КЫРГЫЗ-ТҮРК МАНАС УНИВЕРСИТЕТИ
ТАБИГЫЙ ИЛИМДЕР ФАКУЛЬТЕТИ

Келечек колубузда!

Тамара Карашева, Мээрим Имаш кызы,
Азат Акматбекова, Назгүл Аданбаева

ФИЗИКА

БОЮНЧА

ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ПРАКТИКУМ

БИШКЕК-2014

КЫРГЫЗ-ТҮРК МАНАС УНИВЕРСИТЕТИНИН БАСЫЛМАЛАРЫ:
ОКУУ КИТЕПТЕР ТИЗМЕСИ:

КЫРГЫЗ-ТҮРК МАНАС УНИВЕРСИТЕТИ
ТАБИГЫЙ ИЛИМДЕР ФАКУЛЬТЕТИ

Тамара Карашева, Мээрим Имаш кызы,
Азат Акматбекова, Назгүл Аданбаева

ФИЗИКА БОЮНЧА ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ПРАКТИКУМ

БИШКЕК - 2014

ФИЗИКА БОЮНЧА ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ПРАКТИКУМ

Түзүүчүлөр: *Тамара Карашева, Мээрим Имаш кызы, Азат Акматбекова, Назгүл Аданбаева*
Рецензенттер:

Проф.Др. Зарлык Маймеков - КТМУ, Экологиялык инженерия бөлүмүнүн башчысы
Проф.Др. Маамет Койчуманов - Ж.Баласагын атындагы КМУУ, Физиканы окутуу технологиясы кафедрасы
Доц.Др.Гүлмира Бейшекеева - Ж.Баласагын атындагы КМУУ, Физика-техникалык процесстерди моделдештирүү кафедрасынын башчысы

Сунуш кылынган окуу-методикалык колдонмо табигый-математикалык, техникалык жана айыл-чарба багыттарында билим алган студенттерге арналып, Кыргыз-Түрк «Манас» университетинде окутулган Жалпы физика курсунун программасына ылайыкталып түзүлгөн. Окуу программасында каралган 18 лабораториялык иш PASCO SCIENTIFIC фирмасынын (АКШ) жабдыктары менен аткарылат. Колдонмодогу ишти түшүнүү жана аткарууну жеңилдетүү максатында, англис тилиндеги оригинал версиясынан (Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific) айырмаланып, тиешелүү теориялык материалдар, текшерүү үчүн суроолор киргизилип, айрым лабораториялык иштер методикалык жактан кайра иштелип чыкты.

Мазмуну

Мазмуну 3

Лабораториялык иштер боюнча алгачкы маалыматтар 4

I БӨЛҮМ
МЕХАНИКА ЖАНА ТЕРМОДИНАМИКА

№1 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Өлчөө 8

№ 2 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Векторлорду кошуу 16

№3 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Эркин түшүүнүн ылдамдануусу 23

№4 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Ньютондун II закону 28

№5 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Горизонтко бурч менен ыргытылган нерсенин кыймылы 32

№6 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Борборго умтулуучу күч 41

№7 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Резонанс түтүгү 47

№8 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Жылуулуктан кеңейүү 57

№9 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Жылуулук өткөрүмдүүлүк 61

II БӨЛҮМ
ЭЛЕКТР ЖАНА МАГНЕТИЗМ

№1 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Электр чынжырын чогултууга арналган тажрыйба тактасы. Резистордун каршылыгын түстүү маркерлөө боюнча аныктоо**Ошибка! Закладка не определена.**

№2 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Керектөөчүлөрдү жана ток булактарын өз ара туташтыруу түрлөрү .... **Ошибка! Закладка не определена.**

№3 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Электр тогу. Чынжырдын бөлүгү үчүн Омдун закону**Ошибка! Закладка не опред**

№4 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Кирхгофтун эрежелери .... **Ошибка! Закладка не определена.**

№5 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Конденсаторлор .... **Ошибка! Закладка не определена.**

№6 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Өзгөрмөлүү ток .... **Ошибка! Закладка не определена.**

№7 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Диоддор .... **Ошибка! Закладка не определена.**

№8 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Транзисторлор .... **Ошибка! Закладка не определена.**

№9 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ Трансформаторлор .... **Ошибка! Закладка не определена.**

Пайдаланылган адабияттар .... **Ошибка! Закладка не определена.**

Лабораториялык иштер боюнча
алгачкы маалыматтар

Физика – бул жаратылыш кубулуштарын изилдеген, алардын кайдан жана кантип пайда болгонун иликтеген эксперименталдык илим. Анын илимий жоболору жана закондору дайыма тажрыйбада текшерилип, практика менен бекемделип туруугa тийиш. Ошондуктан, жалпы физика курсун өздөштүрүүдө лабораториялык иштердин ээлеген орду чоң. Лабораториялык иштердин максаты, сабакта өтүлгөн физикалык принциптерди, закондорду табият кубулуштарына байкоо жүргүзүү менен практика жүзүндө алардын тууралыгын далилдеп, физикалык кубулуштарды окуп үйрөнүү.

Лабораториялык иштерди аткаруунун мааниси теориялык жоболорду жана закондорду практикалык ырастоо же бекемдөө менен гана чектелбейт. Лабораториялык ишти аткаруу менен студент тажрыйбалык ишмердүүлүктүн алгачкы кадамдарын жасайт, чоңдуктардын чыныгы маанисин, бирдигин жана баалоонун жолдорун аныктоону үйрөнөт.

Лабораториялык иштерде көңүл бурулуучу нерселер.

1. Студент лабораториялык иштерде аткара турган тажрыйбаларды алдын ала (лабораторияга келүүдөн мурда) окуп таанышып, колдоно турган каражаттарды даярдап алышы зарыл. Китепте ар бир тажрыйбада изилдене турган принцип жана закондор, түшүнүктөр жана аныктоолор жөнүндө кыскача теориялык маалыматтар берилген. Тиешелүү темалар лабораторияга киришүүдөн мурда кунт коюп окулушу жана өздөштүрүлүшү керек. Керектүү түшүнүктөр, аныктамалар жана сүрөттөөлөрдү китептерден табасыңар. Өзгөчө, өтүлө элек темалар боюнча тажрыйбалык иштерге даярдануу абдан маанилүү.

2. Лабораториялык ишти аткарууда, пайдалануучу куралдарды (же приборлорду) өтө сактык жана кылдаттык менен урунуу керек. Колдонууда куралда көрсөтүлгөн сандарга жана жазууларга көңүл бурулбаса, аны бузуп же сындырып алуу мүмкүн. Алардын иштебей калышына себепкер болгон студент тиешелүү материалдык айыпка кериптер болот. Сынган куралдын кошумча тетиктери болбосо жана сатууда жок болсо, ал тажрыйбанын өтүлбөй калышына алып келет.

Андыктан, лабораториялык иштерде абдан кылдат жана сак болуу зарыл.

3. Тажрыйбада колдонула турган куралдар столдун үстүнө коюлуп, ар бир группанын студенттери куралды кантип колдоно турганын үйрөнбөсө, тажрыйбаны баштоого болбойт. Куралдар жөнүндө маалыматтарды китептерден, тажрыйбаларды баяндаган текстерден жана жооптуу адистен сурап, тактоого болот. Бул иш аткарылгандан кийин, үлгү боюнча тажрыйбанын планы даярдалат. План тиешелүү лабораториялык жумуштун иштөө тартиби менен өтө кылдат салыштырылгандан кийин, жооптуу адиске текшертилет. Тажрыйба өтүлүп жаткан убакта өзүңүз чече албаган же түшүнбөгөн нерселер болсо, жооптуу адиске кайрылсаңыз болот. Ошентип, сизге өз алдынча иштеп көнүгүүңүзгө мүмкүнчүлүктөр түзүлөт. Тажрыйба жүрүп жаткан убакта куралды же анын кайсы бир бөлүгүн бир столдон экинчи бир столго ташууга тыюу салынат. Иштөө учурунда керектүү куралдар жооптуу адис тарабынан берилет.

4. Аткарылган иш керектүү натыйжага жеткенде жана бул натыйжа жооптуу адис тарабынан кабыл алынгандан кийин гана тажрыйбага киришүүгө болот. Тажрыйба өткөргөн группа куралдарды тазалап, алган нерселеринин баарын орду-ордуна койгондон кийин, жооптуу адистерден кетүүгө уруксат алып лабораториядан чыгууга болот.

5. Лабораториялык иштердин жыйынтыктары тажрыйбадан кийин, лабораторияда же эң кеч кезектеги тажрыйба өтө турган күнгө чейин, А4 форматындагы кагаздарга отчет формасында жазылат. Аткарылган иш текшере турган мугалим түшүнгөндөй кылып жазылышы керек. Лабораториялык иштин отчетундагы маалыматтарды төмөнкүдөй иретте жана формада жазуу зарыл:

СТУДЕНТТИН	Аты: Фамилиясы: Номери: Бөлүмү:	Дата:____/____/____/

ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШТИН НОМЕРИ ЖАНА АТАЛЫШЫ

Колдонулуучу куралдар

Лабораториялык иштин максаты

Лабораториялык иштин теориялык негиздери

Лабораториялык иште алынган өлчөөлөр

Аткарылган эсептөөлөр, графиктер жана каталык эсептери

Жыйынтык

6. Кээ бир лабораториялык иштерде жыйынтыктар графикалык түрдө берилиши керек. Чийме жеткиликтүү маалыматка ээ болуп, графикалык кагазга түшүрүлүшү керек. Тажрыйба жүргүзүүчүнүн жанында ар дайым транспортир, калькулятор, сызгыч ж.б. куралдар болушу керек.

Лабораториялык иштерди токтотпой жүргүзүп туруу абдан маанилүү. Тажрыйбаларды жүргүзүү мөөнөтү жооптуу адис тарабынан такталат. Бул убакыт ичинде тажрыйбалар өткөрүлүп бүтүшү керек. Студенттин лабораторияда жалгыз иштөөсүнө тыюу салынат.

Бирдиктердин мааниси, эң чоң жана эң кичине сандар. “Кандайдыр бир нерсенин узундугу 27 экен” десек, ал эмнени түшүндүрөт? Эч нерсени. Бирок, буга бир гана сөз кошсок, кандайдыр бир толук маани пайда болот. “Бул нерсенин узундугу 27 сантиметр экен” десек, толук түшүнүктүү болот. Бул сүйлөмдө “сантиметр” (cm) деген сөз узундуктун чоңдугун баалаган бирдиктин аты. Мисалда көрсөтүлгөндөй, физикада ар бир чоңдук өлчөө саны жана бирдикти түзгөн эки бөлүктөн турат. Бул эки бөлүк бири-биринен айрылбайт. Бирдиксиз кандайдыр бир сан химия лабораториясындагы этикеткасыз химиялык шишелерге окшойт.

Эң жөнөкөй, бирок эң маанилүү жерлерге токтолуу биз үчүн пайдалуу болот.

Физикалык теңдеменин эки жагы түрдүү өлчөмдүүлүктө жана бирдикте болушу мүмкүн эмес. б.а. бир теңдеменин бардык мүчөлөрү бирдей өлчөмдүүлүктө болушу керек. Чоңдуктар окшош бирдикте жана өлчөмдүүлүктө болбосо, бири-бири менен кошулуп, бири-биринен кемитилбейт. Кандайдыр бир чоңдуктар көбөйтүү, бөлүү же тамырдан чыгаруу амалдарына катышса, анда аларга тиешелүү бирдиктер да ошол амалдарга катышат.

Лабораторияда жүргүзүлгөн өлчөөлөрдү жазууда жана бул өлчөөлөрдүн жыйынтыгын эсептөөдө өтө чоң жана өтө кичине сандарды 10дун даражалары менен көрсөтүү ыңгайлуу. Мисалы:

$$1\,000\,000 = 10^6; \qquad 0{,}000\,001 = 10^{-6};$$
$$78\,600\,000 = 7{,}86\cdot 10^7; \qquad 0{,}000\,123 = 1{,}23\cdot 10^{-4}.$$

Дагы төмөнкүдөй мисал берилди дейли:

$$\frac{65300\cdot 427\cdot 0{,}00319}{0{,}0000085\cdot 89500}=\frac{6{,}53\cdot 10^4\cdot 4{,}27\cdot 10^2\cdot 3{,}19\cdot 10^{-3}}{8{,}5\cdot 10^{-6}\cdot 8{,}95\cdot 10^4}=\frac{6{,}53\cdot 4{,}27\cdot 3{,}19}{8{,}5\cdot 8{,}95}\cdot 10^5=1{,}17\cdot 10^5.$$

Бул мисалда берилген сандар CGS (cm, g, s) системасында ирети менен cm/s^2, g/cm^3, cm^2/s, $din/cm^2 (1\,din = 1\frac{g\cdot cm}{s^2})$ жана erg/s $(1\,erg = 1 din\cdot cm)$ деген бирдиктер менен берилсе, мисалдын аягында табылган бирдик $s^2/g\cdot cm$, б.а. $1{,}17\cdot 10^5$ $s^2/g\cdot cm$ болот.

Айрым жакындатып эсептөө формулалары. Кичинекей сандар менен эсеп жүргүзүүдө төмөнкүдөй байланыштардын маанилүүлүгүн эске алуу керек:

1. α, β, γ, ... 1 ден көп кичине сандар болсо, анда

$$(1\pm\alpha)(1\pm\beta)(1\pm\gamma)...\cong 1\pm\alpha\pm\beta\pm\lambda\pm...$$

деп жазылышы мүмкүн.

2. α 1 ден көп кичине жана n каалагандай бир сан болсо, анда

$$(1\pm\alpha)^n \cong 1\pm n\alpha$$

болот.

3. a жана b бири-бирине жакын эки сандын геометриялык орточосунун ордуна алардын арифметикалык орточосун алса болот:

$$\sqrt{ab}\cong\frac{a+b}{2}.$$

4. 10^0 тан кичине бурчтар үчүн $\sin\alpha\cong\alpha$ (rad) (0,3% ката менен) жана $\cos\alpha\cong 1$ алынышы мүмкүн.

Өлчөөдөгү каталар жана маанилүү сандар. Бир дагы чоңдукту тажрыйбада так өлчөөгө мүмкүн эмес. Бирок, колдонгон куралдардын тактагына, ыкмаларга жана өлчөө жүргүзгөн адамдын билими, сергектиги, тыкандыгына жараша, чоңдуктун чыныгы маанисине өтө жакын же алыс кылып ченөөгө болот.

Физикалык өлчөөлөрдүн көбү куралдардагы (же приборлордогу) бир же бир нече сандык бөлүнүштөрдү (шкала) колдонуу менен ишке ашат. Сандык бөлүнүштөрдүн жыштыгы жана узундугу чектелүү. Куралдын сандык бөлүнүштөрүнүн көрсөткүчтөрү сызыктын үстүндө же тышында жайгашышы мүмкүн. Өлчөөдө окулган сандын акыркы мааниси жакындатылып алынат. Ошондуктан, кандайдыр даражада күмөндүү болот. Ошону менен бирге бул болжолдуу акыркы сан өлчөнүүчү нерсе жөнүндө толугураак маалымат бергендиктен маанилүү. Ушул себептен бул санды жазылышы талап кылынат.

4,87 cm болгон узундук миллиметрлерге бөлүнгөн сызгыч менен өлчөнсүн дейли. Акыркы 7 саны миллиметрдин болжолдуу бир үлүшү болгондуктан, 6 же 8 болушу да мүмкүн. Кандай болбосун, бул сан өлчөнгөн узундук жөнүндө бизге кандайдыр бир түшүнүк берип жатат. Жалпысынан, бул өлчөнгөн чоңдуктун маани берген 3 саны бар. Үтүрдүн орду бул сандарга эч таасир бербейт. Берилген узундукту кааласак 48,7 mm же 0,0487 m деп жазсак да, ар дайым 3 орундуу сандан турушун көрөбүз.

Ошол эле сызгыч менен 30 cm узундуктагы кесиндини сызып, 30 cm деп жазганыбыз болжолдуу болот. Анткени, узундуктун анык мааниси 29,5 менен 30,5 cm дин арасында болот жана өлчөө процесси өтө одоно өткөрүлгөндүгүн билдирет. Эгерде колубуздагы сызгычтын бирдиктерин миллиметрлерине чейин окуй алсак жана миллиметрдик кесиндилерди болжолдосок, өлчөө жыйынтыгы 30,00 cm түрүндө төрт орундуу сан менен жазылат. Башкача айтканда, үтүрдөн кийинки нөлдөр ашык деп эсептелгени туура эмес, тескерисинче алар жазылышы керек.

Өлчөө натыйжаларына жараша эсептөөлөрдө маанисиз сандар алынып ташталат.

Кошуу жана кемитүү амалдарынын натыйжалары күмөндүү санды камтып, биринчи мамычадан баштап жазылат. Көбөйтүү амалдарынын натыйжалары акыркы маанилүү санга чейин тегеректелет. Алып салынган алгачкы маанисиз сандын биринчи цифрасы 5 тен кичине болсо, сакталган акыркы цифра өзгөрүүсүз калат, тескери учурда санга 1 кошулат. Эгер алынып ташталган биринчи маанисиз цифра 5 жана сакталган акыркы маанилүү цифра так болсо, кайрадан акыркы цифрага 1 кошулуп жазылат, ал акыркы цифра жуп болсо, 1 кошулбайт. Мисалда төмөндөгү сандардын 3 орундуу сандар менен туюнтулушу керек болсо:

1,2446 ордуна 1,24;
6,2563 ордуна 6,26;
76,35 ордуна 76,4;
0,04725 ордуна 0,0472

деп жазылат.

Каталыкты эсептөө. Жогоруда белгиленгендей, кандайдыр бир чоңдукту өлчөөдө анын так, чыныгы маанисин аныктоо мүмкүн эмес. Бирок, чоңдукту бир нече жолу өлчөп, алынган маанилерди каталар теориясынын жардамы менен иштеп чыккандан кийин, чоңдуктун чыныгы маанисинин жайгашуу интервалын аныктоого болот. Бул жөнүндө кеңири маалымат китептин Механика жана Термодинамика бөлүмүндөгү №1 Өлчөө деп аталган лабораториялык иштин теориялык бөлүгүндө берилген.

График чийүү жана аны колдонуу. Тажрыйбанын натыйжаларынын график түрүндө көрсөтүлүшү – практикада илимдин көп тармактарында колдонулган ыкма. Маселенин графикалык

аткарылышы – билимди, маалыматты түшүнүктүү кылып берүүгө мүмкүнчүлүк түзөт.

Көптөгөн лабораториялык тажрыйбалардын максаты, y чоңдугун аны менен байланышкан кандайдыр бир x чоңдугунун өзгөрүшү аркылуу изилдөө. Андыктан x каалагандай өзгөрөт жана буга жараша y тин маанилери өлчөнүп, таблица түзүлөт. Өзгөрмөлүү x чондугу абсцисса, өлчөнгөн y чоңдугу ордината катары алынып, $y = f(x)$ графиги сызылат. Пайда болгон график бул эки чондуктун көз карандылыгын чагылдырат.

График түшүнүктүү болушу үчүн аны сызууда төмөндөгүдөй жалпы эрежелерди колдонуу зарыл:

1. x жана y тин таблицалык эң кичине жана эң чоң маанилерине, өлчөөнүн так жүргүзүлүшүнө жараша тиешелүү масштабда график кагазы тандалып алынат.

2. Абсцисса огу өзгөргөн x чоңдугун, буга байланыштуу болгон y чоңдугун көрсөтүү үчүн ордината огу сызылат.

Эки чоңдуктун окторунун кесилиш чекити нөл болбошу да мүмкүн. Мисалы, эки чондуктун тең эң төмөнкү мааниси нөлдөн өтө алыс жайгашса, жакынкы бүтүн сан менен башталат.

Графиктеги октордун бирдик бөлүмү 2, 5 жа 10 го оңой бөлүнө турган болсун. Абсцисса жана ордината огундагы бөлүмдөрүнүн абсолюттук окшош болушу зарыл эмес.

3. Эгер чоңдук өтө кичине же өтө чоң болсо, аларды 10 дун даражасы түрүндө көрсөтүңүз. Мисалы, 0,0027 саны $2{,}7 \cdot 10^{-3}$ түрүндө, 168000 саны $16{,}8 \cdot 10^{4}$ түрүндө жазууга болот.

4. Октордун кесилишкен чекитине 0, октун учуна чоңдуктун белгиси жана бирдиги жазылат.

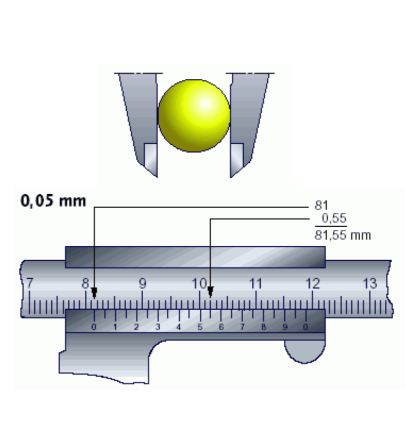
5. Чекиттердин абалдарын графикте учтуу карандаш менен белгилегиле жана ар бир чекиттин айланасына тегерекче чийгиле.

6. Чекиттерди туташтырганда сынык сызык эмес, чекиттерге жакын өткөн туташ ийри сызык чийгиле. Ийри сызыкты чекиттерге мүмкүн болушунча жакын сызууга аракет кылгыла. Бирок, башкалардан өтө айырмалуу жана ката болушу ыктымал көрүнгөн чекиттерди көңүлгө албагыла. Ийри сызыктын өлчөө чекиттеринин тышында калган уландыларын пунктир (үзүк) сызык менен сызгыла.

Графиктин үстүндө калган боштукка темасын, жазылыш датасын жана график эмнени көрсөтүп жатканын кыскача жазгыла.

I БӨЛҮМ
МЕХАНИКА ЖАНА ТЕРМОДИНАМИКА

№1 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ
Өлчөө



Жабдуулар: - металл цилиндр
- сызгыч
- штангенциркуль
- микрометр
- 100 ml дик мензурка
- тараза

Максат:

1. Узундук, масса жана көлөм бирдиктери менен таанышуу;
2. Сызгыч, штангенциркуль, микрометр жана таразаны колдонуу менен узундукту жана массаны өлчөөнү үйрөнүү.
3. Өлчөөдө кетирилген катаны баалоону үйрөнүү.

Физикалык чоңдуктар жана аларды өлчөө. Өлчөө бирдиктери. Физикалык тажрыйба дайыма кандайдыр физикалык чоңдуктарды өлчөөнү (ченөөнү) талап кылат. Физикалык чоңдуктарды өлчөө менен гана кубулуштардын закон ченемдүүлүгүн айкындоого болот.

Өлчөөлөрдүн жардамы менен сан мааниси боюнча аныкталуучу нерселердин касиеттери же процесстердин мүнөздөмөлөрү *физикалык чоңдуктар* деп аталат. Мисалы: масса, ылдамдык, күч ж.у.с. Ар кандай физикалык чоңдук сан мааниси менен, айрымдары ага кошумча багыты менен да, аныкталат. Алардын маанисин өлчөө аркылуу гана салыштыра алабыз. *Өлчөө* (ченөө) бул, бир тектүү чоңдуктарды кабыл алынган бирдиктери боюнча үлүшүн же эселенишин аныктоо болуп эсептелет, б.а. кандайдыр физикалык чоңдукту *өлчөө* деп, бирдик катары кабыл алынган чоңдуктан өлчөнүүчү чоңдук канча эсе чоң (же кичине) экендигин аныктоочу иш аракетти айтабыз. Өлчөөнүн эки түрү бар: *түз өлчөө* жана *кыйыр өлчөө*. Эгерде нерсени же кубулушту мүнөздөөчү чоңдук кандайдыр куралдын жардамы менен түздөн-түз өлчөнсө, анда мындый түрдөгү өлчөө - *түз өлчөө*, эгерде кандайдыр формуланын негизинде өлчөнүп алынган чоңдуктардын жардамы менен эсептелип алынса, *кыйыр өлчөө* деп аталат.

Өлчөөнүн натыйжасы $3m$, $5kg$ сыяктуу бир сан жана бирдик менен туюнтулган скаляр болот. Чоңдуктун сан мааниси кандайдыр бирдик аркылуу аныкталат. Физикалык чоңдуктардын *өлчөө бирдиги* деп, аныктама боюнча, ушундай эле түрдөгү башка чоңдуктарды өлчөөдө бирге барабар деп кабыл алынган чоңдуктар эсептелет. Чоңдуктар өтө көп. Алардын ар бирине өзүнө тиешелүү гана бирдикти тандууласа болор эле. Бирок, андай болгондо өтө көп бирдиктер пайда болуп, алардын өз ара байланыштары кандайдыр коэффициенттер аркылуу туюнтулуп калмак. Бул

ыңгайсыздыкты туудурмак. Ошондуктан, бирдиктерди алуунун белгилүү тартиби бар. Адегенде ал үчүн *негизги чоңдуктар* кабыл алынат. Бул чоңдуктардын бирдиктери макулдашылып алынып, андан кийин бул бирдиктер аркылуу калган бардык чоңдуктардын бирдиктери туюнтулат. Негизги бирдиктердин жардамы менен тиешелүү байланыш формуласынын негизинде алынган бирдиктер *туунду бирдиктер* деп аталат. Бирдиктердин эл аралык системасында (СИ) негизги чоңдуктар жетөө. Бул чоңдуктар бирдиктери менен төмөнкү 1.1-таблицада келтирилген (таблицада кошумча эки бирдик да берилген).

1.1-таблица

Чоңдуктардын аттары	**Өлчөө бирдиктери**	**Эл аралык белгилениши**
Негизги бирдиктер		
Узундук	Метр	m
Масса	Килограмм	kg
Убакыт	Секунда	s
Температура	Кельвин	K
Электр тогунун күчү	Ампер	A
Жарык күчү	Кандела	cd
Заттын саны	Моль	mol
Кошумча бирдиктер		
Жалпак бурч	Радиан	rad
Денелик бурч	Стерадиан	sr

1.2-таблица

Көбөйтүү-чүлөр	**Аталышы**	**Эл аралык белгилениши**	**Көбөйтүүчүлөр**	**Аталышы**	**Эл аралык белгилениши**
10^{18}	экса	E	10^{-1}	деци	d
10^{15}	пета	P	10^{-2}	санти	c
10^{12}	тера	T	10^{-3}	милли	m
10^{9}	гига	G	10^{-6}	микро	μ
10^{6}	мега	M	10^{-9}	нано	n
10^{3}	кило	k	10^{-12}	пико	p
10^{2}	гекто	h	10^{-15}	фемто	f
10	дека	da	10^{-18}	атто	a

Негизги бирдиктердин алынышында эталонго коюлуучу башкы талаптар: алар, биринчиден, жогорку тактыкта, жеңил кайталануучу жана керектүү жерлерде пайдаланууга ыңгайлуу болууга тийиш. Экинчиден, ал жаратылышта убакыттын өтүшү менен өзгөрбөгөн кандайдыр туруктуу кубулуштар менен байланыштуу болууга тийиш.

Жогоруда келтирилген СИ системасынын негизги бирдиктеринин кээ бирлери кандайча алынганына кыскача токтолуп кетели.

Метр бул жарыктын (жалпак электромагниттик толкундун) вакуумда секунданын 1/299792458 үлүшүндө өткөн аралыгына барабар.

Секунда Цезий-133 атомунун чыгарган белгилүү нурдануусунун 9192631770 термелүүсүнүн узактыгына барабар убакыт деп алынат.

*Килограмм*дын эталону үчүн платина (90%) жана иридий (10%) аралашмасынан жасалган диаметри бийиктигине барабар ($d = h = 39\,mm$) цилиндрдин массасы алынган. Ал $4\ ^0C$ температурасындагы дистирленген 1 *литр* ($1\,дм^3$) суунун массасына барабар.

Моль деп массасы $0{,}012\,kg$ болгон ^{12}C- көмүртек изотобу канча структуралык элементти (атомдорду) камтыса, ошончо структуралык элементти ичине камтыган ар кандай системадагы заттын саны аталат.

Тажрыйбада, көпчүлүк учурда, бирдиктердин үлүштүк жана эселүү аталыштары колдонулат. СИ системасында колдонулуучу үлүштүк жана эселүү көбөйтүүчүлөр 2.2-таблицада келтирилген.

Каталардын классификациясы. Өлчөө менен биз эч качан өлчөнүүчү чоңдуктун чыныгы

так маанисин ала албайбыз. Анткени биздин өлчөөлөрдө дайыма каталыктар кетирилет. Өлчөөдө биздин максат дайыма кетирилүүчү каталыктарды азайтып, чыныгы так мааниге жакын чоңдукту алуу болуп эсептелет.

Канчалык жыйынтык так болсо, эсептөөнүн сапаты ошончолук жогору болот. Өлчөөдө кетирилиши мүмкүн болгон каталыктардын түрлөрүн карайлы.

Системалык каталар. Системалык каталарга өлчөөдө дайыма катышып туруучу каталар кирет. Ал прибордун кандайдыр кемчилиги, ченелүүчү нерселердин өздөрүнүн касиеттери ж.у.с. байланыштуу болушу мүмкүн. Мындай каталар көбүнчө мурдатан эле белгилүү болот. Ошондуктан, аларды алдын ала жоюуга аракет кылынат. Мисалы, нөлдүк чекити жылып калган прибор. Бирок, дайыма эле системалык каталарды жоюуга мүмкүн болбойт.

Кокустук каталар. Бул өлчөө жүргүзүүнүн өзгөчөлүгү, айлана-чөйрөдөгү шарттардын анчалык чоң эмес өзгөрүшү, кокусунан болгон титирөөлөр, шамалдар ж.у.с. да кокустук катанын кетирилишине себеп болот. Кокустук катанын негизги өзгөчөлүгү кетирилген ката аныкталуучу чоңдуктан чоң да, кичине да болушу ыктымал. Кокустук катаны баалоо ыктымалдуулук теориясынын негизинде жүргүзүлөт.

Жаңылуулар. Күтүлбөгөн жерден өлчөө шарты кескин өзгөргөндө, өлчөөдө одоно каталыктар кетирилиши мүмкүн. Буга ошондой эле экспериментатордун шалаакылыгы да себеп болот. Мисалы, приборлордун көрсөтүүсүн жаңылыш жазып алуу, көчүрүүдө туура эмес жазып алуу ж.у.с. Экспериментти бир нече жолу кайталоо менен жаңылуунун таасирин биротоло болбосо да, азайтууга болот. Анын үстүнө, дайыма эле экспериментти бир нече жолу кайталоого мүмкүн болбойт. Бул учурда андай одоно четтөөлөрдү чыгарып салууга мүмкүндүк берген атайын математикалык теория пайдаланылат.

Куралдын (же прибордун) катасы. Кандай гана так прибор болбосун, анын көрсөтүүсү ченелүүчү чоңдуктун маанисинен дайыма айырмаланат. Анын үстүнө ар кандай прибордун өзүнүн ченөө тактыгынын чеги болот. Мисалы, кадимки жыгач сызгычынын жардамы менен канчалык так ченөөгө аракет кылсак да, миллиметрдин ондук үлүштөрүн так өлчөй албайбыз. Прибор өзү кетирүүчү катанын чоңдугу анын паспортуна жазылган болот. Мисалы, микрометр – $0{,}01\,mm$, штангенциркуль – $0{,}1\,mm$, сызгыч – $1\,mm$. Аны прибордун шкаласынын бир бөлүгүнүн баасын билүү аркылуу да аныктоого болот.

Өлчөөчү куралдын (же прибордун) сапатын баалоо үчүн анын сезгичтиги жана бир бөлүктүн баасы (прибордун турактуулугу) деген түшүнүктөр киргизилет. Прибордун сезгичтиги ченелүүчү чоңдукту бир бирдикке өзгөрткөндө, жебенин жылган бөлүктөрүнүн санына барабар чоңдукту айтабыз. Мисалы, аналитикалык тараза үчүн ал төмөнкүчө аныкталат. 1 mg жүк таразанын табагына коюлганда, анын жебеси 10 бөлүккө четтеди дейли. Анда

$$\delta = \frac{10\,\textit{бөлүк}}{1\,mg} = 10\frac{\textit{бөлүк}}{mg}$$

Прибордун бөлүк баасы (прибордун турактуулугу C) жебени шкала боюнча бир бөлүккө жылдыргандагы ченелүүчү чоңдуктун маанисине барабар.

$$C = \frac{1}{\delta} = \frac{1\,mg}{10\ \textit{бөлүк}} = 0{,}1\frac{mg}{\textit{бөлүк}}$$

Прибордун сезгичтиги жана бөлүк баасы өз ара

$$\delta = \frac{1}{C}$$

формуласы менен байланышат.

Прибордун бөлүк баасын билүү менен анын каталыгын аныктоого болот. Көпчүлүк ченегич приборлор үчүн каталык анын эң кичине бөлүгүнүн баасынын жарымына барабар. Кадимки жыгач сызгычын алсак, анын эң кичине бөлүгүнүн баасы $1\,mm$, демек анын каталыгы $0{,}5\,mm$ ди түзөт. Бул сызгычтын жардамы менен канчалык аракет кылсак да, нерсенин өлчөмүн $0{,}5\,mm$ ден кичине тактыкта аныктай албайбыз. Ал көз өлчөмүндө гана жасалышы мүмкүн.

Физикалык чоңдуктун чыныгы маанисин жана каталыгын баалоо. Биз жогоруда кандай гана эксперименталдык изилдөөлөр болбосун физикалык чоңдуктун чыныгы так маанисин аныктоого мүмкүн эмес экендигин белгилеп кеттик. Анда физикалык чоңдуктун чыныгы маанисине көбүрөөк жакын маанини кантип алууга болот деген суроо туулат. Биз ага каталык теориясын пайдалануу менен гана жетише алабыз.

Кандайдыр физикалык чоңдуктун өлчөнгөн маанилери x_1, x_2, …, x_n болсун дейли. Алар

$x_1 \neq x_2 \neq \ldots \neq x_n$ деп эсептейбиз. Мында n - өлчөөнүн саны. Өлчөнүүчү чоңдуктун чыныгы маанисин $x_{чыныгы}$ деп белгилейли. Өлчөнүүчү чоңдуктун чыныгы маанисине көбүрөөк жакын маани орточо арифметикалык маани болуп эсептелет. Ал төмөнкүчө аныкталат:

$$x_{орт.} = \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}. \quad (1.1)$$

Орточо арифметикалык маанини тапкандан кийин төмөнкү чоңдуктарды алууга болот:

$$\Delta x_1 = \left| x_1 - x_{орт.} \right|,$$

$$\Delta x_2 = \left| x_2 - x_{орт.} \right|,$$

жалпылап жазсак:

$$\Delta x_i = \left| x_i - x_{орт.} \right| \quad (1.2)$$

Мында Δx_i - ар бир өлчөөнүн абсолюттук катасы деп аталат. Ал өлчөнүүчү чоңдуктун бирдиги боюнча туюнтулат. Жогоруда табылган абсолюттук каталар өлчөөнүн катасын так мүнөздөй албайт. Ошондуктан, $x_{орт.}$ $x_{чыныгы}$ мааниден канчалык четтегендигин баалоо үчүн *орточо арифметикалык маанинин орточо квадраттык катасы* (өлчөнүүчү чоңдуктун а*бсолюттук катасы*) деген чоңдук киргизилет. Ал Δx деп белгиленип, төмөнкү формула менен эсептелет:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta x_i^2}{n(n-1)}} \quad (1.3)$$

Чоңдуктун чыныгы мааниси $x_{орт.} - \Delta x$ менен $x_{орт.} + \Delta x$ маанилеринин арасында жатат, б.а.

$$x_{орт.} - \Delta x < x_{чыныгы} < x_{орт.} + \Delta x.$$

$$x_{чыныгы} = x_{орт.} \pm \Delta x$$

Абсолюттук ката да өлчөөлөрдүн каталыгын жетиштүү так мүнөздөй албайт б.а., каталыкты баалоо үчүн ал да жеткиликтүү эмес. Мисалы, кандайдыр өлчөөлөрдүн абсолюттук катасы $\Delta x = 1\,m$ болсун дейли. Ал чоңбу же кичинеби? Бул суроого жооп берүү кыйын. Мисалы, аудиториянын узундугун өлчөөдө ал чоң, ал эми Ай менен Жердин аралыгын өлчөөдө кичине. Өлчөөнүн сапатын тагыраак баалоо үчүн абсолюттук катаны чоңдуктун орточо маанисине бөлүп коюу керек:

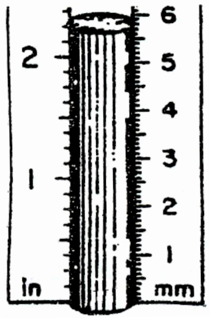
$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_{орт.}} \cdot 100\% \quad (1.4)$$

Бул чоңдук *салыштырмалуу ката* деп аталып % менен туюнтулат. Эгерде тажрыйбада өлчөнүүчү чоңдуктун теориялык мааниси бар болсо, анда (1.4) формуланы төмөнкүдөй жазып алууга болот:

$$\varepsilon = \left| \frac{x_{теор.} - x_{тажр.}}{x_{теор.}} \right| \cdot 100\% \quad (1.5)$$

Бул учурда ε чоңдуктун тажрыйбалык маанисинин теориялык маанисине карата салыштырмалуу катасы болуп эсептелинет.

Сызгыч, штангенциркуль жана микрометрдин жардамы менен узундукту өлчөө. Сызгыч кеңири колдонулган курал болуп эсептелет. Көбүнчө узундук метрдик сызгыч менен өлчөнөт. Бул сызгыч сантиметр (cm) жана анын ондон бир үлүшү болгон миллиметр (mm) боюнча тилкелерге бөлүнгөн.

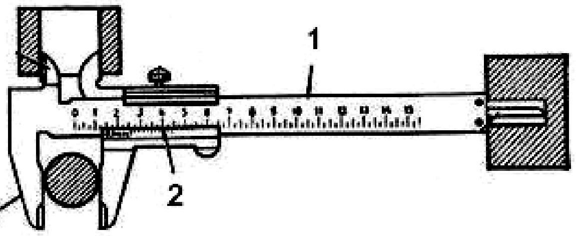


1.1-сүрөт

1.1-сүрөттөгү цилиндрдин узундугу метрдик сызгычта $5cm$, $7mm$, 0,9 mm болуп аныкталат жана $1\,mm$=0,1cm болгондуктан, 5,79cm болуп жазылат. 5,79 санынын акыркы 9 цифрасы цилиндрдин кыры сызгычтын 5,7cm жана 5,8 cm көрсөткүчтөрүнүн арасынан көз өлчөм менен аныкталып алынат. Акыркы цифра алгачкы эки цифрадай так болбосо да, мааниге ээ жана жазылыш керек. Муну менен бирге, өлчөө натыйжасын 5,790cm деп жазуу туура эмес. Себеби, бул учурда акыркы цифра 0 мааниге ээ эмес. 1.3-таблицада узундук, көлөм жана массанын эң көп колдонулган бирдиктери жана алардын өз ара байланыштары берилген.

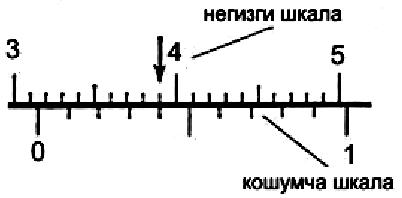
1.3-таблица

Физикалык чоңдук	Өлчөө бирдиктери	Кыскача белгилениши	Айландыруу байланыштары
узундук	метр сантиметр миллиметр	m cm mm	1 m =100 cm =1000 mm 1 cm =0,01 m =10 mm 1 mm =0,1 cm =0,001 m
көлөм	литр миллилитр кубдук сантиметр	ℓ $m\ell$ cm^3	1 ℓ =1000 $m\ell$ 1 $m\ell$ =0,001 ℓ 1 cm^3 =1 $m\ell$
масса	килограмм грамм	kg g	1 kg =1000 g 1 g =0,001 kg



1.2-сүрөт

Штангенциркуль (1.2-сүрөт) узундукту жогорку тактыкта өлчөө үчүн негизги (1) жана кошумча (2) шкалалар менен жабдылган курал. Өлчөнүүчү узундуктун бүтүн бөлүгү кошумча шкаланын биринчи сызыгына туш келген негизги шкаланын сызыгы менен аныкталат. 1.3-сүрөттөгү кошумча шкаланын биринчи сызыгы 31 mm ден чоң узундукту көрсөтүүдө. Узундуктун бөлчөктүү бөлүгүн табуу үчүн кошумча шкаланын кайсы сызыгы негизги шкаланын сызыгы менен дал келерин табуу керек. Кошумча шкаланын бул табылган сызыгы менен биринчи сызыктын ортосундагы бөлүктөрдүн саны аркылуу өлчөнүүчү узундуктун бөлчөктүү бөлүгү аныкталат. Мисалы, 1.3-сүрөттө негизги шкаланын сызыктарынын бири менен кошумча шкаланын төртүнчү сызыгы дал келет. Кошумча шкаланын биринчи жана бешинчи сызыктарынын ортосунда кошумча шкаланын 4 бөлүгү бар. Кошумча шкаланын ар бир бөлүгү, болжолдуу, негизги шкаланын эң кичине бөлүгүнүн 9/10 барабар. Башкача айтканда, кошумча шкаланын бир бөлүгү негизги шкаланын эң кичине бөлүгүнөн 0,1 mm ге кыска. Кайрадан мисалга кайрылсак, негизги шкаланын 31 mm сызыгы менен кошумча шкаланын биринчи сызыгынын ортосундагы айырма:



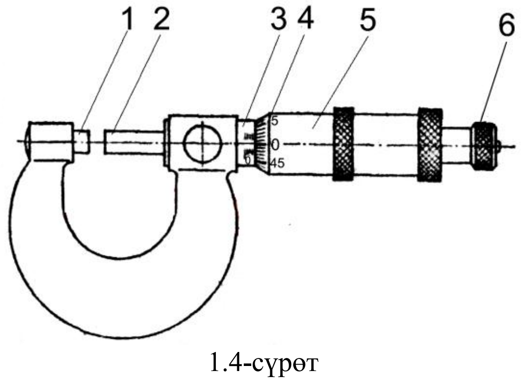
1.3-сүрөт

$$4\ (\textit{кошумча шкаланын бөлүгүнүн саны}) \times 0{,}1\,mm = 0{,}4\,mm$$

экендигин көрөбүз. Ошентип, биздин мисалда штангенциркулдан алынган маани 31,4 mm барабар болот.

Микрометр (1.4-сүрөт) кичине өлчөмдөрдү 0,01 mm ден дагы жогорку тактык менен өлчөөчү курал. Микрометрдин кошумча шкаласы (4) ок боюнча кыймылдуу барабанга (5) түшүрүлгөн. Микрометр менен өлчөө жүргүзүүдөн мурда, кыскычтарынын (1, 2) ортосунда эч нерсе жок учурда, негизги шкаланын (октогу) (5) нөлү менен барабандын шкаласынын нөлү дал келгендигин текшерүү керек.

Эскертүү: *Микрометрдин кыскычтарын өтө тыкыс жапсаңар бузулушу мүмкүн. Ошондуктан, барабанды ар дайым октун учундагы одуракай бурагыч (6) менен айландыргыла.*



1.4-сүрөт

Микрометрдин огундагы нөлдүк сызык барабандын бетиндеги нөлдүк сызык менен дал келбесе, микрометр туура жөндөлгөн эмес болот. Бул учурда бардык өлчөөлөрдү төмөнкүдөй түрдө тууралашыңар керек. Микрометр жабык учурда нөлдүк сызык ок сызыгынан өтсө, ал канча бөлүккө өткөндүгү барабандан аныкталат жана бөлүк саны өлчөө жыйынтыктарына кошулат. Ал эми жетпей калса,

тескерисинче кемитилет.

Цилиндрдин диаметрин өлчөө үчүн микрометрдин кыскычтары, октун одуракай бурамасын тырс эткиче айландыруу менен цилиндрге жакындатылат. Микрометрдин огунда миллиметр боюнча бөлүштүрүлгөн эки шкала (жогорку жана төмөнкү) бар. Алар бири-бирине карата $0{,}5\,mm$ ге жылышкан, б.а. жогорку шкаланын бөлүк сызыктары төмөнкү шкаланын бөлүктөрүнүн (1 миллиметрдин) жарымын көрсөтөт. Октогу шкаладан барабанга чейинки узундуктун бүтүн бөлүгүн, ал эми барабандагы шкаладан узундуктун бөлчөктүү бөлүгүн аныктайбыз. Узундуктун бөлчөктүү бөлүгүн аныктоодо, барабан октун төмөнкү сызыгына жакын келсе, барабандан аныкталуучу маани узундуктун бөлчөктүү бөлүгүн түздөн түз көрсөтөт. Ал эми барабан октун жогорку сызыгынан өтүп токтосо, барабандан окулган мааниге $0{,}5\,mm$ кошулат. Барабанды ок боюнча $1\,mm$ ге жылдыруу үчүн бурагычты эки жолу айландыруу керек. Барабандын шкаласы 50 бөлүккө бөлүнүп, ар бир бөлүктүн баасы $0{,}01\,mm$ ге барабар. Барабандагы шкаладан окулуучу маанинин бөлчөктүү бөлүгү туура аныкталса, өлчөөлөрдү $0{,}001\,mm$ ге чейинки тактыкта жүргүзүүгө болот.

ИШТИН ТАРТИБИ:

1. Силерге берилген ар кандай чоңдуктагы эки металл цилиндрдин L узундугун, d_1 ички жана d_2 сырткы диаметрлерин сызгыч менен өлчөгүлө. Ар бир өлчөөнү көз өлчөм менен миллиметрдин үлүштүк маанилерине чейин $0{,}2\,mm$ тактыкта аткарууга болот. Өлчөөнүн натыйжасы болгон сандарды туура орундарга (ондук, жүздүк, миңдик) жайгаштырып жазгыла.
2. Цилиндрлердин узундугун өлчөө үчүн микрометрди, ал эми диаметрлерин өлчөө үчүн штангенциркулду колдонуп, жогорудагы өлчөөлөрдү кайталагыла.
3. Цилиндрлерди ирээти менен жарымына чейин суу толтурулган мензуркага салгыла. Көтөрүлгөн суунун көлөмүн аныктоо менен цилиндрдин V көлөмүн өлчөгүлө.
4. Цилиндрлердин m массасын тараза менен өлчөгүлө.
5. Өлчөөлөрдүн натыйжаларын жана аларга тиешелүү болгон салыштырма жана абсолюттук каталарды эсептеп, 1.4-таблицага жазгыла.
6. Цилиндрлер үчүн 2-баскычта өлчөнүп алынган узундуктун жана диаметрлердин маанилерин пайдалануу менен көлөмүн

$$V = \frac{1}{4}\pi d^2 L \tag{1.6}$$

жана тыгыздыгын

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1.7}$$

формулаларын пайдаланып эсептегиле. Эки металл цилиндрлери үчүн ρ нун бирдей маанилерин алуу керек. (Бирок, тажрыйбадагы тактык чектүү болгондугуна байланыштуу, табыла турган эки ρ нун мааниси бири-бирине так барабар чыкпашы мүмкүн.) Алынган маанилерден, эки цилиндрдин тыгыздыгынын “эң так” маанисин табуу үчүн төмөндөгү 2 ыкманы колдонгула.

1-ыкма: ρ нун 2 маанисинин орточосун алгыла.

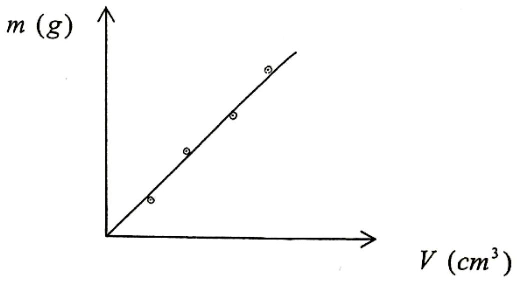
2-ыкма: Цилиндрдин m массасынын V көлөмдөн $m = f(V)$ көз карандылыгынын графигин тургузгула. (1.7) катыштан көрүнүп тургандай

$$m = \rho V \tag{1.8}$$

(1.8) катышы $m = f(V)$ графигинин координаттар башталышынан өтүүчү түз сызык болорун көрсөтөт. Чекиттериңерден өтүүчү түз сызык сызгыла. 1.5-сүрөттө көрсөтүлгөн сыяктуу чекиттериңер бир түз сызыкта жатпаса, алынган маанилеринерге мүмкүн болушунча жакын өтүүчү түз сызык сызгыла. ρ нун “эң так” мааниси - түз сызыктын μ жантаюусу. Жантаюу Δy вертикалдык айырманын Δx горизонталдык айырмага болгон катышына барабар, б.а.

$$\mu = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Түз сызыктын жантаюусун эсептегиле. Бул маанини 1-ыкмадан алынган маани менен салыштыргыла.



1.5-сүрөт. $m = f(V)$ графиги. Түз сызык алынган чекиттерге мүмкүн болушунча жакын жана координаттар башталышынан өтө тургандай сызылган.

7. Аныкталган ρ нун маанилерин таблицада берилген тыгыздыктын маанилери менен салыштырып, цилиндрлер кайсы металлдан жасалганын аныктагыла.
8. Эсептеп алган V маанилери менен мензуркадагы суунун көтөрүлүүсү боюнча табылган V маанилерин салыштыргыла.
9. Массанын көлөмдөн көз карандылыгынын графигин сызгыла жана табылган чекиттерден өткөн түз сызык сызгыла. Түз сызыктын жантаюусунан ρ ну тапкыла.

1.4-таблица

Курал	**Сызгыч**			**Штангенциркуль**						**Микрометр**			**Суунун көтөрүлүүсү**
Чонд.	L_i	d_{1i}	d_{2i}	d_{1i}	Δd_1	ε_{d_1}	d_{2i}	Δd_2	ε_{d_2}	L_i	ΔL	ε_L	V
Бирд.													
1.													
2.													
3.													
4.													
5.													
орт.													
1.													
2.													
3.													
4.													
5.													
орт.													

1.5-таблица

	V_{1i}	V_{2i}	V_i	ΔV	ε_V	m	ρ_i	$\Delta\rho$	ε_ρ	Зат
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
орт.										
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
орт.										

СУРООЛОР:

1. Өлчөө деп эмнени айтабыз? Өлчөөнүн кандай түрлөрү бар?
2. Физикалык чоңдук, физикалык чоңдуктун бирдиги деп эмнени айтабыз?
3. Бирдиктердин эл аралык системасындагы негизги чоңдуктар кайсылар?
4. Өлчөөдө кетирилүүчү каталардын кандай түрлөрү бар? Аларды түшүндүргүлө.
5. Прибордун сезгичтиги жана бөлүк баасы деп эмнени айтабыз?
6. Штангенциркулдун жардамы менен узундукту өлчөөнү түшүндүрүп бергиле. Штангенциркулдун өлчөө тактыгы кандай?
7. Микрометрдин жардамы менен узундукту өлчөөнү түшүндүрүп бергиле. Микрометрдин өлчөө тактыгы кандай?
8. Цилиндрдин көлөмүн табуунун кайсы ыкмасы тагыраак жыйынтык берет? Эмне үчүн?
9. Белгилүү бир геометриялык формага ээ болбогон таш кесегинин тыгыздыгын, тараза жана көлөмү белгилүү болгон өлчөөсүз идишти колдонуу менен кантип өлчөйсүңөр?
10. Тыгыздыктын эң так маанилерин алуу үчүн колдонулуучу жогоруда айтылган эки ыкманын пайдалуу жана ыңгайсыз жактары кандай?

№ 2 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ

Векторлорду кошуу

Жабдуулар:
- күч столу;
- кыскычтуу чыгырыктар;
- жүктөрдүн тобу;
- транспортир, сызгыч

Максат: Күч столунун жардамы менен күч векторлорунун суммасын табуу. Алынган натыйжаны векторлорду кошуунун түзүүчүлөргө ажыратуу ыкмасы жана геометриялык ыкма аркылуу текшерүү.

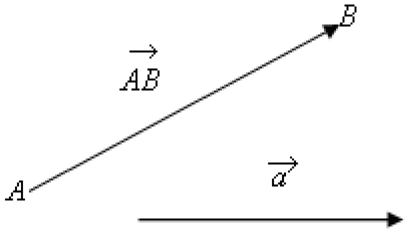
Күч. Күч вектору

Вектор деп багытталган кесинди аталат. Вектор үстүнө жебе белгиси сызылган бир тамга же вектордун башын жана учун көрсөткөн баш тамгалар менен белгиленет: $\vec{a}$, $\vec{A}$, $\overrightarrow{AB}$ ж.у.с. Бул кесиндинин узундугу *вектордун абсолюттук чоңдугу* же *модулу* деп аталат да, a же $|\vec{a}|$ түрүндө белгиленет. Кандайдыр окко карата вектордун жайгашуу бурчу *вектордун багыты* катары кабыл алынат.

Бир түз сызыкка жарыш болгон же бир түз сызыкта жаткан векторлор коллинеардуу, ал эми бир тегиздикке жарыш болгон векторлор компланардуу векторлор деп аталат.

Физикалык чоңдуктар эки чоң топко, атап айтканда, скалярдык жана вектордук чоңдуктарга бөлүнүшөт.

Сан мааниси боюнча мүнөздөлүүчү чоңдуктар *скалярдык чоңдуктар* деп аталат да, аларды кадимки сандар менен эле мүнөздөөгө болот. Скалярдык чоңдуктарга мисал болуп масса, температура, узундук, аянт, көлөм эсептелет.



2.1- сүрөт. Вектордун сүрөттөлүшү

Сан мааниси менен бирге мейкиндиктеги багыты менен мүнөздөлүүчү чоңдуктар *вектордук чоңдуктар* деп аталат.

Вектордук чондуктарга мисал катары күч векторун карап көрөлү. Физикада күч деп, нерселердин өз ара аракеттешүүсүнүн чени аркылуу аныкталуучу физикалык чоңдукту айтабыз. Бир нерсенин экинчи нерсеге аракети багыттуу мүнөзгө ээ болгондуктан, күч вектордук чоңдук болуп эсептелет. Мисалы, нерсеге $5\,N$ күч аракет этсе, анын кандай багытта аракет эткендиги көрсөтүлбөсө, күч чоңдугу толук берилди деп айтууга болбойт.

Күчтүн аракети менен нерсе кыймылга келиши же деформацияланышы мүмкүн.

Механиканын динамика бөлүмү күч жана күчтүн аракети менен байланышкан кубулуштарды ичине камтыйт. Нерсеге таасир эткен $\vec{F}_1, \vec{F}_2, ..., \vec{F}_n$ күчтөрүнүн жалпы аракети, алардын вектордук суммасына

$$\vec{F} = \sum \vec{F}_i \qquad (2.1)$$

барабар болгон натыйжалоочу $\vec{F}$ күчүнүн таасирине эквиваленттүү.

Динамиканын негизи үч закон түрүндө Ньютон тарабынан формулировкаланган.

Ньютондун биринчи закону. *Ар кандай нерсе өзүнүн тынч абалын же бир калыптагы түз сызыктуу кыймылын, башка нерселер тарабынан өзгөртүүгө аргасыз кылганга чейин сактап тура берет.* Бул $\sum \vec{F}_i = 0$ болгондо, $\vec{a} = 0$ б.а. нерсе тынч абалда же бир калыпта түз сызыктуу кыймылда болорун билдирет.

Ньютондун экинчи закону. *Күчтүн аракети менен нерсе ээ болгон ылдамдануу ал күчтүн чоңдугуна түз жана массасына тескери пропорциялуу*

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \qquad (2.2)$$

$$\vec{F} = m\vec{a}. \qquad (2.3)$$

Мында $\vec{F}$ күчү жогоруда белгиленгендей натыйжолоочу күч.

Ньютондун үчүнчү закону. *Аракетке дайыма барабар жана каршы аракет болот. Башкача айтканда, эки нерсенин бир-бирине кылган аракети барабар жана карама-каршы багытталган болот.*

Биринчи нерсе тарабынан экинчи нерсеге аракет кылган күчтү $\vec{F}_{12}$, экинчи нерсе тарабынан биринчи нерсеге жасаган каршы аракетти $\vec{F}_{21}$ деп белгилесек, анда

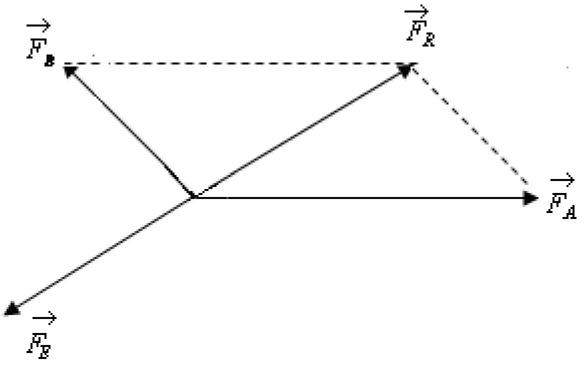
$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \qquad (2.4)$$

$\vec{F}_{12}$ жана $\vec{F}_{21}$ күчтөрү бир чекитке эмес, эки башка нерсеге аракет кылгандыктан, алардын натыйжалоочусу нөлгө барабар болбойт. Мында $\vec{F}_{12}$ жана $\vec{F}_{21}$ күчтөрү бирин бири тең салмактап тургандыктан, мындай күчтөр *тең салмактоочу күчтөр* деп аталат.

Динамикада тең салмактоочу күч түшүнүгүнөн сырткары натыйжалоочу күч түшүнүгү колдонулат. Тең салмактоочу жана натыйжалоочу күч деген түшүнүктөр бирдей эмес.

Натыйжалоочу күч – бул эки күчтүн суммасы $\left(\vec{F}_R\right)$. Ал эми тең салмактоочу $\left(\vec{F}_E\right)$ күч чоңдугу боюнча натыйжалоочу күчкө барабар, бирок карама-каршы багытталат, жана аны тең салмактап турат:

$$-\vec{F}_E = \vec{F}_R$$

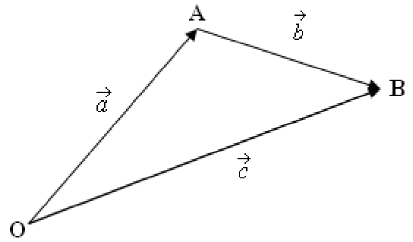


2.2 - сүрөт

Нерсеге аракет эткен күчтөрдү талдоодо векторлорду кошуунун ар түрдүү ыкмалары колдонулат. Биз төмөндө тажрыйбалык, геометриялык жана түзүүчүлөргө ажыратуу ыкмаларына токтолобуз.

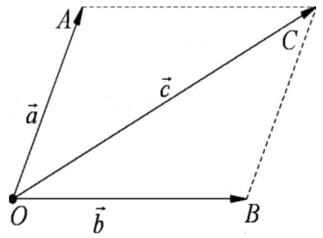
Векторлорду кошуу

Геометриялык ыкма. Берилген $\vec{a}$ жана $\vec{b}$ векторлорунун суммасы болгон $\vec{c}$ векторун табуу үчүн, каалаган O чекитин алып, адегенде $\overrightarrow{OA}=\vec{a}$ векторун түзүп, андан кийин А чекитинен $\overrightarrow{AB}=\vec{b}$ векторун ченеп коебуз. Биринчи вектордун башталышы менен экинчи вектордун учун туташтырган $\overrightarrow{OB}=\vec{c}$ вектору берилген $\vec{a}$ жана $\vec{b}$ векторлорунун суммасы деп аталат да, $\vec{a}+\vec{b}=\vec{c}$ деп белгиленет. Векторлорду кошуунун бул ыкмасы үч бурчтук эрежеси деп аталат (2.3-сүрөт).



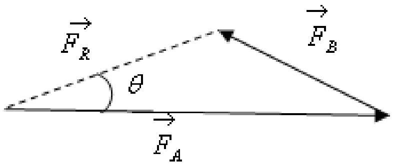
2.3 - сүрөт. Векторлорду үч бурчтук эрежеси боюнча кошуу

Эгер $\vec{a}$ жана $\vec{b}$ векторлору коллиенардуу болушпаса, анда алардын суммасы параллелограмм эрежеси боюнча да табылат. Ал үчүн O чекитинен $\overrightarrow{OA}=\vec{a}$ жана $\overrightarrow{OB}=\vec{b}$ векторлорун ченеп коюп, $\overline{OA}$ жана $\overline{OB}$ кесиндилерин параллелограммга толуктасак, $OACB$ параллелограммынын $\overrightarrow{OC}=\vec{c}$ диагоналы $\vec{a}$ жана $\vec{b}$ векторлорунун суммасы болот, б.а $\vec{a}+\vec{b}=\vec{c}$ (2.4- сүрөт).



2.4 - сүрөт. Векторлорду параллелограмм эрежеси боюнча кошуу

$\vec{a}$ жана $\vec{b}$ векторлорунун мисалында $\vec{F}_A$ жана $\vec{F}_B$ күч векторлору болгон болсо, бул эки күч сызгыч жана транспортирдин жардамы менен жогорудагы эрежелерге таянып суммаланат. $\vec{F}_B$ күчү $\vec{F}_A$ күчүнүн аягына уланат. Натыйжалоочу $\vec{F}_R$ күчү $\vec{F}_A$ векторунун аягы менен $\vec{F}_B$ векторунун учун туташтыруучу вектор болот (2.5-сүрөт). Вектордун чоңдугун сызгыч менен өлчөп, ал эми багытын (θ бурчун) транспортирдин жардамы менен аныктоо аркылуу $\vec{F}_E$ тең салмактоочу күчүн векторун чийүүгө болот.

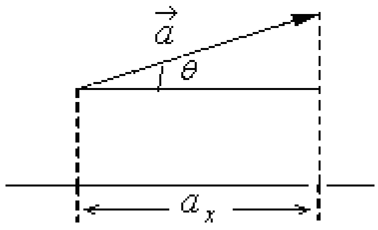


2.5-сүрөт

Түзүүчүлөргө ажыратуу ыкмасы. $\vec{a}$ векторунун x огуна болгон проекциясы деп a_x кесиндисин айтабыз (2.6-сүрөт), б.а. $\vec{a}$ векторунун x огуна болгон проекциясы скаляр жана ал

$$a_x = a\cos\theta \quad (2.5)$$

болорун баамдоо кыйын эмес.



2.6-сүрөт

Тегиздикте координат башталышынан чыккан $\vec{a}$ векторунун окторго болгон проекцияларын a_x, a_y аркылуу белгилесек, анда $\vec{a}$ векторунун бул проекцияларын $\vec{a}\,\{a_x; a_y\}$ деп белгилеп жазуу кабыл алынган. *Ox, Oy* окторунун бирдик векторлорун $\vec{i}$, $\vec{j}$ аркылуу белгилеп, $\vec{a}$ векторлорунун координаталары боюнча ажыратылып жазылышын алабыз:

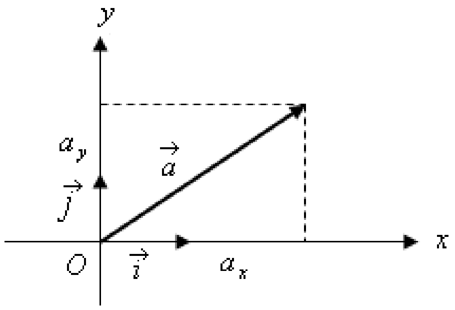
$$\vec{a}=a_x\vec{i}+a_y\vec{j} \quad (2.6)$$

Мында $a_x\vec{i}$ жана $a_y\vec{j}$ $\vec{a}$ векторунун *түзүүчүлөрү* деп аталат.

Вектордун модулун, анын окторго болгон проекциялары аркылуу туюнтуп алууга болот (2.7-сүрөт), б.а.

$$\left|\vec{a}\right|^2 = a_x^2 + a_y^2, \quad \text{анда} \quad \left|\vec{a}\right| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \quad (2.7)$$

Мында $\vec{a}$ векторунун проекциялары $a_x = a\cos\theta$, $a_y = a\sin\theta$ формулалары менен аныкталат. *Вектордун модулу анын окторго болгон проекцияларынын квадраттарынын суммасынан алынган квадраттык тамырга барабар.*



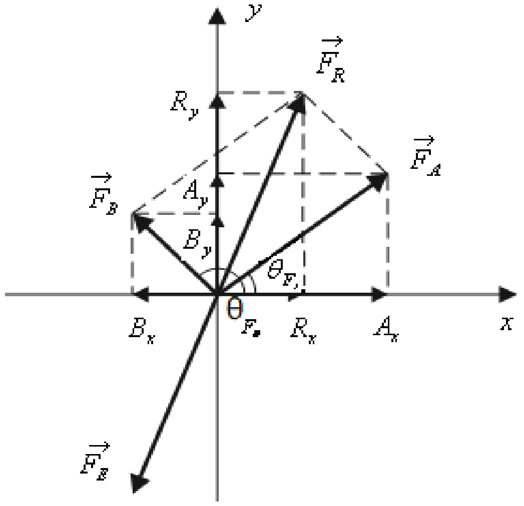
2.7-сүрөт

Эки күчтүн натыйжалоочусун алардын түзүүчүлөрү аркылуу таба алабыз. $\vec{F}_A$ жана $\vec{F}_B$ векторлорун *XY* координат системасына жайгаштырып, түзүүчүлөргө ажыратабыз (2.8-сүрөт):

$$\vec{F}_A = A_x\vec{i} + A_y\vec{j}; \qquad \vec{F}_B = B_x\vec{i} + B_y\vec{j}.$$

$\vec{F}_A$ жана $\vec{F}_B$ күчтөрүнүн суммасын табуу үчүн:

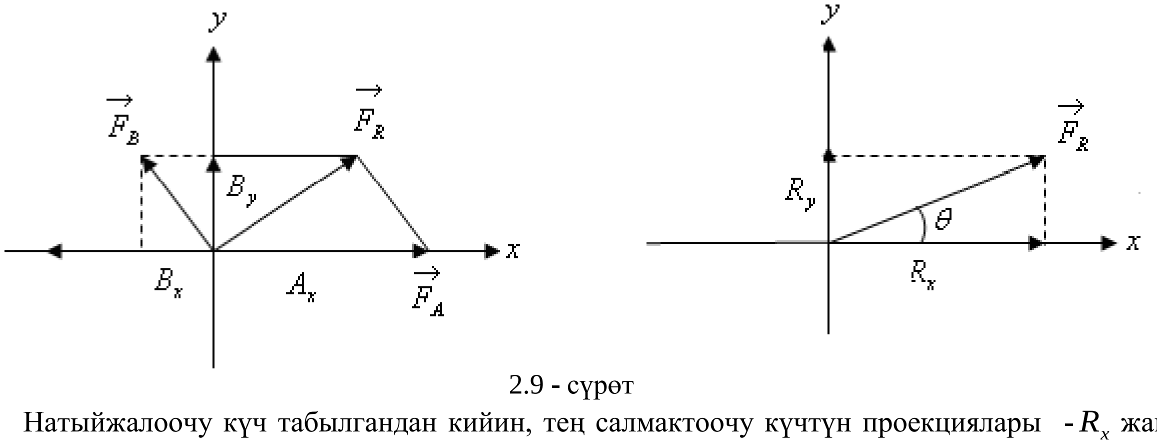
$$F_R = (A_x + B_x)\vec{i} + (A_y + B_y)\vec{j} = R_x\vec{i} + R_y\vec{j};$$



2.8-сүрөт

Мында R_x, R_y - натыйжалоочу күчтүн проекцияларын туюнтушат. Натыйжалоочу күчтүн чоңдугун табуу үчүн Пифагордун теоремасын колдонобуз: $F_R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$; ал эми багыты б.а. *x* огуна карата жантаюу бурчу тригонометриялык формула менен аныкталат $\tan(\theta) = \dfrac{R_y}{R_x}$.

2.9-сүрөттө ыңгайлуу болуш үчүн $\vec{F}_A$ вектору *X* огун бойлото жайгаштырылган, демек, анын *Y* огуна проекциясы нөл болорун ($A_y = 0$) эстен чыгарбоо керек.



2.9 - сүрөт

Натыйжалоочу күч табылгандан кийин, тең салмактоочу күчтүн проекциялары $-R_x$ жана $-R_y$ болорун түшүнүү кыйын эмес. Демек, ушул проекциялар менен тең салмактоочу күчтүн векторун чийип алууга болот.

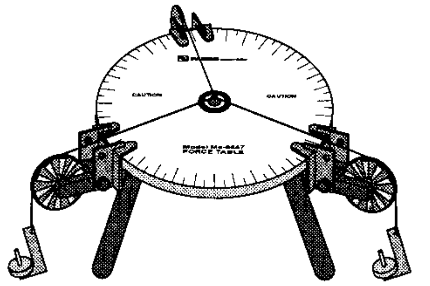
ИШТИН ТАРТИБИ:

Эскертүү: *Бардык учурда чыгырык аркылуу илинип жипке аракет эткен күч жүктүн массасы менен эркин түшүү ылдамдануусунун көбөйтүндүсү (* $F = mg$*,* $g = 9{,}8\,m/s^2$ *) , б. а. жүктүн салмагы аркылуу табылат.*

1. Тажрыйбалык ыкма

1. Күч столун 2.10-сүрөттө көрсөтүлгөндөй кылып чогулткула.
2. Үч чыгырыктын бирин 0^0 бурчка бекитип, ал аркылуу арта салынган илгичке $m_A = 50\,g$ массадагы (илгичтин массасын эсепке алганда) жүк илгиле. Бул жүктүн салмагы шакекчеге 0^0 тук багытта таасир эткен $\vec{F}_A$ күчүн түзөт. $\vec{F}_A$ күчүнүн чоңдугун эсептеп 2.1-таблицага жазгыла.

***Эскертүү:** Илгичтин массасы 5 g барабар.*



2.10-сүрөт

3. Экинчи чыгырыкты 120^0 бурчка бекитип, ал аркылуу арта салынган илгичке $m_B = 100\,g$ (илгичтин массасын эсепке алганда) массадагы жүк илгиле. Бул жүктүн салмагы шакекчеге 120^0тук багытта таасир эткен $\vec{F}_B$ күчүн түзөт. $\vec{F}_B$ күчүнүн чоңдугун эсептеп 2.1-таблицага жазгыла.
4. Тандоо жолу менен, шакекченин борбору күч столунун борбору менен дал келе тургандай кылып үчүнчү чыгырыктын жайгашуу бурчун жана чыгырык аркылуу илинген жүктүн m_E массасын аныктагыла. Бул маанилер аркылуу тең салмактоочу $\vec{F}_E$ күчүнүн чоңдугун жана θ_{F_E} багытын эсептегиле. $\vec{F}_E$ күчү калган эки жүк менен шартталган $\vec{F}_A$ жана $\vec{F}_B$ күчтөрүнүн $\vec{F}_R$ натыйжалоочусун тең салмактайт. Аныкталган маанилерди 2.1-таблицага жазгыла.

***Эскертүү:** Шакекче ыкмасында тең салмактуулук абалы төмөнкү критерийлер менен аныкталат:*

- шакектин борбору столдун борбору менен дал келет;
- шакекти бир аз жылдырып, кайра кое бергенде, ордуна келгендей болушу керек.

Таблица 2.1 Эки вектордун суммасын тажрыйбалык ыкма менен аныктоо

θ_{F_A} (град.)		m_A (kg)		F_A (N)	
θ_{F_B} (град.)		m_B (kg)		F_B (N)	
θ_{F_E} (град.)		m_E (kg)		F_E (N)	
θ_{F_R} (град.)				F_R (N)	

2. Түзүүчүлөргө ажыратуу ыкмасы

1. Кагаз бетинде $\vec{F}_A$ жана $\vec{F}_B$ векторлорун x, y координат окторунда түзүүчүлөргө ажыраткыла. $\vec{F}_A$ жана $\vec{F}_B$ векторлорунун табылган x, y түзүүчүлөрүн өз ара кошуп, адегенде натыйжалоочу $\vec{F}_R$, андан соң тең салмактоочу $\vec{F}_E$ күч векторунун чоңдугун жана багытын тапкыла. Натыйжаны 2.2-таблицага жазгыла.

Эскертүү: *$\vec{F}_A$ жана $\vec{F}_B$ күчтөрүнүн чоңдугун жана багытын жогоруда каралган ыкмадагыдай алгыла.*

Таблица 2.2. Эки вектордун суммасын векторлорду түзүүчүлөргө ажыратуу ыкмасы менен аныктоо

F_A (N)	0,49	F_B (N)	0,98	F_R (N)		F_E (N)	
A_x (N)		B_x (N)		R_x (N)			
A_y (N)		B_y (N)		R_y (N)		θ_{F_E} (град.)	
θ_{F_A} (град.)	0^0	θ_{F_B} (град.)	120^0	θ_{F_R} (град.)			

3. Геометриялык ыкма

1. $\vec{F}_A$ күч векторунун чоңдугун 0,49 N деп кабыл алып, кагаз бетинде анын узундугун 0,1 N го 1 cm туура келгидей масштабда, 0^0 тук бурч менен чийгиле.
2. $\vec{F}_B$ күч векторлорунун чондугун 0,98 N деп кабыл алып, узундугун жогорудагыдай эле масштаб менен $\vec{F}_A$ күч векторуна карата 120^0 тук багытта чийгиле.
3. Векторлорду кошуунун үч бурчтук же параллелограмм эрежесинин негизинде $\vec{F}_A$ жана $\vec{F}_B$ векторлорунун суммасы болгон $\vec{F}_R$ натыйжалоочу векторун чийгиле. Сызгычтын жардамы менен бул вектордун узундугун өлчөп, канча N түзөрүн, ал эми транспортирдин жардамы менен вектордун горизонталдык окко карата бурчун өлчөп, күчтүн багытын аныктагыла. Алынган маанилерди 2.3-таблицага жазгыла.
4. Ньютондун 3-законунун негизинде $\vec{F}_R$ күчүн тең салмактоочу $\vec{F}_E$ күчүнүн чоңдугун жана багытын аныктап, жогорудагы чиймеге толуктап чийгиле.

Таблица 2.3 Эки вектордун суммасын геометриялык ыкма менен аныктоо

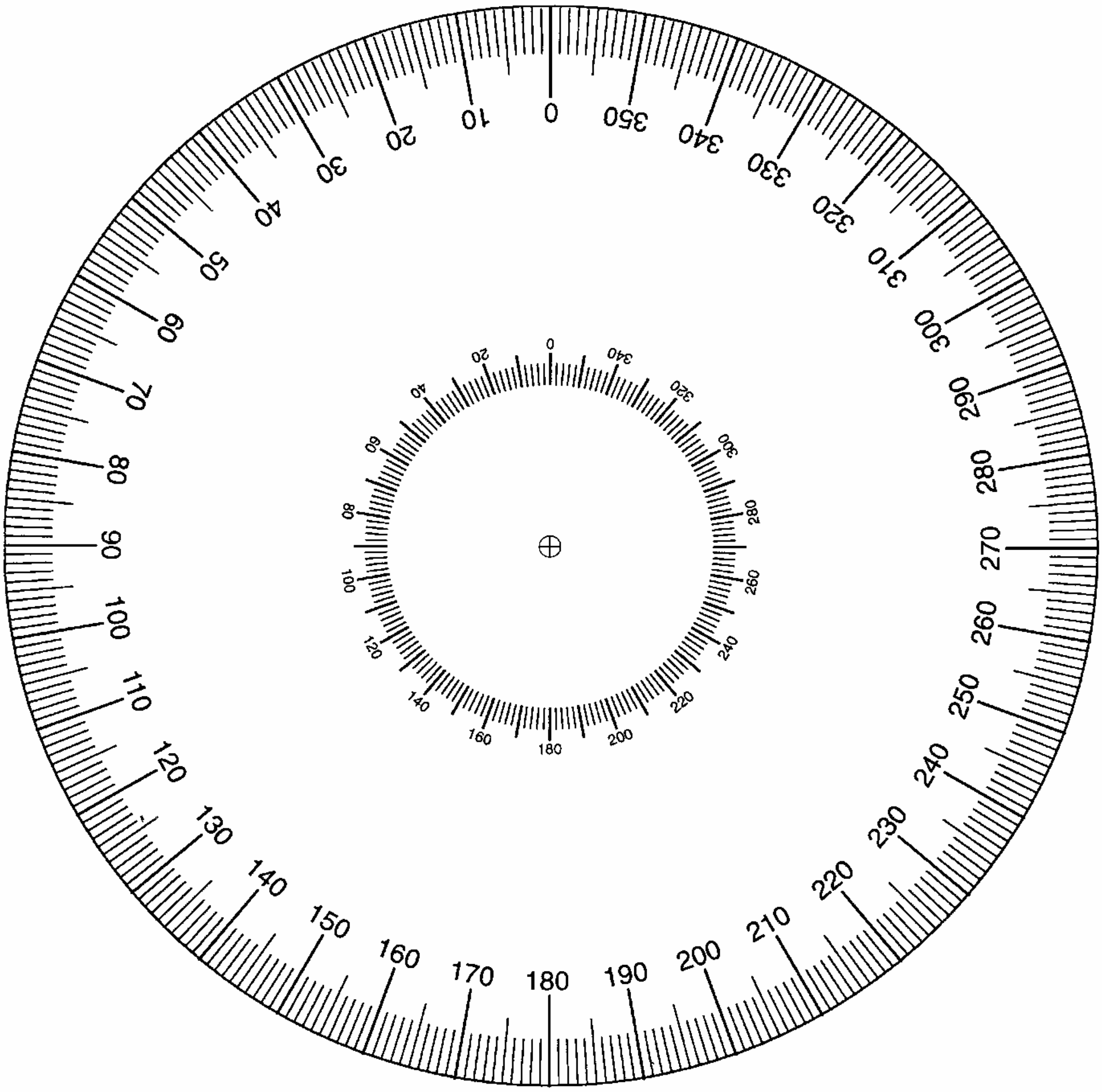
θ_{F_A} $(град.)$	0^0	F_A (cm)		F_A (N)	0,49
θ_{F_B} $(град.)$	120^0	F_B (cm)		F_B (N)	0,98
θ_{F_E} $(град.)$		F_E (cm)		F_E (N)	
θ_{F_R} $(град.)$		F_R (cm)		F_R (N)	

Таблица 2.4 Үч ыкма менен аныкталган эки вектордун суммасын салыштыруу

Ыкма	**Натыйжалоочу күч ($\vec{F}_R$)**		***Тең салмактоочу күч ($\vec{F}_E$)***	
	Чоңдугу (N)	*Багыты (град.)*	*Чоңдугу (N)*	*Багыты (град.)*
Тажрыйбалык				
Түзүүчүлөргө ажыратуу				
Геометриялык				

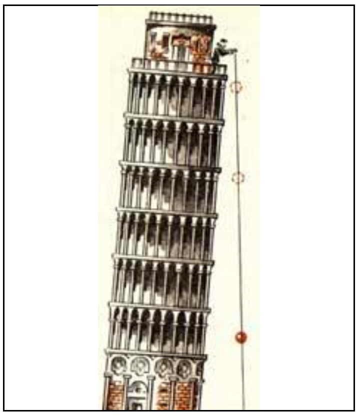
СУРООЛОР:

1. Скалярдык жана вектордук чоңдук деп эмнени айтабыз?
2. Күч деп кандай чоңдукту түшүнөбүз? Ар түрдүүчө аталган күчтөрдү канча топко бириктирүүгө болот? Жаратылыштагы өз ара аракеттешүүнүн түрлөрүн атап бергиле.
3. Ньютондун законлору кайсы эсептөө системаларында так аткарылат?
4. Ньютондун I законунун эрежесин жана анын физикалык маңызын түшүндүргүлө.
5. Ньютондун II законунда нерселердин массасы кандай чоңдук болуп эсептелет?
6. Ньютондун III законун түшүндүргүлө.



2.11-сүрөт. Транспортир

№3 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ
Эркин түшүүнүн ылдамдануусу



Жабдуулар:
- смарт таймер (Smart Timer);
- фотогейт (Fotogate);
- фотогейт үчүн таяныч;
- тилкелүү желекче

Максат: Бир калыпта ылдамдатылган кыймылды изилдөө жана эркин түшүүнүн ылдамдануусун тажрыйбада аныктоо.

Ылдамдык жана ылдамдануу. Материянын кыймылынын эң жөнөкөй түрү болуп механикалык кыймыл эсептелет. Нерсенин (же анын бөлүктөрүнүн) абалынын башка нерселерге (же бири-бирине) карата салыштырмалуу өзгөрүшү *механикалык кыймыл* деп аталат. Бул аныктамадан каалагандай механикалык кыймыл салыштырмалуу экендиги келип чыгат. Нерсенин мейкиндиктеги абалы салыштырылып алынган башка бир нерсе *эсептөө системасынын башталышы* деп аталат.

Берилген маселеде чоңдугун (өлчөмүн) эсепке албай коюуга мүмкүн болгон нерсе *материалдык чекит* деп аталат. Материалдык чекиттин массасын нерсенин массасына барабар деп алабыз.

Механикалык кыймылдын бир түрү болуп *алга умтулуу кыймылы* эсептелет. Мындай кыймыл учурунда нерсенин каалагандай эки чекитин туташтыруучу сызык өзүнө-өзү жарыш бойдон калат.

Материалдык чекиттин кыймылы траектория, басып өткөн жолдун узундугу, которулуш, ылдамдык жана ылдамдануу чоңдуктары менен мүнөздөлөт.

Материалдык чекиттин мейкиндиктеги абалынын өзгөрүшүн көрсөтүүчү сызык же нерсе басып өткөн чекиттердин геометриялык орду *траектория* деп аталат.

Кыймылдарды траекториянын мүнөзүнө жараша *түз* (траекториясы түз) жана *ийри сызыктуу* (траекториясы ийри сызык) деп бөлүүгө болот. Ал эми кыймылдын мүнөзүнө жараша бир калыптагы жана өзгөрмөлүү болуп бөлүнөт.

Эгерде нерсе убакыттын барабар аралыгында барабар узундуктагы жолду басып өтсө, анда мындай кыймыл *бир калыптагы кыймыл* деп аталат.

Бир калыпта түз сызыктуу кыймылдын ылдамдыгы төмөнкү формула менен аныкталат:

$$\upsilon = \frac{S}{t} \tag{3.1}$$

Өзгөрмөлүү кыймыл учурунда болсо кирпик каккыча ылдамдык жана орточо ылдамдык түшүнүктөрү каралат. Эгерде убакыттын t_0 моментинен $t_0 + \Delta t$ моментине чейин нерсе ΔS жолун басып өтсө, анда

$$\upsilon_{орт.} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \tag{3.2}$$

катышы Δt убакыт аралыгындагы *орточо ылдамдык* деп аталат.

Кирпик каккыча же убакыттын берилген t моментиндеги ылдамдык төмөнкүдөй аныкталат:

$$\vec{\upsilon}_t = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} \tag{3.3}$$

Ылдамдык вектордук чоңдук. Демек, анын чоңдугу менен бирге мейкиндиктеги багыты да көрсөтүлөт. Ылдамдыктын СИ системасындагы бирдиги m/s.

Эгерде убакыт бирдигинде ылдамдык бирдей чоңдукка өзгөрсө, анда мындай кыймыл *бир калыпта өзгөрмөлүү кыймыл* деп аталат. Материалдык чекиттин ылдамдыгынын канчалык тез же жай өзгөрүшүн мүнөздөө үчүн *ылдамдануу* деп аталган чоңдук киргизилет. Убакыт бирдигиндеги ылдамдыктын өзгөрүшүн мүнөздөөчү чоңдук ылдамдануу деп аталат жана төмөнкү формула менен аныкталат:

$$\vec{a} = \frac{\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0}{t - t_0} = \frac{\Delta \vec{\upsilon}}{\Delta t} \tag{3.4}$$

Мында υ_0 жана υ - убакыттын Δt интервалынын башындагы жана аягындагы ылдамдыктын маанилери. Ылдамдануунун СИ системасындагы бирдиги m/s^2.

Ылдамдануу ылдамдык сыяктуу эле вектордук чоңдук. Ылдамдатылган кыймылда анын багыты ылдамдыктын багыты менен дал келет. Эгерде кыймыл акырындатылган болсо, анда $\upsilon - \upsilon_0 < 0$ болуп, ылдамдануунун багыты ылдамдыктын багытына карама-каршы багытталган болот.

Бир калыпта ылдамдатылган же акырындатылган кыймылдарда ылдамдануу турактуу чоңдук ($\vec{a} = const$), б.а. убакыт бирдигиндеги ылдамдыктын өзгөрүшү дайыма бирдей болот.

Бир калыпта өзгөрмөлүү кыймылдагы нерсенин убакыттын каалагандай моментиндеги ылдамдыгы төмөнкү формула менен аныкталат:

$$\upsilon = \upsilon_0 \pm at \tag{3.5}$$

Бир калыпта өзгөрмөлүү кыймыл учурунда t убактысы ичинде өтүлгөн жол төмөнкү формула менен аныкталат:

$$S = \upsilon_0 t \pm \frac{at^2}{2} \tag{3.6}$$

Эркин түшүүнүн ылдамдануусу. Түз сызыктуу бир калыпта өзгөрмөлүү кыймылдын мисалы болуп, абанын каршылыгын эске албаган учурдагы нерселердин өтө чоң эмес (Жердин радиусунан бир топ кичине) бийиктиктен оордук күчүнүн таасири астында эркин түшүүсү жана тик өйдө ыргытылган нерсенин кыймылы эсептелет. Нерселердин мындай кыймылдарын Галилео Галилей изилдеп үйрөнгөн. Анын өлчөөлөрү мындай кыймылда ылдамдануу тик төмөн багытталып, абсолюттук мааниси боюнча болжол менен $g = 9{,}8\, m/s^2$ ка барабар экендигин көрсөткөн (нерсенин тик төмөн же тик жогору кыймылынын ылдамдануусу дайыма g тамгасы менен белгиленет) жана бул чоңдук нерсенин массасынан көз каранды эмес болуп, бардык нерселер үчүн бирдей болоорун аныктаган.

Эми эркин түшүүнүн ылдамдануусунун жогорудагы мүнөздөмөлөрүн динамиканын закондору аркылуу далилденишин карайлы.

Бардык физикалык нерселердин ортосунда тартылуу күчтөрү бар, б.а. бардык физикалык нерселер бири-бирине тартылышат. Гравитациялык өз ара аракеттешүү жалпыга тиешелүү универсалдуулукка ээ: анын таасирине бардык материалдык объекттер, жада калса физикалык талаалар дуушар болушат.

Бүткүл дүйнөлүк тартылуу закону Исаак Ньютон тарабынан ачылган. Анын айтуусу боюнча, эки кыймылсыз материалдык чекит нерселер бири-бирине массаларынын көбөйтүндүсүнө түз, ал эми ортосундагы аралыктын квадратына тескери пропорциялуу күч менен өз ара аракеттешет, б.а.:

$$F = G\frac{Mm}{r^2} \tag{3.7}$$

Мында γ – гравитациялык турактуулук деп аталат. Бул закон бир тектүү шарлар үчүн да аткарылат, бирок бул учурда r катары алардын борборлорунун ортосундагы аралыкты кароо керек. Бул закон шарлар бири-биринин жанында, бири-бирине тийишип турган учурда да аткарылат.

Кандайдыр бир нерсенин Жер менен төмөнкү шарттар аткарылган учурдагы өз ара аракеттешүүсүн карайлы:

1. Нерсе Жердин бетине өтө жакын турат;
2. Нерсенин массасы Жердин массасынан өтө кичине;

3. Нерсе материалдык чекит катары каралат.

Анда (3.7) формулада аралык катары болжолдуу Жердин радиусу алынат, б.а. массасы m болгон нерсеге таасир эткен тартылуу күчү төмөнкүгө барабар болот:

$$F = G\frac{Mm}{R^2} \qquad (3.8)$$

Ньютондун экинчи законуна ылайык бул күч

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

барабар болгон нерсенин ылдамдануусун пайда кылат. Формуладан көрүнүп тургандай бул ылдамдануу нерсенин массасынан (касиеттеринен) жана анын жайгашуу бийиктигинен көз каранды эмес. Ал Жердин массасынан жана радиусунан гана көз каранды. Бул ылдамдануу, жогоруда биз белгилеп кеткендей, *эркин түшүүнүн ылдамдануусу* деп аталат жана g тамгасы менен белгиленет:

$$g = G\frac{M}{R^2}.$$

Бул каалагандай башка планета үчүн да аткарылат. Эркин түшүүнүн ылдамдануусу планетанын массасынан жана радиусунан көз каранды. Жер үчүн ал $g = 9{,}8\ m/s^2$ деп кабыл алынган. Бирок, g нын мааниси географиялык кеңдикке да жараша өзгөрөт.

Ошентип, Жер бетиндеги нерсенин эркин түшүү кыймылы g ылдамдануусу менен бир калыпта ылдамдатылган кыймыл болуп эсептелет.

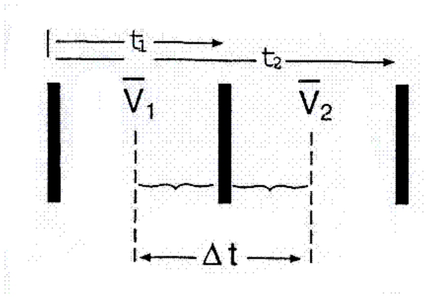
Эркин түшүүнүн ылдамдануусун смарт таймер жана фотогейт деп аталган куралдардын жардамы менен тажрыйба жүзүндө аныктап алууга болот. Мында эркин түшүүнүн ылдамдануусун аралыкты жана убакытты өлчөө аркылуу эсептөө же түздөн-түз өлчөп алуу мүмкүн.

Ылдамданууну убакытты өлчөө менен эсептөөдө төмөнкү формуланы колдонуу керек:

$$g = \frac{\Delta \upsilon}{\Delta t} = \frac{\upsilon_2 - \upsilon_1}{\frac{1}{2}t_2}$$

Мында $\upsilon_1 = \frac{5cm}{t_1}$ жана $\upsilon_2 = \frac{5cm}{t_2 - t_1}$. $\Delta t = \frac{1}{2}t_2$ экендигин эске алгыла (3.1-сүрөттү карагыла).

$$\Delta t = \frac{1}{2}t_1 + \frac{1}{2}(t_2 - t_1) = \frac{1}{2}t_1 + \frac{1}{2}t_2 - \frac{1}{2}t_1 = \frac{1}{2}t_2$$



3.1-сүрөт. **Эмне үчүн** g **ны эсептөө формуласында** $\Delta t = t_2/2$ **колдонулгандыгына түшүндүрмө**

ИШТИН ТАРТИБИ:

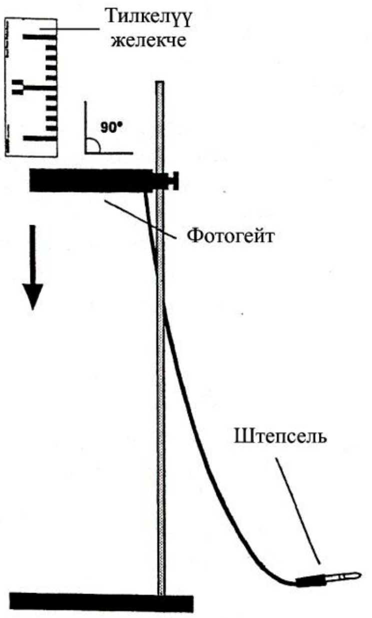
I БӨЛҮК. Убакытты жана аралыкты өлчөө аркылуу ылдамданууну аныктоо

1. Фотогейтти 3.2-сүрөттө көрсөтүлгөндөй, полго параллель жана кыймылсыз болгудай орноткула.
2. Фотогейттин штепселин смарт таймердин I же II каналына туташтыргыла жана смарт таймерди **Time: Fence** абалына жөндөгүлө.
3. Смарт таймердин 3 (**Start/Stop**) баскычын баскыла жана кыпчыгычты ачуу менен, тилкелүү желекче фотогейттин нурун вертикалдуу кесип өткөндөй төмөн таштагыла.

Эскертүү: *Өлчөөлөрдү жогорку тактыкта жүргүзүү үчүн төмөнкү шарттарды аткаруу керек:*

1. *Желекче фотогейттин нуруна 90^0 бурч менен айланбастан түшүш керек. Желекченин кырын кыпчыгыч менен кармагыла.*
2. *Желекченин 5 cm дик тилкеси фотогейттин нурун кесип өткөндөй болуп түшүш керек.*

4. Смарт таймерден 3 (**Start/Stop**) баскычын басып t_1, андан кийин 2 (**Select Mode**) баскычын басып, t_2 чоңдуктарынын маанисин жазып алгыла. Ылдамданууну m/s^2 бирдигинде эсептегиле. Өлчөөлөрдү бир нече жолу кайталагыла.



3.2-сүрөт

II БӨЛҮК. Ылдамданууну түз өлчөө

1. Смарт таймерди **Acceleration**: **One Gate** абалына жөндөгүлө.
2. Смарт таймердин 3 (**Start/Stop**) баскычын баскыла жана кыпчыгычты ачуу менен, тилкелүү желекче фотогейттин нурун вертикалдуу кесип өткөндөй төмөн таштагыла.
3. Смарт таймерден g ылдамдануусунун маанисин m/s^2 бирдигинде жазып алгыла. Өлчөөлөрдү бир нече жолу кайталагыла.

3.1-таблица

I БӨЛҮК (Ылдамданууну убакытты жана аралыкты өлчөө аркылуу аныктоо)								II БӨЛҮК (Ылдамданууну түздөн түз өлчөө)			
ℓ	t_{1i}	t_{2i}	υ_{1i}	υ_{2i}	g_i	ε	$g_{чын.маани}$	g_i	ε	$g_{чын.маани}$	g_t
m	s	s	m/s	m/s	m/s^2	%	m/s^2	m/s^2	%	m/s^2	m/s^2
орт.											

4. I жана II бөлүктөрдө жүргүзүлгөн өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн натыйжаларын жана аларга тиешелүү болгон салыштырма жана абсолюттук каталарды эсептеп 3.1-таблицага жазгыла. Эркин түшүүнүн ылдамдануусунун теориялык жана өлчөнгөн маанилеринин ортосундагы айырманы процент менен эсептегиле.

СУРООЛОР:

1. Механикалык кыймыл жана анын түрлөрү жөнүндө айтып бергиле.
2. Ылдамдык деп эмнени айтабыз? Формуласын жана бирдигин жазгыла.
3. Ылдамдануу деп эмнени айтабыз? Формуласын жана бирдигин жазгыла.
4. Бир калыптагы кыймылда өтүлгөн жолдун жана бир калыпта ылдамдатылган кыймылда ылдамдыктын убакыттан көз карандылыгынын айырмачылыктарды түшүндүргүлө.
5. Эркин түшүүнүн ылдамдануусу деп кандай ылдамдануу эсептелет жана ал канчага барабар?
6. Эмне себептен эркин түшүүнүн ылдамдануусу нерсенин массасынан көз каранды болбогонун түшүндүргүлө.

№4 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ

Ньютондун II закону

Жабдуулар: - смарт таймер (Smart Timer);
- динамикалык арабача;
- динамикалык аба рельси;
- чыгырык;
- фотогейт (Fotogate);
- фотогейт үчүн таяныч;
- жүк жана илгичтер тобу;
- тараза;
- жип.

Максат: Ньютондун II законун ($\vec{F} = m\vec{a}$) тажрыйба жүзүндө текшерүү.

Ньютондун II закону. Ньютондун II закону m массалуу нерсеге аракет этүүчү $\vec{F}$ натыйжалоочу күчү менен нерсенин $\vec{a}$ ылдамдануусунун ортосундагы катышты аныктайт.

№2 лабораториялык иште берилген Ньютондун II законун башкача да айтууга болот. *Нерсеге аракет кылган күчтүн чоңдугу ал нерсенин массасы менен ээ болгон ылдамдануусунун көбөйтүндүсүнө барабар:*

$$\vec{F} = m\vec{a} \tag{4.1}$$

Нерсе ээ болгон ылдамдануу аркылуу кыймылдын бир катар кинематикалык мүнөздөмөлөрүн аныктоого болот. Ошондуктан, Ньютондун экинчи закону *кыймылдын негизги теңдемеси* деп аталат. Жогорудагы формулаларда нерсенин массасы өзгөрбөгөн турактуу чоңдук деп каралат. Кыймыл учурунда массанын өзгөрүшү Ньютондун экинчи законуна кошумчаларды киргизүүнү талап кылат.

(4.1) түрүндө жазылган формуладан

$$m = \frac{\vec{F}}{\vec{a}} \tag{4.2}$$

алабыз. Мында нерсенин массасы нерсеге аракет кылган күчтүн, нерсе ээ болгон ылдамдануусу аркылуу аныкталат. Бул формула ар бир нерсенин жеке өзүнө гана таандык болгон касиетин мүнөздөйт. Чынында эле, берилген нерсеге кандай күчтөр аракет кылса, ал күчтөрдүн аракети менен нерсе ээ болгон ылдамдануунун катышы турактуу санды берет:

$$m = \frac{\vec{F}_1}{\vec{a}_1} = \frac{\vec{F}_2}{\vec{a}_2} = \ldots = \frac{\vec{F}_n}{\vec{a}_n} \tag{4.3}$$

Нерсенин жеке өзүнө тиешелүү болгон бул касиети *инерттүүлүк* деп аталат. Бирок, ал ар кандай нерселер үчүн ар башка. Ошондуктан, (4.3) катышы нерселердин инерттүүлүгүнүн сандык мүнөздөмөсү болот. Инерттүүлүгү чоң (F/m) нерселердин массасы (m) да чоң болот. Ошондуктан, Ньютондун экинчи законунда масса нерселердин инерттүүлүгүнүн чени катарында аныкталат. Нерсе

канчалык өзүнүн тынч же бир калыпта түз сызыктуу кыймыл абалын көбүрөөк сактоого жөндөмдүү болсо, б.а. инерттүүлүгү чоң болсо, анын массасы да ошончолук чоң болот.

Ньютондун экинчи закону инерциалдык эсептөө системасында гана аткарылат. Күчтүн аракети инерциалдык эсептөө системасына карата тынч же бир калыпта түз сызыктуу кыймылда болгон нерсенин ылдамдыгын (же тынч абалын) өзгөртүп ылдамданууга келтирет. Эгерде нерсе күчтүн аракети менен берилген инерциалдык эсептөө системасында ылдамданууга ээ болсо, ал ар кандай инерциалдык эсептөө системаларына карата да ушул эле ылдамданууга ээ болот.

Эгерде нерсеге бир эле убакта бир нече күч аракет кылса, нерсе чоңдугу жана багыты боюнча аракет кылган күчтөрдүн жалпы түзүүчүсүнүн, нерсенин массасына болгон катышы менен аныкталуучу ылдамданууга ээ болот. Эгерде күчтөрдүн аракети өз ара компенсацияланышса (натыйжалоочу күч нөлгө барабар болсо), анда нерсе Ньютондун биринчи законуна ылайык, тынч же бир калыпта түз сызыктуу кыймылда болот.

Ньютондун II законун тажрыйбада карайлы. Реалдуу шартта Ньютондун экинчи законунун аткарылышына жолтоо болгон себептердин бири сүрүлүү болуп эсептелет. Сүрүлүүнүн таасири дээрлик жокко эсе деп, аба рельси жана анын үстүндө кыймылдоочу арабача аркылуу Ньютондун экинчи законун ырастоого болот. Аба рельси аба үйлөгүчтөн жана рельстен турат. Рельстин астында бурамалар жана бетинде көзөнөкчөлөрү бар. Аба үйлөгүчтөн келген аба бул көзөнөкчөлөрдөн тышка чыгуу менен рельстин үстүндө кыймылга келген арабача менен рельстин ортосундагы сүрүлүүнү азайтат (4.1-сүрөт).

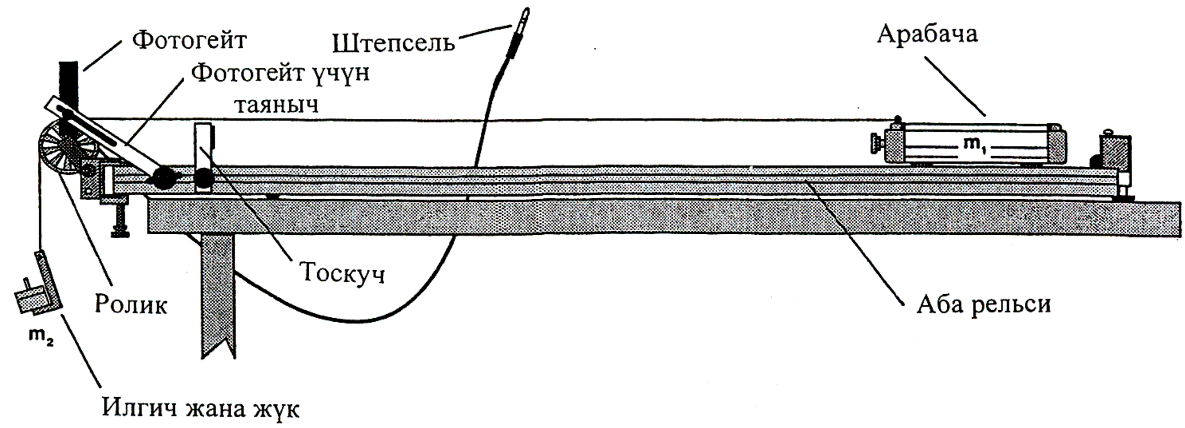
Чыгырык аркылуу арта салынган жиптин бир учуна жүгү бар илгич илинген, ал эми экинчи учуна белгилүү массадагы жүк илинген арабача бекитилген. Улам чоңураак салмактуу жүктөрдү илип, б.а. арабачаны тарткан күчтүн чоңоюшу менен анын ылдамдануусунун чоңоюшун байкайбыз. Мындан ылдамдануунун күчкө түз пропорциялуу экендигине ишенебиз.

Илгичтеги жүктү өзгөртпөстөн, арабачага кошумча жүктөрдү кошо баштасак, арабача ээ болгон ылдамдануу, тескерисинче, кичирейе баштайт. Бул учурда ылдамдануу нерсенин массасына тескери пропорциялуу экендигин байкайбыз.

Толук системага, тагыраак айтканда, горизонталдык рельске жайгашкан m_1 массалуу арабачага жана чыгырык аркылуу илинип коюлган m_2 массалуу жүккө аракет этүүчү натыйжалоочу күч, илинип коюлган жүктүн салмагына барабар. Мында сүрүлүү эске алынбайт. Ньютондун II законуна ылайык бул натыйжалоочу күч ma га барабар. Мында $m = m_1 + m_2$. Бул тажрыйба $m_2 g = (m_1 + m_2)a$ барабардыгын ырастайт.

ИШТИН ТАРТИБИ:

1. Арабачаны рельске коюп, анын кыймылын байкоо менен рельсти түздөгүлө. Рельсти, бир учуна бош коюлган арабача кайсы багытта кыймылга келгенин байкап, жөндөөчү бураманын жардамы менен теңдегиле.
2. Арабачанын массасын табуу үчүн таразаны колдонгула жана алынган маанилерди 4.1-таблицага жазгыла.
3. Чыгырыкты 4.1-сүрөттө көрсөтүлгөндөй кылып рельстин учуна орноткула.
4. Фотогейтти смарт таймер менен туташтыргыла жана фотогейтти чыгырык айланганда, анын тилкелери фотогейттин нурун кесип өткөндөй кылып орноткула.



4.1-сүрөт

5. Арабачаны рельске койгула. Жиптин бир учун арабачанын учундагы көзөнөккө, ал эми экинчи учун жүгү бар илгичке байлагыла. Жип, жүк жерге тийгенче, арабача рельстин аягына келгендей узундукта болуш керек.
6. Арабачаны, жүгү бар илгич чыгырыкка жеткенче артка тарткыла. Арабача жүрүшүн болжолдуу 2 секундада аяктоосу үчүн илгичке кандай массадагы жүктү илүү керек экендигин аныктагыла. Жүктүн массасынын маанисин 4.1-таблицага жазгыла.
7. Смарт таймерди төмөнкүдөй абалга жөндөгүлө: **Acceleration**: **Linear Pulley**.

Эскертүү: *Массасы 50 g дан 100 g чейинки жүктөрдү пайдалангыла. Арабачанын жүрүшү 2 секундадан көпкө уланбасын.*

8. Арабачаны жүгү бар илгич чыгырыкка жеткенче артка тарткыла. Арабачаны кое бергиле жана арабача кыймылын баштаганда, смарт таймерди иштеткиле (убакытты өлчөө фотогейттин нуру алгачкы кесилгенде башталат). Бул өлчөөнү ушул эле жүктөр менен 5 жолу кайталагыла. Бардык алынган маанилерди 4.1-таблицага жазгыла. Ылдамдануунун орточо маанисин эсептегиле жана 4.1-таблицага жазгыла.
9. Смарт таймерди **Acceleration**: **Angular Pulley** абалына жөндөгүлө. Жогорудагыдай эле жүктөрдү пайдаланып, чыгырыктын ε бурчтук ылдамдануусун өлчөгүлө. Өлчөөнү 5 жолу кайталагыла. $a = \varepsilon r$ формуласынын жардамы менен сызыктуу ылдамданууну эсептегиле (r - чыгырыктын радиусу, $r = 0{,}025\,m$).
10. Бардык өлчөнгөн жана эсептелинген чоңдуктарды жана аларга тиешелүү болгон абсолюттук жана салыштырма каталарды 4.1-таблицага жазгыла.
11. 8- жана 9-баскычтарда алынган ылдамдануунун маанилерин салыштыргыла.
12. Кошумча жүктөрдү колдонуу менен арабачанын массасын чоңойткула жана процедураны кайталагыла.
13. Өлчөнгөн $F_{тажр.} = (m_1 + m_2)a$ күчүн эсептегиле жана 4.1-таблицага жазгыла.
14. Теориялык $F_{теор.} = m_2 g$ күчүн эсептегиле жана 4.1-таблицага жазгыла.
15. Теориялык жана өлчөнгөн күчтөрдүн ортосундагы айырманы процент менен эсептегиле.

4.1-таблица

m_1	m_2	r	a_t	a_i	ε_i	$a_i = \varepsilon_i r$	$F_{i\,тажр.}$	ΔF	$F_{чыныгы}$	$F_{теор.}$	ε
kg	kg	m	m/s^2	m/s^2	rad/s^2	m/s^2	N	N	N	N	%
				$a_{орт.} =$	$\varphi_{орт.} =$	$a_{орт.} =$	$F_{тажр.орт.} =$				

СУРООЛОР:

1. Күч деп эмнени айтабыз? СИ системасында бирдиги кандай?
2. Ылдамдануу, күч жана массанын ортосунда кандай байланыш бар? Ньютондун экинчи законун түшүндүргүлө. Ньютондун закондору кандай эсептөө системаларында аткарылат?
3. Инерттүүлүк деген эмне?
4. Эгерде m_1 жана m_2 белгилүү болсо жана сүрүлүү күчүн эске албасак, 4.1-сүрөттө көрсөтүлгөн система ээ болгон a ылдамдануусунун формуласын жазгыла.

№5 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ
Горизонтко бурч менен ыргытылган нерсенин кыймылы

Жабдуулар:
- атуучу түзүлүш;
- пластик топтору;
- метрдик тасма;
- сызгыч;
- көчүрмө кагазы (копирка);
- ак кагаз;
- миллиметрдик кагаз

Максат: Горизонталдык багытта ыргытылган нерсенин учуу алыстыгын аныктоо;
Горизонтко бурч менен ыргытылган нерсенин учуу алыстыгын аныктоо;
Нерсенин учуу алыстыгы менен атуу бурчунун ортосундагы байланышты табуу.

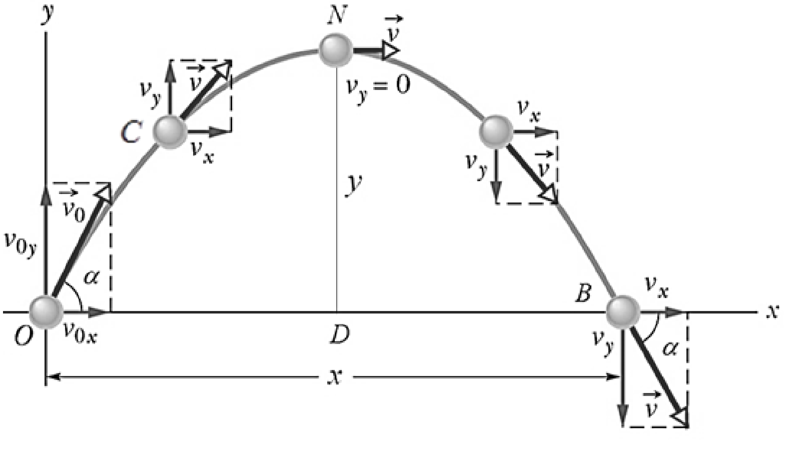
Ийри сызыктуу кыймылдардын ичинен горизонтко бурч менен ыргытылган нерселердин кыймылдарын өз алдынча бөлүп кароо ылайык. Себеби, мындай мүнөздөгү кыймылдарга артиллериялык куралдардан атылып чыккан снаряддар, самолеттон ташталган бомба жана жүк, биз ыргыткан нерселер ж.у.с. көп мисалдарды келтирүүгө болот.

Абанын каршылыгын эске албаганда, мындай кыймылдардын негизги теңдемесин төмөнкүчө аныктайбыз.

Нерсе, убакыттын $t = 0$ моментинде, координат башталышынан, $\vec{\upsilon}_0$ ылдамдыкта горизонтко (x огуна) карата α бурчу менен ыргытылсын дейли (5.1-сүрөт). Анда $\vec{\upsilon}_0$ баштапкы ылдамдыгы x огуна карата υ_{0x} (горизонталдык) жана y огуна карата υ_{0y} (вертикалдык) түзүүчүлөрүнө ээ болот:

$$\upsilon_{0x} = \upsilon_0 \cos\alpha ,$$

$$\upsilon_{0y} = \upsilon_0 \sin\alpha .$$



5.1-сүрөт

Кандайдыр t убактысы өткөндөн кийин, нерсе C чекитине жетип, $\vec{\upsilon}$ ылдамдыгына ээ болсун. Бул ылдамдыкты да горизонталдык жана вертикалдык түзүүчүлөргө ажыратып, аларды аныктайлы.

Учуп бараткан нерсеге, горизонталдык багытта эч кандай күч таасир этпегендиктен (абанын каршылыгын эске албаганда), ылдамдыктын горизонталдык түзүүчүсү бүткүл жолдо турактуу сакталат, б.а. $\upsilon_x = \upsilon_{0x} = const$. Ал эми вертикалдык түзүүчүсү, Жердин гравитациялык талаасынын (күчүнүн) таасиринен, нерсенин жогору көтөрүлүшү менен кичирейип, ал эми төмөн түшүшү менен чоңоюп отурат. Бул өзгөрүү t боюнча болот. Ошондуктан, жогорудагы системаны t убакыт моменти үчүн төмөнкүчө жазабыз:

$$\begin{aligned} \upsilon_x &= \upsilon_0 \cos\alpha \\ \upsilon_y &= \upsilon_0 \sin\alpha - gt \end{aligned} \qquad (5.1)$$

Мында g - эркин түшүүнүн ылдамдануусу.

Биз карап жаткан убакыт ичиндеги нерсенин горизонталдык жана вертикалдык багыттар боюнча өткөн жолдору x жана y, б.а. C чекитинин x, y координаталары төмөнкүчө болору шексиз:

$$x = \upsilon_0 \cos\alpha\, t \qquad (5.2)$$

$$y = \upsilon_0 \sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2} \qquad (5.3)$$

Бул эки теңдемеден нерсенин кыймылынын траекториясын аныктоого болот. Ал үчүн убакытты жоготобуз. (5.2) теңдемеден

$$t_{толук} = \frac{x}{\upsilon_0 \cos\alpha}$$

маанисин (5.3) теңдемеге коебуз:

$$y = tg\alpha \cdot x - \frac{g}{2\upsilon_0^2 \cos^2\alpha} x^2, \qquad (5.4)$$

g жана υ_0 турактуу болгондуктан, жогорку теңдеме

$$y = ax + bx^2$$

теңдемесинин түрүнө келет. Бул теңдеме параболанын теңдемеси. Ошентип, горизонтко бурч боюнча багытталган нерсенин кыймылы (траекториясы), абанын каршылыгын эсепке албаганда, парабола боюнча болот.

Жогорудагы (5.1), (5.2), (5.3) (5.4) теңдемелерди пайдаланып, горизонтко бурч менен багытталган нерсенин кыймылынын дагы бир катар мүнөздөмөлөрүн аныктоого болот.

Нерсенин учуу алыстыгынын жана көтөрүлүү бийиктигинин бурчтан көз карандылыгы. Нерсенин көтөрүлгөн эң чоң бийиктиги, б.а. параболанын чокусу жана анын учуу алыстыгы υ_0 менен α бурчунан кандай көз каранды экендигин иликтеп көрөлү.

Параболанын эң бийик чекитинде, б.а. параболанын чокусунда $\upsilon_y = 0$. Эгерде t бул чокуга чейин нерсенин көтөрүлүүсүнө кеткен убакыт деп эсептесек, анда (5.1) системасынын экинчи теңдемесинен

$$t_{чоку} = \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g} \qquad (5.5)$$

Убакыттын ушул маанисин (5.3) теңдемесине коюп,

$$y = \upsilon_0 \sin\alpha \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g} - \frac{g}{2}\left(\frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g}\right)^2 = \frac{\upsilon_0^2 \sin^2\alpha}{2g} \qquad (5.6)$$

алабыз. Турактуу υ_0 үчүн көтөрүлүү бийиктиги α дан гана көз каранды. Бурч 90^0 болгондо, көтөрүлүү эң бийик болот:

$$y_{max} = \frac{\upsilon_0^2}{2g}. \qquad (5.7)$$

Демек, бул учур үчүн көтөрүлүү υ_0 дон гана көз каранды. Берилген бурч үчүн, баштапкы ылдамдыктын чоңоюшу менен нерсенин көтөрүлүү бийиктиги да чоңоет.

Горизонтко бурч боюнча багытталган нерсенин учуу алыстыгын билүү да чоң мааниге ээ. Нерсенин учуу алыстыгы – бул нерсенин чыккан чекитинин горизонталдык проекциясынан баштап анын түшүү чекитине чейинки аралык. Ал жогорудагы (5.2) формуласы менен аныкталарын эскерттик. Мында α - горизонтко карата бурч, б.а. $\vec{\upsilon}_0$ баштапкы ылдамдык вектору менен горизонт сызыгынын ортосундагы бурч экендигин тактай кетели (5.1-сүрөт).

Эгерде нерсенин атылуу бийиктиги менен түшүү бийиктиги бирдей деңгээлде, б.а. O жана B чекиттери бир тегиздикте жатса, горизонталдык багыт боюнча OD аралыгын өтүү үчүн канча убакыт кетсе, DB аралыгын өтүү үчүн кеткен убакыт да ошондой эле болот. Анда жалпы учуу убактысы нерсенин максималдуу көтөрүлүү чекитине жетүүгө кеткен убакыттын эки эселенгенине барабар болот:

$$t_{толук} = 2 \cdot t_{чоку} = 2 \cdot \frac{\upsilon_0 \sin\alpha}{g} \tag{5.8}$$

Ушул себептен $x = OB$ аралыгын табуу үчүн (5.2) теңдемесине (5.8) теңдемесин коюп, төмөнкүгө ээ болобуз:

$$x = \upsilon_0 \cos\alpha \frac{2\upsilon_0 \sin\alpha}{g} = \frac{\upsilon_0^2 2\cos\alpha \sin\alpha}{g} = \frac{\upsilon_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$x = \frac{\upsilon_0^2}{g} \sin 2\alpha \, . \tag{5.9}$$

Бирдей υ_0 үчүн $\alpha = 45^0$ болгондо учуу алыстыгы эң чоң б.а.

$$x_{\max} = \frac{\upsilon_0^2}{g} \tag{5.10}$$

болот.

Баштапкы ылдамдыкты аныктоо. Горизонтко карата кандайдыр бир бурч менен ыргытылган нерсенин учуу алыстыгын аныктоо үчүн, адегенде, нерсенин баштапкы (ыргытылган учурдагы) υ_0 ылдамдыгын табуу керек. Ал үчүн нерсени горизонталдык багытта атып, атуучу түзүлүштүн бийиктигин, б.а. баштапкы бийиктикти жана нерсенин учуу алыстыгын өлчөө керек.

Нерсе кандайдыр бир бийиктиктен горизонталдык багытта ыргытылганда, б.а. $\alpha = 0^0$ болгон учурда (5.3) формуласы төмөндөгүдөй түргө келет:

$$y = \frac{gt^2}{2} \tag{5.11}$$

Мында, нерсенин баштапкы учуп чыгуу бийиктиги y_0 го барабар деп алабыз. Баштапкы бийиктикти өлчөө менен, (5.11) теңдемесинен нерсенин учуу убактысын аныктоого болот:

$$t = \sqrt{\frac{2y_0}{g}} \, . \tag{5.12}$$

(5.2) теңдемесин $\alpha = 0^0$ учуру үчүн жазсак

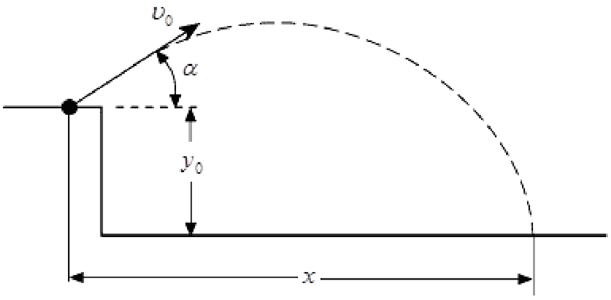
$$x = \upsilon_0 \, t \tag{5.13}$$

болот. Анда баштапкы ылдамдык төмөнкү формула менен аныкталып калат:

$$\upsilon_0 = \frac{x}{t} = x\sqrt{\frac{g}{2y_0}} \tag{5.14}$$

Бийиктиктен бурч менен атылган топтун учуу алыстыгын аныктоо. Эгерде нерсе белгилүү бийиктиктен горизонтко кандайдыр бир бурч менен атылса (5.2-сүрөт), анда анын кыймылын, жогоруда каралган эки учур: жерден горизонтко белгилүү бир бурч менен жана белгилүү бийиктиктен горизонталдык багытта ыргытылган нерселердин кыймылдарынын комбинациясы катары карап, аларга тиешелүү болгон (5.1)-(5.10) жана (5.11)-(5.14) теңдемелери менен мүнөздөөгө

болот. Мында нерсе параболанын чокусунда ээ болгон ылдамдыгы, $\vec{\upsilon}_0$ баштапкы ылдамдыктын υ_{0x} горизонталдык түзүүчүсүнө барабар экендигин белгилей кетүү зарыл.



5.2-сүрөт

ИШТИН ТАРТИБИ:

I БӨЛҮК

Топтун баштапкы ылдамдыгын аныктоо:

1. Атуучу түзүлүштү кыймылсыз столдун же полдун үстүнө орноткула.
2. Атуучу түзүлүштү, топ горизонталдык багытта учуп чыга тургандай кылып, нөл градуска тууралагыла.

Эскертүү: *Атуучу түзүлүштү "жакынкы" абалга жөндөө үчүн, түзүлүштүн ичинде жайгашкан пружинаны, атайын берилген таякчанын жардамы менен бир жолу тырсылдаган үн чыкканча, ал эми "алыскы" абалга жөндөө үчүн, эки жолу тырсылдаган үн чыкканча кысуу керек.*

3. Атуучу түзүлүштү таякчанын жардамы менен «алыскы абалга» жөндөп, топту ичине орноткула. Топтун түшө турган жерин белгилөө үчүн бир жолу атып көргүлө. Түшкөн жерге чаптагыч тасманын (скоч, изолента) жардамы менен ак кагазды, анын үстүнө көчүрмө кагазын (карбон бетин төмөн каратып) чаптагыла. Топ кагаздардын үстүнө түшкөндө, көчүрмө кагазы ак кагаздын үстүнө так калтырат.

Эскертүү: *Топтун түзүлүштөн учуп чыккандагы ээ болгон баштапкы ылдамдыгы түзүлүштүн "жакынкы" же "алыскы" абалга жөндөлүшүнө жараша боло тургандыгын эске алгыла.*

4. Атуучу түзүлүштүн топ чыккан чекитинен жерге чейинки вертикалдык аралыкты, б.а. баштапкы бийиктикти (y_0) өлчөп, 5.1-таблицага жазгыла.
5. Топ учуп чыккан чекиттин горизонталдык окко түшкөн проекциясынан баштап, ак кагаздын четине чейинки горизонталдык аралыкты (x_1) метрдик тасманын жардамы менен ченеп, 5.1-таблицага жазгыла.
6. 10 жолу аткыла.
7. Ак кагаздын четинен баштап, кагаздын бетине топтон түшкөн такка чейинки аралыктарды (x_{2i}) өлчөп, бул маанилердин орточосун ($x_{2орт.}$) эсептеп, 5.1-таблицага жазгыла.
8. Учуу алыстыгынын маанисин $x = x_1 + x_{2орт}$ формуласынын жардамы менен аныктап, 5.1-таблицага жазгыла.
9. Баштапкы бийиктиктин (y_0) жана учуу алыстыгынын маанисин (x) колдонуп, топтун учуу убактысын (t), баштапкы ылдамдыгын (υ_0) (5.13) жана (5.14) формулаларынын жардамы менен эсептегиле. Жыйынтыктарды 5.1-таблицага түшүргүлө.

Эскертүү: *Тажрыйбанын бардык бөлүгүндө бир эле атуучу түзүлүш колдонулгандыктан, баштапкы ылдамдыктын жогоруда аныкталган мааниси тажрыйбанын бардык бөлүгүндө бирдей болот.*

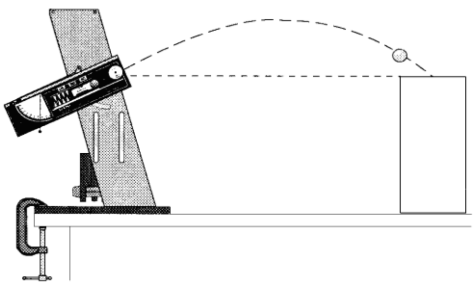
5.1-таблица.

	y_0	x_1	x_{2i}	$x = x_1 + x_{2орт.}$	t	υ_0
	(m)	(m)	(m)	(m)	(s)	(m/s)
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
			$x_{2орт} =$			

II БӨЛҮК

Белгилүү бир бурч менен атылган топтун учуу алыстыгын теориялык жана тажрыйбалык жол менен аныктоо:

1. Атуучу түзүлүштү кыймылсыз столдун же полдун үстүнө орноткула.
2. Атуучу түзүлүштү 30^0 менен 60^0 тун арасындагы бир бурчка тууралап, ал маанини 5.2-таблицага жазгыла.
3. Атуучу түзүлүштү таякчанын жардамы менен «алыскы абалга» жөндөп, топту ичине орноткула. Топтун түшө турган жерин белгилөө үчүн бир жолу атып көргүлө. Топ түшкөн жерге, топ учуп чыккан чекиттин деңгээли менен бирдей бийиктиктеги куту коюп (5.3-сүрөт), анын бетине ак кагазды чаптагыла. Ак кагаздын үстүнө көчүрмө кагазын чаптагыла.
4. Топ учуп чыккан чекиттен баштап, ак кагаздын четине чейинки горизонталдык аралыкты (x_1) ченеп, 5.2-таблицага жазгыла.



5.3-сүрөт

5. 10 жолу аткыла.
6. Ак кагаздын четинен баштап, кагаздын бетине топтон түшкөн такка чейинки аралыктарды (x_{2i}) өлчөп, бул маанилердин орточосун ($x_{2орт.}$) эсептеп, 5.2-таблицага жазгыла.
7. Учуу алыстыгынын маанисин $x = x_1 + x_{2орт}$ формуласынын жардамы менен аныктап, 5.2-таблицага жазгыла.
8. Атуу бурчунун 2-кадамда тандалган маанисине жараша, (5.6) жана (5.9) формулаларынын жардамы менен көтөрүлүү бийиктигинин жана учуу алыстыгынын теориялык маанилерин эсептеп, 5.2-таблицага жазгыла.
9. Учуу алыстыгынын, тандалып алынган бурчка карата эсептелген теориялык мааниси менен тажрыйбадан өлчөнгөн маанисинин ортосундагы салыштырмалуу катаны аныктагыла.

5.2-таблица

	α	x_1	x_{2i}	$x = x_1 + x_{2орт.}$	υ_0	$y_{теор.}$	$x_{теор.}$	ε
	град.	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	(m)	%
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								
			$x_{2орт} =$					

III БӨЛҮК

Топтун учуу алыстыгынын бурчтан көз карандылыгын аныктоо:

1. Атуучу түзүлүштү тегиз бетке жайгаштырып, 10^0 бурчка тууралагыла. Бурчтун маанисин 5.3-таблицага жазгыла.
2. Атуучу түзүлүштү таякчанын жардамы менен «алыскы абалга» жөндөп, топту ичине орноткула. Топтун түшө турган жерин белгилөө үчүн бир жолу атып көргүлө. Топ түшкөн жерге, топ учуп чыккан чекиттин деңгээли менен бирдей бийиктиктеги куту коюп, анын бетине ак кагазды чаптагыла. Ак кагаздын үстүнө көчүрмө кагазын чаптагыла.
3. Топ учуп чыккан чекиттен баштап, ак кагаздын четине чейинки горизонталдык аралыкты (x_1) ченеп, 5.3-таблицага жазгыла.
4. 10 жолу аткыла.
5. Ак кагаздын четинен баштап, кагаздын бетине топтон түшкөн такка чейинки аралыктарды (x_{2i}) өлчөп, бул маанилердин орточосун ($x_{2орт.}$) эсептеп, 5.2-таблицага жазгыла.
6. Учуу алыстыгынын маанисин $x = x_1 + x_{2орт}$ формуласынын жардамы менен аныктап, 5.3-таблицага жазгыла.
7. Бурчту улам 10^0ка чоңойтуп, жогорудагы кадамдарды бурчтун 80^0 маанисине чейин кайталагыла. Алынган маанилерди 5.3-таблицага жазып, жогоруда белгиленген тиешелүү эсептөөлөрдү жүргүзгүлө.
8. Таблицадагы жыйынтыктарды пайдаланып, миллиметр кагазына ар бир бурчка тиешелүү учуу алыстыгын белгилеп, белгиленген чекиттерди туташтырып, учуу алыстыгынын бурчтан болгон көз карандылык графигин түзгүлө.

5.3-таблица

α	x_1	x_{2i}		$x_{2\text{орт.}}$	x	α	x_1	x_{2i}		$x_{2\text{орт.}}$	x
град.	(m)	(m)		(m)	(m)	град.	(m)	(m)		(m)	(m)
10		1.				20		1.			
		2.						2.			
		3.						3.			
		4.						4.			
		5.						5.			
		6.						6.			
		7.						7.			
		8.						8.			
		9.						9.			
		10.						10.			

α	x_1	x_{2i}		$x_{2\text{орт.}}$	x	α	x_1	x_{2i}		$x_{2\text{орт.}}$	x
град.	(m)	(m)		(m)	(m)	град.	(m)	(m)		(m)	(m)
30		1.				40		1.			
		2.						2.			
		3.						3.			
		4.						4.			
		5.						5.			
		6.						6.			
		7.						7.			
		8.						8.			
		9.						9.			
		10.						10.			

α	x_1	x_{2i}		$x_{2\text{орт.}}$	x	α	x_1	x_{2i}		$x_{2\text{орт.}}$	x
град.	(m)	(m)		(m)	(m)	град.	(m)	(m)		(m)	(m)
50		1.				60		1.			
		2.						2.			
		3.						3.			
		4.						4.			
		5.						5.			
		6.						6.			
		7.						7.			
		8.						8.			
		9.						9.			
		10.						10.			

α	x_1	x_{2i}		$x_{2\text{орт.}}$	x	α	x_1	x_{2i}		$x_{2\text{орт.}}$	x
град.	(m)	(m)		(m)	(m)	град.	(m)	(m)		(m)	(m)
70		1.				80		1.			
		2.						2.			
		3.						3.			
		4.						4.			
		5.						5.			
		6.						6.			
		7.						7.			
		8.						8.			

		9.						9.			
		10.						10.			

IV БӨЛҮК

Бийиктиктен бурч менен атылган топтун учуу алыстыгын теориялык жана тажрыйбалык жол менен аныктоо:

1. Атуучу түзүлүштү кыймылсыз столдун же полдун үстүнө орноткула.
2. Атуучу түзүлүштү 30^0 менен 60^0 тун арасындагы бир бурчка тууралап, ал маанини 5.4-таблицага жазгыла.
3. Атуучу түзүлүштү таякчанын жардамы менен «алыскы абалга» жөндөп, топту ичине орноткула. Топтун түшө турган жерин белгилөө үчүн бир жолу атып көргүлө. Түшкөн жерге чаптагыч тасманын жардамы менен ак кагазды, анын үстүнө көчүрмө кагазын чаптагыла. Топ кагаздардын үстүнө түшкөндө, көчүрмө кагазы ак кагаздын үстүнө так калтырат.
4. Атуучу түзүлүштүн топ чыккан чекитинен жерге чейинки вертикалдык аралыкты, б.а. баштапкы бийиктикти (y_0) өлчөп, 5.4-таблицага жазгыла.
5. Топ учуп чыккан чекиттин горизонталдык окко түшкөн проекциясынан баштап, ак кагаздын четине чейинки горизонталдык аралыкты (x_1) метрдик тасманын жардамы менен ченеп, 5.4-таблицага жазгыла.
6. 10 жолу аткыла.
7. Ак кагаздын четинен баштап, кагаздын бетине топтон түшкөн такка чейинки аралыктарды (x_{2i}) өлчөп, бул маанилердин орточосун ($x_{2орт.}$) эсептеп, 5.4-таблицага жазгыла.
8. Учуу алыстыгынын маанисин $x = x_1 + x_{2орт}$ формуласынын жардамы менен аныктап, 5.4-таблицага жазгыла.
9. Учуу алыстыгын теориялык маанисин ($x_{теор.}$) эсептеп, 5.4-таблицага түшүргүлө.
10. Учуу алыстыгынын, тандалып алынган бурчка карата эсептелген теориялык мааниси менен тажрыйбадан өлчөнгөн маанисинин ортосундагы салыштырмалуу катаны аныктагыла.

5.4-таблица.

	α	y_0	υ_0	$x_{теор.}$	x_1	x_{2i}	$x = x_1 + x_{2орт.}$	ε
	град.	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	%
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								
8.								
9.								
10.								
						$x_{2орт} =$		

СУРООЛОР:

1. Горизонтко карата бурч менен атылган нерсеге кандай күчтөр аракет этет?
2. Абанын каршылыгы эсепке алынганда нерсенин кыймыл траекториясы кандай болот?
3. Максималдуу көтөрүлүү бийиктигинде ылдамдыктын x жана y түзүүчүлөрү кандай болот?
4. Нерсенин максималдык көтөрүлүү бийиктиги жана учуу алыстыгы кайсы чоңдуктардан көз каранды?
5. График боюнча ар бир учурда кайсы бурч эң чоң учуу алыстыгын берет?

№6 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ

Борборго умтулуучу күч

Жабдуулар: - айлануу платформасы;
- жүк жана чыгырыктар;
- фотогейт (Fotogate);
- смарт таймер (Smart Timer);
- генератор;
- суу таразасы;
- миллиметрдик кагаз;
- жип

Максат: Айлана боюнча кыймылда болгон нерсенин массасынын жана айлануу радиусунун өзгөрүшүнүн борборго умтулуучу күчкө болгон таасирин изилдөө.

Айлана боюнча кыймыл. Ийри сызыктуу кыймылдын эң жөнөкөй түрү болуп нерсенин айлана боюнча бир калыпта кыймылы эсептелет. Бул учурда анын υ сызыктуу ылдамдыгы модулу боюнча өзгөрбөйт, ал эми кыймылдын траекториясы R радиустуу айлана болот.

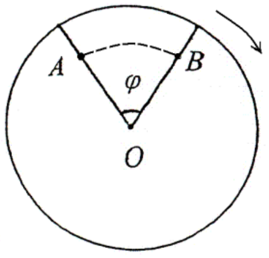
Алга умтулуу кыймылынын кинематикасындагы негизги чоңдуктар: которулуш, сызыктуу ылдамдык, сызыктуу ылдамдануу ж.у.с. бардык эле механикалык кыймылдарды мүнөздөө үчүн жетиштүү эмес. Нерсенин айлана боюнча кыймылын мүнөздөө үчүн дагы кошумча чоңдуктарды киргизүү зарыл. Алар: айлануу мезгили, айлануу жыштыгы, бурулуу бурчу, бурчтук ылдамдык, бурчтук ылдамдануу.

Бир толук айланууга кеткен убакыт *айлануу мезгили* деп аталып, T тамгасы менен белгиленет жана анын СИ системасындагы бирдиги s (секунда). Айлануу мезгилине тескери пропорциялуу чоңдук *айлануу жыштыгы* деп аталып, f тамгасы менен белгиленет ($f = 1/T$).

Бир калыпта айлана боюнча кыймыл (же айлануу кыймылы) учурундагы нерсенин айлануусунун жыштыгы нерсенин 1 секундада жасаган айлануу санына барабар жана анын бирдиги s^{-1}.

Айлана боюнча кыймылдаган нерсенин абалынын өзгөрүшүн *бурулуу бурчу* деп аталган чоңдук менен мүнөздөө бир кыйла ыңгайлуу.

Нерсе кандайдыр R радиустуу айлана боюнча кыймылга келсин (6.1-сүрөт). Айлананын O борборунан нерсенин кандайдыр A чекитинде жайгашкан радиуста бурулганын көрөбүз. Мисалы, эгерде t убакыт аралыгында нерсе A чекитинен B чекитине которулса, анда ушул эле убакытта радиус φ бурчуна бурулат. Бул бурч радиустун *бурулуу бурчу* деп аталат. Бурулуу бурчунун бирдиги катары rad (радиан) колдонулат.



6.1-сүрөт

Бурулуу бурчунун, ошол бурулуу болуп өткөн убакытка болгон катышы менен ченелүүчү чоңдук *бурчтук ылдамдык* деп аталат. Аны убакыт бирдигиндеги бурулуу бурчунун чоңдугу деп да алууга болот:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} \tag{6.1}$$

(6.1) формула боюнча бурчтук ылдамдыктын бирдиги, бурч радиан менен туюндурулса, rad/s болору көрүнүп турат.

Бурчтук ылдамдыкты айлануу жыштыгы f же айлануу мезгили T аркылуу туюнтууга болот:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \tag{6.2}$$

Нерсенин айлана боюнча кыймылы бир калыпта өзгөрмөлүү, тагыраак атканда, бир калыпта ылдамдатылган же акырындатылган болушу мүмкүн.

Эгерде нерсенин бурчтук ылдамдыгы өзгөрмөлүү болсо, бурчтук ылдамдыктын канчалык жай же тез өзгөрүшүн мүнөздөө үчүн *бурчтук ылдамдануу* деп аталган физикалык чоңдук киргизилет. Бурчтук ылдамдануу бурчтук ылдамдыктын өзгөрүшүнүн, ошол өзгөрүү болуп өткөн убакытка болгон катышы менен аныкталат. Убакыт бирдигиндеги бурчтук ылдамдыктын өзгөрүшүн мүнөздөөчү физикалык чоңдук *бурчтук ылдамдануу* деп аталат.

Бурчтук ылдамданууну ε тамгасы менен белгилеп, айлана боюнча бир калыпта ылдамдатылган же акырындатылган кыймылдар үчүн төмөнкүдөй жаза алабыз:

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t} \tag{6.3}$$

Бурчтук ылдамдануунун бирдиги rad/s^2 же s^{-2}.

Айлануу мезгили жана айлануу жыштыгы аркылуу нерсенин айлана боюнча кыймылы учурундагы сызыктуу ылдамдыгынын модулун оңой эле туюнтуп алууга болот:

$$\upsilon = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R f \tag{6.4}$$

Нерсенин айлана боюнча бир калыпта кыймылы учурунда сызыктуу ылдамдыгынын модулу өзгөрбөсө да, ылдамдык вектору туруктуу эмес, ал багыты боюнча өзгөрүп турат. Мындан бул кыймыл ылдамдатылган кыймыл экендиги келип чыгат. Бул учурдагы сызыктуу ылдамдануу векторунун багыты сызыктуу ылдамдык векторунун багыты менен дал келбейт. Нерсенин $\vec{\upsilon}$ сызыктуу ылдамдыгы траекториянын каалагандай чекитинде айланага жаныма боюнча багытталган, ал эми $\vec{a}$ ылдамдануу вектору эки түзүүчүгө ажыратылышы мүмкүн: $\vec{a}_\tau$ жана $\vec{a}_{б.у.}$ (6.2-сүрөт). Мында $\vec{a}_\tau$ - *тангенциалдуу ылдамдануу* деп аталуучу $\vec{a}$ векторунун траекториянын берилген чекитине жаныма боюнча түзүүчүсү; $\vec{a}_{б.у.}$ - *борборго умтулуучу* же *нормалдык ылдамдануу* деп аталуучу $\vec{a}$ векторунун траекториянын берилген чекитине жүргүзүлгөн жанымага нормаль (радиус) боюнча түзүүчүсү ($a_{б.у.} = \frac{\upsilon^2}{R}$).

6.2-сүрөт

Сызыктуу ылдамдыктын сан маанисинин өзгөрүшүнүн тездигин мүнөздөөчү чоңдук *тангенциалдуу ылдамдануу* деп аталат.

Сызыктуу ылдамдыктын багытынын өзгөрүшүнүн тездигин мүнөздөөчү чоңдук *борборго умтулуучу* же *нормалдык ылдамдануу* деп аталат.

Сүрөттөн

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_{б.у.}^2} \qquad (6.5)$$

экендиги көрүнүп турат.

Айлана боюнча бир калыпта кыймыл учурунда сызыктуу ылдамдыктын сан мааниси өзгөрбөгөндүктө, $\vec{a}_\tau=0$, сызыктуу ылдамдануу борборго умтулуучу ылдамданууга барабар $\vec{a}=\vec{a}_{б.у.}$ жана радиус боюнча айлананын борборун көздөй багытталган.

$a_{б.у.}=\dfrac{\upsilon^2}{R}$ жана $\upsilon=\dfrac{\ell}{t}=\dfrac{2\pi R}{T}$ формулаларын колдонуу менен борборго умтулуучу ылдамдануу үчүн төмөнкү формуланы жаза алабыз:

$$a_{б.у.}=\frac{4\pi^2 R}{T^2}. \qquad (6.6)$$

Борборго умтулуучу күч. Нерселердин айлана боюнча кыймылы, чоңдугу боюнча турактуу, ал эми багыты дайыма ылдамдык векторуна перпендикуляр болгон күчтүн таасири менен болот. Бул учурда нерсеге таасир эткен күч *борборго умтулуучу күч* деп аталат. Борборго умтулуучу күч радиус боюнча айлануу борборуна багытталып, нерсенин айлана боюнча кыймылга келишин камсыз кылат. Бул күч, багыты өзүнүн багыты менен дал келген, борборго умтулуучу ылдамданууну пайда кылат.

Ньютондун II законун жана (6.6) формуласын пайдаланып, R радиустагы айлана боюнча кыймылдаган нерсеге таасир эткен борборго умтулуучу күч төмөнкүчө жазууга болот:

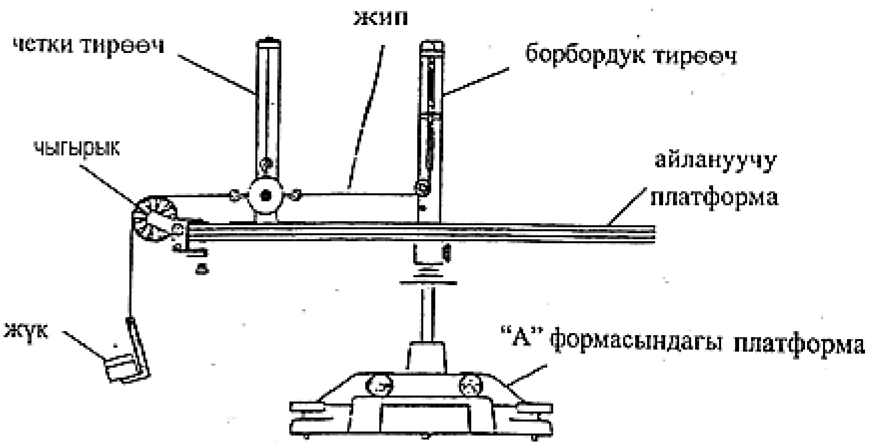
$$F_{б.у} = 4\pi^2\frac{mR}{T^2}. \qquad (6.7)$$

Борборго умтулуучу күч - бул күчтүн жаңы түрү эмес, бул нерсени айлана боюнча кыймылдаткан күчтүн аты. Борборго умтулуучу күчтүн табияты ар бир конкреттүү учур үчүн ар түрдүү (сүрүлүү күчү, серпилгич күчү, тартылуу күчү ж.б.у.с.) болушу мүмкүн. Көпчүлүк учурда борборго умтулуучу күч нерсеге таасир эткен бир нече күчтөрдүн натыйжалоочусу же кандайдыр бир күчтүн бир түзүүчүсү болот.

ИШТИН ТАРТИБИ:

Түзүлүштү жайгаштыруу:

1. "А" формасындагы платформаны жана айлануучу платформаны 6.3-сүрөттө көрсөтүлгөндөй кылып орноткула. Фотогейтти, нуру рельс айланганда кесип өтө тургандай жайгаштыргыла. Фотогейттин штепселин смарт таймердин каналдарынын бирине туташтыргыла. Айлануучу түзүлүштү генераторго туташтыргыла.



6.3-сүрөт. Айлануучу түзүлүш

I БӨЛҮК. Өзгөрмөлүү радиус (күч жана масса турактуу)

1. Тажрыйбанын бул бөлүгүндө борборго умтулуучу күч жана илинген нерсенин массасы турактуу алынат. Нерсенин m_1 массасын өлчөп, 6.1-таблицага жазгыла.
2. Нерсени четки тирөөчкө илгиле. Узундугу болжол менен $20cm$ болгон жиптин бир учун четки тирөөчкө илинген нерсеге, экинчи учун, борбордук тирөөчтөгү чыгырыктын астынан өткүдөй кылып пружинага байлагыла (6.3-сүрөт).
3. Кыскычтуу чыгырыкты, рельстин учуна, 6.3-сүрөтүндө көрсөтүлгөндөй бекиткиле. Дагы бир жиптин бир учун четки тирөөчкө илинген нерсеге, ал эми экинчи учуна белгилүү бир m_2 массадагы жүк байлап, чыгырык аркылуу өткөрүп илгиле. Бул жүктүн салмагы аркылуу турактуу борборго умтулуучу күчтүн маанисин тандап алабыз. Жүктүн массасын 6.1-таблицага жазгыла.
4. Четки тирөөчтүн бурамасын бошотуп, четки тирөөчтөгү тик сызык менен нерсе илинген жип бири-бири менен дал келгенче четки тирөөчтү тиешелүү багытта (жакка) жылдыргыла. Жип менен сызык бир деңгээлге келгенде (нерсе тик илингенде) тирөөчтүн бурамасын бекиткиле.
5. Борбордук тирөөчтөгү көрсөткүчтү пружинадагы кызгылт-сары диск менен бирдей деңгээлге келтиргиле.
6. Четки тирөөчтөгү сызык менен айлануу платформасындагы өлчөө шкаласынын дал келген чекитинен радиустун маанисин аныктап, 6.1-таблицага жазгыла.
7. Чыгырык аркылуу илинген жүктү жана чыгырыкты чыгаргыла.
8. Аппаратты генератор аркылуу ток булагына туташтыргыла. Рельсти, борбордук тирөөчтөгү көрсөткүч кызгылт-сары диск менен дал келгендей ылдамдык менен айландыруу үчүн генератордун жардамы менен чыңалууну акырындык менен чоңойткула. Дисктин көрсөткүч менен дал келиши, нерсе илинип турган жиптин вертикалдуу абалда болгондугун жана нерсе тандалып алынган радиуста айлангандыгын көрсөтөт.

Эскертүү: *Чыңалууну акырындык менен чоңойткула.*

9. Бул ылдамдыкты турактуу кармап, айлануу мезгилин смарт таймерди **Time: Pendulum** абалына жөндөө менен аныктагыла. Айлануу мезгилин 5 жолу өлчөп, алынган маанилерди 6.1-таблицага жазгыла.

9. Аппаратты токтоткула. Радиусту өзгөртүү үчүн пружина менен четки тирөөчкө илинген нерсени байланыштырган жиптин узундугун өзгөрткүлө (мурдагыга салыштырмалуу 1-1,5 cm ге кыскарткыла же узарткыла). Жогорудагы иш аракеттерди радиустун жалпы 5 мааниси үчүн кайталагыла. Өлчөнгөн маанилерди 6.1-таблицага жазгыла.

6.1-таблица

m_1	m_2	r_1	T_{1i}	$T^2_{1орт.}$	r_2	T_{2i}	$T^2_{2орт.}$	r_3	T_{3i}	$T^2_{3орт.}$	r_4	T_{4i}	$T^2_{4орт.}$	r_5	T_{5i}	$T^2_{5орт.}$
kg	kg	m	s	s^2	m	s	s^2	m	s	s^2	m	s	s^2	m	s	s^2
		Орт														

10. Чыгырык аркылуу илинген жүктүн салмагы, четки тирөөчкө илинген нерсе айлана боюнча кыймылга келгенде ага пружина тарабынан таасир эткен борборго умтулуучу күчкө барабар. Чыгырык аркылуу илинген жүктүн массасын g га көбөйтүү менен бул күчтү эсептегиле жана табылган маанини 6.2-таблицага жазгыла.

6.2-таблица

$F_{б.у.}$ (эсептөө аркылуу)	μ	$F_{б.у.}$ (график аркылуу)	ε
N	m/s^2	N	%

11. Ар бир өлчөө үчүн мезгилдин квадратын эсептегиле жана 6.1-таблицага жазгыла.
12. Радиустун мезгилдин квадратынан көз карандылык графигин тургузгула. Төмөнкү барабардыктан
$$r = \left(\frac{F_{б.у}}{4\pi^2 m_1} \right) T^2$$
алынган сызык түз сызык болору көрүнүп турат.
13. Табылган чекиттерден эң жакын өтө тургандай сызыкты чийгиле жана графикалык кыйшаюусун ($\mu = \frac{\Delta R}{\Delta T^2}$) тапкыла. μ нун маанисин 6.2-таблицага жазгыла.
14. Кыйшаюудан $F_{б.у} = 4\pi^2 m_1 \frac{\Delta R}{\Delta T^2}$ борборго умтулуучу күчтү эсептеп 6.2-таблицага жазгыла.
15. Борборго умтулуучу күчтүн табылган эки маанисинин ортосундагы салыштырмалуу катаны эсептегиле жана 6.2-таблицага жазгыла.

II БӨЛҮК. Өзгөрмөлүү күч (радиус жана масса туруктуу)

1. Тажрыйбанын бул бөлүгүндө айлануу радиусу жана илинген нерсенин массасы m_1 туруктуу алынат. Нерсенин массасын өлчөп 6.3-таблицага жазгыла. Нерсени четки тирөөчкө илгиле жана жипти борбордук тирөөчтөгү пружинадан нерсеге чыгырыктын астынан өткүдөй кылып байлагыла (6.3-сүрөт).
2. Кыскычтуу чыгырыкты рельстин четки тирөөчкө илинген нерсеге жакын учуна бекиткиле. Дагы бир жиптин бир учун четки тирөөчкө илинген нерсеге, ал эми экинчи учуна белгилүү бир m_2 массадагы жүк байлап, чыгырык аркылуу өткөрүп илгиле. Бул жүктүн салмагы аркылуу өзгөрмөлүү борборго умтулуучу күчтүн маанисин тандап алабыз. Жүктүн массасын 6.3-таблицага жазгыла.
3. Четки тирөөчтүн бурамасын бошотуп, четки тирөөчтөгү тик сызык менен нерсе илинген жип бири-бири менен дал келгенче четки тирөөчтү тиешелүү багытта (жакка) жылдыргыла. Жип менен сызык бир деңгээлге келгенде (нерсе тик илингенде) тирөөчтүн бурамасын бекиткиле.
4. Борбордук тирөөчтөгү көрсөткүчтү пружинадагы кызгылт-сары диск менен бирдей деңгээлге келтиргиле.
5. Четки тирөөчтөгү сызык менен айлануу платформасындагы өлчөө шкаласынын дал келген чекитинен радиустун маанисин аныктап, 6.3-таблицага жазгыла.
6. Чыгырык аркылуу илинген жүктү жана чыгырыкты чыгаргыла.
7. Түзүлүштү генератор аркылуу ток булагына туташтыргыла. Рельсти, борбордук тирөөчтөгү көрсөткүч кызгылт-сары диск менен дал келгендей, ылдамдык менен айландыруу үчүн генератордун жардамы менен чыңалууну акырындык менен чоңойткула. Дисктин көрсөткүч менен дал келиши, нерсе илинип турган жиптин вертикалдуу абалда болгондугун жана нерсе тандалып алынган радиуста айлангандыгын көрсөтөт.

Эскертүү: *Чыңалууну акырындык менен чоңойткула.*

8. Бул ылдамдыкты туруктуу кармап, айлануу мезгилин смарт таймерди **Time: Pendulum** абалына жөндөө менен аныктагыла. Айлануу мезгилин 5 жолу өлчөп, алынган маанилерди 6.3-таблицага жазгыла.
9. Аппаратты токтоткула. Борборго умтулуучу күчтү өзгөртүү үчүн кыскычтуу чыгырык аркылуу илинген жүктүн массасын өзгөрткүлө (мурдагыга салыштырмалуу 5-10 g га чоңойткула же азайткыла).
10. Четки тирөөчтү жылдырбастан, четки тирөөчтөгү тик сызык менен нерсе илинген жип бири-бири

менен дал келгенче, пружина менен четки тирөөчкө илинген нерсени байланыштырган жиптин узундугун өзгөрткүлө.

11. Борбордук тирөөчтөгү көрсөткүчтү пружинадагы кызгылт-сары диск менен бирдей деңгээлге келтиргиле.
12. Радиусту туруктуу кармоо менен 6-8 кадамдарын кайталагыла.
13. Жогорудагы иш аракеттерди жүктүн массасынын (борборго умтулуучу күчтүн) 5 мааниси үчүн кайталагыла. Алынган маанилерди 6.3-таблицага жазгыла.

6.3-таблица

Нерсенин массасы $m_1 =$

Радиус $R =$

Графикалык кыйшаюу $\mu =$

F_1	T_{1i}	$T^2_{1орт.}$	F_2	T_{2i}	$T^2_{2орт.}$	F_3	T_{3i}	$T^2_{3орт.}$	F_4	T_{4i}	$T^2_{4орт.}$	F_5	T_{5i}	$T^2_{5орт.}$
Орт.														

14. Чыгырык аркылуу илинген жүктүн салмагы, четки тирөөчкө илинген нерсе, айлана боюнча кыймылга келгенде, ага пружина тарабынан таасир эткен борборго умтулуучу күчкө барабар. Бул күчтү чыгырык аркылуу илинген жүктүн массасын g га көбөйтүү менен ар бир өлчөө үчүн эсептеп, 6.3-таблицага жазгыла.
15. Ар бир өлчөө үчүн $1/T^2$ маанилерин эсептеп, 6.3-таблицага жазгыла.
16. Борборго умтулуучу күчтүн $1/T^2$ тан көз карандылык графигин тургузгула.

$$F_{б.у} = \frac{4\pi^2 m_1 R}{T^2}$$

барабардыгына ылайык алынган сызык түз сызык болору көрүнүп турат.

17. Табылган чекиттерден эң жакын өтө тургандай сызыкты чийгиле жана кыйшаюусун (бурчту) тапкыла. Кыйшаюу бурчунун маанисин 6.3-таблицага жазгыла.
18. Кыйшаюудан нерсенин массасын эсептеп 6.4-таблицага жазгыла.
19. Нерсенин массасы үчүн табылган эки маанинин ортосундагы салыштырмалуу катаны эсептегиле жана 6.4-таблицага жазгыла.

6.4-таблица

$M_{тараза}$	$M_{тажр.}$	ε

СУРООЛОР:

1. Кандай кыймыл ийри сызыктуу деп аталат? Мисалдарды келтиргиле.
2. Ийри сызыктуу кыймыл учурунда нерсенин ылдамдык векторунун багыты кандай болот?
3. Айлана боюнча бир калыпта кыймыл деп кандай кыймыл аталат? Мисалдарды келтиргиле.
4. Бурчтук ылдамдык, айлануу мезгили, айлануу жыштыгы деп эмнени айтабыз? Бул чоңдуктардын бирдиктери жана бири-бири менен байланышы кандай?
5. Сызыктуу ылдамдык деп эмнени айтабыз? Сызыктуу ылдамдык айлануу мезгили, айлануу жыштыгы, бурчтук ылдамдык менен кандай байланышта?
6. Эмне себептен нерсенин айлана боюнча бир калыпта кыймылы ылдамдатылган кыймыл болуп эсептелет?
7. Нерсенин айлана боюнча бир калыпта кыймылы учурунда борборго умтулуучу ылдамдануу кандай аныкталат?
8. Борборго умтулуучу күч деп эмнени айтабыз? Мисалдар келтиргиле. Бул күчтүн чоңдугун аныктоочу формуланы жазгыла. Багыты кандай болот?

№7 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ
Резонанс түтүгү

Жабдуулар: - осцилоскоп;
- жыштык генератору;
- PASCO резонанс түтүгү .

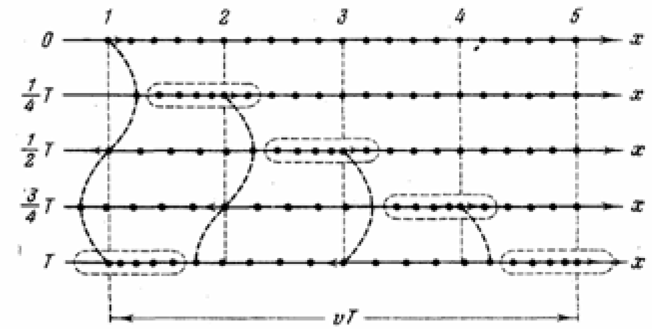
Максат: Үндүн ылдамдыгын резонанс кубулушунун жардамы менен тажрыйбада аныктоо.

Толкундук кыймылдар. Чөйрөдө термелүүнүн таралышы *толкун* деп аталат. Катуу, суюк жана газ сыяктуу чөйрөлөрдө пайда болгон механикалык толкундар серпилгичтүү күчтүн натыйжасында пайда болот. Толкун түрүндөгү кыймылдарды үйрөнүүнүн мааниси өтө зор. Толкундук кыймылдарга чоң аралыктарга чейин таралуу мүнөздүү. Буга үндүн бир жерден экинчи жерге угулушу, сейсмикалык толкундардын (жер титирөө) жана океандардагы суу толкундарынын жүздөгөн километр аралыкка таралышы мисал боло алат. Жаратылыштагы бардык нерселер кандайдыр күчтөрдүн жардамы менен байланышкан майда бөлүкчөлөрдөн турат.

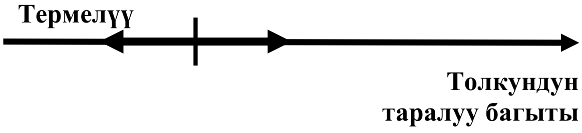
Бирок, биз ал күчтөрдүн бардыгын эсепке албастан, серпилгичтүү күчтөрдүн аракети менен байланышкан бөлүкчөлөрдөн турган чөйрөнү карайбыз. Мындай чөйрөдө кандайдыр бир бөлүкчө термелүү кыймылына келтирилсе, анда аны менен коңшулаш жаткан бөлүкчөлөр да термелүүгө келишет.Термелүү улам бир орундан экинчи орунга берилип, толкундук кыймыл кандайдыр аралыкка чейин таралат. Толкун бөлүкчөлөрү мүнөзү жагынан серпилгичтүү күчтөн башка күчтөр менен байланышкан чөйрөдө да таралышы мүмкүн.

Бөлүкчөлөрдүн термелүүлөрүнүн мүнөзүнө жана таралышына жараша пайда болгон толкундар *узатасынан* жана *туурасынан* кеткен толкундар болуп бөлүнөт. Берилген чөйрөдө кандай толкундун пайда болушу ал чөйрөнүн серпилгичтүү касиетинен көз каранды.

Эгерде чөйрө кысылуу же кеңейүү деформациясына дуушар болгондо, деформациялоочу күчтүн багытына карама-каршы аракет кылган серпилгичтүү күчтөр пайда болсо, анда мындай чөйрөдө узатасынан болуучу толкундар гана таралат. Газ жана суюктуктар, өзгөчө, кысылуу деформациясы болгондо деформацияга каршылык кылуучу мына ушундай серпилгичтүү күчтөр пайда болушат. Ал күчтөр чөйрөнүн бөлүкчөлөрүнүн өздөрүнүн мурдагы абалына алып келүүгө багытталган болот. Мына ошондуктан чөйрөнүн бөлүкчөлөрү бул күчтөрдүн багыты боюнча гана термелип, термелүү да ошол багыт боюнча таралат.



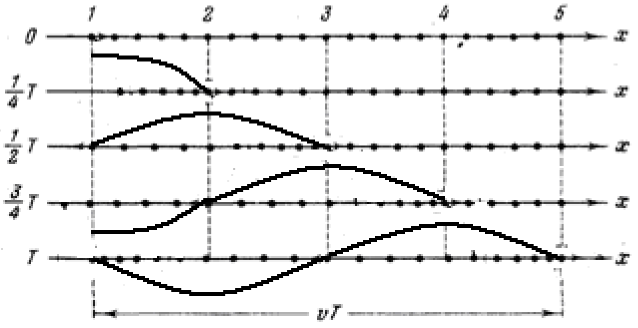
7.1- сүрөт



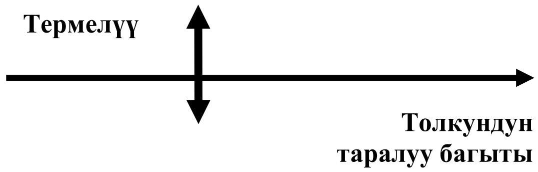
7.1а- сүрөт

Бөлүкчөлөрдүн термелүү багыты менен термелүүнүн таралуу багыты дал келсе (сүрөт-7.1а), мындай толкун *узатасынан кеткен толкун* деп аталат. Суюктуктар (суюктуктун бети боюнча таралуучу толкундарды эсепке албаганда) менен газдарда жалгыз гана узатасынан болуучу толкундар таралат.

Туурасынан болуучу толкундар катуу нерселерде гана пайда болушат. (Катуу нерселерде ошондой эле узатасынан болуучу толкундар да таралышы мүмкүн.



7.2- сүрөт



7.2а- сүрөт

Эгерде толкун таралуучу чөйрөнүн бир катмары анын экинчи катмарына салыштырмалуу жылганда бул жылышка каршылык кылып, жылган катмарды кайра тең салмактуу абалына алып келүүгө аракет кылган серпилгичтүү күчтөр пайда болсо, анда мындай чөйрөдө туурасынан кеткен толкундар таралышат. Бөлүкчөлөрдүн термелүүсү термелүүнүн таралуу багытына перпендикулярдуу болгон толкундарды *туурасынан кеткен толкун* (7.2а-сүрөт) деп атайбыз.

Толкун кыймылын мүнөздөчү чоңдуктар. Термелүү менен толкун кыймылдары өз ара тыгыз байланышта экенин биз жакшы билебиз. Эгерде термелүү кандайдыр бир материалдык чекитке же нерсеге таандык болсо, толкун термелүү кыймылын жасап жаткан бир нече материалдык чекиттердин кыймылы аркылуу мүнөздөлөт. Бул жалпылык термелүүнү мүнөздөөчү чоңдуктарды толкундарга да пайдаланууга мүмкүндүк берет. Толкун таралып жаткан чөйрөнүн кайсы чекитин (бөлүкчөсүн) алсак да, ал чекиттин кыймылы убакыт жана мейкиндик боюнча кайталанып туруучу б.а. мезгилдүү кыймыл болот. Ошондуктан, туурасынан жана узатасынан кеткен толкундарды жалпы жолунан графикте синусоидалар менен туюндурууга болот. Синусоида толкун таралып жаткан багыт боюнча кандайдыр убакыт моментиндеги чөйрөнүн бөлүкчөлөрүнүн абалын мүнөздөйт.

Толкун булагы болуп кызмат кылган *материалдык чекиттин толук бир термелүү үчүн кеткен убакыты толкундун мезгили деп аталат***.** Толкундун мезгили *T* тамгасы менен белгиленет. Узатасынан кеткен толкун үчүн да, жана туурасынан кеткен толкун үчүн да, термелүүнүн бир мезгили ичинде чөйрөдө таралган аралыгы *толкун узундугу* деп аталат. Бул формулировкадан толкун узундугу баарыдан мурда бирдей фазада термелген чөйрөнүн коңшулаш эки чекитинин аралыгы экендиги келип чыгат (7.3-сүрөт). Толкун узундугу **λ** тамгасы менен белгиленет.Толкундун мезгилин жана узундугун билүү толкундун таралуу ылдамдыгын аныктоого мүмкүндүк берет. Туурасынан болуучу толкундар үчүн толкундун таралуу ылдамдыгы ойдуң же дөңсөөлөрдүн чөйрөнүн бир орундан экинчи орунга таралышы менен аныкталат. Ал эми узатасынан болуучу толкундар үчүн топтолуу же сейректелүүлөрдүн таралышы менен мүнөздөлөт.

Эгерде толкун таралуучу чөйрө бир тектүү болсо, анда термелүү бир орундан экинчи орунга бардык багыт боюнча бирдей ылдамдык менен таралат. Ошондуктан бир калыптагы кыймылдын ылдамдыгы боюнча

$$\upsilon = \frac{S}{t} = \frac{\lambda}{T} \qquad (7.1)$$

деп жазабыз. Демек, толкундун таралуу ылдамдыгы анын толкун узундугунун термелүү мезгилине болгон катышына барабар; $1/T = \upsilon$ толкундун жыштыгы жана ал убакыт бирдигиндеги термелүү санына барабар. Толкундун таралуу ылдамдыгы жыштык менен байланыштырып төмөнкүчө жазабыз:

$$\upsilon = \lambda \nu \qquad (7.1а)$$

Акыркы формуладан чөйрөдө таралуучу толкундун ылдамдыгы анын толкун узундугу менен жыштыгынын көбөйтүндүсүнө барабар деген жыйынтыкты алабыз. (7.1) формулада толкундун фазалык ылдамдыгы жөнүндө гана сөз болуп жатат.

Жогоруда берилген чөйрөдө таралган толкундун түрү ал чөйрөнүн серпилгичтүүлүк касиетинен көз каранды дегенбиз. Узатасынан жана туурасынан кеткен толкундар бир-биринен өздөрүнүн серпилгичтүүлүк касиеттери боюнча айырмаланган эки башка чөйрөдө пайда болгондуктан, алардын таралуу ылдамдыктары да белгилүү өлчөмдө бир-биринен айырмаланууга тийиш. Чынында эле эсептөөлөр мындай айырманын бар экендигин көрсөтөт. Чөйрөнүн мүнөздөмөлөрү аркылуу ал ылдамдыктар төмөнкүчө аныкталат

$$\upsilon_y = \sqrt{\frac{E}{\rho}}; \qquad \upsilon_T = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \tag{7.2}$$

Мында υ_y жана υ_T - узатасынан кеткен толкундардын ылдамдыгы; $E-$чөйрөнүн серпилгичтүүлүк коэффициенти же Юнгдун модулу; $\rho-$ чөйрөнүн тыгыздыгы; G -жылыш модулу.

Көпчүлүк катуу нерселер үчүн $E > G$ болот, ошондуктан бир эле катуу нерседе пайда болгон узатасынан болуучу толкундар туурасынан кеткен толкундарга караганда чоңураак ылдамдык менен таралат.

Жердин кыртышы боюнча толкундардын таралуу ылдамдыктарынын бул айырмачылыгы жер титирөөнүн кайсы жерден башталгандыгын аныктоого мүмкүндүк берет.

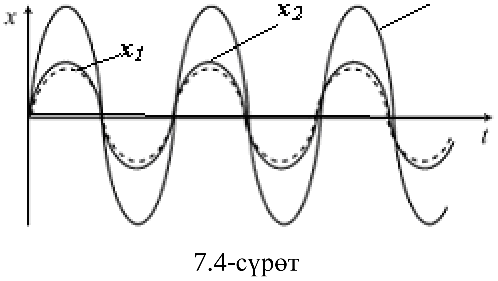
Толкундун интерференциясы. Бир эле убакта чөйрөдө ар кандай багыт боюнча бир нече толкун булактарынан чыгуучу толкундардын таралышы мүмкүн. Анда чөйрөнүн ар бир чекити таралуучу толкундардын ар биринин термелүүсү менен аныкталуучу термелүү кыймылын жасайт. Тагыраак айтканда, убакыттын ар кандай моментинде чөйрөнүн берилген чекитинин натыйжалоочу жылышы ар бир толкун системасы пайда кылган жылыштардын геометриялык суммасы менен аныкталат. Мындан ар бир жылыш толкундук процесс чөйрөнүн берилген чекитинин жылышына (термелишине) өзүнүн салымын калган толкундар жок сыяктуу эле кошо тургандыгын корутундулоого болот. Толкундардын таралышынын бул бир-биринен көз каранды эместиги *суперпозиция принциби* деп аталат. Суперпозиция принцибине үндүн абадагы таралышын келтирүүгө болот. Абада бир эле учурда бир нече үн таралса да, үндөрдүн ар бири бизге өз алдынча болуп угулат.

Эгерде чөйрөнүн берилген чекити аркылуу бирдей жыштыктагы жана бирдей багыттагы жылыш берүүчү эки толкун таралса, анда ал чекиттин термелүүсү бул эки термелүүлөрдүн фазаларына жараша күчөйт же начарлайт. Толкундардын жолугушуусунан термелүүнүн күчөшү же өчүшү *интерференция кубулушу* деп аталат.

Интерференция кубулушу болушу үчүн жогоруда белгилеп кеткен шарттар аткарылышы зарыл. Бирок, өз алдынча болгон эки толкун булагынан бул талаптарды канааттандырган толкундарды, б.а. бирдей жыштыктагы, бирдей багыттагы жылыш берүүчү жана турактуу фазалардын айырмасына ээ болгон толкундарды алуу өтө кыйын. Жыштыктары бирдей, бирдей багыттагы жылышка ээ болгон жана турактуу фазалар айырмасы менен таралуучу толкундар *когеренттик толкундар* деп, ал эми булактары *когеренттик булактар* деп аталат.

Когеренттик толкундарды алуу үчүн бир булактан чыккан толкун жасалма жол менен эки булакка ажыратылат. Мисалы, эки көзөнөктүү тоскоолдукту суунун бети боюнча таралган толкундун жолуна койсок, анда ал тоскоолдуктун көзөнөктөрү Гюйгенс принциби боюнча жаңы толкун булактарынын милдетин аткарып, жогорку шарттарды канаатандырган когеренттик толкундарды берет. Когеренттик толкундардан гана интерференциялык сүрөттөлүштү байкоого болот. Ошентип, интерференциянын болуу шартын мындайча айтууга болот:

Максимумдардын шарты. 7.4-сүрөттө $\Delta d=\lambda$ кезинде эки толкун пайда кылган x_1 жана x_2 жылышууларынын убакыттан көз карандылыгы көрсөтүлгөн. Термелүүлөрдүн фазаларынын айырмасы нөлгө барабар (же 2πнин өзү, себеби синустун мезгили 2π ге барабар). Бул термелүүлөрдүн кошулушунан амплитудасы эки эселенген натыйжалоочу термелүү пайда болот. Натыйжалоочу жылышуу x тин термелүүсү 6.4-сүрөттө көрсөтүлгөн. Эгерде Δd кесиндисине бир эмес, каалагандай толкун узундугунун бүтүн саны туура келсе, анда да ушундай болот.



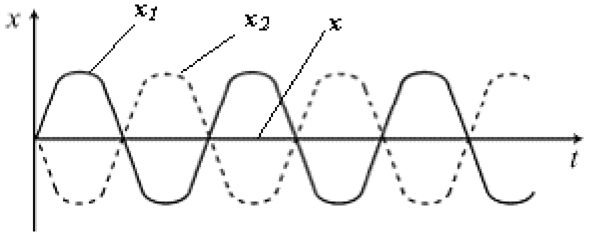
7.4-сүрөт

Эгерде берилген чекитте термелүүнү пайда кылуучу эки толкундун жүрүш аралыгынын айырмасы толкун узундугунун бүтүн санына барабар болсо, чөйрөнүн берилген чекиттеги термелүүсүнүн амплитудасы максималдуу болот [1]**:**

$$\Delta d_{max} = \lambda k \qquad (7.4)$$

мында k =0,1,2,... .

Минимумдардын шарты. Эми Δd кесиндисине жарым толкун узундугу туура келсе, эмне болорун карап көрөлү. Анда экинчи толкун биринчи толкундан жарым мезгилге артта калары ачык. Фазалардын айырмасы π ге барабар, б.а. термелүүлөр карама–каршы фазада болушат. Бул термелүүлөрдү кошуунун натыйжасында натыйжалоочу термелүүнүн амплитудасы нөлгө барабар, б.а. каралып жаткан чекитте термелүү болбойт (7.5-сүрөт). Эгерде кесиндиге каалагандай так сандагы жарым толкун узундугу туура келсе дагы ушундай болот.



7.5-сүрөт

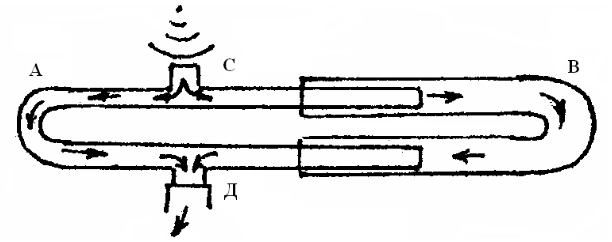
Эгерде берилген чекитте термелүүнү пайда кылуучу эки толкундун жүрүш аралыгынын айырмасы жарым толкун узундугунун так санына барабар болсо, чөйрөнүн берилген чекиттеги термелүүсүнүн амплитудасы минималдуу болот**:**

$$\Delta d_{min} = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \qquad (7.5)$$

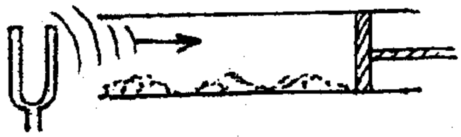
Эгерде $d_2 - d_1$ жүрүш аралыгынын айырмасы λ менен $\frac{\lambda}{2}$ нин арасында аралык мааниге ээ болсо, анда натыйжалоочу термелүүнүн амлитудасы да эки эселенген амплитуда менен нөлдүн ортосунда кандайдыр бир аралык мааниге ээ болот.

Үндүн интерференциясы. Үн толкундарынын толкундардан принципиалдык айырмасы болбогондуктан, үндүн интерференция кубулушу да математикалык жактан бирдей эле законго баш ийет. Ошондуктан, биз анын математикалык чыгарышына токтолбостон үн толкундарынын интерференция кубулушун ырастоочу айрым мисалдарды келтирүү менен гана чектелебиз.Интерференция кубулушун пайда кылуу үчүн 7.6-сүрөттө көрсөтүлгөндөй бири-бирине кийгизилген эки иймек түтүктөрдөн турган приборду алууга болот. Түтүктүн ***В*** бөлүгү оң сол жакты көздөй жыла алат. ***С*** чекитинде камертондон чыгарылган үн түтүккө кирип, анын эки жагын көздөй ажырайт. Бир булактан ажыраган үндөр кайра жолугушат. ***Д*** чекитине жеткенде бул үндөр кайра жолугушат. Эгерде кошулуучу үн термелүүлөрү ***Д*** чекитинде бирдей фазада кездешсе, үн күчөйт, тескерисинче, карама-каршы фазада кездешсе үндүн угулушу начарлайт. Биз аны ***Д*** чекитине бириктирилген резина түтүкчөсүн кулакка тосуу менен уга алабыз. Түтүктүн ***В*** бөлүгүн өзгөртүү менен, б.а. үндөрдүн жүрүш аралыгынын айырмасын өзгөртүү менен, эки бөлүккө ажыраган үндөрдүн ***Д*** чекитиндеги күчөшүн же азайышын (интерференциясын) алууга болот. Бул прибордун жардамы менен үн толкунун узундугу аныкталат. Үндүн удаалаш эки максимуму же минимуму байкалган түтүктүн аралыгын белгилеп, ал аралыкты өлчөө менен жарым толкун узундугун тапкан болобуз. Толкун узундугу жана жыштык (камертондун) аркылуу үндүн таралуу ылдамдыгын аныктап алууга болот.

[1] Бул эки булактын термелүү фазалары дал келишкен шартта гана туура болот.



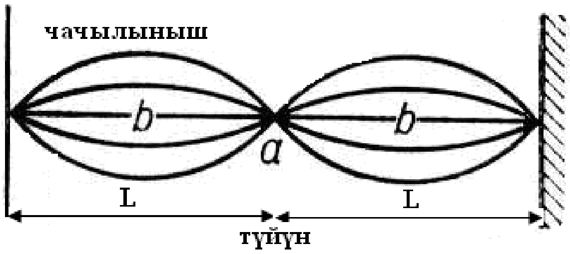
7.6-сүрөт



7.7-сүрөт

Интерференция кубулушун айрым бир учуру катарында бирдей жыштыктагы жана амплитудадагы толкундардын бир-бири менен кездешкенде алардын кошулушунан пайда болгон туруучу толкундарды келтирүүгө болот (7.7-сүрөт). Бул сүрөттө туруучу үн толкунун пайда болушун демонстрациялоочу прибор көрсөтүлгөн. Бир жагынан поршень менен бекитилип коюлган айнек түтүкчөсүнүн ичине пробканын майда күкүмүн салып, аны горизонталдык абалда жайгаштырабыз. Түтүкчөнүн ачык учунан камертондун жардамы менен үн толкунун пайда кылганда, үн айнек түтүкчөсүнүн ичи боюнча сол жакты көздөй таралып, тоскучка (поршенге) жеткенден кийин, андан чагылып , кайра артын көздөй кетет. Сол жакты көздөй бара жаткан жана кайра чагылган толкундар бир-бири менен жолугушканда туруучу толкундарды пайда кылат. Пайда болгон туруучу толкундар түтүктүн ичиндеги жеңил күкүмдөрдү белгилүү абалда жайгаштырышат. Түйүндөрдө учтуу, ал эми чачыланыштарда иймек болгон орундар пайда болот. Күкүмдүн жайланышкан абалына карата үндүн толкун узундуктарын аныктоого болот.

Туруучу толкундар. Туруучу толкундар бир түз сызык боюнча карама-каршы багытта таралуучу бирдей эки толкундун беттелишинен пайда болуучу интерференция кубулушу болуп эсептелет. Туруучу толкундар ал толкундардын жыштыктары жана амплитудалары бирдей болгондо гана байкалат. Туруучу толкундардын мисалы катарында дубалга жанаша кармалып, бир учунан бекитилип коюлган аркан боюнча карама-каршы багытта таралуучу толкундарды келтирүүгөө болот. Аркандын экинчи учунан кармап, колубузду өйдө-төмөн кыймылдата турган болсок, анда аркан боюнча термелүү таралат. Ошентип, бир эле убакытта аркан боюнча бир-бирине карама-каршы багытта таралган жыштыктары жана амплитудалары бирдей эки толкун пайда болот. Алардын кошулушу туруучу толкунду берет. Бир-биринен жарым толкун аралыгында туруучу L чекиттери дайыма термелүүгө катышпай кыймылсыз кала беришет. Бул чекиттер *түйүндөр* **a** деп аталат. Коңшулаш түйүндөрдүн ортосунда чачыланыш жайланышат. Чачыланыш **b** тамгалары менен белгиленип коюлган.



7.8 -сүрөт

Чачыланыштар жайланышкан чекиттердин термелүү амплитудасы дайыма эң чоң болот. Эки түйүндүн ортосунда жайланышкан чекиттердин амплитудалары нөлдөн чачыланышта 2А га чейин чоңоюп, андан ары кайра нөлгө чейин кичиреет. Термелүүгө катышып жаткан бул чекиттердин бардыгы бир убакытта өздөрүнүн тең салмактуу абалында болушса, ошондой эле бир эле убакта, эң четки кыйшаюу абалында болушат. Башкача айтканда бардык чекиттер бирдей фазада термелишет. Эгерде жөнөкөй толкундарда (аларды айырмалап, жүгүрүүчү толкундар деп айтабыз) термелүүнүн бир ордунан экинчи орунга таралышын байкоо мүмкүн болсо, биз карап жаткан учурда толкундардын жылышы байкалбайт. Ошондуктан, мындай толкундар *туруучу толкундар* деп аталат. Туруучу толкундарда энергия бир орундан экинчи орунга берилбейт. Себеби, термелүүлөрдүн амплитудалары барабар болгондуктан, ар бир толкун тарабынан оңдон солго же солдон оңго карай берилүүчү энергиялар да барабар болушат. Энергия туруучу толкун пайда болгон аймакта кармалып турат. Туруучу толкундардын пайда болушунун көптөгөн мисалдарын келтирүүгө болот. Комуз сыяктуу инструменттердин кылдары, бир жак учунан кармалып терметилген серпилгичтүү стерженден же пластиналар ж.у.с. туруучу толкундарды пайда кылышат. Бир жагы туюк түтүкчөгө

үн чыгарып жаткан камертонду анын ачык учуна жакындатканда, түтүкчөдө үндүк туруучу толкун пайда болот.

Үн толкундары. Бардык серпилгичтүү чөйрөдөгү таралуучу механикалык термелүүлөр жалпысынан үндүк толкундар деп аталат. Жыштыгы 17-20 Hz тен 20000 Hz ке чейинки абадагы механикалык термелүүлөр биздин кулагыбызга келип тийгенде, үн деп аталаган спецификалык сезимди пайда кылат. Бул кишинин өзгөчө физиологиялык өзгөчөлүгү. Үн толкундары биздин кулагыбызга көпчүлүк учурларда аба аркылуу келип жетет. Үн абада жана суюктуктарда узатасынан кеткен толкундар б.а. топтоолуулар жана сейректелүүлөр болуп таралат. Катуу нерселерде үн узатасынан жана ошондой эле туурасынан кеткен толкундар түрүндө таралышы мүмкүн.

Үндун ылдамдыгы.Үн толкундары бардык башка толкундар сыяктуу эле чектүү ылдамдык менен таралат. Мылтык атылганда пайда болгон жаркыроо көзгө заматта жетет. Ал эми атылууда чыккан үн байкаларлык кечигүү менен угулат. Мүмкүн силер эле чагылган жарк эткенден кийин күркүрөөнү байкаган чыгарсыңар. Эгерде чагылган алыс жерде болсо, анда күркүрөөнүн кечигүүсү бир нече ондогон секундага чейин жетет. Үндү ылдамдыгынын чектүүлүгүнөн жаңырык пайда болот. Жаңырык - бул токойдун чет жакасынан, жардуу жээктерден, үйлөрдөн ж.б.дан чагылган үн толкундары. *0^0C* температура кезинде абадагы үндүн ылдамдыгы 331 *m/s* га барабар. Бул жетишерлик чоң ылдамдык

$$\upsilon = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}. \qquad (7.6)$$

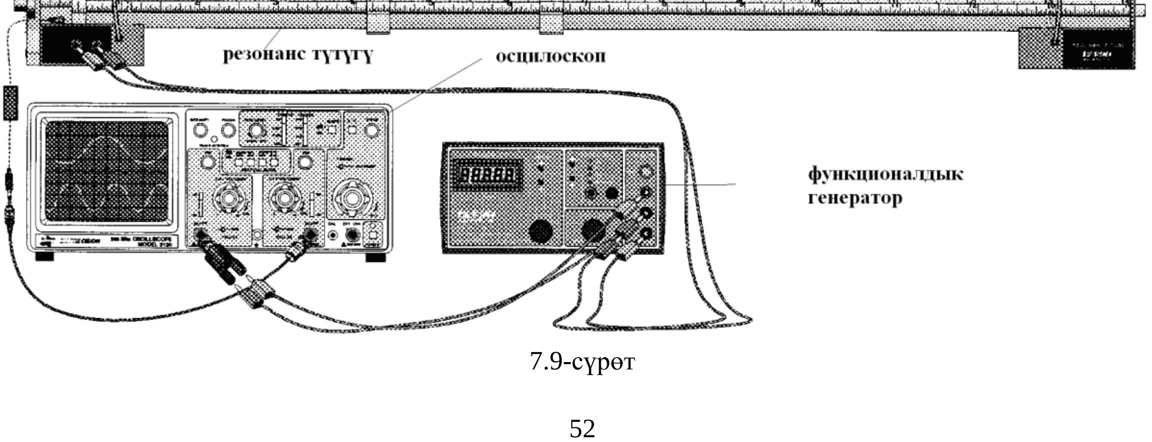
(7.6) формула боюнча үн толкундарынын таралуу ылдамдыгы тамыр ичиндеги абсолюттук температурадан көз каранды, бирдей шартта үн таралуу ылдамдыгы заттардын молекулалык массасынан (μ) жана тыгыздыгынан (ρ) да көз каранды . R-туруктуу сан (R=8,31 *J/К mol*). Ушул эле температурада кычкылтек газындагы үндүн таралуу ылдамдыгы –315 *m/s*, суутек газында –1263 *m/s*, сууда-1450 *m/s*, темирде -5170 *m/s*, айнекте-5600 *m/s*. Канчалык үн таралуучу чөйрөнүн тыгыздыгы чоң жана бөлүкчөлөрүнүн молекулалык массасы кичине болсо, ал чөйрөдө үн ошончолук чоң ылдамдык менен таралат.

ИШТИН ТАРТИБИ:

I БӨЛҮК Түтүктөгү резонанстык жыштык

***Эскертүү**: Түтүктүн жанындагы тосмо термелүүгө келтирилсе, үн күчөткүчүнөн чыккан үндү жогорулатуучу белгилүү бир жыштыктар аныкталат. Бул жыштыктар резонанстык жыштыктар деп аталышат жана ушул жыштыктарда үн күчөткүчү менен түтүктүн ортосунда энергия алмашуу максималдуу болот.*

1. Резонанстык түтүк, осцилоскоп жана функционалдык генераторду 7.9-сүрөттө көрсөтүлгөндөй туташтыргыла. Осцилоскопту жандыргыла. Ылдамдыкты болжол менен 5 *ms/div*'ке жөндөгүлө жана биринчи каналда 5 *mv/div* алгыла. Көрсөткүч менен функционалдык генераторду жандырып, жыштыкты болжол менен 100 *Hz*ке жөндөгүлө. Жөндөөнү үн күчөткүчтөн чыккан үн даана угулганча жүргүзгүлө. Эгерде осцилоскопту колдонсоңор үн күчөткүчтүн «чыгуу» баскычын баскыла.



7.9-сүрөт

Эскертүү: *Үн күчөткүчүн кылдат иштеткиле. Үн катуу эмес бирок угулгудай болушу керек. Көпчүлүк генераторлор жогорку жыштыктарда тагыраак натыйжа берет. Андыктан жыштыкты чоңойтсоңор амплитуданы кичирейтүү керек.*

2. Жыштыкты жай өзгөртүп, кунт коюп уккула. Жыштык чоңойгондо үн негизинен катуулайт, анткени функционалдык генератор жана үн күчөткүчү жогорку жыштыктарда эффективдүү иштешет. Үндүн салыштырма максималдык деңгээлин аныктоо үчүн өзгөртүү даана байкалбаган жыштыктарды тыңшагыла. Салыштырма максималдык деңгээл түтүктөгү резонанстык моданы аныктайт. Салыштырма максимум байкалган эң төмөнкү жыштыкты табуу үчүн жыштыкты өтө кылдат жөндөгүлө (салыштырма максимумдуу осцилоскоптун экранынан да байкоого болот. Белгилүү резонанстык жыштыкта сигналдын максимумга чейин чоңоюшунан көрүнөт). Эң кичине резонанстык жыштыкты 7.1-таблицага жазгыла.
3. Жыштыкты андан ары да жай чоңойтуу менен жаңы резонанстык жыштыкты тапкыла. Кайрадан өлчөп, таблицага жазгыла.
4. Кезектеги резонанстык жыштыкты таап, бештен кем эмес өлчөө жүргүзгүлө.
5. Түтүктүн бир учун жапкыла. Ал үчүн поршенди киргизип, ордунан жылбагыдай кылып, туткасын бир нерсе менен тиреп койгула (мисалы китеп).
6. 2-4 пункттарын түтүктүн жабык абалында кайталап, 7.2-таблицага киргизгиле.

Таблица 7.1 Ачык түтүк үчүн резонанс жыштыгы

Жыштык f	f / f_0
$f_0 =$	

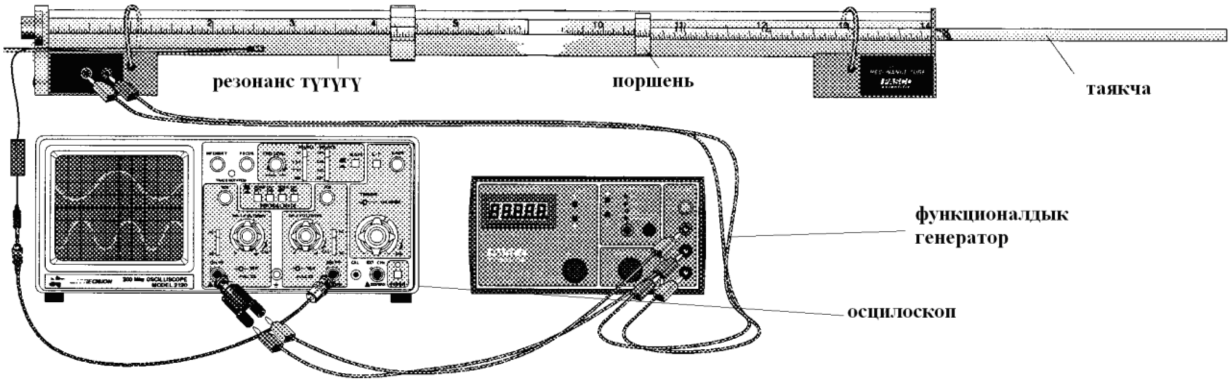
Таблица 7.2 Жабык түтүк үчүн резонанс жыштыгы

Жыштык f	f / f_0
$f_0 =$	

II БӨЛҮК. Түтүктөгү туруучу толкундар

Эскертүү: *Түтүктө таралган үн толкундары анын жабык учунан чагылып, кайра артка кеткенде, баштапкы жана чагылган толкундар бири-бирине катталышат. Эгерде түтүктүн узундугу жана үндүн толкун узундугу ал толкундар бирдей багытта жана жыштыкта болгудай өлчөмдө болсо, анда түтүктө туруучу толкун калыптанат. Биз муну түтүктүн резонанстык модасы деп билебиз жана ага тиешелүү жыштык резонанстык жыштык болуп эсептелет. Бул тажрыйбада силер резонанстык түтүктүн ичинде туруучу толкунду алып жана анын мүнөздөмөлөрүн аныктайсыңар.*

1. 7.2-сүрөттө көрсөтүлгөндөй резонанстык түтүк, осцилоскоп жана функционалдык генераторду туташтыргыла. Осцилоскопту жандыргыла. Толкундун таралуу ылдамдыгын 5 *ms/div*'ге жөндөгүлө жана 1 каналда 5 *mv/div* алгыла. Функционалдык генератордогу күчөткүчтү иштеткиле. Генератордун кирүү жыштыгын 100 *Hz* 7.11-сүрөттө көрсөтүлгөндөй туташтыргыла. Осцилоскопту жандыргыла. Ылдамдыкты болжол менен жөндөгүлө жана биринчи каналда. Күчөткүч менен функционалдык генераторду жандырып, жыштыкты болжол менен 100 *Hz* ке жөндөгүлө. Үн күчөткүчүнөн чыккан үн даана угулганча генератордун амплитудасын жөндөгүлө. Эгерде осцилоскопту пайдалансаңар анда үн күчөткүчүн өчүрүп койгула.



7.10- сүрөт

***Эскертүү**: Эгерде үн күчөткүчүнөн чыккан үн өтө катуу болсо, ал бузулуп калышы мүмкүн. Ошондуктан үн өтө катуу эмес, бирок даана угулгудай болушу керек. Көпчүлүк генераторлор жогорку жыштыктарда даана үн берерин эске алып, жыштыкты чоңойтуу менен амплитуданы кичирейтүү керек.*

2. Жыштыкты чоңойтуп кунт коюп тыңшагыла. Жыштыктын чоңоюшу менен үн улам катуурак чыгат. Анткени функционалдык генератор жана үн күчөткүчү жогорку жыштыктарда эффективдүү иштешет. Салыштырма максималдык үн деңгээлин аныктоо үчүн жыштыкты жөндөө аркылуу төмөнкү жыштыкты тапкыла. Салыштырма максимумду осцилоскоптун экранынан сигналдын максимумга чейин чоңоюшунан байкай аласыңар.

***Эскертүү:** Төмөнкү жыштыктарда (0-300Hz) резонанстык жыштыкты табуу кыйын болушу мүмкүн. Анда адегенде жогорку жыштыктагы резонанстык модаларды, анан алардын жардамы менен төмөнкү резонанстык жыштыкты аныктагыла.*

3. Микрофонду кармагычка бекитип, үн күчөткүчүн кармагычка бекитип, үн күчөткүчүнүн таянычындагы көзөнөктөн өткөрүп, түтүктүн ичине киргизгиле. Микрофонду түтүктүн узундугу боюнча жылдырып максималдык жана минималдык сигнал байкалган чекиттерди белгилегиле. Таблицага жазгыла. Кабель өтө кыска болгондуктан, микрофонду түтүктүн башына чейин толук жылдыра албайсыңар. Түтүктүн экинчи учун изилдөө үчүн кармагычты түтүктүн карама-каршы учунан жылдыргыла. Түтүктүн ачык учунда толкундардын өзгөчөлүктөрүнө көңүл бургула.
4. Жогорудагы иш тартибин ар түрдүү жыштыктар үчүн 5 ирет кайталап, натыйжаларды жазып алгыла.
5. 7.10-сүрөттө көрсөтүлгөндөй түтүктөгү поршенди микрофонго жакындаткыла.
6. Түтүктүн жаңы конфигурациясы (мисалы жабык абалы) үчүн резонанстык жыштыкты аныктагыла. Жабык түтүк үчүн максимум жана минимум деңгээлин аныктоодо микрофонду пайдалангыла жана натыйжаларды таблицага жазгыла. Иш тартибин бир нече түрдүү жыштыктар үчүн кайталагыла.

7.3-таблица Ачык түтүк үчүн резонанстык жыштык:_____

Микрофондун абалдары	
λ_{max} (m)	λ_{min} (m)

7.4-таблица Жабык түтүк үчүн резонанстык жыштык:_____

Микрофондун абалдары	
λ_{max} (m)	λ_{min} (m)

АНАЛИЗ:

Алынган натыйжаларды пайдаланып ачык жана жабык түтүк үчүн ар түрдүү жыштыктарда толкундун таралышын изилдегиле. Силер колдонуп жаткан микрофон басымга өтө сезгич. Ошол себептен максимум - басымдын максималдык маанисине, минимум - минималдык маанисине туура келет. Келет. Кеминде 2 тажрыйба үчүн толкун узундугун аныктагыла. Тажрыйбадан табылган жыштыктарды пайдаланып, түтүктөгү үндүн ылдамдыгын эсептегиле. Чиймелерде максимумдан минимумга өткөн чекиттерди белгилегиле. Силердин натыйжаңар үндүн ылдамдыгынын кабыл алынган маанисинен (331.5 m/s+.607 T мында T - ^0C менен өлчөнгөн температура).

Ачык түтүк учурундагы толкундун мүнөзүн баяндагыла. Ошондой эле поршендин бети сыяктуу катуу тосмодогу толкунду мүнөздөгүлө.

III БӨЛҮК. Түтүктөгү үн толкундарынын ылдамдыгы

Эскертүү: *Туруучу толкундардын моделинен түтүктөгү үндүн ылдамдыгын аныктай аласыңар. Алгач туруучу толкунду пайда кылгыла, андан кийин туруучу толкундун моделине карата үн толкунун узундугун аныктагыла. Мындан кийин толкундун узундугун жыштыкка көбөйтүп толкундун ылдамдыгын аныктай аласыңар* ($v = f\lambda$). *Бирок үндүн ылдамдыгын түздөн-түз да эсептей аласыңар. Бул тажрыйбада үндүн пульсу түтүктүн ичинде жайылып, анын аягында жаңырганга чейин өткөн убакытты өлчөп, үндүн ылдамдыгын аныктайсыңар.*

1. Резонанс түтүгүн, осцилоскопту жана функционалдык генераторду 7.11-сүрөттө көрсөтүлгөндөй кылып туташтыргыла. Поршенди түтүктүн учуна мүмкүн болушунча жакыныраак жерге жылдыргыла. Генераторду болжол менен $10\,Hz$ квадраттык толкунга орноткула жана амплитуданы үн күчөткүчтөн чыккан үн даана угулганга чейин жогорулаткыла. Осциллоскоп генератордон же генератордун тригеринен чыккан сигналды көрсөтөт. Качан жыштыктын көрсөткүчү генератордун чыгарган сигнал жыштыгына барабар болгондо, экрандагы көрүнүш 7.10-сүрөттөгүдөй болот.
2. Осциллоскоптун ылдамдыгын квадраттык толкундун бир жагындагы пульстардын деталдарын тагыраак көрүнгөнгө чейин көбөйткүлө. Үн күчөткүчтүн, квадраттык толкундун чыңалуусунун жогорулашы себеп болгон алгачкы үндүн чыгышынан таркалган бир канча толкундарды көрөсүңөр.
3. Алгачкы пульс менен алгачкы жаңырыктын арасындагы аралыкты экранда аныктагыла. Маанилерин таблицага жазып алгыла. Ошондой эле ылдамдыкты жана үн күчөткүчтөн поршенге чейинки аралыкты да жазып алгыла.
4. Поршенди жаңы абалга келтиргиле. Алгачкы жаңырыктын кыймылына көңүл бургула. Жаңы абалда үн күчөткүчтөн поршенге чейинки аралыкты, алгачкы пульстан жаңырыкка чейинки аралыкты жана ылдамдыкты жазып алгыла.
5. Поршенди беш маани алганга чейин жылдыргыла.
6. Эми поршенди чыгарып, тажрыйбаны ачык түтүк менен кайталагыла.

7.7-таблица. Жабык түтүк үчүн үндүн ылдамдыгы

f (Hz)	$\lambda_{\max_1}$ (sm)	$\lambda_{\min_1}$ (sm)	$\lambda_{\max 2}$ (sm)	$\lambda_{\min 2}$ (sm)	$\lambda_{\max 3}$ (sm)	$\lambda_{\min 3}$ (sm)	ϑ (m/s)
1500							
1300							
1100							
900							
700							

АНАЛИЗ:

Жабык түтүктөгү үндүн ылдамдыгын эсептөө үчүн таблицадагы өлчөнгөн маанилерди алыңыз. Ачык түтүктө жана жабык түтүктө үндүн таралуу ылдамдыктары барабар деп эсептесек, ачык түтүктүн узундугу канчага барабар болот? Бул жооп чыныгы түтүктүн узундугуна канчалык жакын? Алынган маанилерди талкуулагыла.

Үндүн ылдамдыгын түтүктүн ичинде эмес, абада өлчөө үчүн кандай тажрыйба аткаруу керек?

СУРООЛОР:

1. Кандай кыймыл толкундук кыймыл деп аталат? Толкундар кандай түрлөргө бөлүнөт?
2. Толкундук кыймылды мүнөздөөчү чоңдуктарды атагыла жана аныктамаларын бергиле.
3. Толкундардын интерференциясы. Максимум жана минимум шарттары.
4. Туруучу толкундар: түйүндөр жана чачыланыштар.
5. Туруучу толкундарды алуунун мисалдары. Толкундун узундугун жана таралуу ылдамдыгын аныктоо жолдору.
6. Кандай механикалык толкундарды үн катары кабыл алабыз?
7. Үндүн жаратылышы, абада таралышы жана ага көрсөткөн шамалдын таасирин баяндап бергиле.
8. Резонанс кубулушу деген эмне?

№8 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ
Жылуулуктан кеңейүү

Жабдуулар: - Жылуулуктан кеңейүү аппараты:
- узундугу 70 cm ден ашык болгон таяныч;
- циферблаттуу микрометр;
- термистор;
- сырткы диаметри 1,56 cm, сыртындагы туташтыргычтардын диаметри 0,63 cm болгон, термисторду бекитүү үчүн бурамасы бар үч металл түтүгү (болот, жез (98,5% CU, 0,5% Te) жана алюминий (98,9% Al, 0,7% Mg, 0,4%Si);
- буу генератору;
- секундомер;
- омметр;
- түтүктөн конденсирленип агып чыккан сууну тосуу үчүн идиш.

Максат: Жез, болот жана алюминийдин сызыктуу кеңейүү коэффициенттерин тажрыйба жүзүндө аныктоо

Катуу нерселердин жылуулуктан кеңейиши баарыбызга белгилүү. Ысытуудан катуу нерселердин бөлүкчөлөрүнүн тең салмактуу абалынын аймагындагы термелүүсү күчөп, амплитудасы чоңоет. Ар бир бөлүкчөнүн термелүүсү ар кандай багытта жана ар башка фазада болгондуктан, нерселердин кеңейүүсүн түздөн түз амплитуданын чоңоюшу менен байланыштыруу туура эмес. Амплитуданын чоңоюшу бөлүкчөлөрдү бир-бирине көбүрөөк жакын келишине шарт түзөт. Ал бөлүкчөлөрдүн ортосундагы түртүшүү күчүнүн чоңоюшуна алып келет. Ысытуу менен катуу нерселердин бөлүкчөлөрүнүн ортосундагы тартышуу күчүнө караганда түртүшүү күчү тезирээк чоңоюп, бөлүкчөлөрдүн ортосундагы тең салмактуулук аралыгынын чоңоюшуна себепчи болот. Бөлүкчөлөрдүн орточо аралыгынын чоңоюшу нерсенин көлөмүнүн чоңоюшуна себеп болору шексиз. Температуранын жогорулашы бөлүкчөлөрдүн кыймыл энергиясын чоңойтот. Кыймыл энергиясы, б.а. кинетикалык энергиясы чоңойгон бөлүкчөлөрдүн термелүүсүнүн күчөшү барган сайын катуу нерсенин кеңейишине алып келет.

Адегенде сызыктуу кеңейүүнү карайлы. Нерсенин баштапкы узундугун L_0 деп белгилейли. Эгерде нерсенин узарышы температурадан түз сызыктуу көз каранды деп эсептесек, анда

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \tag{8.1}$$

деп жазууга болот. Мында α - заттын тегине байланыштуу коэффициент. Ал температура $1K$ ге көтөрүлгөндөгү бирдик узундуктагы нерсенин узарышын көрсөтөт. Көбүнчө аны жылуулуктан кеңейүүнүн сызыктуу коэффициенти деп аташат. Катуу нерселер үчүн α - коэффициенти салыштырмалуу кичине жана $10^{-5} - 10^{-6}$ $град^{-1}$ чегинде жатат. Изотроптуу эмес, б.а. анизотроптуу кристаллдар үчүн сызыктуу кеңейүү коэффициенти кристаллдагы багыттарга жараша түрдүү маанилерге ээ болот.

Тажрыйба α нын абсолюттук температурадан да көз каранды экендигин көрсөтөт. Узаруунун

температурадан сызыктуу көз карандылыгы температуранын кандайдыр бир интервалы үчүн гана аткарылат.

(8.1) формуланы эске алып, температурага жараша нерсенин сызыктуу узаруусун

$$L = L_0 + \Delta L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T = L_0 (1 + \alpha \Delta T) \qquad (8.2)$$

деп жазууга болот.

Куб ячейкалуу монокристалл үчүн, анын сызыктуу кеңейүүсү бардык багыт боюнча бирдей деп эсептеп, сызыктуу кеңейүүнүн формуласын (8.2) пайдаланып, көлөмдүк кеңейүүнү аныктоого болот. Эгерде баштапкы кырларынын узундугу L_0 болгон куб формасындагы монокристалл берилсе, ал үчүн

$$V = L_0^{\,3}(1 + \alpha\Delta T)^3 = V_0(1 + \alpha\Delta T)^3$$

деп жазууга болот. $(1 + \alpha\Delta T)^3 \approx 1 + 3\alpha\Delta T$ деп алууга мүмкүн болгондуктан,

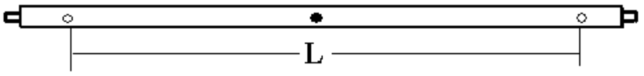
$$V = V_0(1 + 3\alpha\Delta T) = V_0(1 + \beta\Delta T),$$

мында $\beta = 3\alpha$; β - көлөмдүк кеңейүүнүн жылуулук коэффициенти деп аталат. Анизотроптуу нерселер үчүн $\beta = 3\alpha$ барабардыгы аткарылбайт.

Температуралык өлчөөлөрдү жазуу. Түтүктүн узундугун бойлото ысык буу бир калыпта тараганда, түтүк жылуулук тең салмактуулук абалына келет. Түтүктүн температурасын өлчөө үчүн термистор колдонулат. Ал түтүктүн борборуна максималдуу контакт болгондой кылынып бекитилет. Термистордун каршылыгы омметр менен өлчөнөт. Өлчөнгөн каршылыктын температурадан көз карандылыгы таянычта же бул көрсөтмөнүн акыркы бетинде берилген таблицанын жардамы менен табылат.

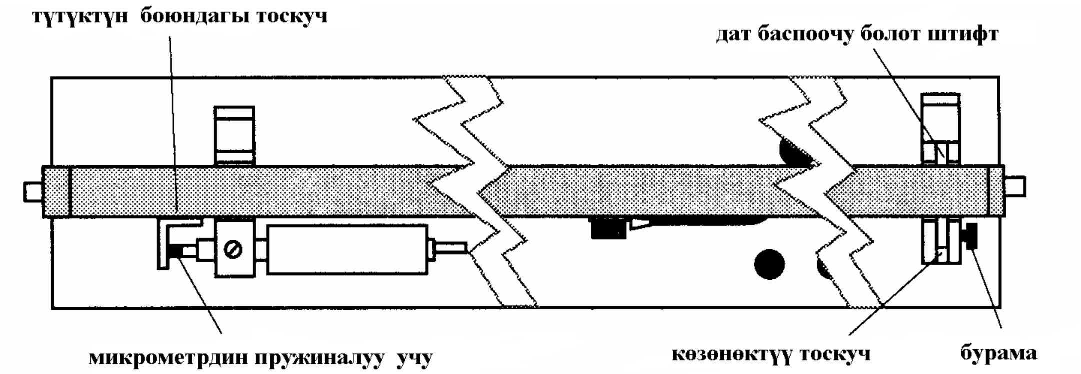
ИШТИН ТАРТИБИ:

1. Бөлмө температурасындагы жез түтүгүнүн узундугун (*L*) өлчөгүлө. Түтүктүн бир учундагы штифттин ички кырынан баштап (8.1-сүрөт), экинчи учундагы штифттин ички кырына чейинки аралыкты өлчөгүлө. Жыйынтыкты 8.1-таблицага жазгыла.



8.1.-сүрөт. Түтүктүн узундугунун өлчөнүшү

2. Таянычка 8.2.-сүрөттө көрсөтүлгөндөй кылып жез түтүгүн орноткула. Түтүктүн аягындагы штифт таянычка бурама менен бекитилет. Түтүктүн башындагы штифт микрометрдин пружиналуу учуна тийип тургандай кылып орнотулат.
3. Термистор менен түтүктүн ортосунда максималдуу контакт болушу үчүн, 8.2.-сүрөттө көрсөтүлгөндөй термисторду түтүктүн огун бойлото жайгаштырып, түтүктөгү бурама менен бекиткиле.



8.2.-сүрөт. Таянычка түтүктүн орнотулушу

4. Омметрдин учтарын таянычтын борборундагы THERMISTOR деген жазуунун жанындагы туташтыруу чекиттерине туташтыргыла.
5. Бөлмө температурасындагы термистордун каршылыгын өлчөп, ал чоңдукту (**$R_{бөлмө}$**) 8.1-таблицага жазгыла.

6. Жез түтүгүнүн бир учуна буу генераторун бекитүү үчүн атайын шлангды пайдалангыла. Буу генераторун түтүктүн микрометрден алыскы учуна туташтыргыла.
7. Таянычтын бир учун китеп же жыгач брусогунун жардамы менен бир нече сантиметрге көтөрүп, түтүктүн ичине буунун кирүүсүн жогорулатууга болот. Бул түтүктүн ичиндеги конденсирленген суунун сыртка агып чыгуусуна алып келет. Сыртка агып чыккан сууну топтоо үчүн түтүктүн экинчи учунун тушуна идиш койгула.
8. Микрометрдин узун индикатордук жебесин нөлгө алып келгиле. Түтүк кеңейе баштаганда индикатордук жебе саат жебесине каршы багыт боюнча кыймылдай баштайт.
9. Буу генераторун иштеткиле. Буу кире баштаганда микрометр менен омметрдин көрсөтүүлөрүнүн өзгөрүшүн байкагыла. Термистордун каршылыгы туруктуу болгондо гана анын көрсөтүүсүн **($R_{ысык}$)** 8.1-таблицага жазгыла. Ошондой эле микрометрдин жебесинин жылышы боюнча түтүктүн канча узундукка кеңейгендигин **(ΔL)** аныктап жазгыла (микрометрдин көрсөтүүсүнүн ар бир бөлүккө өсүшү түтүктүн 0,01mm кеңейишине эквиваленттүү). Микрометрдин көрсөтүүсүн так аныктоого аракет кылгыла.
10. Жогорудагы тажрыйбаны болот жана алюминий түтүктөрү үчүн кайталагыла. Эгерде ар кандай температурадагы металлдардын кеңейүүсүн изилдегиңер келсе, түтүктөрдүн ичине ысык же муздак суу куя аласыңар. Туура жыйынтык алуу үчүн көрсөтмөлөрдү ирээти менен аткаргыла.
11. Термистордун өлчөнгөн каршылыктарынын $R_{бөлмө}$ жана $R_{ысык}$ аркылуу, табылган температуралардан $T_{бөлмө}$ жана $T_{ысык}$ көз карандылыктарын табуу үчүн кийинки бетте же таянычта берилген таблицаны пайдалангыла. Алынган жыйынтыктарды 8.1-таблицага түшүргүлө.
12. $\Delta T = T_{ысык} - T_{бөлмө}$ эсептегиле. Жыйынтыкты таблицага жазгыла.
13. $\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$ формуласын пайдаланып, жез, болот жана алюминий үчүн сызыктуу кеңейүү коэффициентинин маанисин эсептегиле.
14. α коэффициентинин бирдигин чыгаргыла жана физикалык маанисин түшүндүргүлө.

8.1-таблица.

Материал	**Чоңдуктар**				**Эсептөөлөр**			
	L (mm)	$R_{бөлмө}$ (Ω)	ΔL (mm)	$R_{ысык}$ (Ω)	$T_{бөлмө}$ (^{0}C)	$T_{ысык}$ (^{0}C)	ΔT (^{0}C)	$\alpha * 10^{-6}$ (1/^{0}C)
Жез								
Болот								
Алюминий								

<u>Термистордук айландыруу таблицасы:</u>

Каршылык Ω	**Температура** ^0C	**Каршылык** Ω	**Температура** ^0C	**Каршылык** Ω	**Температура** ^0C	**Каршылык** Ω	**Температура** ^0C
351,020	0	95,447	26	30,976	52	11,625	78
332,640	1	91,126	27	29,756	53	11,223	79
315,320	2	87,022	28	28,590	54	10,837	80
298,990	3	83,124	29	27,475	55	10,467	81
283,600	4	79,422	30	26,409	56	10,110	82
269,080	5	75,903	31	25,390	57	9,7672	83
255,380	6	72,560	32	24,415	58	9,4377	84
242,460	7	69,380	33	23,483	59	9,1208	85
230,260	8	66,356	34	22,590	60	8,8160	86
218,730	9	63,480	35	21,736	61	8,5227	87
207,850	10	60,743	36	20,919	62	8,2406	88
197,560	11	58,138	37	20,136	63	7,9691	89
187,840	12	55,658	38	19,386	64	7,7077	90
178,650	13	53,297	39	18,668	65	7,4562	91
169,950	14	51,048	40	17,980	66	7,2140	92
161,730	15	48,905	41	17,321	67	6,9806	93
153,950	16	46,863	42	16,689	68	6,7559	94
146,580	17	44,917	43	16,083	69	6,5394	95
139,610	18	43,062	44	15,502	70	6,3308	96
133,000	19	41,292	45	14,945	71	6,1298	97
126,740	20	39,605	46	14,410	72	5,9361	98

120,810	21	37,995	47	130897	73	5,7493	99
115,190	22	36,458	48	13,405	74	5,5693	100
109,850	23	34,991	49	12,932	75		
104,800	24	33,591	50	12,479	76		
100,000	25	32,253	51	12,043	77		

СУРООЛОР:

1. Жез, болот жана алюминий үчүн сызыктуу кеңейүү коэффициентинин кабыл алынган таблицалык маанилерин карагыла. Бул маанилерди тажрыйбада алынган маанилер менен салыштыргыла. Ар бири үчүн салыштырмалуу катасын эсептегиле. Кетирилген катаңар чоңбу же кичинеби? Анализ жасагыла.
2. 1-суроонун жандырмаларына таянып, тажрыйбадагы ката себептерин аныктагыла. Тажрыйбанын тактыгын кантип жогорулата алабыз?

№9 ЛАБОРАТОРИЯЛЫК ИШ
Жылуулук өткөрүмдүүлүк

Жабдуулар: - Жылуулук өткөрүмдүүлүк аппараты:
- таяныч;
- кыскычтары бар буу камерасы;
- муз тоңдуруу үчүн капкактуу идиш;
- изилденүүчү (үлгү) материалдар (айнек, жыгач, лексан, мазонит, тоо-тек катмары (булардын кээ бири суу өткөрбөгөн алюминий фольгасы менен капталган));
- буу генератору;
- муздаткыч;
- эриген сууну чогултуу үчүн идиш;
- конденсирленген бууну тосуу үчүн идиш;
- тараза;
- секундомер;
- мензурка;
- вазелин.

Максат: Курулушта пайдаланылуучу ар түрдүү материалдардын жылуулук өткөрүмдүүлүк коэффициенттерин тажрыйба жүзүндө аныктоо

Чөйрөнүн бир чекитинен экинчи чекитине жылуулуктун берилиши үч жол менен ишке ашат. Алар жылуулук өткөрүмдүүлүк, конвекция жана нурдануу. Жылуулуктун конвекция жолу менен берилиш механизми жылуулук өткөрүмдүүлүккө жакын. Нурдануу кванттык механикада каралат. Бул кубулуштардын бардыгында энергиянын бир жерден экинчи жерге ташылуусу ишке ашат.

Молекулалардын баш аламан кыймылы жылуулуктун бир жерден экинчи жерге берилишине, б.а. жылуулук өткөрүмдүүлүккө шарт түзөт. Жылуулук өткөрүмдүүлүк нерсени түзгөн бөлүкчөлөрдүн бири-бири менен кагылышууда кинетикалык энергиянын берилиши менен ишке ашат. Молекулалык-кинетикалык теорияга ылайык температура бөлүкчөлөрдүн орточо кинетикалык энергиясы менен мүнөздөлөт. Демек, температурасы жогору болгон жерде бөлүкчөлөрдүн орточо кинетикалык энергиясы да чоң. Мындай бөлүкчөлөр температурасы төмөн, демек орточо кинетикалык энергиясы азыраак болгон жердин бөлүкчөлөрү менен кагылышканда өзүнүн энергиясынын бир бөлүгүн берип, ал жердин да температурасынын жогорулашына алып келет. Газдар жана суюктуктар үчүн жылуулук өткөрүмдүүлүк механизмин түшүндүрүүчү бул кубулуш катуу нерселер үчүн айырмалуу болот. Катуу заттарда жылуулук өткөрүмдүүлүк механизми газдарга салыштырмалуу бир кыйла айырмаланат. Кристаллдык катуу нерселер (мисалы металлдар) атомдору иреттүү жайланышкан кристаллдык торду элестетет. Бул тордун түйүндөрүндө оң иондор жайланышып, алардын арасында баш аламан кыймылда болушкан электрондор аралап жүрөт. Электрондордун кыймылы газдын молекулаларынын кыймылын элестетет. Ошондуктан, металлдардагы эркин электрондорду айрым учурларда электрондук газ деп да аташат. Жылуулук

өткөрүмдүүлүк кристаллдык тордун түйүндөрүндө жайланышкан иондордун термелүү кыймылы жана электрондордун баш аламан кыймылдары аркылуу берилет. Иондордун термелүү кыймылы аркылуу берилүүчү жылуулук бир кыйла (100 эсе) кичине. Ошондуктан иондордун металлдардагы жылуулук берүү ролун эске албай койсок да болот. Демек, металлдардагы жылуулук өткөрүмдүүлүктү ишке ашыруучу негизги бөлүкчөлөр электрондор, б.а. электрондук газ эсептелет.

Эгерде жылуулук берүү процесси стационардык, б.а. катмарлардын ортосундагы температуралык айырма өзгөрбөсө же берилип жаткан жылуулук саны өзгөрбөсө, нерсенин бирдей аянттагы эки катмарларынын ортосу аркылуу Δt убактысында өткөн Q жылуулук саны төмөнкү формула менен аныкталат:

$$Q = k\frac{T_2 - T_1}{h}S \cdot \Delta t, \qquad (9.1)$$

(9.1) формула Фурьенин теңдемеси деп аталат.

Мында S - нерсенин туурасынан кесилиш аянты, Δt - жылуулук берилүү убактысы, h - материалдын калыңдыгы, k - жылуулук өткөрүмдүүлүк коэффициенти, ал нерсенин затынын тегинен көз каранды. Бул теңдемедеги $T_2 - T_1 / h = gradT$ нерсенин узундук бирдигине туура келген температуранын өзгөрүшүн көрсөтөт жана ал температуранын градиенти деп аталат. Тагыраак мүнөздөмөсү $\partial T / \partial h = gradT$ болот. Градиент вектордук чоңдук, ал өзүнө таандык скалярдык чоңдуктун өсүү багытына карама-каршы багытта болот. Демек, жылуулук өткөрүмдүүлүктүн бирден бир шарты температуралык градиенттин болушу эсептелет.

Ошентип, материал аркылуу өтүүчү жылуулуктун саны:

$$\Delta Q = k\frac{S\Delta T\Delta t}{h}. \qquad (9.2)$$

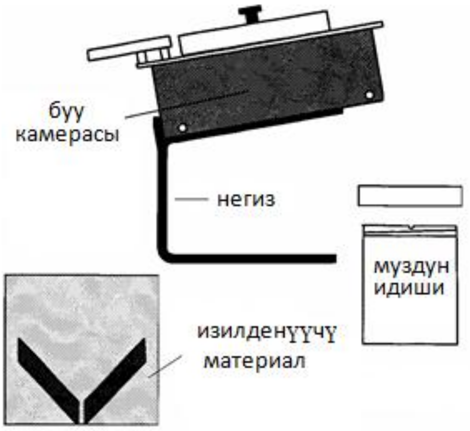
Бул теңдемеде, ΔQ – жалпы өтүүчү жылуулук энергиясы, S - жылуулук өткөрүмдүүлүк болуп өткөн, б.а. муздун үлгү менен тийишкен бетинин аянты, ΔT – үлгүнүн эки четки чекиттеринин температуралык айырмасы, Δt - жылуулук берилген убакыт жана h – материалдын калыңдыгы, ал эми k тиешелүү материалдын жылуулук өткөрүмдүүлүгүн мүнөздөөчү коэффициент. (9.2) теңдемеден жылуулук өткөрүмдүүлүк коэффициенти төмөнкүгө барабар:

$$k = \frac{\Delta Q h}{S\Delta T\Delta t}. \qquad (9.3)$$

k нын физикалык маанисин төмөндөгүдөй түшүндүрүүгө болот: *эгер* $h = 1$, $S = 1$, $\Delta T = 1$ *жана* $\Delta t = 1$ *болсо, анда* $Q = k$, *б.а. жылуулук өткөрүмдүүлүк коэффициенти температураны бир бирдикке өзгөртүүдө сан жагынан бирдик калыңдык аркылуу убакыт бирдигинде жылуулук агымына перпендикуляр бирдик аянт аркылуу өткөн жылуулук санына барабар.*

k нын бирдиги өлчөөдө керектелген чоңдуктардын бирдиктеринен келип чыгат. k нын мааниси жылуулукту жакшы өткөрүүчүлөрдү (жакшы өткөргүч) же тескерисинче, начар өткөрүүчүлөрдү (жакшы изолятор) тандоодо маанилүү. k коэффициенти кичине болгон материал сөзсүз эле жакшы изолятор боло бербейт. Жылуулук өткөрүмдүүлүк үч фактордон көз каранды. Алар: беттик аянт, калыңдык жана температуралардын айырмасы.

Жылуулук өткөрүмдүүлүк аппараты. ТД-8561 жылуулук өткөрүмдүүлүк аппараты имарат курулушунда пайдаланылуучу беш түрдүү материал үчүн жылуулук өткөрүмдүүлүк коэффициентин изилдөөгө мүмкүндүк берет.



9.1-сүрөт. Жылуулук өткөрүмдүүлүк аппаратынын курамы

Бул аппаратта жылуулук өткөрүмдүүлүктү өлчөө ыкмасы жетишээрлик жөнөкөй. Изилдене турган материалдын пластинасы турактуу 100^0C температураны камсыздоочу буу камерасы менен турактуу 0^0C температураны камсыздоочу муздун кесегинин ортосуна коюлат. Үлгү пластинасынын карама-каршы беттеринин ортосунда 100^0C температуралык айырма камсыз кылынат.

Үлгү аркылуу өткөн жылуулук саны муздан эриген суунун массасы менен өлчөнөт. Бир грамм музду эритүү үчүн 80 каллория жылуулук саны сарпталары белгилүү. Ошондуктан жылуулук өткөрүмдүүлүк коэффициенти k төмөнкү формула менен аныкталат:

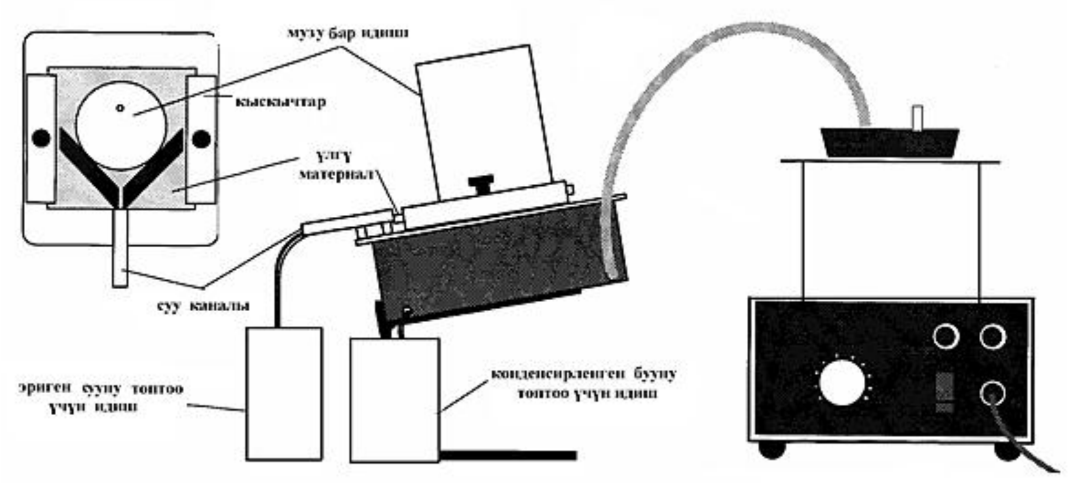
$$k = \frac{m\lambda_{муз} h}{S\Delta T\Delta t}. \qquad (9.4)$$

Мында m - эриген суунун массасы, $\lambda_{муз}$ - муз үчүн эрүүнүн салыштырма жылуулугу ($\lambda_{муз} = 80\frac{cal}{g}$), Δt - музду эритүүгө кеткен убакыт. Бул тажрыйбада узундук - сантиметр (cm), масса - грамм (g), температура - градус Цельсия (^0C), ал эми убакыт - секунда (s) менен өлчөнөт.

ИШТИН ТАРТИБИ:

1. Муздун идишин суу менен толтуруп, аны тоңдургула. Сууну идиштин капкагын жаап тоңдурбагыла (сууну тоңдурар алдында сууга бир аз сандагы кир жуугуч порошок салып койсоңор, муз эригенде суусу жеңил агат жана жыйынтыкка таасирин тийгизбейт).
2. Музду идиштен бошотуу үчүн жылуу сууга салгыла.
3. Үлгү үчүн алынган материалдын h калыңдыгын ченеп, 9.1-таблицага жазгыла.
4. Үлгүнү буу камерасынын кыскычтарына 9.2-сүрөттө көрсөтүлгөндөй кылып бекиткиле.

Эскертүү: *Үлгүнүн астынан суу агып чыкпашы үчүн бурамалардын тыкыс бекитилишин текшергиле. Үлгүнүн суу агып чыгуучу каналына вазелин сүйкөө менен суунун агып чыгышын дагы жеңилдетүүгө болот.*



9.2-сүрөт. Тажрыйбанын уюштурулушу

5. Музду 9.2-сүрөттө көрсөтүлгөндөй кылып, үлгүнүн үстүнө койгула. Музду идиштен чыгарбагыла, бирок идиштин ичинде муз эркин жылып туруусу керек. Идиштин ачык оозун үлгүнүн үстүңкү бетине келгидей кылып жана тажрыйбанын жүрүшүндө муз сыртка жылмышып чыкпагандай кылып орноткула.

9.1-таблица

N/N	Зат	h	d_1	d_2	$t_ч$	$m_ч$	$t_{ч+б}$	$m_{ч+б}$
		cm	cm	cm	s	g	s	g
1.	**жыгач**							
2.	**лексан**							
3.	**тоо-тек катмары**							
4.	**айнек**							
5.	**мазонит**							

6. Муз менен үлгү толук контактта болуш үчүн, аны эрип баштаганча коюп койгула. (Муз эрий электе өлчөөнү баштабагыла, себеби ал 0^0C температурадан төмөн болушу да мүмкүн).
7. Муздун чөйрөдө эрүү ылдамдыгын аныктоо үчүн төмөнкү чоңдуктарды тапкыла:
   1) Эриген суу куюлуучу идиштин массасын ченегиле;
   2) Чөйрөнүн таасири менен $t_ч$ (10 мүнөт) убактысында эриген сууну идишке топтогула;
   3) Суусу бар идиштин массасын ченеп, чөйрөнүн таасири менен эриген суунун $m_ч$ массасын аныктагыла.

Эскертүү: *Эриген суунун массасын, сууну мензуркага топтоп, көлөмүн аныктоо аркылуу да өлчөсө болот, бирок бул учурда жыйынтыктын так болушуна өзгөчө көңүл буруу керек.*

8. Муз кесегинин d_1 диаметрин өлчөгүлө.
9. Буу камерасына буу жибергиле. Температура туруктуу болуп, жылуулуктун берилиши бир калыпка келгенче күтө тургула (4-5 мүнөт) (буу камерасынын алдына конденсирленип, камерадан агып чыккан сууну тосууга идиш койгула).
10. Эриген сууну тосууга бош идиш койгула. Чөйрөнүн жана буунун таасири менен муздун эрүүсүнүн ылдамдыгын аныктоо үчүн төмөнкү чоңдуктарды тапкыла:
    1) Эриген суу куюлуучу идиштин массасын ченегиле;
    2) Чөйрөнүн жана буунун таасири менен $t_{ч+б}$ убактысында (5-10 минута) эриген сууну идишке топтогула;

3) Суусу бар идиштин массасын ченеп, чөйрөнүн жана буунун таасири менен эриген суунун $m_{ч+б}$ массасын аныктагыла.

11. Муз кесегинин d_2 диаметрин өлчөгүлө.
12. Жогоруда өлчөнгөн чоңдуктарды 9.1-таблицага жазгыла.
13. 8-12 пункттарды башка материалдар үчүн кайталагыла.
14. Тажрыйба учурундагы муз кесегинин $d_{орт.}$ орточо диаметрин аныктоо үчүн d_1 жана d_2 чоңдуктарынын орточосун тапкыла.
15. Муз менен үлгүнүн тийишкен бетинин S аянтын $d_{орт.}$ чоңдугун пайдаланып тапкыла.
16. $R_ч = \dfrac{m_ч}{t_ч}$ формуласын пайдаланып, буу жиберер алдындагы, б.а. чөйрөдөгү муздун эрүү ылдамдыгын эсептегиле.
17. $R_{ч+б} = \dfrac{m_{ч+б}}{t_{ч+б}}$ формуласын пайдаланып, буу жибергенден кийинки, б.а. чөйрөнүн жана буунун таасири менен муздун эрүү ылдамдыгын эсептегиле.
18. $R_{б+ч}$ ден $R_ч$ кемитип, буунун гана таасири менен муздун $R_б$ эрүү ылдамдыгын эсептегиле.
19. Үлгүнүн k жылуулук өткөрүмдүүлүк коэффициентин төмөнкү формула менен эсептегиле:

$$k = \frac{\lambda_{муз} \cdot R_б \cdot h}{S \cdot \Delta T}$$

Эскертүү: *ΔT - Кыргызстандын шартында суунун кайноо температурасы болжол менен $96{,}5^0 C$ барабар.*

20. Алынган маанилерди жылуулук өткөрүмдүүлүк коэффициентинин теориялык маанилери менен (9.2-таблицада берилген) салыштырып, салыштырмалуу катаны ε эсептегиле.
21. Эсептөөлөрдүн жыйынтыктарын 9.2-таблицага жазгыла.

9.2-таблица

N/N	Зат	$d_{орт.}$	S	$R_ч$	$R_{ч+б}$	$R_б$	$k_{тажр.}$	$k_{теор.}$	ε
		cm	cm^2	g/s	g/s	g/s	$\frac{cal}{s \cdot cm \cdot {}^0C}$	$\frac{cal}{s \cdot cm \cdot {}^0C}$	%
1.	**жыгач**							$(2{,}06 \div 3{,}3) \cdot 10^{-4}$	
2.	**лексан**							$4{,}6 \cdot 10^{-4}$	
3.	**тоо-тек катмары**							$10{,}3 \cdot 10^{-4}$	
4.	**айнек**							$(17{,}2 \div 20{,}6) \cdot 10^{-4}$	
5.	**мазонит**							$1{,}13 \cdot 10^{-4}$	

СУРООЛОР:

1. Жылуулук кандай жолдор менен берилет?
2. Жылуулуктун берилиши үчүн кандай шарттар аткарылышы керек?
3. Өткөрүмдүүлүк коэффициенти кайсы чоңдуктардан көз каранды?
4. Салыштырмалуу катаны азайтуу б.а., тажрыйбанын тактыгын жогорулатуу үчүн кайсы талаптардын аткарылышы маанилүү?