу күчүн жана BC нын стерженди кысуу күчүн тапкыла.

Түзүүчүлөрдүн багыттары үчүн BC багытын жана AB нын уландысын алалы. Параллелограм куруп, P_1 жана P_2 түзүүчүлөрдү табабыз. P_1 күчү горизонталь стержендин созулушун жана P_2 күч жантык стержендин кысылышын келтирип чыгарат.



70-сүрөт. Кронштейн брустарынын (таяктарынын) тартылышы жана кысылышы.

Түзүүчү күчтөрдү эсептеп чыгаруу үчүн ABC жана BA_1C_1 эки үч бурчтукту салыштыралы. Алар сүрөттө бирдей белгилер менен көрсөтүлгөн бурчтары барабар болуу аркасында окшош болот. Окшош үч бурчтуктарда теңдеш жактары пропорциялуу болот:

$$\frac{BA_1}{AB} = \frac{BC_1}{AC} = \frac{A_1C_1}{BC}.$$

BC_1 нерсенин P салмагын көрсөтөт; BA_1—түзүүчү P_1 жана A_1C_1 түзүүчүсү P_2 ге барабар жана жарыш:

$$\frac{P_1}{AB} = \frac{P}{AC} = \frac{P_2}{BC}.$$

Биринчи пропорциядан эсептеп төмөнкүнү чыгарабыз:

$$P_1 = \frac{P \cdot AB}{AC}; \; P_1 = \frac{48 \cdot 0{,}9}{1{,}2} = 36; \; P_1 = 36 \; кГ.$$

Экинчи пропорциядан төмөнкүнү табабыз:

$$P_2 = \frac{P \cdot BC}{AC}, \text{бирок } BC = \sqrt{AB^2 + AC^2} = 1{,}5 \text{ жана } P_2 = \frac{48 \cdot 1{;}5}{1{,}2} = 60;$$

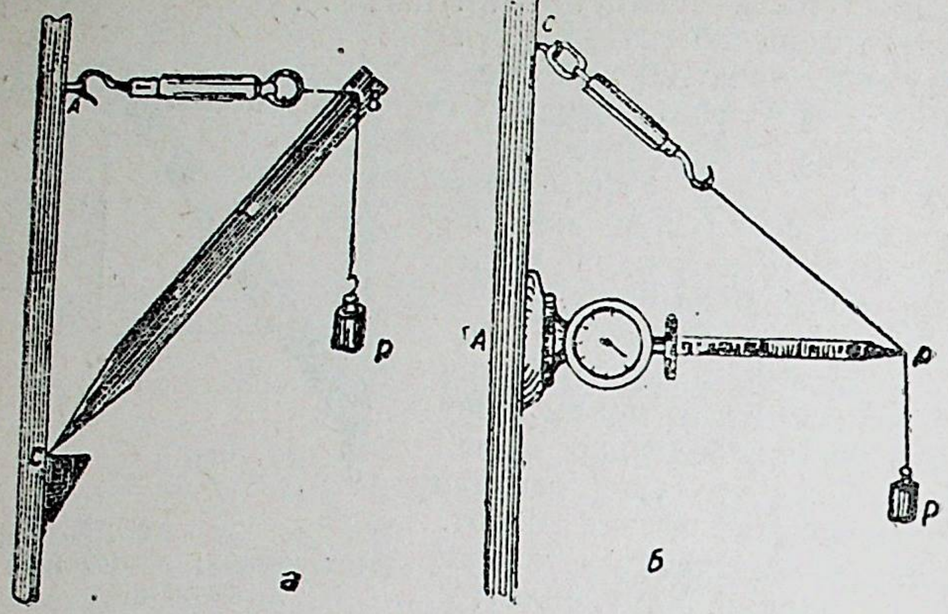
$$P_2 = 60 \; кГ.$$

Расчётторду 71-сүрөттө көрсөтүлгөндөй тажрийбада текшерүүгө болот.

4. Узундугу 20 $м$ келген тростун ортосунда салмагы $P = 20$ $кГ$ болгон фонарь асылып турат. Тростун OC ийилиши $h = 0{,}1$ $мге$ барабар. Тростун тартылышын тапкыла (72-сүрөт).

Тросту тарткан күчтөрдү табуу үчүн, тростун бөлүктөрүнүн уландысы болгон CB_1 жана CA_1 багыттары боюнча фонардын салмагын ажыраталы. CDC_1E ромбанын CD жана CE жактары тростун бөлүктөрүн тартуучу түзүүчүлөр P_1 жана P_2 ни көрсөтү-

шөт. Барабар түзүүчүлөрдүн ар бирин эсептеп чыгаруу үчүн ром банын экинчи диагоналы DE ни сызалы жана AOC менен CO_1E



71-сүрөт. Туурасына жана кыйгачына аракет кылуучу күчтөрдү ченөө.

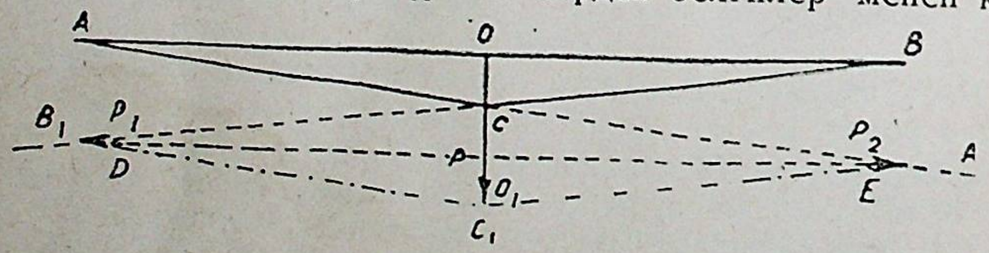
үч бурчтуктарын текшерели. Алардын бурчтары барабар болушу аркасында, алар окшош. Үч бурчтуктардын окшоштугунан төмөнкү келип чыгат:

$$\frac{CE}{CO_1}=\frac{AC}{CO};\qquad CE=\frac{CO_1\cdot AC}{CO};\qquad CO_1=\frac{P}{2}=10\ кГ;$$

$$CE=\frac{10\cdot 10}{0{,}1}=1000\ кГ.$$

5. Дубалга бекитилген көтөргүч ABC крандын жардамы менен $P=300\ кГ$ болгон жүк көтөрүлөт. Тартуучу $AB=2{,}7\ м$, жантык $BC=3{,}6\ м$, $AC=1{,}8\ м$ (73-сүрөт). AB тартуучунун созулуу күчүн жана BC жантыктын кысылуу күчүн тапкыла.

ABC жана BDG үч бурчтуктар окшош, анткени алардын барабар бурчтары бар, алар сүрөттө бирдей белгилер менен көр-



72-сүрөт. Тростун тартылышы.

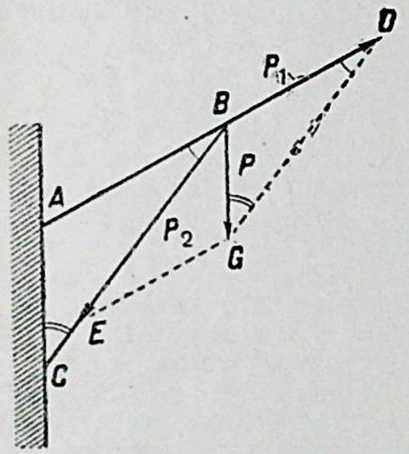
сөтүлгөн. Үч бурчтуктардын окшоштугунан жактардын пропорциялуулугу келип чыгат:

$$\frac{DG}{BC}=\frac{BG}{AC}=\frac{BD}{AB};\quad DG=P_2;\quad BG=P;\quad BD=P_1;\quad \frac{P_2}{BC}=\frac{P}{AC}=\frac{P_1}{AB};$$

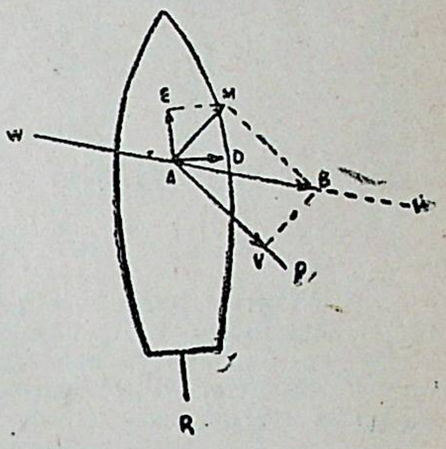
$$P_1=\frac{P\cdot AB}{AC};\quad P_2=\frac{P\cdot BC}{AC};\quad P_1=\frac{300\cdot 2{,}7}{1{,}8}=450;\ P_1=450\ кГ;$$

$$P_2=\frac{300\cdot 3{,}6}{1{,}8}=600;\ P_2=600 кГ.$$

6. Парустагы күчтөрдү ажыратуу. Парус кайыкка AP багытында коюлган, шамал WW_1 багытында согот. Шамал паруска шамалдын багыты боюнча баскан күчтү AB вектору менен белгилейли (74-сүрөт).



73-сүрөт. Дубал краны.



74-сүрөт. Паруска аракет кылган шамалдын күчүн ажыратуу.

Кайыкты тумшугун илгери карата жылдыруучу күчтү билүү үчүн, адегенде шамалдын басуу AB күчүн түзүүчү эки күчкө ажыраталы: AV парусту бойлото кеткен күч жана AM—парустун тегиздигине перпендикуляр болгон күч. Парусту бойлото багытталган түзүүчү AV күчү кайыкты жылдыра албайт. Түзүүчү AM күчү да бүт бойдон кайыкты тумшугу караган жакка жылдыра албайт. Бирок бул акыркы күчтү кайрадан эки түзүүчүлөргө ажыратууга болот: AE—кайыкты бойлото кеткен жана AD—кайыктын туурасынан кеткен. Кыймылга келтирүүчү күч—түзүүчү AE болот.

12-көнүгүү.

1. Телеграф сымына тоңгон муз анчалык көп болбосо да, кайсы бир убакта тонголок кезинде телеграф сымы эмнеликтен үзүлүп калат?

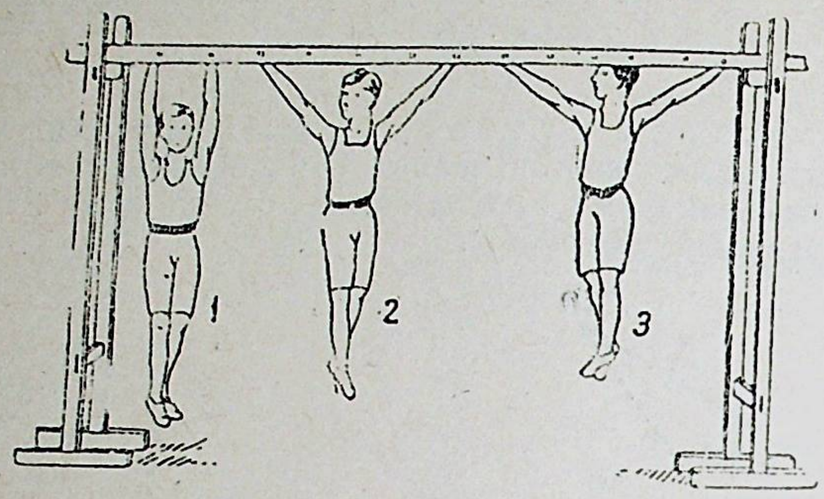
2. Гамактын жиптери үзүлүп кетүү коркунучунан кайсы убакта алыс болот: типе-тик сыяктанып асылып тургандабы же горизонталь болуп керилип тургандабы?

3. Эгер сиздин денеңиз гамак менен эки ортодо 120° бурч түзсө, денеңиздин салмагынын аракети астында гамактын жиптеринин керилишин аныктагыла.

4. Байланма аэростат бекем байланып коюлган аркан жердин бети менен 60°бурч түзөт. Аэростаттын көтөрүү күчү 1000 $кГ$ га барабар. Аэростаттын

аркандыкерип турушун жана аэростатка аракет кылган желдин горизонталь күчүн тапкыла.

5. Ар биринин салмагы 45 *кГ* болгон үч бала, 75-сүрөттө көрсөтүлгөндөй, горизонталь шатыны колдору менен кармап асылып турат. Биринчи баланын эки колу бири-бирине жарыш, экинчисиники өз ара 90° бурч түзөт, үчүнчүсүнүкү 120° бурч түзөт. Ар бир баланын колдорунун керилишин тапкыла.



75-сүрөт. № 5-маселеге.

6. Жантык тегиздиктеги бочканы жантык тегиздик менен 45° бурч түзгөн жип кармап турат. Аракет кылуучу бардык күчтөрдүн векторлорун көрсөтүү жана ар бир күчтүн аракети эмнеде турганын түшүндүрүү керек.

7. Салмагы 90 *кГ* болгон шар узундугу 2,25 *м*, бийиктиги 1,35 *м* келген жантык тегиздикте жатат. Шардын тоголонуп кетишине тоскоолдук кылуу үчүн шарга, тегиздиктин негизине жарыш кылып, кандай күчтү жумшоо керек?

Жообу: 54 *кГ*.

8. Салмагы 48 *кГ* болгон шар узундугу 5 *м* жана бийиктиги 3 *м* болгон жантык тегиздиктин үстүндө жатат. Кыймылдатуучу күчтү жана тегиздикке баскан күчтү тапкыла.

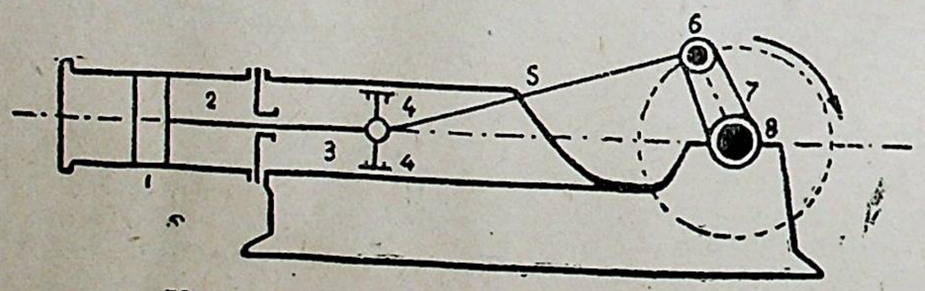
Жообу: 28,8 *кГ*.; 38,4 *кГ*.

9. Электр лампасы стол үстүндө шнурга жана горизонталь тартуучуда асылып турат. Лампанын салмагы $P=0{,}8$ *кГ*, шнур горизонт менен 60° бурчту түзөт. Шнурдун жана жиптин тартылуу күчүн тапкыла.

Жообу: $\approx 0{,}92$ *кГ*; $\approx 0{,}46$ *кГ*.

10. Трамвай сымы тростун жардамы менен эки устунга асылып коюлган. Устундар ортосундагы аралык (түз сызык боюнча) 20 *м* ге барабар. Ийилиши $h=0{,}2$ *м*, сымдын өзүнүн салмагы менен асылган точкасына аракет кылган күчү 17,8 *кГ* га барабар. Тростун тартылышын тапкыла.

Жообу: 445 *кГ*.



76-сүрөт. Шатун-кривошип механизми.

11. Буу машинасындагы поршендин аянты $S=300$ *см*^{2}; буунун басымы $p=10\ \frac{кГ}{см^2}$. Эгерде шатун (5) шток (3) менен 150° бурч түзсө (76-сүрөт), шатунду (5) бойлоп аракет кылуучу күч жана багыттоочуга (4) болгон басымдын күчүн тапкыла.

Жообу: 3464 *кГ*; 1732 *кГ*

12. Салмагы 9 *кГ* келген фонарь *ABC* кронштейнде асылып коюлган. Горизонталь стержень $AB=1{,}2$ *м*, жантык стержень $BC=1{,}5$ *м*. Дубалда *C* чекити *A* дан жогору турат. *AB* стерженин кысуучу күчтү жана *BC* стерженин созуучу күчтү тапкыла.

Жообу: 12 *кГ*; 15 *кГ*.

13. Салмагы $P=18$ *кГ* болгон фонарь *ACB* кронштейн үстүнө устунга асылып коюлган. Горизонталь стержендин узундугу $AB=96$ *см*; жантыктын (жантык стержендин) узундугу $BC=120$ *см*. Устунда *A* точкасы *C* точкасынан жогору турат. *AB* стерженин созуучу күчтү жана *BC* стерженин кысуучу күчтү тапкыла.

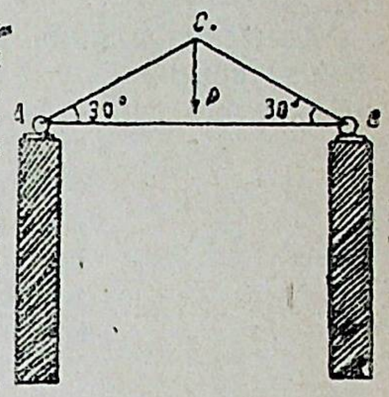
Жообу: 24 *кГ* жана 30 *кГ*.

14. Дубалдык крандын *AB* тартуучусунун узундугу 2,5 *м* ге барабар; дубал боюнча тартуучунун учтары менен *AC* жантыктын ортосундагы аралык 1 *м* ге барабар. Кранда 960 *кГ* жүк асылып турат. Эгерде тартуучу дубалга перпендикуляр болсо, тартуучунун созуу күчүн жана кыйгачтын кысуу күчүн тапкыла.

Жообу: 2400 *кГ*; $480\sqrt{29}$ *кГ*.

15. Стропила горизонталь *AB* устун менен 30° бурч түзүшөт (77-сүрөт). Стропилалар бириккен жерге салмагы $P=10\,000$ *кГ* жүк асылып турат. Стропилалар созгон P_1 күчтүн чоңдугун жана дубалына басуучу P_2 күчүн аныктагыла.

Жообу: 8 650 *кГ*; 5000 *кГ*.



77-сүрөт.

16. Автомобиль ылайга тыгылып калды. Аны тартып чыгаруу үчүн шофёр бекем аркандын бир учун машинага экинчи учун алды жакта 12 *м* жерде турган жыгачка байлап койгон. Анан кийин шофёр аркандын ортосунан анын узундугуна перпендикуляр түрдө 40 *кГ* күч менен баскан жана 60 *см* илгерилеген. Аркан чоюлган жок деп эсептеп, бул учурда автомобилге аракет кылган күчтү аныктагыла.

Жообу: 200 *кГ*.

АДАБИЯТ.

Перельман, Физикалык хрестоматия, 1-чыгарылышы, макалалар „Парус кемечилиги“, 84-бет, „Аэроплан“, 87-бет.

Перельман, Эрмек кылуучу физика, 1-бөлүк, „Кагаз батпарак эмнеликтен көтөрүлүп учат“, 44-бет. „Тирүү аэропландар“, 46-бет.

Жабров, Учкуч машиналар.

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

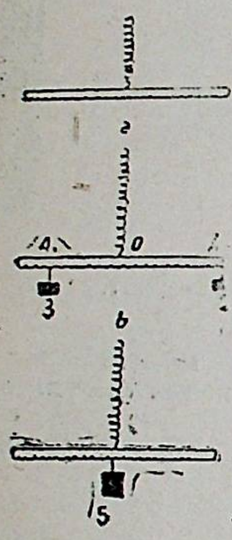
1. Тең салмактоочу күч деп эмнени айтат?
2. Эки күч бири-бири менен качан салмактанышат?
3. Статикада катуу нерсеге кандай касиет таандык?
4. Катуу нерседеги күч жумшалган точканы кандайча көчүрүүгө болот?
5. Тең аракет кылуучу күч деп эмнени айтат? Түзүүчү күчтөр депчи?
6. Нерсенин бир точкасына бир жакка аракет кылган эки күчтүн тең аракет кылуучусу эмнеге барабар? Карама-каршы жаккачы?
7. Нерсенин бир точкасына бурч менен аракет кылган эки күчтүн тең аракет кылуучусу эмнеге барабар?
8. Тең аракет кылуучунун чоңдугу түзүүчүлөрдүн ортосундагы бурчка кандайча көз каранды болот?
9. Нерсенин бир точкасына аракет кылган бир нече күчтөрдүн тең аракет кылуучусу кандайча табылат?

69. Бир жакка багытталган жарыш күчтөрдү кошуу. Кандай да болсо бир катуу нерсеге аракет кылуучу жарыш

күчтөрдү кошуу маселесине, толуп жаткан учурларда кезигүүгө туура келет (айыл чарбасындагы жабдыкка жарыш постромкаларга бир нече атты чегүү; катуу нерсенин үстүнө коюлган бир нече жүктүн ошол нерсеге аракет кылышы ж.б.).

Бир жакка багытталган эки жарыш күчтү кошуунун эрежесин чыгаруу үчүн, жеңил түз сызгычты сызгыч горизонталь болуп орношкондой кылып (78-сүрөт) вертикаль турган миллиметрдик кагаз жабыштырылган тактайга кагылган мыкка пружина менен асып коёлу.

Сызыкча илинип коюлган илмектерге кандай да болсо эки жүктү асып коёлу жана сызгыч жаңы авалда жаңыдан горизонталь түрдө турганга чейин илмектерди жылдыралы. Солдогу жана ондогу жүктөрдүн F_1 жана F_2 нин чоңдуктарын жазып коёлу жана миллиметрдик кагаздын тууралсына сызгыч келип токтогон бөлүнүүлөрүн белгилеп коёлу. Анан жүктөрдүн экөөн да алалы жана үчүнчү илмекке башка жүктү илели, бирок бул жүк сызгычты баштагы эки жүк алып келген авалга келтире алгандай болуу керек.



78-сүрөт. Жарыш күчтөрдүн тең аракет кылуучусун издөө.

Сызгычка бир жүк аракет кылган күч, сызгычка аракет кылган баягы эки жүктүн эки күчүнүн тең аракет кылуучусу болуп чыкканы көрүнүктүү.

Тең аракет кылуучу R дин чоңдугун жана ал коюлган O точкасынан F_1 жана F_2 түзүүчү күчтөр коюлган A_1 жана A_2 точкаларына чейинки A_1O жана A_2O аралыктарынын чоңдугун сызып коёлу (78-сүрөт). Сызгычтын түрдүү жерлерине түрдүү жүктөрдү асып, ченөөлөрдү кайталайлы жана ар бир жолу жогоруда айтылган жазууларды жаза баралы.

Тажрийба бүткөндөн кийин, ушундай тажрийбалардын бирөөнөн алынган жана төмөндө көрсөтүлгөн таблицага окшош таблица түзүлөт.

Тең аракет кылуучунун чоңдугун үчүнчү тик сап берет. Тең аракет кылуучу түзүүчүлөрдүн суммасына барабар экенин биз андан көрөбүз. Тең аракет кылуучу түзүүчүлөргө жарыш түрдө жана алар менен бир жакка багытталган. A_1 жана A_2 түзүүчүлөр коюлган точкалардын авалын төртүнчү жана бешинчи тик саптар көрсөтөт.

Алтынчы жана жетинчи тик саптарда ар бир күчтү, анын жумшалган точкасынан тең аракет кылуучу күч жумшалган точкага чейинки аралыкка көбөйтүлгөн көбөйтүндү жазылган. Бул көбөйтүндүлөр ар бир тажрийбада өз ара барабар болуп чыгат. Эгерде чоңдуктардын эки сан маанилеринин көбөйтүндүсү, ошол эле чоңдуктардын башка эки сан маанилеринин көбөйтүндүсүнө барабар болсо, анда мындай чоңдуктар тескери пропорциялуу деп айтылат: ошентип, F_1 менен F_2 түзүүчү күчтөр жана A_1O менен A_2O аралыктары тескери пропорциялуу болот.

F_1	F_2	R	A_1O	A_2O	$F_1 \cdot A_1O$	$F_2 \cdot A_2O$
1	5	6	50	10	50	50
9	6	15	24	36	216	216
4	2	6	20	40	80	80
5	3	8	22	37	110	111
3	1	4	15	44	45	44
7	13	20	39	21	273	273
11	4	15	16	44	176	176

Бул текшерүүдөн жарыш күчтөрдү кошуунун төмөнкү эрежеси келип чыгат.

1. Бир жакка багытталган эки жарыш күчтүн тең аракет кылуучусу аларга жарыш, ошол эле жакка багытталган жана алардын суммасына барабар болот:

$$F_1 \parallel R \parallel F_2; \qquad R = F_1 + F_2. \qquad \text{(XIIIa)}$$

2. Тең аракет кылуучу жумшалган точка түзүүчүлөр жумшалган точкалар ортосундагы аралыкты күчтөргө тескери пропорциялуу болгон кесиндилерге бөлөт:

$$F_1 \cdot A_1O = F_2 \cdot A_2O. \qquad \text{(XIII б)}$$

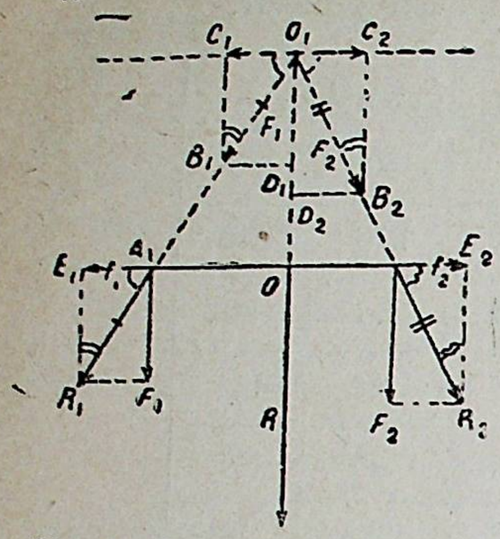
Бир жакка багытталган жарыш күчтөрдү кошуу эрежесин теория жолу менен чыгарууга болот.

Кандай да болсо бир катуу нерсеге эки жарыш күч: A_1 точкасына F_1 күчү жана A_2 точкасына F_2 күчү жумшалган дейли (79-сүрөт).

Бул күчтөрдүн тең аракет кылуучу күчтөрүн табуу үчүн бир эле точкага бурч боюнча аракет кылуучу күчтөрдү кошуунун бизге белгилүү болгон эрежесин пайдалануу керек.

Бул максат менен A_1 жана A_2 точкаларына A_1A_2 нин уландысынын багыты боюнча багытталып барабар болгон карама-каршы эки f_1 жана f_2 күчтөрүн коёлу. Мындай эки күчтөр 60-а § негизинде өз ара тең салмактанышат. Демек, нерсеге төрт күчтөрдүн F_1, F_2, f_1 жана f_2 нин кылган аракети баштагы эки күчтүкүндөй эле болот. Ошентип, күчтөрдүн нерсеге болгон аракетин өзгөртпөй туруп, F_1 жана f_1 күчтөрүн тең аракет кылуучу R_1 менен, F_2 жана f_2 күчтөрүн тең аракет кылуучу R_2 менен алмаштыра алабыз жана бул тең аракет

кылуучулардын экөөн тең нерсенин бир точкасында, алардын кесишкен O точкасына, атап айтканда O_1B_1 ($O_1B_1=R_1$) жана O_1B_2 ($O_1B_2=R_2$) авалга көчүрө алабыз.



79-сүрөт. Бир жакка багытталган эки жарыш күчтү кошуу эрежесин чыгарууга карата.

O_1 точкасында баштагы тең аракет кылуучулардын ар бирөөн: C_1C_2 кесиндиси A_1A_2 ге жарыш болгон жана O_1O кесиндиси F_1 менен F_2 ге жарыш болгон багыттар боюнча эки түзүүчүгө ажыраталы, мындан бардык күчтөрдүн акыркы аракети боюнча эле өзгөрүлбөй кала берет.

$O_1C_1B_1$ жана $A_1E_1R_1$, $O_1C_2B_2$ жана $A_2E_2R_2$ үч бурчтуктарда тиешелүү жактары барабар болгондуктан, алар барабар; демек $O_1C_1=f_1$, $B_1C_1=F_1=O_1D_1$, $O_1C_2=f_2$; $B_2C_2=F_2=O_1D_2$.

f_1 жана f_2 күчтөрү өз аракеттеринде өз ара тең салмактанышат жана баягыдай эле бардык аракет мурунку F_1 жана F_2 күчтөрүнө келет, бирок мында алар бир точкага жумшалган бир түз сызык боюнча бир жакка багытталган болот.

Алардын тең аракет кылуучусу алардын суммасына барабар ($R=F_1+F_2$) жана берилген күчтөргө жарыш түрдө, алар менен бир жакка багытталган болот.

Анын жумшалган точкасын анын багыты жана түзүүчүлөр жумшалган точкаларды бириктирүүчү түз сызык менен кесишкен жерде жаткан O точкасына көчүрүүгө болот. Бул точканын авалын окшош үч бурчтуктарды салыштыруудан аныктоого болот:

$O_1B_1D_1$ жана A_1O_1O; $O_1B_2D_2$ жана A_2O_1O.

Булардын ичинде:

$$\frac{O_1D_1}{B_1D_1}=\frac{O_1O}{A_1O};\quad \frac{O_1D_2}{B_2D_2}=\frac{O_1O}{A_2O};$$

$$O_1D_1=F_1;\ O_1D_2=F_2;\ B_1D_1=B_2D_2.$$

Барабардыктарды мүчөлөтө бөлгөндө: $\frac{F_1}{F_2}=\frac{A_2O}{A_1O}$ келип чыгат.

Ошол эле бир катуу нерсеге аракет кыла турган бир топ жарыш күчтөрдүн тең аракет кылуучусун табуу керек болсо, анда жогоруда чыгарылган эреже боюнча эки жарыш күчтү кошуу керек, анан кийин табылган ар бир тең аракет кылуучуну алиге кошула элек жарыш күчтөрдүн бири менен кошуу керек.

Мисалдар: 1. Нерсеге (80-сүрөт) эки жарыш, бирдей багытталган $F_1=4кГ$ жана $F_2=5\ кГ$ күч аракет кылат; алар жумшалган точкалар ортосундагы аралык $A_1A_2=36\ см$. Алардын тең аракет кылуучусун тапкыла:

$$F_1 \parallel R \parallel F_2;\ R=F_1+F_2=4\ кГ+5\ кГ=9\ кГ.$$

Тең аракет кылуучу жумшалган точкасын табуу үчүн, анын A_1O аралыгын, түзүүчү жумшалган A_1 точкасына чейин, x ар-

кылуу белгилейли, ошондо экинчи түзүүчүгө чейинки аралык: $A_2O=36-x$ жана $F_1x=F_2(36-x)$;

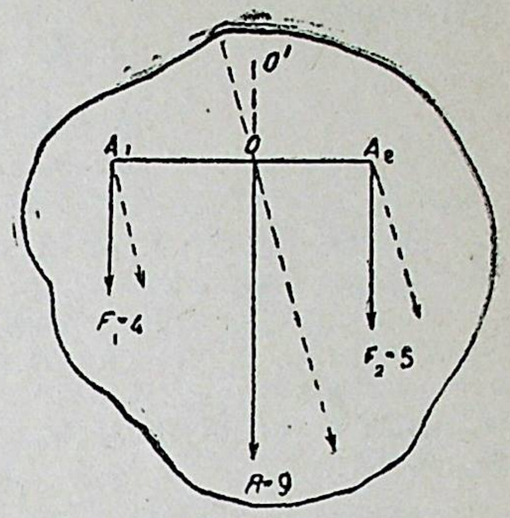
$4x=5\ (36-x)$; $4x=180-5x$; $9x=180$; $x=20\ см$.

2. Нерсеге бирдей багыттагы эки жарыш күч аракет кылат: $F_1=5\ кГ$ жана $F_2=7кГ$. Тең аракет кылуучу жумшалган O точкасы F_1 күчү жумшалган A_1 точкасынан 35 $см$ алыс турат. Тең аракет кылуучунун чондугун жана түзүүчүлөр жумшалган точкалар ортосундагы аралык A_1A_2 ни тапкыла: $R=F_1+F_2$; $R=5\ кГ+7кГ=12кГ$.

A_1A_2 аралыгын x аркылуу белгилейли; $A_1O=35$ экендиги берилген, анда: $A_2O=x-35$. Бирок $F_1\cdot A_1O=F_2\cdot A_2O$; $5\cdot35=7(x-35)$;

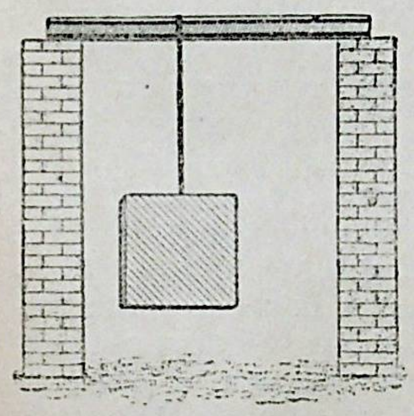
$175=7x-245$; $7x=420$; $x=60\ см$.

70. Жарыш күчтөрдүн борбору. Жогоруда көрсөтүлгөн эреже боюнча түзүүчү күчтөр жумшалган точкаларды бириктирүүчү сызыктагы жарыш күчтөрдүн, тең аракет кылуучусу жумшалган точка жарыш күчтөрдүн борбору деп аталат.



80-сүрөт. O точкасы—жарыш күчтөрдүн борбору.

Бардык жарыш күчтөрдүн өз багыттары бирдей бурчтарга өзгөрсө, жарыш күчтөрдүн борбору O нерсенин ичиндеги өз авалын сактап кала берет (80-сүрөттөгү пунктир сызыктар). Мындай точка нерсенин бирден-бир точкасы болуп эсептелет. Кошулуучу жарыш күчтөр ар кандай багытта болгондо тең аракет кылуучу күчтүн жумшалган точкасы болуп нерсенин башка эч бир точкасы, O' точкасы, кызмат кыла албай тургандыгы чиймеден көрүнүп турат.



81-сүрөт. Устундун колонналарга басышы.

Жарыш күчтөрдүн борборунун авалы гана алардын багыттарына көз каранды эмес.

71. Күчтү эки жарыш түзүүчү күчкө ажыратуу. Күчтү жарыш түзүүчү күчкө ажыраткан учурда түзүүчүлөрдүн экөө тең жумшалган точкалардын авалы же болбосо түзүүчүнүн бирөөнүн өлчөмү жана ал жумшалган точканын авалы берилген болуу керек.

Мисалдар. 1. Узундугу 4,5 $м$ келген устундун эки учу эки колоннанын үстүнө тирелип турат; солдогу колоннадан 2 $м$ аралыкта 540 $кГ$ оордугундагы жүк асылып турат. Жүктүн эки колоннага басуу күчүн тапкыла (81-сүрөт).

Жүктүн колонналарга басуу күчтөрү тик (вертикаль) күчтөр болот, демек, алар жүктүн салмагына жарыш келет. Алардын суммасы жүктүн салмагына барабар болууга тийиш. Эгерде солдогу колоннага басуу күчүн x *кГ* аркылуу белгилесек, анда ондогу колоннага басуу күчү $540кГ-x$ *кГ* болуп чыгат. Түзүүчүлөр болгондуктан бул эки күч үчүн төмөнкү барабардыкты түзүүгө болот:

$$2x=2{,}5\ (540-x);$$
$$20x=13\,500-25x;$$
$$45x=13\,500;$$
$$x=300;\ F=300\ кГ;$$
$$F_1=540кГ-300\ кГ=240\ кГ.$$

2. 600 *кГ* келген күчтү эки түзүүчү жарыш күчкө ажыраткыла, булардын бирөө 240 *кГ* га барабар болуп, тең аракет кылуучу (берилген күч) жумшалган точкадан 1,44 *м* ары жумшалган.

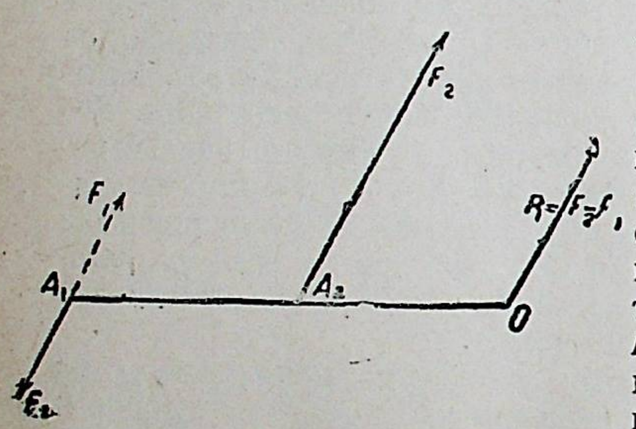
Бул маселе, экинчи күчтүн чоңдугун жана берилген күч менен биринчи түзүүчүгө жумшалган точкаларды бириктирген түз сызыктагы анын жумшалган точкасынын авалын издөөгө керек болуп калат.

Изделген түзүүчүнүн чоңдугу, $F_1=600\ кГ-240кГ=360кГ$.

Берилген күч жумшалган точкадан, изделүүчү күч жумшалган точкага чейинки аралыкты x аркылуу белгилейли. Ошондо:

$$1{,}44\cdot240=360\cdot x;\ x=0{,}96\ м \text{ болот.}$$

72. Карама-каршы багытталган эки жарыш күчтөрдү кошуу. A_1 жана A_2 точкаларына жумшалган карама-каршы эки жарыш F_1 жана F_2 күч нерсеге аракет кылат (82-сүрөт). Чоңурак болгон F_2 күчүн эки түзүүчүгө ажыраталы, бул түзүүчүлөрдүн бирөө F_1 күчүнө барабар болуп, аны менен бир A_1 точкасына жумшалган болуу керек; ошондо түзүүчүлөрдүн экинчиси F_2-F_1 айырмасына барабар болот жана F_2 күчүнүн экинчи жагында, авалы маалум эмес O точкасына коюлган болот. Мындайча ажыраткандан кийин берилген F_1 жана F_2 эки күчтүн ордуна нерсеге үч күч аракет кылат F_1, F_1 жана F_2-F_1 күчтөрү калат. Бирок барабар болуп карама-каршы жана бир A_1 точкасында жумшалган F_1 жана F_1 күчтөрүнүн аракети өз ара жоголушат, ошондуктан бардык күчтөрдүн аракети O точкасында коюлган бир гана F_2-F_1 күчүнүн аракети болуп калат. Ошентип $R=F_2-F_1$ күчү берилген F_1 жана F_2 эки күчтөрдүн тең аракет кылуучусу боло алат.



82-сүрөт. Карама-каршы жактарга багытталган эки жарыш күчтүн тең аракет кылуучусу.

Ал коюлган точканын авалын аныктоо үчүн F_2 күчүн түзүүчү эки F_1 жана F_2-F_1 күчкө ажыратуу эрежеси боюнча төмөнкү барабардыктар болууга тийиш экендигин эскерели:

$$F_1\cdot A_1A_2=(F_2-F_1)\cdot A_2O;\ F_1\cdot A_1A_2=F_2\cdot A_2O-F_1\cdot A_2O;$$
$$F_1\cdot A_1A_2+F_1\cdot A_2O=F_2\cdot A_2O;\ F_1(A_1A_2+A_2O)=F_2\cdot A_2O,$$
бирок $A_1A_2+A_2O=A_1O$; ошондо $F_1\cdot A_1O=F_2\cdot A_2O$.

Мындан төмөнкү корутундулар чыгат:

1. Карама-каршы багытталган эки жарыш күчтүн тең аракет кылуучусу алардын айырмасына барабар, аларга жарыш жана чоң күч жакка багытталган болот.

$$\boxed{R=F_2-F_1.} \qquad \text{(XIV а)}$$

2. Тең аракет кылуучу күчтүн жумшалган точкасы түзүүчү күчтөрдүн точкаларын бириктирүүчү түз сызыктын уландысы үстүндө, чоңурак болгон күчтүн ары жагында, түзүүчү күчтөргө тескери пропорциялуу болгон аралыктарда жатат:

$$\boxed{F_1\cdot A_1O=F_2\cdot A_2O.} \qquad \text{(XIV б)}$$

Мисал. Карама-каршы багыттагы эки жарыш $F_1=6кГ$ жана $F_2=10\ кГ$ күчтөр нерсеге жумшалган (82-сүрөт). Бул күчтөр жумшалган точкалар ортосундагы аралык 36 *см* ге барабар. Алардын тең аракет кылуучусун тапкыла.

Тең аракет кылуучу $R=F_2-F_1=10кГ-6кГ=4кГ$; ал түзүүчүлөргө жарыш, чоңурак күч жакка багытталган, чоңурак күч жагынан A_1A_2 сызыгынын уландысына коюлган. Ал жумшалган O точкасын табуу үчүн, эң жакын коюлган точкага чейинки анын аралыгын x аркылуу белгилейли; $A_2O=x$; ошондо:

$$A_1O=A_1A_2+x \text{ жана } F_1\ (A_1A_2+x)=F_2x;\ F_1\cdot A_1A_2+F_1x=F_2x;$$

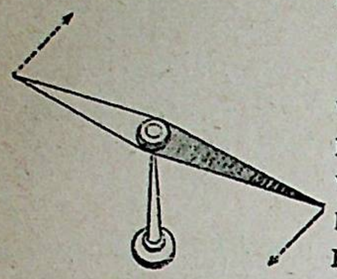
$$F_2x-F_1x=F_1\cdot A_1A_2 \text{ жана } (F_2-F_1)x=F_1\cdot A_1A_2;\ x=\frac{F_1\cdot A_1A_2}{F_2-F_1};$$

$$x=\frac{6\cdot36}{4}=54;\ A_2O=54\ см;\ A_1O=90\ см.$$

73. Кош күчтөр. Нерсеге, барабар болгон жарыш жана карама-каршы эки күч аракет кылган учур техникада өтө көп кезигет. Мындай эки күч кош күчтөр деп аталышат. Кош күч көчүргүч пресстин туткасына аракет кылат, шофер же матрос рулду айландырганда ага кош күчтү жумшайт, компастын магниттүү стрелкасына да кош күч аракет кылат ж. б. (83-сүрөт).

Кош күчтүн тең аракет кылуучусун издөөдөн мурда, карама-

каршы багыттагы жарыш эки күчтүн чоңдуктары ортосундагы айырма (калдык) улам кичирейип барганда бул эки күчтүн тең аракет кылуучусу өз чоңдугун жана авалын кандайча өзгөрткөнүн көрөлү.



83-сүрөт. Кош күч.

Мисалы, 10 *кГ* жана 11*кГ* келген күчтөр үчүн тең аракет кылуучуну табабыз, андан кийин 10 *кГ* жана 10,1 *кГ* келген күчтөр үчүн, андан ары 10 *кГ* жана 10,01 *кГ* келген күчтөр үчүн табабыз. Түзүүчүлөрдү жумшоо точкалардын ортосундагы аралыкты бардык учурларда 36 *см* кылып алабыз.

Ошондо биринчи учур үчүн:

$$R=F_2-F_1=1кГ;\ x=\frac{F_1\cdot A_1A_2}{F_2-F_1}=\frac{10\cdot 36}{1}=360;$$

$$x=360\ см=3{,}6м.$$

Экинчи учур үчүн:

$$R=0{,}1\ кГ;$$

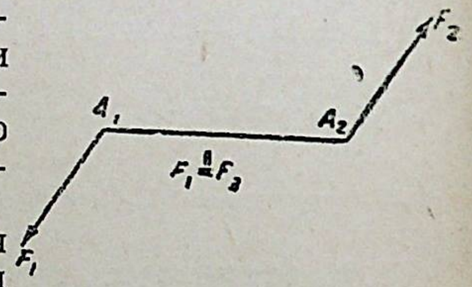
$$x=\frac{10\cdot 36}{0{,}1}=3600;\ x=36\ м.$$

Үчүнчү учур үчүн:

$$R=0{,}01кГ;\ x=\frac{10\cdot 36}{0{,}01}=36\ 000;\ x=360\ м.$$

Келип чыккан сандарды салыштырганда, карама-каршы багыттагы жарыш эки күчтүн чондугунун айырмасы азайган сайын, алардын тең аракет кылуучусу кичирейет, ал эми анын жумшалган точкасы түзүүчүлөрдүн жумшоо точкаларынан уламдан-улам алыстай бергенин көрөбүз.

Күчтөрдүн экөө тең барабар болуп калгандан кийин башкача айтканда, к о ш к ү ч т ү түзгөндөн кийин (84-сүрөт), кош күчтүн тең аракет кылуучусу нулга айланат, ал эми аны жумшоо точкасы болсо, математикада айтылгандай, түзүүчүлөрдү жумшоо точкасынан чексиз чоң аралыкка алыстап кетет.



84-сүрөт. Кош күч.

Чындыгында да, эгерде биз кош күч үчүн тең аракет кылуучунун чондугун жана жумшалган точкасын 72-§ та (мисалды кара) табылган эреже боюнча издей турган болсок, анда биз төмөнкүнү табабыз:

$$R=F_2-F_1=0\ \text{жана}\ x=\frac{F_1\cdot A_1A_2}{F_2-F_1}=\frac{F_1\cdot A_1A_2}{0}=\infty.$$

Ошентип, кош күчтүн тең аракет кылуучусу нулга барабар болор эле жана чексиздикте жумшалган болор эле.

Бул, *кош күчтүн тең аракет кылуучусу жок дегенге жатат.*

Эгерде кош күчтү бир күч менен алмаштырууга болбосо, кош күч нерсеге теңелме кыймылды бере албайт деген болот. *Кош күч нерсеге жалаң айландыруу кыймылын гана өткөрө алат.*

13-көнүгүү.

1. Узундугу 5,4 *м* келген устунга бир учунан 2,4 *м* ары жерде 810 *кГ* жүк асылып турат. Устундун учтары жаткан колонналарга жүктүн басуу күчүн тапкыла. *Жообу*: Эң жакын колоннага 450 *кГ*.

2. Узундугу 1,2 *м* болгон, ийилбей турган стержендин учтарында жарыш бирдей багыттагы күчтөр: $F_1=5кГ$ жана $F_2=7\ кГ$ аракет кылат. Алардын тең аракет кылуучусу кайсы точкада жумшалган болот? *Жообу*: Биринчи күчтөн 0,7 *м* аралыкта.

3. Узундугу 6 *м* болгон тактайдын бир учуна $F_1=20\ кГ$ күч коюлган, ошол эле учунан 1,8 *м* арыраак жерге биринчи күчкө жарыш жана карама-каршы багыттагы экинчи $F_2=32\ кГ$ күчү коюлган. Булардын тең аракет кылуучусун жана тең аракет кылуучунун жумшалган точкасын тапкыла: *Жообу*: $R=12\ кГ$; $AO=3\ м$.

4. Нерсеге жарыш жана карама-каршы болгон эки күч: $F_1=10\ кГ$ жана $F_2=15\ кГ$, бири биринен 36 *см* аралыкта коюлган. Тең аракет кылуучу жумшалган точкасын тапкыла. *Жообу:* $A_2O=72\ см$

5. 120 *кГ* келген күчтү жарыш жана карама-каршы багытта болуп, берилген күчтөн 1 *м* жана 80 *см* ары турган эки күчкө ажыраткыла. *Жообу*: Эң жакын жердеги түзүүчү 600 *кГ* га барабар.

6. 160 *кГ* келген күчтү жарыш жана карама-каршы багытта болгон эки күчкө ажыраткыла, булардын бирөө 40 *кГ* га барабар болуп берилген күчтөн 1,2 *м* ары жерге жумшалсын. *Жообу:* 200 *кГ*; 24 *см*.

7. Күрөктүн үстүндө 16 *кГ* келген жүк жатат. Жүк коюлган точкалар ары жаткан күрөктүн сабын сол кол кармаган жерге караганда үч эсе көп болгон жерден (аралыктан) күрөктү оң кол кармап турат. Күрөктү тең салмакта кармоо үчүн оң жана сол колдун күчү кайда багытталууга тийиш? Жүк эки колдун ар бирөө аракет кылган күчтөр кайсы жакка багытталган? Күрөктүн салмагын эсепке албастан оң кол жана сол кол жумшалган күчтү эсептеп чыгаргыла. *Жообу:* Сол колдуку 24 *кГ*.

8. Узундугу 6 *м* жана салмагы 140 *кГ* келген устун эки учу менен колонналар үстүнө коюлган. Сол жактан эки метр ары жерге 600 *кГ* келген жүк асылган. Колонналарга басуу күчүн тапкыла. *Жообу*: Сол жактагы колоннага 470 *кГ* басат.

9. Узундугу 8 *м* жана салмагы 160 *кГ* келген устундун эки учу эки колонна үстүндө жатат. Сол жактан 2 *м* жана 6 *м* болгон аралыктарда бирөөнүн салмагы 300 *кГ*, экинчисиники 500 *кГ* болгон эки жүк асылып коюлган. Колонналарга басуу күчүн тапкыла. *Жообу*: Сол колоннага 430 *кГ* басат.

2. Нерселердин оордук борбору жана алардын авалдарынын турумдуулугу

74. Нерсенин оордук борбору. Нерсенин өлчөмү анчалык чоң болбогон[1] учурларда, анын бөлүкчөлөрүнө аракет кылуучу оордук күчтөрүн жарыш күчтөр деп алууга болот.

---

[1] Бири-бирине 31 *м* аралыкта турган эки точкадагы оордук күчтөрүнүн багыттары 1″ дагы бурчтук түзүшөт.

Мындай учурда жарыш күчтөрдүн борбору оордук борбору деп аталат.

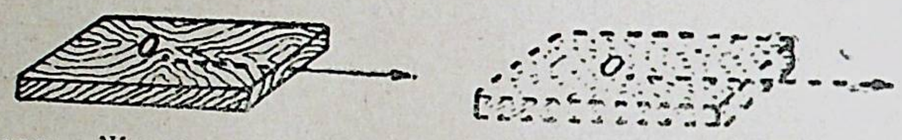
Демек, *оордук борбору—нерсенин айрым бөлүкчөлөрүнө аракет кылган бардык жарыш оордук күчтөрүнүн борбору болот.*

Нерсе, оордук күчүнүн багытына салыштырганда, кандайча бурулса да, оордук борбору, жарыш күчтөрдүн борбору сыяктуу, нерсенин ичинде белгилүү авалды алып турат.

Нерсенин айрым бөлүкчөлөрүнө аракет кылган оордуктун бардык күчтөрүнүн тең аракет кылуучу жана оордук борборуна жумшалган күчү, нерсенин салмагы болот.

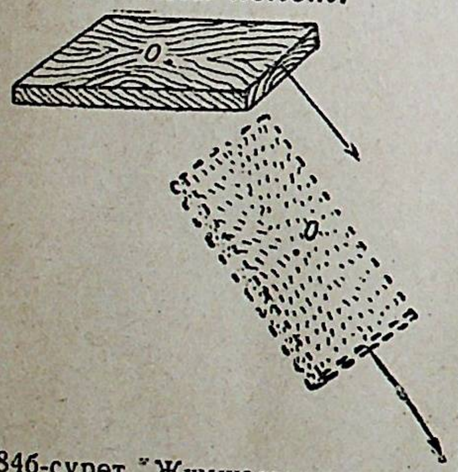
Нерсенин салмагы, аны кыймылга келтирбес үчүн белгилүү бир шарттар колдонулуу керек.

Эгерде нерсе бир точкада бекитилген болсо (нерсе асылып турса же болбосо тиретилген болсо) жана тынч авалында турса, *анда оордук борбору жана тирөө точкасы бир вертикалда жатат*: тирөө точкасынын тоскоолдугу нерсенин салмагы менен тең салмактанат жана нерсе тынч турат (68—92-сүрөттөрдү кара).



84а-сүрөт. Жушмалган күчтүн багыты оордук борбору аркылуу өтөт.

Эгерде нерсе эки точкада бекитилген болсо (тирөө огу болсо), анда *оордук борборунан* (оордук күчүнүн багыты) *өтө турган вертикаль тирөө огун кесип өткөн учурда гана нерсе тынч авалга келет.*



84б-сүрөт. Жумшалган күчтүн багыты оордук борбору аркылуу өтпөйт.

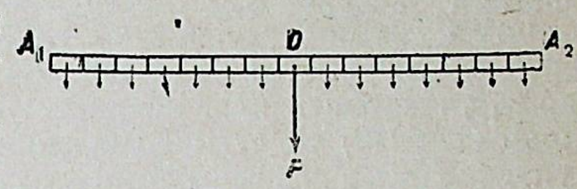
Эгерде нерсе үч точкага тирелсе (тирөө аянты), анда *оордук борборунан өтө турган вертикаль, тирөө аянтын кесип өткөн учурда* гана нерсе тынч авалга келет.

Эгерде нерсенин бир дагы бекитилген точкасы жок болсо, анда нерсе күчтүн таасири астында кыймылга келет. Бул кыймыл эки түрдүү болууга мүмкүн. Эгерде күчтүн багыты оордук борборунан өтсө, нерсе теңелме кыймылда болот. (84а-сүрөт). Эгерде күч оордук борбору аркылуу багытталбаса, анда күч оордук борбору аркылуу багытталганга чейин, нерсе айлана берет, жана күч оордук борбору аркылуу өткөндө нерсе теңелме кыймылга өтөт (84б-сүрөт).

Автомобилдер, самолёттор, жана башка транспорттук машина-

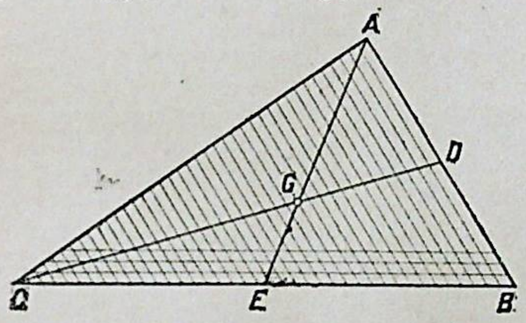
налар теңелме кыймылда кыймылдашы үчүн, кыймылдаткычтарды кыймылдаткыч күчтөрүнүн багытын машинанын оордук борбору аркылуу өткөндөй кылып орнотуу керек. Мындан, нерсенин оордук борборун таба билүүнүн кандай мааниси бар экендиги көрүнүп турат.

75. Эң жөнөкөй геометриялык формадагы нерселердин оордук борборун аныктоо. 1. Бир тектүү ичке стержендин оордук борборун (85-сүрөт) төмөнкүчө талкуулоо жолу менен табууга болот. Бул стерженди толуп жаткан майда болгон бирдей көлөмдөргө бөлөбүз. Стержендин бир тектүүлүгү, стержендин бардык бөлүктөрүндөгү, бирдей көлөмдөрдүн салмагы да барабар болот дегенди билдирет. Ошондуктан биз стержендин узунундагы иреттүү точкаларга бирдей күчтөр жумшалган деп карай алабыз. Стержендин ортосунан бирдей аралыкта турган точкаларга жумшалган бирдей жарыш күчтөрдү ирети менен экилеп кошо келгенде, мындай эки күч үчүн, алардын тең аракет кылуучусу стержендин ортосуна жумшала тургандыгын, демек, жарыш күчтөрдүн бардыгынын тең аракет кылуусу да стержендин ортосуна жумшала тургандыгын табабыз. Демек, *бир тектүү стержендин оордук борбору анын ортосунда турат.*

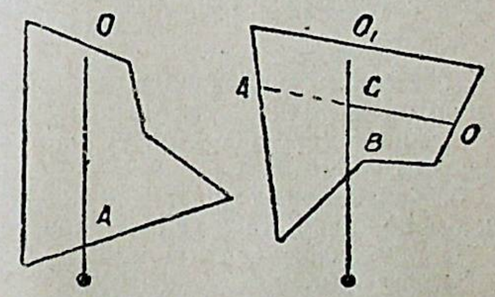


85-сүрөт. Стержендин оордук борбору.

2. Тегеректин оордук борборун издеп табууда бул сыяктуу амалды колдонуп, *тегеректин оордук борбору тегеректин борборуна туура келе тургандыгын табабыз.*



86-сүрөт. Үч бурчтуктун аянтынын оордук борбору.



87-сүрөт. Жалпак фигуранын оордук борбору.

3. Үч бурчтуктун аянтынын оордук борборун издеп табуу үчүн, үч бурчтун бардык аянты, үч бурчтуктун кандай да болсо бир жагына, мисалы, AB га (86-сүрөт) жарыш болгон ичке тилкечелерге тилинген деп элестейли. Бир тектүү стержендегидей, бул тилкечелердин ар биринин оордук борбору анын ортосунда жатат. Бардык аянттын оордук борбору AB жагына жарыш болгон бардык кесиндилердин ортосу аркылуу өткөн CD медианасынын бир жеринде жатууга тийиш. Эгерде

үч бурчтуктун ошол эле аянтын *CB* жагына жарыш болгон тилкечелерге тилсек, анда жогоруда айтылган талкуулоону колдонуп, оордук борбору *AE* медианада да жатат деген корутундуну чыгара алабыз. Эгерде фигуранын оордук борбору медианалардын кесишкен G точкасына т у у р а келсе, анда ал оордук борбору бир маалда эле эки медиана да тең боло алат.

Демек, *үч бурчтуктун аянтынын оордук борбору, анын медианалары кесишкен точкада жатат.*

4. Ж а л п а к ф и г у р а н ы н оордук борборун тажрийбалуу жол менен төмөнкүчө табууга болот: эгерде жалпак фигураны анын аянтынын бир *O* точкасынан асып койсо, оордук борбору анын таяныч точкасынан өтө турган *OA* вертикалда болгондой кылып, фигура айланып барып токтолот. (87-сүрөт). Фигуранын үстүнө бул вертикалдын багытын белгилеп коюп, фигураны, туш келген экинчи бир O_1 точкасынан илип коюшат. Ошондо ал оордук борбору жаңы тирөө (таяныч) точкасынан өткөн O_1B вертикалда болгондой болуп кайрадан айланып барып токтолот. Бул соңгу вертикалды да фигуранын аянтынын үстүндө белгилеп коюшат.

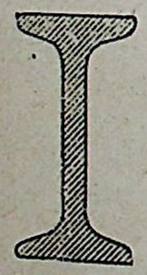
Оордук борбору бир маалда эле *OA* жана O_1B вертикалдарында жатууга тийиш. Анын мындай авалы, түз сызыктардын экөөнүн тең жалпы G точкасында, башкача айтканда, алар кесилишкен точкада жатканда гана болуу мүмкүн.

Жалпак фигуранын борбору, илинген эки точка аркылуу сызылган вертикалдар кесишкен точкада жатат.

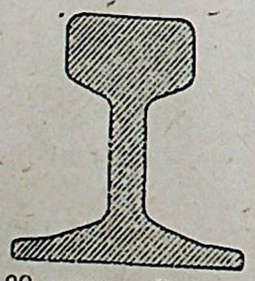
Шакекченин оордук борбору, анын геометриялык борборунда болот. (92-сүрөт). акыркы мисалдан жана ага окшош башка мисалдан, кайсы бир нерселердин оордук борбору нерседен тышкары да жата тургандыгы көрүнүп турат.

14-көнүгүү.

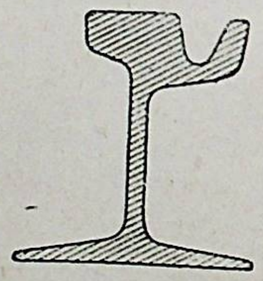
1. Бир текүү квадраттын, ромбанын, тик бурчтуктун. тең капталдуу трапециянын, жалпак шакектин аянтынын оордук борборун тапкыла.
2. Бир текүү шардын, туура призманын, тегерек туура цилиндрдин оордук борборун тапкыла.
3. Картондон же калайдан кесип алып, төмөнкү жалпак фигуралардын оордук борборлорун тажрийбадан тапкыла:
   1) Балканын кесилишин (88-сүрөт).
   2) Виньоль тибиндеги рельстин кесилишин (89-сүрөт).
   3) Феникс тибиндеги рельстин кесилишин (90-сүрөт).
4. Мылтыктан аткан кезде, эмне үчүн ал оозун өйдө каратып бурулганын түшүндүрүү керек (90а-сүрөт).



88-сүрөт. Балканын кесилиши.



89-сүрөт. Рельстин кесилиши.

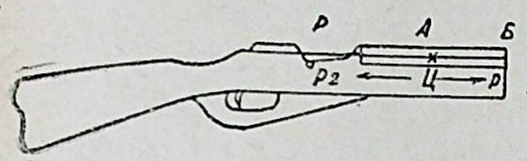


90-сүрөт. Башка типтеги рельстин кесилиши.

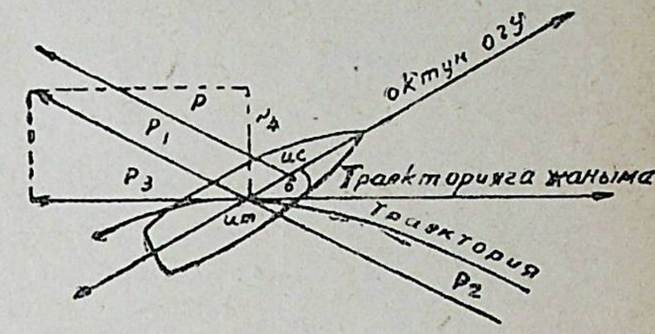
Мылтыктын оордук борбору *Ц* узатасынан ок жылган мылтык каналынын огунан төмөн жатат.

Түшүндүрүү үчүн мылтыкка газдар баскан *P* күчүнө барабар жана түз карама-каршы багыттарда аракет кылган P_1 жана P_2 эки күчтөрүн мылтыктын оордук борборуна жумшайлы. P_1 жана P_2 күчтөрүн жумшоо мылтыктын артка тебүү күчүнүн аракетин өзгөртө алабы (90б-сүрөт)?

5. Эгерде атылган октун огу кыймылдын багыты менен бурч түзсө (90-б сүрөт), анда атылган октун огу (ось) траекториянын жаныма сызыгына дал келгенде аракет кылган тоскоолдукка салыштырганда, аванын тоскоолдугу чоноёт. Тоскоолдук күчүнүн чондугу жана багыты сүрөттө *P* вектору түрүндө көрсөтүлгөн, ал эми анын жумшалуу точкасы болсо, атылган октун огундагы *ЦС* точкасында жатат.



90а-сүрөт. № 4 маселеге.



90б-сүрөт. №5 маселеге.

Бул тоскоолдуктун атылган октун жылышына таасир кылышын түшүндүрүү үчүн атылган октун оордук борборуна (*ЦТ*) тоскоолдук күчүнө барабар жана өз ара карама-каршы болгон эки P_1 жана P_2 күчтөрүн жумшайт. P_1 күчүн жаныма сызык жана ага түшүрүлгөн перпендикуляр боюнча түзүүчү эки күчкө P_3 жана P_4 күчтөрүнө ажыратылган деп эсептешет.

Жумшалган күчтөр октун жылышына кандай таасир кылат?

76. Тирелген точкасы же таяныч огу бар нерсенин турумдуулугу. Бир точкага илинип коюлган шарды элестейли (68-сүрөт). Анын оордук борбору тирелүү точкасы менен бир вертикалда жатканда ал тынчтык авалда турат. Шар ушундай авалда турумдуу боло алабы?

Эгер нерсе өз авалынан кандай да болсо бир күч менен чыгарылгандан кийин ошол авалына кайта кайтып келсе, ал нерсенин авалы т у р у м д у у деп аталат.

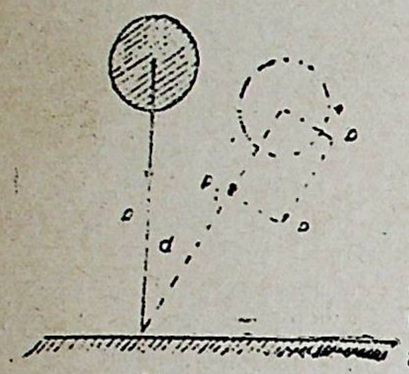
Асылып коюлган шарды күчтөрдүн тең салмактуулук авалынан кандай да болсо α бурчуна эңкейтели. Жаңы авалда анын оордук борбору C_1 да жумшалган салмагынын багыты тирелүү точкасы *O* аркылуу өтпөй жана салмак тирелүү точкасынын тоскоолдугу менен тең салмактанбайт.

Шардын салмагын түзүүчү эки күчкө ажыраталы: бирөөн тирелүү точкасына карай багытта, экинчисин биринчиге перпендикуляр багытта. Түзүүчү P_2 тирөөнүн тоскоолдугу менен жок кылынган, түзүүчү P_1 болсо, нерсени тең салмактуулук авалга жылдырганын чиймеден көрөбүз. Бул авалга шар бир нече жолу термелгенден кийин келет (анын кыймылын тирөөдөгү сүрүлүү жана аванын тоскоолдугу токтотот).

Демек, оордук борбору менен бир вертикалда жаткан *бир точкага асылып коюлган шар турумдуу авалда,* же болбосо *турумдуу тең салмактуу авалда турат.*

Шардын оордук борбору жана тирелүү точкасы бир вертикалда болгондой кылып, шарды бир точкасынан темене менен тирей коюу мүмкүн болду деп эсептейли (91-сүрөт). Шардын салмагы P, бул учурда да тирөөнүн тоскоолдугу менен тең салмакка келет жана шар тынч авалда тура алар эле. Бирок анын авалы турумдуубу?

Бул тирелген нерсени кандайда болсо бир сырткы күчтүн жардамы менен баштапкы авалынан α бурчуна энкейтели. Жаңы авалда анын салмагы тирөө точкасы аркылуу өтпөйт жана демек, анын тоскоолдугу менен тең салмактанбайт.



91-сүрөт.

Салмакты эки түзүүчүгө: бирөөн тирөө точкасына карай багытта, экинчисин — биринчиге перпендикуляр багытта ажыраталы. Түзүүчү P_2 тирөөнүн тоскоолдугу менен жоголгонун, түзүүчү P_1 болсо, нерсени башталгыч авалынан энкейткенин чийме көрсөтүп турат.

Эгер тең салмактуулук авалынан чыгарылган нерсе кайта баштапкы авалына өз салмагы менен кайтып келе албаса, мындай авал турумсуз деп аталат.

Демек, оордук борбору менен вертикалда жаткан бир *точкасынан тирелип коюлган нерсе турумсуз авалда*, же болбосо *турумсуз тең салмактуу авалда турат.*

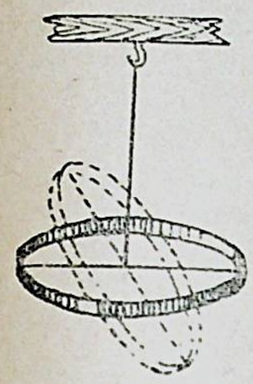
Эгерде тирелген точкасы оордук борборуна дал келсе, мисалы, 92-сүрөттө көрсөтүлгөн учур сыяктуу, же болбосо түрдүүчө жылдырганда оордук борбору бир горизонталь деңгелде кала берсе (горизонталь тегиздикте жаткан бир тектүү шардыкындай 93-сүрөт), анда нерсе туш келген өзүнүн авалында кала берет. Тең салмактуулуктун бул учуру айырмасыз же айырмасыз тең салмактуулуктун авалы деп аталат.

Эгерде нерсенин *тирелүү сызыгы* болсо, б. а. ал кыймылсыз ок айланасында айлана алса, анын оордук борбору октон жана октон ылдый өткөн вертикалда жаткан учурда, ал туруктуу тең салмакта турат; эгер жогорудан өтсө—туруксуз авалда турат; эгер айлануунун огу оордук борборунан өтсө—ал айырмасыз авалда турат.

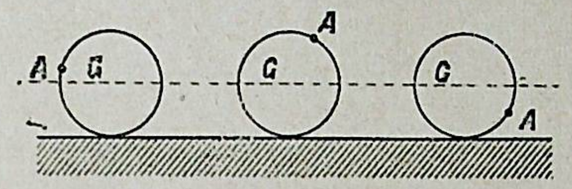
Жогоруда чечилген тең салмактуулуктун түрдүү учурларына тиешелүү болгон сүрөттөрдү караганда, туракту тең салмактуулук болгондо оордук борбору, берилген шарттардагы мүмкүн болгон авалдардан эң төмөнкү авалда тура тургандыгын, тураксыз тең салмактуулукта—эң жогоркуда тургандыгын көрүүгө болот, айырмасыз тең салмактуулукта—оордук борбору нерсенин бардык авалында ошол эле бир горизонталь деңгелде жатат. Нерсенин оордук борбору ылдый карай которулган багытка гана, нерсенин салмагы нерсени которо алат. Ошондуктан, тирелген

точкасы же огу болгон нерсенин тең салмактуулугунун түрдүү учурларынын дагы бир тышкы белгисин табууга болот. Эгерде тең салмактуулук авалда *оордук борбору* мүмкүн болгон бардык авалдардын ичинен *эң төмөнкүсүндө* турса, *тең салмактуулук туракту болот;* эгер *эң жогоркусунда* турса—*тураксыз* болот жана эгерде борбору бардык авалдарда бир *горизонталь деңгелде* кала берсе—*айырмасыз* болот.

77. Тирелген аянты бар нерсенин турумдуулугу. Түз призма, цилиндр формасындагы бардык нерселер горизонталь тегиздикке коюлса, алар тынч авалда турушат. Эгерде ал нерселер коюлган тегиздикти кыйшайтсак, кыйшаюда бир кыйла бурч пайда болгондо, нерселер оодарылып кетет (94-сүрөт). Эгерде нерсенин



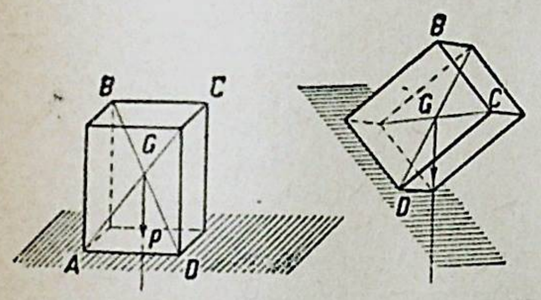
92-сүрөт. Алкактын айырмасыз тең салмагы.



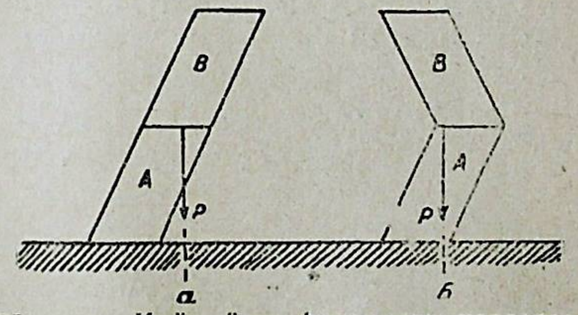
93-сүрөт. Горизонталдык тегиздиктеги шардын айырмасыз тең салмактуулугу.

өзүн кыйшайтсак ошол эле көрүнүш болууга мүмкүн.

Кыйшайган формадагы нерселер горизонталь тегиздик үстүндө дайыма тынч авалда боло алышпайт. Мисалы, 95б-сүрөттө



94-сүрөт. Тирелген аянты бар нерсенин тең салмактуулугу.



95-сүрөт. Кыйшайган формадагы нерселердин туракту жана тураксыз авалы.

көрсөтүлгөн сыяктуу, A жана B бөлүктөрүнөн түзүлгөн нерсе тынч авалда турат; эгерде 95а-сүрөттө көрсөтүлгөндөй сыяктуу, B нерсеси A нерсесине тиркеле коюлса, бул нерселердин баары тынч авалды албайт жана алар оодарылып кетишет[1].

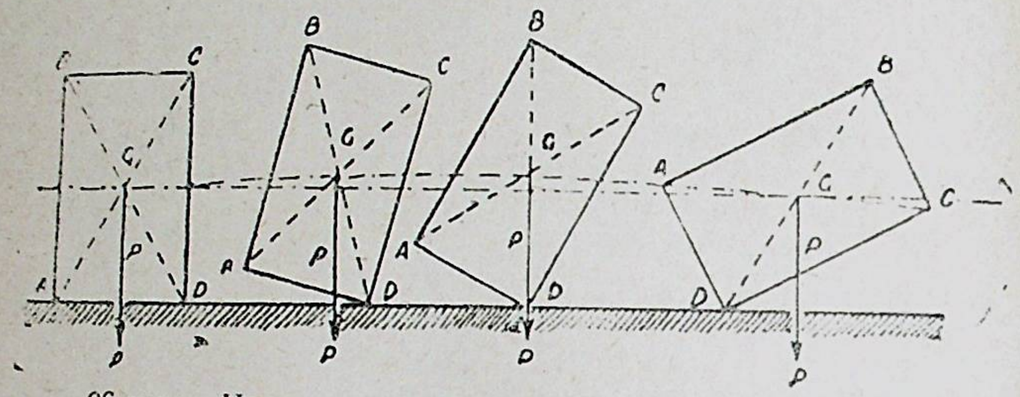
Жогорудагы сүрөттөрдө оордук күчүнүн багытын текшергенде биз төмөндөгүнү көрөбүз; *эгерде нерсенин оордук борборунан*

[1] A жана B дан куралган составдуу бир тектүү нерсенин оордук борбору бөлөк-бөлөк алынган A бөлүгү менен B бөлүгүнөн оордук борборлорун кошуучу сызыктын ортосунда жатат.

өткөрүлгөн вертикаль, тирелген аянтын кесип өткөн учурда гана, тирек аянты бар нерсе тең салмактуулук авалда турат.

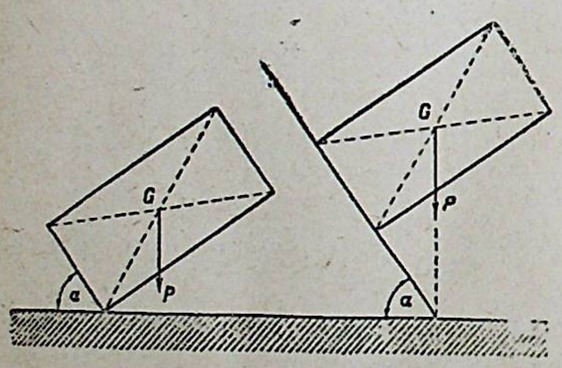
Мындай учурда нерсенин салмагынын аракети тиректин тоскоолдук кылышы менен жоголот.

96-сүрөттөгү нерселердин авалдарынын түрдүү учурларын текшерип келгенде, биз төмөнкүнү көрөбүз; оордук борборунан өткөрүлгөн вертикаль тирек аянтынын сыртына чыкпастан нерсе түрдүүчө которулса, ал мурунку авалына кайтат, б. а. анын авалы турумдуу болот; оордук борборунан өткөрүлгөн вертикаль, нерсе которулганда тирек аянтынын сыртына чыгып кетсе, тең салмактуулук бузулат.



96-сүрөт. Нерселердин авалынын туракту жана тураксыз болгон учурлары.

Тирек аянты бар нерсе кыйшайтылганда, мурунку авалына кайтып келгєн бардык учурларды чечкенде, биз төмөнкүнү көрөбүз: бул кыйшаюулардын ар бирөөндө оордук борбору нерсе тең салмактуулук авалда турган кездеги авалынан көтөрүлөт, бирок өзүнүн мүмкүн болгон эң бийик авалынан өтпөйт.

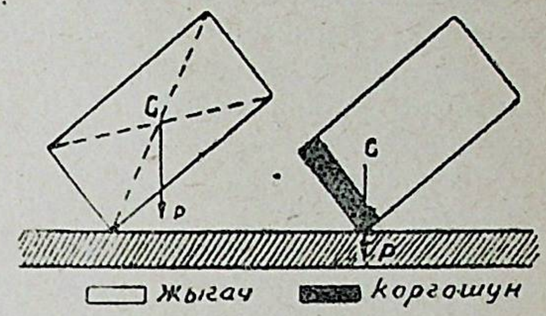


97-сүрөт. Нерсенин авалынын турумдуу болушуна негиздин кендигинин таасири.

Эгерде нерсенин кыйшайышы чектелген авалдан өтүп кетсе, анда нерсенин салмагы аны тең салмактуулук авалга кайта келтире албайт, анткени бул үчүн оордук борборун эң жогорку авалдан өткөрүү керек болор эле, ошондуктан салмак, оордук борборун ылдыйлата берет жана нерсе кулап кетет.

Бул текшерүүдөн станокторго, аспаптарга же болбосо тиричиликтеги керектүү болгон башка буюмдарга эң көп турактуулукту берүүдөгү төмөнкү практикалык чаралар келип чыгат: *тирек аянты бар нерселердин тирек аянты канчалык чоң болсо* (97-сүрөт) *жана алардын оордук борбору канчалык ылдый жатса* (98-сүрөт), *алар ошончолук турумдуу болот*. Ошондуктан ар кандай колонналардын жана тирөөлөрдүн негиздери көтөрүп турган нерсеге караганда кеңирээк жана башка бөлүктөрүнө караганда ооруураак материалдан жасалат.

77а. Потенциалык энергиянын минимуму нерселердин турумдуу авалынын шарты катарында. Нерсени турумдуу авалынан чыгарганда оордук борбору көтөрүлөт. Аны көтөрүү үчүн нерсенин салмагын көтөрүүнүн бийиктигине көбөйткөндөгү көбөйтүндүгө барабар жумуш сарп кылуу керек. Демек, нерсе турумдуу авалынан чыккан кезде бир кыйла артык өлчөмдөгү потенциалык энергияны сыртан алууга тийиш. Тынч авалда турганда, анда эң аз потенциалык энергия болот. Нерсени тынч авалдан чыгарган күч жоготулгандан кийин, нерсенин потенциалык энергиясынын мааниси мүмкүн болгон маанилердин баарысынан эң аз болгон авалга гана нерсе өзүнүн салмагынын аракет кылышы астында кайтып келет; мына ошондуктан салмак аны тынчтык авалга кайтарат. Нерселер турумсуз авалда болгондо, алар үчүн мүмкүн болгон бардык башка авалдар менен салыштырганда, потенциалык энергия аларда эң көп болот. Нерсе турумсуз авалдан кандайда болсо чыккан кезде анын потенциалык энергиясы азаят. Нерсени өз эркинче коё бергенде, анын салмагы анын оордук борборун көтөрө албайт, башкача айтканда, ага потенциалык энергиянын кошумча запасын өткөрө албайт; ошондуктан нерсе баштапкы авалынан улам алыстай берет.



98-сүрөт. Нерсенин авалынын турумдуулугуна оордук борборунун төмөн болушунун таасири.

Мындан төмөнкү корутундуну чыгарууга болот: *асылып же тирелип коюлган нерсенин кайсы авалында нерсенин потенциалык энергиясы мүмкүн болгон бардык маанилердин эң кичинесине ээ болсо, ошол авал турумдуу болот.*

Эгер нерселерди которгондо нерсенин потенциалык энергиясынын чоңдугу өзгөрбөсө, анда нерсе үчүн ар кандай авалдар болсо да баары бир.

78. Тиректин реакциясы. Эгерде күчтүн багыты огу же тирек аянты аркылуу өтө турган болсо, нерсеге оордук күч же болбосо башка бир күч аракет кылса, нерсе тынчтыкта кала берет.

Бекитилип коюлган нерсе өзүнө жумшалган күч аркасында өзүнө тирек болуучу башка нерсеге аракет кылган кезде, бул экинчи нерсе биринчи нерсеге чоңдук жагынан барабар болгон күч менен аракет кылат, бирок бул күч механиканын үчүнчү закону боюнча карама-каршы багытталган болот.

Бекитилген нерсеге тирек аракет кылган күч тиректин реакциясы деп аталат.

Столдун үстүн колубуз менен басканда, тиректин реакциясы бар экендигине ишенебиз. Баскан кезде биз белгилүү бир сезимди сезебиз, бул сезим катуу басканда колду оорутуп жиберет. Бул сезим биздин колубузга күч жумшалгандыгын көрсөтөт. Демек, биздин булчуң күчүбүз столго аракет кылуу гана эмес, ошону менен бирге стол да биздин колубузга, карама-каршы багытталган күч менен аракет кылган болуп чыгат. Эгерде биз бир динамометрди тегерек илгичинен илип коюп, анын илмегине экинчи динамометрди улап, кийинкисин тарта турган болсок, тиректин реакциясы аракет кылуучу күчкө барабар экендигине ишенүүгө болот. Булардын системаларына жана чоңдуктарына карабастан, динамометрлердин экөөнүн тең көрсөтүүлөрү бирдей болот. Ар бир динамометр экинчисине барабар күч менен аракет кылат. Демек, стол үстүндө шар же болбосо башка кандай да болсо бир буюм жатса, шар же болбосо башка буюм өз салмагына барабар болгон күч менен столго аракет кылат, ошону менен бирге стол тарабынан ошондой эле, бирок карама-каршы багытталган күчтү сезет.[1] Мындай учурда шарга же башка буюмга барабар болгон жана карама-каршы багытталган эки күч: анын салмагы жана тиректин реакциясы жумшалган болот. Бул эки күчтү, бир нерсеге жумшалган болгондуктан, кошууга болот жана алардын тең аракет кылуучусу нулга барабар болот. Мына ошондуктан, нерсеге күч аракет кылууга карабастан, нерсе тең салмактуулук абалында кала берет.

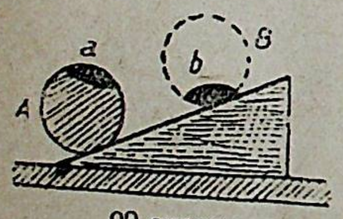
А Д А Б И Я Т.

Перельман. Эрмек кылуучу физика, 1-китеп, „Турунуз", 20-бет „Басып жүрүү жана жүгүрүш", 22-бет.

15-көнүгүү.

1. Бир тектүү эмес шардын ичинде оордук борбору радиустун ортосунда жатат.

Бул шардын горизонталь тегиздиктеги авалын тең салмактуулуктун кайсы учуру көрсөтөт (түшүндүрүү бергиле). Мындай шарды балдар оюнчугунун кайсынысынын модели көрсөтөт?



99-сүрөт.

2. Бир аз жантык тегиздикке коюлган бир тектүү эмес шар кайсы авалда турган кезинде өйдө көтөрүлө алат (99-сүрөт)? (Чийме боюнча түшүндүрүп бергиле).

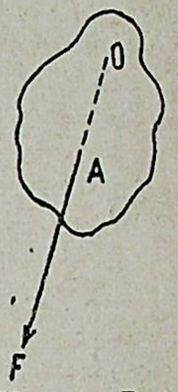
3. Күчтүн моменти жөнүндө түшүнүк.

79. Ок айланасында айланган нерсеге күчтүн аракет кылышы. Нерсеге аракет кылуучу көп күчтөрдү белгилүү бир шарттарда, тең

[1] Столдун үстүндө жаткан буюмдан столдун тактайы ийилет, деформацияланат. Деформациялануучу нерсе деформациялоочу нерсеге серпилгич күчү менен аракет кылат. Тактай өзүнүн үстүндө жаткан нерсеге аракет кылуу күчүнүн келип чыгышы ушундай.

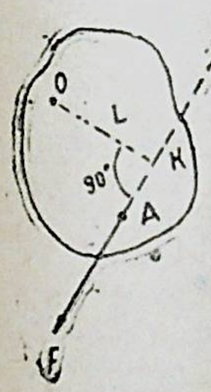
аракет кылуучу бир күч менен алмаштыруу мүмкүн экенин биз жогоруда көрдүк. Бул тең аракет кылуучу күч, эркин турган нерсеге бир калыпта ылдамдатылган кыймылды өткөрөт. Эгерде ошол эле нерсеге тең аракет кылуучуга барабар жана карама-каршы болгон дагы бир күч аракет кылса, анда ал аны тең салмактандырат б. а. алардын жалпы тең аракет кылуучусу нулга барабар болот. Бардык күчтөрдүн тең аракет кылуучусу нулга барабар болгон кезде, нерсе түз сызыктуу жана бир калыптагы кыймылда болот же болбосо тынч авалда турат.

Ок айланасында айланган нерселердеги күчтөрдү тең салмактандыруунун шарты кандай экенин текшерип көрөлү. Күчтүн багыты тирек огунан өткөн ар бир учурда тең салмактуулук келип чыгат (100-сүрөт). Мындай учурда күч кыймылсыз турган октун реакциясы менен тең салмактуулана-нат жана айлануу болбойт.



100-сүрөт. Багыты айлануу огу аркылуу өткөн күч, нерсеге кыймылды өткөрө албайт.

Эгерде күчтүн багыты октон өтпөсө, анда күч нерсени кыймылга келтирет; мында айландыруучу күчтүн нерсеге көрсөткөн аракети күчтүн чоңдугуна гана эмес күч менен октун аралыгына да көз каранды болот. Күч менен айланууучу нерсенин огу ортосундагы эң кыска аралык[1] ийин деп аталат (101-сүрөт). Нерсенин айланышына күчтүн чоңдугу болсун жана ийиндин өлчөмү болсун аракет кылууну 102-сүрөттө көрсөтүлгөн куралда көрүүгө болот.



101-сүрөт. Күчтүн ийини.

Бирдей болгон 3 жүктү жип менен D точкасына асып коёлу. Бул күчтүн ийини OD 4 бирдикке барабар. Жалгыз бул күч айланага саат стрелкасына каршы айлануу аракетин өткөрөт. Айлананы тынч авалда кармап туруу үчүн, экинчи күчтү жумшоо керек, бул күч жалгыз өзү айлананы тескери жакка, башкача айтканда саат стрелкасы боюнча айландырууга тийиш.

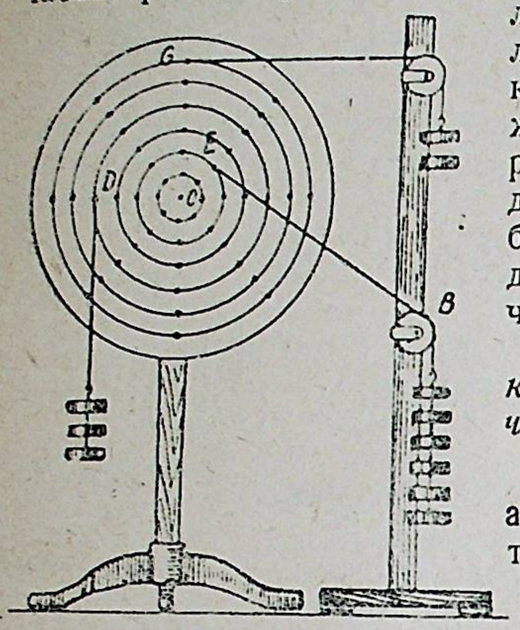
B чыгырыгы аркылуу өткөрүлгөн жипти E илгичине байлап жана жипке ушундай эле 6 жүктү асып, буга жетишүүгө болот. Акыркы күчтүн ийини OE эки бирдикке барабар. Бирок биринчи жүктү эки жүктөн турган башка күч менен да тең салмактоого болот, бул үчүн күчтүн ийини OG 6 бирдикке барабар болгондой кылып, жипти G точкасына бекитүү керек.

Ошентип, 6 бирдик күч ийини 2 бирдик болгондо, 2 бирдик күч ийини 6 бирдик болгондогудай эле аракет кылат, башкача

[1] Б. а. октун O точкасынан күчтүн F багытына түшүрүлгөн перпендикуяр OK (101-сүрөт).

айтканда, ийини 4 бирдик болгондо 3 бирдик күчтү тең салмакка келтирет.

Каалганы кээ бир күч менен түрткөндө, түртүү айлануу огунан алыс болгондо каалга бат ачылышын билебиз. Айланып турган дөңгөлөктү токтотуу үчүн, айлануу огуна жакынырак болгон чабактарынан кармабастан, алкагынан кармашат. Бул сыяктуу толуп жаткан тажрийбаларды кайталаганда, айланууучу нерсеге болгон күчтүн аракети күчтүн чондугуна жана ийиндин узундугуна көз каранды экендиги келип чыгат. Ошондуктан айланып туруучу нерсеге болгон күчтүн аракетин м о м е н т[1] деп аталган бөтөнчө чондук менен ченешет.



102-сүрөт. Күчтүн моментин демонстрациялоо (көрсөтүү) үчүн курал.

Күчтүн моменти күчтү ийинге көбөйткөндөгү көбөйтүндү менен ченелет.

Эгерде айландыруучу күчтү F аркылуу, ийинди L аркылуу, моментти M аркылуу белгилесек, анда:

$$M=FL$$ болот.

Жогоруда келтирилген тажрийбада ар бир күчтүн моменти 12 бирдикке барабар.

80. 2-лабораториялык иш. **Айланууучу огу бар нерсеге жумшалган күчтөрдүн тең салмактуулук шартын чыгаруу.**

К у р а л д а р: 1) метрдик сызгыч; 2) штатив; 3) бирдей бир топ жүктөр; 4) жиптен жасалган илмектер.

И ш т и н ж ү р ү ш ү. 1. Сызгычка илмекти кийгизип, аны штативге асып койгула жана сызгыч горизонталь авалда тең салмактуулукка келгенге дейре аны илмектин ичинде жылдыргыла.

2. Сызгычка байланган (үч, төрт ж. б.) илмектерге түрдүү жүктөрдү асып, сызгычтын горизонталь авалы кайта калыбына келгенче, жүктөрдү сызгычты бойлото жылдыргыла (103-сүрөт).

3. F_1, F_2 жана башка күчтөрдүн маанисин таблицага жазгыла, күчтөрдүн ар биринин L_1, L_2 ж. б. ийинин ченегиле жана алардын узундугун жазгыла.

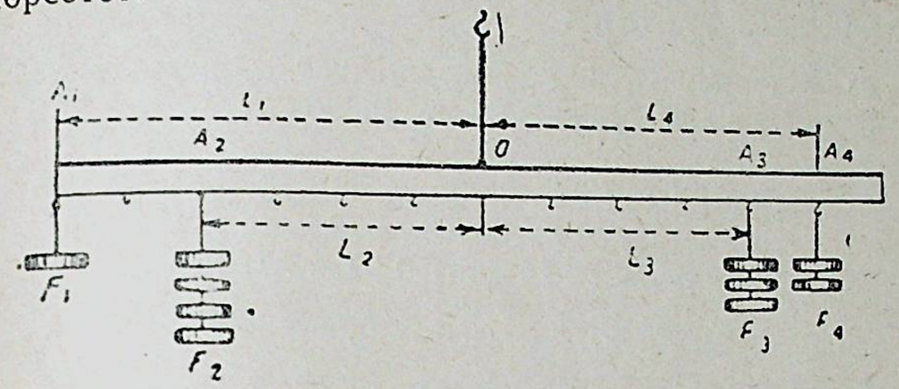
4. Сүрөттүн тегиздигине перпендикуляр болгон О огуна карата ар бир күчтүн моментин эсептеп чыгаргыла, нерсени бир жакты көздөй айландырууга аракет кылган күчтөрдүн моменттеринин суммасын жана аны терс жакка айландырууга аракет кылган күчтөрдүн моменттеринин суммасын тапкыла, бул эки сумманы өз ара салыштырып көргүлө.

5. Түрдүү жерлерге илинген ар түрдүү жүктөр менен тажрийбаларды кайталагыла, саат стрелкасы боюнча жана саат стрелкасына каршы айландыруучу күчтөрдүн моменттеринин суммасын эсептеп чыгаргыла жана бул суммалардын экөөн салыштырып көргүлө.

Айланууучу огу бар нерседеги күчтөрдүн тең салмактуулугу жөнүндөгү тажрийбасынан кандай корутунду чыгарууга болот.

[1]. Бул сөз латындын – *movimentum* – кыймыл деген сөзүнөн алынган.

81. Нерселердин тең салмактуулугунун жалпы шарты. Нерсеге жумшалган күчтөрдүн тең салмактуулук шартын изилдөө төмөнкүнү көрсөтөт:



103-сүрөт. Көп күчтөр аракет кылган нерсе

Эгерде нерсени саат стрелкасы боюнча айландыруучу күчтөрдүн моменттеринин суммасы, саат стрелкасына каршы айландыруучу күчтөрдүн моменттеринин суммасына барабар болсо, айлануу огу бар нерсеге жумшалган күчтөр тең салмактуулук авалда турушат.

103-сүрөткө жараша тең салмактуулук шартын төмөнкүчө жазууга болот.

$$F_1L_1+F_2L_2=F_3L_3+F_4L_4 \qquad \text{(XIV в)}$$

Биз жогоруда текшерген маселени—жарыш күчтөрдүн тең аракет кылуучусу жумшалган точканы издеп табууну, айлануу огу бар нерсенин тең салмактуулук шарты негизинде оңой аткарууга болот. Эгерде нерсеге тең аракет кылуучу жумшалган точкага анын тең салмактоочу күчү жумшалса, анда тең салмактуулук келип чыгат. Ошондо тең аракет кылуучу жумшалган точкадан кыймылсыз ок өтөт деп ойлоого болот. Бул окко салыштырганда түзүүчү жарыш күчтөрдүн моменттери барабар болот.

М и с а л д а р. 1. Бир жакка багытталган жарыш төрт күчтөрдүн: $F_1=5кГ, F_2=8кГ, F_3=3кГ, F_4=10кГ$ дын тең аракет кылуучусу жумшалган точканы тапкыла. Алар жумшалган точкалардын арасындагы иреттүү аралыктар: 36, 30, 40 *см*.

Ч ы г а р ы л ы ш ы. Тең аракет кылуучу $R=F_1+F_2+F_3+F_4=26$ *к*Г.

Тең аракет кылуучунун жумшалган точкасы F_2 күчүнүн оң жагында, ал күч жумшалган точкадан x аралыкта жатат деп алалы. Эгерде биз ошол эле точкада тең салмактоочу $R_1=R$ күчүн

жумшасак, нерсе өзүнө жумшалган бардык күчтөрдүн аракети астында тең салмактуулук авалда туруп калат. Тең аракет кылуучу жумшалган точкасынан айлануу огу өтөт деп эсептей алабыз, ага салыштырганда саат стрелкасы боюнча айландыруучу моменттердин суммасы, саат стрелкасына каршы айландыруучу моменттердин суммасына барабар болууга тийиш.

F_1 күчүнүн ийинин $L_1=36+x$; F_2 күчү үчүн ийин $L_2=x$; F_3 күчү үчүн ийин $L_3=30-x$; F_4 күчү үчүн ийин $L_4=70-x$ (103-сүрөттөн пайдаланууга болот).

Тең салмактоочу R_1 нин моменти нулга барабар, анткени R_1 октон өтөт жана анын ийини нулга барабар.

$$5(36+x)+8x=3(30-x)+10(70-x);$$
$$180+5x+8x=90-3x+700-10x;$$
$$3x+10x+5x+8x=90+700-180;$$
$$26x=610;\ x=\frac{610}{26}=23{,}5;\ x=23{,}5\ см.$$

2. Үйдүн төбөсүнүн устуну эки таш тирекке тирелип турат, бул тиректердин аралыгы 8 *м*. Оң жактагы тиректен 3 *м* жерде 16 *Т* жүк асылып турат. Ар бир тирекке болгон басым күчүн табуу керек (81-сүрөт).

Чыгарылышы. Устун тиректерге канчалык күч менен аракет кылса, тиректер да устунга ошончолук күч менен аракет кылышат. Ошентип, устунга үч күч жумшалган болот. 16 *Т* вертикаль тик ылдый карай, солдогу учуна x күчү жана оңдогу учуна y күчү вертикаль тик өйдө карай аракет кылат. Устун тынч авалда турат. Ошондуктан бардык күчтөрдүн суммасы жана бардык моменттердин суммасы айрым алганда нулга барабар болууга тийиш. Эки реакция күчтөрүнүн суммасы $x+y=16$, экени түшүнүктүү.

Моменттин шартын колдонуу үчүн устундун туш келген точкасын, мисалы сол учун, айлануу огу деп алалы; ошондо: күчтүн моменти $x...x\cdot 0=0$; жүктүн салмагынын моменти...$5\cdot 16=80$ (саат стрелкасы боюнча); күчтүн реакциясынын моменти $y...8y$ (саат стрелкасына каршы);

$$8y=80;\ y=10\ T;\ x=6\ T.$$

Устундун оң учун айлануу огу деп алсак, төмөнкүнү табабыз. Күчтүн моменти $x\cdot 8x$ (саат стрелкасы боюнча); жүктүн салмагынын моменти... $3\cdot 16=48$ (саат стрелкасына каршы); күчтүн реакциясынын моменти $y\cdots y\cdot 0=0$;

$$8x=48;\ x=6\ T;\ y=10\ T.$$

4. Күчтөрдүн тең салмактуулугунун шарттары жана жөнөкөй механизмдер үчүн жумуштун закону.

82. Курал, механизм, машина. Күчтөрдүн тең салмактуулук шарттарын, машиналарга күчтөр көп аракет кылган учурларда, алар бир калыптагы кыймылда болушу үчүн машиналарды эсептеген (расчёт кылган) кезде колдонушат.

Киши өз тиричилигин сактоо үчүн дайыма иш аткарууга тийиш болгон. Тамактануу үчүн ал айбандарды өлтүрүүгө жана аларды өздөрүнүн турган үйлөрүнө ташууга, турак үйлөрдү куруу үчүн таштарды оодарууга же болбосо өсүп турган жыгачтарды сындырууга туура келген.

Киши, киши болуп тиричилик кыла баштаган замандан тартып, ал өз тиричилигин сактоо үчүн зарыл болгон жумуштарды аткаруу үчүн өз мүчөлөрүнөн башка нерселерди да пайдалана баштаган.

Жаңгактын кабыгын чагуу үчүн ал колуна таш алып, бул таш-балка менен кабыкты талкалаган. Таштарды жана дөңгөчтөрдү көтөрүү жана ташуу үчүн ал калтекти колдонуп, андан рычаг катарында пайдаланган. Жыгачтарды кыйган кезде балта же айбалта менен талкалаган.

Жумуш үчүн колдонулган жана жумшалган күчтүн чондугун же багытын өзгөртүү үчүн арналган нерсе к у р а л деп айтылат.

Эмгек куралдарын колдонуу, кишини башка айбандардын арасынан бөлүп чыгарган.

Жумушту аткарган кезде киши колуна алган курал, куралсыз кол жасоого тийиш болгон ошол эле аракеттерди жасайт.

Мисалы, жаңгактын кабыгын чакканда, муштум сыяктуу балка да көтөрүлөт жана төмөн түшөт. Бул кыймылдар абсолюттук так жана өтө ылдам да боло алышпайт. Балка менен, же бычак менен, же учтуу нерсе менен соккондо, согулуу орду иштелүүчү нерсенин бир жерине дайыма туш келбейт. Анан кийин, ийне менен тиккен кезде өтө жеңил болгон ийне менен жипти көтөрүү үчүн оор колду көтөрүп, артыкбаш болгон көп жумушту аткарууга туура келет. Өндүрүш процессинде пайдасыз аракеттер үчүн кете турган жумушту кемитүүнүн керектиги, куралдын аракетинин тактыгы менен ылдамдыгын көбөйтүү келип чыккандыктан, киши жумуш куралын чабал жана таамай тийгизе албай турган колго карматпастан, аны башка нерселерге, белгилүү жана ылдам аракеттер жасай ала турган нерселерге бириктирүүгө аргасыз кылган.

Бир нерсе (жетекчи нерсе) которулганда бул системадагы калган нерселердин белгилүү так которулушу келип чыккандагы нерселердин чогуусу (тобу) м е х а н и з м деп айтылат.

Энергияны белгилүү бир пайдалуу жумушка, ылайыктуу түрдө өткөрүү үчүн белгиленген механизмдердин чогуусу (тобу) м а ш и н а деп айтылат.

К. Маркстин аныктоосу боюнча („Капитал“, 1-том, 8-басылышы, 1936-жыл, 302-бет), машина дегенибиз „ошондой эле куралдар менен башта жумушчу жасаган операциялардын дал өзү тиешелүү кыймыл алгандан кийин жасоочу механизм болот.“ „Курал, сөздүн толук маанисинде алганда кишиден механизмге өткөндөн кийин, машина жөнөкөй куралдын ордун басат“.

Ар бир машинаны жасоо максаты—машинаны аракетке келтирүүгө сарп кылынган энергиядан пайдалуу жумушту эң көп алуу болот. Ошол эле бир жумушка сарп кылынганда пайдалуу жумуштун ченемин көбөйтүүгө, көбүнчө, машинанын аракетке келүүчү бөлүктөрүнүн кыймылы белгилүү болуу аркылуу жетишилет. Кыймылдын бул белгилүүлүгү, ошол эле бир ишти, тууралыгы кемчил болгон кол аракеттери менен аткарууга салыштырган жумуштун сапатын көтөргөн кезде бөлүктөрдүн аракетин өтө ылдамдатууга мүмкүндүк берет.

Мисалы механикалык приводу бар тигүүчү машина бир минутада 1500 тигиш жасайт, ал эми кол менен тиккенде киши 50 гө жакын тигиш жасайт. Мык жасоочу машина минутасына 500 мык жасап чыгарат, кол менен иштеген жумушчу болсо, күнү бою бир нечен жүз мыкты жасай алат. Биздин милдетибиз эзелден бери „жөнөкөй машиналар“ (тагыраак алар ж ө н ө к ө й м е х а н и з м д е р деп аталышат) деп так аталбай келген бир топ нерселердин тең салмактуулук жана иштөө закон шарттарын үйрөнүүгө алып келет, атап айтканда алар: чыгырык, ворот, рычаг, жантык тегиздик, шынаа, бурама болот.

Механизмдердин биринчи үч түрүнүн айлануу огу бар; ошондуктан алардагы күчтөрдүн тең салмактуулук шартын моменттер эрежесинин жардамы менен чыгарууга болот.

83. Сүрүлүү жана анын келип чыгышы. Бир катуу нерсени өзүнө тийишип турган экинчи нерсе боюнча жылдыруудагы тоскоолдуктан сүрүлүү байкалат.

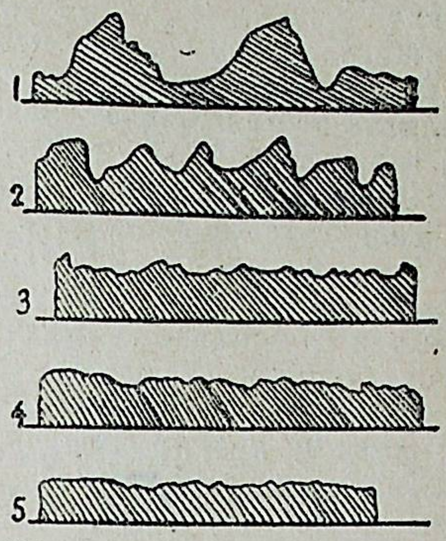
Бир нерсе экинчи нерсенин бети же ичи боюнча жылганда сүрүлүү болот; мындан сүрүлүүнүн закондорун үйрөнүүнүн маанилүү экендиги келип чыгат.

Кыймыл кезиндеги сүрүлүү механиканын закондорунун негизинде чыгарылган формулалар боюнча күчтөрдү жана ылдамдыктарды эсептеп чыгарууну татаалдантат, сүрүлүү менен кыймылдаганда m массага a ылдамдануусун берүү үчүн баягыдагы сүрүлүү жок кезинде бул үчүн жетиштүү болгон $F=ma$ күчү эмес, андан чоңураак күч талап кылынат; нерселер өз ара аракеттенишкенде, сүрүлүү менен кыймылдаган кезде, алардын ылдамдыктары массага тескери пропорциялуу болбостон, бул же тигил нерсенин чоңдугуна жараша кем болот.

Бир нерсенин экинчи нерсе боюнча сүрүлүшү сүрүлүүчү нерселердин экөөнүн тең бетинде тегизсиздиктер, бодурлар болуудан деп—баштапкы, жакындатылган теория түшүндүрөт. (104-сүрөт).

Кыймылга келгенде бир нерсенин уурчуктары экинчи нерсе-

нин оюктарына туш келип урулушат. Мындай урунуулар аркылуу кыймылсыз нерсе кыймылдагы нерсеге анын *ылдамдыгына карама-каршы багытталган күч менен аракет кылат.* Бул күч с ү р ү л ү ү к ү ч ү деп аталат.



104-сүрөт. Ар түрдүү жол менен иштелген беттердин профили: 1) кыруу, 2) таза курчутуу, 3) наждачный кагазы менен иштетүү, 4) полировка жылмакайлоо, 5) абдан жакшылап жылмакайлоо.

Абдан жакшылап жүргүзүлгөн изилдөөлөр бул биринчи башталгыч элестин түрүн өзгөртөт. Беттери абдан таза болгон учурда нерселер бири-бирине тийишип турганда, тийишип турган беттердин жабышып калышы өңдөнгөн кубулуш, ал эми алар салыштырма кыймылга келгенде үзүлүштүн пайда болушу табылган. Мында беттер зыянга учурайт экен. Бирок муну куралсыз көз менен көрүүгө болбойт.

83а. Сүрүлүүнүн түрлөрү. Кыймылдын түрүнө жараша сүрүлүүнүн эки түрүн ажыратышат: тайгалануу сүрүлүшү жана тоголонуу сүрүлүшү.

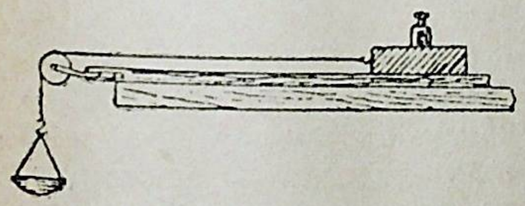
Бир нерсе экинчи нерсе боюнча жылып кыймылга келген учурда тайгалануу сүрүлүшү байкалат.

Чана муз менен жылгандагы сүрүлүү тайгалануу сүрүлүшүнө мисал боло алат.

Поршендер буу машинасынын цилиндри ичинде кыймылдаганда ар кандай поршендүү насостордо, станоктордун көпчүлүгүндө, тайгалануу сүрүлүшү болот.

Кыймылдап бара жаткан нерсе экинчи бир нерсенин үстүндө тоголонуп бара жаткан учурда, тоголонуу сүрүлүшү байкалат.

Жумуру томолоткучтун же дөңгөлөктөрдүн кандайдыр бир бет боюнча кыймылындагы сүрүлүү тоголонуу сүрүлүшүнө мисал боло алат.



104а-сүрөт. Трибометр.

83 б. Сүрүлүүнүн закондору. Сүрүлүшүп жаткан беттердин иштетилишине жана авалына сүрүлүү абдан көз каранды болгондуктан, сүрүлүүнүн закондору абдан болжолдуу (жакындатылган) болот.

К у л о н тайгалануу сүрүлүшүнүн закондорун т р и б о м е т р[1] деп аталган куралда (104а-сүрөт) изилдеген.

а) Тайгаланганда басым күчү менен сүрүлүү күчү ортосундагы көз карандылык. Изилделүүчү материалдан жасалган так-

[1] Грекче т р и б е—с ү р ү л ү ү, м е т р и о—ченеймин деген сөз.

тайдын үстүнө ошол эле материалдан же изилделүүчү башка материалдан жасалган брусок коюлат. Брусоктогу илмекке динамометр же блок аркылуу өткөрүлгөн жип байланат. Жиптин экинчи учуна жүк салуу үчүн табак байланат. Жип төмөнкү тактайга жарыш болууну байкоо керек. Брусок P_n дин салмагын аныкташат. Төмөнкү тактайга акырын гана урганда брусок бир калыпта тайгаланганча жипке байланган табакка акырындап майда гирлерди салып турушат.

Динамометрдин пружинасын керип, ушундай бир калыптагы тайгалануюга да жетишүүгө болот.

Бир калыптагы тайгалануу, брусоктун инерция боюнча жылганын көрсөтөт. Бул учурда брусокко жумшалган күчтөр өз ара тең салмактанат. Мындай күчтөр—сүрүлүү күчү жана тартуу күчү, болуп эсептелинет.

Демек, *нерсе бир калыпта тайгаланган кезде сүрүлүү күчү тартуу күчүнө барабар.*

Тартуу күчү, демек, сүрүлүү күчү F да майда гир же динамометр менен ченелет.

Брусоктун үстүнө ар түрдүү жүктөрдү салып жана ар бир жолу салмак P_n ге барабар болгон басым күчүн жана сүрүлүү F күчүн ченеп, тажрийбаны бир нече жолу кайталашат.

Сүрүлүү күчү менен басым күчүнүн маанилеринин тиешелүү катарларын салыштырып, тайгалануу сүрүлүшүнүн законун чыгарууга болот:

Сүрүлүү күчүнүн нормалдуу басым күчүнө[1] болгон катышы берилген беттер үчүн туракту чоңдук болот да ал сүрүлүүнүн коэфициенти деп аталат.

$$\text{Сүрүлүү коэфициенти} = \frac{\text{сүрүлүү күчү}}{\text{басым күчү}}$$

Эгер сүрүлүү коэфициентин f тамгасы менен белгилесек, анда $f = \frac{F}{P_n}$ же

$$\boxed{F = fP_n.} \qquad \text{(XV)}$$

Тайгалануудагы коэфициент—атсыз сан.

б) Тийишип туруу бетинин чоңдугуна сүрүлүү коэфициентинин көз каранды эместиги. Төмөнкү тактайга брусокту түрдүү кырынан коюп жана биринчи жолку тажрийба сыяктуу тажрийбаларды кайталасак, мындай корутундуга келүүгө болот:

Ошол эле бир беттер үчүн *тийишип туруу бетинин чоңдугуна сүрүлүү коэфициенти көз каранды эмес.*

---

[1] „Нормалдуу басым" деген сөз бул учурда басым күчү бетке перпендикуляр боюнча багытталган дегенди көрсөтөт; геометрияда бетке түшүрүлгөн перпендикуляр нормаль деп аталат.

Бул закондун өтө шарттуу экенин белгилеп кетүү керек: эки беттин тийишип турушу бүткүл геометриялык бетте эмес, анчамынча чекиттердеги бодурлар аркасында болот.

Беттер абдан кичине болгондо, мисалы, мыктын учун тактай боюнча жылдырганда, бир нерсе экинчисинин ичине өтүп кетет, мындай учур үчүн, сүрүлүү законун колдонууга болбойт.

в) Тайгалануунун ылдамдыгына сүрүлүүнүн көз карандылыгы. Ылдамдык кичине болгондо сүрүлүү коэфициенти ылдамдыкка көз каранды эместигин жогорудагы сыяктуу тажрийбалар көрсөтүп турат. Ылдамдык чоң болгондо, ылдамдык өзгөрүү менен бирге сүрүлүү коэфициенти татаал көз караштык менен өзгөрөт. Ылдамдыгы $90\frac{км}{саат}$ болгондогу автомобилдин сүрүлүшү, ылдамдыгы $30\frac{км}{саат}$ болгондогудан кем.

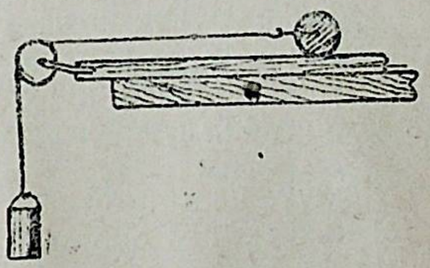
г) Сүрүлүүнүн чоңдугуна майлоонун таасири. Жогорудагы тажрийбаларды ар түрдүү заттар менен (көбүнчө металлдар), адегенде аларды майлабай туруп, анан кандайда болсо бир майлоочу зат менен майлап туруп кайталасак, жука катмар менен майлоо сүрүлүүнү абдан азайтып жиберерин байкоого болот.

Сүрүлүүчү беттерди майлоочу заттын эң жука катмары менен каптап койсо, беттерди илешүүдөн, зыяндоодон сактап, жай салмактуу сүрүлүүнү мүмкүн кылат.

Майланган беттер бири боюнча бири оңой жылбышсын үчүн, майлоо жетишерлик суюк болууга тийиш. Экинчи жагынан, майланган беттердин ортосундагы мейкиндиктен агып кетпес үчүн, майлоо жетишерлик илээшме болууга тийиш.

Майлагыч май катарында нефтиден жасала турган минералдык май, кастор майы (самолёттордун моторлорун майлоо үчүн), кедр жана сөөк майы (так приборлорду, сааттарды майлоо үчүн) колдонулат. Минералдык майлардын эң коюусу болуп тавот эсептелет.

Майлаганда, тийишүү бети чоңойгон сайын жана кыймылдын ылдамдыгы чоңойгон сайын сүрүлүү чоңоёт.



104б-сүрөт. Тоголонуу кездеги сүрүлүү.

д) Тоголонуу сүрүлүшүнүн коэфициенти. Трибометрдин үстүндөгү брусоктун ордуна цилиндр коёлу (104б-сүрөт). Адегенде цилиндр айланбагандай кылып, аны обоймага бекители. Аны тактай үстүндө сүйрөтөбүз; динамометр тайгалангандагы сүрүлүү күчүн көрсөтөт. Цилиндрди бошотуп алып, ошол эле тактай үстүндө тоголотолу. Динамометр тоголонгондогу сүрүлүү күчүн көрсөтөт. Бул эки күчтү салыштырганда, ошол эле бир бет үчүн тоголонгондогу сүрүлүү тайгалануудагы сүрүлүүдөн бир кыйла кем экенин көрсөтөт.

Бирдей заттан жасалган, бирдей узундуктагы, бирдей салмактагы, бирок радиусу *r* ар түрдүү болгон цилиндрлерди алалы. Алардын ар бирөөн ошол эле бир тактайдын үстүндө динамометрдин жардамы менен бир калыпта тоголотолу жана сүрүлүү күчүн жаза баралы. Сүрүлүү күчү цилиндрдин радиусуна тескери пропорциялуу түрдө азайганын байкоолор көрсөтөт.

Сүрүлүү коэфициенттери китептин аягында III таблицада келтирилген.

83 в. Сүрүлүүнүн жаратылыштагы жана техникадагы мааниси. Сүрүлүү болгондо сүрүлүүчү беттер ар дайым ысыйт. Тактайдан сүрүлүү менен суурулган мык ысыган болот. Дөңгөлөктөр окко катуу сүрүлсө, жыгач октун күйүп кетиши же металл октогу майдын күйүп кетиши мүмкүн. Жумуш станокторундагы бардык аспаптар жумуш учурунда сүрүлүп кыймылга келет. Сүрүлүү менен кыймылга келгенде пайда болгон жылуулук таралып кетет, жоголот. Бул жылуулук сүрүлүүгө кеткен жумуш эсебинен пайда болот. Машиналарда жана транспортто ок боюнча тайгалануу сүрүлүшүн жана тоголонуу сүрүлүшүн жеңүү үчүн абдан чоң күч сарп кылынат. Сүрүлүүнүн зыяндуу аракетин азайтуу милдетинин экономика жагынан чоң мааниси бар экени ушундан ачык көрүнүп турат.

Бирок бир учурларда сүрүлүү зыяндуу болуу менен экинчи учурларда да анын пайдалуу мааниси тыгыз байланышкан.

Сүрүлүү жок болсо, жерде басып жүрүү болсун, минип жүрүү болсун мүмкүн эмес. Жылгаяк муздун үстү менен жылуу өтө кыйын. Кургак жерден арабаны оңой эле тартып кеткен ат, ошол эле арабаны тайгак жерден козголто албайт. Паровоздун дөңгөлөктөрү сууланган рельс үстүндө тайгаланат жана ал илгери жылбайт. Кездемелер жиптеринин сүрүлүшү аркасында кармалып турушат. Балталар, күрөктөр жана башка толуп жаткан куралдар саптарындагы сүрүлүш аркасында кармалып турушат.

Арабалардагы жана вагондордогу ар түрдүү тормоздордун жасалышы сүрүлүүгө негизделген.

Сүрүлүү болбосо, курулуштардын бөлүктөрүн, болттор, мыктар, шынаалар, заклёпкалар менен бириктирүү мүмкүн болбос эле.

Сүрүлүү, кайыш өткөрүүчүнүн жардамы менен кыймылды шкивдин жанынан айрым станоктун шкивине өткөрө алат. Айрым учурларда машиналардын бөлүктөрү, алардын арасында сүрүлүү болгондуктан бир орундан экинчи орунга козголушат.

Сүрүлүү күчү аркасында прокат станынын вальцалары ортосунан металлды кысып чыгаруу жана рельстерди, фасондуу темирди, сымдарды ж. б. жасоо мүмкүн болот.

83 г. Зыяндуу сүрүлүүнү азайтуунун жана пайдалуу сүрүлүүнү көбөйтүүнүн ыктары. Сүрүлүү эл чарбасына бир кыйла зыян келтиргендиктен, аны азайтуунун чаралары көрүлөт. Сүрүлүүнүн закондору негизинде сүрүлүүнү азайтуунун негизги эки ыгы колдонулат:

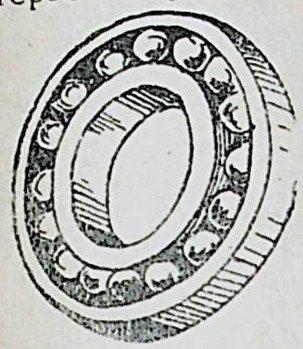
а) майлоо;

б) тайгалануу сүрүлүшүн тоголонуу сүрүлүшү менен алмаштыруу.

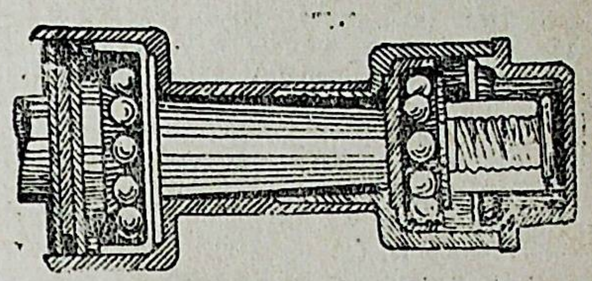
Дайым майлап туруу үчүн машиналардын сүрүлүүчү бөлүктөрүнүн үстүнө түрдүүчө жасалган майлагычтар (маслёнкалар) орнотулат.

Шариктүү подшипник же роликтүү подшипниктердин жардамы аркасында тайгалануу сүрүлүшү тоголонуу сүрүлүшү менен алмаштырылат.

Шариктүү же роликтүү подшипниктерде айлануучу вал шариктерге же роликтерге таянат. (104в-сүрөт). Алар машинанын



104в-сүрөт. Шариктүү подшипник.



104г-сүрөт. Шариктүү подшипниктерде велосипеддин тетиги.

корпусу менен туташтырылган өзгөчө алкактын ичине салынган. Жумуш кезинде шариктер корпус ичинде тоголонуп жүрүшөт жана ошонун аркасында валдын подшипникке тайгаланып сүрүлүшү шариктер же роликтер боюнча тоголонуу сүрүлүшү менен алмаштырылат (104г-сүрөт).

1931-жылга чейин СССРде шариктүү подшипник өнөр жайлары болгон эмес (кичине заводду эске албаганда). Москвада Л. М. Каганович атындагы гигант заводу салынып, бул жагынан чет өлкөлөргө көз каранды болуудан ал СССРди куткарды жана бул убактын ичинде түзүлгөн машина жасоочу заводдордун шариктүү подшипниктерди керек кылышын канааттандырды. Азыркы убакта СССРде бир канча шарикоподшипник заводдору иштеп жатат.

Сүрүлүүнү көбөйтүү үчүн тайгалак жолго жана рельске кум себишет, привод кайыштарына порошок сүртүшөт, скрипканын смычогун канифоль менен майлашат.

АДАБИЯТ.

Перельман, Физикалык хрестоматия, 1-чыгышы, „Тайгалануунун сүрүлүшү“, 69-бет, „Араба жана паровоз“, 70-бет, „Поезддин жылышы“ 73-бет, „Сүрүлүүнүн мааниси“, 74-бет, „Ички сүрүлүү“, 76-бет.

Перельман, Эрмек кылуучу физика, 2-китеп, „Түйүндөрдүн бекемдиги эмнеден келип чыгат“, 44—45-беттер.

Л. Лисовский, А. Соломонович, Сүрүлүүнүн күчү М 1948.

16-көнүгүү.

1. Эмне үчүн автомобилдин шиналарына рельефтүү түр (протектор) салынат?

2. Эмне үчүн ташуучу машиналардын дөңгөлөктөрүнө кышында чынжыр оролот?
3. Эмне үчүн паровозго жана электровозго кум салынган идиш орнотулат?
4. Эмнеликтен тирүү балыкты колго кармоо кыйын?
5. Пайдалуу жана зыяндуу сүрүлүүнүн китепте жазылгандан башка силерге белгилүү болгон мисалдарын айтып бергиле.
6. Эгер борго май сүйкөлгөн болсо, эмнеликтен аны менен доскага жазууга болбойт?
7. Эмнеликтен ылдам басып бараткан жөө киши бодурдуу жолдон тайгалак жолго өткөндө артын көздөй жыгылат, ал эми тайгалак жолдон бодурдуу жолго өткөндө илгери карай ийилет?
8. Коньки тепкенде жана ролик тепкенде сүрүлүүнүн кайсы түрү бар?
9. Эгер капилестен сүрүлүү жок болуп кетсе силер жана силердин комнатанардагы буюмдар эмне болуп кетерин айтып бергиле.
10. Поезддин салмагы 490 000 *кГ*. Бир калыптагы кыймылда сүрүлүү күчү жана тартуу күчү эмнеге барабар? Маселелерди чыгарганда III таблицадан пайдалангыла (кыймыл 10—19-маселелерде бир калыпта).
11. Аттын тартуу күчү 45 *кГ*. Ат, таш төшөлгөн жол боюнча кайсы салмактагы жүк салынган арабаны тарта алат? Кара жолдо канчалык жүктү тарта алат? *Жообу*: 2250 кГ.
12. Салмагы 500 *кГ* келген жүктүү араба 50 *кГ* келген тартуу күчү менен жылып бара жатат. Сүрүлүү коэфициентин тапкыла.
13. Таманында темири бар чананын жүгү менен салмагы 650 *кГ*. Тегиз муз үстүндө алардын тартуу күчү канчалык?
14. Ичине жүк салынган жана жүгү менен кошо алгандагы салмагы 500 *кГ*. келген жыгач ящик, тактай полдун үстүндө жылдырылат (жипчелерге туурасынан). Сүрүлүү күчүн тапкыла.
15. Жылмаланган колоо уютундусу горизонталь коло тактай боюнча 50 *кГ* күч менен жылат. Уютундунун салмагын тапкыла.
16. Салмагы 1000 *кГ* келген металлдан жасалган нерсе өзүнүн жылмаланган жагы менен майланган ошондой эле металлдан жасалган, горизонталь тактай боюнча 70 *кГ* келген күч менен жылат. Сүрүлүү коэфициентин тапкыла.
17. Салмагы 4 *кГ* келген кыш, салынып жаткан кыш дубал боюнча 2 *кГ* келген күчтүн таасири астында которулат. Сүрүлүү коэфициентин тапкыла.
18. Салынган таш дубалдын салмагы 900 *кГ* болуп, сүрүлүү коэфициенти 0,45 болгондо, аны жер (топурак) боюнча которгондо кандай сүрүлүү күчүн женүү керек болот.
19. Таманына темир салынган чананын салмагы 800 *кГ* болуп ал 18 $\frac{км}{саат}$ ылдамдык менен 2 саат боюнча жылып олтурган, сарп кылган күчүн тапкыла.
20. Тактайдын үстүнө коюлган брусокту бир жагынан көтөргөндө ал ошол замат эле эмне үчүн жылып кетпейт?
21. Данды каптан тактайга төккөндө, тактайга тегиз катмар болуп жайылбастан, эмнеликтен үйүлүп калат?

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Бир нерсенин экинчисине сүрүлүшү качан пайда болот?
2. Сүрүлүүнүн пайда болушун кандайча түшүндүрүүгө болот?
3. Сүрүлүүнүн кандай түрлөрү бар?
4. Сүрүлүүнүн закондорун кандай аспаптарда жана кантип үйрөнүүгө болот?
5. Тайгалануудагы сүрүлүү күчү нормалдуу басым күчүнө кандайча көз каранды?
6. Сүрүлүү коэфициенти деп эмнени айтат?
7. Тайгалануудагы сүрүлүү коэфициенти кандай сан менен туюндурулат?
8. Тайгалануу сүрүлүшүнүн коэфициенти тийишип туруу аянтына жана кыймылдын ылдамдыгына көз карандыбы?
9. Бетти майлоонун кандай мааниси бар?

10. Тоголонуу сүрүлүшүнүн коэфициенти эмнеге көз каранды?
11. Тайгалануу сүрүлүшү менен тоголонуу сүрүлүшүн салыштыргыла.
12. Сүрүлүүнүн зыяны эмнеде?
13. Сүрүлүүнүн пайдалуу мааниси эмнеде?
14. Сүрүлүүнү азайтуунун кандай ыктары бар?
15. Сүрүлүүнү кайсы убакта көбөйтүү керек жана аны кайсы ыктар менен иштөөгө болот?
16. Шариктүү, роликтүү подшипниктер кандайча жасалган?

84. Жүктү жантык тегиздик боюнча көтөргөндө күчтүн жумушу. Жүктү кандайда болсо бир бийиктикке вертикаль боюнча жана жантык тегиздик боюнча көтөргөндөгү күчтөр аткарган жумуштарды салыштырып көрөлү.

Биз 68-§ да көргөндөй, *нерсени тынчтык авалда же болбосо сүрүлүүсүз жок бир калыптагы кыймылда кармап туруу үчүн болгон жана жантык тегиздиктин узундугуна жарыш болгон күч* (69-сүрөт), *тегиздиктин бийиктиги анын узундугунан канча эсе кичине болсо, тегиздиктин бийиктигине жарыш күчкө караганда ошончо эсе кичине болууга тийиш. б. а.*

$$\frac{F}{P}=\frac{h}{l}.$$

Бул өткөн барабардыкты бөлүмдөн бошотсок, мына бул формула келип чыгат:

$$Fl=Ph. \qquad (XVI)$$

Ph бир калыптагы кыймылда тегиздиктин h бийиктигине нерсени көтөргөндөгү жумушту көрсөтөт.

Fl нерсе тегиздиктин l узундугу боюнча сүрүлүүсүз бир калыптагы кыймылдагы кезинде кыймылдатуучу F күчүнүн жумушун көрсөтөт.

Нерсеге аракет кылган күчтүн экинчи түзүүчүсү P_2 бул кыймылда жумушту аткарбайт, анткени нерсенин мүмкүн болгон комурулушуна ал перпендикуляр болуп турат. Бул күч кадыресе басымдын күчү катарында сүрүлүүнүн чондугуна аракет кылат.

Жантык тегиздикти бойлоп нерсени бир калыпта сүрүлүүсүз көтөргөндөгү күчтүн жумушу ошол эле бир бийиктикке вертикаль боюнча көтөргөндөгү күчтүн жумушуна барабар.

Ошентип, нерсени бийиктикке көтөрүү үчүн жантык тегиздикти пайдаланганда күчтөн утуш келип чыгат, анткени кыймылга келтирүүчү күч нерсенин салмагынан дайыма кем болот. Бирок күч канча жолу кем болсо, жантык тегиздиктин узунун бойлоп көтөрүү жолу бийикке караганда ошончо жолу көп болот; ошондуктан бир калыптагы кыймылда жана сүрүлүү жок болгондо, жумушта утуш да жана уттуруш да келип чыкпайт.

Чындыгында, бир нерсени экинчи нерсенин бетинин үстүнөн жылдырганда сүрүлүү аргасыз келип чыкканын биз билебиз.

Тегиздиктин узунун бойлото тартуунун анык күчү бир калыптагы кыймыл кезинде да, башта эсептеп чыгарылган күчтөн чоң болот.

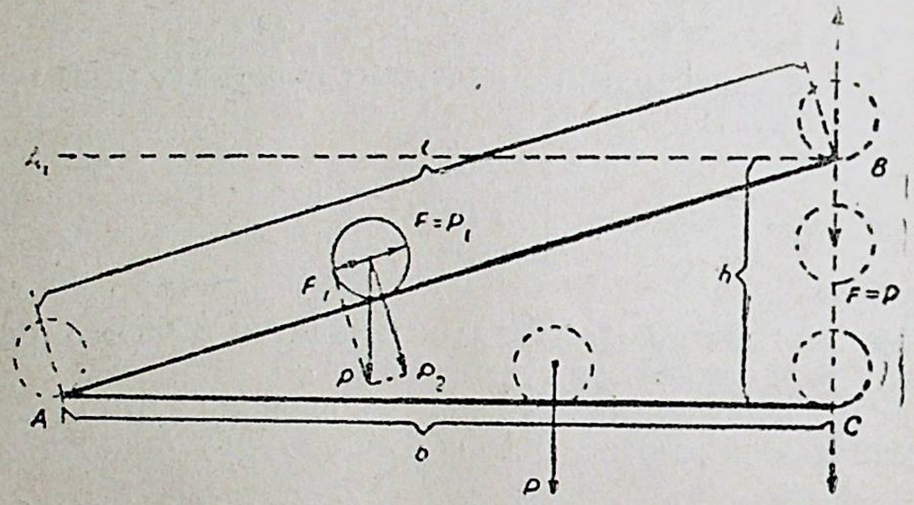
Эгерде берилген нерсенин, тегиздиктин узунун бойлогон кыймылы кезиндеги сүрүлүү коэфициентин f аркылуу белгилесек, анда нормалдуу P_n басымынын күчүнө пропорциялуу болгон сүрүлүүнүн F_1 күчү $F_1=fP_n$ ге барабар болот.

Ошондуктан тегиздикти бойлогон бир калыптагы кыймылды сактап туруу үчүн түртүп түшүрүүчү F күчү жана сүрүлүүнүн F_1 күчүнүн суммасына барабар болгон тартуунун F_2 күчү керек болот.

Күч $F=P\sin\alpha$; $P_n=P_2=P\cos\alpha$; демек, сүрүлүү күчү $F_1=fP\cos\alpha$; $F_2=F+F_1$; $F_2=P\sin\alpha+fP\cos\alpha$. l узундугун бойлогон тартуу F_2 күчүнүн жумушу төмөндөгүгө барабар болот:

$$A=F_2l=Fl+F_1l$$

85. Нерсени бир горизонталь тегиздиктен экинчисине которгон кезде, оордук күчүн жеңүүдөгү жумуш. Эгерде P салмагы бар жүктү горизонталь AC тегиздигинен экинчи горизонталь A_1B тегиздигине (105-сүрөт) h бийиктигине көтөрүү талап кылынса, A точкасынан B точкасына болгон бул көтөрүүнү эки жол менен иштөөгө болот: же AC горизонталы жана BC вертикалы боюнча же AB жантыгы боюнча.



105-сүрөт. Жүктү эки горизонталь ортосунда көтөрүү жумушун эсептеп чыгарууга карата.

Нерсени AC горизонталы боюнча сүрүлүүсүз которгон кезде оордук күчүн жеңүүгө жумуш сарп кылууга болбойт, анткен себеби, нерсенин салмагы нерсенин мүмкүн болгон которулушуна карата перпендикуляр түрдө багытталган болот. Демек, нерсени AC жолу боюнча которгон кезде оордук күчүн жеңүү жумушу нулга барабар болот, башкача айтканда

$$A_{AC}=0.$$

Бир калыпта көтөргөн кезде BC вертикалындагы оордук күчүн жеңүү жумушу:

$$A_{BC}=Ph \text{ болот:}$$

$AC+CB$ жолундагы бардык жумуш:

$$A_{AC+BC}=A_{AC}+A_{BC}=Ph \text{ болот.}$$

Жантык тегиздик боюнча сүрүлүүсүз бир калыптагы кыймылда кыймылдатуучу күчтүн жумушу болсо:

$$A_{AB}=Fl \text{ болот.}$$

Жогоруда чыгарылгандай $Ph=Fl$, демек:

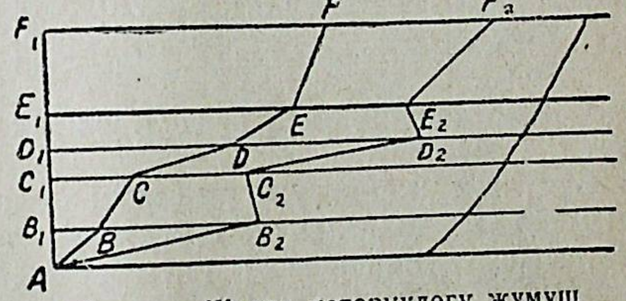
$$A_{AB}=A_{BC},$$

б. а. *жантык тегиздик үстүндө оордук күчүн жеңүүдөгү жумуш нерсени вертикаль боюнча жантык тегиздиктин бийиктигине көтөрүүдөгү жумушка барабар.*

Нерсени горизонталь эки тегиздиктин ортосунда жантык түз сызык боюнча көтөрүүдөгү жумуш, аны вертикаль боюнча ошол эле бийиктикке көтөрүүдөгү жумушка барабар.

Эгерде эки горизонталь тегиздиктер ортосунда жүк кандайда болсо сынык сызык, мисалы $ABCDEF$ сызыгы (106-сүрөт) боюнча көтөрүлсө, анда сынык сызыктын биринчи звеносун AB бойлогон жумуш, AB_1 вертикалын бойлогон жумушуна барабар болот; экинчи звено BCны бойлогон жумушу B_1C_1 вертикалын бойлогон жумушуна барабар болот ж. б. $ABCDEF$ сынык сызыгын бойлогон жумуш четки эки горизонталь тегиздиктер ортосундагы бардык вертикаль аралык AF_1 боюндагы жумушка барабар болот. $AB_2C_2D_2E_2F_2$ сынык сызыгы боюнча болгон кыймылга карата да ошондой эле корутундуну чыгарууга болот.

Эң аягында, эки горизонталь тегиздик ортосунда жүк ийри сызык боюнча көтөрүлсө, мындагы жумуш ошол эле жүктү ошол эле тегиздиктер ортосунда вертикаль боюнча көтөргөндөгү жумушка барабар болот, анткени ийри сызыктын өтө майда звенолорун өтө көп болгон сынык сызык деп эсептөөгө болот.



106-сүрөт. Жүктү көтөрүүдөгү жумуш жолдун формасына көз каранды эмес.

Демек:

Нерсени бир горизонталь тегиздиктен экинчи горизонталь тегиздикке которгондогу оордук күчүн жеңүүгө кеткен жумуш бул тегиздиктер ортосундагы вертикаль аралыкка көз каранды болуп, жолдун формасына көз каранды эмес.

86. Пайдалуу аракеттин коэфициенти. Механизмдерди пайдаланганда бул же тигил тоскоолдукту жеңүүгө туура келет: нерсени көтөргөндө оордук күчүн жеңүү, буюмдарды чойгондо, кыскенде, кескенде жана башкаларында серпилгич күчүн жеңүү болот.

Механизмге жумшалган тоскоолдукту жеңүүдөгү жумуш п а й д а л у у ж у м у ш деп аталат.

Ар бир механизмде нерселер которулуп сүрүлүү пайда болот.

Сүрүлүүнү жеңүү пайдалуу жумуштан тышкары да кошумча жумушту талап кылат. Ошондуктан кыймылга келтирүүчү күч аткарган толук жумуш, же с а р п к ы л ы н г а н ж у м у ш деп аталуучу А пайдалуу жумуш A_1 ден чоң болууга тийиш. $A-A_1$ айырмасы пайдалуу жумушту алуу үчүн аргасыз болгон зыяндуу тоскоолдуктарды жеңүүгө сарп кылуу зарыл болгон жумушту берет.

Сүрүлүү бардык машиналарда пайда болгондуктан, сарп кылынган же толук жумушту жана алынган, же пайдалуу жумушту ар бир машина үчүн ажыратууга туура келет.

Сарп кылынган ошол эле бир жумуштан пайдалуу жумуш канчалык көп чыкса, машинанын аракети ошончо пайдалуу. Сарп кылынган бардык жумуштун кайсы бөлүгү пайдалуу жумуш түзгөндүгүн эсептеп чыгарып, машинанын пайдалуу болушу жөнүндө сөз кылууга болот.

Пайдалануу жумуштун сарп кылынган жумушка карата болгон катышы машинанын пайдалуу аракетинин коэфициенти деп айтылат.

Пайдалуу аракеттин коэфициентин грек тамгасы η (эта) аркылуу белгилесек, анда:

$$\eta=\frac{A_1}{A}. \qquad \text{(XVII)}$$

Ар бир машина үчүн пайдалуу аракеттин өз коэфициенти бар болот.

Сүрүлүүнү кемитүүдөгү маалум болгон бардык чаралар, мисалы: майлоо, тайгалануу сүрүлүүсүн тоголонгон сүрүлүү менен алмаштыруу—машинанын өнүмүн көтөрүү үчүн, анын пайдалуу аракетинин коэфициентин көтөрүү үчүн кызмат кылышат.

87. *3-лабораториялык иш*. Жантык тегиздик үчүн пайдалуу аракет коэфициентин аныктоо.

К у р а л д а р: 1) сүрүлүү менен иштөө үчүн тактай; 2) ага платформа; 3) бир нече жүк; 4) метрдик масштаб; 5) динамометр же анын ордуна блок, калай челек, жип, бытыра же кум; 6) тараза жана гирлер; 7) койгуч.

Жумуш эки бөлүккө бөлүнөт: нерсени жантык тегиздик бойлото бир калыпта көтөргөндөгү, пайдалуу жумушту ченөө жана сарп кылынган, бардык жумушту ченөө.

Жогоруда көрсөтүлгөндөй, жантык тегиздик боюнча көтөргөндөгү пайдалуу жумуш Ph га барабар. Пайдалуу жумушту аныктоо үчүн, кайсы чоңдуктарды ченөө керек экендиги мындан көрүнүп турат.

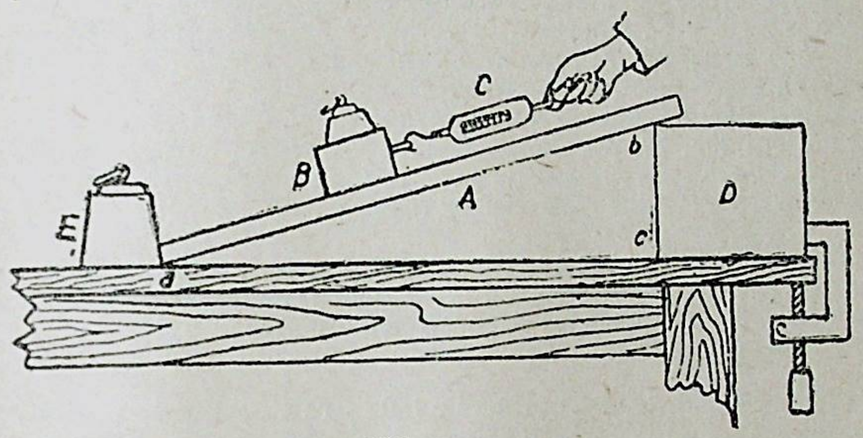
Сарп кылынган жумуш, бир калыптагы каймыл кезинде, тартуу күчү F ти жантык тегиздиктин узундугу l ге көбөйткөндөгү көбөйтүндү менен ченелет. Сарп кылынган жумушту эсептеп чыгаруу үчүн кайсы чоңдуктарды аныктоо керектигин оңой эле түшүнүүгө болот.

И ш т и н ж ү р ү ш ү. 1. Куралдарды 107-сүрөттө көрсөтүлгөндөй кылып койгула.

2. Жантык тегиздиктин үстөл үстүндөгү $h=bc$ бийиктигин биринчи жолу 10 *см* ге барабар деп алып ченегиле, жантык тегиздиктин $l=ab$ узундугун ченегиле.

3. Платформанын жана анын үстүнө коюлган *РкГ* жүктөрүнүн салмагын тапкыла.

4. Үстүндө жүктөр бар платформаны жантык тегиздиктин үстүнө койгула, платформанын тегерек илмегине жиптин жардамы менен динамометрди байлагыла жана аны тартып платформаны бир калыптагы кыймылга келтиргиле. Динамометрдин көрсөткөнүн белгилеп алгыла; ошентип сүрүлүү болгон кезде тартылуу күчү F ти табасынар. Динамометр дайыма тегиздиктин узундугуна жарыш болуп турушун байкагыла.



107-сүрөт.

Тартуу күчүн ченеген кезде, платформаны тегиздиктин узундугунун аягына дейре жеткирүүнүн кереги жок.

Динамометр жок болсо, блок аркылуу өткөрүлгөн жип менен платформага бириктирилген калай челекти жүк менен жүктөп жана калай челек менен жүктүн салмагын ченеп, тартуу күчүн аныктоого болот.

5. Жазуу үчүн таблицанын формасын түзгүлө жана ал таблицага ченелген чоңдуктарды жана дагы пайдалуу жумуш A_1 үчүн, сарп кылынган жумуш A үчүн пайдалуу аракеттин коэфициенти η үчүн эсептеп чыгарылган маанилерин жазгыла.

6. Ошол эле бийиктикте, платформанын жаңы жүгүн алгыла жана пайдалуу аракеттин коэфициентин жаңыдан аныктагыла. Коэфициенттин ошол эле бир бийиктикте табылган эки маанисинин ортосун эсептеп чыгаргыла.

7. Тажрийбаны башка бийиктиктер үчүн кайталагыла.

8. Бийиктиктер түрдүү болгондогу пайдалуу аракеттин коэ-

фициенттерин салыштыргыла. Пайдалуу аракеттин коэфициенти жантык тегиздиктин бийиктигине көз карандыбы жана кандайча көз каранды?

9. Жолдун l узундугунда сүрүлүүнү женүүгө кеткен жумушту ар бир бийиктик үчүн эсептеп чыгаргыла жана ал боюнча сүрүлүү күчүн эсептегиле.

10. Кадыресе басым P_n күчүн эсептеп чыгаргыла; сүрүлүү күчү жана кадыресе басым күчү боюнча сүрүлүү коэфициентин эсептеп чыгаргыла жана аны таблицадагы менен салыштыргыла.

17-көнүгүү.

1. Узундугу 2 *м* болгон тактай боюнча, 100 *кГ* жүктү 16 *кГ* күчтүү сарп кылып тартып чыгаруу үчүн, тактайдын четин канчалык бийиктикке көтөрүү керек?
Жообу: 32 см.

2. Тоонун чокусун көздөй жолду салганда эмнеликтен аны тоонун боору боюнча ийри-буйру кылып салат?

3. Эгерде жантык тегиздик бойлоп салмагы 960*кГ* келген жүк 120 *кГ* күч менен көтөрүлсө, ал тегиздиктин узундугундагы ар бир 100 *м* жердеги (сүрүлүүсүз) өр эмнеге барабар болууга тийиш?
Жообу: 12,5м.

4. Салмагы 20 000 *кГ* келген вагон аркандын жардамы менен 7,5 *м* бийиктикке, узундугу 50 *м* болгон жантык тегиздик боюнча тартылат. Бир калыптагы сүрүлүүсүз жана сүрүлүүсү бар кыймылда тартылуу күчү жана да пайдалуу аракеттин коэфициентин тапкыла.
Жообу: 0,98.

5. Салмагы 1000 *кГ* келген нерсе узундугу 5 *м*, бийиктиги 1 *м* болгон жантык тегиздик боюнча, сүрүлүү коэфициенти 0,2 болуп, вагонго көтөрүлөт. Бир калыпта сүрүлүүсүз көтөрүлгөндөгү күчүн, көтөрүлгөндөгү сүрүлүү күчүн жана пайдалуу аракеттин коэфициентин тапкыла.
Жообу: 20кГ, 196 кГ≈50%.

6. Салмагы 500 000 *кГ* келген поезд 1000 *м* ге 1 *м* өрү бар тоого чыгат. Бир калыпта сүрүлүп жылыштын тартуу күчүн тапкыла; бурч кичине болгондуктан кадиресе басым салмакка барабар деп эсептелет (сүрүлүү коэфициенти 0,002 ге барабар).
Жообу: 1500кГ.

7. Салмагы 500 000 *кГ* келген поезд 100 *м* ге 1 *м* өрү бар жерге $36\frac{км}{саат}$ ылдамдык менен чыгат (өр 0,01). Сүрүлүү коэфициенти 0,002 ге барабар. Паровоздун кубатын тапкыла (өткөн маселедеги эскертүү мында да колдонулат).
Жообу: 800 ат күчү.

8. Жүк салынган чананын жалпы салмагы 200 *кГ* болуп, узундугу 40 *м* келген өр бойлоп, бийиктиги 10 *м* болгон тоого бир калыпта чыгат. Сүрүлүү коэфициенти 0,02 ге барабар. Кыймылдатуучу күч пайдалуу жумуш жана пайдалуу аракеттин коэфициентин тапкыла.
Жообу: ≈54 кГ.

9. Жогорку маселедеги чананын ошол эле тоодон ылдый түшкөндөгү күчүн тапкыла.
Жообу: ≈46 кГ.

10. Узундугу 80 *м* жана бийиктиги 16 *м* келген жантык тегиздик боюнча, сүрүлүү коэфициенти 0,1 болгондо; 225 *кГ* жүк бир калыпта тартылат. Эгерде жантык тегиздик горизонтко карата 30° бурч менен коюлса, пайдалуу аракеттин коэфициенти кандайча өзгөрүлөт?
Жообу: 0,67; 0,85.

11. Кубаты 400 *ат күчү* болгон паровоз жалпы салмагы 500 000 *кГ* келген поезддди, 0,005 энкейишке $18\frac{км}{саат}$ ылдамдык менен тартып барат. Сүрүлүү коэфициентин аныктагыла ($P_2=P$ деп эсептелсин).
Жообу: 0,007.

12. Кубаты 600 *ат күчү* болгон паровоз жалпы салмагы 500.000 *кГ* поезддди узундугу 100 *м* келген өрүө $36\frac{км}{саат}$ ылдамдык менен тартып чыгат. Сүрүлүү коэфициенти 0,003. Өрдүн бийиктигин тапкыла ($P_n=P$ деп эсептелсин).
Жообу: 0.6 м.

13. Кубаты күчтүү барабар болгон паровоз 1000000 *кГ* келген поездди бир калыпта, 0,008 келген өргө тартып чыгат. 2 минутада канчалык жол өтүлгөн ($P_2=P$ деп эсептелсин).
Жообу: 720 м.

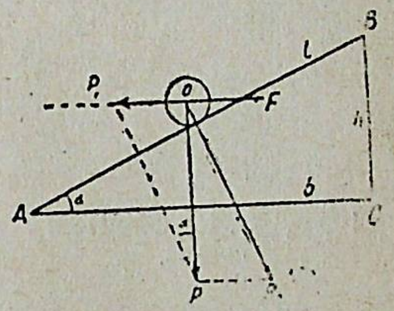
14. Эгерде Днепрогэстеги суунун орто расходдолушу $2000\frac{м^3}{сек}$ге барабар, суунун түртүшү 37 *м*, ал эми пайдалуу аракеттин коэфициенти 0,85 ке барабар болсо (суу аккан кездеги тоскоолдуктарды женүү үчүн энергия сарп кылынгандыктан), Днепрогэстин орто кубатын аныктагыла.
Жообу: ≈840000 ат күчү.

15. Эгерде ава агымынын кесилиш аянты $4дм^2$, агымдын ылдамдыгы $10\frac{м}{сек}$ болуп, кыймылдаткыч 4 *кГ* келген жүктү, жарым минута ичинде 1,5 *м* бийиктикке көтөрсө, жел установкасынын пайдалуу аракетинин коэфициентин тапкыла.
Жообу: ≈8%

16. Трактордун салмагы 5,5 *Т* га барабар, кара жолдогу тартуу коэфициенти 0,1 ге барабар, трактордун кубаты 60 ат күчү, пайдалуу аракеттин коэфициенти 0,9, жылуу ылдамдыгы $5,4\frac{км}{саат}$. Трактордун өзүн жылдырууга сарп кылынган кубат кемитилгенде, тиркеме куралдарды жылдырууга канчалык кубат сарп кылынат.
Жообу: 43 ат күчү.

88. Жантык тегиздик үстүндөгү күчтөрдү тең салмактоонун экинчи жолу. Жантык тегиздиктин негизине жарыш болгон күчтүн жардамы менен жантык тегиздик үстүнө нерсени тынч авалда кармап турууга же болбосо бир калыпта жылдырууга болот.

Бул учурда тең салмактоочу күчтүн ченемин табуу үчүн, жантык тегиздиктин үстүндө жаткан жүктүн салмагын эки түзүүчүгө ажыраткыла; алардын бирөөнү тегиздиктин узундугуна перпендикуляр түрдө, экинчисин анын негизине жарыш түрдө багыттайлы (108-сүрөт). Түзүүчү перпендикуляр P_2 күчүнүн аракети тегиздиктин тоскоолдугу менен жоголот. Түзүүчү P_1 нерсени жылдыра алат. Нерсени тынч авалда сактап калуу үчүн же болбосо сүрүлүүсүз бир калыптагы кыймылда тегиздик боюнча өйдөгө жылдыруу үчүн P_1 күчүнө барабар жана карама-каршы болгон F күчүн жумшоо жетишет. Бирдей болгон OPP_1 жана ABC тар бурчтары бар тик бурчтуу үч бурчтуктун окшоштугунан төмөнкүлөр келип чыгат:



108-сүрөт. Тең салмактоочу күч тегиздиктин негизине жарыш болот

$P_1 : P : P_2 = BC : C : AB$, же болбосо, $P_1 : P : P_2 = n : b : l$, мындан:

$$\boxed{P_1 = P\frac{h}{b},} \qquad \boxed{P_2 = P\frac{l}{b}.} \qquad \text{(XVIII)}$$

$P_1 = P\frac{h}{b}$ барабардыгын бөлүмдөн бошотуп, $P_1 b = Ph$ ты табабыз.

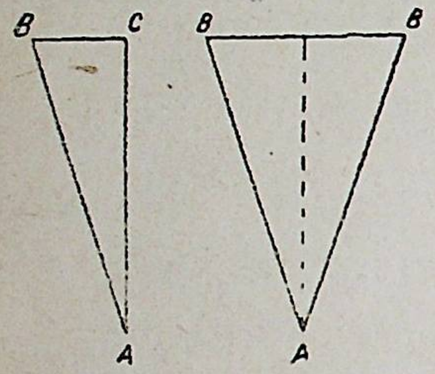
Оордук күчүн h бийиктигине вертикаль (тик) көтөргөндө женүүнүн жумушу Ph болот.

$P_1 b$ ни зага барабар болгон Fb чондугу менен алмаштырууга болот, анткени $P_1 = F$. Бирок Fb дегенибиз b жолундагы F күчүнүн жумушу болот. Нерсени h бийиктигине көтөрүү үчүн кыймылдатуучу F күчү өзү жумшала турган точканы A точкасынан B точкасына дейре горизонталь боюнча b аралыгына которууга тийиш болот.

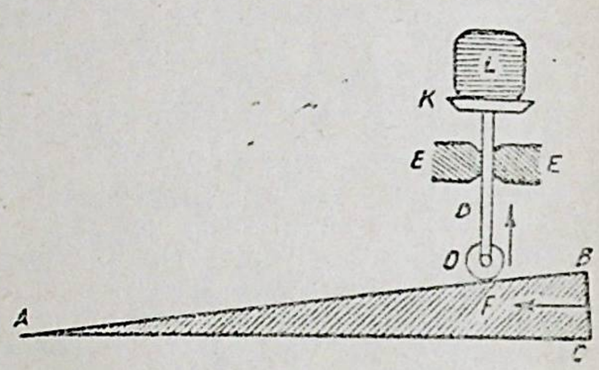
Бул учурда да, *жантык тегиздиктин негизине жарыш күчтүн жумушу тегиздик боюнча сүрүлүүсүз бир калыптагы кыймыл кезинде, вертикаль боюнча тиешелүү бийиктикке көтөрүлгөндөгү оордук күчүн жеңүүдөгү жумушка барабар болот.*

89. Шынаа. Шынаа дегенибиз—узунунан кесилип тик бурчтуу үч бурчтукту түзгөн катуу нерсе болот (109-сүрөт). Шынаа кайсы бир убактарда негиздери менен чапталган эки тик бурчтуу шынаалар формасында колдонулат. Анда анын кесилиши тең капталдуу үч бурчтук түрүн алат.

Шынаа жаруучу, кесүүчү, жонуучу куралдардын: бычактын, кайчынын, балтанын, жыгач жаргыч балтанын, стамесканын, сүргүнүн, соко тишинин, соконун ж. б. негизги бөлүгү болот. Нерселерди которуу үчүн шынааны колдонушат (110-сүрөт). D стержени багыттоочу EE тегиздиктери ортосуна киргизилген, алар стерженге вертикаль боюнча жогору жана ылдый кыймылдоого мүмкүнчүлүк беришет. Стержендин ылдыйкы учу дөңгөлөк болуп аякталат, үстү болсо табак болуп анын үстүнө L жүгү



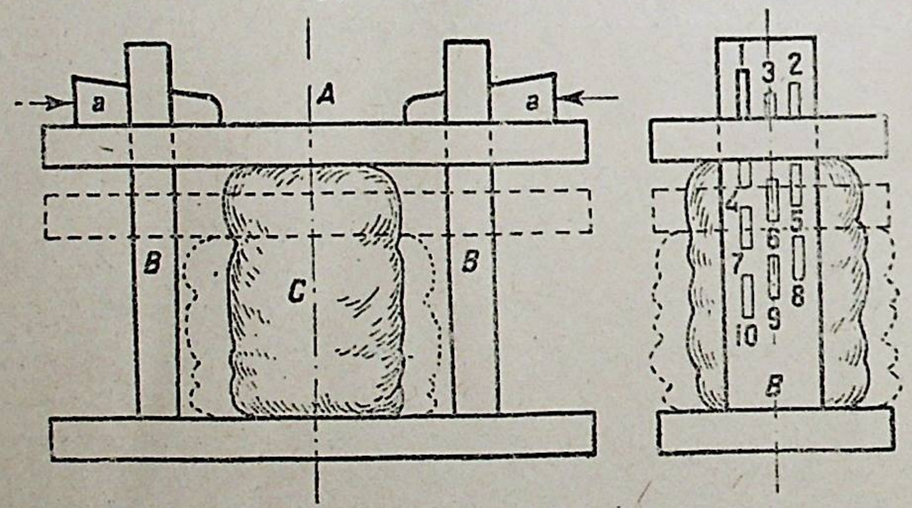
109-сүрөт. Кесилгендеги шынаа.



110-сүрөт. Жылуучу жантык тегиздиктин жардамы менен нерсени көтөрүү.

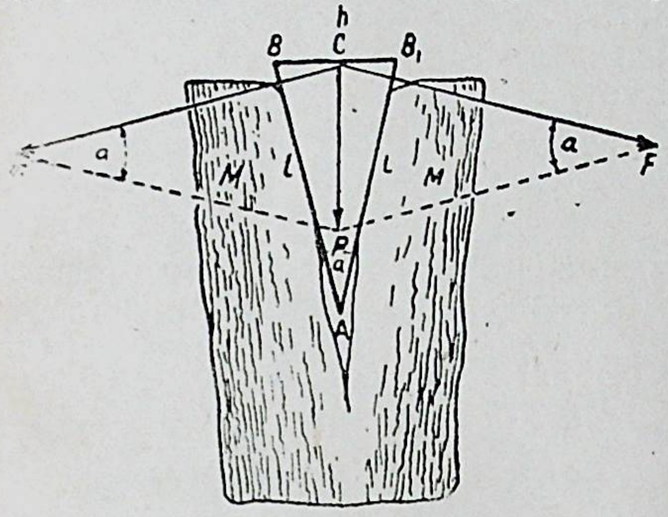
коюлат. L нерсени көтөрүү үчүн, F күчү менен шынаанын өзүн сол жакты көздөй, сүрөттө көрсөтүлгөндөй жылдырууга болот.

Андан кийин шынаалуу прессте (111-сүрөт) нерселерди



111-сүрөт. Шынаалуу пресс.

кысуу үчүн, нерсени бөлүктөргө жаруу үчүн же болбосо жалпы алганда иштетилип жаткан материалдын ичине өтүү үчүн (кесүүчү, жаруучу, чабуучу куралдар) жана буюмдун бөлүктөрүн бириктирүү үчүн шынаа колдонулат. BAB_1 шынаасы ишетелип жаткан MM материалынын ичине, $BB_1 = h$ тын төбөсүнө перпендикуляр болгон P күчү менен киргизилген деп элестейли (112-сүрөт). Материалдын ичине киргизилген шынаа материалды кысат жана өзү да материал тарабынан анын реакциясына кысылат. Бул реакция шынаанын l ге барабар жактарына, перпендикуляр түрдө багытталган. 112-сүрөттө шынаанын төбөсүнө перпендикуляр болгон P күчү, жаактарга перпендикуляр болгон түзүүчү эки F жана F күчтөрүнө ажыратылган.



112-сүрөт. Шынаа үстүндөгү күчтөрдүн тең салмактуулугу.

Бул түзүүчүлөрдүн ар бири, жарылуучу нерсе шынаага аракет кылган (сүрөттө көрсөтүлбөгөн) күчкө барабар жана кара-



113-сүрөт. Бурама жана гайка.

ма-каршы, ошондуктан бул түртүп чыгуучу күчтү тең салмактуу кылат. Эгерде P күчү жумшалбаса, сүрүлүү жок болгондо шынаа нерсенин ичинен түртүлүп чыгып кетер эле.

Чокуларындагы барабар болгон a бурчтары бар тең капталдуу үч бурчтуктардын окшоштугунан төмөнкү келип чыгат:

$$F:P = AB:BB_1 \text{ же}$$

$$\boxed{F:P = l:h.} \qquad \text{(XIX)}$$

Шынааны тынч авалда же сүрүлүүсүз бир калыптагы кыймылда сактап калуу үчүн, шынаанын төбөсүнө перпендикуляр аракет кыла турган күч, төбөнүн кеңдиги жаактын узундугунан канча жолу кичине болсо, жаакка перпендикуляр түрдө аракет кылуучу күчтөн ошончо жолу кичине болууга тийиш.

Шынааны пайдаланганда, шынаанын төбөсү канчалык ичке

жана жаагы канчалык узун болсо, күч ошончолук кем жумшалат.

Шынаанын жаактары жантык тегиздик. Ошондуктан шынаа, жантык тегиздикке окшош, жумушта утушту бере албайт.

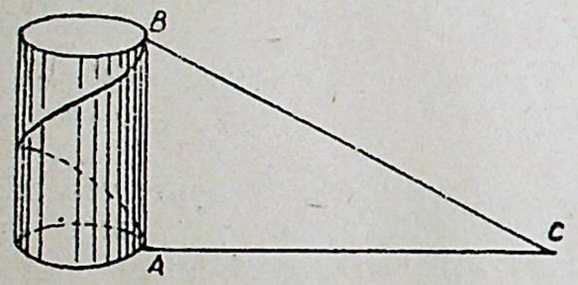
90. Бурама. Жантык тегиздикке келтире турган экинчи курал—бурама болот.

Бети бурама сай менен жабдылган түз цилиндр б у р а м а деп аталат (113-сүрөт).

Бурама сай, бурама сызыгы боюнча багытталган. Үч бурчтук цилиндрге оролгондо, анын негизи цилиндрдин негизинин айланасына барабар болсо, үч бурчтуктун гипотенузасы цилиндрдин бооруна сызган сызык б у р а м а сызык деп аталат; бул убакта үч бурчтуктун негизи цилиндрдин айланасынын негизине барабар болууга тийиш. (114-сүрөт).

Түзүүчү сызык боюнча, бурама сызыктын жандаш эки точкасынын ортосундагы аралык б у р а м а н ы н ж ү р ү ш ү деп аталат.

Материалдарды иштегенде: жыгачта, металлда, жерде тешиктерди көзөө үчүн бураманы курал катарында пайдаланышат. Бул максат үчүн колдонулган б у р а м а, б у р а в а же кичинекей бурава (буравчик) деп айтылат (115-сүрөт).



114-сүрөт. Бурама сызык.



115-сүрөт.

Бураманын бурама сайын бекем кармап турган нерсе г а й к а (бурамага буралып кирүүчү нерсе) деп аталат. Гайканын ички жагында да бурама сай бар, бирок ал, бурамадагы сайга карама-каршы болот: бураманын томпогуна гайканын оюгу тиешелүү жана тескерисинче.

Эгерде гайканы бекитип, бураманы бурасак, бурама өзүнүн огун бойлото бир канча кесиндиге жылат. Эгерде бурама бекитилип гайка бурулса, ал бураманын огун бойлото бир канча кесиндиге жылат. Эгерде бураманы бир айландырса, бурама (же гайка) бураманын жүрүшүнүн узундугуна жылат.

Бурама иштеген кезде, аны жыгачка же металлга бурап киргизгенде, же болбосо аны менен кандай да болсо бир жүктү

көтөргөндө, жеңиле турган күчтү—тоскоолдукту—бураманын огун бойлото анын башына багыттап жумшашат. Таасир кылуучу, тоскоолдукту жеңүүчү күчтү болсо, бурама цилиндринин айланасына, жаныма сызык боюнча жумшашат. Көбүнчө таасир кылуучу күчтү цилиндрдин бооруна тупа-туура жумшабастан, бурамага башта, башкача айтканда чоң радиусу бар тегеректи бириктиришет, же болбосо цилиндрге сап киргизишет, саптын учу же болбосо тегеректин айланасындагы точкалар—таасир кылуучу күч жумшала турган точкалар болот.

Бурама үсүндөгү күчтөрдүн тең салмактуулук шартын чыгаруу үчүн, жантык тегиздик үчүн белгиленген жумуштардын барабардык законун пайдаланалы. Бул законду биз бурамага да өткөрө алабыз, анткени анын ичиндеги бир күч бийиктикке жарыш түрдө багытталган, экинчи күч болсо, узундугу бурама сызыкты түзгөн жантык тегиздиктин негизине жарыш түрдө багытталган.

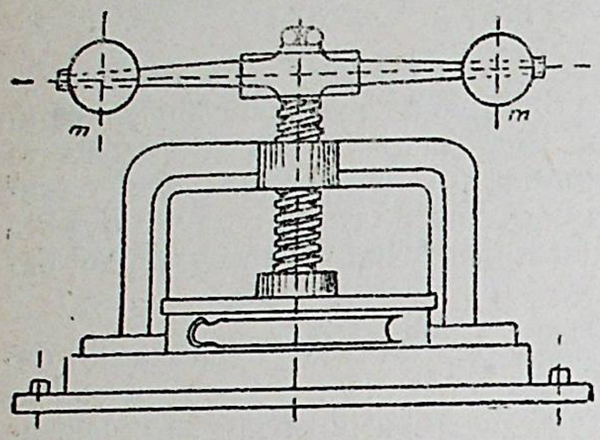
Бураманын жүрүшүн h аркылуу белгилейли, бураманын башынын радиусун R аркылуу, бураманын огун бойлоп жумшалган тоскоолдук күчүн P аркылуу, бураманын башына жаныма сызык боюнча аракет кылган күчтү F аркылуу белгилейли. Ошондо бурама бир бурулса, аракет кылуучу F күчү өзү жумшалган, точканы баштын айланасынын узундугу $2\pi R$ ге жылдырат жана $A_F = 2\pi RF$ жумушун аткарат. Ошол эле убакыттын ичинде тоскоолдук кылуучу P жумшалган точка бураманын жүрүшүнүн узундугу h ка которулат. Тоскоолдук P ни жеңүүдөгү жумуш $A_P = Ph$ ка барабар болот. $A_F = A_P$ жумуштарынын барабардыгынан: $2\pi RF = Ph$ чыгат, мындан:

$$F = \frac{Ph}{2\pi R}. \qquad (XX)$$

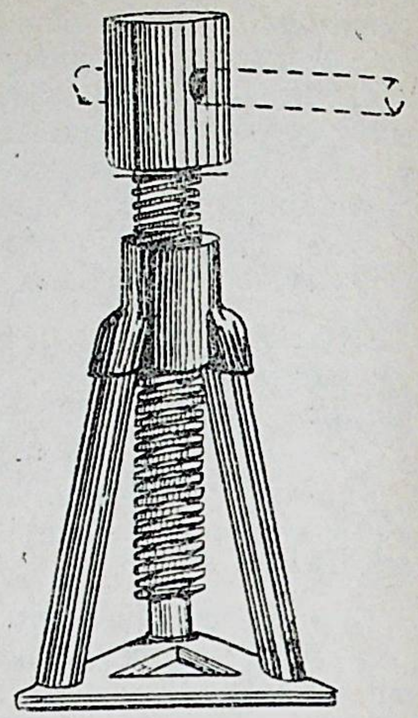
Бураманы тынч авалда же болбосо бир калыптагы сүрүлүүсүз кыймылда кармап туруу үчүн, бураманын башына жумшалган күч, бураманын жүрүшү бураманын башынын айланасынан канча жолу кичине болсо, бураманын огун бойлото багытталган күчтөн ошончо жолу кичине болууга тийиш.

Бурама иштеген чыныгы учурдун ар бирөөндө сүрүлүү күчү менен да эсептешүүгө туура келет. Бурама сызыгын түзүүчү гипотенузанын жантыктыгы белгилүү a бурчта болгон кезде, бурама өзүн өзү т о р м о з д о о ч у болот. Бураманын огун бойлото жумшалган жүктүн салмагы канчалык чоң болсо да, бурама кыймылга келбейт, анын айланасына эч кандай күч жумшалбаган болсо да, аны сүрүлүү күчү кармап турат.

Машинанын бөлүктөрүн бириктирүү үчүн бураманын колдонушу ушуга негизделген. Мыктыраак бириктирүү үчүн бураманын жүрүшүн абдан кичине кылышат жана үч бурчтуу сай колдонулат, анткени андай сай тик бурчтуу сайга ка-

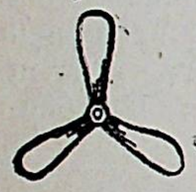


116-сүрөт. Бурамалуу пресс.



117-сүрөт. Домкрат.

раганда сүрүлүүнү көбүрөк берет. Тик бурчтуу сай болсо, мунун тетирисинче, жүк жана жүрүү бураларында кыймылды өткөрүү үчүн белгиленген бурамаларда, мисалы прессте (116-сүрөт), домкратта 117-сүрөт) колдонулат.



118-сүрөт. Айлануучу бурама.



119-сүрөт. Пропеллер.

Бурама нерселерди коруу үчүн да колдонулганын биз домкраттан көрөбүз. Айлануучу бурама (118-сүрөт) бурамалуу кемелерди, самолётторду (119-сүрөт) кыймылга келтирет.

18-көнүгүү.

1. Шынаанын төбөсүнүн туурасы $h=5$ *см*, жаагынын узундугу 25 *см*. Жаагына жумшалган 60 *кГ* тоскоолдукту жеңүү үчүн шынаанын төбөсүнө кандай күч аракет кылууга тийиш? *Жообу*: 12 *кГ*.

2. Шынаанын төбөсүнө жумшалган 10 *кГ* күч, жаагына жумшалган жана 240 *кГ* га барабар болгон тоскоолдукту тең салмактап турат. Шынаанын төбөсүнүн туурасы 60 *мм*. Жаагынын узундугун тапкыла.

3. Узундугу 10 *см* болгон шынаанын жаагына жумшалган 100 *кГ* тоскоолдукту 25 *кГ* күч тең салмактап турат. Шынаанын төбөсүнүн туурасын тапкыла. *Жообу*: 2,5 *см*.

4. Шынаанын төбөсүнө аракет кылган күч 300 *кГ* га барабар. Төбөсүнүн туурасы 40 *мм*, жаактын узундугу 160 *мм*, Жаагына жумшалган тоскоолдукту тапкыла.

5. 120 *кГ* келген күч менен 1000 *кГ* тоскоолдукту жеңүү үчүн шынаанын жаагы төбөсүнүн туурасына кандай катышта болууга тийиш?

Жообу: $8\frac{1}{3}$.

6. Эгерде бураманын жүрүшү $h=4$ *мм*, саптын узундугу $R=1$ *м*; сапка аракет кылуучу күч $F=25$ *кГ* жана пайдалуу аракеттин коэфициенти $\eta=0{,}4$. болсо, домкрат менен кандай жүктү көтөрүүгө болот? *Жообу*: 15700 *кГ*

7. Көчүргүч прессteги бураманын жүрүшү $h=0{,}5$ *см*, саптын узундугу $R=20$ *см*, пайдалуу аракеттин коэфициенти η-0,7. 600 *кГ* келген тоскоолдукту жеңүү үчүн саптын учуна аракет кылуучу кандай күч жумшалуу керек. *Жообу*: 3,4 *кГ*.

8. Шынаанын төбөсү $h=1$ *см*, (112-сүрөт), жаактын узундугу $l=10$ *см*, төбөгө аракет кылуучу күч P-16*кГ*. Жеңиле турган тоскоолдукту тапкыла. *Жообу*: 160 *кГ*.

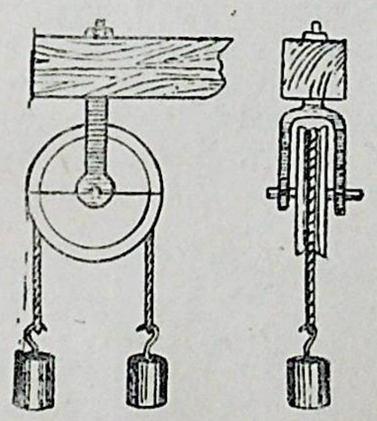
9. Эгерде бураманын жүрүшү $h=2$ *см*, саптын узундугу $R=50$ *см* болсо, $P=2$ *Т* болгон тоскоолдукту жеңүү үчүн бураманын сабына кандай күч жумшалуу керек? *Жообу*: 12,7 *кГ*.

10. Бураманын $R=40$ *см* болгон сабынын учуна жумшалган күч $F=18$ *кГ* га барабар. Бураманын жүрүшү $h=4$ *мм*. Жеңиле турган тоскоолдукту тапкыла. *Жообу*: 11 304 *кГ*.

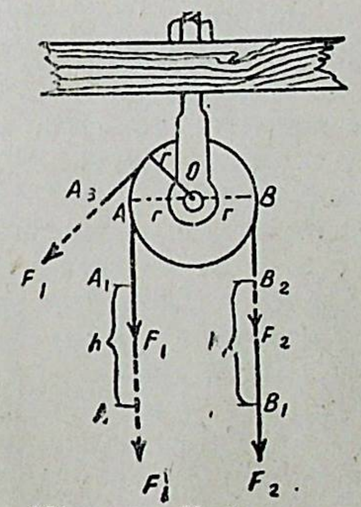
91. Блок (чыгырык). Огу айланасында айланган жана үстүндө жип же аркан жүрүүчү оюгу бар дөңгөлөк блок (чыгырык) деп аталат (120-сүрөт).

Эгерде иштеген кезде блоктун (чыгырыктын) огу кыймылдабаса, анда блок кыймылсыз деп аталат (121-сүрөт);эгер блоктун огу которулса, анда блок да жылуучу деп аталат (122-сүрөт). Блоктор жүктөрдү которуу үчүн арналышат.

Жылбас блоктун оюгуна аркан коюлат, анын бир учуна B га жүк таңылат же болбосо тоскоолдуктун кандай да болсо бир F_2 күчү жумшалат. Аркандын экинчи A учуна аракет кылуучу күч F_1 жумшалат (121-сүрөт).



120-сүрөт. Блок.



121-сүрөт. Кыймылсыз блоктун схемасы.

Блоктун тынч авалда турушу үчүн, же болбосо огу O айланасында бир калыпта айланышы үчүн, аны саат стрелкасы боюнча айландыруучу күчтүн моменти, саат стрелкасына каршы айландыруучу күчтүн моментине барабар болуу керек.

Жылбас блоктун учурунда тигил же бул күчтүн ийини болуп блоктун радиусу кызмат кылат. F_2 күчү блокту саат стрелкасы боюнча айландырат жана анын моменти F_2r болот. F_1 кү-

чү блокту саат стрелкасына каршы айландырат жана анын моменти F_1r болот. Моменттердин барабардыгынан $F_2r=F_1r$ келип чыгат, мындан:

Ошентип: $\boxed{F_2=F_1.}$ чыгат. (XXI)

Жылбас блоктун тынчтыгы үчүн же болбосо бир калыптагы сүрүлүүсүз кыймылы үчүн аракет кылуучу күч тоскоолдукка барабар болууга тийиш.

Жылбас блок күчтө утушту бербейт, бирок аракет кылуучу күчтүн багытын өзгөртүүгө мүмкүнчүлүк берет. Эгерде жүктү үйдүн экинчи кабатына көтөрүү керек болсо, күчтү жүккө тупа-туура жумшаган кезде, аракет кылуучу күч вертикаль түрдө, жогору карай багытталган болуу керек. Эки кол менен аракет кылганда жүктү мындай бийик жерге которуу мүмкүн болбос эле. Бирок үйдүн төбөсүнө бириктирилген жылбас блоктун арканынын бир учуна жүктү таңып коюп, аркандын экинчи учунан эки кол менен кармап вертикаль же жантык түрдө ылдый тартканда (A_3F багыты боюнча) жүктү каалаган бийиктикке көтөрүүгө болот.

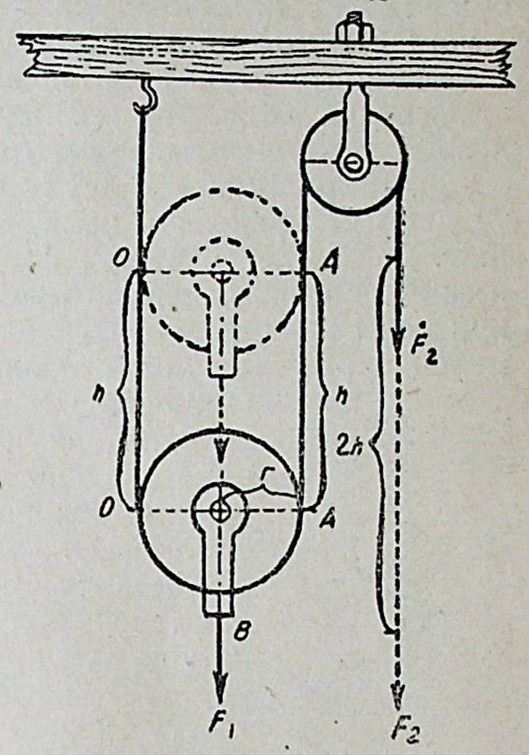
Жылбас блокту пайдаланган кезде аракет кылуу күчтүн жана тоскоолдук күчүнүн жумушуна баа берели. Жүктү же болбосо, жалпы алганда тоскоолдук жумшалган точканы h бийиктигине которуу үчүн, аркандын экинчи учун тартуу керек б. а. аракет кылуучу күч жумшалган точканы да күчтүн багыты боюнча h аралыгына которуу керек. F_2 тоскоолдугун жеңүү үчүн ал жумшалган точкага, ага барабар жана карама-каршы болгон күчтү жумшоо керек. Ошондо h жолундагы тоскоолдукту жеңүүдөгү жумуш $A_2=F_2h$ ка барабар болот. Жылдыруучу F_1 күчүнүн ошол эле h жолундагы жумушу $A_1=F_1h$ га барабар болот. $F_2=F_1$ ге болгондуктан $A_2=A_1$ болот.

Жылбас блоктун жардамы менен жүктү сүрүлүүсүз бир калыпта көтөргөндө аракет кылуучу күчтүн жумушу тоскоолдун жумушуна барабар болот.

Жылбас блокту пайдаланганда жумушта утушту алып болбойт. Кайра, ар бир блокто сүрүлүү аргасыз болот; ошондуктан жылдыруучу F_1 күчү, тоскоолдук күчүнөн, сүрүлүү күчүнүн чоңдугуна көп болот. Сарп кылынган жумуш жүктү көтөрүүдөгү пайдалуу жумуштан көп болот жана жылбас блокто сүрүлүүнүн чоңдугуна жараша пайдалуу аракеттин коэфициенти көп же аз болот.

Жылуучу блокту пайдаланган кезде көтөрүлүүчү жүктү блоктун огун курчап алган тегеректин (алкактын) илмегине илип коюшат (122-сүрөт); тоскоолдук күчү жумшала турган точка блоктун огунда болот. Жүктү көтөргөн аракет кылуучу күч аркандын бош учунун кандай да болсо бир точкасына, мисалы, A точкасына жумшалат. Аракет кылуучу күчтү вертикаль түрүндө

жогорку багыттоонун ордуна, арканды жылбас блок аркылуу өткөрүп, ошондой эле күчтү вертикаль түрүндө ылдый жумшоого болот. Жылуучу блокту көтөргөндө, блок бүт бойдон ок айланасында айланат, бул ок аркандын блокко бириктирилген учу жанып турган точка[1], O точкасы аркылуу өтөт. Ок чийменин тегиздигине перпендикуляр түрдө багытталган. Буга ишенүү үчүн блокко, анын айланасына жакын жерге кандай да болсо бир белгилерди салуу керек.



122-сүрөт. Кыймылдуу блоктун схемасы.

Блокту көтөргөндө белги жаныма точканын жанында аз гана жерге көтөрүлөт. Демек, O точкасы аркылуу бул учурда айлануу огу өтөт. Бул окко салыштырганда тоскоолдук күчү F_1 дин ийини блоктун радиусу r ге барабар жана моменти F_1r ге барабар болот. Кыймылдатуучу күчтүн диаметрге, $2r$ ге барабар ийини жана $2rF_2$ моменти бар. F_1 күчү блокту саат стрелкасы боюнча, F_2 күчү саат стрелкасына каршы айландырууга умтулат. Моменттердин $2rF_2=F_1r$ барабардыгынан төмөнкү келип чыгат:

$$\boxed{F_2=\frac{1}{2}F_1.} \qquad \text{(XXII)}$$

Жылуучу блоктун тынч авалы же болбосо сүрүлүүсүз бир калыптагы кыймылы үчүн таасир кылуучу күч тоскоолдуктан эки эсе кем болууга тийиш.

Ошентип, жылуучу блокту пайдаланган кезде күчтөн эки эсе утуш келип чыгат.

Жылуучу блоктогу тоскоолдук жумшалган точканы h бийиктигине көтөрүү үчүн, 122-сүрөттөн көрүнгөндөй, аркандын бошогон OO жана AA бөлүктөрүн тартуу керек, бул бөлүктөрдүн суммасы $2h$ ты түзөт. Демек, мында аракет кылуучу күч өзү жумшалган точканы тоскоолдук жумшалган точканын жолуна караганда эки эсе көп келген аралыкка которот.

Тоскоолдукту жеңүүдөгү жумуш $A_1=F_1h$. Кыймылдатуучу күч-

[1] 122-сүрөттө көрсөтүлгөн момент үчүн, убактылуу айлануу огу O точкасы аркылуу өтөт.

түн жумушу $A_2=2hF_2$, бирок $F_2=\frac{1}{2}F_1$, мындан $A_2=2h.\frac{1}{2}F_1=$ $=F_1h$ келип чыгат.

Жылуучу блоктун жардамы менен жүктү сүрүлүүсүз бир калыпта көтөргөндө, кыймылдатуучу күчтүн жумушу тоскоолдукту жеңүүдөгү жумушка барабар.

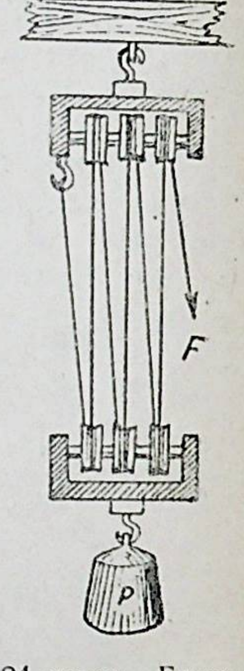
Жумушта утуш боло албайт.

Сүрүлүп айлана турган бардык чыныгы блоктордо сарп кылынган жумуш пайдалуу жумуштан көп болот.

92. Полиспаст. Жылуучу бир блокко караганда, күчтө утушту дагы көбүрөк алуу үчүн, бир нече блокту бирге туташтырышат. Блокторду белгилүү бир жол менен туташтыруу полиспаст[1] деп айтылат. Бир бириктирүүчүдөгү жылуучу блокторунун саны экинчи бириктирүүчүдөгү жылбас блоктордун саны менен бирдей болуп түзүлгөн полиспаст эселүү деп аталат (123-сүрөт). Кайсы бир кезде жылуучу блоктордун бардыгы жалпы бир окко кийгизилип, жылбастардын бардыгы экинчи окко кийгизилет (124-сүрөт). 123-сүрөттө көрсөтүлгөн 6 блогу бар полиспасттын жардамы менен жүктү 1 *м* бийиктикке көтөрүү үчүн, блокторду курчап турган 6 жиптин ар бирөөн 1 *м* ден тартуу керек, ошондо аркандын бош учу алты эсе көп келген аралыкка, б. а. 6 *м* ге тартылып чыгарылууга тийиш. Ошондуктан жумуштар барабар болгондо аракет кылуучу күч жеңиле турган тоскоолдуктан алты эсе аз болууга тийиш.



123-сүрөт. Эселүү полиспаст.



124-сүрөт. Блоктору жалпы окко кийгизилген полиспаст.

Жалпы алганда n блоктордун жардамы менен жүктү $hм$ ге көтөргөндө, n жиптердин ар бирөөн $hм$ ге тартуу керек, демек, жиптин бош учу $nhм$ ге тартылып чыгарылууга тийиш.

Тоскоолдук F_1 ди h жолунда жеңүүдөгү жумуш $A_1=F_1h$ ка барабар болот. Кыймылдатуучу F_2 күчүнүн nh жолундагы жумушу $A_2=nhF_2$ ге барабар болот. Жумуштар барабар болгон кезде $nhF_2=hF_1$ болуп, мындан:

$$\boxed{F_2=\frac{F_1}{n}.} \qquad \text{(XXIII)}$$

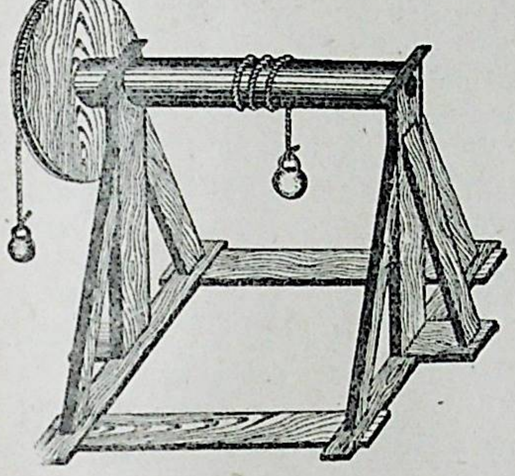
[1]. Грекче полис—көп, спао—тартамын деген сөздөрдөн.

Эселүү полиспастта жүктүн тынчтыгы же болбосо сүрүлүүсүз бир калыптагы кыймылы үчүн аракет кылуучу күч, полиспастта канча блок болсо, тоскоолдуктан ошончо эсе кем болууга тийиш.

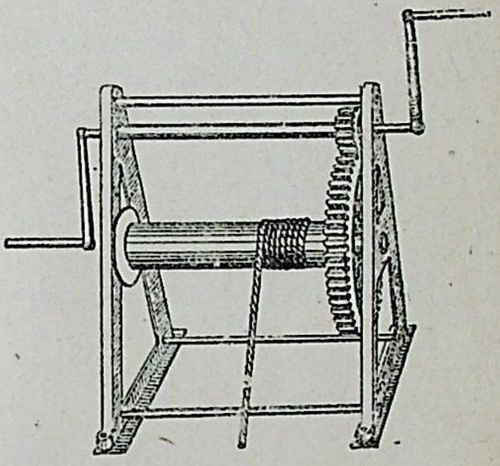
Кампалардагы жүктөрдү көтөрүү үчүн, курулуштарда материалдарды көтөрүү үчүн, парустуу кемелерде мачталарды кармап турган ванттарды тартуу ж. б. үчүн полиспастты колдонушат. Экранды, тенттерди, ж. б. тарттырып коюу үчүн полиспаст принцибинен пайдаланышат.

Практикада эселүү полиспасттарда үчтөн көп жылуучу блокторду колдонбойт. Себеби, алардын саны көп болсо, полиспаст күчтөгү утушту көбүрөөк бербегендей болуп, сүрүлүү күчү чоңоёт.

93. Ворот. Огуна дөңгөлөк кийгизилген вал ворот деп айтылат (125-сүрөт). Ворот иштеген кезде анын огу жылбас подшипниктерде айланат. Дөңгөлөктү, радиустар боюнча багытталган айрым чабактар менен алмаштырууга болот. Мындай воротту кудуктан суу тарткан кезде пайдаланышат. Ворот—оор нерселерди которгондо колдонула турган лебёдканын (составдуу) түзүүчү бөлүгү болот. Огу тике коюлган ворот кабестан деп айтылат (126 а-сүрөт). Якорлорду көтөрүү үчүн, кемелерде кабестандар көп пайдаланылат.



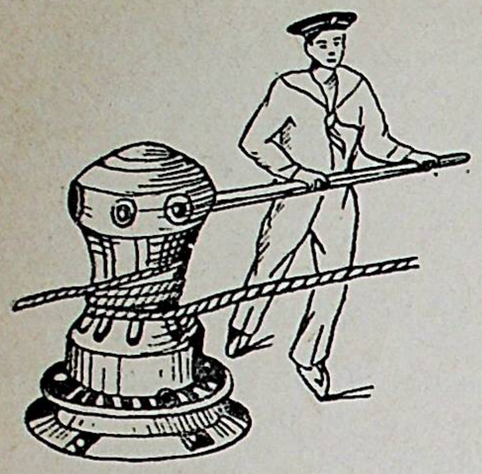
125-сүрөт. Ворот.



126-сүрөт. Лебёдка.

Воротун жардамы менен жеңиле турган тоскоолдук көбүнчө валга оролгон арканга жумшалат. Тоскоолдукту тең салмактоочу же болбосо воротту бир калыпта айландыруучу күч дөңгөлөккө оролгон арканга жумшалат. Аракет кылуучу күчтү арканга жумшалат. Аракет кылуучу күчтү радиалдык стержендердин сырткы учтарына тупа-туурасынан жумшоого болот. Күчтөрдүн экөө да жанымалар боюнча валдын жана дөңгөлөктүн айланасына жумшалат (127-сүрөт). Аракет кылуучу жана жеңиле турган күчтөр карама-каршы багытта айландыруучу моменттерди бергендей кылып воротко жумшалууга тийиш.

Кыймылдатуучу F_2 күчүнүн ийини дөңгөлөктүн радиусу R ге барабар; анын моменти F_2R ге барабар. Тоскоолдук F_1 күчүнүн ийини валдын радиусу r болот; анын моменти F_1r ге барабар.



126а-сүрөт. Кабестан.

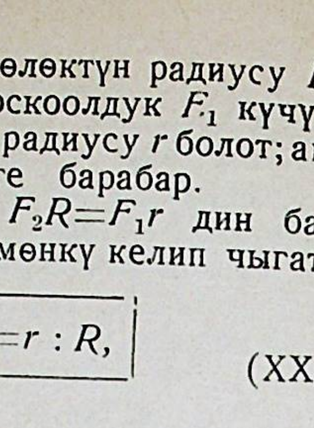
Моменттер $F_2R=F_1r$ дин барабардыгынан төмөнкү келип чыгат:

$$F_2 : F_1 = r : R, \qquad \text{(XXIV)}$$

демек:

Вороттун тынч авалы үчүн же болбосо сүрүлүүсүз бир калыптагы айланышы үчүн дөңгөлөккө жумшалган күч, валдын радиусу дөңгөлөктүн радиусунан канча эсе кичине болсо, валга жумшалган күч-төн ошончо эсе кичине болууга тийиш.

Вороттун дөңгөлөгү толук бир айландырылганда аракет кылуучу F_2 күчү өзү жумшалган точканы $2\pi R$ айланасынын узундугуна которот жана $A_{F_2}=2\pi RF_2$ жумушун аткарат. Ошол эле убакыттын ичинде тоскоолдук F_1 жумшалган точка валдын $2\pi r$ айланасынын узундугуна которулат. Тоскоолдукту жеңүүгө сарп кылынган жумуш $A_{F_1}=2\pi rF_1$ ге барабар болот. XXIV барабардыгынан кайта түзүлгөн $F_1r=F_2R$ барабардыгынын эки бөлүгүн тең 2π ге көбөйтүп, төмөнкүнү табабыз:



127-сүрөт. Вороттун схемасы.

$$2\pi rF_1=2\pi RF_2, \text{ б. а. } A_{F_1}=A_{F_2}.$$

демек:

Вороттун сүрүлүүсүз бир калыптагы кыймылы кезинде аракет кылуучу жумуш жана тоскоолдукту жеңүүдөгү жумуш барабар болот.

19-көнүгүү.

1. Жылбас блоктун жардамы менен 240 *кГ* жүк 2 *м* бийиктикке 300 *кГ* күч менен көтөрүлөт. Пайдалуу жумушту жана пайдалуу аракеттин коэфициентин тапкыла. *Жообу*: 0.8.
2. 210 *кГ* жүк 1,5 *м* бийиктикке 120 *кГ* күч менен, жылуучу блоктун жардамы аркылуу көтөрүлөт. Пайдалуу жумушту жана пайдалуу аракеттин коэфициентин тапкыла. *Жообу*: 0,87.
3. Киши өз денесине байланган жана жылбас блок аркылуу өткөрүлгөн жипти тартып, көтөрүлгөндө өз салмагына салыштырганда кандай күч сарп кылат?
4. Эселүү полиспаст 4 түгөй (кош) блоктордон түзүлгөн. 500 *кГ* келген жүктү көтөрүү үчүн, сүрүлүүсүз кандай күчтү сарп кылуу керек? Эгерде аркандын бош учу 10 *м* тартылып чыгарылган болсо, жүк канчалык бийиктикке көтөрүлгөн болот? Пайдалуу жумуш эмнеге барабар? *Жообу*: 62,5 *кГ*.

5. Эгерде валдын радиусу 40 *см*, дөңгөлөктүн радиусу 1,2 *м* болсо, вороттун валына жумшалган 300 *кГ* жүктү сүрүлүүсүз тең салмакка келтирүү үчүн вороттун дөңгөлөгүнө кандай күчтү жумшоо керек болот? *Жообу*: 100 *кГ*.
6. Эгерде блоктун пайдалуу аракетинин коэфициенти 0,8 болсо, 96 *кГ* жүктү бир калыпта көтөрүү үчүн жылбас блоктун жибине кандай күч жумшалуу керек? *Жообу:* 120 *кГ*.
7. Эгерде пайдалуу аракеттин коэфициенти 0,75 ке барабар болсо, 60 *кГ* жүктү бир калыпта көтөрүү үчүн жылуучу блоктун жибине канчалык күч жумшалуу керек? *Жообу*: 40 *кГ*.
8. Эгерде пайдалуу аракеттин коэфициенти 0,6 болсо, 3 түгөй (кош) блоктордон түзүлгөн эселүү полиспасттын жардамында 95 *кГ* күч менен кандай жүктү бир калыпта көтөрүүгө болот?
9. Эгерде валдын радиусу 30 *см*, дөңгөлөктүн диаметри 1,5 *м* жана пайдалуу аракеттин коэфициенти 0,75 ке барабар болсо, валга жумшалган 120 *кГ* жүктү бир калыпта көтөрүү үчүн вороттун дөңгөлөгүнө кандай күчтү жумшоо керек?
10. Кудуктагы вороттун валынын радиусу 30 *см* жана дөңгөлөгүнүн радиусу 1,2 *м*. 48 *кГ* жүк салып коюлган жылуучу блокту валдын арканы курчап турат. Аркандын бош учу кудуктун үстүнкү устунуна бириктирилип коюлган. Жүктү сүрүлүүсүз бир калыпта көтөрүү үчүн вороттун дөңгөлөгүнө кандай күчтү жумшоо керек жана жүктү 30 *м* бийиктикке 2 минута ичинде көтөрүү үчүн кандай кубатты өрчүтүү керек? *Жообу:* 6 *кГ*.
11. Пайдалуу аракеттин коэфициенти 0,6 болгондо 360 *кГ* жүктү 100 *кГ* күч менен бир калыпта көтөрүү үчүн эселүү полиспастта канча түгөй (кош) блокторду алуу керек?
12. Эгерде вороттун пайдалуу аракетинин коэфициенти 0,8 болсо, 400 *кГ* жүктү 100 *кГ* күч менен бир калыпта көтөрүү үчүн вороттун валы менен дөңгөлөгүнүн радиустарынын катышы кандай болуу керек? *Жообу*: 1 : 5.
13. Жүктү 2 *м* жерге бир калыпта көтөргөн кезде эселүү полиспастта 840 *кГм* жумуш аткарылган. Мында аракет кылуучу күч 100 *кГ* болгондо пайдалуу аракеттин коэфициенти 0,7 болгон. Полиспастта нече жуп (кош) блоктор бар?

94. Рычаг. кыймылдатуучу күчтөр жана тоскоолдук кылуучу күчтөр жумшалып, алар катуу нерсени кандай да болсо бир ок айланасында айлантууга аракет кылышса, бул катуу нерсе рычаг деп айтылат. Ташты лом темир менен көтөргөндө, мыкты балканын учтуу учу менен сууруганда, жерди күрөк менен казганда, бөлүк-бөлүк топуракты күрөк менен ыргытканда, оор нерселерди кычкачтар менен которгондо, кайыкты калактар менен жылдырганда, чалгы чапканда, бул нерселерди эң жөнөкөй түрдөгү рычагдар катарында пайдаланышат.

Күчтөрдүн тең салмактуулугунун негизги шартын рычагга колдонолу. Рычагга жумшалган күчтөрдүн бирөөн тоскоолдук күчү деп аташат, рычагды огу айланасында айланууга келтирүү үчүн белгиленген экинчи күчтү (же күчтөрдү) кыймылдатуучу күч деп аташат. Айланууч нерсе үстүндө күчтөрдү тең салмактоонун жалпы шартын рычагга колдонуп, биз төмөнкүнү табабыз:

Рычагдын тынч авалында же сүрүлүүсүз бир калыптагы айланышында, рычагды бир багытта айландыруучу күчтүн моменти, рычагды карама-карты багытка айландыруучу күчтүн моментине барабар болууга тийиш.

128-сүрөттө көрсөтүлгөндөй, рычагды схемалык түрдө көрсөтсөк, тең салмактуулуктун шартын төмөнкүчө жазууга болот:

$$F_2L_2=F_1L_1 \text{ же } F_2 : F_1 = L_1 : L_2. \qquad \text{(XXV)}$$

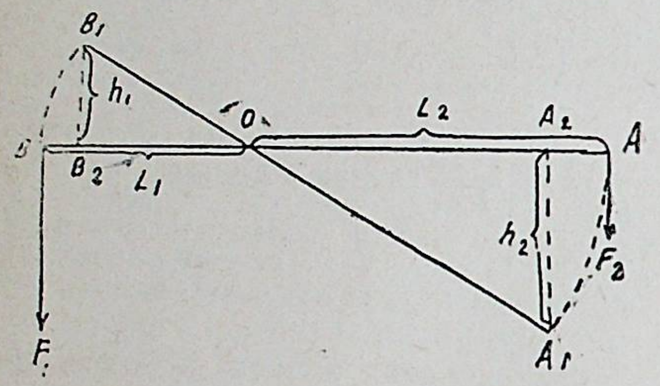
Рычагдар иштеген кезде өздөрүнүн тең салмактуулук авалынан бир канча бурчка чыгарылса, анда F_2 жана F_1 күчтөрү жумшалган точкалар перпендикуляр (ийиндерге карата) багытта h_2 жана h_1 аралыгына которулушат. A_1OA_2 жана B_1OB_2 үч бурчтуктардын окшоштугунан төмөнкү чыгат:

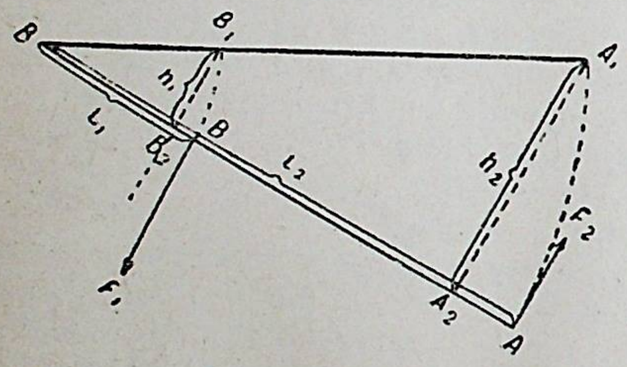
$$h_1 : h_2 = L_1 : L_2.$$

Кийинки эки пропорцияны салыштырганда муну табабыз:

$$F_2 : F_1 = h_1 : h_2, \text{ мындан:}$$
$$F_2h_2 = F_1h_1.$$

Аракет кылуучу күч, тоскоолдуктан канча эсе кичине болсо, анын жумшалган точкасынын которулушу тоскоолдук күчүнүн жумшалган точкасынын которулушунан ошончо чоң болот деген корутундуну биз жогоруда табылган барабардыктан чыгарабыз. Жумшалуу точкаларынын экөөн тең которуу ошол эле убакыттын ичинде болот. Демек, кичине күч жумшалган точка чоң ылдамдык менен жылат деген болот.





128-сүрөт. Рычагды схемалык түрдө көрсөтүү.

Рычагдын бул касиетинен **механиканын алтын эрежеси** деп аталуучу эреже келип чыгат.

Күчтө эмне утулса, ал которулуу ылдамдыгында уттурулат жана тескерисинче.

F_2h_2 көбөйтүндүсү F_2 күчүнүн h_2 жолундагы жумушун ченейт. F_1h_1 көбөйтүндүсү F_1 күчүнүн h_1 жолундагы жумушун ченейт.

Барабардыктан төмөнкү келип чыгат:

Рычагды сүрүлүүсүз бир калыпта которгондо кыймылдатуучу күчтүн жумушу тоскоолдукту жеңүүдөгү жумушка барабар.

Куралдын жардамы менен жумушта утушту бул учурда да алып болбогондугуна дагы ишендик. Эгерде F_1 күчүн тоскоолдук катарында карасак, анда биз рычагды пайдаланып, эң жакшы деген учурда (сүрүлүү жок болгондо) кыймылдатуучу F_2 күчү аркылуу, тоскоолдук F_1 жумшалган точ-

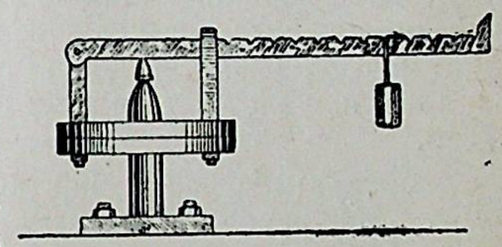
каны рычагсыз ошол эле h_1 аралыгына которууга сарп кылган жумушту аткарган болор эле.

Сүрүлүү болгон кезде, кыймылдатуучу күчтүн жумушу тоскоолдукту рычагсыз тупа-туура жеңүүдөгү жумуштан чоңураак болууга тийиш, анткени сарп кылынган жумуштун бир бөлүгү зыяндуу тоскоолдуктарды жеңүүгө кетүү керек. Курал катарындагы рычагдын пайдасы, жумушта утуу эмес, анын пайдасы—кичине күч менен, нерсе үстүндө тупа-туура иштегендигиге караганда чоңурак тоскоолдуктарды жеңүүдө. Мына ушундай учурда гана жеңилүүчү тоскоолдук которулган жолдо, кыймылдатуучу күч жумшалган точканы которуу менен салыштырганда, уттуруш келип чыгат. Эгерде жумуш кылуучунун колунда, жеңиле турган тоскоолдукка караганда чоңураак күч болсо, чоңураак күчтү кыска ийинге жумшап, тоскоолдук жумшалган точканы которуу жолунда утууга болот.

20-көнүгүү.

1. Буу казанынын сактоочу клапаны учунда айлануу огу бар рычагдан түзүлгөн (129-сүрөт). Тегерек клапандын диаметри D=6 *см*. Буунун басымы p=11 $\frac{кГ.}{см^2}$ Клапан менен октун аралыгы 7 *см*. Рычагдын бир тектүү стерженинин салмагы P=1 *кГ*. Рычагдын бардык узундугу 43 *см*. Буунун күчүн тең салмактоочу күчүн рычагдын учуна кандай күчтү жумшоо керек. *Жообу:* ≈ 50 *кГ*.

2. Рычагдын эки ийини 25 *см* жана 45 *см* ге барабар. Кичине ийинге 100 *кГ* келген тоскоолдук жумшалган, чоң ийинге ошол жакка багытталган жана рычагды, бир калыптагы кыймылда кармап турган, 60 *кГ* күч жумшалган. Рычагдын пайдалуу аракетинин коэфициентин тапкыла. *Жообу:* ≈ 0,93.



129-сүрөт. Сактагыч клапан.

3. Рычагдын 20 *см* келген ийинине 96 *кГ* күч жумшалган, 50 *см* келген экинчи ийинине карама-каршы жарыш 40 *кГ* күч жумшалып, ал рычагды бир калыптагы кыймылда кармап турат. Рычагдын пайдалуу аракетинин коэфициентин тапкыла *Жообу:* 0,96

4. 12 *см* келген ийинге 150 *кГ* күч жумшалган. Рычагдын бир калыптагы кыймылын сактап туруу үчүн 40 *см* келген экинчи ийинге кандай жарыш жана бирдей багытталган күчтү жумшоо керек болот? *Жообу.* 45 *кГ.*

5. Рычагдын 18 *см* келген ийинине 200 *кГ* күч жумшалган. Рычагдын бир калып тагы кыймылын сактап туруу үчүн 30 *см* келген экинчи ийинге кандай жарыш, карама-каршы багытталган күчтү жумшоо керек болот? *Жообу:* 120 *кГ.*

6. Рычагдын 24 *см* келген ийинине 300 *кГ* күч жумшалган. Рычагдын бир калыптагы кыймылын сактап туруу үчүн огунун экинчи жагындагы кайсы аралыкка 96 *кГ* күчтү жумшоо керек жана аны кайсы жакка багыттоо керек? *Жообу:* 75 *см*.

7. 20 *см* келген ийинге 60 *кГ* күч жумшалган. Рычагдын бир калыптагы кыймылын сактап туруу үчүн октун, биринчи күч жумшалган жагындагы кандай аралыкка 24 *кГ* келген экинчи күчтү жумшоо керек жана аны кайсы жакка багыттоо керек?

8. Мурунку рычаг тууралу берилген маселелердин бардыгында реакция эмнеге барабар жана ал кайсы жакка багытталган?

Ханфштенгель. Жалпыга мүмкүндүк жол менен техникага киришүү. „Рычаг закону негизинде көпүрө фермаларын эсептөө“ деген макала 25—28-беттер.

Перельман, Эрмек кылуучу физика, 1-китеп, „Өзүнөн өзү күчтүү“ деген макала. 38—39-беттер; 2-китеп „Архимед Жерди көтөрө алар беле“ деген макала 38—40-беттер.

95. Машиналарда жумуштун сакталуу закону. Биздин алдыбыздан бир топ куралдар өттү—жантык тегиздик, шынаа, бурама, рычаг, блок, ворот булардын бардыгын киши, нерселерге өзүнүн булчуң күчтөрүн жумшоонун ордуна, өз чарбасындагы максаттар үчүн зарыл болгон жумуштарды, бул куралдардын жардамы менен аткаруу үчүн ойлоп чыгарган.

Бул куралдардын жардамы менен иштегенде, киши же күчтү, же нерсени которуу жолунда ута алгандыгын көрдүк, бирок ал эч качан жана эч кандай курал менен жумушта ута албайт.

Куралга жумшалган кыймылдатуучу күчтүн жумушу пайдалуу жана зыяндуу болгон бардык тоскоолдуктарды жеңүүдөгү жумушка дайыма анык барабар болот.

Бул куралдар машина деп аталуучу башка бир кыйла таатаал курулуштардын составына кирет. Ошондуктан, бардык машиналар үчүн, жогоруда айтылган жана машиналарда жумуштун сакталуу закону деп аталган закон орун алат.

Жогоруда текшерилип өтүлгөн механикалык кубулуштардан жана машинанын жумушун текшерүүдөн, биз механикалык кубулуштарда энергия түзүлбөстөн же болбосо жоголбостон, энергиянын кайта түзүлүшү гана болгонуна ишенич түзөбүз.

Энергиянын запасын бир жолу алгандан кийин, пайдалуу жумушту өндүрүүгө кете турган, бул энергиянын кемишин андан ары карай өзүнөн өзү толуктай ала турган кыймылдаткычты жасоо жөнүндөгү толуп жаткан ойлоп чыгаруучулардын эзелден берки кыялын, энергиянын сакталышынын закону талкалайт. Мындай кыймылдаткыч түбөлүк кыймылдаткыч деген же болбосо латин тилинде перпетуум мобиле (*perpetuum mobile*) деген наам алган. Түбөлүк кыймылдаткычты жасоо жөнүндөгү бул кыялдануага толуп жаткан каражаттар, күчтөр, саламаттык жана дагы толуп жаткан өмүрлөр курман болгон.

Перпетуум мобилени издөөдө өткөн узак тарихи доордун ичинде ойлоп чыгарылган мындай долбоорлор миңдеп саналат, алардын ичинде абдан кызыктуулары да толуп жатат.[1]

Бирок физиканы жакшылап окуп үйрөнүү жана энергиянын сакталышы жөнүндөгү анын негизги законунун ачылышы — бул ойдун негизин талкалап жиберет. Түбөлүк кыймылдаткычты ойлоп чыгаруудагы толуп жаткан жана нечен кылымдар боюнча иштелип келген тырышууларга карабастан, аны жасоонун мүмкүн эместиги энергия сакталуу законуна тажрийбалуу далил боло алат.

[1] Алардын кайсы бирөөлөрүн текшерүү, физика ийримдериндеги (кружоктордогу) рефераттар үчүн тема болуп кызмат кылар эле.

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛО Р.

1. Машина деп эмнени айтат.
2. Жантык тегиздиктин узунуна жарыш болгон күч аракет кылганда, жантык тегиздик үстүндөгү нерсенин тең салмактуулук шарты кандай?
3. Жантык тегиздиктин негизине жарыш болгон күч аракет кылганда, жантык тегиздик үстүндөгү нерсенин тең салмактуулук шарты кандай?
4. Жантык тегиздик үстүндөгү жумуштардын закону эмнеде?
5. Нерсенин салмагынын түзүүчү күчү тегиздиктин узунуна перпендикуляр болсо, жантык тегиздик үстүндөгү нерсенин кыймылына кандай аракет кылат?
6. Салмактын тегиздиктин узунуна перпендикуляр болгон түзүүчү күчү нерсени тегиздиктин узунун бойлото жылдырганда жумушту аткарабы?
7. Нерсе жантык тегиздик бойлоп сүрүлүү менен бир калыпта жылганда, тартуу күчү эмнеге барабар болууга тийиш?
8. Жантык тегиздик үстүндөгү пайдалуу аракеттин коэфициенти деп эмнени айтат?
9. Жантык тегиздиктин пайдалуу аракетинин коэфициенти жантыктык бурчун өзгөрткөндө өзгөрөбү жана кандайча өзгөрөт?
10. Шынаадагы күчтөрдүн тең салмактуулук шарты кандай?
11. Эгерде сүрүлүү жок болсо, шынааны пайдаланганда жумушта утуш болобу, жокпу?
12. Шынааны кайсы максат үчүн колдонууга болот?
13. Кандайча болсо шынаа бир курулуштун бөлүктөрүн бириктирүүгө эмне үчүн жарактуу?
14. Бураманын жүрүшү деп эмнени айтат?
15. Бурамадагы күчтөрдүн тең салмактуулук шарты кандай?
16. Бурамадагы сүрүлүүсүз жумуштардын закону эмнеде?
17. Бурама кайсы максаттар үчүн колдонулат?
18. Курулуштардын бөлүктөрүн бириктирүүгө бурама эмнеликтен жарайт?
19. Айлануу огуна салыштырганда күчтүн ийини деп эмнени айтат?
20. Айлануу огуна салыштырганда күчтүн моменти деп эмнени айтат?
21. Айлануу огу бар нерсеге көп күчтөр аракет кылганда, ал нерсенин тең салмактуулук шарты кандай?
22. Рычагды колдонуунун пайдасы жана пайдасыздыгы эмне?
23. Сүрүлүү болгон кезде сарп кылынган жумушу пайдалуу жумушка барабар боло алабы?
24. Жылуучу блоктун тең салмактуулук шарты кандай?
25. Вороттун тең салмактуулугунун шарты кандай?
26. Төмөндөгү куралдардагы таяныч точканы, каршылык күчүнүн жумшалган точкасын, кыймылдаткыч күчтүн жумшалган точкасын, күчтөрдүн багытын көрсөткүлө: таразалардын коромыслолорундагы, кагылган мыкты сууруп жаткандагы балканын, тигүүчү кайчылардын, жүк салынгандагы кол арабанын кыймылындагы, жаңгактарды жаруучу кыпчуурлардын, көмүр талкалоочу кыпчуурлардын, кайыкты жүргүзүп бара жаткан калактагы, шлагбаумдун, алаканга жүк салып бара жаткан колдун.
27. Рычаг аралыктан утуш үчүн колдонулуучу куралдарга жана рычаг күчтөн утуш алуу үчүн колдонулуучу куралдарга мисалдар келтиргиле.

III. ГИДРО-АЭРОМЕХАНИКА.

96. Суюктуктардын кысылышы. Ар тараптан кысканда суюктуктун көлөмү кандайча өзгөрөт? Бийик цилиндрдин ичине бир литр суу же башка суюктук куялы. Ал суюктук цилиндрдин бир канча жерин толтурат. Дагы үстүнө бир литрден куя берели. 2 литр суу мамысынын бийиктиги 1 литрдикине караганда 2 эсе бийик болот, 3 литрдики—үч эсе бийик болот ж. б... Мындан, суюктуктун жогорку мамысынын басымы төмөнкүлөрүнүн көлөмүн өзгөртпөйт деген корутунду келип чыгат.

Илимпоздор басым абдан чоң болгон кездеги, 40 000 $\frac{кГ}{см^2}$ болгондогу, суюктуктун кысылышын изилдеп көрүштү жана *суюктуктун кысылышы болор-болбос* экенин табышты.

Мисалы, басым 1 $кГ/см^2$ ден 500 $\frac{кГ}{см^2}$ га чейин көбөйгөндө—суу 0° болгондо баштапкы көлөмүнүн бир миллиондон 47 үлүшүнө, спирт—бир миллиондон 77 үлүшүнө, эфир—бир миллиондон 107 үлүшүнө кысылат. Ал басым 2 500 $\frac{кГ}{см^2}$ жана 3000 $\frac{кГ}{см^2}$ ортосундагы чекте болгондо, суу баштапкы көлөмүнүн 1 миллиондон 26 үлүшүнө, спирт—28 үлүшүнө, эфир—32 үлүшүнө кысылат.

Эгер снаряд жарылганда суу деңиздин үстүнө көтөрүлбөй турган терендикте жарылса, анда суунун кысылышы болор-болбос болгондуктан, снаряд же терендик бомбалар 50 *м* жерден жарылганда да суу астында жүрүүчү кемелер кыйрайт.

96а. Суюктуктардын жана газдардын басымды өткөрүшү. Күчтүн аракети астында бөлүкчөлөрү которулушпай турган статикада текшерилген катуу нерсеге тескерисинче, суюктук жана газ бөлүкчөлөрү ылдам аракетке келиши менен ажырайт. Катуу нерселерге караганда суюктуктун жана газ басымды өткөрүүнүн башкача жолу, мына ушул аракетке келишинен келип чыгат.

Аянттын бирдигине берилген жана бетине перпендикуляр түрдө багытталган күч менен ченеле турган чоңдук басым экендигин эскерели.

Эгерде күчтү F аркылуу, күч аракет кылган аянтты S аркылуу жана басымды p аркылуу белгилесек, анда:

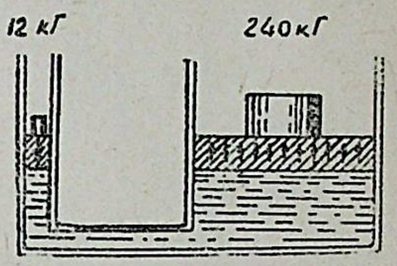
$$\boxed{p=\frac{F}{S}.} \qquad (XXVI)$$

Паскаль (XVII кылымда эле) төмөнкүнү тапкан:

Туюк идиштин ичине куюлган суюктук же газды басканда, алар бул басымды бардык багыттар боюнча бир калыпта өткөрүшөт.

Туш келген формадагы идиштин ичинде суюктук бар болсо жана идиштеги кандайда болсо бир тешик аркылуу тешикке тыгыз бата турган поршень киргизилип, ал аркылуу суюктукту басса, мисалы 2 $\frac{кГ}{см^2}$ дан, анда суюктук ичиндеги ар бир квадрат сантиметрдин үстүнө бул кошумча басым 2 $\frac{кГ}{см^2}$ ченеминде өтөт.

Суюктуктун мындай касиетине төмөнкү тажрийбаны жасап ишенүүгө болот. Кесилиш аянты түрдүүчө болуп, ылдый жагынан ичке түтүк менен туташтырылган эки идишти (130-сүрөт) алалы жана аларды суюктук менен толтуралы.



130-сүрөт. Суюктуктардын басымды өткөрүшү.

Түтүктөргө сүрүлүүсүз бата турган, бирок идиштин капталдарынан суюктукту өткөрбөй турган поршендерди түтүктөрдүн тешиктерине киргизели. Эгерде аянты кичине болгон поршенге кандай да болсо бир күч менен ага перпендикуляр түрдө аракет кылсак, экинчи поршен көтөрүлө баштайт. Ал көтөрүлө баштаган поршенди тынч авалда кармап туруу үчүн ага вертикаль түрдө ылдый багытталган күчтү жумшоо керек. Экинчи поршендин аянты биринчи поршендин аянтынан канча эсе чоң болсо, бул тең салмактоочу күч биринчи күчтөн ошончо эсе чоң болот экен.

Мисалы биринчи поршендин аянты $S_1=6$ $см^2$ болуп, анын үстүнө 12 $кГ$ болгон F_1 күч аракет кылат, экинчи поршендин аянтый болсо $S_2=120$ $см^2$ ге барабар. Ошондо экинчи поршенге канда күч аракет кылат?

Биринчи поршендин үстүнө болгон басым:

$$p=\frac{F_1}{S_1}(1); \quad p=\frac{12\ кГ}{6\ см^2}=2\frac{кГ}{см^2}.$$

Экинчи поршенге басым бир калыпта өткөрүлөт, демек: ар бир $см^2$ ге 2 $кГ$ келген күч аракет кылат, ал эми бардык S_2 аянтка—F_2 күчү аракет кылат.

Анда $F_2=pS_2$; $F_2=2\ \frac{кГ}{см^2}\ .\ 12)\ см^2=240\ кГ$.

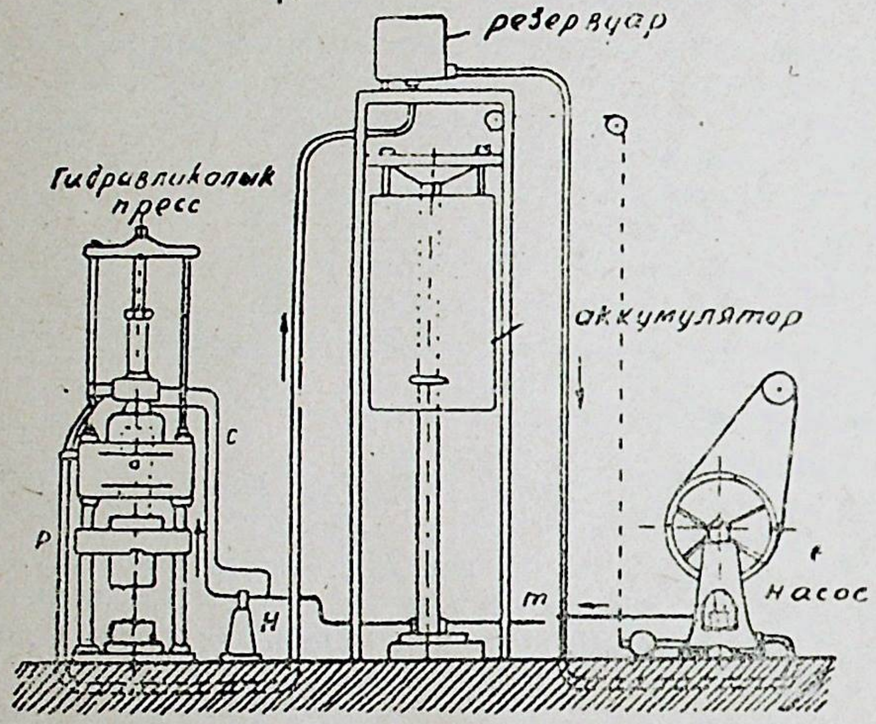
$p=\frac{F_2}{S_2}$ (2)болгондуктан (1) жана(2) барабардыктарды салыштыруудан төмөнкү келип чыгат $\frac{F_2}{S_2}=\frac{F_1}{S_1}$. Башкача айтканда, суюктуктун

туш келген аянтка өткөргөн басым күчү аянтка пропорциялуу. Суюктуктун мына ушул касиети техникада, мисалы гидравликалык пресстерде дайым колдонулат.

96б. Гидравликалык пресс. Гидравликалык пресс Паскаль законунун негизинде жасалган.

Гидравликалык пресс 1812-жылы ойлоп чыгарылган.

Гидравликалык пресстин установкасы эки бөлүкчөдөн турат: бир бөлүгү гидравликалык прессе чоң басым астында суюктук, көпчүлүк уакта май берет, экинчи бөлүгү гидравликалык пресстин өзү болот (130а-сүрөт).



130а-сүрөт. Гидравликалык пресс установкасынын жара кесилгендеги көрүнүшү.

Гидравликалык пресстин жара кесилгендеги көрүнүшү 130а-сүрөттө көрсөтүлгөн. Чоюндан же болоттон жасалган рама төмөнкү рамага орнотулган болоттон жасалган төрт колоннанын үстүндө жатат.

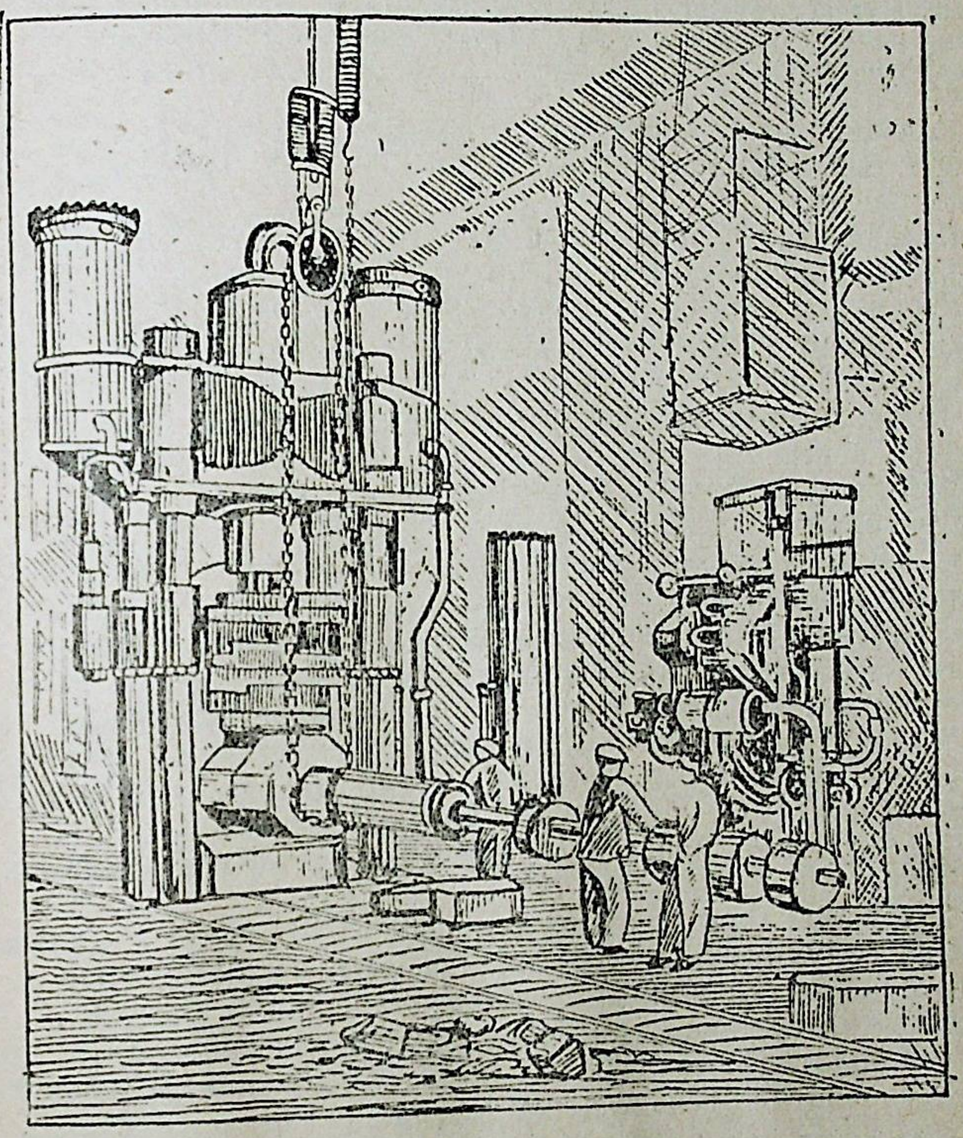
Мына ушул төмөнкү раманын ичине цилиндр орнотулган. Цилиндрдин ичине түтүк аркылуу суюктук берилет. Бул суюктук үстү жылмакай болгон жана плунжер деп аталган поршенди өйдө көтөрөт. Бул плунжер туура темир менен туташтырылып, ал иштетилип жаткан буюмду үстүнкү жылбас рамага кысат.

Кайра жүрүш цилиндрдин өзүнүн жана туура темирдин салмагы эсебинен болот. Цилиндрдин астындагы май чыгып кеткенде цилиндр менен туура темир төмөн түшөт.

Эгерде гидравликалык пресс металлды сого турган болсо, анда плунжер менен туура темир төмөн түшүүгө тийиш болот жана ошондо гана май гидравликалык пресстин үстүнкү бөлүгүндө турган цилиндрге берилет.

Кайта жүрүш, башкача айтканда плунжердин өйдө көтөрүлүшү майды атайын жасалган башка цилиндрге жиберүү аркылуу болот.

Пресстин иштетилүүчү буюмга аракет кылуучу күчү цилиндрге куюлган суюктуктун басымына жана плунжердин диаметрине жараша болот.



130б-сүрөт. Гидравликалык пресс.

Эгер суюктуктун басымы $p\frac{кГ}{см^2}$ ге барабар болсо, *анда аракет кылуучу күч плунжердин кесилишин түзгөн тегеректин аянтын басымга көбөйткөндөгү көбөйтүндүгө барабар болот*

Эгер плунжердин диаметри D *см* болсо, анда анын

аянты $\frac{\pi D^2}{4}$ *см*² болот жана аракет кылуучу $F = \frac{\pi D^2 p}{4}$ *кГ* га барабар болот.

Майдын берилиши сүрөттүн оң жак бөлүгүндө көрсөтүлгөн. Майды берүүчү насос кандай болсо бир кыймылдатуучу менен, көбүнчө электр мотору менен кыймылга келтирилет. Май трубопровод *m* аркылуу насостон аккумуляторго (басымдын туруктуулугун камсыз кылуучу курал) түшөт, андан бөлүштүргүч *H* ка барып, ошондон кийин трубопровод *C* аркылуу жумушчу цилиндр *a* га түшөт. Кайта жүрүштө май *a* цилиндринен трубопровод *p* аркылуу резервуарга агып түшөт, андан майды кайта насос соруп алат. Майдын басымынын чондугу 6 атмосферадан 500 атмосферага чейин абдан кеңири чектерде ары-бери болуп турат.

Гидравликалык прессердин эң көп жумшала турган күчү 1000 *Т* дан 2000 *Т* га чейин; андан чоң күчү 15000 *Т* га чейин барып жетет.

Гидравликалык прессерди металл иштетүүчү өнөр жайларда колдонушат. Кеме жасоо үчүн, замбирек жасоо үчүн, ири машиналарды жасоочу толуп жаткан ишканалар үчүн согула турган болот куймалары жылдан жылга чоң өлчөмдө, 60 тоннага чейинки андан көп өлчөмдө колдонулуп келе жатат. Аларды буу барсканынын согуусу менен иштете албайт, анткени анын урганы тайыз таралат. Ал эми гидравликалык прессти кысышы, металлдын бардык массасына аракет кылат.

Дөңгөлөккө бандаж кийгизүү үчүн, валга барабан кийгизүү үчүн, формовкалоочу машиналарга, формолорду, целлюлозаны, картонду, мүйүз массасын жана башка пластмассаларды пресстөө үчүн гидравликалык прессер кеңири колдонулат. Тамак затарды жасаганда: зыгырдын, күнкараманын, мактын уругунан, пахта чигитинен, маслин, жаңгак, какао жана башкалардын данегинен өсүмдүк майын чыгарганда, жүзүм жана жемиш суусун сыкканда, макарон жасаганда, суюктуктарды фильтрлегенде гидравликалык прессер өзгөчө көп колдонулат.

130 б-сүрөттө ири гидравликалык прессердин бири көрсөтүлгөн.

97. Суюктуктун ичиндеги басым. Суюктуктун салмагына жараша болуучу суюктуктун ичинде басым барбы? Эгерде ал бар болсо суюктуктун ичинде ар түрдүү терендикте кандайча өзгөрүлөт? Бул суроого, төмөнкү тажрийбадан пайдаланып жооп берүүгө болот. Металлдан жасалган жапыз көндөй *D* цилиндринин серпилгич жука резинка түрүндөгү бир негизи бар. Бул цилиндр челекченин каптал бетине *Т* түтүгү киргизилген. Бул түтүк челекченин ичиндеги аваны суу манометри менен туташтырат (131-сүрөт).

Челекче огу айланасында айлана алат. Челекчени резинка түтүк аркылуу манометр менен туташтырып жана челекченин четин үстүндө кылып айландырып, суюктук (суу же башка суюктук) куюлган терең идишке челекчени бир кыйла терендикке матырышат. Бир кыйла терендикке матырган кезде, манометрдин

ачык *M* муунундагы суюктук көтөрүлөт: демек, чел ичине карай ийилген болот, челекче жана резинка түтүк ичиндеги аваны кыскан болот, ава бул кысылуу аркасында суюктукту манометрдин бир муунунан экинчисине түртүп чыгат.

Челекчени андан ары идишке ого бетер терең матырган сайын, ачык муундагы суюктук уламдан улам өйдө көтөрүлө берет.

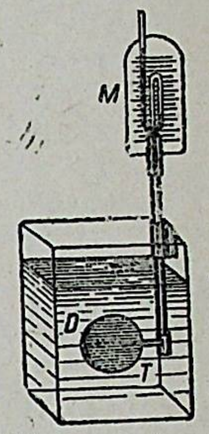
Эгерде челекчени кандайда болсо бир терендикке токтотуп аны айландырсак, белгилүү терендиктеги бул айлануу—чел горизонталь, жантык, вертикаль, өйдө же болбосо ылдый карап турса да, манометрдин көрсөткөнү өзгөрүлбөй кала берет.

Тажрийбадан чыккан корутундулар:

1) *суюктуктун ичинде, анын салмагына көз каранды болгон басым бар;*

2) *суюктуктун ичиндеги басым улам терендеген сайын артат (көбөйөт);*

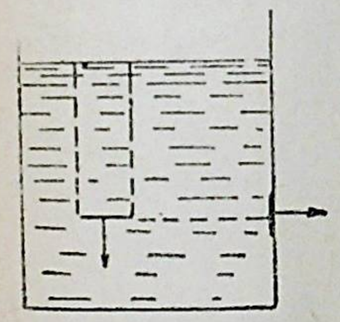
3) *бирдей терендиктеги басым аянтчанын авалына көз каранды эмес; түрдүү авалда турган ошол аянтта дагы басым каптал жана төмөндөн жогору карай болсо да, жогорудан төмөн карай болгон басым сыяктуу эле болот.*



131-сүрөт. Суюктуктун ичиндеги басымдын бар экендигин табуу үчүн курал.

Терендеген сайын басымдын өсүшү жана басым берилген терендикте бардык багыттарда бирдей болушу суюктуктун негизги касиетинен: анын оордукта болушунан жана анын басымды бир калыпта бардык багыт боюнча өткөрүшүнөн келип чыгат.

Суюктуктун ар бир горизонталь катмары өзүнүн оордугу менен төмөндө жаткан катмарына басым жасайт. Анын оордугун калган суюктука аракет кылган тышкы жук катаарында кароого болот. Ал болсо, Паскальдын закону боюнча басымды бир калыпта бардык багыт боюнча өткөрөт.


131а-сүрөт. Терендик бирдей болгондо капталга болгон басым горизонталь аянтчага болгон басымга барабар.

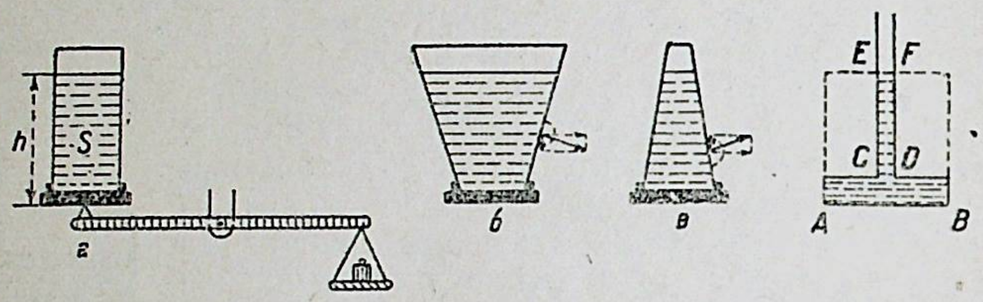
Суюктуктун салмагына көз каранды болгон терендеген сайын басымдын көбөйүшүн жана сырткы басымдын бир калыпта өткөрүлүшүн (таралышын) чаташтыруу жарабайт.

Суюктук идиштин түбүнө да жана капталдарына да басым жасайт деп, жогорудагы тажрийбадан корутунду жасоого болот. Капталдын формасы кандай гана болбосун, анын ар бир квадрат сантиметрине бирдей басым басат: эгер бул квадрат сантиметр ошондой эле капталдагы аянтчанын орто жери туура келген терендикке барабар терендикте горизонталь түрүндө жайлашкан болсо да, дал ошондой басымды сезет (131а-сүрөт).

Суюктуктун ичиндеги же түбүндөгү аянтчага болгон басым эмнеге барабар болот?

Бул суроого төмөнкү тажрийба жооп берет: пластинка *а* (132-сүрөт) тең ийиндүү рычагдын бир учуна бириктирилген, рычагдын экинчи учуна илинген табакка бул пластинканы тең салмакка келтирип туруучу жүк салынат; өзгөчө штативге бириктирилген түз цилиндрдин түбү ушул пластинка *а* (132-сүрөттүн сол жакысын карагыла) болгондой кылып цилиндрди ык келтирип тиркешет.

Андан кийин табакка кандайдыр бир жүк салышат; бул жүктүн салмагы пластинканы цилиндрге бекем кысып турган күчкө барабар; пластинка *а* цилиндрден бир аз ажырап, идиштен суюктук агып чыга баштаганга чейин, цилиндрге этияттык менен суюктукту куюшат. Бул учурда суюктуктун идиштин түбүнө жасаган басым күчү табактагы жүктүн салмагы менен өлчөнөт.



132-сүрөт. Суюктук идиштин түбүнө аракет кылган күчтү ченөө үчүн курал.

Идиштин түбүнүн аянтын жана куюлган суюктуктун бийиктигин билип, бул цилиндр түрүндөгү идиштин көлөмүн эсептеп чыгарууга болот. Суюктуктун салыштырма салмагын билип, идишке куюлган суюктуктун салмагын табууга да болот. Идишке куюлган суюктукту туюнтуучу сан менен, суюктуктун идиштин түбүнө баскан басымын туюнтуучу санды салыштырганда, бул чоңдуктар бирдей экендигин көрөбүз. Суюктуктун идиштин түбүнө же, жалпы алганда ар кандай горизонталь аянтчага жасаган басымы—негизи 1 *кв см* жана бийиктиги вертикаль боюнча аянтчадан баштап, идиштеги суунун деңгелине чейин болгон суюктуктун вертикаль мамычасынын салмагына барабар.

Басым аянтчанын багытына көз каранды болбогондуктан, жогорудагылардын бардыгынан төмөндөгүчө жалпы корутунду келип чыгат.

Берилген тереңдикте ар кандай аянтчага болгон басым негизи 1 см² болгон жана аянтчанын ортосунан идиштеги суюктуктун деңгелине чейинки аралык бийиктиги болгон суюктуктун вертикаль мамысынын салмагы менен ченелет жана аянтчанын багытына көз каранды болбойт.

Эгерде аянт S, бийиктик h, суюктуктун салыштырма салмагы d болсо, вертикаль мамычанын көлөмү hS ке барабар, суюктуктун салмагы же болбосо аянтка аракет кылуучу күч $F=dhS$, басым $p=\frac{E}{S}$ болот, мындан:

$$\boxed{p=dh.}$$ келип чыгат (XXVII)

Идиштин формасы кандай болбосун жана аянтчанын багыты кандай болблсун, берилген суюктуктун ичиндеги ошол эле бир тереңдиктеги басым бирдей болот. Куралдын кыймылга келүүчү түбүнө тиркелген түрдүү формадагы идиштерге (132-сүрөт) куюлган суюктук басымдын ошол эле күчүн бериши үчүн, бир деңгелде куюлууга тийиш экендигине тажрийба жасап ишенүүгө болот.

Идиштин түбүнө басуу күчүн, таразада аныктала турган бүтүн идиштин ичиндеги суюктуктун салмагы менен чаташтыруу жарабайт. *а* идишиндеги суюктуктун салмагына караганда *б* идишиндеги салмак көп, *в* идишиндегиси болсо аз келет. Суюктуктун идиштин түбүнө баскан басымы бардык учурларда бип-бирдей болот.

Идиштеги суюктуктун оордугу жана анын идиштин түбүнө жасаган басым күчүнүн айырмасын түшүндүрүү үчүн, капталдын аянтчасынын ар кандай элементине болгон басым күчүн эки түзүүчүгө: бирин горизонталь кылып, экинчисин вертикаль түрдө ажыратабыз. 132 *а*, *б*, *в* сүрөттөгү идиштердин ар бири таразалардын табагына коюлганда, бардык каптал басымынын горизонталь түзүүчүлөрүнүн тең аракет кылуучусу таразалардын табагына аракет кылбайт; бардык вертикаль түзүүчүлөрүнүн тең аракет кылуучусу, *б* идишинде, түпкө жасалган басым күчүнө кошулат, жана *в* идишинде, андан алынат. Мына ушундан *б* идишиндеги суюктуктун салмагы анын түпкө жасаган басымынан чоң, *а* идишинде андан кичине. *АВ* идишиндеги ичке түтүккө куюлган бир аз гана суюктук бул түпкө тирелип турган суюктуктун вертикаль мамычасы бүт бойдон баскан күчтүн (сүрөттө пунктир менен көрсөтүлгөн) өлчөмдөгү күч менен басканын белгилейли.

98. **Катышуучу идиштердин ичиндеги суюктуктардын деңгели.** Төмөн жагы түтүк менен туташтырылган идиштер катышуучу идиштер деп айтылат.

Катышуучу идиштердин ичинде (133-сүрөт) бирин-бири өз ара тең салмактап турган суюктуктардын мамычалары тынч авалда турган кезде, өз негиздерине[1] бирдей басым берип турушат. б. а:

$$\boxed{d_1h_1=d_2h_2.}$$ (XXVIII)

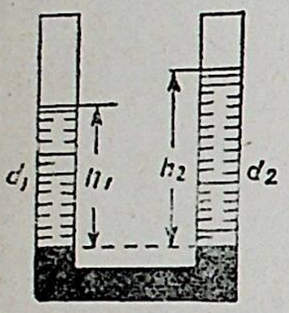
[1] Суюктуктардын мамычаларынын негиздери—деңгелдери идиштердин экөөндө тең бирдей болгон үчүнчү суюктукка тийишип турган чек. Үчүнчү суюктук кылынып дайыма сымап алынат.

Бул барабардыкты башка сөздөр менен мындайча туюнтууга болот:

Түрдүү тектеги суюктуктардын өз ара тең салмактанган мамычаларынын бийиктиктери алардын салыштырма салмактарына тескери пропорциялуу болот.

Эгерде катышуучу идиштерди ошол эле бир суюктук менен толтурсак, бул суюктуктун бардык идиштердеги жогорку деңгели бир горизонталда болуп турушат, б. а. суюктук мамычаларынын бийиктиктери бардык идиштерде бирдей болот.

Горизонталь сызыктарды аныктоо үчүн геодезия жумуштарында, сууну үйдүн кабаттарына бөлгөндө водопровод торлорунда, артезиан кудуктарын, фонтандарды жасаганда, суу жана нефть чеңөөчү айнектерди ж. б. жасаганда суюктуктардын бул касиетин пайдаланышат.



133-сүрөт. Катышуучу идиштер ичинде түрдүү тектеги суюктуктардын жайланышы.

99. Ичине матырылган нерсеге суюктуктун жасаган аракети. Ичине салынган нерсеге суюктуктун жана газдын жасаган аракети физиканын башталгыч курсунда жазылган жөнөкөй тажрийба менен белгиленет. Бул аракетти биздин заманга чейин 2200 жыл мурун гректин Архимед деген окумуштуусу тапкан жана ал Архимед закону деп аталып кеткен.

Ичтерине матырылган нерсеге суюктук же газ вертикаль түрдө жогору багытталган жана нерсенин матырылган бөлүгү көлөмүндөгү суюктуктун же газдын салмагына барабар болгон күч менен аракет кылат.

Бул аракетти суюктуктар же газдар ичтериндеги каалаган аянтчаларга жасаган басымдардын натийжасы деп көрсөтүүгө болот. Нерсе матырылганда, ал сырты (бети менен) менен чектелген болуп, анын түрдүү бөлүктөрү түрдүү тереңдикте туруп калышат. Тереңирээк турган төмөнкү бөлүктөргө ылдыйдан жогору карай болгон басым тиет, жогорку бөлүктөрүнө жогорудан ылдый карай болгон басым тиет. Нерсенин төмөнкү бөлүктөрүнө аракет кылуучу күчтөр жогорку күчтөргө караганда чоңураак болгондуктан, нерсенин бардык жерине баскан күчтөр вертикаль түрдө жогору багытталган жалпы тең аракет кылуучу күчтү берүүгө тийиш.

Туш келген формадагы нерсени алалы (134-сүрөт) жана идиш ичинде тынч турган суюктуктун ичинде дал ошол эле A формасындагы ошондой эле көлөмдү бөлүп коёлу. Суюктуктун бул бөлүгү эч бир жакка жылбайт. Демек, анын суюктук курчап турган сыртына жасалган бардык басымдардын тең аракет кылуучу күчү анын салмагын тең салмактап турат. Бул тең аракет кылуучу күч суюктуктун бөлүнүп чыгарылган көлөмүнө барабар болуп, вертикаль боюнча жогору карай багытталган. Эгерде

суюктуктун бул бөлүгү идиштин ичинен алынып, анын ордуна ошол эле формадагы башка нерсе салынган деп элестесек, анда анын жай алышында болсун жана курчап турган суюктуктун басымында болсун эч кандай өзгөрүш болбойт. Демек, ичине матырылган нерсеге суюктук аракет кылуучу вертикаль боюнча жогору карай багытталган күч, ошол нерсенин көлөмүндөгү суюктуктун салмагына барабар болот. Бул Архимеддин закону менен да кубатталат. Ушул эле талкуулоону газга да колдонуу га болот.

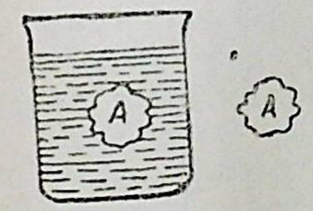
Ошентип, суюктук же газдын ичине салынган нерсеге бир маалда эки күч аракет кылат: вертикаль түрдө ылдый багытталган нерсенин салмагы P, нерсе кысып чыгарган суюктуктун же газдын салмагына барабар болгон жана вертикаль түрдө жогору карай багытталган түртүп чыгаруучу F күчү. Төмөнкүлөрдү (135-сүрөт) ойлоп табуу оңой эле: эгер салмак P, түртүп чыгаруучу F күчүнөн чоң болсо нерсе чөгөт,

" " " " " "күчүнө барабар болсо, тим турат,

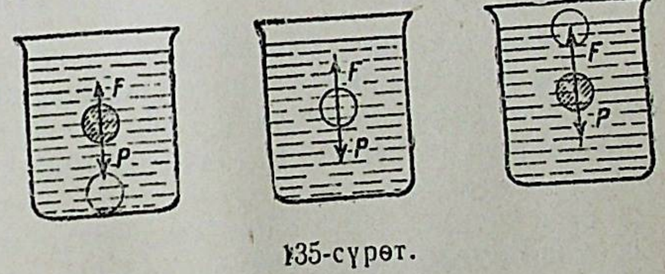
" " " " " "күчүнөн кем болсо, калкып чыгат, $F-P$ айырмасы көтөргүч күч деп аталат.

Бул катыштар суу астында жүрүүчү кайыктарды башкарганда эсепке алынат. Кайыкты суунун түбүнө түшүрүү үчүн, анын камерасына суу киргизет, ошону менен анын жалпы салмагын суунун түртүп чыгаруучу күчүнөн чоң кылат. Кайыкты суунун үстүнө кайра сүздүрүп чыгаруу үчүн, анын камерасынан сууну кысылган ава менен түртүп чыгарып кайыктын салмагын түртүп чыгаруучу күчтөн кичине кылат.

Ушундай эле эсептөөлөр аэростаттарды, стратостаттарды коё бергенде, понтон көпүрөлөрүн курганда, өзөндү кечип өтүү үчүн, ар түрдүү куралдарды колдонгондо, чөккөн кемелерди көтөргөндө ж. б. колдонулат.



134-сүрөт. Архимед законун чыгарууга карата.



135-сүрөт.

100. Суюктук үстүндө нерселердин калкып жүрүшү. Эгер $P<F$ болгон учурда, нерсе калкып чыгат. Нерсенин үстүнүн кандай болсо бир бөлүгү суюктуктун деңгели үстүндө адеп калкып чыга келген кезде, басымдардын бир бөлүгү жоголот, түртүп чыгаруучу жана ошону менен бирге көтөргүч күч кетмийт. Түртүп чыгаруучу күч нерсенин салмагына барабар болгонго дейре түртүп чыгуу боло берет. Ошентип, нерсенин калкып жүрүшүнүн төмөнкү шарты келип чыгат:

Эгерде нерсе суюктуктун үстүндө калкып жүрсө, нерсенин салмагы нерсенин матырылган бөлүгү кысып чыгарган суюктуктун салмагына барабар болот.

Кемелерди, суу астында жүрүүчү кайыктарды, ошону менен бирге авадан жеңил болгон ава кораблдерин (аэростаттарды, дирижаблдерди) жасаганда эсептөөлөр үчүн калкуу закону негиз болуп саналат. Бул же тигил суу кемесине канча жүк салуунун мүмкүн болушун аныктаганда, анын салмагын жана кеменин суугa чөгө турган бөлүгүнүн көлөмүн билүү зарыл. Сүрүлүп чыгарылуучу суунун салмагы менен кеменин салмагы ортосунда айырма канчалык жүк салуунун мүмкүн экенин көрсөтөт.

Тоннаж деп—кеменин толук салмагы, башкача айтканда, кеменин өзүнүн жана кеме сууга кадыресе чөгүп турганда, анын үстүнө салынган жүктүн салмагы айтылат. Кеме сууга кадыресе чөгүп тургандагы суунун үстүнкү бети менен кемеге сызылган сызык ватерлиния деп аталат.

Суунун 10000 T келген түртүп чыгаруучу күчү кеменин салмагын тең салмактап турган учурда, тоннажы 10000 T болгон кеме сууга ветерлинияга чейин чөгөт. Ошондуктан, кеменин чөккөн бөлүгү кысып чыгарган суунун салмагы, биздин мисалда 10000 T га барабар болот. Салмагы 10000 T болгон суунун, көлөмү 10000 $м^3$ болот. Демек, тоннаж сан жагынан алганда, кеменин чөккөн бөлүгүнүн көлөмүнө куб метрлерде барабар болот. Ошондуктан тоннаж ордуна кайсы бир убактарда суу сыйымдуулугу деп да айтат.

Суу астында жүрүүчү кайыкты сууга чөктүрүү үчүн анын ошол эле көлөмдөгү салмагын көбөйтүү керек. Бул үчүн кеменин ичинде атайын жасалган камераларга суу толтурат. Кеме жогору көтөрүлгөндө камералардан суу кысылган ава менен түртүлүп чыгат.

Ава кораблдеринин (дирижаблдер, ава шарларынын) жүк көтөрүшүн аныктоо үчүн берилген ошол кораблдин көлөмүндөгү аванын салмагынан кораблдин өзүнүн салмагын чыгарып таштоо керек. Аванын салыштырма салмагы башка нерселердикине салыштырганда абдан аз болгондуктан, ава корабли жүктү бир кыйла көп көтөрсүн үчүн анын көлөмүн өтө чоң кылууга туура келет. Ава кораблдери авадан 14 эсе жеңил болгон водород менен, же водороддон оорурак болсо да, өрт чыгуу жагынан коопсуз болгон гелий менен толтурулат. Анткени гелий күйбөйт.

Дирижаблдер ава рейстери үчүн кызмат кылат. Илим изилдөө жана согуш ишинде (байкоочу жана тоскоолдук болучу аэростаттардын) ава шарларынын чоң мааниси бар.

101. Архимед законунун негизинде нерселердин салыштырма салмагын аныктоо. Нерсенин салыштырма салмагын $d=\frac{P}{V}$ аныктоо үчүн нерсенин P салмагын, анын V көлөмүн ченеп, биринчи санды экинчисине бөлүү керек.

Архимеддин законунун негизинде катуу нерсенин салыштырма салмагын табуу үчүн:

1) нерсенин авадагы P салмагын,

2) суюктукка чөктүрүлгөн бул нерсенин P_1 салмагын табуу керек.

Түртүп чыгаруучу күчтү же сүрүлүп чыгарылган суюктуктун салмагын $P-P_1$ ди эсептеп чыгаруу керек.

Кысып чыгарылган суюктуктун салмагын билгенден кийин; анын көлөмүн $V=\frac{P-P_1}{d_0}$ табабыз, мында d_0 ошол эле өлчөнүүчү суюктуктун салыштырма салмагы. Өлчөнүүчү нерсенин көлөмү да дал эле ушундай болот. Нерсенин салыштырма салмагын эсептеп чыгаруу үчүн анын авадагы P салмагын анын V көлөмүнө бөлүү керек:

$$d=\frac{P}{V};\ d=\frac{P}{P-P_1}d_0.$$

Архимеддин законунун негизинде суюктуктун салыштырма салмагын аныктоо үчүн:

1) туш келген катуу нерсенин авадагы P салмагын табуу керек;

2) салыштырма салмагы d_0 экендигин белгилүү болгон суудагы ошол эле нерсенин P_1 салмагын табуу керек.

3) Ошол эле нерсенин изилделүүчү суюктуктагы P_2 салмагын табуу керек.

Ошондо $P-P_2$ нерсенин көлөмүндөгү изилденүүчү суюктуктун салмагын берет, ал эми $P-P_1$ болсо, нерсенин көлөмүндө болуп салыштырма салмагы d_0 болгон суюктуктун салмагына барабар; мындан нерсенин көлөмү $V=\frac{P-P_1}{d_0}$ге барабар; демек:

$$d=\frac{P-P_2}{P-P_1}d_0 \text{ келип чыгат.}$$

Архимеддин законунун негизинде суюктуктун салыштырма салмагын табуунун башкача жолдору: салыштырма салмагы d белгилүү болгон катуу нерсени алуу керек жана ал үчүн төмөндөгүлөрдү табуу керек:

1) бул нерсенин авадагы P салмагын;

2) изилделүүчү суюктугундагы анын P_1 салмагын табуу керек жана катуу нерсенин салыштырма салмагы үчүн жогоруда чыгарылган өз ара катыштарды түзүү керек.

$$d=\frac{P}{P-P_1}d_0;$$

Мына ушундан изилденүүчү суюктуктун салмагын табууга болот.

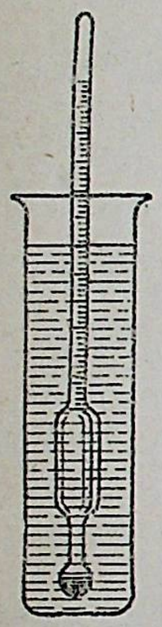
$$d_0=\frac{d(P-P_1)}{P}.$$

Сууда эрий турган катуу нерселердин салыштырма салмагын аныктоо окуучулардын өзүлөрүнө берилет.

Эскертүү: ава нерсеге түртүп чыгаруу аракетин кылгандыктан аванын ичинде аныкталган ар бир нерсенин салмагы анын боштуктагы салмагынан кем болот жана температуранын, басымдын, ава нымдуу болуунун өзгөрүлүшү аркасында өзгөрөт.

102. Ареометр. Суюктуктардын тыгыздыгын аларды өлчөбөй туруп эле ченөөгө болот. Ушул максат үчүн, ареометр[1] деп аталуучу курал кызмат кылат. Ал айнектен жасалган көндөй түтүк (136-сүрөт) болуп, анын жогорку бөлүгүнө бир кыйла тар түтүк (моюну) жабыштырылган. Ареометр суюктуктун ичинде вертикалдык авалда калкып жүрсүн үчүн, төмөнкү бөлүгүнө сымап куюлган же бытыра салынган болот.

Ареометр суюктук ичинде сүзүп жүргөндө, анын салмагы ареометрдин чөккөн бөлүгү кысып чыгарган суюктуктун салмагына барабар экенин билебиз.



136-сүрөт. Ареометр.

Тыгыздуулугу түрдүүчө болгон суюктуктарга биз ареометрди матыра турган болсок, тыгызыраак суюктуктарга ошол эле бир ареометр аз чөгүп, тыгыздыгы кем суюктуктарга терең чөгүп кетет. Биринчи учурда суюктуктун салмагы ареометрдин салмагына барабар болсун үчүн, экинчи учурга караганда кичине көлөмдөгү суюктукту кысып чыгарса жетиштүү болот.

Суюктуктун тыгыздыгынын сан маанисин ареометрдин жардамы менен аныктоо үчүн, ареометрге белги чийүү, анын шкаласына бөлүүлөр салуу (градуирдөө) керек. Бирден чоң болгон тыгыздыктарды ченөө үчүн жана бирден кичине болгон тыгыздыктарды ченөө үчүн, адатта эки түрдүү ареометр колдонулат.

Эгер ареометр бирден чоң тыгыздыктарды аныктоо үчүн колдонула турган болсо, ареометр таза суу ичинде ичке түтүктүн учуна дейре чөккөндөй кылып, анын ичине сымап куюлат, эгерде бирден кичине тыгыздыктарды аныктоо үчүн болсо——ичке түтүктүн негизине дейре чөккөндөй кылып, ага сымап куюлат. Биринчи типтеги ареометр белгилүү тыгыздыктагы суюктуктарга, мисалы, тыгыздыгы 1,1; 1,2; 1,3 ж. б. болгон эритмелерге чөктүрүлөт. Булардын ар бирөөнө ареометр түрдүү тереңдикке чөктүрүлүп, ар бир деңгелдин тушуна тиешелүү белги салынат. Ушул сыяктуу болуп, тыгыздыктар, мисалы, 0,9; 0,8; 0,7 ж. б. болгон суюктуктарда экинчи типтеги ареометр градуирделет (шкаласына бөлүүлөр салынат). Изилделүүчү суюктуктун тыгыздыгын ченөө үчүн анын ичине градуирделген ареометрди

[1] Грекче а р а й о с—суюк, м е т р о н—чен деген сөздөрдөн.

салышат жана суюктуктун деңгели келип токтогон шкала боюнча белгилеп алышат.

Кайсы бир увакыттарда ареометрге тыгыздыктардын сандары ордуна тыгыздык менен байланыштуу болгон башка белгилер жазылат. Мисалы, л а к т о м е т р д е—сүт үчүн колдонула турган ареометрде—май канчалык бар болуунун проценттери көрсөтүлгөн. С п и р т о м е т р д е—суу менен спирттин аралашмасы үчүн колдонула турган ареометрде—спирттин болуу проценти жазылган ж. б.

103. *4-лабораториялык иш.* Гидростатикалык өлчөө жолу боюнча нерселердин салыштырма салмагын аныктоо.

К у р а л д а р: 1) тараза менен гирлер; 2) суудан оор болгон бир топ түрдүү нерселер; 3) жип; 4) стакан; 5) узундугу 10—15 *см* болгон сым; 6) түрдүү суюктуктар.

1-тапшырма. Суудан оор болгон нерсенин салыштырма салмагын аныктагыла.

И ш т и н ж ү р ү ш ү. 1. Берилгендерди жазуу үчүн таблица түзгүлө.

Тажрийбанын №	Нерсенин авадагы салмагы	Нерсенин суудагы салмагы	Түртүп чыгаруучу күч	Нерсенин салыштырма салмагы

2. Нерсени таразанын тендегич коромыслосуна жип менен таңып койгула жана нерсенин авадагы салмагын тапкыла.

3. Бул нерсенин сууга чөктүрүлгөндөгү салмагын аныктагыла (нерсе стакандын бооруна тийип турбасын, стакан таразага тийип турбасын, ошону байкагыла).

4. Архимеддин законунан пайдаланып, нерсенин салыштырма салмагын аныктагыла.

5. Аныктоону бир нече жолу кайталагыла, изилдеген заттын салыштырма салмагынын орточо маанисин тапкыла, аны таблицадагылар менен салыштыргыла (IV-таблица).

6. Аныктоону түрдүү нерселер үчүн жасагыла.

7. Чөктүрүлгөн нерсе суюктукка өткөргөн басымдын күчү боюнча ошол эле нерселердин салыштырма салмактарын аныктагыла, бул аныктоону төмөнкүчө иштегиле.

Тараза табактарынын бирөөнүн үстүнө, жарымына чейин болжолдоп суу куюлган стаканды койгула жана таразаны тендегиле. Салмакты жана башка берилгендерди таблицага жазгыла.

Тажрийба №	Нерсенин авадагы салмагы	Суусу бар стакандын салмагы	Нерсе чөктүрүлгөндөгү суусу бар стакандын салмагы	Нерсенин көлөмү	Нерсенин салыштырма салмагы

8. Башта алынган нерселердин бирөөн жипке байлап, аны стакандагы сууга чөктүргүлө (нерсе стакандын бооруна тийбей турушун байкагыла); жипти колго кармагыла, же атайын штативге аскыла.

9. Нерсени сууга чөктүрүлгөн калыбында кармап туруп тразаны тендегиле.

10. Салмакты таблицага жазып койгула.

11. Нерсе сууга өткөргөн басымдын күчүн эсептеп чыгаргыла.

12. Нерсенин салмагын жана нерсе сууга өткөргөн күчүн билгенден кийин, нерсенин салыштырма салмагын эсептеп чыгаргыла.

2-тапшырма. Суюктуктун (спирттин) салыштырма салмагын аныктагыла.

Иштин жүрүшү 1. Кесек металлды таразанын тендегич коромыслосуна байлагыла.

2. Металлды сууга чөктүргөндө ага өткөрүлгөн басым күчүн тапкыла.

3. Металлды спиртке чөктүргөндө ага өткөрүлгөн басым күчүн тапкыла.

4. Архимед законунан пайдаланып алынган спирттин салыштырма салмагын аныктагыла.

5. Кандайда болсо башка суюктукту алып, ишти кайталап көргүлө.

Ишти 101 § та жазылган экинчи жол боюнча да аткарууга болот.

104. *5-лабораториялык иш. Нерселер калкуу шартынын тажрийбасынан корутунду.*

Куралдар: 1) куйгуч стакан; 2) ич жагында миллиметр бөлүктөрү бар кагаздын тилкеси чапталган пробирка; 3) тараза; 4) бытыра; 5) стакан; 6) спирт; 7) кайнатма туздун коюу эритмеси; 8) көк таш эритмеси.

Иштин жүрүшү. 1. Пробирканы өлчөгүлө (таразага).

2. Бир аз бытыраны өлчөгүлө жана аны пробиркага салгыла.

3. Куйгуч стаканга суу куйгула; четке кетирүүчү түтүктүн тешиги астына бош стаканды койгула.

4. Пробирканы куйгуч стакандын ичине салгыла.

5. Пробирканын чөгүү терендигин белгилегиле.

6. Калкып жүргөн пробирка жана бытыранын салмагын, куйгуч стакандан кысып чыгарылган суунун салмагы менен салыштыргыла.

7. Дагы бир аз бытыра алып, анын салмагын аныктап, пробиркадагы бытырага кошкула.

8. Пробирка чөгүүнүн жаңы терендигин белгилегиле.

9. Калкып жүргөн пробирка жана бытыранын салмагы менен кысып чыгарылган суунун салмагын салыштыргыла. Калкып жүргөн нерсенин жана кысып чыгарылган суунун салмактары ортосунда кандай көз карандылык бар экендиги байкалат?

10. Куйгуч стакандагы суунун ордуна спирт алгыла да ишти кайталагыла.-

11. Куйгуч стакандагы спирт ордуна кайнатма туздун коюу эритмесин алгыла жана ишти кайталагыла.

12. Калкып жүргөн нерсенин салмагы менен кысып чыгарылган суюктуктун салмагы ортосунда кандай көз карандылык бар экендиги байкалат?

13. Суюктуктун салыштырма салмагы өзгөрүүгө жараша калкып жүргөн нерсенин чөгүлүшүнүн терендиги кандайча өзгөрүлөт?

105. Атмосфералык басым. Жерди ава океаны—атмосфера курчап турат.

Аванын салмагы болгондуктан жана суюктук сыяктуу, үстүнө болгон басымды бардык багыттарга бир калыпта өктөрүүгө жарамдуу болгондуктан, суу океаны сыяктуу, ава океанында да ылдый карай көбөйгөн, жогору карай кемиген басым бар болуусга тийиш.

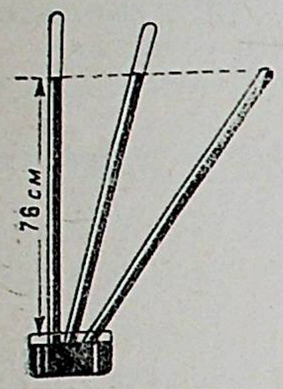
Атмосфералык басымды аныктоонун жолун XVII кылымдын ортосунда Торичелли сунуш кылган.



Торичелли (1608—1647)

Узундугу 1 *м* ге жакын болгон жана бир учу капталган (бүтөлгөн) түтүктү алып, аны сымап менен жык толтуруу керек жана ачык учун сөөмөй менен жаап (137-сүрөт), айландырып сөөмөй менен жабылган учун сымап куюлган табакка салуу керек. Сөөмөйдү тартып алганда сымап бир аз ылдыйлап, бир кыйла бийиктикте токтолуп калат. Бул сымап токтолгон жердин үстүндө авасыз мейкиндик болуп, ал Торичеллинин бошлугу (авасызы) деп аталат. Эгерде сымаптын салмагы бар мамычасы, түтүк ичиндеги жогорку деңгелден табактагы деңгелге чейин ылдый түшпөсө, бул авалды мамычанын төмөнкү негизине, анын салмагына барабар болгон жана карама-каршы багытталган күч аракет кылуудан гана деп түшүндүрүүгө болот. Авадан башка, сымапка тийишип турган эч кандай экинчи нерсе жок болгон-

дуктан, тигил тең салмактап туруучу күч аванын басым күчү гана боло алат. Бул күч табактагы сымаптын бетине вертикаль түрдө ылдый карай аракет кылат жана ал сымап тарабынан бардык багыттарда бир калыпта өткөрүлөт, демек, сымап мамычасынын негизине да вертикаль түрдө жогору карай күч таасир кылат. Бул тажрийбада түтүктүн кендиги кандай болсо да жана аны кандай жантык авалга келтирсек да (түтүккө сымап толгуча), вертикаль боюнча эсептегенде, тажрийбадан сымап мамычасынын ошол эле бир бийиктиги келип чыгат. Бул тажрийбаларда чындыгында атмосфералык басым менен иш кылгандыгыбызды бул көрүнүштөрдүн бардыгы көрсөтүп турат.



137-сүрөт.

Ошентип, *атмосфералык басым негизи 1 см² болгон Торичеллинин түтүгү ичиндеги вертикаль турган сымап мамычасынын салмагы менен ченелет.*

Түрдүү сааттарда, түрдүү күндөрдө жана түрдүү жерлерде жасалган тажрийбалар, өз салмагы менен атмосфералык басымды тең салмактап турган сымап мамычасынын бийиктиги түрдүү учурларда бир кыйла түрдүүчө болуп чыккандыгын көрсөтүшөт.

Бийиктиктердин бул маанилеринин бирөө, нормалдык атмосфералык басым кезиндеги сымап мамычасынын бийиктиги деп шарттуу түрдө кабыл алынган, атап айтканда:

Кадыресе атмосфералык басым үчүн бийиктиги 76 см болгон вертикаль сымап мамычасынын салмагынын басымы алынат.

Өйдө көтөрүлүү менен сымап мамычасынын бийиктиги ылдыйлаганын Паскаль көрсөткөн. Мунун себеби, түптөн көтөрүлгөн сайын суюктуктун басымынын кемишинин дал өзү болот: аванын ошол бийиктикте басым жасаган катмары азаят.

Атмосфералык басымды эсептеп чыгаруу: сымаптын салыштырма салмагы $13{,}6\frac{Г}{см^3}$ га барабар болгондуктан, бийиктиги 76 *см* жана туурасынан кесилгендеги аянты 1 $см^2$ болгон вертикаль мамычадан сымаптын салмагы жана демек, атмосфералык басым $p = 76$ *см*. $13{,}6\frac{Г}{см^3} = 1033\frac{Г}{см^2} = 1{,}033\frac{кГ}{см^2}$

$1\frac{кГ}{см^2}$ деги басым техникалык атмосфера деп айтылат.

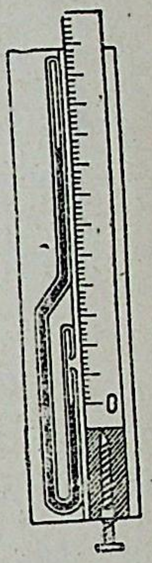
Көп учурларда басымды тим эле сымап мамычасынын *см* инде же *мм* инде көрсөтүшөт; андай болгондо бул сөздөрдү кошуу керек болот. Атмосфералык басым $p=760$ *мм* деп айтуу же жазуу жарабайт; муну мындай деп туюнтуу керек; $p=760$ *мм*

(сымап мамычасы) же 760 *мм Hg* (*Hg*—дегенибиз сымапты химиялык элемент катарында белгилөө болот).

Атмосфералык басымды башка суюктуктардын, мисалы, суунун, майдын жардамы менен да ченөөгө болот. Анда бул суюктуктардын мамычаларынын бийиктигин $d_{сым}\ h_{сым} = d_{суу}\ h_{суу} = d_{май}\ h_{май} = \ldots$ өз ара катыштарынан эсептеп чыгарууга болот. *CGS* системасында басымдын бирдиги үчүн 1 дина күчтүн 1 $см^2$ ка баскан басымы алынат. [1]

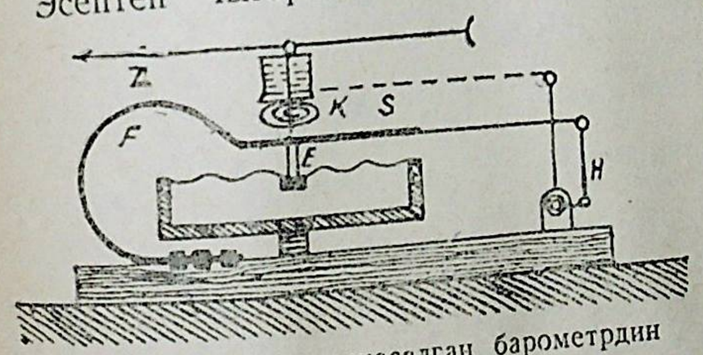
106. Барометрлер. Атмосфералык басым ар түрдүү жерде кандайдыр бир орточо мааниге жакын болуп өзгөрүлүп турат. Атмосфералык басым, чогуусу менен алганда ава ырайынын көрүнүштөрүнүн бирөө болгондуктан жана анын үстүнө башка көрүнүштөр менен тыгыз байланышта болгондуктан, ава ырайын-окуп үйрөнүү үчүн атмосфералык басымды ченөө зарыл болот.

Басымды ченөөчү куралдар барометр деп айтылат. Барометрлер эки түргө бөлүнөт: анын бирөө сымап барометри (138-сүрөт), экинчиси металлдан жасалган барометр болот (139-сүрөт). Булардан башка дагы өзүнүн көрсөткөндөрүн жазып туруучу барометрлер—барографтар жасалат (140-сүрөт). Жогоруда жазылган Торичеллинин түтүгү эң жөнөкөй барометр боло алат: басым көтөрүлгөн кезде сымаптын бир бөлүгү түтүктүн ичине киргизилет, түтүктүн ичиндеги деңгел көтөрүлөт жана табактагы деңгел ылдыйлайт, атмосфералык басым ылдыйлаган кезде мунун тетириси байкалат. Басымды ченөө үчүн, ар бир жолу ченегенде, сымаптын жогорку жана төмөнкү деңгелдеринин айырмасын ченөө керек.



138-сүрөт. Сымап барометри.

Эсептеп чыгарыштын аныктыгын көтөрүү үчүн сымап барометрлерди түрдүү формада жасашат. Булардан, көп колдонула тургандын бирөө 138-сүрөттө көрсөтүлгөн.



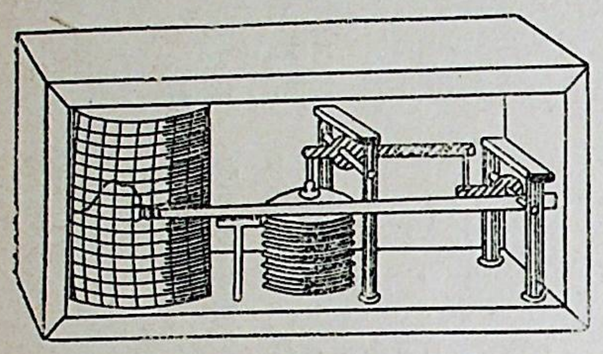
139-сүрөт. Металлдан жасалган барометрдин (анероиддин) схемасы.

Металлдан жасалган барометр анероид деп айтылат. Анероид, серпилгич капкагы аракетке келүүнү көбөйтүү үчүн толкундуу түрдө ийилген металлдык кутудан түзүлөт. Кутунун ичинде ава сордуруп таштапат.

[1] Азыркы убакта метеорологиялык сводкаларда атмосфералык басым милибар менен туюнтулат. 1 миллибар жакындаштырып алганда 0,75 мм. на туура келет.

Атмосфера басымы көбөйгөн кезде капкак басымга жараша ичке карата басылат, стержень E ни өзүнө тартып кетет; стержендин которулушу FH рычагы аркылуу чоңоёт жана S жибине өткөрүлөт, ал жип стрелка—көрсөткүч Z ни айландырат. Басым кемиген кезде капкактын серпилгичтиги ийилген жерди түзөйт жана стрелка K пружинасы менен экинчи жакты көздөй бурулат. Анероиддин шкаласы сымап барометрдин бир эле маалда көрсөткөндөрү боюнча градуирделет.

Эгерде кагаздан жасалган айлануучу цилиндрге тиркелген жазуучу куралды стрелкага туташтырсак, курал өзү көрсөткөндөрдү өзү жазып тура турган болот жана ал б а р о г р а ф деп аталат.



140-сүрөт. Барограф.

Барограф 140-сүрөттө көрсөтүлгөн. Аванын ырайын алдынан айтуу үчүн жалаң барометрдин көрсөткөндөрүнүн жетишпегендиги эсте болуу керек.

107. Альтиметр. Барометрдин экинчи арналышы—атмосфера ичинде көтөрүлүүнүн бийиктигин чөнөө болот. Жогору көтөрүлгөн уакта барометрдик мамычанын бийиктиги ылдыйлайт.

Мындан көтөрүлүүнүн бийиктигин эсептеп чыгарууга болот. Эгер бийик болууга карата аванын тыгыздыгы өзгөрбөсө, мындай эсептөөнү жасоого болор эле. Бирок аванын тыгыздыгынын өзү бийиктикке карата өзгөрүлөт, ошондуктан эсептеп чыгаруучу формуласы өтө татаалдашып кетет, 600 *м* ге чейин болгон чекте, температура 0° болгондо сымап мамычанын 1 *мм* ге ылдыйлашына 10,5 *м* ге көтөрүлүү туура келет деп эсептөөгө болот.

Өтө бийиктиктер үчүн эсептөөнү жүргүзүү татаалданып кетет.

Төмөнкү таблица бийиктиктин жана басымдын көз карандылыгын көрсөтөт.

Бийиктик *м* . . .	0	650	1360	2150	5200	10 000
Басым сымап мам. *см*	76	70	64	58	40	25

Сымап мамычасынын *см* лери ордуна метрлеген көрсөткүчтөр жазылган барометр а л ь т и м е т р деп айтылат. Аларды ава шарларына жана стратостаттарда көтөрүлгөндө колдонушат.

107а. Атмосферанын түзүлүшү. Атмосферанын төмөнкү чеги Жердин бетине туш келет. Аванын бөлүкчөлөрү Жерди курчап турган дүйнөлүк мейкиндикте чачылып кетүү аркасында атмосферанын үстүнкү чегин көрсөтүп болбойт.

Абдан бийик болгон ар түрдүү бийиктиктерде атмосферанын болушун төмөнкү кубулуштар көрсөтөт;

1. Күндүн нурлары 60—70 *км* бийиктикте чачылып кетүү аркасында күүгүм түшөт.

2. Жаркыраган булуттар 70—80 *км* бийиктиктен көрүнөт.

3. Түндүк шооласы 80—800 *км* бийиктикте пайда болот.

4. Кулап түшүүчү жылдыздар 100—300 *км* бийиктикте оттой кызарган авалга келет.

Атмосферанын бүткүл калындыгын ар түрдүү касиеттери бар катмарларга бөлүүгө болот.

Төмөнкү катмар т р о п о с ф е р а деп аталат. Анын орточо калындыгы 11 *км* ге жакын. (Экваторго жакын жердеги калындыгы 18 *км* ге жакын, 60° тан ашык болгон кендиктер үчүн—9 *км* ге жакын, аралык кендиктерде—11 *км* ге жакын).

Тропосферада шамал жүрүү аркасында, аванын көтөрүлүүчү жана төмөн түшүүчү агымдары болуу аркасында газдардын дайыма аралашуусу болуп турат.

Ушундайча аралашуунун аркасында бүткүл тропосферадагы аванын составы бирдей болот. Муну жердин деңгелиндеги жана 11 *км* бийиктиктеги болгон газдардын процентин көрсөткөн төмөнкү таблицалардан көрүүгө болот.

Бийиктик	Газдар						Жалпы басым *мм* менен
	Аргон	Азот	Суу буусу	Кислород	Көмүр кычкыл газы	Водород	
0	0,93	77,08	1,20	20,75	0,03	0,01	760
11	0,94	78,02	0,01	20,99	0,03	0,01	168

Бул составдуу бөлүктөрдөн башка тропосферада булут же туман түрүндө суунун майда тамчылары же муздун бөлүкчөлөрү, ошондой эле минерал болгон чаң (вулкан чаңы, кум, ыш, туз) же органикалык чаң, ошонун ичинде козу карындар, бактериялар, споралар болуу мүмкүн.

Ири шаарларда жердин бетине жакын жердеги 1 $см^3$ аванын ичиндеги жарым миллионго жакын чаң бөлүктөрү болот.

Тропосферада аванын тыгыздыгы, температура жана басым жалпы алганда бийиктикке жараша азаят.

Тропосфераны мүнөздөгөн түрдүү элементтердин жүрүшүндө келип чыккан өзгөрүүлөр, ошол жерде ава ырайы же андай же мындай болуп кетүүгө шарт түзүшөт.

Андан арқы катмар с т р а т о с ф е р а болот. Бул катмарды изилдөө шарларга—зонддорго жана радиозонддорго[1] салып жибериле турган автомат куралдардын жардамы менен жана дагы стратостатка түшүп көтөрүлгөн байкоочулар тарабынан жүргүзүлөт.

[1] Р а д и о з о н д—метеорологиялык элементтердин авалын автомат түрдө ченөөгө жана ченөөлөрдүн натийжасын радио аркылуу берип турууга мүмкүндүк берген радио станциясы бар ава шары.

Стратосферанын негизги касиети—анда аванын катмарларынын вертикаль багытта которулушунун жоктугу.

Бийик көтөрүлгөн сайын температурасы азайган тропосферага карама-каршы болуп, стратосферанын төмөнкү бөлүгүндө температура турактуу болот, тагыраак айтканда, бийиктикке карай абдан аз өзгөрөт. Стратосферанын бул бөлүгүндө абдан көп кезиге турган төмөн температура—45° жана—60° тун ортосунда. Кала берсе стратосферанын жогорку бөлүгүндө температура көтөрүлөт.

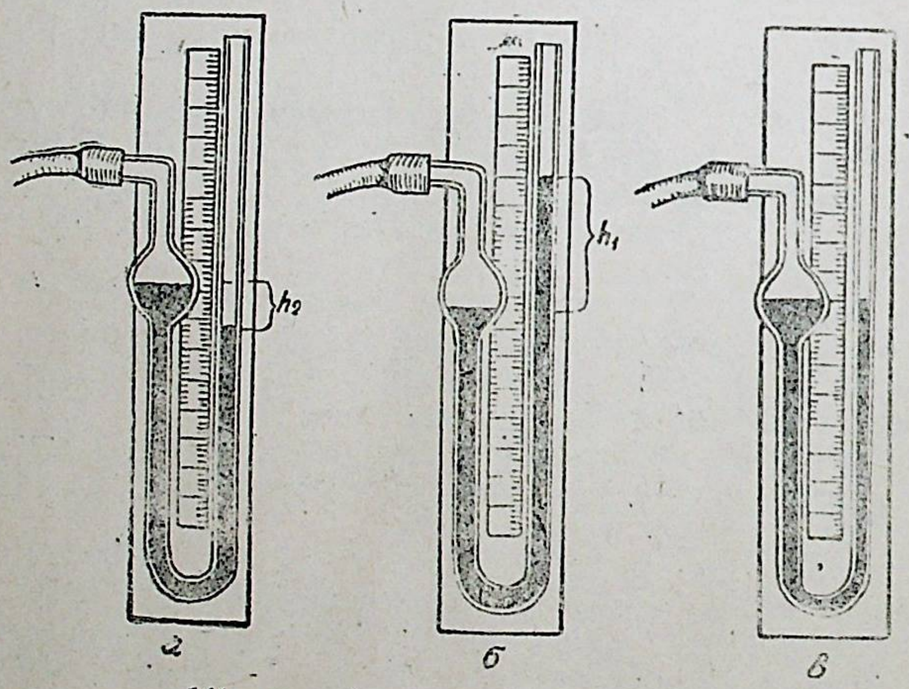
Температура ушундайча таралуунун аркасында стратосферадагы аванын кыймылы тропосферадагыга караганда абдан бош болот.

Бул кырдаалдар, ошону менен бирге чоң ылдамдыктарды өрчүтүүгө мүмкүндүк берген аванын тыгыздыгынын аздыгы, булуттардын жоктугу, учуунун багытынын тууралыгын аныктоо үчүн асмандагы жарык чыгаруучулар үздүксүз байкоонун мүмкүндүгү мына ушулардын баарысы ава транспорту үчүн чоң аралыктарга стратосферада учууга чоң артыкчылыктарды түзөт.

Ошондуктан стратосфераны изилдөө бардык адамзат үчүн өтө маанилүү маселе болуп эсептелет. Бул изилдөөлөрдү жүргүзүүдө совет илимпоздору бир кыйла эмгек сиңиришти.

Электр менен заряддалган эң майда бөлүкчөлөр—иондор абдан көп болгондуктан, атмосферанын эң жогорку катмарлары и о н о с ф е р а деп аталып кеткен.

108. Манометрлер. Жабык идиш ичинде газдын же болбосо буунун басымын ченөө үчүн м а н о м е т р л е р[1] колдонулат.



141-сүрөт. Сымаптуу ачык манометр.

[1] Грекче м а н о с—сейрек, кысылбагач жана м е т р о н—чен деген сөздөрдөн.

Манометрлер с у ю к т у к жана м е т а л л д ы к болуп жасалат. Суюктук манометрлердин ачыктары жана жабыктары болот. Төмөнкү бөлүктөрүндө катнашкан эки түтүк болуп, кандай да болсо бир кыйла деңгелге чейин суюктук менен толтурулган болсо ачык суюктуктук манометр болот. Бул түтүктүн жогорку учу, басымын ченөө керек болгон газ толтурулган идиш менен катнашып турат. Мында барометрдин бийиктиги H сымап мамычасынын см менен белгиленет.

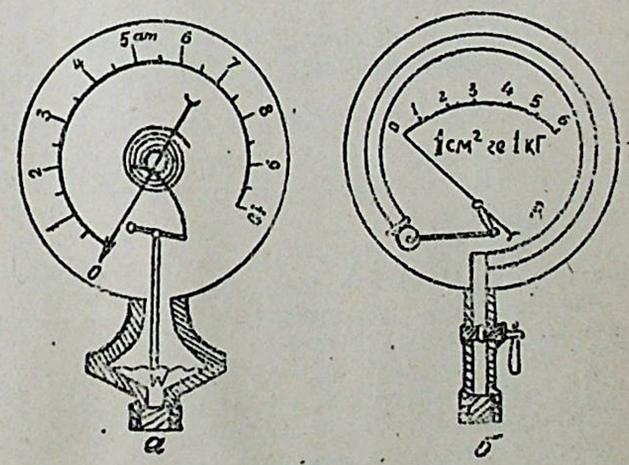
Эгерде манометр идиш менен катнашканда суюктуктун деңгели өзгөрүлбөсө, (141-сүрөт *в*), анда газдын басымы атмосфераныкына барабар болот. Эгерде манометрге сымап куюлган болсо жана ал 140-сүрөт *б* де көрсөтүлгөн авалда турса, анда газдын басымы $p_1 = H + h_1$, *см* сымап мамычасы болот; эгерде сымап манометрдин ичинде 141а-сүрөтүндөгү авалды алып турса, анда басым $p_2 = H - h_2$ *см* сымап мамычасы болот.

Эгерде манометрдин ичинде сымап болбостон, башка суюктук болсо, түш келген суюктукту манометрдин көрсөткөнүнүн d суюк h суюк.$= h$ сымап h сымап формуласы боюнча сымаптын көрсөтүшүн кайта эсептеп чыгуу керек болот. Суюктук манометрди айрыкча чоң басымдар болгон кезде оңтойсуздугун оңой эле элестөөгө болот (мисалы, буу казандарындагы буунун жана компрессорлордогу газдын).

Ошондуктан, техникада аларды металлдан жасалган манометр менен алмаштырышат. Металлдан жасалган манометрлер эки түрдө жасалат. Бир түрүндө, басым өлчөнө турган идишке бириктирилүүчү трубка металлдан жасалган тосмо менен жабылат(142-*а* сүрөт).

Атмосферанын басымынан бир топ жогору басымдарды ченегенде тосмо ийилет жана рычаг аркылуу стрелканы шкала боюнча жылдырат.

Экинчи түрдөгү манометрде кошуучу трубка (түтүк) догоо формасында ийилген серпилгич көңдөй трубка (түтүк) R менен бүтөт. Манометрди атмосферанын басымынан чоң болгон басымдуу газы бар идиш менен туташтырабыз. Бул убакта трубка (түтүк) ар түрдүү даражада түзөйөт жана рычаг аркылуу стрелканы „атмосфераларга“ бөлүнгөн шкала боюнча которуштурат.



142-сүрөт. Металлдан жасалган манометрлер.

Манометр атмосфера менен катнашканда стрелка-көрсөткүч нулда турат. Шкаладагы бөлүмдөр газдын басымы атмосфераныкынан артык болууну көрсөтүшөт.

21-көнүгүү.

1. Гидравликалык пресс (130-сүрөт) иштеген кезде кыймылдатуучу күчтүн жумушу тоскоолдуктун жумушуна барабар экенин көрсөткүлө.

2. 10 *м* терендиктеги суунун ичиндеги басым эмнеге барабар? 100 *м* дикичи?

3. 2 *м* терендиктеги цистернанын 1 $м^2$ түбүнө болгон керосиндин басым күчү[1] эмнеге барабар?

4. Көп кабаттуу үйдүн төмөнкү жана жогорку кабаттарында водопровод торлорундагы крандардан суу бирдей басымда агып чыгабы?

5. Үйдүн төмөнкү кабаттарындагы водопровод торлорунун крандарынан суу алып турса да, үйдүн жогорку кабаттарындагы крандардан суу кайсы бир кездерде эмнеликтен акпай калат?

6. Фонтандын суусунун деңгели, фонтанга суу жиберип жаткан идиштеги суунун деңгелине эмне үчүн, эч качан жетпейт.

7. Шаарда бийиктиги 45 *м* келген курулуштар бар. Үйдүн жогорку этаждарында өрт чыккан учурда суу менен пайдаланыш үчүн, жердин деңгелинен суунун басымы кандай болууга тийиш?

8. Медициналык көтөрүлүүчү кресло суунун басымы менен көтөрүлөт жана диаметри 10 *см* болгон поршенде кармалып турат. Креслонун киши менен бирге салмагы 100 *кг*. Кре лону (сүрүлүүсүз) бир калыпта көтөрүү үчүн кандай басым керек? Эгерде, диаметри 2 *см* болгон экинчи поршенге басым аракет кылса, анда ал экинчи поршенге кандай күч жумшалуу керек?

Жообу: 4 *кг*.

9. Төмөнкү бөлүктөрүндө сымап куюлган катнашуучу идиштердин бирөөндө бийиктиги 30 *см* ге барабар болгон суу мамычасы бар, экинчисинде спирт бар. Эгерде сымап, идиштердин экөөндө тең бир деңгелде турса, спирт мамычасынын бийиктигин аныктагыла (спирттин d сы 0,8 ге барабар).

Жообу: 37,5 *см*.

10. Катнашуучу идиштердин ичиндеги спирт мамычасы 30 см ге барабар, аны тең салмактап турган экинчи мамыча 28 *см* ге барабар. Экинчи суюктуктун салыштырма салмагын тапкыла.

Жооду: 0,84 $\frac{Г}{см^3}$.

11. Катнашуучу эки идиштин төмөнкү бөлүгүндө сымап толтурулган, бир идиштеги сымаптын үстүндө спирт бар, экинчисинде салыштырма салмагы 1,2 $\frac{Г}{см^3}$ ге барабар болгон кислота бар. Эгерде спирт менен кислотанын жогорку деңгелдери бир эле горизонталда болуп, кислотанын мамычасынын бийиктиги 30 *см* ге барабар болсо, сымаптын деңгелдеринин авалындагы айырманы аныктагыла.

Жообу: 0,94 *см*.

12. Идиштин түбүнө тыгыздап коюлган тегиз жылма жыгач пластинка идишке суу куюлганда эмнеликтен калкып чыкпайт (текшерип көргүлө).

13. Чакадагы суунун түрдүү терендигине чөктүрүлгөн гирге бирдей түртүп чыгаруучу күч аракет кылабы?

14 Салмагы 1 *кГ* болгон кесек темирге, салмагы 1 *кГ* болгон кесек пробкага суунун аракет кылып түртүп чыгаруучу күчү эмнеге барабар?

15. Салмагы 1 *кГ* болгон цилиндр түрүндөгү пробка жогорку бетине дейре сууга чөктүрүлсө, ал кандай кошумча жүктү кармап тура алат?

16. 1 $дм^3$ алюминиянын авасыз мейкиндиктеги чын салмагы канчалык болот?

17. Таразага латун жана айнек шарлар тең салмакка келтирилген. Эгерде бул курал авасыз мейкиндикке, же болбосо көмүр кычкыл газ толтурулган мейкиндикке, же болбосо суунун ичине коюлса, тең салмактык бузулабы, эгерде бузула турган болсо кайсы жакты көздөй бузулат?

18. Муздун кайсы бөлүгү суунун деңгелинен ылдый турат (музду параллелипипед түрүндө элестөөгө болот)?

19. Падыша Гиерон үчүн жасалган тажынын таза алтындан экендигин, аны талкалабай туруп табуу Архимедге сунуш кылынган. Эгерде тажы ава ичинде өлчөнсө, анын салмагы 1 *кГ* болор эле, сууга чөктүрүлгөн тажынын салмагы 0,91 *кГ* болор эле. Архимед кандай жооп берүүгө тийиш болгон?

20. Сууда эрий турган нерселердин салыштырма салмагын Архимеддин закону боюнча аныктоо үчүн аларды сууга эмес, салыштырма салмагы маалым болгон жана нерсе бул суюктуктун ичинде эрибей турган башка бир суюктукка чөктүрүшөт.

Бир бөлүк көкташтын авадагы салмагы 22 *Г*, керосинде 14 *Г* болот. Көкташтын d сын аныктагыла.

Жообу: 2,2 $\frac{Г}{см^3}$.

21. Узундугу 20 *см*, туурасы 10 *см* жана калыңдыгы 5 *см* болгон жыгач тактайдын үстү суунун деңгелинде болгондой кылып, аны чөктүрүү үчүн анын үстүнө кандай жүктү салуу керек (жыгачтын d=0,6)? *Жообу*: 400 *Г*.

22. Деңиз суусуна чөктүрүлгөн темир устунду өйдө карай тартышат. Устундун салмагы 5000 *кГ*. Эгерде деңиз суусу үчүн d=1,03 $\frac{Г}{см^3}$ болсо, ошол устунду тим суу ичинде кандай күч менен тартуу керек экендигин аныктагыла.

Жообу: 4350 *кГ*.

23. Суунун деңгелиндеги параходдун туурасынан кесилишинин аянты S=3000 $м^2$. Жүк салынып бүткөндөн кийин параходдун чөгүү терендиги 2 *м* көбөйгөн. Пароход алган жүктүн салмагын аныктагыла (деңиз суусунун d=1,03).

Жообу: 6180 *Т*.

24. Параходдун суу деңгелиндеги туура кесилишинин орточо узундугу 150 *м* ге, туурасы 30 *м* ге барабар. Эгерде пароход деңиз суусунда турса, үстүнө 2000 *Т* жүк алгандан кийин, анын чөгүшүнүн терендиги канча чоноёт?. Тузсуз сууда канча чоноёт?

Жообу: 0,34 *м* 0,44 *м*.

25. Кесилишүү аянты S=4000 $м^2$ болгон параходдун салмагы 6000 *Т*. Бул пароход агын суудан деңизге өткөн кезде анын чөгүү терендиги кандайча өзгөрүлүшүн аныктагыла.

Жообу: 4,5 *см*.

26. Водородду кошпогондогу дирижаблдин салмагы 15.000 *кГ* га барабар. Анын көлөмү 20 000 $м^3$, дирижаблдин камераларында 19 700 $м^3$ водород бар. Эгерде 1 $м^3$ водороддун салмагы 100 *Г*, ал эми ава үчүн d=0,00129 $\frac{Г}{см^3}$ болсо, дирижаблдин жүктү көтөрө алышын же көтөрүү күчүн тапкыла.

Жообу: 8830 *кГ*.

27. Молдорду (гавандагы кашааларды) жасаганда, бул кезде төмөнкү жолду колдонушат. Темир бетондон көндөй кубдар жасалат, аларды сууга түшүрүп, мол салына турган жерге пароход менен тартылып жеткирилет. Мында, мындай кубга таш толтурулат жана ошентип аны дайындалган жерге чөктүрүшөт.

Эгерде мындай кубдун кыры 2 *м* ге барабар болсо, дубалдын бооруунун орточо калыңдыгы 10 *см* ге барабар болсо, темир бетондун d сы 3,5 ке барабар, ал эми суунун d, 1,03 кө барабар болсо, мындай куб сууга түшүрүлгөн кездеги чөгүүнүн терендигин аныктагыла.

Жообу: 0,97 *м*.

28. Аянты 100 $м^2$ болгон көмүр үчүн арналган тик бурчтук баржанын вертикаль борттору бар. Көмүр жүктөгөн кезде жүксүз болгондугуна караганда 1,5 *м* ылдый чөгүүгө жол берилет. Баржа канча көмүрдү көтөрө алат?

Жообу: 150 $м^3$.

29. Салыштырма салмагы 0,9 $\frac{Г}{см^3}$ болгон калкып жүргөн муздун көлөмү 10 000 $м^3$. Эгерде деңиз суусунун салыштырма салмагы 1,02 $\frac{Г}{см^3}$ болсо, муздун суу астындагы бөлүгүнүн көлөмүн тапкыла.

[1] Заттардын тыгыздыгы китепгин аяк жагындагы IV таблицада көрсөтүлгөн.

30. Параллелепипеддин түрдүү аянттарына аракет кылуучу басым күчтөрүн эсептеп чыгуу негизинде, параллелепипед формасындагы нерсе үчүн Архимеддин законун чыгаргыла.

31. Сууга караганда тыгызырак болгон суюктуктар ичинде ченөө үчүн белгиленген ареометрде „бирдик“ саны менен белгиленген бөлүм шкаланын жогорку бөлүгүндө турабы, же төмөнкү бөлүгүндө турабы?

32. Агын суусуна караганда деңиз суусунда ареометр көп чөгөбү же аз чөгөбү?

33. Орто эсеп менен алганда 1,6 $м^2$ га барабар болгон адамдын денесине нормалдык атмосфералык басым кандай күч менен таасир кылат?

34. Жерден өйдө карай көтөргөн кезде барометрдин ичиндеги сымап 3 *мм* ге ылдыйлаган. Көтөрүлүүнүн бийиктиги кандай?

35. Ичинде газ бар идиш менен туташтырганда, спирт манометриндеги бош муундун деңгели экинчи муундан 27,2 *см* ге өйдөлөп кеткен. Эгерде атмосфералык басым сымап мамычасынын 750 *мм* ине барабар болсо, газдын басымы кандай болот?

36. Эгерде барометрдин түтүгүндөгү сымаптын деңгелинин ылдый жагынан тешик жасалса, бул тешик аркылуу сымап сыртка төгүлөбү же болбосо ава ичке карай киреби?

37. Суудан женил нерселердин тыгыздыгын Архимеддин закону боюнча аныктоону ойлоп көргүлө жана мындайча аныктоону тажрийбада жасагыла.

38. Эмнеликтен барометрдин түтүгүнүн ичиндеги сымап мамычасынын бийиктиги түтүктүн кең же кууш болушуна көз каранды эмес.

39. Барометр түтүгүн вертикаль авалдан эңкейткенде, эмнеликтен сымап түтүктүн ичине кирет?

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Басым деген эмне?
2. Басымдын кандай бирдиктери белгиленген?
3. Суюктук жана газ басымды кандайча өткөрөт?
4. Суюктуктун ичиндеги басым эмнеге көз каранды?
5. Суюктуктун ичиндеги басым аянтчанын багытына көз карандыбы?
6. Суюктуктун ичиндеги басымдын формуласы кандай?
7. Аянтчага төмөнтөн жогору болгон басым жогорудан төмөн карай болгон басымга барабар экендиги кандай тажрийба менен далилденет?
8. Идиштин түбүнө болгон басым идиштин формасына көз каранды эместиги кандайча түшүндүрүлөт?
9. Идиштин түбүнө болгон басым, улам кеңейип олтурган идиштин ичиндеги суюктуктун салмагынан эмне үчүн кем болот жана улам тарып олтурган идиштин ичиндегиден көбүрөөк болот?
10. Катышуучу идиштердин ичиндеги түрдүү тектүү суюктуктардын тең салмактык шарты кандай?
11. Архимеддин закону эмнеде?
12. Чөктүрүлгөн нерсе суюктукка таасир кылган күч эмнеге барабар?
13. Суюктуктун ичинде чөктүрүлгөн нерселер өздөрүнүн салмактарына жана бөлүп чыгарылган суюктуктун салмагына жараша кандай үч авалды ала алышат?
14. Нерсе суюктуктун үстүндө калкып жүрүүнүн шарты кандай?
15. Кеме тоннажы деген эмне?
16. Катуу нерсенин салыштырма салмагын гидростатикалык жол менен кандайча аныктоого болот?
17. Суюктуктун салыштырма салмагын гидростатикалык жол менен кандайча аныктоого болот?
18. Ареометр кандай жасалат жана аны кандайча пайдаланышат?
19. Атмосфералык басымдын бар экенин кайсы көрүнүштөрдөн чыгарууга болот?
20. Атмосфералык басымды ченөөнүн кайсы жолу колдонулат?
21. Туш келген аянттын үстүнө болгон атмосфералык басымдын күчү кандайча эсептеп чыгарылат?

22. Жердин үстүнөн өйдө көтөрүлгөндө атмосфералык басым кандайча өзгөрүлөт?
23. Барометрдин жасалышы, арналышы жана аны пайдалануу жолу кандай?
24. Манометрдин жасалышы, арналышы жана аны пайдалануу жолу кандай?

АДАБИЯТ.

Васильев, Аэронавтика.
Виноградов. Биздин үйдөгү водопровод жана канализация.
Перельман, Физикалык хрестоматия, 1-чыгарылышы. III, IV—V главалар.
Перельман. Эрмек кылуучу физика, 1-бөлүк, V бөлүмдөн айрым макалалар, II бөлүк, VI бөлүм.
Дюрибаум, Гидравликалык пресс жана аны колдонуу.
Рубель, Манометр.
Болгаров Н., Суу астында жүрүүчү кайык. Детиздат (Балдар басмасы). 1940-жыл, 127-бет.
Бобрицкий Т., Терендиктерди женүү. Эпрондун турмушунан этюддар.

109. Суюктуктагы жана газдагы ички сүрүлүү. Суюктук жана газ түтүк ичинде кыймылга келгенде, агын сууда, жердин атмосферасы ичинде ава массалары которулганда, бул нерселердин жылуу ылдамдыгы түрдүү катмарларда түрдүүчө болот. Суюктуктун жана газдын кыймылы катуу нерселердин кыймылынан ушуну менен ажыратылат.

Агын суунун эки боорундагы жана түбүндөгү катуу порода менен суу ортосунда сүрүлүү болгондуктан, суунун түбү жана эки жээги жанындагы катмарлардын ылдамдыгы эң аз болот.

Бирок, суу түптөн жана жээктерден алыстаган сайын анын ылдамдыгы акырындык менен өсөт. Эң катуу ылдамдык агын суунун ортосунда (жээктерден эсептегенде) жана суунун бетине жакын жерде болот.

Улам чоңоюп олтурган ылдамдык менен кыймылга келген суунун айрым катмарлары биринин үстүнөн экинчиси сыйгаланып агат. Мындайча сыйгаланганда алар ички сүрүлүүнүн күчү деп аталган күч менен бири-бирине аракет кылышат.

Суюктук же газ түтүк ичинде акканда, эң кичине ылдамдык түтүктүн боорлоруна тийип турган катмарларда болот. Анан кийинки ар бир көндөй цилиндр катмарда, цилиндрдин огуна жакындаган сайын, чоңоюп олтурган ылдамдык бар жана октогу көндөй эмес цилиндр катмары эң чоң ылдамдык менен агат.

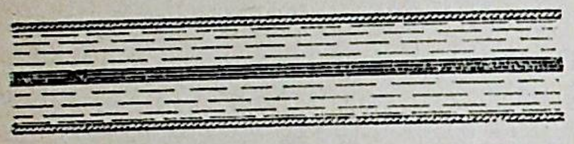
Айрым катмарлар бири-бирине сыйгаланышып агып, бири-бирине катуу нерселер тайгалангандагы сүрүлүү күчүнө окшош күч менен аракет кылышат; ички сүрүлүүнүн күчүнүн чоңдугуна же болбосо илешмелүүлүгүнө жараша заттарды аз илешмелүү (суу, спирт) же көп илешмелүү (майлоочу майлар, патока, мом) дешет.

Суюктуктарга салыштырганда газдардын илешмелүүлүгү өтө аз болот.

Газдарда илешмелүүлүк бар экенин төмөнкү тажрийба көрсөтөт. Цилиндр түрүндөгү чоң эмес стакан цилиндрдин огуна дал келген вертикалдык октун айланасында эркин айлана алгандай кылып, ал стаканды асып коюшат же бир неменин үстүнө жай-

лаштырышат. Анын ичине көлөмү кичирээк экинчи стаканды асып коюшат. Бул стакан биринчисинен бардык жерде аванын катмары менен бөлүнүп турат. Эгер сырткы стаканды чимирилтсек, анда ички стакан да чимириле баштайт. Биринчи стакандын ички капталына жабышкан аванын катмары ички сүрүлүүнүн же илмелешүүнүн күчү менен аванын жандаш катмарына аракет кылып аны өзү менен кошо ала кетет; экинчи катмар үчүнчүсүн ала кетет ж. б.; аягында барып ички стакандын тышкы бооруна жабышкан катмар бул стаканды да өзү менен кошо ала кетет.

110. Кыймылдап турган суюктук жана газ ичиндеги куюндар. Ички сүрүлүүнүн күчү—сыйгалашкан катмарлардын ылдамдыктарынын айырмасына жараша болот. Катмардан-катмарга көчкөн кезде ылдамдыктын өзгөрүлүшү анчалык эмес болгондо, агып турган суюктуктун катмарларынын салыштырмалуу жайы бузулбайт жана суюктуктун (же газдын) агымы 143а-сүрөттө көрсөтүлгөн жана суюктуктун ламинардык[1] агымы деп аталган түрдө болот.



143а-сүрөт. Ламинардык агын.



143б-сүрөт. Турбуленттик агын.

Бирок ылдамдык ар бир конкрет учурдагы критикалык ылдамдык деп аталган белгилүү бир чектен өтүп кетсе, сыйгалануучу катмарлардын өз ара аракети суюктуктун же газдын массаларынын салыштырмалуу авалын өзгөртөт; 143б-сүрөттө көрсөтүлгөн жана суюктуктун турбуленттик[2] агымы деп аталган куюндашуу деген (куюн пайда болуу) учуру келип чыгат.

Куюндун бир бөлүгүндө заттын айланган бөлүкчөлөрүнүн ылдамдыгы агындын ылдамдыгынын багытына туш келишкендиги, экинчи бөлүктөрдө ага карама-каршы болгондугу бул сүрөттөн көрүнүп турат.

Куюндашуу ылдамдыктарды бөлүштүрүүнү жана алар менен байланыштуу болгон басымдарды бөлүштүрүүнү татаалдантат.

110а. Нерселер газдын жана суюктуктун ичинде кыймылга келгендеги тоскоолдук. Ышкылбастык. Суюктуктардын жана газдардын илешмелүүлүгү нерсенин суюктукта жана газда кыймылга келгенде тоскоолдука учурашынын негизги себеби болуп эсептелет.

Суюктукта жана газда кыймылдаган нерсе, өзүнүн бетине жабышкан, курчап турган заттардын бөлүкчөлөрүн кошо алып кетет. Заттын илешмелүүлүгүнүн натийжасында бул бөлүкчөлөр коңшу катмарларды да өзү менен кошо

[1] „Ламинарный“ деген сөз латынча „ламина“ (lamina) деген сөздөн келип чыгат, бул демек „тилке“. Ламинардык—катмарлуу.

[2] „Турбуленттик“ деген атама латынче „турбулентус“ (turbulentus) деген сөздөн алынган, бул демек „иретсиз“; трубо-куюн деген болот.

ээрчитет. Бул катмарлар жана башка катмарлар ортосунда сүрүлүү күчү (ички) пайда болот. Ал ар качан ылдамдыка каршы багытталган.

Ошентип, нерсени суюктуктун же газдын ичинде кыймылга келтирүүчү кыймылдаткыч которулуучу массалардын бардыгын кыймылга келтирүүгө гана жумуш аткарбастан, сүрүлүү күчүн жеңүүгө да жумуш сарп кылат.

Нерселер аванын ичинде кыймылда болгондо, ар түрдүү тоскоолдуктарды кандайча байкоого болот? Бул максатта 144-сүрөттө көрсөтүлгөн куралды пайдаланышат.

Куралдын негизинин бөлүгү—таразанын коромыслосуна окшош, бирок ийилген коромысло. Коромыслонун бир бөлүгү *B* стерженин кармап турат, бул стержендин учу уя менен бүтөт; экинчи бөлүгүнө жылдырылуучу *A* жүгү жайлаштырылат. Стержень *B* нын уясына ар түрдүү формадагы нерселер киргизилгенде, бул жүк көрсөткүчтү нулга алып келет.

Бул нерселердин формалары 1—8 деп номерленип куралда жана сүрөттүн үстүнкү бөлүгүндө көрсөтүлгөн. Тоскоолдук нерсенин жана аванын салыштырма кыймылына гана көз каранды болот. Ошондуктан кыймылсыз аванын ичиндеги нерсенин кыймылы ордуна, кыймылсыз нерсеге салыштыргандагы аванын кыймылын үйрөнүүгө болот.

Аванын кыймылы фен деп аталган куралдын жардамы менен жасалат. Фен дегенибиз—кууш тешиги бар кожухтун ичине салынган электр вентилятору (желдеткичи) болот, (схемасы 144-сүрөттүн үстүнкү сол жок бөлүгүндө көрсөтүлгөн).

Мотордогу токтун күчүн өзгөртүп, фенден чыккан желге түрдүү ылдамдыкты берүүгө болот.

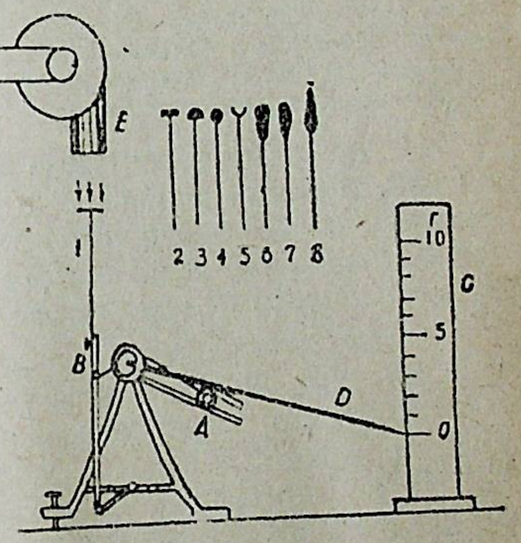
Изилдөө үчүн формасы түрдүү, бирок маңдай аянты бирдей болгон нерселер алынат. Маңдай аянты деп—кыймылдын багытына перпендикуляр тегиздикте болгон нерсенин проекциясынын аянты аталат.

Стержень *B* нин уясына 1—8 номер көрсөтүлгөн нерселердин улам бирин салып жана алардын алдыңкы бетине аванын күчү бирдей болгон агынын урдуруп көрүп, *Д* көрсөткүчтүн авалы боюнча түрдүү формадагы нерсенин тоскоолдугун байкоого болот.

Үстү жагынан ачык, көндөй № 5 жарым шар эң чоң тоскоолдук кылганды, № 7 нерсе эң аз тоскоолдук кылганды бул сыяктуу тажрийбалар көрсөттү.

Маңдай аянты бирдей болуп, башка нерселерге салыштырганда тоскоолдукту аз көрсөткөн нерсе абдан ышкылбас деп аталат.

Бул же тигил форманын ышкылбастыгы эмнеден келип чыгат? Ал түрдүү нерселердин айланасында аванын же суунун агымынын кыймылын байкап ышкылбастыктын шарттарын түшүнүүгө болот.



144-сүрөт.

Эгер суунун агымынын ичине пластинканы агынга перпендикуляр кылып койсо, анда 145-сүрөттө көрсөтүлгөн көрүнүштү байкоого боло турганын тажрийбалар көрсөттү, мында куюндар пайда болот, куюндун ичинде суу вертикаль октордун айланасында айлана



145-сүрөт. Пластинка.



146-сүрөт. Ава агымынын ичиндеги ышкылбас формадагы нерсе.

боюнча жылат. Пластинкалардын эки жагындагы агымдар пластинкалардын ортосу ченинде бири-бирине карай кошулуп кетпестен, бир кыйла убакытка чейин инерция боюнча түз жылышат. Агым нерсенин үстүнөн үзүлүп кетет.

Эгер ышкылбас формадагы нерсени койсок, анда тажрийбанын натийжасында алынган 146-сүрөт көрсөтүп тургандай агым нерсенин үстүнө, анын учуна чейин кыналып турат; агым үзүлбөйт, куюн пайда болбойт арткы кырдын жанында гана турбулентник пайда болот.

Кыймылдагы нерсе сезген тоскоолдук нерсенин артындагы куюндатуу кичине болгон учурда кичине боло тургандыгы тажрийба жолу менен жасалган изилдөөлөрдүн натийжасында табылды. Суюктуктун куюн ичинде имерилип кеткен бөлүктөрү, тынч жылган суюктукка салыштырганда, кошумча кинетикалык энергияны алышат, алар бул энергия нерсени кыймылга келтирген кыймылдаткычтан алышат. Мына ушунун аркасында нерсенин өзүн жылдырууга кетүүчү энергия азаят жана куюнануудан нерсе кошумча тоскоолдукту сезгендей болот.

Мына ошондуктан ышкылбас форма болгондо, куюнануу жок болгондуктан, нерсенин кыймылына тоскоолдук да аз болот.

Ошентип, нерсенин суюктуктун же газдын ичиндеги кыймылына болгон тоскоолдук төмөнкүлөргө көз каранды:

1) нерсенин кыймылдын багыты жагындагы бетинин өлчөмүнө (пластинканын кыймылына алдыңкы жактан, капталына караганда каршылык көп болот);

2) кыймылдын ылдамдыгына (акырын жүргөндөгүгө караганда тез жүргөндө каршылык көп);

3) мындай кесилиши бирдей болгондо нерсенин формасынан.

Кыймылдагы нерселердин артында болгон куюндар каршылыктын көбөйүшүнө өзгөчө чоң таасир көрсөтөт. Ошондуктан, кыймылдаткычтын берилген кубаты менен абдан чоң ылдамдыкты камсыз кылуу үчүн, самолётторду жана анын канаттарын, суу астында жүрүүчү кайыктарды, автомобилдерди, вагондорду, торпедаларды, авиабомбаларды ж. б. ышкылбас формада жасайт

111. Агындын ылдамдыгы менен басым арасындагы өз ара катыш. Жогорку жакта (98-§ да) *тынч авалда турган суюктуктун ичинде бир горизонталь деңгелдеги басым (гидростатикалык басым) идиштин же катташ идиштин бардык узундугунда бирдей болот дегенди көрсөткөн элек.*

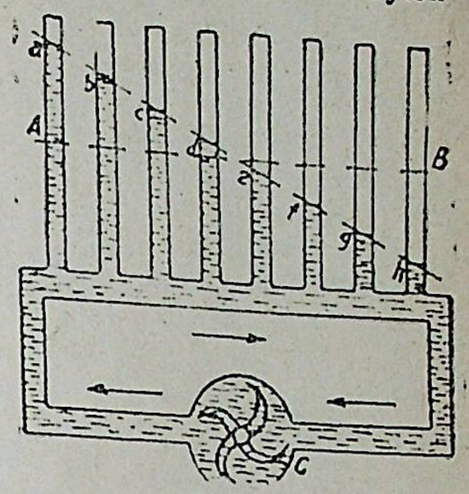
Кыймылдагы суюктук ичиндеги басымдын бөлүнүшүн окуп үйрөнүү үчүн, насостон жана учтары менен насостун толтуруучу жана соруучу тешиктерине киргизилген айнек түтүктөн чынжыр түзүүгө болот (147-сүрөт). Туташтыруучу айнек түтүктүн түрдүү жерлерине тең аралыкта ачык айнек түтүктөр жабыштырылган (булар манометр сыяктуу кызматты аткарышат).

Бардык чынжыр суу менен толтурулгандан кийин, суу бардык түтүктөрдө насос аракетке келе электе бирдей деңгел AB ны алып турат.

Насос сууну учтары бириккен түтүк боюнча айдай баштаган кезда эмне болорун көрөлү.

Башта агымдын ылдамдыктары түтүктүн туш келген жериндеги кесилишинде бирдей болгон учурду текшерип көрөлү. Бул үчүн бардык узундугундагы диаметри бирдей болгон түтүктү алабыз.

Мында келип чыккан көрүнүш ошол эле сүрөттө көрсөтүлгөн. Ошол бир эле деңгелде суюктук түтүктүн боорлоруна өткөргөн басым агынды бойлоп акырындап кемигенин ошол сүрөттөн көрөбүз. Насос жеткирген энергия суюктуктун катмарлары ортосундагы ички сүрүлүүнү жеңүүгө сарп кылынса керек. Суюктуктун катмарлары канчалык чоң бетине тийишип турса, ички сүрүлүүнү жеңүү үчүн ошончолук чоң күч талап кылынат жана боорлорго басуу үчүн ошончолук аз бөлүктөр (күчтүн бөлүгү) калат.



147-сүрөт. Агындын бирдей кесилишинде суюктук ичиндеги басымдын ылдыйлашы.

Насостун ылдамдыгы көбөйгөндө, түтүк бойлото болгон басымдын өзгөрүшү бир кыйла болуп калат; ah сызыгынын горизонтко карай жантайышы чоңоёт.

Тажрийбанын маалуматтары негизинде алынган чиймеден төмөнкү корутундуну чыгарууга болот: *түтүк аркылуу туракту ылдамдык менен өтүп турган суюктук* (же газ) *ичиндеги басымдын ылдыйлашы түтүктүн узундугуна түз пропорциялуу болот*[1].

Эгер түтүк ичиндеги ылдамдык бир орундан экинчисин карай өзгөрсө, көрүнүштүн түрү кандайча өзгөрөр эле?

148-сүрөт. Агындын кесилиши түрдүүчө болгондо суюктук ичиндеги басымдын ылдыйлашы.

Бул сурооно жооп берүү үчүн чынжырга түрдүү диаметрлүү түтүктөрдү бириктирип, суу куюлган чынжыр менен ошол эле тажрийбаны жасоо керек (148-сүрөт).

Чынжырдагы түтүктөрдүн ар бир кесилиши, арыктын кесилиши аркылуу (суу менен жылытуучу түтүктөрдүн кесилиши аркылуу) увакыттын бирдиги ичинде суюктуктун ошол эле бир өлчөмү өтөт; башкача болгондо, узак аккан кезде бир жерлерде суюктук чогулуп калар эле, экинчи жерлерде агын үзүлүп калар эле.

Бирок тар кесилиштеги ылдамдык, кең кесилиштегиге караганда катуурак болгон учурда гана кең жана тар кесилиш аркылуу увакыттын бирдиги ичинде барабар өлчөмдөгү суюктук өтө алат. Агын суунун тайыз жериндеги суунун шар агышын эскергиле.

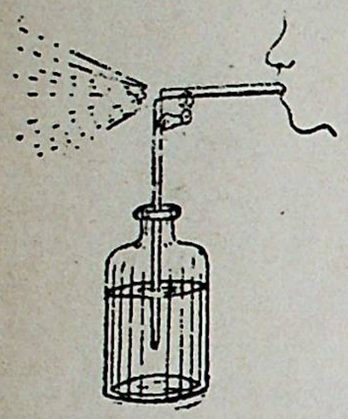
[1] Басымды ченөөчү суюктуктун мамыларынын учтары бир түз сызыкта жаткандыгы түз пропорциялуулукту көрсөтөт.

Ошентип, биздин тажрийбабызда түтүктүн эң кичине кесилиши бар жеринде эң чоң ылдамдык жана вертикаль түтүктөгү суюктуктун мамычасынын эң чоң ылдыйлашы байкалат.

Суюктуктун жана газдын агынынын басымы ылдамдык эң аз болгон жерде эң көп болуп, ылдамдык эң көп болгон жерде эң аз болот.

Ылдамдык көбөйүп турган жерде суюктукту же газды илгери жылдыруучу күчтүн көп бөлүгү ылдамдануунu өткөрүүгө, аз бөлүгү басымды өндүрүүгө кетет.

Бул негизги көрүнүштөн төмөнкү натийжаны чыгарууга болот: эгерде кесилиш өтө тар жасалса, ылдамдыкты ошондой чоңойтуп, басымды тиешелүү жерде атмосфералык басымдан кем кылууга болот.



149-сүрөт. Пульверизатор.

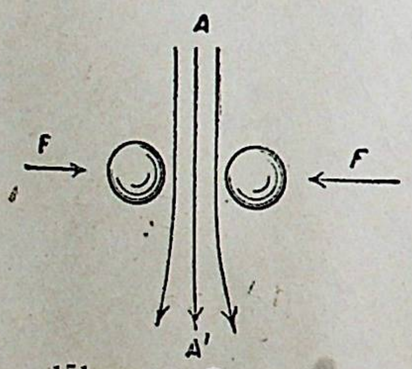
Эгерде ошол жерди тешсек, суюктук ал тешиктен агып чыкпайт; тескерисинче, артыкбаш болгон сырткы басым аваны тешик аркылуу түтүктүн ичине айдап киргизет. Мындан ылдам аккан агындын соруу аракети байкалат.

Пульверизатор менен тажрийба (149-сүрөт). Өтө күчтүү үйлөгөн кезде вертикаль түтүктүн жогорку бөлүгүндөгү басым атмосфералык басымдан ылдый болуп түшөт жана атмосфералык басым суюктукту идиштен вертикаль түтүктү бойлото анын учуна дейре көтөрөт, мында суюктук чачылып кетет.

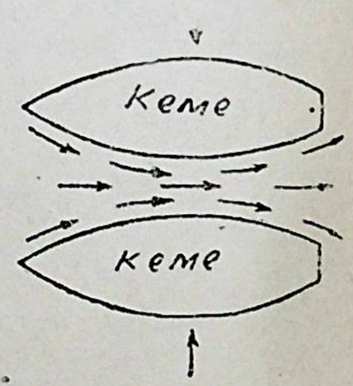
Картондон жасалган тегерек жана чыгырык менен тажрийба. Стол үстүнө кичине тегерек картонду койгула да, анын борборуна төөнөгүч сайып койгула. Бул



150-сүрөт. Ава агынынын соруу аракети.



151-сүрөт. Эки шардын ортосундагы аванын агыны аларды жакындатат.



152-сүрөт. Эки кеменин ортосунда суу шар агуу пайда болуш аркасында кемелер бири-бирине жакындашат.

тегерек картонго машина жиптин чыгырыгын жакындаткыла, төөнөгүчтүн башы чыгырыктын тешигине кирип тургандай болсун (багыттоочу таасир үчүн). Анан 150-сүрөттө көрсөтүлгөндөй чыгырыктын жогорку тешигинен үйлөй баштайбыз.

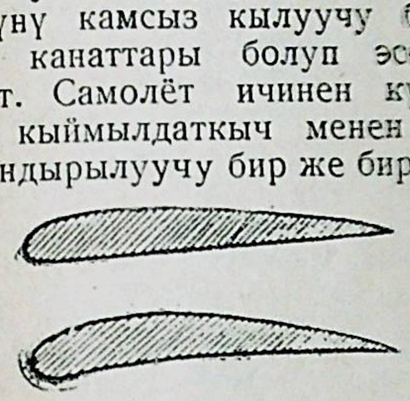
Анда биз тегерек картон чыгырыкка тартылганын көрөбүз.

Чыгырык менен тегерек картон ортосундагы ар кандай ава агынынын ылдамдыгы кай жерде эң болуп, бул агындык картонго болгон аракети атмосфералык басымдан кем болуп калат жана атмосфералык басым картонду чыгырыкка чыгат.

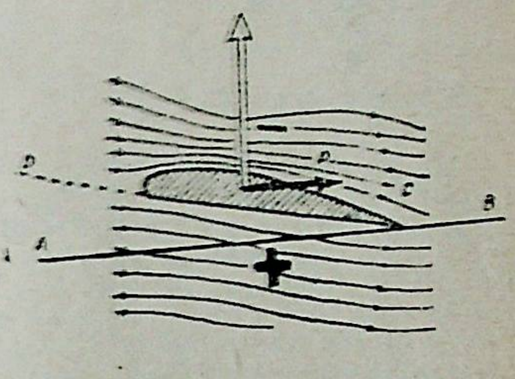
Шарлар менен жасалган тажрийба. Эки женил шарды жипке байлап өкөнүн арасын 5 см жакын келтирип асып коёлу (151-сүрөт), алардын ортосунан ава агынын өтө катуу ылдамдык менен үйлөп өткөрөлү. Тынч турган ава тарабынан болгон басымдын ылдам үйлөнгөн агындын басымынан артык болушу шарларды жакындатат.

Бири-бирине жакын турдө жарыш курста ылдам бара жаткан эки кеменин согулушу мүмкүн (152-сүрөт). Алардын ортосунда пайда болгон суунун шар агышынын басымы кемелерди сыртта курчап турган суунун басымынан кем болуп, кемелер бирине бири согулат.

112. Агымдын ылдамдыгына басымдын көз каранды болушун самолётту көтөрүлтүү үчүн пайдалануу. Ар кандай самолёттун көтөрүлүүчү күчүн түзүүнү камсыз кылуучу бөлүгү канаттары болуп эсептелет. Самолёт ичинен күйүүчү кыймылдаткыч менен айландырылуучу бир же бир кан-



153-сүрөт.



154-сүрөт.

ча винттердин (пропеллердин) тартуу аракети аркасында кыймылга келтирилет.

Азыркы кездеги самолёттордун канаттары өзгөчө формада жасалат, же муну профиль деп да айтып коюшат. Канаттын төмөнкү (ылдыйкы) бети түз же бир аз ичине ийилген кылынып, ал эми жогорку бети бир кыйла же андан бир аз азыраак томпогураак кылып жасалат (153-сүрөт).

Самолёттун кыймылынын натийжасында ава агымына карата горизонталь түрдө же бир кичине бурч (атака бурчу) жасатып коюлган самолёттун канаты, 154-сүрөттө көрсөтүлгөн сыяктуу аванын агымдары менен жышылып турат. Мына ушундай учурларда ава агымынын ылдамдыгы канаттын алдындагыга караганда да канаттын үстүндө бир аз катуурак болот. Бул болсо, аванын бөлүктөрү, канаттын төмөнкү бетин бойлоп өткөн жолго карата канаттын үстүнкү бөлүгүн бойлото чоң (узун) жолду өтө тургандыгы менен түшүндүрүлөт. Аванын агымынын бирдей эместигинин натийжасында канаттын үстүндөгү аванын басымы менен

канаттын астындагы басымынын бир азыраак айырмасы келип чыгат да, канаттын үстүнөн баскан басым азыраак болот. Бүт канаттын өзү басымдын мына ушул айырмасынын таасири астында жогору көздөй багытталган күчтү алат. Мына ушул күчтүн өзү канаттардын көтөрүлүү күчү деп аталат.



Н. Е. Жуковский (1847—1921).

Канатты жышып өтүүчү агымдын басымынын айырмасы азыркы убактагы самолёттордо 1—2% атмосфера басымына, башкача айтканда бир квадрат сантиметрге 20 *г* га жакын басым туура келет. Анда канаттын бетинин ар бир квадрат метрине 200 *кг* га жакын күч туура келет.

Самолёттордун канаттарынын көтөрүлүү күчүн аныктоочу закондорду орустун улуу окумуштуусу Н. Е. Жуковский белгилеген. Ал азыркы кездеги авиациянын бардыгынын теориялык негизин түзгөн.

Жуковский Николай Егорович (1847—1921) орустун гений окумуштуусу аэродинамикага негиз салуучу болгон.

Өзүнүн теориялык көз караштарына таянып, биринчи самолёт авага көтөрүлүп чыга электен мурун эле, авадан оор болгон аппараттардын жардамы менен адам баласынын уча ала турган мүмкүндүктөрүн Н. Е. Жуковский алдын ала эле айткан болучу; ал мындай деген: „Адамдын канаты жок жана өзүнүн денесинин салмагынын өзүнүн булчундарынын салмагына болгон катышы боюнча, чымчыктыкына караганда 72 эсе начар болот... Бирок ал, өзүнүн булчундарынын күчүнө эмес, өзүнүн акыл-сезиминин күчүнө таянып, ал учуп кете алат деп ойлоймун“. Аэропландын канатынын көтөрүлүү күчүн аныктоочу законду биринчи жолу Н. Е. Жуковский белгилеген. Бул закон бүткүл авиация расчётторунун (эсептөөлөрүнүн) негизи болуп саналат. Ал самолёттордун рулдарынын жана канаттардын профилдерин алуунун жана изилдөөнүн теориялык методдорун иштеп чыккан жана алардын профилдеринин абдан эле ыңгайлуу болгон типтерин ачкан.

Жуковскийдин атында аталган бул профилдер „НЕЖ профили“ деп бүтүн дүйнөдөгү инженерлерге белгилүү; жаңы иштелип чыгарыла турган канаттардын жана рулдардын формаларынын бардыгы ошого салыштырылып жасалат. Винттин (пропеллердин) тартуу күчүн эсептеп чыгууга мүмкүндүк берүүчү, винттин (пропеллердин) куюндук теориясын илимде биринчи ирет Н. Е. Жуковский түзгөн жана анын эң эле абдан ыңгайлуу болгон формасын белгилеген. Н. Е. Жуковскийдин көрсөтмөлөрү боюнча долбоорлонгон (проектиленген) винттер да „НЕЖ винттери“ деп анын атына коюлган.

Н. Е. Жуковский СССРде эң ири илимий мекеменин Борбордук аэрогидродинамика институтунун (ЦАГИ) негиз салуучу болгон.

Механиканын жана техниканын башка областтарындагы иштин зор негиздүүлөрү да Н. Е. Жуковскийге таандык. Суюктуктун түтүк боюнча агышын (кыймылын) эсептөө үчүн, атап айтканда суу жүргүзүүнү (водопроводду) эсептеп чыгаруу үчүн негиз түзүүчү—гидравликалык соккунун теориясы деп аталган теорияны да Н. Е. Жуковский түзгөн. Н. Е. Жуковский машиналарды регулировка кылуунун теориясы, машиналардын турумдуулугунун теориясы ж. б. менен иш жүргүзүп келген.

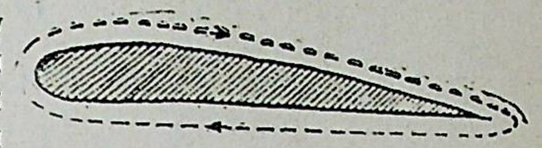
Н. Е. Жуковскийдин бардык илимий ишмердиги практикалык турмуштун жана өсүп келе жаткан техниканын таламдарына тыгыз байланышкан.

Н. Е. Жуковский Москвадагы техникалык окуу жайынын жана Москва университетинин профессору болгон. Советтик авиаконструкторлордун көпчүлүгү анын окуучусу болуп саналат.

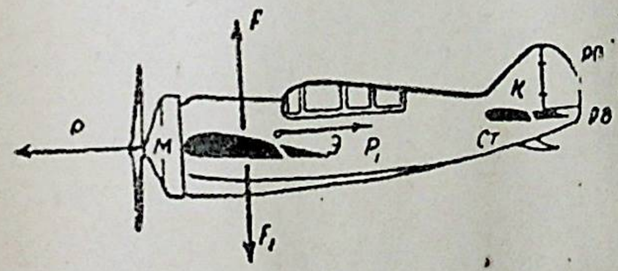
Ава—Согуштук академиясы Жуковскийдин атына коюлган.

Совет мамлекети Н. Е. Жуковскийди жогору баалады, В. И. Ленин аны „Орус авиациясынын атасы“ деп атаган.

Н. Е. Жуковский далилдеген сыяктуу эле, теориялык расчётторду (эсептөөлөрдү) жүргүзгөндө канатты бир калыпта жана симметриялуу түрдө жышып өтүп туруучу негизги ава агымына 155-сүрөттө көрсөтүлгөндөй, канатты жышып туруучу кошумчада тегерете айланып жүрө турган агым кошулат деп өзүбүз элестей алабыз. Айланып жүрүүчү агым канаттын үстүндөгү жалпы агымга кошулуп, анын ылдамдыгын арттырат, ал эми канаттын астындагы агымдан бөлүнүп кетип, канаттын астындагы агымдын ылдамдыгын кемитет. Жаңы самолётторду куруудагы негизги маселелердин бири, бет алдынан болгон тоскоолдук абдан дээрлик аз болуп, талап кылынган ылдамдыктагы зарыл болгон көтөрүлүү күчүн камсыз кылуучу профилдин керектүү болгон формасын тандап алуу болуп эсептелет. Канат канчалык жука болсо, ага бет алдынан келтирүүчү тоскоолдук да ошончолук аз болот, бирок көтөрүлүүчү күчү да аз болот. Жука канаттар бат (тез) уча турган машиналарда, мисалы, истребителдерде, ал эми калың канаттар ылдамдыгы анчалык катуу болбостон, зарыл болгон оор жүктөрдү көтөрө турган жай учуучу транспорттук самолёттордо колдонулат. Азыркы убакта канаттардын жүздөгөн ар түрдүү профилдери иштелип чыккан жана да, жаңы типтерин иштеп чыгуу иши үзгүлтүксүз жүргүзүлүп жатат.



155-сүрөт.



156-сүрөт.

Самолёт учуп жүргөн убакта ага төрт күч аракет кылат: моторлор түзүүчү тартуу күчү (156-сүрөт) жана тартуу күчүнө тең болуп туруучу бет алдынан болгон тоскоолдуктун күчү; оордук күчү жана оордук күчүнө тең болуп туруучу канаттардын көтөрүлүү күчү. Мына ушул күчтөр эки-экиден (түгөйлөш) тең болуп турушса, бир калыпта горизонталь боюнча учуу болушу мүмкүн. Бул тең салмактуулук бузулуп калган учурда самолёт—же төмөн түшө баштайт же көтөрүлө баштайт да, катуу (ылдам) же жай учат.

Элерондор—канаттын созундусу болгон жылып жүрүүчү кошумча тегиздиктер, аны менен катар рулдар—кайрылуунун вер-

тикаль рулу жана бийиктиктин горизонталь рулу, самолётту тең салмактап туруу үчүн кызмат кылышат. Рулдар болсо, самолётко турумдуулукту бере турган стабилизатор деп аталган, самолёттун (фюзелаждын) арткы корпусуна орнотулган. Стабилизатор анчалык чоң болбогон канаттан жана килден (156-сүрөт) турат. Белгилүү бир багыт боюнча учууда же башкы пилотаждын фигураларын аткарып жүргөндөгү татаал ийри сызык боюнча учушунда самолётко турумдуу учууну камсыз кыла тургандай кылып рулдарды жана элерондорду башкаруу, учкучтун искусствосу болуп саналат. Бул болсо согуштук учкуч—истребителдердин учкучтары үчүн өзгөчө маанилүү болот.

Согуш увагында биздин конструкторлорубуз—Яковлев, Илюшин, Лавочкин, Микоян, Туполев жана башкалары—душмандын самолётторунан бир кыйла артык болгон самолёттордун конструкцияларын түзүштү. Кийинки увактарда биздин конструкторлорубуз, үндүн ылдамдыгына жакын жана үндүн ылдамдыгынан да өтүп кете турган, саатына 1200 *км* ылдамдык менен уча турган реактивдүү куймылдаткычтуу самолётторду түзүүдө жетишкендик менен иштеп жатышат.

Чоң ылдамдыктын аэромеханикасын — өтө чоң ылдамдыктагы авиациянын негизин—түзүүчү орустун чоң окумуштуусу С. А. Чаплыгин[1] болуп эсептелет.

АДАБИЯТ

Бобров Н. С. Таң каларлык канаттар. Балдар адабият басмасы, 1939, 125-бет, аны менен кошо көп сүрөттөрү.

Гумилевский Л. Родинанын канаты 1945.

Исакович М. А. Учуунун теориясы, 1947.

---

[1] Чаплыгин Сергей Алексеевич (1869—1942) орустун атактуу окумуштуусу, академик, Социалисттик Эмгектин Баатыры, Москва университетинин профессору болгон.

С. А. Чаплыгин—Н. Е. Жуковскийдин окуучусу. Ал авиациянын теориясынын кыйын маселелерин иштеп чыккан. Ал азыркы увактагы жогорку ылдамдыктагы авиациянын өнүгүшү үчүн, зор маанилүү болгон чоң (катуу) ылдамдыктардын аэромеханикасынын негиздерин түзгөн. С. А. Чаплыгин аэропландын механикалаштырылган канаты деп аталган канаттын теориясын иштеп чыккан. Ал, аэропландын учушундагы турумдуулук проблемасын чечкен.

Н. Е. Жуковский өлгөндөн кийин С. А. Чаплыгин Борбордук аэрогидродинамикалык институтту башкарган.

IV: АЙЛАНУУЧУ КЫЙМЫЛ.

113. Айлана боюнча бир калыптагы кыймыл. Механиканын мындан мурунку бөлүмдөрүндө точканын түз сызыктуу кыймылынын жана нерсенин теңелме кыймылынын учурлары текшерилди.

Эми точканын траекториясы ийри сызыктуу болгон учурларга көчөлү.

Мындай учурлардын бирөө—ыргытылган нерсенин кыймылы. Бул текшерилди. Ыргытылган нерсеге, ал ылдамдык алгандан кийин, күч ылдамдыкка бурч менен таасир кылгандыктан, ыргытылган нерсенин траекториясы ийри сызыктуу болуп чыгат. Бул эки шарт—нерседе ылдамдыктын бар болушу жана күчтүн ылдамдыкка бурч менен таасир кылышы—ийри сызыктуу кыймыл келип чыгуу үчүн дайыма зарыл болот.

Столдун үстүндө жаткан шарча сокку алгандан кийин түз сызыктуу кыймылга келет; эгерде бир учу бириктирилген кыска жипке шарча байланып коюлган болсо, шарча согулгандан кийин жиптин тартышы аркасында түз сызыктуу кыймылдан ийри сызыктуу кыймылга өтүп кетет.

Жантык аштоо боюнча эркин тоголонуп түшкөн шарча горизонталь стол боюнча түз сызыктуу кыймылды уланта берет, эгерде анын жолуна ичке ийилген кашаача коюлса, кашаача тиешелүү авалда турганда шарча аны бойлоп тайгалана баштайт жана кашаачанын ичиндеги анын траекториясы ийри сызыктуу болуп калат (157-сүрөт).

Эгерде жантык аштоону бойлото темир шарча жиберилсе жана анын түз сызыктуу траекториясынын жанына күчтүү магнит коюлса, магнит күчүнүн аракети астында шарчанын жолу ийрээт (158-сүрөт).

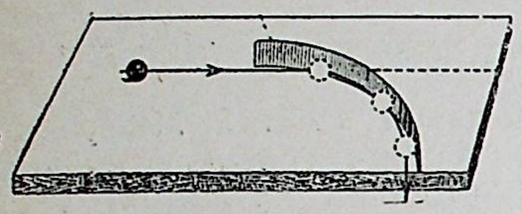
Түрдүүчө болгон ийри сызыктуу кыймылдардын жөнөкөйү айлана боюнча бир калыптагы кыймыл болот.

Точканын кыймылынын бул түрү нерсенин айланууучу кыймылы дегенде болот.

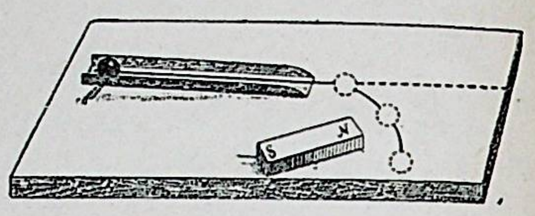
Техникада жана жаратылыштын көрүнүштөрүндө айланууучу кыймыл көп кезигет. Маховой дөңгөлөктүн, чыгырыктуу кайрак

таштын, заводдогу станоктордун көп шкивдеринин, суу жана буу турбиналарынын, шамал кыймылдаткычтын канаттарынын ж. б. точкаларынын кыймылы дал ушундай.

Жер өзүнүн огунун айланасында суткасына айланганда, анын бардык точкалары айланалар боюнча айланышат, планеталардын борборлорунун Күн айланасындагы жолдорун жана планета спутниктеринин борборлорунун планета айланасындагы жолдорун да айлана деп алууга болот.



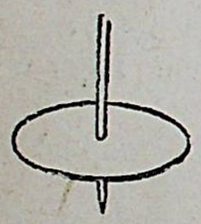
157-сүрөт. Ички-жакка ийилген кашаачанын таасири астында шарчанын түз сызыктуу кыймылы ийри сызыктууга айланат.



158-сүрөт. Жылып бара жаткан шариктин жолун магнит ийрейтет.

Эгерде нерсенин бардык точкалары айлана сызып, алардын тегиздиктери жарыш болсо жана алардын борборлору, айлануу огу деп аталган кыймылсыз турган бир түз сызыкта жатса, нерсенин кыймылы айлануучу кыймыл деп айтылат.

114. Ийри сызыктуу кыймылдагы ылдамдыктын багыты. Ийри сызыктуу траекторияларга салыштырганда ылдамдык кандайча багытталган?

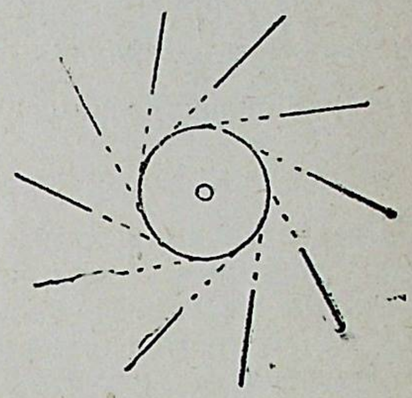


159а-сүрөт.

Түз сызыктуу кыймыл болгон учурда ылдамдыктын багытын табуу оңой; ал, жолдун багыты менен туш келет. Бирок ылдамдык—вектор. Вектор, түз сызыктуу кесинди сыяктуу, өзүнүн бардык точкалары менен ийри сызыктуу траекторияга туш келе албайт.

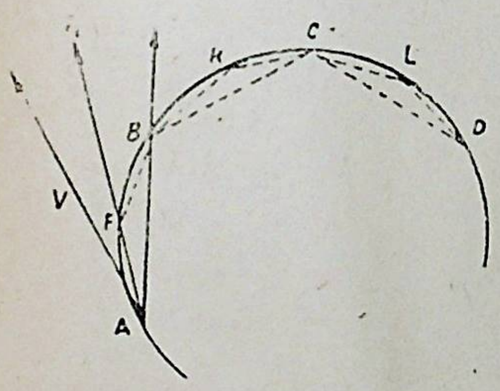
Жогоруда коюлган суроого жооп берүү үчүн, болот бычакты кайрак ташка кайраганда, ал кайрак таштан учкундар кандай учуп кеткенин байкагыла. Учкун болоттун кызыган бөлүгү. Анын ылдамдыгынын багыты, кайрак ташынын бетиндеги, бычактын бөлүкчөлөрүн үзүп жаткан точкаларына таандык болгон багытта болот. Учуп жаткан учкундарды карагыла, сиздер, алардын таштын ар кандай точкасындагы учуусу, таштын айланасына жаныма боюнча багытталганын көрөсүздөр.

Буга окшогон байкоолорду ар бир киши өзүнүн столунда өткөрө алат. Фанерден болсо да, оор тегерек алгыла жана аны тегеректен чыгар - чыкпас болуп турган учтуу окко отургузгула (159а-сүрөт). Аны ак кагаздын барагынын үстүндө чимирик сыяктуу катуу айландыргыла. Анын айланып жаткан кезинде айланган тегеректин четине калем учтан же пипеткадан сыя таамызгыла. Бул тамчылар, тегерек айланганда, андан чыгып түшүп жана инерция боюнча өзүнүн жолун кагазга белгилейт, демек, өзүлөрүнүн ылдамдыктарынын багытын да белгилейт. Барак кагазда 159 б-сүрөттөгүдөй сызыктар болот. Тегеректин айланасынын ар түрдүү точкаларынан ыргып чыккан тамчылардын ылдамдыктары, бул айланага жаныма боюнча багытталгандыгы сүрөттөн көрүнүп турат. Ушул жана ушуга окшогон тажрийбалардан төмөнкү корутундуну чыгарууга болот: *ылдамдык, ийри сызыктуу кыймылдын ар бир точкасында ийри сызыкка ошол точкада жаныма багытта болот.*



159б-сүрөт.

Жасалган корутундунун тууралыгына төмөнкү талкуулоолорду жасап ишенүүгө болот. Ийри сызыктуу кыймылдагы ылдамдыктын багытын табуу үчүн, берилген ийри сызыкты кандайда болсо *ABCD* сынык сызыгы (159-сүрөт) менен уактысынча алмаштырып туралы, мында багыттын өзгөрүлүшү сынык сызыктын чокуларында болот деп болжолдолду. Ошондо *AB* участкасында ылдамдык *AB* боюнча багытталат жана мисалы AA_1 ченемин алат. Бирок алынган сынык сызыктын ордуна экинчи сынык сызыкты: *AFBKCLD* элестөөгө болот, мында жактардын саны көбүрөөк жана ийри сызыкта жаткан точкалардын саны да көбүрөөк болот. Бул учурда сынык сызык боюнча элестелген кыймыл ийри сызыктагы чын кыймылга жакындап келет. Сынык сызыктын биринчи звеносундагы *A* точкасындагы ылдамдык *AF* багытын алып, мисалы: *AF*, ге барабар болот. Чын кыймылга жакындоо үчүн, сынык сызыктын звенолорунун санын көбөйтүү керек. Ар бир жолу ылдамдыктын багыты *A* точкасы аркылуу өткөн кесүүчү сызыкта болот, мында ал ийри сызык менен, кесишкен точкалардын экөөдө жакындаша берет. Пределдик учурда чын ийри сызыктуу кыймыл үчүн кесүүчү сызыктын эки точкасы тең бирге кошулат жана кесүүчү сызык А точкасында айланага жаныма сызык болуп калат.



159в-сүрөт. Ийри сызыктуу кыймылдагы ылдамдык жаныма сызык боюнча багытталат.

115. Айлануу мезгили, айланыштын саны, сызыктуу ылдамдык. Точканын айлана боюнча бир калыптагы кыймылы төмөнкү чондуктар менен аныкталат. Точканын бир айланган убакытын айлануунун мезгили деп аташат. Мезгилди *T* тамгасы менен белгилейбиз. Айлануунун

мезгилинин ордуна 1 секундадагы ν[1] жолу айлануу саны менен да аныктоого болот. Анда айлануу мезгили:

$$T=\frac{1}{\nu}$$ жана $$\nu=\frac{1}{T}$$ болот.

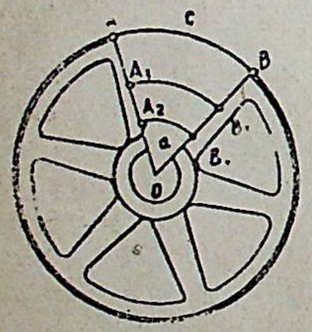
Ырас эле, эгерде 1 сек. дагы айлануулардын саны 50 ге барабар болсо, анда мезгил $T=\frac{1}{50}=0{,}02$ болот; тескерисинче, эгерде мезгил $T=2$ сек. болсо, анда 1 сек. дагы айлануулардын саны $\nu=\frac{1}{T}=\frac{1}{2}$ айлануу 1 сек. да болот. Көбүнчө техникада минутада айлануулардын саны n деп эсептелет, анда

$$\nu=\frac{n.}{60}$$

Эгерде точка жылган айлананын радиусун R аркылуу белгилесек, точканын айлана боюнча бир калыптагы кыймылынын ылдамдыгын же болбосо сызыктуу ылдамдыгы дегенди, төмөнкү жол менен эсептеп чыгарууга болот: бир айлануунун T убактында точка узундугу $2\pi R$ге барабар болгон айланаы чиет, мындан сызыктуу ылдамдыгы төмөндөгүчө болот:

$$\boxed{v=\frac{2\pi R}{T}, \text{ же } v=2\pi R\nu.}$$ (XXIXa)

116. Бурч ылдамдыгы. Точкалары айлана боюнча кыймылдаган нерсенин айлануучу кыймылын мүнөздөө үчүн, точка 1 сек. да өткөн жаанын узундугу менен ченелүүчү сызыктуу ылдамдыкты билүү гана жетишпейт. Айланып жылганда радиустун бардык точкалары, радиусту кандай да болсо бир бурчка бурганда түрдүү сызыктуу ылдамдыкты алышат. Бирдей убакыттын ичинде алар, түрдүү узундуктагы жолду өтүшөт, мисалы, AB, A_1B_1, A_2B_2 (160-сүрөт). Айлануучу нерсенин түрдүү точкаларынын сызыктуу ылдамдыктары түрдүүчө болгондо, баштапкы авалдан бурулуу бурчу алардын бардыгы үчүн бирдей болот. Бул негизде айланма кыймыл бурч ылдамдыгы менен мүнөздөлөт. *Бурч ылдамдыгы, айланган кезде радиус 1 секундада сызган бурчтун чоңдугу менен ченелет.*

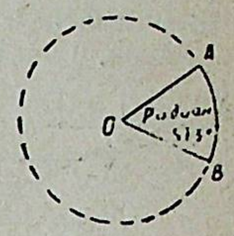


160-сүрөт. Сызык ылдамдыктарынын түрдүүлүгү жана радиустун түрдүү точкалары үчүн бурч ылдамдыктарынын бирдейлиги.

Бурч ылдамдыгын ченегенде бурчтар градус менен эмес, радиан менен ченелет. Радиан деп, жаасы радиуска барабар болгон бурч айтылат.

Бүткүл айланада узундугу радиуска барабар болгон 2π жаа болгондуктан, (айлананын узундугун $2\pi R$ формуласы боюнча) анда 360° ту 2π ге бөлүп радиандын градустар менен берилген чондугун табуу оңой. Бөлүүнүн натийжасында болжол менен 57,3° болуп чыгат (161-сүрөт).

Бир точканын айланасындагы бардык бурчтардын ичиндеги радиандардын саны 2π ге барабар; диаметрдин бир жагындагы бурчтардын суммасы π радиандарын түзөт; тик бурчта $\frac{\pi}{2}$ радиандар бар:



161-сүрөт.

1 айлануу (T) убактысында радиус 2π радиандарга барабар болгон бурчту сызат.

Эгерде бурч ылдамдыгы ω (омега) аркылуу белгиленсе, анда:

$$\boxed{\omega=\frac{2\pi}{T}, \text{ же } \omega=2\pi\nu.}$$ (XXX)

Ошондо сызыктуу ылдамдык $v=2\pi\nu R=\omega R$;

$$\boxed{v=\omega R.}$$ (XXXa)

Бурч ылдамдыгынын бирдиги үчүн 1 секундада 1 радиан бурчка бурулгандагы бурч ылдамдыгы алынат.

Анын белгилениши: $\frac{\text{радиан}}{\text{секунда}}$.

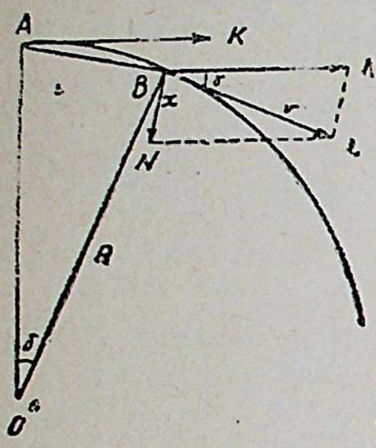
117. Борборго умтулуучу ылдамдануу. Айлана боюнча бир калыптагы кыймыл кезинде ылдамдыктын өлчөмү туракту болуп кала берет, бирок да ылдамдыктын багыты үзгүлтүксүз өзгөрүлө берет, анткени ылдамдык ар бир кирпик каккыча жаңы м а сызык боюнча багытталган болот. (Ылдамдык вектор экенин эстегиле). Ошондуктан айлана боюнча бир калыптагы кыймылдын ылдамдыгын өзгөрүлмө чондук деп эсептөөгө тийишпиз. Ошондой болгондуктан каалаган мезгил өткөндө ылдамдыктын өзгөрүлүшү бар болот, б. а. ылдамдануу да бар болот.

Түз сызыктуу кыймылдан ийри сызыктуу кыймылга өткөндө биздин ылдамдануу жөнүндөгү түшүнүгүбүз кеңейет. Түз сызыктуу бир калыптагы эмес кыймылда ылдамдануу ылдамдыктын багытын өзгөртпөстөн, анын чондугун гана өзгөртөт. Айлана боюнча бир калыптагы кыймылда ылдамдануу ылдамдыктын чондугун өзгөртпөстөн, анын багытын өзгөртүүгө гана таасир кылат. Бир калыптагы эмес ийри сызыктуу кыймылда ылдамдыктын чондугу да жана багыты да өзгөрүлөт. Ийри сызыктуу кыймылда ылдамдануу вектору ылдамдык векторуна дал келбегени түшүнүктүү.

B точкасындагы ылдамдык, (162-сүрөт) A точкасындагы ылдамдык менен салыштырганда канчалык өзгөрүлүшүнө баа берүү

[1] Грек тамгасы—„ню“ деп айтылат.

үчүн, **A** точкасындагы ылдамдыктын багытына жарыш болгон BK_1 сызыгын B аркылуу өткөрөлү жана AK га барабар болгон BK_1 кесиндисин анын үстүндө өлчөп коёлу. B авалы A авалынан болор-болбос t убактысы өткөндөн кийин ага абдан жакын алынган; чийме ачык болсун үчүн гана AB жаасына маанилүү ченем берилген. Ошентип, эгерде ылдамдык эч кандай өзгөрүлбөсө, B точкасындагы ылдамдык кандай болорун BK_1 кесиндиси көрсөтүп турат, BL болсо ошол эле точкадагы чыныгы ылдамдыктын чондугун жана багытын көрсөтөт.



162-сүрөт. Борборго умтулуучу ылдамдануунун формасын чыгарууга карата.

BK_1 векторунун BL векторуна өзгөрүүчү эмнеликтен болгондугун аныктоо үчүн, BL векторун параллелограм эрежеси боюнча эки түзүүчүгө ажыраталы, булардан түзүүчү вектордун бирөөнү BK_1 га барабар кылып алабыз; анда экинчиси BN вектору болот. BL ылдамдыгы, башталгыч BK_1 ылдамдыгын параллелограмм эрежеси боюнча кандай болсо бир BN вектору менен кошуудан келип чыкканы сүрөттөн көрүнүп турат. Демек, ылдамдыкты B точкасында алыш үчүн A точкасындагы ылдамдыкка жумшалууга керек болгон ылдамдыктын өзгөрүшүн BN вектору көрсөтүп турат.

a ылдамдануусу сан жагынан алганда, AB жааны точка өткөн t секунда убакытка бөлгөндөгү BN кесиндисине барабар $\left(a=\frac{BN}{t}\right)$; мында убакыт канчалык аз болсо A авалында окуп үйрөнүлүп жаткан ылдамдануу бул чондук ошончолук аныктүрдө көрсөтөт. BN ди эсептеп чыгаруу үчүн BLN жана AOB үч бурчтуктарын салыштыралы, алар тең капталдуу үч бурчтуктар: $AO=BO=R$ (радиустар); $BL=LN=BK_1=v$ (сызыктуу ылдамдык); бул үч бурчтуктарда чокудагы бурчтар барабар: $\angle AOB=\angle BLN$ (перпендикулярлуу жактары бар бурчтар болгондуктан). Мындай үч бурчтуктар окшош болот. Алардын окшош жактары пропорциялуу: $\frac{BN}{BL}=\frac{AB}{AO}$.

AB хордасын жоголуучу эң аз убакыт үчүн AB жаасы менен алмаштырууга болот (мындайча алмаштыргандагы аныксыздыкты эсептеп чыгарууга математика мүмкүнчүлүк берет: $1'$ болгон жаа үчүн айырма он экинчи ондук белгиде маалым болот).

AB жаасы t убактысы ичинде айлана боюнча бир калыптагы кыймылда өтүлгөн жол болот, б. а. $\overset{\frown}{AB}=v.t$;

$\frac{BN}{t}=a$, мындан $BN=a\cdot t$; $BL=v$; $AO=R$; ошондо:

$$\frac{a\cdot t}{v}=\frac{v\cdot t}{R};\qquad \boxed{a=\frac{v^2}{R}.} \qquad \text{(XXXIa)}$$

Ылдамдануунун чондугу айлана боюнча айлануунун сызыктуу ылдамдыгына жана радиуска гана көз каранды экенин формула көрсөтүп турат: *ылдамдануу радиус туракту болгондо сызыктуу ылдамдыгына түз пропорциялуу жана ылдамдык туракту болгондо айлананын радиусуна тескери пропорциялуу болот.*

Ылдамдануу векторунун багытын аныктоо үчүн, убакыт t нулга айланганда жана B точкасы A точкасына кошулганда параллелограмдын BN жана BL жактары ортосундагы бурч кандай болорун эсептеп чыгаруу керек. Эгер AOB бурчу δ аркылуу белгиленсе, анда $\angle BLN=\delta$ болот жана $\angle NBL=\frac{180-\delta}{2}=$

$=90-\frac{\delta}{2}$. t убактысы кичирейген сайын AB жаасы жана борбордук δ бурчу нулга умтулушат жана A авалы үчүн бурч $NBL=90^\circ$ болот. Демек ар бир моментте *айлана боюнча бир калыптагы кыймылдын ылдамдануусу радиусту бойлоп борборго багытталган болот* жана ошондуктан борборго умтулуучу ылдамдануу деп айтылат.

Ылдамдануу формуласына v нын маанисин коюп, ал үчүн төмөнкү формулаларды чыгарабыз:

$$a=\frac{\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2}{R}=\frac{4\pi^2R^2}{T^2R};\qquad \boxed{a=\frac{4\pi^2R}{T^2}}$$

$$a=\frac{(2\pi\nu R)^2}{R};\qquad \boxed{a=4\pi^2\nu^2R.}$$

$$a=\frac{(\omega R)^2}{R};\qquad \boxed{a=\omega^2R.} \qquad \text{(XXXIб)}$$

118. Борборго умтулуучу жана борбордон четтөөчү күчтөр. Айлана боюнча бир калыптагы кыймылда борборго умтулуучу ылдамдануу бар экенин биз жогору жакта көрдүк. Демек, айлана боюнча бир калыпта айланган ар бир нерсеге күч таасир кылууга тийиш болот экен.

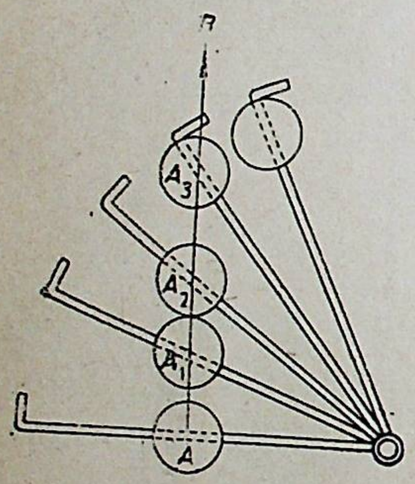
Анын багыты борборго умтулуучу ылдамдануунун багытына дал келет.

Ошондуктан күч да борборго умтулуучу деп аталат. Ар бир күч өз багыты боюнча гана ылдамдануу берелат. Ар бир күч өз багыты боюнча гана ылдамдануу берелат жана белгиленген күчтүн багытына дал келген башталгыч ылдамдык болбосо, кыймыл түз сызыктуу болор эле.

Демек, материалдык точканын айлана боюнча бир калыптагы кыймылы үчүн эки шарттын керектиги зарыл болот: башталгыч ылдамдыктын бар болушу жана чондугу туракту ылдамдыкка перпендикуляр болгон борборго умтулуучу күчтүн келип чыгышы керек.

Айлана боюнча жылган учурда күч мындай ылдамдыктын багытын өзгөртөт, ар бир моментте жолду ийрейтет, бирок эч кандай учурда нерсени айлананын борборуна жакындатпайт, тескерисинче, нерсени айлана үстүнө өзгөрүүсүз кармап турат.

Борборго умтулуучу күч келип чыгууну түшүндүрүү үчүн эң жөнөкөй учурлардын бирөөн алалы. Огунда айлана турган стерженге шар өткөрүлүп коюлган; стержендин окко карама-каршы болгон учу иймектелип коюлган; (163-сүрөт). Эгерде стержень сүрөттө көрсөтүлгөн горизонталь авалдан саат стрелкасы боюнча айландырыла башталса, анда биринчи моментте стержендин бардык точкалары жана шар ылдамдык алышат, бул ылдамдык шар үчүн *AB* стрелкасы менен көрсөтүлгөн. Шардын инерциясы аны стерженди бойлото жылдырат; шар, иреттүү болгон A_1, A_2, A_3 авалдарын алып, стержендин учун көздөй которулуп олтурат. Шар иймекке келип тирелгенде башталгыч багыттагы кыймыл токтолот. Инерция боюнча ылдамдыкты уланта берген шар, иймекке басым күчүн берет, бул күч иймекке жумшалган жана радиус бойлоп сыртка багытталган болот. Ал күч иймектин серпилгич күчү келип чыга турган деформация болушуна дуушар кылат. Бул күч шарга таасир кылат. Механиканын үчүнчү закону боюнча иймек ошол увакытта эле шарга чоңдук жагынан барабар болгон жана карама-каршы багытталган күч менен аракет кылат, демек, радиус бойлоп бор-бор жакты көздөй аракет кылат. Айланып турган шарга иймектин аракет кылган күчү борборго умтулуучу күчтүн дал өзү болот. Ошентип, *кармап турган нерсе, айлана боюнча айланган нерсеге аракет кылган күч борборго умтулуучу күч болот.* Ал айланып туруучу нерсеге жумшалган жана борбор жакка багытталган.



163-сүрөт. Борборго умтулуучу күчтүн пайда болушун түшүндүрүүгө карата.

Тоскоолдукка болгон аракет айланып туруучу нерсенин инерциясы аркасында келип чыгат. *Айлана боюнча айланган нерсенин кармап туруучу нерсеге инерция аркасында аракет кылган күчү борбордон четтөөчү күч деп аталат жана ал радиус бойлоп борбордон багытталган болот. Борборго умтулуучу жана борбордон четтөөчү күчтөр түрдүүчө болгон эки нерсеге жумшалат жана аларды тең аракет кылуучу бир күч менен алмаштырууга болбойт.*

Борборго умтулуучу жана борбордон четтөөчү күчтөрдүн экөө тең дайым бир маалда пайда болуп, бир маалда жоголуп кетишет.

Механиканын үчүнчү закону боюнча алар өз ара барабар жана карама-каршы багытталган болот.

Айлана боюнча кыймылдын келип чыгышынын башка мисалдарын текшерип көрөлү. Жипке асылган гирге колдун кыймылы аркасында жип аркылуу түртkү өтөт; анда v ылдамдыгы пайда болот; инерция боюнча гир ылдамдыктын багытында жылууга умтулат жана жипти тартат. Бул, инерциянын жипке жумшалган борбордон четтөөчү күчү болот. Жипте пайда болгон серпилгичтик күчү гирге таасир кылат; гирге жумшалган бул күч борборго умтулуучу күч болот. Тегерек аштоо үстүндө жаткан шарга түртkү берилет; алынган ылдамдыкты инерция боюнча сактоо (инерциянын аштоого жумшалган борбордон четтөөчү күчү) аштоого басат. Аштоонун шарга болгон аракети шарга жумшалган борборго умтулуучу күч болот. Бул сыяктуу учур, ар кандай вагон рельстин ийри жеринде жылганда да болот.

Жалпы алганда борборго умтулуучу күч айлануучу нерсеге, борбордон четтөөчү күч—байланышка жумшалган болот.

Борборго умтулуучу күчтүн чоңдугу механиканын экинчи закону боюнча аныкталат: $F = ma$. a нын ордуна борборго умтулуучу ылдамдануунун 117-§ тагы туюнтмасын койсок, борборго умтулуучу күчтүн төмөнкү туюнтмасын алабыз:

$$F = \frac{mv^2}{R};\ F = \frac{4\pi^2 mR}{T^2};\ F = 4\pi^2\nu^2 mR;\ F = \omega^2 mR.$$

Эгерде жипке байланган гирди динамометрге байлап, аны айландырсак, борбордон четтөөчү жана борборго умтулуучу күчтөрдүн чоңдугун ченөөгө болот. Динамометрдин созулушу күчтүн чоңдугун берет.

Жогоруда айтылган формулага негизделген тажрийбалар төмөнкүлөрдү көрсөтөт: *айлананын ошол эле бир радиусу болгондо күч ылдамдыктын квадратына түз пропорциялуу болот: ошол эле бир мезгил болгон кезде, күч—нерсе айланган айлананын радиусуна түз пропорциялуу болот.*

Биринчи каралта күчтүн биринчи эки туюнтмасы өз ара макул эместей көрүнөт. Биринчисинде радиус бөлүмдө, экинчисинде алымда турат, б. а. биринчи туюнтмада күч радиуска тескери пропорциялуу, ал эми экинчисинде радиуска түз пропорциялуу болот. Эгерде күчтүн радиустан башка да, өзгөрүлмө чоңдук боло турган ылдамдыкка да, көз каранды экендигин байкасак, бул карама-каршылык жок болуп кетет. Биринчи формулада сызыктуу ылдамдык (v), ал эми экинчиде бурчтук ылдамдык $\left(\frac{2\pi}{T} = \omega\right)$ берилген; ошондуктан биринчи формула төмөндөгүчө көз карандылыкты туюнтат: *ошол эле бир сызыктуу ылдамдык болгондо күч, радиуска тескери пропорциялуу болот.* Ал эми экинчи формула: *ошол эле бир бурчтук ылдамдык болгондо күч, радиуска түз пропорциялуу болот дегенди туюнтат.*

Ылдамдык эки, үч, төрт ж. б. эсе өскөн кезде, борборго умтулуучу күч 4, 9, 16 ж. б. эсе өсөт. Ушул себептен пределден ашып кеткен ылдамдыктар айлануучу нерселердин, мисалы, турбиналардын, маховой дөңгөлөктөрдүн ж. б. бүтүн болушуна коркунучтуу болуп калышат. Пределдик деп саналган ылдамдык

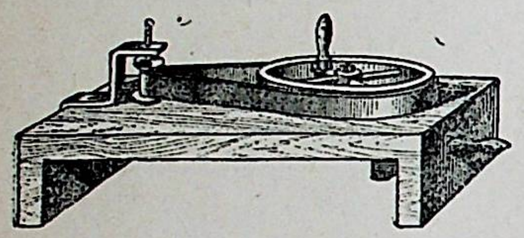
кезинде, борборго умтулуучу күч материалдын ичиндеги бекемдиктин чеги деп аталган чыңалууга барабар болуп калат.

Бекемдиктин предели—деформациялоочу эң чоң чыңалуу болуп, ал кезде нерсенин бүтүндүгү сакталып турат.

Эгер ылдамдык пределдик ылдамдыктан да ашып кете турган болсо, анда нерсенин бөлүктөрү айлана боюнча айлануу уланта берүү үчүн бекемдиктин пределинен чоң болгон борборго умтулуучу күч талап кылынар эле.

Бөлүкчөлөрдүн жабышуусу мындай күчтү жеткире албайт. Ошондуктан бөлүктөрдүн ылдамдык багытын өзгөртө ала турган күч пайда болбойт жана бөлүкчөлөр жаныма сызык боюнча бытырап кетет. Мындан, чектен тышкары ылдам айланган нерсенин материалы талкаланат, жиптер үзүлөт, рельстер, аштоолор, маховой дөңгөлөктөр ж. б. сынат.

Үзүлгөн же болбосо сынган моментте өз ара барабар болгон борборго умтулуучу жана борбордон четтөөчү күчтөр бир убакытта жоголот жана нерсенин бөлүкчөлөрү өз жолун инерция боюнча уланта берет—биринчи моментте жаныма сызык боюнча улантышат.

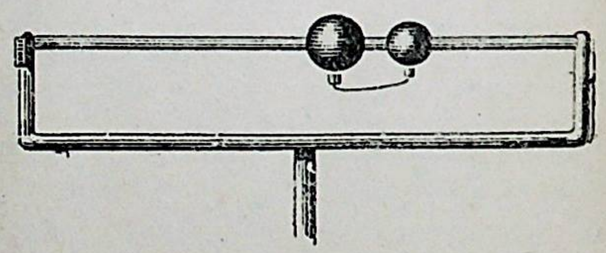


164-сүрөт. Борбордон четтөөчү машина.

Күч, масса жана айлануунун саны ортосундагы жогоруда чыгарылган көз карандылыкты борбордон четтөөчү деп аталган машинада текшерүүгө болот (164-сүрөт)[1].

Борбордон четтөөчү машина тактайдан жасалган жана анын үстүнө учу жок кайыш менен октору бекитилген эки дөңгөлөк бириктирилген. Кичине дөңгөлөктүн борборунда уя (тешик) жасалган, уяга түрдүү куралдардын стержендерин киргизип коюуга болот.

165-сүрөттөгү куралда нерсенин массасы борборго умтулуучу күчтүн чоңдугуна аракет кылышын көрсөтүүгө болот.

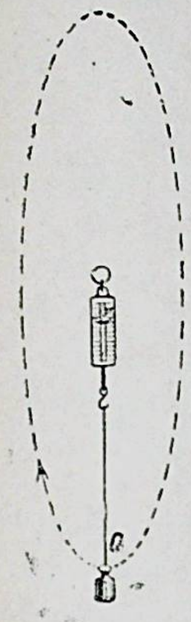


165-сүрөт. Борборго умтулуучу күчтүн массага көз каранды экенин көрсөтүү үчүн курал.

Массалары түрдүү болгон эки шар жип менен туташтырылып, горизонталь стерженге кийгизилип коюлат, алардын борборлору айлануу огунан барабар аралыкта болууга тийиш. Дөңгөлөктөр айланган кезде, туташтырылган шарлардын экөө тең чоң шар жакка кетишет. Алардын ар бири жипке таасир кылат. Бирок чоң массанын аракети чоң болуп, шарларанын жагына жылышат.

[1] 164-сүрөттө көрсөтүлгөн куралдын ордуна көп увактарда вертикалдык огу болгон электр мотору колдонулат.

Чоң шарды айлануу огуна жакындатып олтуруп, машина айландырылган кезде шарлар стерженди бойлоп которулбай турган авалга жетишүүгө мүмкүн. Мындай авал, ар бир шардын жипке таасир кылуучу борбордон четтөөчү F_1 жана F_2 күчтөрү барабар болгондо гана мүмкүн болот.

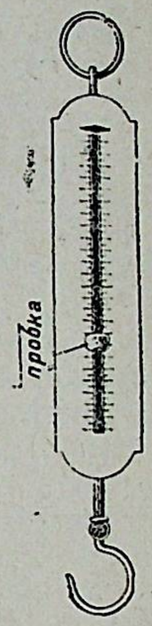


166-сүрөт. Борборго умтулуучу күчтү динамометр менен ченөө.

Күчтөрдүн барабардыгынан төмөнкү барабардык келип чыгат:

$4\pi^2\nu^2 m_1 R_1 = 4\pi^2\nu^2 m_2 R_2$, мындан $m_1 R_1 = m_2 R_2$, б. а. шарлар менен айлануу огунун аралыгы бул учурда шарлардын массаларына тескери пропорциялуу болот, муну ченөөлөр кубаттап беришет.

Аягында эгерде белгилүү массадан жасалган шарчаны жипке байлап, жипти динамометрге туташтырсак (166-сүрөт) жана аны айландыра баштасак, анда динамометр каалаган масса үчүн, айлануу айланасынын каалаган радиусу үчүн жана каалаган сандагы айлануу үчүн борборго умтулуучу күчтү аныктоого мүмкүнчүлүк берет.



167-сүрөт. Пробка салынган динамометр.

Динамометрдин көрсөткөндөрүн санооого мүмкүн болушу үчүн, анын жарыгына пробка киргизилип коюлат, пробка динамометрдин стрелкасы эң көп жылган жерде калат (167-сүрөт).

22-көнүгүү.

1. Поезд радиусу R=200 *м* болгон ийри жерден $36\frac{км}{саат}$ ылдамдык менен өтүп баратат. Борборго умтулуучу ылдамдануу тапкыла.

Жообу: $0{,}5\frac{м}{сек^2}$

2. Диаметри 80 *см* болгон дөңгөлөк $3000\frac{\text{айлануу}}{\text{мин.}}$ жасайт (б. а. минутасына 3000 жолу айланат). Борборго умтулуучу ылдамдануу, анын айланасындагы точканын сызыктуу ылдамдыгын тапкыла.

Жообу: 39 480 $\frac{м}{сек^2}$; $60\frac{\text{айл.}}{\text{мин.}}$

3. Массасы $m = 20$ *г* келген шарча узундугу 60 *см* жипке байланып жасап, вертикаль тегиздикте айланат. Борборго умтулуучу күч канча динага барабар? Аны шарчанын салмагы менен салыштыргыла.

Жообу: 47 374 дина; 2,4 эсе чоң.

4. Борборго умтулуучу күч шарчанын салмагына барабар болсун үчүн, жогорку маселедеги шарча секундасына канча жолу айлануура тийиш?

Жообу: минутасына 38 жолу.

5. Шарча жипке байланып 120 $\frac{\text{айл.}}{\text{мин}}$ ылдамдыкта айланган кезде борборго умтулуучу күч салмактан үч эсе чоң болушу үчүн жиптин узундугу канчалык болуу керек?

Жообу: ≈ 18 *см*.

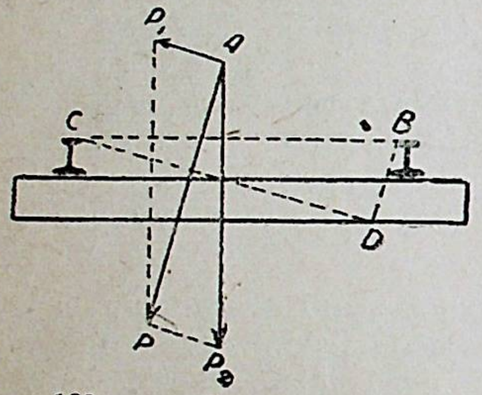
6. Жер айланган кезде экватордогу борборго умтулуучу ылдамдануусун эсептеп чыгаргыла; Жердин радиусу 6370 *км*.

7. Экватордогу нерселердин салмагы болбос үчүн б. а. экватордогу борборго умтулуучу күчү жердин тартышына барабар болушу үчүн жер канча эсе ылдамыраак айланууга тийиш болор эле (экватордогу $g = 980$ деп алынсын)?

Жообу: 17 эсе.

8. Дөңгөлөнүп бараткан дөңгөлөктүн айланасындагы бардык точкалардын ылдамдыгы жерге караганда бирдейби? Эгер бирдей болбосо, кайсы жерде эң кичине жана кайсы жерде эң чоң ылдамдык бар?

119. Айлануу кезиндеги инерция менен түшүндүрүлгөн кубулуштардын мисалдары; борбордон четтөөчү механизмдер. 1. Бурулуш жерлерде сырткы рельс ички рельстен өйдөрөк салынат. Мындан вагон эңкейген кезде оордук P күчүнүн түзүүчүсү P_1 келип чыгат (168-сүрөт). Бул күч инерция боюнча болгон вагондордун түз сызыктуу кыймылын айлана боюнча кыймылга өзгөртүүчү борборго умтулуучу күчтүн дал өзү болот. Тирүү жандар, бурулуу үчүн зарыл болгон эңкейүүнү өз денелери менен өздөрү жасайт. Эңкейе албай турган автомобилдер бурулууда жүрүштү өтө акырындатууга тийиш, антпегенде кузовдун арткы бөлүгү түз сызык боюнча жыла берип автомобиль оодарылып кетүү мүмкүн.



168-сүрөт. Бурулуштардагы вагондун жылышы.

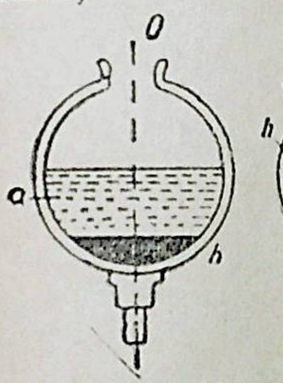
Вагон полотно боюнча жылганда, анын рельстерге болгон басымы полотного перпендикуляр түрдө болууга тийиш, антпегенде рельстер жан-жагынан басылып, алар ылдам иштен чыгат. Горизонталь түз сызык боюнча жылган кезде басымды вагондун салмагы жасайт, демек, күчтүн жана жолдун багытынын перпендикулярдыгы ишке ашырылат. Бурула турган жерде вагондун салмагы борборго умтулуучу күч түрүндөгү бир кошулуучу күчтү жана басым жасай турган экинчи кошулуучу күчтү берет; бул басым рельсаларга перпендикуляр болсун үчүн сырткы рельс көтөрүнкү түрдө салынат.

Борборго умтулуучу күчтү түзүүчү чоңдук эңкейүү бурчуна көз каранды жана бул күч ылдамдык менен байланыштуу, демек, ар бир эңкейиш үчүн белгилүү бир ылдамдык болуу гана мүмкүн. Катуу ылдамдык болгондо сырткы рельс, акырын ылдамдыкта ички рельс басылат. Практикада темир жолдордогу, бурулуштарда кээ бир пределдерде түрдүү ылдамдыктарга жол

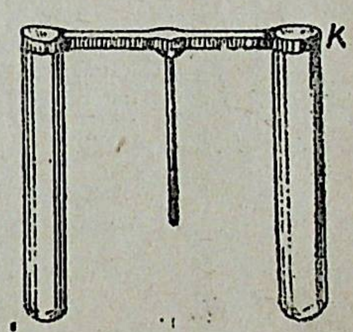
коюлат. Эгерде ылдамдык кадимкиден өтө ашып кетсе, мында рельстин серпилгичтигинен келип чыга турган борборго умтулуучу күч түз сызыктуу кыймылды айлана кыймылга өзгөртүү үчүн жетишсиз болуп калат жана поезд инерция боюнча рельстерден чыгып кетет.

Ылдамдыктын эңкейишке көз карандылыгы төмөнкүчө белгиленет 168-сүрөт: $\Delta APP_1 \sim \Delta BCD$. Үч бурчтуктардын окшоштугунан $\frac{P_1}{P} = \frac{BD}{CD}$ келип чыгат. Эгерде колеянын (эки рельстин аралыгынын) кендиги d[1], сырткы рельстин ички рельстен өйдөрөк болгон бийиктиги $h = BD$, имерилүү радиусу R болсо, анда $\frac{P_1}{P} = \frac{h}{d}$ болот; бирок $P_1 = \frac{mv^2}{R}$; $P = mg$ жана $\frac{mv^2}{R} = \frac{mgh}{d}$; мындан $v = \sqrt{\frac{ghR}{d}}$, жана тескерисинче $h = \frac{dv^2}{Rg}$ келип чыгат.

2. Эгерде шар түрүндөгү айнек идишке *тыгыздыгы түрдүүчө болгон суюктуктар*, мисалы: май, суу, сымап куюлуп (169-сүрөт), майда пробка таштalса жана идиш борбордон четтөөчү машина үстүнө коюлуп айландырылса, суюктуктун *алкак түрүндө жайланышканын* көрүүгө болот: сырткысы—сымап, андан кийин—суу, андан ары—май (майдын үстүнө пробкалар жайланышат) жана эң ички жакта ава мамычасы болот. Жалпы алганда



169-сүрөт. Айлануу кезде ар түрдүү тыгыздыктагы суюктуктун жайланышы.



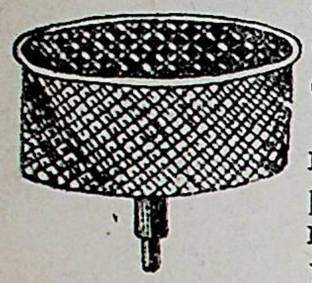
170-сүрөт. Суюктукка аралаштырган порошокторду анализдөө үчүн а курал.

суюктыгызыраак суюктук айлануу огунан алыс турат. Эгерде суюктуктун ичине түрдүү порошоктордун бөлүктөрү салынса, мындай учурда да жогорудагы көрүнүш келип чыгат. Мында салынган бөлүкчөлөрдүн ирилеринин тыгыздыгы канчалык көп болсо, анда алар октон ошончолук алыстайт. Борбордон четтөөчү машинада ушундайча айландырууну же болбосо центрифугалантуу деп аталуучу менен дандарынын ирилигине жараша порошокторду ажыратуу үчүн, канды жана сийдикти анализдегенде алардын ичиндеги ар түрдүү катуу нерселерди ж. б. ажыратуу үчүн

[1] Бурч кичине болгондуктан колеянын кендиги CB ни тик бурчтуу үч бурчтуктан $CД$ жагы деп алууга болот.

пайдаланышат (170-сүрөт). Тыгыздыгы кемирээк болгон майды, сүттүн башка бөлүгүнөн ажыратуу үчүн колдонула турган борбордон четтөөчү машина сепаратор деп айтылат.

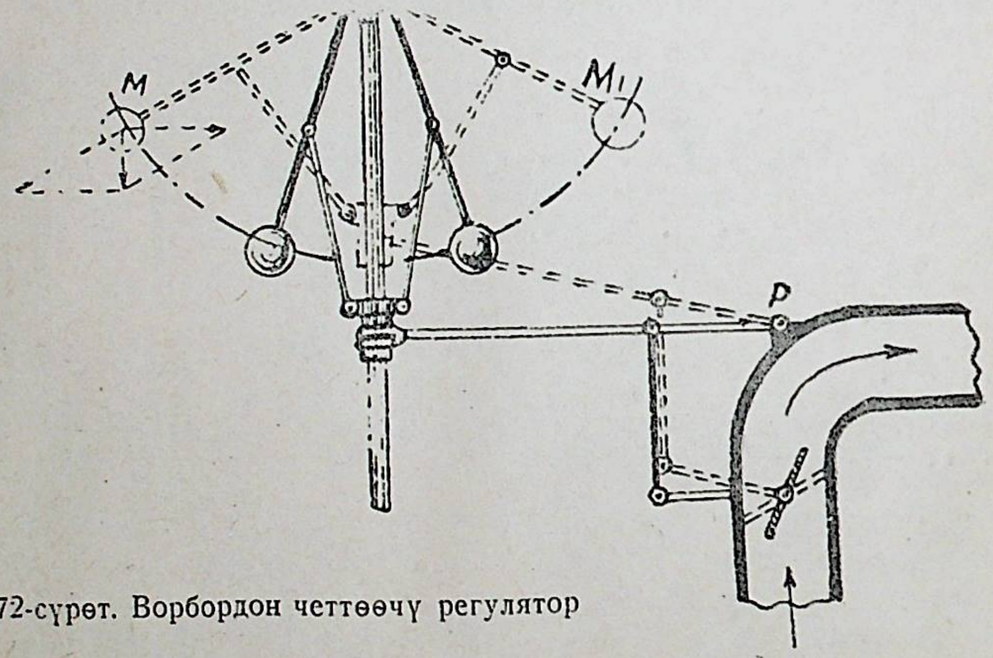
Бооpлору тордой болгон центрифуга балды уюгунан ажыратуу үчүн, сууну канттан ажыратуу үчүн (кантты кургатуу) сууланган сукнодон же болбосо кирден сууну ажыратуу ж. б. үчүн колдонулат (171-сүрөт).



171-сүрөт. Борбордон четтөөчү кургаткыч.

3. Борбордон четтөөчү регулятор. Буу машиналарында ылдамдыктын борбордон четтөөчү регуляторунун жасалышы 172-сүрөттө көрсөтүлгөн.

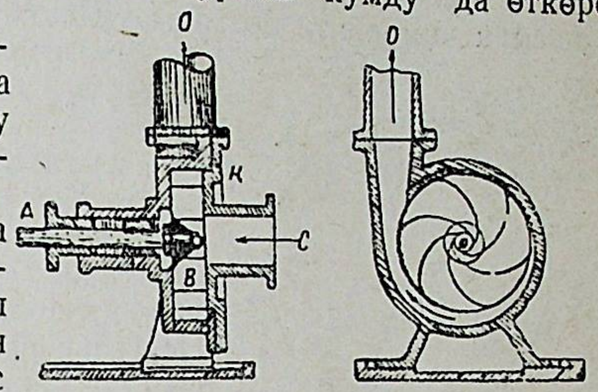
Муфта рычаг аркылуу буу машинасынын цилиндрине буу жиберүүнү тартипке салып туруучу капкак менен туташтырылган; регулятор валдын огу менен кошо айланат. Ылдамдык улам катууланган сайын, M жана M_1 шарчалары инерция боюнча октон алыстап кетишет жана муфтаны көтөрүшөт; муфта менен туташтырылган рычаг капкакты жабат, цилиндрге буу өтүүнү азайтат жана машинанын ылдамдыгынын катуулашы токтолот. Ылдамдык акырындатылганда бул көрүнүштөрдүн жүрүшү тескерисинче болот.



172-сүрөт. Ворбордон четтөөчү регулятор

4. Борбордон четтөөчү насос. (173-сүрөт). Калактар менен жабдылган B дөңгөлөгү бар A огу цилиндр ичинде айланат. Цилиндрден эки түтүк кетет: цилиндрдин огуна перпендикуляр болгон D түтүгү жана окту бойлогон C түтүгү. Насос аракетке келтирилүүгө дейре суу менен толтурулат. Дөңгөлөк айландырылган кезде суу да айлана баштайт жана мында пайда болгон ылдамдык аркасында инерция боюнча суу D түтүгүнө айдалат. Насос иштеген кезде D түтүгү ичинде бир кыла басым пайда болот. Ошону менен бирге суу цилиндрдин ичинен кеткендиктен, анын ичинде аванын азайган басышы пайда болууга тийиш эле, бирок атмосфералык басым C түтүгү аркылуу жаңы сууну айдап киргизет жана насос сууну чуңкурдан C түтүгү аркылуу соруп жана D түтүгүн толтуруп, иштей берет. Борбордон четтөөчү насосто клапандар жок болгондуктан, ал өзү аркылуу булганч сууну, ал турмак кумду да өткөрө алат.

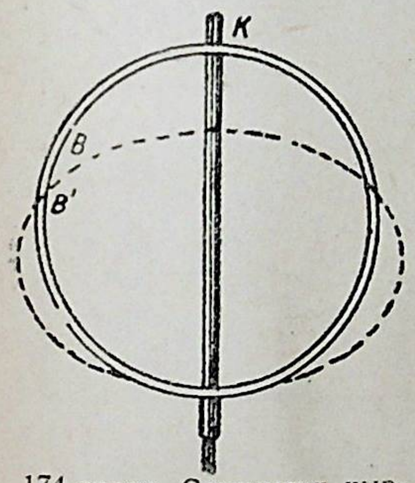
Борбордон четтөөчү насос водопровод торлорунда болсун жана каналдаштыруу торлорунда болсун колдонулат.



173-сүрөт. Борбордон четтөөчү насос.

Аваны толтуруу жана сордуруу үчүн да бул насосту колдонууга болот. Бул максаттар үчүн колдонулган борбордон четтөөчү насос вентилятор деп аталат.

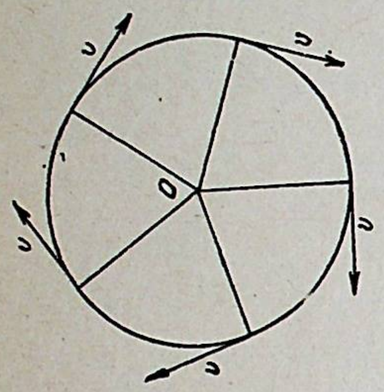
5. Шакек формасындагы ийилгич чырпыктардын айланышы. Эгер төмөн жагынан стерженге бекем бириктирилген, жогорку жагынан стержень боюнча жыла турган алкакка туташтырылган ийилгич чырпыктардан жасалган шакекти борбордон четтөөчү машинанын үстүнө койсок (174-сүрөт) жана айландыра баштасак, чырпыктар айлануу огуна перпендикуляр болгон диаметр боюнча ажырала башташат жана ок боюнча жакындаша башташат. Шар оваль формасын алат. Айлануудан ар бир чырпыктын түрдүү точкалары түрдүүчө болгон сызыктуу ылдамдыктарын алышат: октун дал үстүндөгү нуль, экватор үстүндөгү эң катуу ылдамдыгы болот. Инерция боюнча болгон түз сызыктуу кыймылды айлана кыймылга өзгөртүү үчүн эң катуу ылдамдык болгон жерде борборго умтулуучу эң чоң күч керек болот; бирок борборго умтулуучу эң чоң күч эң чоң ийилгендеги серпилгичтин эсебинен пайда боло алат, ошондуктан эң чоң ийилүү экватор боюнча келип чыгат жана шар айлануу огун бойлоп сүйрүлөнөт. Бардык планеталарда айлануу огун бойлоп сүйрүлөнүүнүн байкалышын бул тажрийба түшүндүрөт. Бул болсо, планеталар суюк авалда болгон увакытта болгон болуучу.



174-сүрөт. Серпилгич чырпыктардын айланышы.

6. Айлануу огунун багытынын өзгөрүлбөй сакталышы. Айланып турган нерсенин бардык точкалары-

нын айлануу тегиздигинде багытталган ылдамдыктары бар (175-сүрөт). Нерсенин инерциясы, анын ылдамдыгынын чондугу жана багыты өзгөрбөй сакталуудан туюнтулат. Айланып турган нерсенин инерциясы, айлануу тегиздиги жана айлануу огу өздөрүнүн багытын өзгөртпөй сактап калышына алып барат. Эгерде айланып турган дөңгөлөк подшипниктерден чыгарылса, анда дөңгөлөк сүрүлүү азайганга дейре ал айлануу огунун багытын сактап дөңгөлөнүп кете бере алат. Айлануучу нерсенин инерциясына чимирикти айландыруу негизделген.

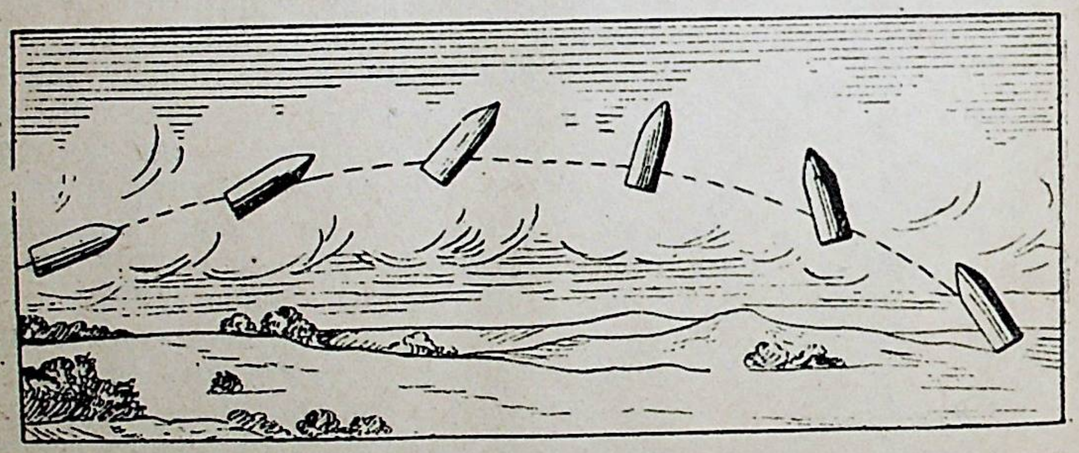


175-сүрөт. Ылдамдыктын багытынын жана айлануу огунун сакталышы.

Деңиз кемелерине же болбосо бир рельстүү темир жолдун вагондоруна (бизде мындай жолдор колдонулбайт) турактуулукту берүү үчүн октун багыты өзгөрүлбөй сакталуудан пайдаланышат.

Кеменин чайкалышын азайтуу үчүн, анын ичине октун тегерегинде тез айлана турган массивдүү (оор) нерсени алышат. Нерсенин инерциясы октун багытын өзгөртпөй сактоого умтулат жана ошонун аркасында кемеге турактуулукту берип, анын чайкалышын азайтат.

Тез айлануучу нерсенин касиеттерине гирокомпастын[1] аракети да негизделген. Бул компас меридиандын мейкиндиктеги чын авалын аныктоо үчүн кызмат кылат. Гирокомпастын негизин түзгөн нерсе минутасына 20000 жолу айлана турган ылдамдык менен айландырылат; ко-



176-сүрөт. Айланбоочу снаряддын авада учушун көрсөтүү.

шумча болгон бөтөнчө куралдардын аракети аркасында анын огу акырындап олтуруп меридиандын багытына келет жана айлануучу нерсенин инерциясы менен ошол авалда токтолуп калат.

Айлануу огунун багыты туруктуу болуудан атуунун таамай-

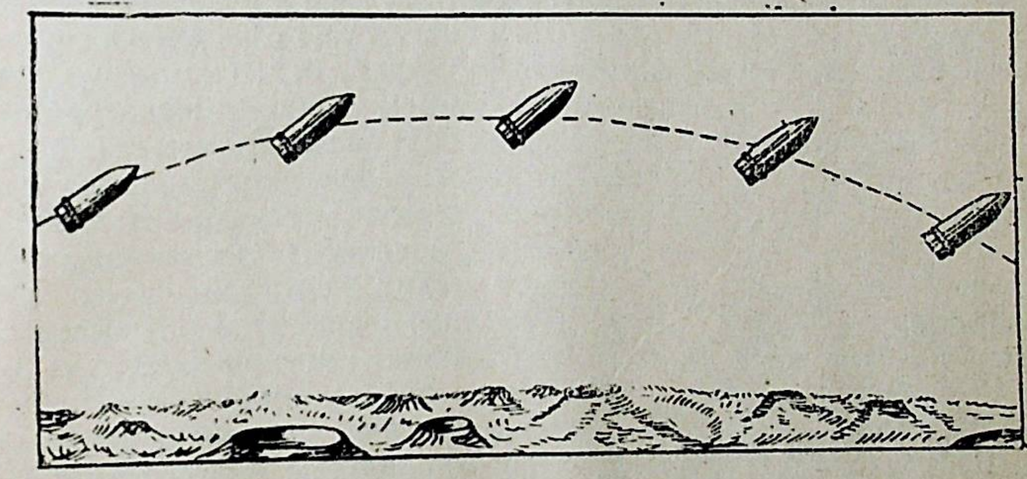
[1] Грекче гирос—тегерек деген сөздөн алынган.

лыгын көтөрүү үчүн пайдаланышат. Шар формасындагы снаряддарды бир учу учталган цилиндр түрүндөгү снаряд менен алмаштырганда аванын тоскоолдугу бир кыйла азаят. Формасы мындай болгон снаряддар учкан кезде оңой эле оодарылып кетер эле жана учу менен эмес, боору менен же түбү менен барып тиер эле (176-сүрөт). Эгер снаряд же ок замбиректин же мылтыктын ичинен илгерилөө кыймылынан башка өз огунун айланасында айлануу кыймылын да алса, бул кийинки кемчилик жоюлат.

Бул максатта стволдун ички бооруна бурама сай жасалат, анын көрүнүшү 176-а сүрөттө көрсөтүлгөн. Заряд жарылган кезде дары газдарынын түртүшүнөн ок же снаряд стволду бойлоп жылат жана ошол эле увакытта сайдан өз огу айланасында айланууну алат. Стволдун оозунан учуп чыккан кезде ал ылдам айлануу кыймылын сактап калат; айлануу огу учуунун бардык маалында өзүнө өзү жарыш болуп кала берер эле жана нерсе авасы жок чөйрөдө өзүнүн оордук борбору менен баллистикалык кыйшык сызык боюнча жылар эле (176-б сүрөт). Ава тоскоолдук кылуу аркасында снаряд 176-в сүрөттө көрсөтүлгөндөй жылат.



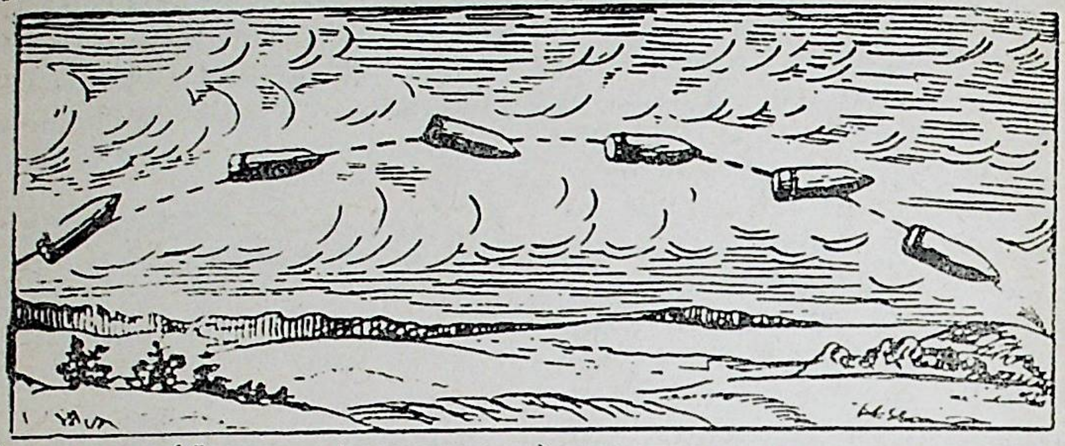
176-а сүрөт. Мылтыктын стволунун ички боорундагы бурама сай.



176-б сүрөт.

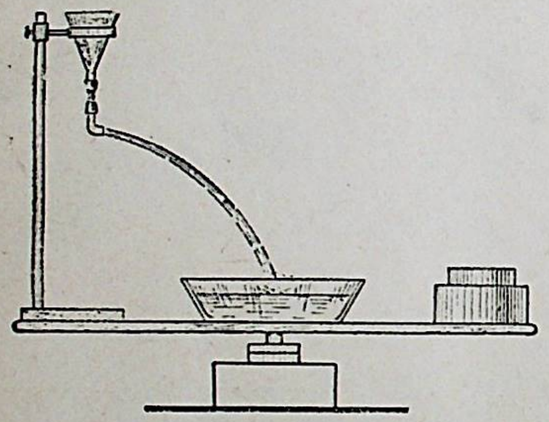
7. Жердин айланышы аркасында жердин үстүндөгү жылган нерселердин бурулушун түндөгү. Борбордон четтөөчү машинанын уясына, узун тактайдын ортосуна орнотулган стерженди бекители (177-сүрөт). Тактайдын четине штативди коёлу. Штативдин шакегине, вертикаль резинка түрдөгү жана бул түтүккө киргизилген, бурч болуп ийилген айнек түтүгү бар воронка (куйгуч) коюлган (тактайдын экинчи учуна, штативди тендөө үчүн оор нерсе коюлат). Эгерде воронкага суу куюлса, сүрөттө көрсөтүлгөн установкада

тактай кыймылсыз турганда, суунун агыны борборго тиет. Эгерде тактай айландырылса, агын борборго тийбестен айлануу орабына бурулат. Эгерде штатив борборго коюлса жана агын тактайдын учуна багытталса, анда агын тактайдан артта калат.



170-в сүрөт. Айлануучу (чимирилүүчү) снаряддын авада учушун көрсөтүү.

Биринчи учурда воронкадан агып чыккан агында, тактайдын борбор бөлүгүнө караганда чоңураак болгон сызыктуу ылдамдыгы бар болуп ал ылдамдыкты инерция боюнча сактап турат жана борборго жакын болгон бөлүктөрдөн озуп кетет. Экинчи учурда агындын ылдамдыгы тактайдын четиндеги ылдамдыкка караганда кем болуп, андан артта калат. Ошентип, т ү н д ү к жарым шарда, т ү н д ү к т ө н э к в а т о р д у көздөй, б. а. сызыктуу ылдамдыгы аз болгон жерлерден сызыктуу ылдамдыгы чоң болгон жерлерге жылган агын суулар же ава массалары алардан артта калып, батышка чегинишет, (Жер батыштан чыгышка карай айланат), б. а. жылыштын багыты боюнча караганда о ң г о б у р у л у ш а т[1]. Экватордон түндүккө карай жылган ошондой эле массалар тийген точкалардан озуп кетишет жана чыгышка карай бурулушат, б. а. о ң г о б у р у л у ш а т. Ошондуктан түндүк жарым шардагы агын суулар оң жээктерин жеп турушат жана шамалдар меридиандык багыттан бурулушат.



177-сүрөт. Жердин жылышы аркасында жылып турган нерселердин бурулушун көрсөтө турган курал.

Жердин айланышы бул сыяктуу дагы бир катар бурулууларды түзөт. Ал эки жолдуу темир жолдун рельстеринин бирдей жукарбай тургандыгын түзөт. Түндүк жарым шарда поезддин

[1] Түндүк жарым шардагы суулардын агындарынын оңго карай бурулушун орус окумуштуусу Бэр ачкан жана Бэрдин закону деп аталат.

дөңгөлөктөрү поезддин багытынан алганда оң жактагы рельске кысылат; ошондуктан оң жактагы рельс капталынан сол жактагыдан ылдам жукарат.

Эркин түшкөн нерсе вертикалдан чыгышка бурулат, эгер нерсе бир кыйла бийиктиктен, маселен, терең шахтага түшсө, муну байкоого болот.

Дариянын суусу жана шамал сыяктуу, замбирек снаряддары меридиан же ага жакын багытка атылганда четке бурулат, муну бутага атканда эсепке алуу керек.

8. В е р т и к а л ь и л м е к б о ю н ч а к ы й м ы л. Автомобилдер, велосипеддер көп уактарда циркterде вертикаль илмек формасында ийилген жол боюнча жылышат (178-



178-сүрөт. Вертикаль илмек боюнча кыймыл.

сүрөт). Башталгыч ылдамдык бир кыйла болгондо гана мындайча жылуу мүмкүн. Эгерде илмекти бойлоп өрдөө башталгандагы ылдамдыктын мааниси, илмектин диаметри бийиктигинде оордук күчүнөн чыккан акырындоонун сан маанисинен көп болсо, нерсе инерция боюнча илмектин жогору жагында да жаныма сызык боюнча калууга умтулат. Илмектин нерсе баскан жериндеги сепилгичтиктен келип чыккан борборго умтулуучу күч нерсени илмек үстүндө кармап турат. Эгерде тоголоно турган нерсени жантык тегиздиктин түрдүү точкаларынан жиберсек, ылдамдыктын таасирин байкоого болот. Жантыктын орто жеринен жибергенде, ылдамдык жетишсиз болуп, нерсе илмектин боорунан ылдый кулап кетет. Мындай тажрийбаны чөмүчтөгү суу менен жасоого болот: айлануунун ылдамдыгы жетиштүү болгондо идиштин түбү өйдө карап турган учурда да суу төгүлбөйт.

1-м и с а л: Радиусу $r=20$ *см* болгон айлана илмек жасоочу шар аштоону бойлоп тоголонуп түшкөндө илмектин эң жогорку жеринен өткөн кезде аштоодон кулап кетпесин үчүн канчалык бийиктиктен тоголотуу керек деген маселени чечели.

Б е р и л г е н и: илмектин радиусу r, эркин түшүүнүн ылдамдануусу g.

Түшүү бийиктиги h ты т а б у у керек.

Эгерде шардын салмагы шар айлана бойлоп жылуу үчүн зарыл болгон борборго умтулуучу күчкө барабар болгондо, шар жогорку бөлүккө келгенде кулап кетпейт.

Ошондо шар өз салмагы эсебинен борборго умтулуучу ылдамдануусуну алат жана эркин түшүүнү өткөрө ала турган күч калбайт. Эгерде нерсенин массасын m аркылуу, салмагын P жана борборго умтулуучу күчтү F аркылуу белгилесек, шар илмектин жогорку жагына келгенде, кулап кетпөөнүн шарты төмөнкү барабардык болот:

$$P=F.$$

Бирок $P=mg$ жана $F=\frac{mv^2}{r}$, мында v илмектин жогорку бөлүгүндөгү ылдамдык болот, демек: $mg=\frac{mv^2}{r}$, же $v=\sqrt{gr}$.

Бирок нерсе өз ылдамдыгын жантык тегиздикти бойлоп тоголонуп түшүүдөн алат.

Түшүү ылдамдыгы, башталгыч ылдамдык жок болгондо жолдун формасына көз каранды эмес жана $v=\sqrt{2gs}$ ке барабар болот.

Нерсе башта h бийиктигинен түшөт, анан барып илмектин диаметри $2r$ дин бийиктигине көтөрүлөт.

Мындайча кыймыл нерсенин $h-2r$ бийиктигинен гана түшкөнүнө гана туура келет. Ошондуктан илмектин жогорку бөлүгүндө кездеги нерсенин ылдамдыгы:

$v=\sqrt{2g(h-2r)}$ болот.

Ылдамдык үчүн туюнтманын экөө тең бирдей болууга тийиш:

$$\sqrt{gr}=\sqrt{2g(h-2r)};\quad gr=2g(h-2r);\quad r=2h-4r;\quad 5r=2h.$$

$$h=\frac{5}{2}r;\quad h=\frac{5}{2}\cdot 20;\quad h=50\ см.$$

(Маселени чыгарган кезде шардын кыймылы, сүрүлүүсүз болду деп болжолдонду).

2-мисал: Замбиректин снаряды Жерге келип түшпөстөн Жердин жолдошу болуп, Жердин айланасында айланып уча башташы үчүн, Жердин бетинен көп алыска көтөрүлбөгөн замбиректен атылып чыккан окко кандай горизонталь ылдамдык v ны берүү керек болот?

Берилгени: Жердин радиусу R, эркин түшүүнүн ылдамданышы g.

v ны табуу керек.

Горизонталь түрдө ыргытылган нерсеге борборго умтулуучу F күчү таасир кылган учурда гана, ал нерсе радиусу R айлана боюнча жыла турган болот.

Бул күч нерсени айлана үстүндө кармап турууга тийиш, б. а. ага борборго умтулуучу $\frac{v^2}{R}$ ылдамдануусун өткөрүүгө тийиш.

Мындай күч кайдан келип чыга алат? Ал нерсенин салмагынан гана чыга алат. Маселенин шарты боюнча нерсенин салмагы нерсеге борборго умтулуучу ылдамдануусуну гана өткөрө алат, бирок аны Жердин борборун көздөй эркин түшө турган кылбайт.

Ошентип, нерсе Жердин жолдошу болуп калышы үчүн борборго умтулуучу күч нерсенин салмагына барабар болуу керек $F=P$:

$\frac{mv^2}{R}=mg$, $v=\sqrt{gR}$. Эгерде $R=6300км=63\cdot 10^5$ $м$ жана $g\approx 10.\frac{м}{сек^2}$ деп алса, анда $v=\sqrt{63\cdot 10^6\ \frac{м^2}{сек^2}}$; $v=7{,}9\frac{км}{сек}$ болот.

3-мисал: Эгерде киши v ылдамдыгы менен радиусу R айлананы бойлоп чуркагысы келсе, ал горизонтко кандай бурчка эңкейүүгө тийиш болот? (179-сүрөт).

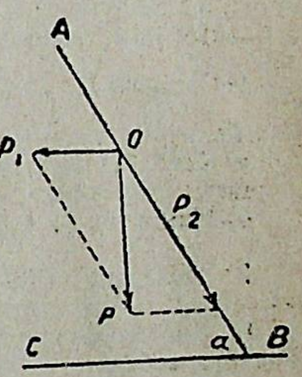
Берилгени: сызыктуу ылдамдыгы v, айлананын радиусу R, эркин түшүүнүн ылдамданышы g.

Эңкейүү бурчу α ны табуу керек.

Радиусу R айлана боюнча v ылдамдыгы менен айлануу үчүн борборго умтулуучу $\frac{v^2}{R}$ ылдамдануусу болуу керек.

Бул ылдамдануусуну кандай күч өткөрө алат? Борборго умтулуучу күч нерсенин салмагынын эсебинен келип чыгышы мүмкүн, бирок ал жогорудагы мисалдардагы болгон сыяктуу нерсенин салмагына барабар болбойт.

Нерсенин салмагы P ны түзүүчү эки күчкө ажыраталы: бирөөн тирек точкасы B нын багыты боюнча, экинчисин тегеректин борбор жагына горизонталь боюнча багыттайлы. Биринчи күч P_2 тиректин тоскоолдугунан жоголуп кетет; экинчи P_1 күчү борборго умтулуучу күч болот. $P_1=P\ ctg\alpha$ (OPP_1 үч бурчтугунан); $P_1=\frac{mv^2}{R}$ (борборго умтулуучу күч катарында); $P=mg$.



179-сүрөт.

Мындан $\frac{v^2}{R}=gctg\alpha$; $ctg\alpha=\frac{v^2}{gR}$ же $tg\alpha=\frac{gR}{v^2}$.

Эгерде ылдамдык ордуна айлануунун саны ν ($v=2\pi R\nu$) берилсе, анда $tg\alpha=\frac{g}{4\pi^2\nu^2R}$ болот.

Эгерде башка чондуктар берилген болсо, бул өз ара катыштардан каалаган чондукту: α, ν, R ди аныктоого болот. Борборго умтулуучу регуляторундагы шарчалардын эңкейүү бурчун, аныктоо үчүн ушул талкуулоону колдонуу керек болот.

23-көнүгүү.

1. Массасы 100 г болгон шарча узундугу 1 *м* келген жипке байланып, горизонталь тегиздиктеги айлана боюнча айланат да минутасына 60 жолу айланат; жип бул уакта конустун каптал бетин сызат. Борборго умтулуучу күч-тү тапкыла. *Жообу:* 380 600 дина.

2. Борборго умтулуучу күч 60 000 динага барабар болушу үчүн жогоркумаселедеги жип вертикалга карата кандай бурчта багытталган болуу керек? *Жообу:* 33° ка жакын.

3. Шарча минутасында 60 жолу айланышы үчүн жана жипти вертикалга карата 30° бурчта тартышы үчүн жиптин узундугу кандай болуу керек? *Жообу:* 28,8 *см*.

4. Коньки тебүүчү,радиусу R=40 *м* болгон айлананы бойлоп $10\frac{м}{сек}$ ылдамдык менен жылат. Ал горизонтко карата кандай бурчка эңкейүүгө тийиш. *Жообу:* 75° ка жакын.

5. Ат, радиусу R=10 *м* болгон аренаны 25 сек. айланып чуркайт. Аттын горизонтко карата эңкейүү бурчун тапкыла. *Жообу:* 86° ка жакын.

6. Маятниктин жибинин узундугу L=25 *см*. Маятниктин жиби, айлануугуна карата эңкейиш бурчу 30° же 45° ка, 60° ка барабар болушу үчүн айлана боюнча маятник минутасына канча жолу айланууга тийиш? *Жообу:* 1,0;1,2;1,4.

7. Жердин экватор үстүндөгү жана Киев кендигиндеги ($\phi=50°$) айланган-дагы борборго умтулуучу ылдамдануусун эсептеп чыгаргыла; Жердин радиусу 6350 *км* ге барабар деп кабыл алынган.

Жообу: 2,2 $\frac{см}{сек^2}$.

8. Пассажир (жүргүнчү) жабык автомобилге олтуруп, радиусу 40 *м* болгон ийри жолдон $4\frac{м}{сек}$ылдамдык менен бара жатат. Жол горизонталь тегиздикте жатат. Автомобилдин ичинде түшкөн оор шардын жолу пассажирге кандайча болуп (түзбү, ийриби, кандайча багытталган болуп) көрүнөт? Ошол эле жол, автомобилден тышта турган кыймылсыз байкоочуга кандайча болуп көрүнөт? Эгерде шар автомобилдин потологуна (төбөсүнө) маятник сыяктуу байланып коюлган болсо, кандайча болуп асылып турат?

9. Салмагы *P*=75 *кГ* болгон учкуч, $v=160\frac{км}{саат}$ылдамдыкта учуп бара жатып, вертикаль тегиздикте радиусу R=60 *м* болгон сыйыртма илмек жасайт.

а) Самолёт илмектин эң төмөнкү точкасынан өткөн учурда учкучтун самолёттун отургучуна басуу күчү канчалык чоң болот? *Жообу:* 327*кГ*.

б) Илмектин эң жогорку точкасында басымдын күчүнүн чондугу кандай? *Жообу:* 177 *кГ*.

10 Поезддин кыймылынын багыты боюнча алганда түштүк жарым шарда кайсы рельс—оң жактагысыбы же сол жактагысыбы - батыраак жышылат?

11. Бир жолдуу темир жолдо эмнеликтен рельстердин эки жактагысы тең бирдей жышылат.

АДАБИЯТ.

Павша А. В., Борбордон четтөөчү күч жана анын техникада колдонулушу.

Перельман, Эрмек кылуучу физика, 2-китеп, III глава, „Айландыруучу кыймыл. Инерциянын борбордон четтөөчү күчү", 46—69-беттер.

Перри, Айлануучу чимирик.

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Ийри сызык жолдун ар бир точкасында ылдамдык кандай багытта болот?
2. Айлананы бойлогон бир калыптагы кыймыл деп, кандай кыймыл айтылат?

3. Айлануу мезгили деп эмнени айтат? Айлануу мезгили жана бир секундада айлануунун саны кандайча байланышкан?
4. Сызык ылдамдыгы мезгил аркылуу же айлануу саны аркылуу кандайча туюнтулат?
5. Бурч ылдамдыгы эмне менен ченелет?
6. Радиан деп эмнени айтат?
7. Бурч ылдамдыгынын бирдиги кандай?
8. Сызыктуу ылдамдык бурч ылдамдыгы аркылуу кандайча туюнтулат?
9. Айлана бойлогон бир калыптагы кыймылда ылдамдануу барбы?
10. Айлана бойлогон бир калыптагы кыймылда ылдамдануу эмнеликтен болот?
11. Айлана бойлогон бир калыптагы кыймылдын ылдамдануусунун формуласы кандайча чыгарылат?
12. Борборго умтулуучу ылдамдануунун формулаларынын бардык түрлөрүн көрсөткүлө.
13. Борборго умтулуучу жана борбордон четтөөчү күчтөрдүн теги, багыты, чондугу жана таасири кандай?
14. Айлана бойлогон кыймылдагы инерциянын техникада колдонулушу кандай?
15. Нерсе айлана бойлоп бир калыпта жылган кезде борборго умтулуучу күч жумушту аткарабы?

V. БҮТКҮЛДҮЙНӨЛҮК ТАРТЫЛЫШ ЗАКОНУ.

120. Асмандагы нерселердин кыймылын Коперникке чейин окуп үйрөнүү. Асмандан жарык берүүчүлөрдүн кыймылына адамзаттын көңүлү, анын маданий турмушунун эң байыркы убакыттарында эле тартылган болучу жана аларга кызыгуу, маданият өнүккөн сайын өсүп келген. Кишилердин өндүрүш аракеттеринин кеңиши жана мындан келип чыга турган коомдук мамилелердин татаалданышы убакыттын ченемин жана эсептелишин белгилөөнү талап кылышкан. Жылдын узундугун биринчи жолу ченөө, календарды биринчи жолу түзүү жана жарык берүүчүлөрдү байкоодон чогулган бир кыйла тажрийбалар, өндүрүш иштери биринчи жолу эң чоң өнүгүүгө жетишкен өлкөлөрдө жасалган; атап айтканда улуу агын суулардын өзөндөрүндөгү дыйканчылык өлкөлөрдө: Египетте Ниль дариясынын боюнда, Месопотамияда Тигр жана Евфраттын боюнда, Индияда Инднин боюнда, Кытайда Желтая жана Голубая дарияларынын боюнда жасалган.

Өндүрүш—маданият ишинин борбору гректер жашаган өлкөлөргө көчкөндөн кийин, гректерден толуп жаткан атактуу астрономдор чыгып, алар астрономияны ири табуулар менен байытышкан.

Гректин Птоломей деген астроному (70 же 77-жылда туулган, 147-жылда өлгөн), „Ааламдын улуу түзүлүшү“ деген китебинде геоцентрикалык (ге—грекче жер деген сөз) деп аталган системаны жазып, ааламдын борборуна кыймылсыз, Жерди койгон жана анын айланасында Күн, Ай, планеталар жана жылдыздар айланып турганын жазган.

Геоцентрикалык көз караш бардык дин аны менен катар христиан дини да жүргүзгөн антропоцентрикалык (грекче—антропос—адам деген сөз) көз карашка кошулуп кеткен. Анын илими боюнча адам—бүткүл дүйнөнүн борбору жана максаты болуп, жаратылыштагынын бардыгын—айбандарды да, өсүмдүктөрдү да, бардык органикасыз жаратылышты да кудай адам үчүн гана жасаган болуп чыгат. Птоломейдин системасын христиан чиркөөсү өз кол астына алган жана орто кылымдардын бардыгында өзүнүн көп кылымдуу өкүм сүрүшүндө ал системаны кубаттап келген.

121. Коперник боюнча ааламдын түзүлүшү. XV кылымда

чыгыш менен байланышуу аркасында батыш-европалык соодасы өтө катуу түрдө өсүп кеткен.

Соода байланыштары көбүнчө деңиз жолу менен жүргүзүлгөн; деңизде сүзүүчүлөр өз жолдорун деңиз менен жүргөндө жылдыздар боюнча таап жүрүшкөн. Бирок ошол кездерде планеталардын жана жылдыздардын авалдарынын колдо болгон таблицалары өтө эскирип калышкан жана жарык берүүчүлөрдүн чыныгы авалынан бир кыйла ажырап калган. Таблицаларды түзөтүүнүн керектиги өтө чоң болгон, астрономияга кызыгуунун таламы абдан өскөн жана бул таламдын негизинде,ааламдын түзүлүшүнүн жаңы теориясы келип чыккан, бул теорияны польшалык Коперник деген астроном (1473—1543) түзгөн.



Коперник (1473—1543).

Азыркы күндөгү тилден пайдаланып туюнтканда, Коперниктин теориясынын негизги белгилерин төмөнкүчө айтууга болот.

1. Ааламдын борборунда Күн турат (мындан бул система гелиоцентрикалык деп аталат, анткени грекче гелиос Күн деген сөз).

2. Күндүн айланасында Жер жана башка планеталардын бардыгы айланат. Алар Күндүн айланасында төмөнкү тартиптеги түрдүү аралыктарда турушат: Меркурий, Венера, Жер, Марс, Юпитер, Сатурн (башка планеталар ал кезде табыла элек болгон). Планеталардын ары жагында кыймылсыз (Күн айланасында жылбай турган) жылдыздар турат.

3. Асман чүмкөгүнүн (сводунун) жылдыздар жана планеталар менен кошо суткасында көрүнгөн айланышы, Жердин жолунун тегиздигине $66\frac{1}{2}^{\circ}$ бурч боюнча жайланган, же болбосо Жердин орбитасы деп аталган Жердин өзүнүн огунун чыныгы айланышы менен түшүндүрүлөт.

122. Дүйнөгө жаңыча көз караштын чиркөө кадыры менен күрөшүү. Копернктин теориясы жарык берүүчүлөрдүн кыймылын түшүндүрүүгө чоң жеңилдикти киргизгендиктен жана ошонун аркасында астрономиянын алдына ошол кездеги соода-чарба турмушу койгон практикалык маселелерди чечүүнү жеңилдеткендиктен, деңиз аркылуу жүргүзүлгөн сооданын ири катышуучусу болгон католик чиркөөсү бул жаңы илимге тилектеш болгон. Бирок Копернктин теориясы астрономиялык маселелерди чече тургандыгын жана дүйнөгө жаңыча көз караонун негиздерин түзгөндүгүн чиркөө бат эле түшүнүп алган. Чиркөөнүн илими боюнча Жер „Кудайдын тиреги болгон“ жана адам аракет кыла турган жай,— „дүйнөнү түзүүнүн тажысы жана максаты“ болгон Жер—өзүнүн кыймылсыздыгын жоготот жана башка планеталар

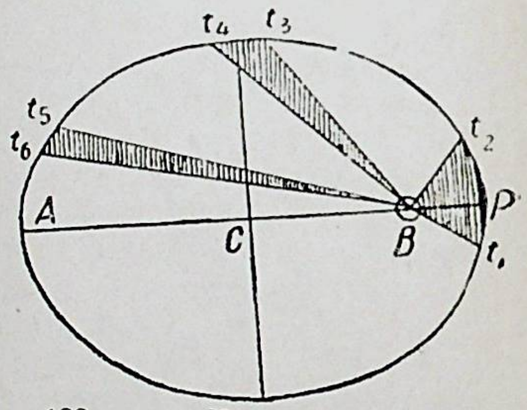
менен бирге Күндүн айланасында ылдам жыла баштайт. Дүйнөнү түзүү максаттары жана аны жаратуучунун акылмандуулугу жөнүндөгү чиркөөнүн илимин бул теория бузат, илимдин бузулушу аркасында кишилердин акылы үстүндөгү чиркөөнүн бийлиги да кулап калууга тийиш болот. Ошондуктан XVI кылымдын аягында чиркөө жаңы илимге каршы өтө катуу күрөш жүргүзө баштайт. Дүйнөнү жаңыча кароонун жагында болгон Джордано Бруно бул күрөштүн биринчи курманы болот, ал 1600-жылда отко күйдүрүлүп өлтүрүлөт.



Кеплер.[1] (1571—1630).

Бирок бул күрөштө чиркөө өтө ашкан күчтүү болгон душманына—Галилейге кезигет. Галилей илим кызматына берген алтымыш жылдын ичинде өзүнүн лекцияларында, толуп жаткан чыгармаларында жаңы илимдин пайдасына эч ким жене албагандай сансыз көп далилдер келтирип жана каршы чыгуучулардын айткандарын жаратпай, жаңы илимди өнүктүргөн.

123. Кеплердин закондору. Коперниктин теориясы чыккандан жүз жыл өткөндөн кийин планеталардын жылуу закондору ачылган. Башта даниялык астроном Тихо Браге (1546—1601) жасаган байкоолордун негизинде, планеталардын жылышын окуп-үйрөнүүдөгү көп жылдык эмгектердин натийжасында Кеплер деген немец астроному (1571—1630) планеталар Күндүн айланасында жана планета жолдошторунун планеталардын айланасында айлануунун төмөнкү жалпы закондорун белгилеген.



180-сүрөт. Кеплердин экинчи законуна карата.

Биринчи закон. ***Бардык планеталар Күндүн айланасында эллипс боюнча айланышат, эллипстин фокустарынын бирөөндө Күн турат.***

Эсептеген кезде планеталардын орбиталарын биринчи жакындашында айлана деп алууга болот.

[1] Кеплер Вюртембергде, кедей үй бүлөсүндө туулган; 1594-жылдан тартып Грац шаарындагы гимназияда метематика мугалими болгон; 1600-жылдан тартып—Тихо Браге түзгөн астрономиялык обсерваториядa планеталардын жаңы таблицаларын түзүүгө киришет. Ал планеталардын жылуу закондорун ачкан, турнабайды ойлоп чыгарган жана оптика маселелерине көп кийлигишкен; көз көрүү процессин, аккомодацияны, суу каректикти, алыстан көрүүчүлүктү түшүндүргөн.

Экинчи закон. ***планетанын радиусу-вектору, убакыттын барабар аралыгында айланта сызган аянттар өз ара барабар болот.***

Экинчи закон планетанын ылдамдыгы, жолунун түрдүү точкаларында түрдүүчө болот деген ар бир планетанын жылышындагы касиетин белгилейт. Радиус—вектор, убакыттын барабар аралыгы ичинде айланта сызган аянттары барабар болгондой кылып өзгөрүлөт (180-сүрөттө—штрихтелген (чийилген) аянттар). Күндөн аралык чоң болгон жерде ылдамдык аз экендиги жана аралык аз болгон жерде ылдамдык чоң экендиги 180-сүрөттөн көрүнүп турат. Бул закон секторлук ылдамдыгынын туракттуулугу болот.

Үчүнчү закон. ***Планеталардын Күн айланасында айлануу убактыларынын квадраты, алардын Күндөн болгон орточо аралыктарынын кубдарынын катышындай катышат.***

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

Мында T_1 жана T_2 эки планетанын айлануу убакыттары; R_1 жана R_2 алардын Күндөн болгон орточо аралыктары болот.

Мисалы Венера[1] үчүн:

$$R_в = 0{,}7233;\ T_в = 0{,}61519;\ \frac{T_в^2}{T_з^2} = 0{,}37846;\ \frac{R_в^3}{R_з^3} = 0{,}37846.$$

Марс үчүн: $R_м = 1{,}5237;\ T_м = 1{,}8808;\ \frac{T_м^2}{T_з^2} = 3{,}5375;\ \frac{R_м^3}{R_з^3} = 3{,}5375.$

124. Күндүн планеталарды тартып туруу күчү. Кеплердин закондору планеталардын жылууларын жазат, бирок алардын жылышы кайсы күчтөрдөн келип чыкканын көрсөтпөйт. Күн менен планеталар ортосунда таасир кылган күчтү Ньютон ачкан.

Планеталар Күн айланасында жылганда аларга таасир кылуучу борборго умтулуучу күчтү эсептеп чыгарып, Ньютон—*планетаны Күндүн тартып туруу күчү, Күн менен планетанын массаларынын көбөйтүндүсүнө түз пропорциялуу жана алардын аралыгынын квадратына тескери пропорциялуу экендигин тактап* (мында шарлардын массалары ортосундагы аралык үчүн, алардын борборлорунун ортосундагы аралыкты алуу керек; башка сөздөр менен айтканда мындай эсептерде шар түрүндөгү нерсенин бардык массасы анын борборуна топтолгон деп эсептөө керек).

Жылуунун ошол эле закондору планеталардын жолдоштору

[1] Планеталар менен Күндүн аралыгы жана алардын айлануу убактысы Жердин аралыгы жана айлануунун мезгили аркылуу туюндурулган.

үчүн да орун алып тургандыктан, планета менен анын жолдошунун ортосунда жана жалпы алганда асмандык эки нерсенин ортосунда алардын массаларына түз пропорциялуу болгон жана алардын борборлорунун аралыктарынын квадратына тескери пропорциялуу болгон күчтөр аракет кылат.

Эгерде планеталардын орбиталарын айлана деп алсак, Күндүн планеталарды тартып туруучу күчү алардын аралыгынын квадратына тескери пропорциялуу болуу законун төмөнкү жөнөкөй жол менен чыгарууга болот.

R_1 жана R_2—эки планетанын Күндөн алыс болгон орточо аралыктары; T_1 жана T_2—алардын Күндүн айланасында айлануу мезгили болсун. Ошондо Күндөн биринчи планетанын борборундагы 1 г массага аракет кылган F_1 күчү борборго умтулуучу күчтүн формуласы боюнча мындайча туюнтулат:

$$F_1 = \frac{4\pi^2 R_1}{T_1^2}.$$

Экинчи планетанын 1 г массасына аракет кылуучу күч:

$F_2 = \frac{4\pi_2 R_2}{T_2^2}$ болот, мындан $\frac{F_1}{F_2} = \frac{4\pi^2 R_1 T_2^2}{T_1^2 4.\pi^2 R_2}$ же болбосо:

$\frac{F_1}{F_2} = \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{T_2^2}{T_1^2}$ бирок $\frac{T_2^2}{T_1^2}$ катышы Кеплердин үчүнчү закону боюнча $\frac{R_2^3}{R_1^3}$ ге барабар.

Жогорку барабардыктагыны ордуна коюп төмөнкүнү алабыз:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{R_2^3}{R_1^3} = \frac{R_2^2}{R_1^2}.$$

Бул барабардык күчтөрдүн жана аралыктардын квадраттарынын тескери пропорциялуу экенин туюнтат.

Тартылыштын бул закону негизинде асмандык нерселердин жылыштарынын эсептөөлөрү жасалат жана мындагы эсептеп чыгаруулар байкоодогуларга чоң аныктык менен дал келишет.

Механиканын үчүнчү закону боюнча нерселердин экөөнө тең чоңдук жагынан барабар, багыт жагынан карама-каршы болгон күчтөр дайыма таасир кылганын унутпоо керек.

125. Жердин Айды тартып турушу. Ай Жердин жолдошу болуп эсептелет. Жер эки күчтүн: 1) Айды Жер тартып туруунун күчүнүн жана 2) Жер үстүндөгү нерселердин оордук күчүнүн же Жерге тартылып туруу күчүнүн булагы болуп чыгат. Бул күчтөрдүн экөө тең бир мүнөздөбү же түрдүү мүнөздөбү деген суроону алдыга коюуга болот. Биринчи күч аралыктын квадратына тескери пропорциялуу түрдө өзгөрүлөт. Бул законго экинчи күч—жер үстүндөгү оордук күчү багынабы?

Бул суроону чечүү үчүн Ньютон оордук күчү да аралыктын квадратына тескери пропорциялуу түрдө өзгөрүлөт деп болжолдогон. Жердин борбору менен Ай арасындагы аралыктагы оордук күчү эмнеге барабар болорун эсептеген жана мындан келип чыккан санды Жер Айга аракет кыла турган тартылуунун борборго умтулуучу күчүнүн чондугу менен салыштырган. Күчтөрдүн экөө тең барабар болуп чыккан.

Ушундай жол менен Ньютон Айды Жер тартып туруунун жана Жер үстүндөгү оордуктун бирдейлигин белгилеген.

Жер үстүндөгү ар кандай нерсенин оордук күчү Жердин жана нерсенин массасынын көбөйтүндүсүнө түз пропорциялуу жана алардын аралыгынын квадратына тескери пропорциялуу болот.[1]

Күчтөрдү салыштырууну төмөнкүчө жүргүзүүгө мүмкүн. Жердин бетиндеги, башкача айтканда, борбордон жер радиусунун R аралыгындагы, массанын ар граммы Жерге 980 дина (орточо алганда) күч менен тартылып турулат. Эгерде бул бир грамм масса Жер менен аралыгы, Жердин радиусунан 60 эсе көп (тагыраак алганда 60,3 R) болгон Айга алыстатылса, анда мындай аралыкта Жердин тартып туруучу F күчүнүн өзгөрүлүшү, ошол эле Ньютондун закону менен туюнтканда, ал 60^2 эсе кем болор эле ошондо:

$$F = \frac{980}{60^2} = 0{,}27 \text{ дина болот.}$$

Экинчи жагынан Айды Жердин тартып туруучу күчү 1 г масса үчүн болгон борборго умтулуучу күчтүн формуласы боюнча эсептеп чыгарылат:

$$F = \frac{4\pi^2 R}{T^2}.$$

мында $R = 384\,400$ *км* $= 3844 \cdot 10^7$ *см*, $T = 27$ сутка 7 саат 43 минута 11 секунда $= 2360\,591$ сек, мында $F = 0{,}27$ дина болот. Ошентип, эгерде Жердин оордук күчүнүн өзгөрүлүшү, асмандын нерселеринин ортосундагы тартылыш күч үчүн да бирдей болот деп болжолдосок, анда Ай үстүндөгү күчтөрдүн экөө да ошол эле бир сан менен туюнтулат. Мындан, эки күчтөрдүн тең бирдиги белгиленет.

126. Бүткүл дүйнөлүк тартылыш закону. Күн системасындагы нерселер ортосунда, Жер жана заттын туш келген бөлүкчөсү ортосунда ошол эле бир күч таасир кылгандыктан, Ньютон тартылуу күчү заттын туш келген бөлүкчөлөрүнүн ортосунда да пайда болот деген тыянакка келген. Ал белгилеген закон бүткүл дүйнөлүк тартылыш закону деп аталат жана мындайча туюнтулат:

> **Материалдык эки бөлүкчөлөр өз массаларына түз пропорциялуу жана алардын ортосундагы аралыктын квадратына тескери пропорциялуу болгон күчтөр менен бири бирине тартылып турушат** (181-сүрөт).

[1] Нерсенин формасы шар түрүндө деп болжолдонот. Ошондо Жер менен шардын ортосундагы аралык деп, жер менен шардын борборлору ортосундагы аралык туюнтулат.

Жердин жана нерсенин же болбосо асмандагы кандай да болсо эки нерсенин өз ара аракети бул эки нерсени айрым алгандагы бул нерселердин бардык бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы тартылуунун бардык күчтөрүнүн тең аракет кылуучусу болот (182-сүрөт). Эки нерсенин ортосунда аракет кылуучу күчтөрдүн экөө тең чондук жагынан барабар, багыт жагынан карама-каршы болуп, түрдүү болгон эки нерсеге жумшалган болот.

Эгерде m_1 жана m_2 массаларынын ортосундагы r аралыгындагы тартылуу күчүн F аркылуу белгилесек, бүтүн дүйнөлүк тартылыштын күчүн төмөнкү формула менен туюнтууга болот.

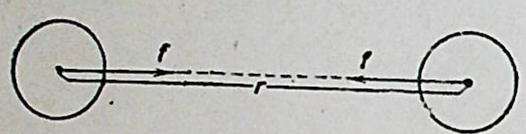
$$F = f\frac{m_1 m_2}{r^2}. \qquad \text{(XXXII)}$$

Коэфициент f Ньютондук т у р а к т у у тартылышы деп аталат.

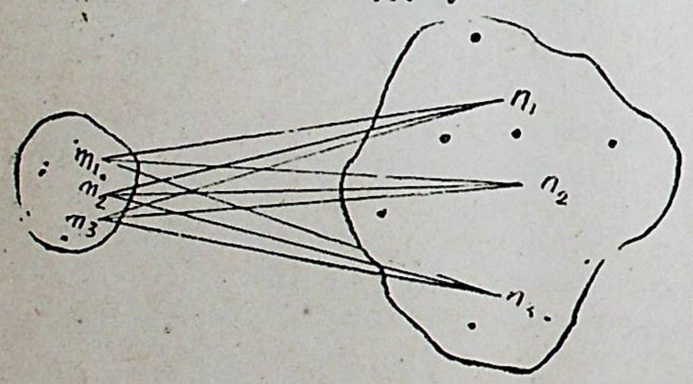
Эгерде массалар $m_1 = m_2 = 1$ *г* болсо, $r = 1$ *см* болсо, анда күч $F = f$ болот; демек, f сан жагынан алганда борборлорунун аралыгы 1 *см* болгон кезде 1 *г* келген шар түрүндөгү эки массанын бирин-бири тартып турган күчкө барабар болот. Азыркы убактагы ченөөлөр бул чондук үчүн 6,67. 10–7 ге же болбосо, болжолдоп алганда:

$$\frac{1}{15\,000\,000}\ \frac{дин \cdot см^2}{г^2}$$

болгон маанини беришет.[1]

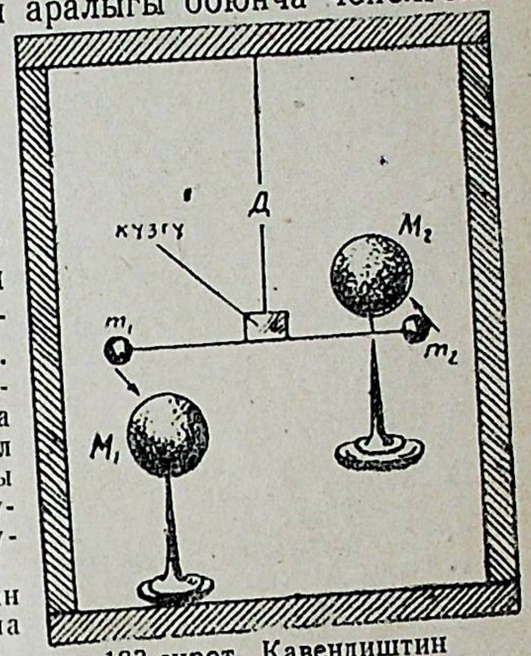


181-сүрөт. Шардык эки бөлүкчөлөрдүн тартылып турушу.



182-сүрөт. Түрдүү формадагы эки нерсенин өз ара аракети.

127. Бүткүлдүйнөлүк тартылыш законун тажрийбада текшерүү. Бүткүлдүйнөлүк тартылыш законду астрономиялык жол менен кубаттоодон башка, аны тажрийбадан текшерүүгө бир нечен умтулуулар болгон. Биринчи тажрийбалардын бирөө К а в е н д и ш т и н тажрийбасы болгон (183-сүрөт) *Д* жибине стержень асылып коюлуп, анын эки учуна кичине коргошун шарлар m_1 жана m_2 асылып коюлган. Анан кийин бир шардын алды жагынан жана экинчисинин арткы жагынан бирдей аралыктарда тең болгон эки чоң коргошун шарлар M_1 жана M_2 жылдырылып келтирилген, ошондо стержень айлана баштайт, жип болсо да, тең салмактуу авалга келгенче ороло берет. Бул соңгу күч стержендин бурчу бурулуу боюнча эсептеп чыгарылган, бурчтун өзү болсо жипке бириктирилип коюлган, күзгүдөн жарык шооласынын чагылышы бурулуунун аралыгы боюнча ченелген.



183-сүрөт. Кавендиштин тегеренүүчү таразасы.

Шарлардын өз ара аракет кылуу күчү формула боюнча эсептеп чыгарылган жана жиптин оролуучу күчү менен салыштырылат. Өз ара тартылуучу шарлардын массаларын жана алардын борборлорунун аралыктарын өзгөртүп формуланын бардык бөлүктөрүн текшерүүгө жана f ти эсептеп чыгарууга болот.

128. Тартылуу талаасы. Мейкиндиктин ичинде кандай да болсо бир массага тартылышы аныкталган мейкиндик бул массанын т а р т ы л у у т а л а а с ы деп аталат. Күндүн тартылуу талаасы тууралу, Жердин тартылуу талаасы ж. б. тууралу ушундай деп айтууга болот.

Ар бир тартылуу талаасы, талаанын ч ы н а л ы ш ы деп айтылган айрыкча чондук менен мүнөздөлөт.

Массанын бирдигине аракет кылган, өзүнө тартуу менен ченелүүчү чондук чыңалыш болот.

Жердин тартылыш талаасындагы ар бир нерсенин тартылышы ошол нерсенин салмагы $P = mg$ менен туюнтулгандыктан, биз оордук салмагын, массанын бирдигине катыштырсак, жердин талаасынын чыңалышы келип чыгат.

Анда чыңалыш $П = \frac{P}{m}$ же $П = g$ болот.

Демек, жердин талаасынын чыңалышы сан жагынан алганда эркин түшүүнүн ылдамданышына барабар болот, ал $\frac{дина}{грамм}$ менен туюнтулат.

129. Жердин үстүндө оордук күчүнүн өзгөрүлүшү. Жер шар болбогондуктан, огу боюнча сүйрү болгондуктан жана анын уюлдук радиус ($R_п = 6357$ *км*) экватордук радиусунан ($R_э = 6378$ *км*) кичине болгондуктан, аралыктын квадратына тескери пропорциялуу болуу закону боюнча экватор үстүндөгү тартылыш да уюл үстүндөгүдөн кем болууга тийиш. Бул себеп нерсенин салмагын уюлдан экватор багытында кемитет.

Кендикке карата оордук күчүнүн ылдамдануусу өзгөрүлүшүнүн башка экинчи себеби, Жердин формасынан башка, Жердин өз огу айланасында айланышы болот.

Уюл үстүндө борборго умтулуучу күч 0 ге барабар. 1 *г* массага экватор үстүндө таасир кылуучу борборго умтулуучу күч төмөнкүгө барабар:

$$F_{ж} = \frac{4\pi^2 \cdot 1 \cdot R_{ж}}{T^2}.$$

Эгерде $R_{ж} = 6378$ *км* $= 6378 \cdot 10^5$ *см* жана $T = 24$ саат $= 24 \cdot 3600$ сек. деп алардын бул сан маанилери жогорку формулага коюлса, анда $F_{ж} = 3{,}4$ дина экенин табууга болот.

[1] Ньютондун туракту тартылышынын атамасын төмөнкү катыштардан чыгарууга болот: $f = \frac{Fr^2}{m^2}$; f *ти* $\frac{дин \cdot см^2}{г^2}$ менен же $\frac{см^3}{г \cdot сек^2}$ менен туюнтат.

Бул борборго умтулуучу күч Жер менен нерселердин тартылыш эсебинен пайда болот.

Эгерде жердин айланышы жок болсо, тынч турган Жердин экватору үстүнө эркин түшкөн нерсенин ылдамдануусу сан жагынан жогоруда көрсөтүлгөн санга ($\approx 981 \frac{см}{сек^2}$) барабар болор эле жана массанын 1 граммы=981 дина күч менен тартылар эле.

Айланып турган Жерде ар граммдын тартылуу күчү экватордо 3,4 динага азаят;

Ошентип, ***Жердин формасы жана анын суткалык айланышы аркасында болгон эсептердин экөөнөн да нерсенин салмагы уюлдан экваторго карай азаят.***

Жердин түрдүү точкалары үчүн g нын деңиз деңгелиндеги мааниси:

Экватор . . .	978,05	Москва ($\varphi = 55^0\ 45'$) . . .	981,56
$\varphi = 45^0$ . . .	980,66	Уюл ($\varphi = 90^0$)	983,24

Жер бетинен көтөрүлгөндө оордук күчү азаят: көтөрүлгөндө Жердин борборунан аралык көбөйөт, ал эми аралыктын көбөйүшү менен тартылуу күчү кемийт.

ӨЗДӨШТҮРҮҮНҮ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР.

1. Ньютондун бүткүл дүйнөлүк таратылыш закону жана анын формуласы кандай?
2. Жердин бети үстүндө географиялык кеңдикке карап оордук күчү кандайча өзгөрүлөт?
3. Жердин бетинин үстүндөгү бийиктикке карата оордук күчү кандайча өзгөрүлөт?
4. Бүткүл дүйнөлүк тартылыш законун кандай тажрийбалар кубаттайт?
5. Ньютондук тартылыштын туруктуусу деген эмне жана ал кандайча ченелет?

I. Таблица. **Орточо ылдамдыктар.**

Жөө киши	1,5 *м/сек*	Суткасына айланганда жер экваторунун точкасы . .	465 *м/сек*
Велосипедчи	5 „	Талаа замбирегинин огу атылып чыккан кезинде .	800 *м/сек*
Чаап бара жаткан ат . . .	8 „	Мылтык огу атылып чыккан кезинде	880 „
Товар поезди	10 „	Орбита боюнча Айдын кыймылы	1000 „
Катуу шамал	10 „	Алыс атуучу замбиректин огу атылып чыккан кезинде	1600 „
Крейсер	14,6 „	Өз огунун айланасында айлангандагы күн экваторунун точкасы	2000 „
Миноносец	17,5 „	Күн айланасында Жердин кыймылы	29,8*км/сек*
Боз булут	20 „	Жарык	300000 „
Бороон	25 „		
Ылдам поезд	33 „		
Куюн	40 „		
Автомобиль	40 *м/сек* чейин		
Самолёт	300 ге „		
0° кездеги үн	332 „		
15° кездеги үн	340 „		

II. Таблица. **Түрдүү системалардагы механикалык бирдиктер.**

№	Чоңдуктун атамасы	*CGS* системасы	Техникалык система
1	Узундук	*см*	*м*
2	Масса	*г*	$\frac{кГсек^2}{м}$
3	Убакыт	*сек*	*сек*
4	Ылдамдык	$\frac{см}{сек}$	$\frac{м}{сек}$
5	Ылдамдануу	$\frac{см}{сек^2}$	$\frac{м}{сек^2}$
6	Күч	дина	*кГ*
7	Жумуш жана энергия . . .	эрг	*кГм*
			$\frac{кГм}{сек}$
8	Кубат	$\frac{г.\ см^2}{сек^3}$	$75\frac{кГм}{сек}=1$ *а. к.*

Негизги бирдиктер жоон тамгалар менен басылган.

III. Таблица. Сүрүлүү коэфициенттери.

Тайгалануу сүрүлүшү.

Коло менен колонун сүрүлүшү	0,20	Дуб менен дубдун (туурасынан) сүрүлүшү	0,34
Коло менен чоюндун сүрүлүшү	0,21	Кайыш кур менен дубдун сүрүлүшү	0,27
Темир менен темирдин сүрүлүшү	0,14	Кайыш кур менен чоюндун сүрүлүшү	0,56
Темир менен чоюндун сүрүлүшү	0,18	Болот менен муздун сүрүлүшү	0,014
Чоюн менен дубдун (жипчелерди бойлото) сүрүлүшү	0,49	Жыгач тамандар менен муздун сүрүлүшү	0,035
Дуб менен дубдун (бойлоп) сүрүлүшү	0,48	Темир кагылган тамандары	0,02

Деңгөлөктөрдүн сүрүлүшү.

Рельстер	0,003	Таш төшөлгөн жол	0,02—0,06
Асфальт төшөлгөн жол	0,010	Кара жол	0,08—0,16
Жакшы шоссе	0,16	Кум	0.15—0,30

IV. Таблица. Нерселердин тыгыздыгы $\left(\frac{г}{см^3}\text{ же }\frac{т}{м^3}\text{ де}\right)$.

Катуу нерселер.

Алюминий	2,58	Куюлган калай	7, 2
Мом	0,97	Парафин	0, 9
Кургак топурак	1,38	Платина	21, 5
Графит	2,10	Пробка	0,24
Гуттаперча	0,97	Коргошун	11, 4
Темир	7,86	Күмүш	10, 5
Алтын	19, 3	Куюлган болот	7,86
Кирпич	1, 8	Стеарин	0,97
Куюлган латунь	8,45	Айнек (бутылка)	2, 7
Жез	8,92	Фарфор	2,32
Мрамор	2,70	Цинк	7,05
Никель	8,80	Чоюн	7,00

Суюктуктар.

Суу (4° кезде)	1	Күкүрт кислотасы(50%)	1,40
Керосин	0,79—0,82	Туз кислотасы(40%)	1,20
Оливка майы	0,92	Этил спирти	0,79
Сымап (0° кезинде)	13,6	Эфир	0,72

Газдар.

(t=0° кездеги жана кадыресе атмосфералык басым астында).

Азот	0,001251	Кислород	0,001429
Ава	0,001293	Углерод кычкылы	0,001250
Водород	0,000090	Углекислый газ	0,001977
Гелий	0,000180	Хлор	0,003214

МАЗМУНУ.

Физика курсуна жалпы кириш сөз.

Бети.

Механика.

Механика бөлүмүнө кириш сөз

1. Механикалык кыймыл . . . 5
1а. Механиканын бөлүмдөрү . 5
2. Механикалык кыймылдын салыштырмалуулугу 6
3. Салыштырмалуу тынчтык . 7
4. Материалдык точка 7

I. ТҮЗ СЫЗЫКТУУ КЫЙМЫЛДАРДЫН КИНЕМАТИКАСЫ ЖАНА ДИНАМИКАСЫ.

1. Түз сызыктуу кыймылдын эң жөнөкөй түрлөрү.

5. Точканын кыймылынын траекториясы жана кыймылдарды траектория боюнча классификациялоо 8
6. Жол, убакыт, ылдамдык жана кыймылдарды ылдамдык боюнча классификациялоо . . 8
7. Түз сызыктуу бир калыптагы кыймыл 10
8. Бир калыптагы кыймылдын ылдамдыгы 10
9. Ылдамдыктын бирдиги . . . 11
10. Бир калыптагы кыймылдын тендемеси 11
11. Нерсенин тецелме кыймылы 12
11а. Бир калыптагы кыймылга маселелер чыгаруу 13

1-көнүгүү 13
12. Ылдамдык—вектор . . . 14
13. Бир калыптагы кыймылдагы ылдамдыктын жана жолдун графиктери 15

2-көнүгүү 18
14. Өзгөрүлмө кыймыл 19
15. Өзгөрүлмө кыймылдын орточо жана кирпик каккыча болгон ылдамдыгы 19
16. Бир калыптагы өзгөрүлмө кыймыл 20
17. Ылдамдануу 20
18. Ылдамдануунун бирдиктери 22

3-көнүгүү 23
19. Баштапкы ылдамдыгы жок бир калыптагы ылдамдатылган кыймылдын ылдамдыгы жана жолу 23

Бети.

19а. Бир калыптагы ылдамдатылган кыймылдын ылдамдыгынын жана жолунун графиктери 24
20. v_0—0 болгондо бир калыпта ылдамдатылган кыймыл үчүн өтүлгөн жол менен жолдун аягындагы ылдамдык ортосундагы өз ара катыш . . 26
21. Башталгыч ылдамдыгы v_0—0 болгон бир калыпта ылдамдатылган кыймылда ырааттуу секундаларда өтүлгөн жол . 27
21а. Башталгыч ылдамдыгы бар бир калыптагы өзгөрүлмө кыймыл 29
22. Баштапкы ылдамдыгы бар бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылдын ылдамдыгынын графиги 30
22а. Бир калыпта-өзгөрүлмө кыймылдын жолунун тендемесин башкача чыгаруу 32
22б. Баштапкы ылдамдыгы ар кандай болгон бир калыптагы өзгөрүлмө кыймылга берилген маселелерди чыгаруунун мисалдары 33

4-көнүгүү 34

Өздөштүрүүнү текшерүү үчүн суроолор . . . 35

2. Ньютондун кыймыл закондору.

23. Механиканын өөрчүшү . . 36
23а. Механиканын негизги милдети 37
24. Механиканын биринчи закону 37

4а-көнүгүү 41
25. Күч 41
25а. Жаратылышта нерселердин өз ара аракеттениши гана бар. 42
26. Күч менен ылдамдануу ортосундагы көз карандылык . . 43
26а. Нерсенин массасы тууралу түшүнүк 44
27. Механиканын экинчи закону. 47
28. Күчтүн узакка созулган жана көз ачып жумгуча болгон аракети 48

Бети.

4б-көнүгүү 50

29. Механиканын үчүнчү закону 51
29а. Техникада механиканын үчүнчү закону 55

5-көнүгүү 58

Өздөштүрүүнү текшерүү үчүн суроолор. 59

30. Нерселердин эркин түшүшү. 60
31. Эркин түшүүнүн ылдамданышы бардык нерселер үчүн бирдей 62

6-көнүгүү 63

32. Нерсенин салмагын масса жана ылдамдануу аркылуу туюндуруу 64
33. Массаларды салыштыруу жолу 64
34. Массанын бирдиги . . . 65
35. Заттын тыгыздыгы . . . 64
36. Күчтүн динамикалык бирдиги 66
37. Килограмм—күч менен дина арасындагы өз кара катыш. 66
38. CGS (ЦГС) бирдиктеринин системасы 67
39. Бирдиктердин техникалык системасы 67

6а-көнүгүү 71

Өздөштүрүүнү текшерүү үчүн суроолор. . . 73

3. Кыймылдарды кошуу.

40. Нерсенин кыймылдагы авалына күч аракетинин көз каранды эместиги 73
41. Түз сызыктуу жана бир калыптагы эки кыймылдын жолдорун кошуу 74
42. Ылдамдыктарды кошуу . 78
43. Ылдамдыктарды эки түзүүчүлөргө ажыратуу 78

7-көнүгүү 80

44. Вертикаль өйдө ыргытылган нерсенин кыймылы 82
45. Горизонталь багытка ыргытылган нерсенин кыймылы . 83
46. Горизонтко жантык ыргытылган нерсенин кыймылы . 84
47. Баллистикалык ийри сызык . 85
48. 1-лабораториялык иш. Горизонталь багытка ыргытылган нерсенин траекториясын табуу 86

Бети.

8-көнүгүү 87

Өздөштүрүүнү текшерүү үчүн суроолор. 88

4. Механикалык энергия.

49. Жумуш тууралу түшүнүк . 88
50. Жумушту чөнөө 90
51. Жумуштун бирдиктери . . 91
52. Түрдүү системадагы жумуштун бирдиктеринин арасындагы өз ара катыштар 92
53. Кубат 92
54. Кубаттын бирдиктери . . . 92
55. Энергия 94
56. Кинетикалык энергиянын формуласы 95
57. Нерсе кандай да болсо бир башталгыч ылдамдык менен жылган учур үчүн жумуш менен кинетикалык энергиянын арасындагы өз ара катышты чыгаруу 96

9-көнүгүү 100

58. Потенциялык энергия . . 101
59. Энергиянын сакталуу закону 103

10-көнүгүү 106

Өздөштүрүүнү текшерүү үчүн суроолор. 107

II. СТАТИКА.

1. Күчтөрдү кошуу жана ажыратуу.

60. Күчтүн үч белгиси 108
60а. Тең салмактануучу күчтөр . 108
61. Күчтү жумшоо точкасын катуу нерседе көчүрүү . . . 110
62. Тең аракет кылуучу күч . . 110
63. Бир түз сызык боюнча бир жакка багытталган күчтөрдү кошуу 110
64. Бир түз сызык боюнча карама-каршы жакка багытталган күчтөрдү кошуу . . 111
65. Нерсеге бурч боюнча аракет кылган эки күчтү кошуу (күчтөрдүн параллелограмы) 112
66. Нерсенин эки точкасына жумшалган эки күчтү кошуу 115
67. Нерсеге аракет кылган бир нече күчтөрдү кошуу . . . 115

11-көнүгүү 116

68. Күчтү түзүүчүлөргө ажыратуу 116

Бети.

12-көнүгүү 121

Өздөштүрүүнү текшерүү үчүн суроолор. 123

69. Бир жакка багытталган жарыш күчтөрдү кошуу . . 123
70. Жарыш күчтөрдүн борбору 127
71. Күчтү эки жарыш түзүүчү күчкө ажыратуу 127
72. Карама-каршы багытталган эки жарыш күчтөрдү кошуу 128
73. Кош күчтөр 129

13-көнүгүү 131

2. Нерселердин оордук борбору жана алардын авалдарынын турумдуулугу

74. Нерсенин оордук борбору 131
75. Эң жөнөкөй геометриялык формадагы нерселердин оордук борборун аныктоо . . . 133

14-көнүгүү 134

76. Тирелген точкасы же таяныч огу бар нерсенин турумдуулугу 135
77. Тирелген аянты бар нерсенин турумдуулугу 137
77а. Потенциалык энергиянын минимуму нерселердин турумдуу авалынын шарты катарында 139
78. Тиректин реакциясы . . . 139

15-көнүгүү 140

3. Күчтүн моменти жөнүндө түшүнүк

79. Ок айланасында айланган нерсеге күчтүн аракет кылышы 140
80. 2 лабораториялык иш. Айлануучу огу бар нерсеге жумшалган күчтөрдүн тең салмактуулук шартын чыгаруу 142
81. Нерселердин тең салмактуулугунун жалпы шарты . 143

4. Күчтөрдүн тең салмактуулугунун шарттары жана жөнөкөй механизмдер үчүн жумуштун закону.

82. Курал, механизм, машина . 145
83. Сүрүлүү жана анын келип чыгышы 146
83а. Сүрүлүүнүн түрлөрү . . . 147
83б. Сүрүлүүнүн закондору . . 147
83в. Сүрүлүүнүн жаратылыштагы жана техникадагы мааниси 150

Бети.

83г. Зыяндуу сүрүлүүнү азайтуунун жана пайдалуу сүрүлүүнү көбөйтүүнүн ыктары . 150

16-көнүгүү 151

Өздөштүрүүнү текшерүү үчүн суроолор. 152

84. Жүткү жантык тегиздик боюнча көтөргөндө күчтүн жумушу 153
85. Нерсени бир горизонталь тегиздиктен экинчисине которгон кезде, оордук күчүн жеңүүдөгү жумуш 154
86. Пайдалуу аракеттин коэфициенти 155
87. 3-лабораториялык иш. Жантык тегиздик үчүн пайдалуу аракет коэфициентин аныктоо 156

17-көнүгүү 158

88. Жантык тегиздик үстүндөгү күчтөрдү тең салмактоонун экинчи жолу 159
89. Шынаа 160
90. Бурама 162

18-көнүгүү 164

91. Блок 165
92. Полиспаст 168
93. Ворот 169

19-көнүгүү 170

94. Рычаг 171

20-көнүгүү 173

95. Машиналарда жумуштун сакталуу закону 174

Өздөштүрүүнү текшерүү үчүн суроолор. 175

III. ГИДРО-АЭРО-МЕХАНИКА.

96. Суюктуктардын кысылышы. 176
96а. Суюктуктардын жана газдардын басымды өткөрүшү . . 176
96б. Гидравликалык пресс . . . 178
97. Суюктуктун ичиндеги басым 180
98. Катышуучу идиштердин ичиндеги суюктуктардын деңгели 183
99. Ичине матырылган нерсеге суюктуктун жасаган аракети 184
100. Суюктук үстүндө нерселердин калкып жүрүшү . . . 185
101. Архимед законунун негизинде нерселердин салыштырма салмагын аныктоо 186

Бети.

102. Ареометр 188
103. 4-лабораториялык иш. Гидростатикалык өлчөө жолу боюнча нерселердин салыштырма салмагын аныктоо . . 189
104. 5-лабораториялык иш. Нерселер калкуу шартынын тажрийбасынан корутунду . . 190
105. Атмосфералык басым . . . 191
106. Барометрлер 193
107. Альтиметр 194
107а. Атмосфераның түзүлүшү . 194
108. Манометрлер 196

21-көнүгүү 198

Өздөштүрүүнү текшерүү үчүн суроолор. 200

109. Суюктуктун жана газдагы ички сүрүлүү 201
110. Кыймылдап турган суюктук жана газ ичиндеги куюндар 202
110а. Нерселер газдын жана суюктуктун ичинде кыймылга келгендеги тоскоолдук. Ышкылбастык 202
111. Агындын ылдамдыгы менен басым арасындагы өз ара катыш 204
112. Агымдын ылдамдыгына басымдын көз каранды болушун самолётту көтөрүлтүү үчүн пайдалануу 207

IV. АЙЛАНУУЧУ КЫЙМЫЛ.

131. Айлана боюнча бир калыптагы кыймыл 211
114. Ийри сызыктуу кыймылдагы ылдамдыктын багыты . . . 212
115. Айлануу мезгили, айланыштын саны, сызыктуу ылдамдык 213

Бети

116. Бурч ылдамдыгы 214
117. Борборго умтулуучу ылдамдануу 215
118. Борборго умтулуучу жана борбордон четтөөчү күчтөр. 217

22-көнүгүү 221

119. Айлануу кезиндеги инерция менен түшүндүрүлгөн кубулуштардын мисалдары; борбордон четтөөчү механизмдер 222

23-көнүгүү 232

Өздөштүрүүнү текшерүү үчүн суроолор. 232

V. БҮТКҮЛ ДҮЙНӨЛҮК ТАРТЫЛЫШ ЗАКОНУ.

120. Асмандагы нерселердин кыймылын Коперникке чейин окуп үйрөнүү 234
121. Коперник боюнча ааламдын түзүлүшү 234
122. Дүйнөгө жаңыча көз караштын чиркөө кадыры менен күрөшү 235
123. Кеплердин закондору . . . 236
124. Күндүн планеталарды тартып туруу күчү 237
125. Жердин Айды тартып турушу 238
126. Бүткүл дүйнөлүк тартылыш закону 239
127. Бүткүл дүйнөлүк тартылыш законун тажрийбада текшерүү 240
128. Тартылуу талаасы 241
129. Жердин үстүндө оордук күчүнүн өзгөрүлүшү 241

Өздөштүрүүнү текшерүү үчүн суроолор. 243

Тиркемелер 242

Которгон — *Ф. Абушахметов.*
Жооптуу редактор *Асанбек Токомбаев.*
Тех. редактор *М. А. Тюряев.*
Жооптуу корректор *С. Намазалиева.*

Терүүгө 10-XI-49 ж. берилди. Басууга 20-IV-50 ж. коюлду. Бир басма табакта 47200 тамга. Бардыгы 15,5 басма табак. 18,29 учёттук басма табак. Д—03400 Заказ № 3303. Тиражы 3090.

г. Фрунзе, Типография № 1.