

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН БИЛИМ БЕРҮҮ ЖАНА ИЛИМ
МИНИСТРЛИГИ

ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ

З. Омаралиева

ФИЗИКАЛЫК ПРАКТИКУМ МЕХАНИКА

Окуу колдонмо

Ош, 2019

УДК 531
ББК 22.2
О-57

Ош мамлекеттик университетинин Окумуштуулар Кеңешинин чечими менен
басмага сунушталган.
(2019-жылдын 28-майынын №7 токтому)

Рецензенттер – физ.-мат.илим.канд., доцент Ж. Эгембердиев,
улук окутуучу М. Курбаналиев

Омаралиева З.

О-57 Физикалык практикум. Механика: Университеттердин
физика, математика, информатика жана инженердик-техникалык
адистиктеги студенттери үчүн окуу колдонмо/ Ош: 2019 – 135 б.

ISBN 978-9967-18-557-9

Окуу колдонмодо жалпы физика курсунун механика бөлүмүнүн айрым маселелерин тереңдетип өздөштүрүүгө көмөк көрсөтүүчү 14 лабораториялык иштердин баяндамалары берилген.

Ар бир баяндама студенттерди аткарылуучу иштин максаты, жабдылышы, изилденүүчү кубулуштардын илимий-теориялык негизде түшүндүрүлүшү, ишти аткаруунун тартиби, алынган маалыматтарды иреттеп-анализдөө жана тиешелүү тыянак чыгаруу жолдору менен тааныштырат.

О 1603000000-19

ISBN 978-9967-18-557-9

УДК 531
ББК 22.2

© Омаралиева З., 2019

МАЗМУНУ

| | |
|---|-----|
| Кириш сөз | 4 |
| 1. Материя жана кыймыл жөнүндө жалпы түшүнүк..... | 6 |
| 2. Физика илиминин милдети..... | 6 |
| 1.Усулдук кеңештер | |
| 1.1. Лабораториялык жумушунун аткаруунун тартиби..... | 7 |
| 1.2. Өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн тактыгы..... | 9 |
| 1.3. Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун эрежелери..... | 12 |
| Лабораториялык иштердин баяндамалары | |
| 1. Сызыктуу чоңдуктарды өлчөө..... | 16 |
| 2. Телолордун массасын жана тыгыздыгын аныктоо..... | 20 |
| 3. Телонун эркин түшүү ылдамдануусун аныктоо..... | 24 |
| 4. Тоголонуп сүрүлүү коэффициентин аныктоо..... | 35 |
| 5. Катуу заттардын серпилгичтүүлүк касиеттери..... | 44 |
| 6. Атвуддун машинасын колдонуп бир калыпта ылдамдатылган кыймылды окуп үйрөнүү..... | 49 |
| 7. Телолордун инерция моментин толгонуучу маятниктин жардамында аныктоо..... | 58 |
| 8. Импульстун сакталуу законун окуп үйрөнүү..... | 67 |
| 9. Максвеллдин маятниги..... | 75 |
| 10. Гироскоптун жардамы менен импульс моментинин сакталуу законун изилдөө..... | 88 |
| 11. Баллистикалык маятниктин жардамы менен октун ылдамдыгын аныктоо..... | 97 |
| 12. Катуу телонун айлануу кыймылын Обербектин маятникнин жардамында окуп үйрөнүү..... | 105 |
| 13. Үндүн абадагы таралуу ылдамдыгын туруучу толкун усулу менен аныктоо..... | 119 |
| 14. Сфералык беттин ийрилик радиусун аныктоо..... | 127 |
| Тиркемелер | |
| T1. Эл аралык системадагы негизги бирдиктер(СИ)..... | 131 |
| T2. Турактуу чоңдуктар..... | 131 |
| T3. Механиканын негизги чоңдуктары..... | 132 |
| T4. Алга умтулуу жана айлануу кыймылдарынын формулаларын салыштыруу..... | 133 |
| T5. Ар кандай заттардын ортосундагы сүрүлүү коэффициенти..... | 133 |
| T6. Материалдардын серпилгичтүүлүк мүнөздөмөлөрү..... | 133 |
| T7. Ондук, эселик жана үлүштүк бирдиктер (приставка-кыстырма)..... | 134 |
| T8. Түрдүү температурадагы үндүн абадагы таралуу ылдамдыгы | 135 |
| Адабияттар | 136 |

Кириш сөз

Физикалык эксперимент – бул табият жөнүндөгү билимдин булагы жана табияттагы болуп жаткан кубулуштарды таанып - билүү методу катары адамдын илимий көз карашын калыптандырууда маанилүү орунду ээлейт. Физикалык эксперимент тигил же бул кубулуштардын жана закон ченемдүүлүктөрдүн иллюстрациясы гана болуп эсептелбейт, ал билимдин булагы, түрдүү теориялык жоболордун (эрежелердин) тууралыгынын далили катары кызмат кылат, студенттерде илимий ишенимди түзүүгө жардам берет жана физикалык кубулуштарды байкоо жөндөмдүүлүктөрүн, эксперимент жүргүзүү көндүмдөрүн (навыктарын) өнүктүрөт. Адам баласынын түшүнүктөрү жана элестөөлөрү менен объективдүү дүйнөнүн ортосундагы дал келүүчүлүктү илимий далилдөө эксперимент аркылуу ишке ашат.

Физика сабагын окутуу процессинде ар түрдүү окуу эксперименти кеңири колдонулат. Эгерде физика сабактарында зарыл тажрыйбалар көрсөтүлбөсө жана милдеттүү лабораториялык жумуштар аткарылбаса, анда тигил же бул тема сөз жүзүндө эң сонун түшүндүрүлсө дагы, ал сабакты канааттандыраарлык өтүлдү деп эсептөө мүмкүн эмес. Мында, лабораториялык сабактардын сапаты эксперименттин канчалык ийгиликтүү тандалгандыгына, даярдалгандыгына жана сабак мезгилинде талапка ылайык өткөрүлгөндүгүнө көптөн-көп көз каранды.

Ушул окуу колдонмону иштеп чыгуудагы биздин негизги максат мамлекеттик стандартка (программанын бардык бөлүмдөрүнө) таянып, лабораториялык иштерди системалуу тандап алуу, ОшМУнун жалпы физика жана физиканы окутуунун усулдугу (ФОУ) кафедрасындагы материалдык техникалык базанын негизинде *физикалык практикумдун* методикасын, аны жүргүзүүнүн техникасын жеткиликтүү толук берүү болуп эсептелди. Физика, математика, информатика инженердик-техникалык адистиктердин мамлекеттик стандарттарында, окуу пландарында жана негизги билим берүү программаларында (НББП) физикалык практикумга өзгөчө маани берилген, анда адис даярдоонун жогорку сапатына жетишүүдө күтүлүүчү натыйжалар, окутуунун натыйжаларында теориялык жана практикалык сабактарды айкалыштыруу талабы коюлган. Физикалык практикум ОшМУда даярдалып жаткан тиешелүү адистиктердин студенттеринин жогорку сапатта даярдоого өз салымын кошот деген илгери үмүттөбүз. Бул маселени туура чечүү программада көрсөтүлгөн *физикалык практикумдун* мазмунун кайрадан карап чыгууну талап кылды. Жеткиликтүү түрдө тизмектүү берилген теориялык билимдерди, эксперименталдык лабораториялык жумуштар менен айкалыштыруу максатында программанын чегинен чыгып кетпегендей айрым кошумчалар киргизилди. Бул учурда атайын көңүл бурууга арзый тургандай, мүмкүн болушунча бири-бирин кайталабаган лабораториялык жумуштар тандалып алынды.

Аталган колдонмону түзүүдө тиешелүү адабияттардан пайдаландык. Мында алга умтулуу, айлануу, термелүү жана толкундук кыймылдарды окуп үйрөнүүгө арналган жана ОшМУнун окуу лабораторияларынын шартында аткарууга мүмкүн болгон 14 иштин баяндамалары берилди. Окуу колдонмодо тиешелүү лабораториялык жумуштарга керектүү куралдардын түзүлүшүн жана иштөө принцибин үйрөнүү, физикалык чоңдуктарды өлчөө, физикалык кубулуштарды жана закондорду изилдөөлөр каралган. Лабораториялык иштерди аткарууга карата айрым усулдук кеңештер, тиешелүү таблицалык маалыматтарды камтыган тиркеме берилген. Баяндамаларда ар бир лабораториялык иштин максаты, аны аткарууга керектүү каражаттар көрсөтүлгөн, тапшырмалар жана аларды аткаруу усулдары, тартиби, ошондой эле билимди текшерүү үчүн суроолор берилди. Иштин баяндамасындагы кыскача теориялык материалдар жана колдонмонун аягында көрсөтүлгөн адабияттар менен таанышуу студенттин лабораториялык сабактарга өз алдынча даярдануусуна жардам берет. Ошондуктан окуу колдонмону жогорку окуу жайларда “Физика – математикалык билим берүү” багытындагы физика, математика, информатика профилдери боюнча даярдалып жаткан жана инженердик-техникалык адистиктердин студенттеринин пайдалануусу үчүн сунуш кылабыз. Механика боюнча физикалык практикундун түзүлүшү - ОшМУнун жалпы физика жана ФОУ кафедрасынын жамаатынын көп жылдык эмгегинин натыйжасы. Практикундун кол жазмасын көңүл коюп окуп чыгып, пайдалуу кеп –кеңештерин бергендери үчүн жалпы физика жана физиканы окутуунун усулдугу кафедрасынын доценти, ф.-м.и.к. Ж.Эгембердиевге жана улук окутуучу М.Курбаналиевге терең ыраазычылык билдирем. Колдонмонун сапатын жогорулатууга багытталган окурмандардын сунуштарын, ой жана сын пикирлерин төмөнкү даректе күтөбүз: Ош шаары, ОшМУнун башкы корпусу, 238-каана, жалпы физика жана ФОУ кафедрасы.

Түзүүчү

З. Омаралиева

1. Материя жана кыймыл

Физика илими, анын бир бөлүгү - Механика да материянын жалпы формадагы кыймылын үйрөтөт. Бизди курчап турган бардык нерселер: бак-дарак, жер-суу, биз дем алып жаткан аба, көз менен көрүүгө көмөк болгон жарык нуру – булардын бардыгы материядан турат. Материя – заттык жана талаа формасында болуп эки түрдө жашайт. Кийинки кездерде физикалык вакуум да материянын өзгөчө бир формасы деп каралууда.

Материянын эң башкы, ажырагыс касиети-кыймыл. Электрон, протон сыяктуу элементардык бөлүкчөлөрдөн тартып, ааламдагы планета, жылдыз жана галактикаларга чейин бардык нерселер дайыма тынымсыз кыймылда болуп турат.

Жаратылыштагы жүрүүчү көптөгөн процесстер, мисалы, химиялык реакциялар, электромагниттик нурдануу, бак-дарактын өсүшү, ойлоо ж.б.у.с. да кыймыл мисал боло алат. Кыймыл деп жалпысынан, бардык өзгөрүүлөрдү (коомдук, биологиялык, физикалык ж.б.у.с.) түшүнөбүз. Алардын ичинде физика илими материянын түзүлүшүн жана көбүрөөк жалпы формадагы, б.а. механикалык, жылуулук, электромагниттик, ички ядролук ж.у.с. кыймылдарын үйрөтүүчү илим болуп эсептелет. Жогоруда аталган кыймылдардын ар бир түрү физиканын атайын бөлүмдөрүнүн мазмунун түзөт. Атап айтканда физиканын механика бөлүмү кыймылдын эң жөнөкөй түрү-механикалык кыймылды камтыган ар түрдүү кубулуштарды жана процесстерди үйрөтөт.

Механикалык кыймыл-телонун башка телолорго салыштырмалуу убакыттын өтүшү менен өзгөрүшү аталат.

2. Физика илиминин милдети

Физика илиминин максаты-жаратылыштын закон ченемдүүлүктөрүн ачып, аны адамдын кызыкчылыгы үчүн пайдалануу.

Физика илиминин милдети. Адам баласы өзүнүн күндөлүк турмушунда ар кандай нерселерди, алардын байланыштарын, аракеттешүүлөрүн кездештирет. Алардын элесинен жөнөкөйлөштүрүлгөн модель түзүлөт. Модель аркылуу кубулуштун биз үчүн зарыл болгон жактарын үйрөнөбүз. Мисалы, биз нерселердин кыймылын үйрөнүүдө алардын формасын жана өлчөмүн эсепке албай массасы ошол нерсенин массасына барабар болгон материалдык чекит деп карайбыз. Демек, материалдык чекит нерсенин жөнөкөй модели. Көпчүлүк учурда мындай кароо менен туура жыйынтыктарды алабыз. Бирок, нерсени дайыма эле, материалдык чекит

деп кароого болбойт. Биз нерсени айрым учурда “катуу нерсе” деп, башка учурда “серпилгичтүү нерсе” деп алуубуз мүмкүн, ошентип, нерсенин касиеттерине реалдуу жакындап отурабыз. Биздин улам кийинки моделибиз чындыкка көбүрөөк жакындап отурат. Ошентип, физика илиминин башкы милдети болуп, биздин аң-сезимибизде дүйнөнүн мүмкүн болушунча толук жана так чагылдырылган моделин түзүү эсептелет.

Модель түзүү менен чыныгы кубулушту жөнөкөйлөштүрүп, абстракцияга өткөн болобуз. Абстракцияга өтүү - кубулуштун моделин түзүүдөгү негизги методдордун бири. Физикада механикалык кыймылдарды изилдөөнүн натыйжасында топтолгон билимдердин системасын жалпы түрдө механика деп атайт.

Механикалык кыймыл алга умтулуу, айлануу, термелүү жана толкундук кыймылдар болуп бөлүнөт.

Физиканын өтө маанилүү маселелеринин бири – бул чыныгы дүйнөнүн мейкиндик - убакыттык катышын табуу болуп саналат. Анткени ар бир материалдык нерсе өлчөмдөргө ээ болбосо жана бири-биринен кандайдыр аралыкта жайгашпаса, адам баласынын аң – сезиминде мейкиндик түшүнүгү да болмок эмес. Мисалы: Күн менен Айдын чыгышы жана батышы, жыл мезгилдеринин алмашышы, жандуулардын жашоо өмүрү ж.б.у.с. бул өзгөрүүлөрдүн узактыгы адам баласынын аң – сезиминде убакыт түшүнүгү катары калыптанып калган. Убакыттын өтүшүн баалоо үчүн мезгилдүү процесстер (термелүү, айлануу ж.б.у.с.) пайдаланылат.

Азыркы илимий – техникалык прогресстин доорунда ар бир инженер физикалык закондорду терең өздөштүрүүсү зарыл. Анткени өндүрүштүн, айыл-чарбанын кайсы тармагында болбосун колдонулуп жаткан машиналардын механизмдердин иштөө принциптери физиканын закон ченемдүүлүктөрүнө негизделген. Башка илимдерге салыштырганда физиканын орду техникада өзгөчө мааниге ээ. Мисалы, тартуу законунун, энергия жана импульстун сакталуу закондорунун объективдүүлүгү, ракеталардын траекторияларын эсептеп, космос кемелеринин учурулушу, түзүлгөн расписаниелерге ылайык транспорт машиналарынын кыймылы, техникалык конструкцияларда жана курулуштарда тең салмактуулук шарттарын иш жүзүндө колдонуу, гидроэлектр станциялардын плотиналары ж.б.

Усулдук кеңештер

1.1 Лабораториялык жумуштарды аткаруунун тартиби

Лабораториялык иштерди аткаруу – заттардын түрдүү физикалык касиеттерин өз алдынча изилдөө, табиятта жана күндөлүк турмушта кездешүүчү көптөгөн кубулуштарды жөнөкөйлөштүрүп окуп үйрөнүү, теориялык билимди текшерип бекемдөө, кесиптик чеберчилигин калыптандыруу багытындагы студенттердин көп кырдуу иш аракеттеринин эң маанилүү этабы болуп эсептелет. Ошондуктан аны даярдап аткарууга, жүрүп жаткан процессти максаттуу башкарууга, өлчөөлөрдүн жүрүшүндө орун алуучу каталыктарды азайтууга, коопсуздук техникасынын эрежелеринин сакталышына өзгөчө көңүл буруу зарыл. Лабораториялык иштер, адатта, эки студенттен турган топ тарабынан лабораториянын шартына жараша алдын ала түзүлгөн график боюнча аткарылат. Топтун мүчөлөрү кезектеги лабораториялык ишке аны аткаруудан бир нече күн алдын даярдана башташы керек.

Алдын-ала даярдык тиешелүү иштин баяндамасын, анда көрсөтүлгөн кошумча окуу адабияттарындагы керектүү маалыматтарды, колдонулуучу куралдардын паспортторун (көрсөтмөлөрүн) терең өздөштүрүүнү талап кылат. Даярдыктын жүрүшүндө топтун мүчөлөрү аткарылуучу иштин максатын, аны чечүүнүн ар түрдүү усулдарын, колдонулуучу физикалык приборлордун, курулмалардын түзүлүшүн жана иштөө принцибин, ишти аткаруунун тартибин так, даана түшүнүүгө аракет жасашы керек. Сабактын башталышында топтун мүчөлөрүнө аткарылуучу ишке тиешелүү курулманын, анын айрым бөлүктөрүнүн абалы менен түздөн-түз таанышуу, алардын коюлган маселени чечүүгө жарамдуулугун текшерүү, тандап алынган усулга ылайык экспериментти «ой жүзүндө» жүргүзүү сунуш кылынат. Мындай аракеттер өзгөчө көңүл бурулуучу жагдайларды аныктап алууга, тажрыйбанын жүрүшүн каттоочу атайын дептерге (черновикке) керектүү таблицаны даярдап, ага белгилүү маалыматтарды жазып алууга, ар бир айрым жана жалпы эксперименттин узактыгын болжолдуу аныктоого жардам берет. Даярдык негизинен сабакка чейин жүргүзүлүп, сабактын башталышында ага азыраак (10-15 минутадан ашпаган) убакыт короткон максатка ылайыктуу. Мындай эксперименттерди бир нече ирет кайталап, алынган натыйжаларды эсептөө, алардан бир маанилүү тыянак чыгаруу жалпысынан узак убакытты талап кылат. Ошондуктан, иш туура уюштурулбаса, аны сабак учурунда толук аткарып бүтүрө албай, сабактан тышкары мезгилде кайрадан иштөөгө же графиктен артта калууга туура келет. Кийинки сабакта бул ишти башка топ аткараарын эсиңерден чыгарбагыла. Жогоруда саналган даярдыктар

толук аткарылып, окутуучу же лаборанттын уруксатын алгандан кийин гана тажрыйбаны аткарууга киришүүгө болот. «Тажрыйбаны бир нече (3-5) жолу аткаргыла» дегенди механикалык түрдө кабыл албагыла. Ар бир тажрыйбаны акыл-эс, чыгармачылык менен максаттуу түрдө жүргүзүүгө аракеттенгиле. Экинчи (жана кийинки) тажрыйбаны баштоодон мурда, алдыңкы тажрыйбанын жыйынтыгын баалоого - изилденүүчү чоңдуктун маанисин жумушчу формулага коюп эсептеп, аны ал чоңдуктун күтүлүүчү (таблицалык) мааниси менен салыштыруу керек.

1.2 Өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн тактыгы

1.2.1. Чоңдукту өлчөө – өлчөнүүчү чоңдуктун бул чоңдук менен бир тектүү болгон жана өлчөнүн бирдиги үчүн кабыл алынган чоңдуктан канча эсе чоңдугун же кичинелигин билүү болот. Айрым чоңдуктар түздөн-түз өлчөнөт мисалы, узундукту масштабдуу сызгыч менен өлчөө, ал эми массаны таразада тартуу мүмкүн. Бирок көпчүлүк учурларда изилденип жаткан чоңдук эмес, аны менен белгилүү байланышта болгон башка чоңдуктар өлчөнөт, бул байланыш үйрөнүлүп жаткан кубулуштун закондорунан келтирилип чыгарылат. Мисалы, телонун эркин түшүү ылдамдануусун аныктоодо универсалдык маятниктин жардамы менен маятниктин термелүү мезгили (термелүүлөрдүн санын, убактты өлчөө аркылуу жана узундугун өлчөө менен) аныкталат.

Мына ошентип, көпчүлүк учурларда аныкталып жаткан чоңдукту өлчөө үчүн үйрөнүлүп жаткан физикалык кубулушту бул чоңдук менен биргеликте мүнөздөөчү башка бир канча жардамчы чоңдуктарды түздөн-түз өлчөө керек. Мындай учурларда өлчөнүшү зарыл болгон чоңдуктарды колдонmodo көрсөтүлгөн белгилүү тартип боюнча өлчөөгө болот.

Физикада өлчөө иштерин жүргүзүүдө көбүнчө үч удаалаш операция аткарылат: аспапты туура орнотуу, байкоо жана эсептөө операциялары.

1.2.2. Биз колдонгон өлчөөчү аспаптардын өлчөө тактыгынын жана биздин сезүү органдарыбыздын сезүү жөндөмдүүлүктөрүнүн чектелгендигинен ар кандай өлчөөнүн натыйжалары белгилүү бир даражада гана анык болот. Ошондуктан өлчөөнүн натыйжалары бизге өлчөнүп жаткан чоңдуктун чыныгы маанисин эмес, анын жакындаштырылган маанисин гана берет. Өлчөө өлчөөнүн бирдигинин кандай эң кичине үлүшүнчө ишеничтүү аткарылган болсо, анда ошондой үлүш өлчөөнүн натыйжасынын *аныктык даражасы* болот. Эң акыркы натыйжаны аныктыгын ашыруу үчүн, ар кандай физикалык өлчөөнү бир жолу эмес, тажрыйба жүргүзүлүп жаткан шартты өзгөртпөй туруп, бир

канча жолу кайталоо зарыл. Себеби өлчөө иштерин аткарууда (аспапты орнотууда, көзөмөлдөөдө, эсептөөдө) биз дайыма азбы-көпбү ката кетиребиз, бул каталар эки себептен болушу мүмкүн, ошондуктан аларды группага: *дайыма болуучу (системалык) каталарга* жана *кокустук каталарга* бөлөбүз. *Системалык каталар* өлчөөчү аспаптардын бузуктугунун, өлчөөнүн усулунун туура эместигинин же тажрыйбачынын катага жол койгондугунун натыйжасы болот. Өлчөөнү бир канча жолу кайталоо бул каталардын таасирин азайтпайт; бул каталарды жоюу үчүн өлчөөчү аспаптарды оңдоо, өлчөөнүн туура усулун колдонуу жана жумушту аткаруунун колдонмодо берилген эрежелерин так аткаруу керек.

Кокустук каталар алдын ала айтууга мүмкүн болбогон түрдүү себептерден келип чыгат. Мындай себептерге: тажрыйбачынын өлчөөлөр учурунда аспаптардын көрсөтүүлөрүн түрдүү кокустук окуялардын, мисалы, иш жайында жарыктаныштын өзгөрүшүнөн, чуунун ж.б. таасиринен так аныктай албаса, электрдик өлчөөлөрдө чынжырдагы токтун күчүнүн кокусунан өзгөрүшү ж.б.у.с. мисал болот. Бул себептердин таасиринен кайталап өлчөөлөрдүн натыйжалары бири-биринен айырмаланышат. Ар бир өлчөөдөгү кокустук каталыктарды жоюунун мүмкүнчүлүгү жок. Бирок чоңдукту кайсы бир жолку өлчөөдө алынган натыйжа бул чоңдуктун чыныгы маанисинен чоң болуп калса, анда ал чоңдукту кийинки өлчөөлөрдүн биринин натыйжасы чыныгы мааниден кичине болуп чыгары шексиз. Чындыгында, чыныгы мааниден эки жакка четтөөлөрдүн – чоңдукту өлчөөдө алынган натыйжанын, анын чыныгы маанисинен чоң же кичине болуп калуусунун ыктымалдуулуктары бири-бирине барабар. Ошондуктан берилген чоңдукту өлчөөнү көп жолу кайталап, кокустук каталардын өлчөөнүн натыйжасына таасирин азайтууга болот. Мындан чоңдукту көп жолу өлчөөнүн натыйжаларынын орточо арифметикалык мааниси ал чоңдуктун чыныгы маанисине жакын болорун түшүнүү мүмкүн.

1.2.3. Ыктымалдуулуктар теориясы айрым өлчөөлөрдүн натыйжаларынын орточо мааниден четтөөлөрүнө таянып, орточо маанисинин ыктымалдуу катасын эсептөөгө мүмкүндүк берет. Бул маселенин чечилиши ыктымалдуулуктар теориясы курсунда толук окуп үйрөнүлөт. Ошондуктан бул окуу колдонмодо биз студенттерге бир канча жолу кайталап өлчөөдөн алынган орточо натыйжанын каталыгын табуу үчүн зарыл болгон көрсөтүлмөлөрдү гана беребиз.

а) *Чоңдукту көп жолу кайталап өлчөөнүн натыйжаларынын орточо арифметикалык маанисин табуу.* Изилденүүчү чоңдуктун өлчөөлөрдөн алынган маанилери: $N_1; N_2; N_3; \dots; N_n$ болсун дейли. Эгерде ал маанилери бири-биринен бир кыйла айырмаланышса, анда тажрыйбанын жүрүшүн анализдеп, жогорудагы айырмачылыктын келип чыгышына себепкер факторлорду аныктоого жана азайтууга аракет кылгыла, кийинки

тажрыйбаларды жумушчу формула алынган шарттарга ылайык улантууга аракеттенгиле. Туура эмес жүргүзүлгөн тажрыйбадан алынган маалыматтарды таблицкага кошпогула жана эсептөөлөргө пайдаланбагыла.

Анда бул чоңдуктун орточо маанисин эсептөө:

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i \quad \text{мында } n\text{-өлчөөлөрдүн саны.}$$

формуласы боюнча табылат. Чоңдуктун орточо мааниси-өлчөнүүчү чоңдуктардын маанилеринин чындыкка жакынкы суммасын, өлчөөлөрдүн санына болгон катышы.

б) *Абсолюттук каталык* N чоңдугунун тажрыйбада аныкталган $N_1, N_2, N_3, \dots, N_k$ маанилери бири-биринен айырмаланат. Бул маанилердин, $\Delta N_1, N > N_i, N < N_i$ жана $N = N_i$ болгондуктан, $\Delta N_i > 0, \Delta N_i < 0$ жана $\Delta N_i = 0$ болушу мүмкүн. Ошондуктан ΔN_i тин абсолюттук мааниси алынат (анткени, биздин бул айырмалардын белгиси эмес, алардын сан маанилери кызыктырат) жана ал абсолюттук каталык деп аталат. Анда айрым өлчөөлөрдүн абсолюттук каталыктарын эсептөө:

$$\begin{aligned} \bar{N} - N_1 &= \Delta N_1 \\ \bar{N} - N_2 &= \Delta N_2; \\ \bar{N} - N_n &= \Delta N_n \end{aligned} \quad (1)$$

Абсолюттук катасы эң кичине болгон тажрыйба башкаларына салыштырмалуу так аткарылган деп эсептелет. Ал эми абсолюттук катасы чоң болгон өлчөөлөрдүн натыйжалары эсептөө учурунда калтырылып кетилет.

в) Өлчөөлөрдүн орточо абсолюттук катасы ал өлчөөлөрдүн абсолюттук каталарынын орточо арифметикалык маанисине барабар:

$$\Delta \bar{N} = \frac{|\Delta N_1| + |\Delta N_2| + \dots + |\Delta N_n|}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta N_i| \quad (2)$$

Абсолюттук салыштырмалуу каталыкты эсептөө:

$$\sigma = \frac{\Delta \bar{N}}{N} \quad (2^*) \quad \text{же} \quad \sigma = \frac{\Delta \bar{N}}{N} \cdot 100\% \quad (2^{**})$$

процент менен туюндуруп эсептөөгө болот.

г) *Чоңдуктун чыныгы мааниси* анын тажрыйбада аныкталган орточо маанисинен айырмаланат, б.а.

$$N_{\text{чын}} = \bar{N} \pm \Delta \bar{N} \quad N_{\text{ист}} = N_{\text{чын}}$$

$$\begin{aligned} \overline{N} + \Delta\overline{N} \text{ жана } \overline{N} - \Delta\overline{N} & \qquad \vec{N} - \Delta\vec{N} \leq N_{\text{чын}} \leq \vec{N} + \Delta\vec{N} \\ \Delta N_6 = \pm 0,6745 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |\Delta N_i|^2}{n^{(n-1)}}} & \qquad (3) \end{aligned}$$

Бул формула өлчөнүп жаткан чоңдуктун чыныгы мааниси

$$N - |\Delta N| < N_{\text{чын}} < N + |\Delta N| \quad (4)$$
интервалда жатары көрүнүп турат.

1.3 Ишти аткаруунун жана жыйынтыктоонун эрежелери

Ар бир студент өлчөөлөрдөн алынган маалыматтарды формулаларга коюп, өз алдынча эсептөөлөрдү жүргүзөт жана аткарылган иштин жыйынтыгы тууралуу отчет даярдайт. Отчет төмөнкүдөй бөлүмдөрдү камтышы зарыл:

1. Лабораториялык иштин катар номери жана толук аталышы
2. Иштин максаты
3. Колдонулган приборлор, курулмалар жана каражаттар
4. Тапшырмалар жана аларды аткаруунун усулдары
5. Өлчөөлөрдүн жана эсептөөлөрдүн натыйжалары (таблицаалар, графиктер)
6. Аткарылган иш боюнча тыянактар

Графиктерди масштабдуу (миллиметрдик) кагазга калем менен чийүү керек. Лабораториялык ишти аткарууда алынган эксперименталдык маалыматтардын негизинде аларды теориялык көз-караштан түшүндүрүүнү камтыган кыскача тыянактар жасалат.

1.4. Коопсуздук техникасынын эрежелери

1. Приборлорго күч колдонбой кылдаттык менен мамиле кылуу.
2. Лабораториялык иштердин баяндамасын таза сактоо.
3. Өлчөө схемаларын чогултаардан алдын бардык ачкычтар «өчүрүлгөн» («ажыратылган») абалда, ал эми приборлордун потенциометрлеринин бурагычтары саат жебесинин айлануу багытына каршы тарапка толук буралгандыгын текшергиле.
4. Изоляциясы бузулган, өз ара уланган же учтарында атайын клеммалары (наконечник же штырь) жок өткөргүчтөрдү колдонууга болбойт.

5. Схеманы чогултуп жатканда өткөргүчтөр аркылуу уланган чекиттердеги контакттардын ишенимдүүлүгүнө өзгөчө көңүл бургула жана туташтыруучу өткөргүчтөрдүн кайчыланышына жол бербегиле.
6. Окутуучуга же лаборантка текшертмейинче чогулткан электрдик схемаларды ток булагына кошпогула.
7. Ток булагына кошулуп турган чынжырлардын бузулган жерлерин ондоого, схемаларына өзгөртүүлөрдү киргизүүгө **тыюу салынат**.
8. Иштеп жаткан лабораториялык курулманы кароосуз калтырып, жумуш ордунан кетип калууга **тыюу салынат**.
9. Иштеп жаткан лабораториялык жабдуулар, приборлор кокус бузулса же кандайдыр-бир кокустук болсо лабораториялык курулманы ошол замат ток булагынан ажыраткыла, жабырланган адамга биринчи медициналык жардам көрсөткүлө жана болгон окуяны окутуучуга же лаборантка билдиргиле.

ФПМ приборлор тууралуу жалпы маалымат

ФПМ-01-10 тибиндеги приборлордун жалпы көрүнүшү чиймеде келтирилген. Ал чиймелерде келтирилген номерлер боюнча приборлор төмөнкүдөй элементтерден турары жана негизги милдеттери берилген. Мисалы, ФПМ-02 тибиндеги Атвуддун прибору:

1. Колонка
2. Негизи
3. Кыймылсыз төмөнкү кронштейн
4. Кыймылдуу кронштейндер
5. Кыймылсыз бекитилген втулка
6. Түзөөчү таянычтар
7. Жогорку диска
8. Блоктун подшипниги
9. Блок
10. Электромагнит
11. Жип
12. Жүктөр
13. Миллиметрдик шкала
14. Столчо
15. Фотоэлектрдик датчиктер
16. Резиналуу кабыл алуучу столчо
17. Миллисекундомер бөлүктөрдөн турат.

Колонка-1 прибордун негизи-2, колонканын өзүнө кыймылсыз төмөнкү кронштейндер 4,5 тер жана кыймылсыз втулка 6 менен бекитилишет. Негизги түзөөчү таянычтар 7 ге жайгашкан. Втулкага 8

аркылуу блок 10, анын подшипниги 9 жана электромагнит 11 бекитилишет. Блокко жип арта салынат да, анын учтарына 13-14 жүктөр байланышат. Электромагнит блоку кыймылсыз кармап туруу үчүн колдонулат.

Бир калыптагы жана бир калыпта ылдамдатылган кыймылдагы жүктүн басып өткөн жолдору жогорку жана ортоңку кронштейндерди жылдыруу менен башкарылат. Бул жолдор колонкага бекитилген миллиметрдик шкала 15-тин жардамы менен өлчөнөт. Жогорку кронштейнге атайын белги коюлган. Ал белги жүктүн баштапкы абалын көрсөтөт. Ортоңку кронштейнге кошумча жүктү кармап калуу үчүн атайын кармагыч (столчо)-16, жана жүктүн бир калыптагы кыймылдын башталышын каттоочу фотоэлектрдик датчик-17 бекитилишкен.

Жүк төмөнкү кронштейнге түшөт. Ал кронштейнге резинадан жасалган амортизатор-18 жана жүктүн түшкөн моментинде секундомердин иштөөсүн токтотуучу фотоэлектрдик датчик-19 бекитилишкен.

Прибордун негизине миллисекундомер тиешелүү уюлдары аркылуу тиешелүү фотоэлектрдик датчиктерге туташтырылат. Миллисекундомердин алдыңкы бетинде үч баскычтар (клавишалар) жайгаштырылган.

1. Ток булагы (чынжыр-«сеть»)-бул клавишаны басып приборду ток булагына туташтырышат жана миллисекундомерде көрсөтүлгөн цифралар өчүрүлөт.

2. Өчүрүү («сброс»)-бул клавишаны басканда, миллисекундомердин көрсөтүүлөрү өчөт.

3. «Башта» («пуск»)-бул клавишаны басканда электромагнит жүктү бошотот жана өлчөөнү каттоо үчүн колдонулуучу импульсту пайда кылат.

Жалпы физика курсунун механика бөлүмү боюнча лабораториялык жумуштарды аткаруу студенттен өзгөчө тыкан даярдыкты, чеберчиликти жана жоопкерчиликти талап кылат. Студент лабораториялык жумуштарды окутуучу түзгөн график боюнча аткарат. Ошондуктан, эң ириде, баяндаманы жана керектүү кошумча адабияттарды шашпай талдап окуп чыгууга, аткарылуучу иштин максатын, аны жүзөгө ашыруунун усулун (же усулдарын), колдонулуучу приборлорду тандоого коюлуучу талаптарды так, толук түшүнүүгө аракет жасагыла. Түшүнбөгөн жерлериңерди дептериңерге жазып алып, сабактын башталышында окутуучудан же лаборанттан сурап билип алгыла.

Ишти баштардан алдын лабораториялык курулманын курамына кирүүчү приборлор, өлчөгүч куралдар, алардын паспорттору менен таанышып чыккыла.

Теориялык даярдыгыңарды жана алгачкы практикалык машыгууңарды окутуучуга же лаборантка көрсөтүп, ишти баштоого уруксат алгыла.

Лабораториялык сабактын убактысын туура, натыйжалуу пайдаланууга аракеттенгиле. Ал үчүн берилген убакытты иштин этаптарына болжолдуу бөлүштүрүп, сактоого көнгүлө. Мисалы, сабак башталгандан кийин курулма менен таанышууга, уруксат алууга – 10-15 мүнөт, курулманы түзүүгө, алгачкы сыноого – 10 мүнөт, көнүгүү-тапшырмаларды бир нече жолу кайталап аткарууга – 30-50 мүнөт, алынган маалыматтарды таблицага жайгаштырып, эсептөөлөрдү жүргүзүүгө, график чийүүгө жана тыянак чыгарууга – 20 мүнөт, отчет тапшырууга – 10 мүнөт. Айрым тапшырмалар узак убакытты, демек, өзгөчө пландаштырууну талап кылат.

Сабактын аягына чейин иштин бардык тапшырмаларын аткарып жыйынтыгын чыгарууга жана отчетун тапшырууга үлгүрүү зарыл. Айрым техникалык себептерге байланыштуу ишти аягына чыгарууга мүмкүн болбой калса, сабактан кийин толуктап аткарып, кийинки сабактын башталышында отчетту сөзсүз тапшырууга аракет кылгыла.

Иштин отчету төмөнкү маалыматтарды камтышы зарыл:

Лабораториялык иштин катар номери, аталышы

- Максаты
- Аткаруу усулу (усулдары)
- Колдонулуучу приборлор, өлчөгүч куралдар жана алардын параметрлери
- Керектүү приборлордун иштөө принциптери, курулмалардын блок-схемалары
- Эсептөөлөр үчүн колдонулуучу жумушчу формулалар

Тажрыйбалардын натыйжалары:

- Таблицалар
- Графиктер
- Тыянактар

Суроолорго жооптор.

Датасы: башталган күнү, отчет тапшырган күн.

№1. СЫЗЫКТУУ ЧОНДУКТАРДЫ ӨЛЧӨӨ

Жумуштун максаты: сызыктуу чондуктарды миллиметрдин жүздүк үлүштөрүнө чейинки тактыкта өлчөөнү үйрөнүү.

Жумушта колдонулуучу каражаттар: штангенциркуль, микрометр, түрдүү формадагы нерселер.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

Сызыктуу чондуктарды өлчөө үчүн ар түрдүү приборлорду жана аспаптарды пайдаланышат. Алардын ичинен эң жөнөкөйлөрү сызгыч штангенциркуль жана микрометр.

Узундукту сызгыч менен өлчөшөт. Көбүнчө сызгычтын бир бөлүгүнүн баасы 1ммге барабар. Эгер өлчөөнү мындан да кичине тактыкта жүргүзүү керек болсо, кошумча шкала – нониусту пайдаланышат.

Сызыктуу чондуктарды өлчөө үчүн сызыктуу нониусту, бурчтук чондуктарды өлчөө үчүн бурчтук нониусту пайдаланышат. Нерселердин сызыктуу өлчөмдөрүн, мисалы, эки чекиттин арасындагы аралыкты өлчөө (ченөө) үчүн узундуктун жөнөкөй жумушчу чени болгон сызгычты пайдаланабыз. Сызгыч узундуктун эталонуна ылайыкташтырылып мм, см лерге бөлүнгөн шкалага ээ. Ал убакыттын өтүшү менен өзүнүн касиетин өтө аз өзгөртүүчү (же дээрлик өзгөртпөөчү) катуу материалдан, мисалы, металлдан жасалышы керек.

Жыгачтан, айрыкча пластмассадан жасалган сызгычтар кургаганда бир кыйла кыскарып кетишет. Сызгычтын жана объекттин жылуулуктан кеңейишерин да эске алуу зарыл (Алар бирдей материалдан жасалышса гана буга көңүл бурбай коюуга болот). Узундуктун рулетка, бычмачынын метри сыяктуу жумшак, ийилгич куралдары да кеңири колдонулат. Бул куралдардын тактыгы анчалык жогору эмес. Нониустуу приборлордо, мисалы, штангенциркулда, ченөөнүн жогорку тактыгына жетишүүгө болот. Нониус деп аталган жардамчы шкала негизги шкаланын бөлүктөрүнүн үлүшүн бир кыйла так аныктоого мүмкүндүк берет. Нониустун бир бөлүгүнүн баасы (наркы) негизги шкаланын бир бөлүгүнүн баасын нониустун бөлүктөрүнүн санына бөлгөнгө барабар.

Адегенде сызыктуу нониусту карайлы. Сызгычтын бул бөлүгүнүн баасын b деп белгилейли, көбүнчө $b = 1\text{мм}$ болот. Ал эми нониустун бардык m сызыктары биригип b ны берет, б.а. $m \cdot a = b$. Демек, нониустун бир бөлүгүнүн баасы $a = \frac{b}{m} = \frac{1}{m} \text{мм}$ болот. Көбүнчө нониустун бардык сызыктарынын саны $m = 20$ болот. Айрым учурларда $m = 10$ болгон нониус да кездешет. Нерсенин өлчөмүн m мм дин (нониустун) үлүшүнчөлүк тактыкта өлчөө үчүн аны нониустун шыйрактарынын (В жана D, 1-сүрөт) ортосуна жайгаштырып, катуу кыспастан D шыйрагынын капталындагы бурама менен

карматабыз. Андан кийин сызгычтын нөлү менен нониустун нөлүнүн ортосундагы сызыктардын b санын табабыз. Мисалы, $b=7$ болсо, бул 7мм дегенди билдирет. Андан кийин нониустун кайсы сызыгы менен дал келгенин карайбыз. Мисалы, нониустун 4-сызыгы ($n=4$) сызгычтын сызыгы менен дал келген болсун. Анда $\frac{n}{m} = \frac{4}{20} = 0,2(\text{мм})$ болуп чыгат. Демек, нерсенин өлчөмү

$$l = kb + n \frac{b}{m} = 7b + 4 \frac{b}{m} = 7 \cdot 1\text{мм} + 4 \cdot \frac{1\text{мм}}{20} = 7\text{мм} + 0,2\text{мм} = 7,2\text{мм}$$

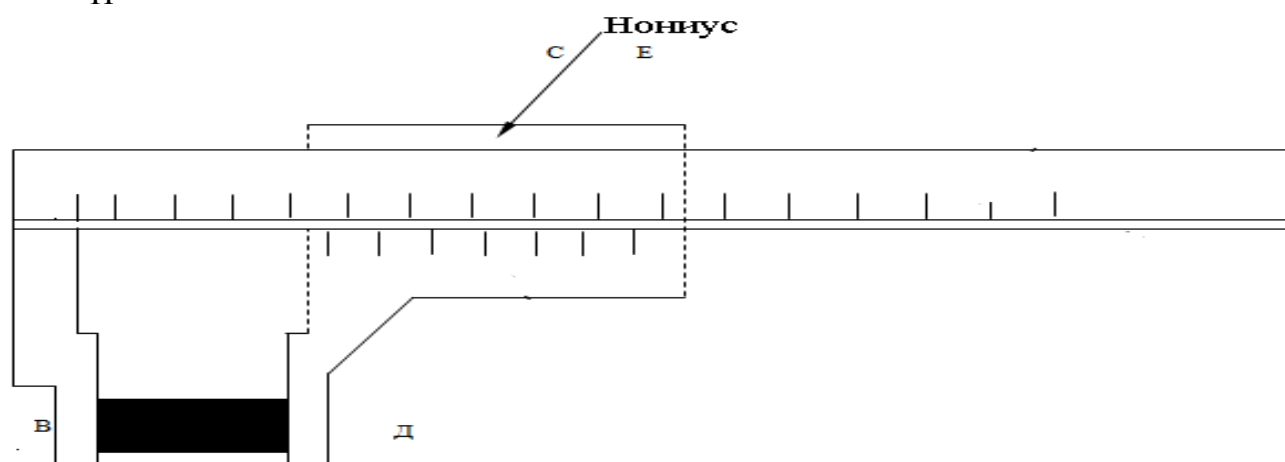
$l = kb + n \cdot \frac{b}{m}$ формуласын $l = (k + \frac{n}{m})\text{мм}$ (1.1) түрүндө жазып алуу ыңгайлуу. Бул формула микрометр үчүн да туура болуп саналат, болгону m санынын маанисин тактап алуу керек. Ал үчүн микрометрдин бурамасын карап, ал жердеги нөл сызыгын табууга туура келет.

ЖУМУШТУ АТКАРУУ

Штангенциркуль менен цилиндр формасындагы нерсенин бийиктигин h жана диаметрин d менен өлчөгүлө. Өлчөөнү төмөндөгүчө жүргүзөбүз :

1. Цилиндрди штангенциркулдун «В» жана «Д» учтарынын арасына коюп (учтарын акырындык менен кысып) жана «Е» бурагычы менен бекитет.
2. Цилиндрдин узундугун жана диаметрин өлчөө керек жана эсептөө сызгычтын «А» шкаласы боюнча «К» мм өлчөнөт. Ал үчүн нониустун нөлдүк бөлүгүнө чейинки шкаланын дал келген ар кандай бөлүгү алынат. Эсептөө (5) - формула боюнча жүргүзүлөт. Эсептөөнү үч жолу кайталоо керек.
3. Өлчөөнүн абсолюттук жана салыштырмалуу каталыктары эсептелип чыгарылат. Өлчөөнүн натыйжаларын таблицкага жазып түшүрүү керек.

1.1-сүрөт



1.1-сүрөт

Жогорудагы нерселердин өлчөмдөрүн заманбап штангенциркулда, санариптик шкалада аныктасак болот (1.2-сүрөт)



1.2-сүрөт

4.Ушундай эле өлчөөлөрдү микрометр менен жүргүзгүлө (мисалы, ичке зымдын диаметрин) жана таблицага түшүргүлө.



1.3-сүрөт

1.1-таблица

| № | K | n | l | l_{opt} | Δl | Δl_{opt} | σ |
|---|---|---|-----|------------------|------------|-------------------------|----------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

1.2-таблица

| № | K | n | d | d_{opt} | Δd | Δd_{opt} | σ |
|---|---|---|---|------------------|------------|-------------------------|----------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

1. Физикалык чоңдуктар жана аларды өлчөө
2. Чен бирдик түшүнүгү
3. Негизги жана туунду чен бирдиктер
4. Узундуктун жана убакыттын бирдиктери
5. Бир эле нерсенин узундугун (сызыктуу өлчөмүн) эки куралдын жардамында өлчөөлөрдүн натыйжасын түшүндүрүү жана салыштыруу менен тыянак чыгаргыла.

№ 2. ТЕЛОЛОРДУН МАССАСЫН ЖАНА ТЫГЫЗДЫГЫН АНЫКТОО

Иштин максаты: таразалардын түзүлүшү менен таанышуу, таразага тартуунун методикасын окуп үйрөнүү, тыгыздыкты аныктоо.

Иштин жабдылышы: тараза, пикнометр, дистирленген суу куюла турган идиш, термометр, чыпкалоочу кагаз.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

Телолордун өз ара аракеттенүүсүнүн натыйжасы, (аракет этүү чекити) б.а. өз ара аракеттенүүнүн сандык өлчөмү күч деп аталат. Күч, сан маани менен бирге, багыты боюнча да аныкталуучу вектордук чоңдук. Күчтүн таасири астында тело кыймыл ылдамдыгын өзгөртөт, ылдамданууга ээ болот же деформацияланат, башкача айтканда өзүнүн формасын жана өлчөмүн өзгөртөт (F – менен белгиленет).

Жалпысынан күч деп телолордун өз ара аракеттенүүсүнүн интенсивдүүлүгүн түшүнөбүз. Күчтөрдүн ар кандай аталыштары өтө көп.

Тажрыйба көрсөткөндөй бирдей таасир этүүдө түрдүү телолор ылдамдыктарын түрдүүчө өзгөртүшөт, башкача айтканда ар кандай ылдамданууга ээ болушат. Телонун ылдамдануусу таасир этүүнүн чоңдугунан гана көз каранды болбостон, телонун өзүнүн касиетинен (массасынан) да көз каранды.

Телонун массасы – бул материянын негизги касиети, ал телонун инерциялык (инерттүү масса) жана гравитациялык (гравитациялык масса) касиеттерин аныктайт. Тажрыйбалардын жардамында инерттик масса менен гравитациялык масса бири – бирине пропорционалдуу экендиги ырасталды. Ошондуктан мындан ары телонун массасы деп гана айтабыз. Бул физикалык чоңдук телонун ылдамдыгын өзгөртүүгө көрсөткөн каршылык даражасын мүнөздөйт, башкача айтканда материалдык нерсенин инерттүүлүгүнүн чени деп аталат (m – менен белгиленет).

Классикалык механикада телонун ылдамдыгы v_m жарыктын вакуумдагы ылдамдыгы c дан бир нече эсе кичине болгон учурда ($v_m \ll c$), анын массасы турактуу чоңдук катары эсептелет. Ал эми телонун ылдамдыгы v_m жарык ылдамдыгы c га салыштырмалуу болгондо $v_m \approx c$, массанын m саны нерсенин кыймылынын ылдамдыгына жараша өзгөрүп барат.

Эгерде бирдей шартта эки тело үчүнчү телого бирдей күч менен тартылышса, анда ушул эки телонун массалары барабар деп эсептелет. Үчүнчү тело катары көбүнчө Жер шары тандалат. Телонун жерге тартылуу күчүн эки түрдүү ыкма менен аныктоого болот:

- 1) Пружиналуу динометрдин жардамында;
- 2) Рычагдуу таразанын жардамында.

Массанын бирдиги үчүн эталондук телонун массасы кабыл алынган. Бул эталондук телонун массасы 1 килограмм деп эсептелинет. Ал платина менен иридийдин куймасынан жасалган жана Франциянын Севр шаарындагы чен жана салмактардын Эл аралык бюросунда сакталып турат.

Телонун тыгыздыгы деп, телонун бирдик көлөмүнө туура келген массаны түшүнөбүз:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad 2.1$$

Мындан көрүнүп тургандай, телонун тыгыздыгын аныктоо үчүн анын массасын билүү, башкача айтканда таразага тартуу керек. Көбүнчө телонун көлөмүн аныктоо кыйынчылык жаратат. Бул учурда Архимед законунан пайдаланууга туура келет. Себеби, суюктукка (газга) матырылган тело өзүнүн көлөмүнчөлүк суюктукту (газды) сүрүп чыгарат. Ушул суюктуктун, мисалы суунун массасын өлчөп, суунун тыгыздыгын билүү менен анын көлөмүн табууга, демек, сууга матырылган телонун көлөмүн табууга болот. Мында суунун тыгыздыгы температурага жараша алынат (1-таблицаны карагыла).

Пикнометр - моюнчасында шакек сымал белгиси бар айнек идиш



2.1-сүрөт

Атайын куйгучтуу (лейканын) жардамында пикнометрдин моюнчасындагы белгисине чейин суу куябыз. Катую телонун тыгыздын аныктоо үчүн үч жолу таразага тартуу жүргүзөбүз:

- 1) M_1 - кумду же майда таштарды (15 – 20г);
- 2) M_2 - моюнчасындагы белгиге чейин суу куюлган пикнометрди;
- 3) M_3 - суусу жана куму бар пикнометрди, мында суу белгиден ашпаш керек.

Кумдун көлөмү $V_1 = \frac{M_1}{\rho_1}$, сүрүп чыгарылган суунун көлөмү $V_c = \frac{m_c}{\rho_c}$.

$V_1 = V_c$ болгондуктан $\frac{M_1}{\rho_1} = \frac{m_c}{\rho_c}$. Анда

$$\rho_1 = \frac{M_1}{m_c} \cdot \rho_c \quad 2.2$$

Сүрүп чыгарылган суунун массасын төмөнкүчө ой жүгүртүү менен табабыз. Мисалы, кумду таразага тартсак, 100 г чыкты, $M_1 = 0,2$ кг. Пикнометрге суу куюп тартсак $M_2 = 1$ кг чыксын дейли. Эми пикнометрге $M_1 = 0,2$ кг кумду салдык. Мында m_c массасындагы суу төгүлөт. Бул учурда суу жана куму бар пикнометрди тартсак 1,1 кг чыксын. Анда 0,1 кг суу төгүлгөн болот. Демек,

$$m_c = M_1 + M_2 - M_3 \quad 2.3$$

Бул жыйынтыкты (2.2) формулага койсок,

$$\rho_1 = \frac{M_1}{M_1 + M_2 - M_3} \cdot \rho_c \quad 2.4$$

ИШТИ АТКАРУУНУН ТАРТИБИ

1. Пикнометрди суу менен чайкагыла.
2. Лейканын жардамында пикнометрге суу куйгула (белгиге чейин) жана таразага тарткыла (M_2).
3. Кумду таразага тарткыла (M_1).
4. Кумду пикнометрге этияттап салгыла. Мында көбүкчөлөр пайда болбогондой этияттануу керек, себеби көбүкчөлөрдүн пайда болуусу өлчөөнүн тактыгын азайтат. Сүрүп чыгарылган сууну чыпка кагаз менен алып салгыла (салфеткага сиңдирип алса да болот).
5. Суу жана куму бар пикнометрди таразага тарткыла (M_3).
6. Суунун температурасын өлчөгүлө жана суунун тыгыздыгын

2.1-таблицадан алгыла.

7. Эсептөөлөрдү (2.4) формула боюнча жүргүзгүлө жана 2.2-таблицаны толтургула.

Суунун тыгыздыгынын температурадан көз карандылыгы

2.1-таблица

| $t(^{\circ}C)$ | $\rho, (\frac{г}{см^3})$ | $t(^{\circ}C)$ | $\rho, (\frac{г}{см^3})$ | $t(^{\circ}C)$ | $\rho, (\frac{г}{см^3})$ | $t(^{\circ}C)$ | $\rho, (\frac{г}{см^3})$ |
|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|
| 10 | 0.99973 | 15 | 0.99913 | 20 | 0.99823 | 25 | 0.99707 |
| 11 | 0.99963 | 16 | 0.99897 | 21 | 0.99802 | 26 | 0.99681 |
| 12 | 0.99952 | 17 | 0.99880 | 22 | 0.99780 | 27 | 0.99654 |
| 13 | 0.99940 | 18 | 0.99862 | 23 | 0.99757 | 28 | 0.99226 |
| 14 | 0.99927 | 19 | 0.99843 | 24 | 0.99733 | | |

2.2-таблица

| № | M_1 | M_2 | M_3 | m_c | ρ_1 | $\Delta\rho_1$ | σ |
|---|-------|-------|-------|-------|----------|----------------|----------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

1. Масса деген эмне?
2. Инерттүү жана гравитациялык масса?
3. Нерсенин салмагы деген эмне?
4. Заттын тыгыздыгы деген эмне?

№3. ТЕЛОНУН ЭРКИН ТҮШҮҮСҮНҮН ЫЛДАМДАНУУСУН АНЫКТОО

Жумуштун максаты: эркин түшүү ылдамдануусун универсалдуу маятниктин жардамында аныктоо.

Жумушта колдонулуучу каражаттар: ФПМ-04 универсалдуу маятниги.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

Эгерде материалдык чекиттин мейкиндиктеги абалы убакыттын өтүшү менен косинустар же синустар закону боюнча өзгөрсө, мындай термелүүлөр гармоникалык термелүүлөр деп аталат. Гармоникалык термелүү кыймылына келиш үчүн материалдык чекит тең салмактуулук абалынан сырткы күчтүн аракети астында чыгарылыш керек. Андан соң күчтүн аракети токтотулса, ал тело, өз алдынча термелүү кыймылына келүүсү мүмкүн. Албетте, бул учурда сүрүлүү күчү жок болушу керек, башкача айтканда, гармоникалык термелүү идеалдуу учурда гана ишке ашат.

Гармоникалык термелүү кыймылындагы материалдык чекитке аларды тең салмактуулук абалына келтирүүгө умтулган күчтөр гана аракет этишет.

Телону тең салмактуулук абалына келтирүүгө умтулган күчтөр квазисерпилгичтүү күчтөр деп аталышат. Квазисерпилгичтүү деп аталышынын себеби, мындай күчтөрдүн чоңдуктары телонун тең салмактуулук абалынан четтөөсүнө түз пропорциялаш болуп, багыттары боюнча ага карама-каршы багытталышат.

Квазисерпилгичтүү күчтөрдүн жаратылыштары түрдүүчө болот. Мисалы: механикалык термелүүлөрдө оордук күчүнүн түзүүчүсү, пружинанын серпилгичтүү күчү, электромагниттик термелүүлөрдө бөтөн күчтөр ж.б.

Механикалык термелүүлөрдө квазисерпилгичтүү күчтөрдүн чоңдугу төмөнкүдөй аныкталышат.

$$F = -kx \quad 3.1$$

мында, x -материалдык чекиттин тең салмактуулук абалынан четтөөсү k -пропорциялуулук коэффициент. Мындай күчтөр дайыма телонун тең салмактуулук абалына карай багытталышат, б.а. телонун которулушуна карама-каршы багытта аракет этишет.

Эгерде материалдык чекитке квазисерпилгичтүү күч аракет этет десек, анын кыймылынын теңдемеси төмөнкүдөй жазылат:

$$ma = m\ddot{x} = -kx \quad 3.2$$

$$m\ddot{x} + kx = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$$

Бул теңдемеге $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ белгилөөсүн киргизсек, анда төмөнкүдөй теңдемени алабыз:

$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0 \quad 3.3$$

Бул теңдеменин чечими, материалдык чекиттин координатасынын убакыттан болгон көз карандылыгын берет:

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

же 3.4

$$x = A \cos(\omega_0 t + \alpha)$$

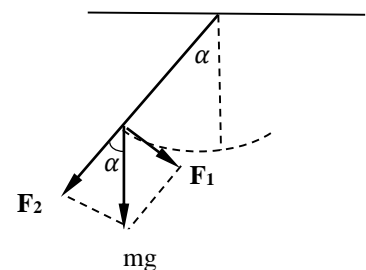
мында A -материалдык чекиттин тең салмактуулук абалынан четтөөсүнүн максималдык мааниси же термелүүнүн амплитудасы деп аталат. Ал эми $(\omega_0 t + \alpha)$ чоңдугу убакыттын каалагандай моментинде термелүүчү материалдык чекиттин абалын аныктап, термелүүнүн фазасы деп аталат. α - убакыттын баштапкы моментинде ($t=0$) термелүүчү материалдык чекиттин абалын аныктап, термелүүнүн баштапкы фазасы деп аталат. $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ чоңдугу 2π секунда убакыт интервалындагы толук термелүүлөрдүн санын аныктайт да термелүүнүн циклдик жыштыгы деп аталат.

Демек, бир гана квазисерпилгичтүү күчтүн аракети менен ишке ашкан кыймылдар косинустар же синустар законуна баш ийишет, аларды гармоникалык термелүүлөр деп атайбыз.

МАТЕМАТИКАЛЫК МАЯТНИК

Математикалык маятник деп, ичке созулбас жипке илинген, массасы m болгон материалдык чекитти айтабыз. Практикада математикалык маятник катары созулбас жипке илинген бир тектүү шарик пайдаланылат. (3.1-сүрөт).

Эгерде мындай маятник тең салмактуу абалынан четтетилип (чыгарылып), анда ал мезгилдүү термеле баштайт. Узундугу ℓ (илинүү чекитинен шариктин борборуна чейинки аралык)



3.1-сүрөт

жана массасы m болгон маятникти карап көрөлү. Бул маятникти анчалык чоң эмес бурчка бурабыз (5^0 - 6^0). Математикалык маятник аракет этүүчү оордук күчүнүн векторун эки түзүүчүгө ажыратууга болот.

F_2 -жип бойлоп, ал эми F_1 траекторияга жаныма боюнча багытталган. F_2 -түзүүчү жиптин серпилгичтүүлүгү менен компенсацияланышат. $F_1 = mg \sin \alpha$ түзүүчүсү маятникти тең салмактуу абалга алып келүүгө умтулат. F_1 -күчү маятникке аракет этип күчтүн моментин пайда кылат. Чийме боюнча $F_1 = mg \sin \alpha$. Бул күчтүн моменти: $M = f'l = mgl \sin \alpha$. Бул момент маятникке β бурчтук ылдамдануусун берет.

Айлануу кыймылынын негизги теңдемесин маятник үчүн пайдаланып төмөнкүнү жазсак болот:

$$M = I\varepsilon$$

M -күчтүн моменти, I -инерция моменти, ε -телонун бурчтук ылдамдануусу. Айлананын жаасы боюнча кыймылдаган шарик үчүн инерция моменти:

$I = ml^2$ ка барабар, ал эми бурчтук ылдамдануусу төмөнкүдөй аныкталат:

$$\varepsilon = \frac{d^2\alpha}{dt^2} = \ddot{\alpha} \quad \text{ошондуктан, } ml^2\ddot{\alpha} = -mgl \sin \alpha$$

Мындагы (-) белгисинин коюлушунун себеби, $mgl \sin \alpha$ күчү термелүүчү шариктин которулушуна тескери багытта аракет этет.

α бурчунун кичине маанилери үчүн $\sin \alpha \approx \alpha$ деп алсак болот, (мында α бурчу радиан менен туюнтулат).

Жыйынтыктап
$$l\ddot{\alpha} = -g\alpha \quad \ddot{\alpha} + \frac{g\alpha}{l} = 0$$

Алынган экинчи тартиптеги дифференциалдык теңдеме термелүүнүн өздүк жыштыгы $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ болгон эркин термелүү кыймылынын теңдемеси болот. Бул теңдемеден маятниктин термелүү мезгилин, б.а. толук бир термелүүгө кеткен убакыт интервалын табабыз.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad 3.5$$

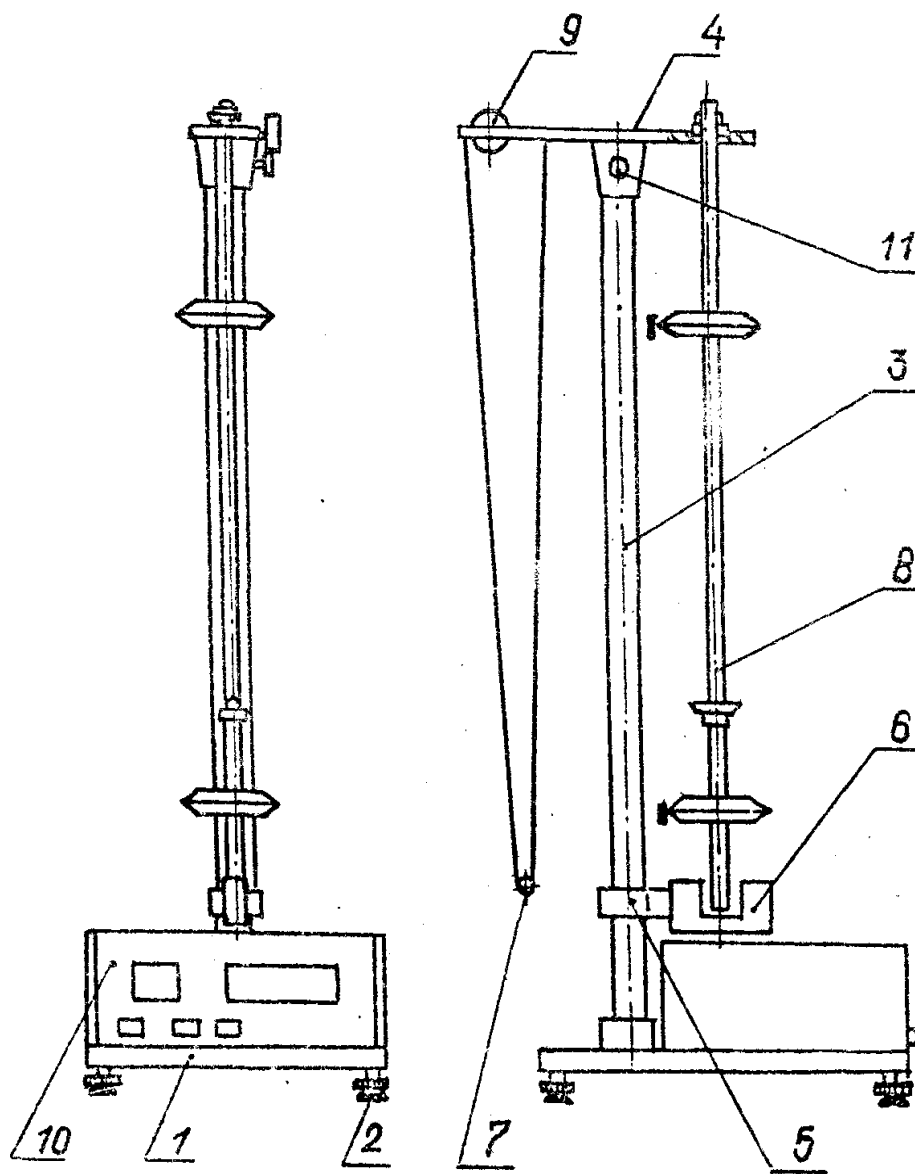
Эгерде маятниктин термелүү мезгили жана узундугу белгилүү болсо, анда тажрыйба жасалып жаткан чекиттеги эркин түшүүнүн ылдамдануу маанисин төмөнкүдөй аныктайбыз.

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} \quad 3.6$$

Универсалдык маятниктин түзүлүшү.

- 1- прибордун негизи.
- 2- прибордун таяныч аякчалары.
- 3- түркүкчө (колонка).
- 4- 5-түркүкчөгө бекитилген жогорку жана төмөнкү кронштейндер.

- 6 - фотоэлектрдик датчик.
- 7 - жогорку кронштейнге илинген математикалык маятник.
- 8 - кронштейндин 2- жагына илинген айланма (оборотный) маятник.
- 9 - математикалык маятниктин узундугун жөнгө салуучу бурама (воротка).
- 10 - миллисекундомер .
- 11 - “Сеть” баскычы.
- 12 - “Сброс” баскычы.
- 13 - “Стоп” баскычы



3.1-сүрөт



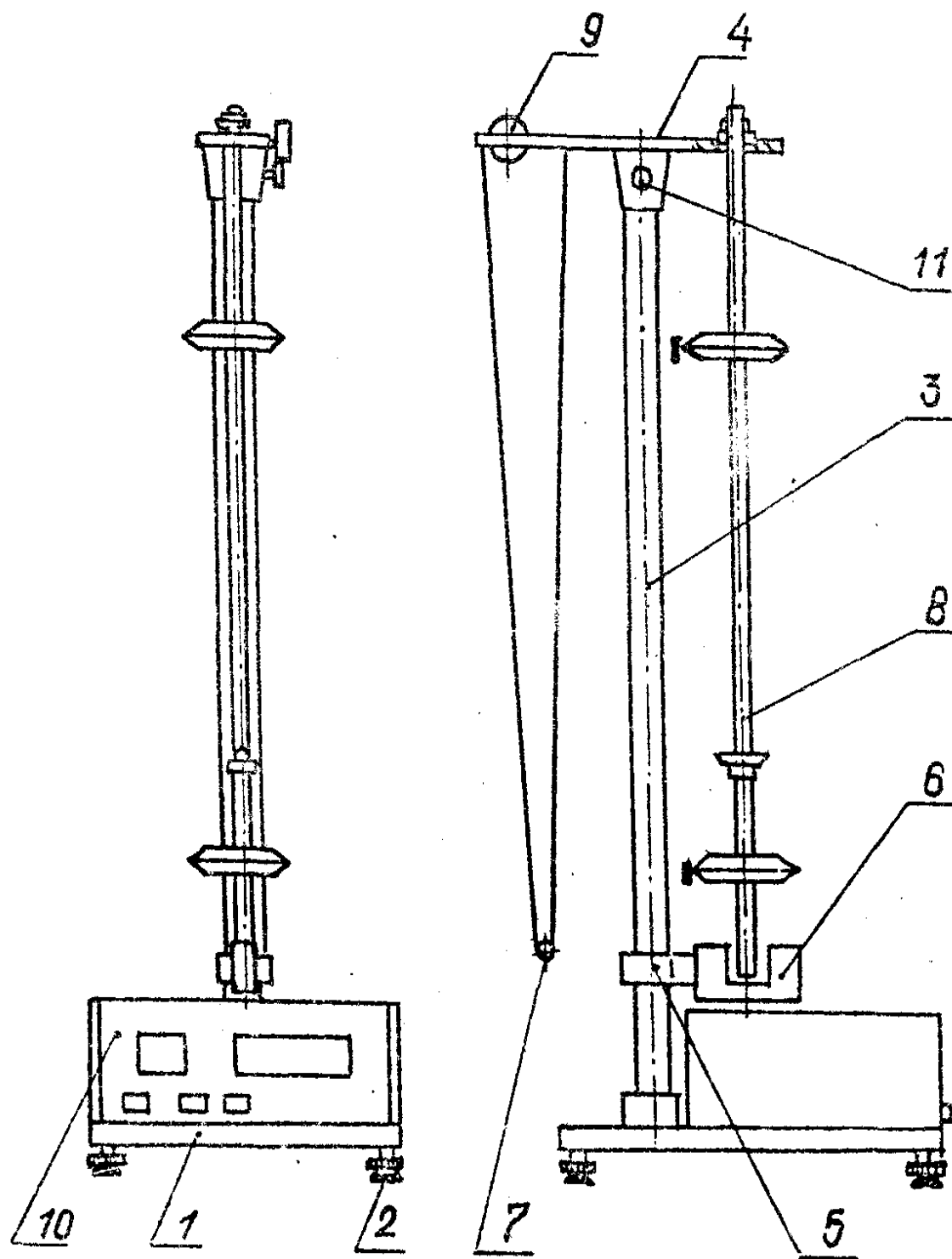
3.2-сүрөт

ФИЗИКАЛЫК МАЯТНИК

Физикалык маятник деп – бул оордук борбору (массалык борбору) аркылуу өтпөгөн айлануу огуна ээ болгон катуу телону айтабыз.

Каалагандай катуу телону горизонталдык окко илип коелу. Эгерде телонун масса борбору ал илинген ок менен дал келбесе, ушул системаны физикалык маятник деп атасак болот.

ФПМ-04 универсалдуу маятниктин сырткы көрүнүшү 3.3-сүрөттө берилген.



3.3-сүрөт

3.2-сүрөттөгүдөй O чекити аркылуу өткөн горизонталдык окко кандайдыр бир телону илели. Телонун масса борбору C чекитинде болсун. Ушул система же физикалык маятник термелүү кыймылына келсин. Маятник илинген O чекитинен алып C масса борборуна чейинки аралык физикалык маятниктин узундугу деп аталат. Математикалык маятниктин теориясындагыдай эле бул учурда да күчтү 2 түзүүчүгө ажыратып, маятникти тең салмактуулук абалына кайтарууга умтулган f' түзүүчүсү үчүн төмөнкүнү алабыз:

$$f' = mg \sin \alpha$$

Бул күчтүн моменти $M = mgl \sin \alpha$

Айлануу кыймылынын негизги законуна ылайык $M = I * E$ же $mgl \sin \alpha = IE$. Мында, E - маятниктин бурчтук ылдамдануусу,

I - маятниктин (айлануу огуна салыштырмалуу) инерция моменти. Эгерде маятниктин тең салмактуулук абалынан четтөөсү кичине болсо (5^0 - 7^0 тан ашпаса), анда анын термелүүсүн гармоникалык деп атоого болот.

$$\sin \alpha \approx 0 \quad \sin \alpha \approx \alpha$$

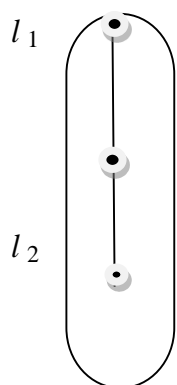
Математикалык маятник үчүн маселени кандай чечкен болсок, физикалык маятник үчүн дагы маселени так ошондой чечип, тең салмактуулук абалынан анча чоң эмес четтөө кезинде физикалык маятник гармоникалык термелүү жасайт жана анын термелүү мезгили төмөнкүдөй формула менен аныкталат:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}} \quad 3.7$$

Маятниктин мезгилин тажрыйбада аныктап, ($T = \frac{t}{n}$, мында n - термелүүлөрдүн саны) эркин түшүү ылдамдануусун аныктай алабыз:

$$g = 4\pi^2 \frac{I}{mT^2} \quad 3.8$$

Бул формула боюнча g ылдамдануусун аныктоо оор маселе болуп саналат. Себеби, маятниктин инерция моментин аныктоо оңой эмес. Бул кыйынчылыктан кутулуунун бир жолу бар. Ал үчүн айландырма физикалык маятниктен пайдаланабыз. Бул үчүн кадимки эле физикалык маятникке эки илинүү огун жасайбыз. Бул октор өз ара параллель жана кыймылдуу болушат.



3.4-сүрөттө ушундай айландырма физикалык маятник көрсөтүлгөн. Бул маятникти O_1 жана O_2 окторуна илсе болот. C – маятниктин оордук борбору, ал эми l_1 жана l_2 маятникти O_1 жана O_2 окторуна илген кездеги анык тиешелүү узундуктары болушат. Бул учурда

3.4-сүрөт

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{ml_1 g}} \quad 3.9$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_2}{ml_2 g}} \quad 3.10$$

Мында I_1 жана I_2 маятниктин O_1 жана O_2 окторуна илинген кездеги инерция моменттер $\frac{I_1}{ml_1} = L_1$ жана $\frac{I_2}{ml_2} = L_2$ чоңдуктары маятниктин келтирилген узундуктары деп аталышат. Эгерде биз тажрыйбада O_1 жана O_2 окторун маятниктин T_1 жана T_2 мезгилдери барабар боло тургандай тандап алсак,

$$T_1 = T_2, \text{ анда } 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{ml_1 g}} = 2\pi \sqrt{\frac{I_2}{ml_2 g}} \quad \sqrt{L_1} = \sqrt{L_2} \quad \text{же} \quad L_1 = L_2$$

Башкача айтканда маятниктин келтирилген узундуктары бирдей жана октордун арасындагы аралыкка барабар:

$$L_1 = L_2 = l_1 + l_2 \quad \text{же} \quad L = l_1 + l_2$$

Тажрыйбада маятниктин термелүү мезгилин $T = \frac{t}{n}$ формуласы боюнча аныктап, октордун арасындагы L аралыгын өлчөп, эркин түшүү ылдамдануусун эсептөөгө болот:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \quad 3.11$$

Бул жердеги негизги кыйынчылык октордун абалын $T_1=T_2$ боло тургандай тандап алууда турат. Бул үчүн биз Штейнердин теоремасынан пайдаланабыз. Эгерде маятниктин инерция моменти C оордук борборуна салыштырмалуу I_0 болсо, анда маятниктин O_1 жана O_2 окторуна салыштырмалуу инерция моменттери $I_1=I_0 + ml_1^2$ жана $I_2=I_0 + ml_2^2$ болушат, мында m - маятниктин массасы. Бул формулаларды тиешелүү түрдө (3.8) жана (3.9) формулаларга койсок,

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + ml_1^2}{ml_1 g}} \quad \text{жана} \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + ml_2^2}{ml_2 g}}$$

Бул эки теңдемеден I_0 чоңдугун таап жана алынган 2 туюнтманы өз ара барабарлап, төмөнкүнү алабыз:

$$g = \frac{4\pi^2(l_1^2 - l_2^2)}{l_1 T_1^2 - l_2 T_2^2} \quad 3.12$$

ЖУМУШТУ АТКАРУУ

1. Математикалык маятник

1. ФПМ-04 курулмасындагы математикалык маятниктин түзүлүшү менен таанышуу.
2. Маятникти белгилүү узундукка түзөп, анын узундугун сызгыч менен шариктеги тегерек белгиге (кесикке) чейин өлчөө.
3. Маятникти тең салмактуу абалынан 6^0-7^0 ка кыйшайтып коё берүү менен секундомерди ишке киргизүү.
4. 10-12 термелүүгө кеткен t убакытын өлчөө.
5. n термелүү санын жана термелүү t убактысын пайдаланып $T = \frac{t}{n}$ формуласы боюнча термелүү мезгилин эсептөө.
6. (5)-формула боюнча эркин түшүүнүн ылдамдануусун эсептөө.
7. Өлчөөнү 6-жолудан кем эмес кайталап жүргүзүп, эркин түшүүнүн ылдамдануусунун орточо маанисин табуу.
8. Өлчөөнүн каталыгын

$$\Delta g_{opt} = |g_{opt} - g_i|$$

$$\sigma = \frac{|\Delta g_{opt}|}{g_{opt}} 100\%$$

формула боюнча эсептелинет. Мында $g=9,81 \text{ м/с}^2$ эркин түшүүнүн ылдамдануусунун теориялык орточо мааниси.

9. Жыйынтыктар 3.1-таблицага толтурулат.

3.1-таблица

| № | ℓ м | N | t с | T С | g , м/с ² | $g_{орт}$, м/с ² | σ % |
|----|-------------|-----|----------|----------|---------------------------|---------------------------------|------------|
| 1. | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Физикалык маятник

1. ФПМ-04 курулмасындагы физикалык маятник жана фотоэлектрдик датчиктер бир тарапта болгондой кылып, жогорку кронштейнди бурагыла.
2. Маятниктин стерженинин төмөнкү учу датчиктин оптикалык огун кесип өткөндөй, бирок төмөнкү кронштейнге тийбегидей болсун.
3. Стерженге роликтерди орноткула, алардын бирөөсү стержендин учуна, экинчиси стержендин тең ортосуна жакын болсун.
4. Маятниктин оордук борборун тапкыла. Бул үчүн аны үч грандуу призманын кырына коюп, анын тең салмактуулук абалын аныктоо керек. Оордук борборунун эки тарабына роликтерди бышыктап бекитүү керек. Бычактардын бири стержендин бош учуна, экинчиси роликтердин арасына, четирээк орнотулган роликке жакыныраак болуусу зарыл.
5. Физикалык маятникти жогорку кронштейнге илгиле. Мында бычактын мизи кронштейндин оюгуна туура келгендей болуш керек.
6. Стержендин төмөнкү учу датчиктин оптикалык огун кесип өтөөрүн байкагыла. Эгер андай болбосо, кронштейнди өйдө же төмөн жылдырууга туура келет.
7. Маятникти $5^0 - 7^0$ ка буруп кое бергиле. Мында “пуск” баскычы басылат. 10-12 толук термелүүдөн кийин “стоп” баскычын баскыла. n термелүүлөрдүн санын жана датчиктердин көрсөтүүлөрү боюнча ага кеткен t убакытты жазып алып, $T_1 = \frac{t}{n}$ формуласы боюнча мезгилди аныктагыла.
8. “Сброс” баскычын басып, жазууларды өчүргүлө.
9. Стерженди чыгарып, аны экинчи бычагы менен илгиле. Көрсөтмөдөгү 6-8-пунктарда айтылган иштерди аткарып, $T_2 = \frac{t}{n}$ формуласы боюнча эсептөө жүргүзгүлө.
10. Эгер $T_2 > T_1$ болсо, анда экинчи бычакты четирээк жайгашкан роликти көздөй жылдыргыла. Эгер $T_2 < T_1$ болсо, анда тескерисинче бычакты алыстаткыла. T_2 жана T_1 чоңдуктарын кайрадан өлчөгүлө. $T_1 = T_2$

барбардыгы 0,5% ке чейинки тактыкта аткарылмайынча экинчи бычактын абалын улам өзгөртүп, T_1 жана T_2 чоңдуктарын эсептеп, салыштырууга туура келет. $T_1=T_2$ болуп калган учурда бычактардын ортосундагы аралыкты өлчөп алабыз. Ушул аралык маятниктин L келтирилген узундугун берет. Мында $L = l_1 + l_2$ экендигин эске алып, l_1 жана l_2 чоңдуктарын дагы өлчөө керек.

11. g ылдамдануусун (3.12) формула боюнча эсептегиле.

12. Роликтердин жана бычактардын ордун өзгөртүп, тажрыйбаны кайрадан жүргүзгүлө. g чоңдугунун маанисин кеминде 3-4 жолу аныктагыла.

13. g чоңдугунун орточо маанисин эсептегиле.

14. Өлчөөнүн каталыгын тапкыла.

$$\sigma = \frac{|g_{opt} - g_m|}{g_{opt}} \cdot 100\%$$

$$g_m = 9,81 \text{ м/с}^2 \text{ деп алгыла}$$

15. Жыйынтыгын 3.2–таблицага түшүргүлө.

3.2-таблица

| № | l_1 (м) | l_2 (м) | T_1 (с) | T_2 (с) | g , м/с ² | g_{opt} , м/с ² | σ % |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|------------------------------|------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРОЛОР

1. Термелүү кыймылы жөнүндө түшүнүк.
2. Гармоникалык термелүү кыймылынын теңдемеси жана анын чечими.
3. Гармоникалык термелүүнүн параметрлери жана түшүнүктөрү.
4. Математикалык жана физикалык маятниктер, алардын колдонулуштары.
5. Эркин түшүүнүн ылдамдануусу анын формулалары, географиялык кендиктен көз карандылыгы.
6. Келтирилген узундук деген эмне?

№4. ТОГОЛОНУП СҮРҮЛҮҮ КОЭФФИЦИЕНТИН АНЫКТОО

Жумуштун максаты: тоголонуудагы сүрүлүү коэффициентин, ал коэффициенттин заттардын жаратылышынан жана маятниктин жантаюу бурчтарынан көз карандылыгын аныктоо.

Жумушта колдонулуучу каражаттар: ФПМ-07 тибиндеги жантаюучу маятник, түрдүү заттардан жасалган шариктер жана пластинкалар (алюминий, жез, ж.б.).

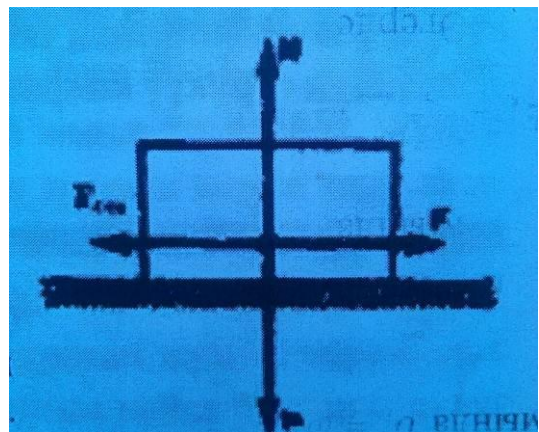
КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

Жер бетиндеги кыймылдын болушу же алардын токтолушу сүрүлүү менен байланыштуу. Сүрүлүү болбосо имараттардын курулушу, кийим кечелердин тигилиши ж.б.у.с элестетүү кыйын.

Телону динамометр аркылуу тартуу менен ал күчтүн чоңдугун байкоого болот. Тело козголгонго чейин динамометрдин көрсөтүүсү чоңоюп, ал жыла баштаганда бир аз кичирээт да, андан ары дээрлик турактуу бойдон калат. Динамометрдин баштапкы көрсөтүүсү тело менен, ал тийишкен беттин ортосундагы тынч абалдагы сүрүлүүнү, тагыраак айтканда сүрүлүү күчүн көрсөтөт. Динамометрдин кийинки көрсөтүүсү кыймыл учурунда пайда болгон сүрүлүү күчү. Ал тынч абалдагы сүрүлүү күчүнөн бир аз кичине.

Тийишкен катуу телолордун ортосундагы сүрүлүү сырткы (кургак) сүрүлүү деп аталат, бир эле телонун бөлүктөрүнүн (же катмарларынын) арасындагы сүрүлүү ички (суюктук) сүрүлүү деп аталат. Мисалы суюктуктун же газдын катмарларынын ортосундагы сүрүлүү ички сүрүлүүгө кирет. Ички сүрүлүүнүн сырткы сүрүлүүдөн болгон айырмасы тынч абалдагы сүрүлүү болбойт.

Телолордун беттери бизге тегиз көрүнгөнү менен микроскопикалык өлчөмдөгү ойдуң–дөңсөөлөрдөн турат. Кыймыл учурунда алардын өз ара илиништери кыймылга тоскоолдук кылат. Кыймыл учурунда ойдуң–дөңсөөлөр талкаланып, алар кайра ойдуң – дөңсөөлөрдү жарата берет. Натыйжада телонун бети жешилет. Жешилүү механизмдердин кыймылдуу тетиктеринде алардын мөөнөтүнөн мурда иштен чыгышын алып келет. Жешилүүнү



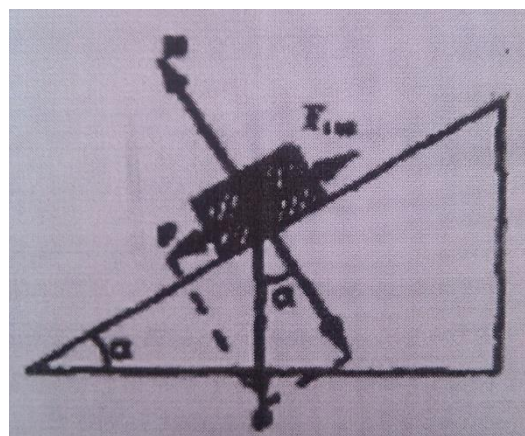
азайтуунун бир жолу ички сүрүлүүнү (сапаттуу майларды) пайдалануу болуп эсептелет.

4.1-сүрөт

Тегиздикте жаткан телого (4.1-сүрөт) горизонталдуу багытта F күчү таасир этсин дейли. Тело $F_{\text{сүр}} < F$, болгон учурда гана кыймылга келет. Француз физиктери Г. Амонтон (1663 – 1705) жана Ш. Кулон (1736 – 1806) тажрыйбада төмөнкүнү тастыктаган: *Тайгаланып сүрүлүү күчү $F_{\text{сүр}}$ басым P күчүнө түз пропорционалдуу:*

$$F_{\text{сүр}} = \mu \cdot P_n \quad 4.1$$

Мында μ - тайгаланып сүрүлүү коэффициенти деп аталат. Ал, сүрүлүүчү беттердин микрогеометриясынан, жаратылышынан, кыймылдын ылдамдыгынан жана температурадан көз каранды. Мында P_n - нормалдык басым күчү. Сүрүлүү коэффициентин табуу үчүн жантик тегиздик методун пайдаланабыз.



4.2-сүрөттө келтирилген чийме боюнча оордук күчүнүн түзүүчүлөрү:

$$P_1 = P \sin a$$

$$P_2 = P \cos a$$

4.2-сүрөт

$P \sin a$ - күчү телонун жантик тегиздик боюнча төмөн көздөй кыймылга келтирүүчү күч, $P \cos a$ - күчү телону жантик бетке кыскан басым күчү. (4.1 – формуласына) тиешелүү чоңдуктардын маанилерин коюп, $|P_1| = |F_{\text{сүр}}|$; $P \sin a = \mu P \cos a$ мындан

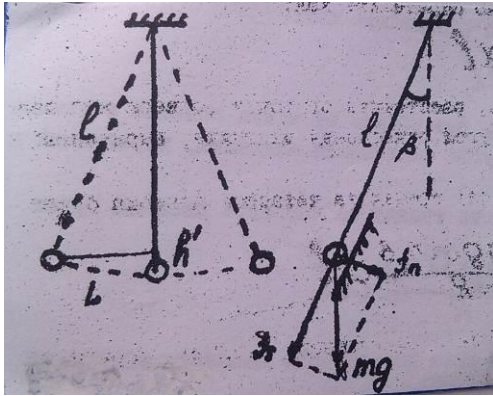
$$\mu = \frac{\sin a}{\cos a} = \operatorname{tga} \quad 4.2$$

алабыз. Мында a бурчу, тело бир калыпта сыйгаланып түшө баштаган жантик тегиздиктин горизонт менен түзгөн бурчу.

Сүрүлүү күчүн азайтуунун дагы бир жолу тайгаланып сүрүлүүнү (шарикподшипниктер) тоголонуп сүрүлүү менен алмаштыруу. Тоголонуп сүрүлүү коэффициенти тайгаланып сүрүлүү коэффициентинен көп эсе кичине. Тоголонуп сүрүлүү коэффициенти Кулондун закону боюнча аныкталат:

$$F_{cyp} = k \cdot \frac{P_n}{r} \quad 4.3$$

Мында r - тоголонуучу нерсенин радиусу, k - тоголонуп сүрүлүү коэффициенти.



Бул лабораториялык иште жантайыңкы абалга келтирилген математикалык маятниктен пайдаланабыз. Анын шариги термелүү кезинде пластина боюнча тоголонот. Бул үчүн пластинанын тегиздиги шариктин жибине параллель болуусу зарыл. 4.3-сүрөттө маятниктин өз ара перпендикуляр эки тегиздиктеги абалдары көрсөтүлгөн. Мында a бурчу шариктин тең салмактуулук абалынан четтөөсүн, ал эми β

бурчу маятниктин жантаюу бурчун мүнөздөйт. Эгерде биз шарикти кичинекей a бурчуна кыйшайтып, коё берсек, ал термелүү кыймылына келет. Бирок, шарик ошол эле маалда пластинанын бети боюнча тоголонот. Тоголонуп сүрүлүү күчүнүн аракети астында термелүү тез эле өчөт. Ар бир толук термелүүдөн кийин шариктин вертикал менен түзгөн a бурчту 4.3-сүрөт

толук термелүү учурунда шарик басып өткөн жолдун төрттөн бир бөлүгүн L деп белгилейли (4.3-сүрөт). Ушул L участогундагы сүрүлүү күчүнө каршы аткарылган жумуш (шариктин энергиясы ушул жумушка сарпталгандыктан термелүү тез эле өчөт)

$$A^1 = F_{cyp} \cdot L \quad 4.4$$

Шариктин өткөн L жолун төмөнкүчө табууга болот:

$$L = l \sin \alpha \approx L = a \cdot l \quad 4.5$$

мында l - шарик илинген жиптин узундугу, ал эми a - шариктин вертикалдан болгон четтөөсү. Белгилей кетүүчү нерсе (4.5) формула так аткарылсын үчүн a бурчу радиан менен берилиш керек жана $\sin a \approx a$ шартын канаатандырышы зарыл. Башкача айтканда шарикти вертикалдан 5° – 6° ка чейин гана четтетүүгө болот. Аны чоң бурчка четтетүү өлчөөнүн тактыгын төмөндөтөт.

Анда мезгилдин төрттөн бир бөлүгүндө сүрүлүү күчүнө каршы аткарылган жумуш

$$A^1 = k \cdot \frac{mg \sin \beta}{R}$$

Толук бир термелүүдө аткарылган жумуш

$$A = 4 \cdot k \cdot \frac{mg \sin \beta}{R}$$

Бул жумуш шариктин потенциалдык энергиясынын эсебинен аткарылат. Шариктин a бурчуна четтетилген учурдагы жана тең салмактуулук абалга келген учурдагы бийиктиктеринин айырмасы

$$h^1 = (l - l \cos a) \cdot \cos \beta = l(1 - \cos a) \cos \beta. \text{ Тригонометриядагы}$$

$$\sin \frac{a}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos a}{2}} \quad \text{формуласын эске алсак}$$

$$h^1 = 2l \cdot \sin^2 \frac{a}{2} \cos \beta \quad 4.6$$

Шариктин толук потенциалдык энергиясы

$$W_n = mgh^1 = mg \cdot 2l \sin^2 \frac{a}{2} \cos \beta \quad \text{же}$$

$$W_n = 2mgl \sin^2 \frac{a}{2} \cos \beta \quad 4.7$$

Бир толук термелүүдөн кийинки a бурчу кичирейип a_1 маанисин алсын дейли. Анда потенциалдык энергия

$$W_n^1 = 2mgl \sin^2 \frac{a_1}{2} \cos \beta \quad \text{болуп калат.}$$

Потенциалдык энергиянын бир мезгил ичиндеги өзгөрүүсү ушул убакыт ичиндеги тоголонуп сүрүлүү күчүнүн жумушуна барабар:

$$\Delta W_n = A_{\text{сүр}} \quad \Delta W_n = 2mg \left(\sin^2 \frac{a}{2} - \sin^2 \frac{a_1}{2} \right) \cos \beta$$

$$2mg \left(\sin^2 \frac{a}{2} - \sin^2 \frac{a_1}{2} \right) \cos \beta = 4 \cdot k \frac{mg \sin \beta}{R} \cdot a \cdot l$$

$$2 \left(\sin^2 \frac{a}{2} - \sin^2 \frac{a_1}{2} \right) \cos \beta = 4 \cdot k \frac{\sin \beta}{R} \cdot a \quad 4.8$$

Акыркы формуланы маятник n жолу термелген учур үчүн жазсак

$$2(\sin^2 \frac{a}{2} - \sin^2 \frac{a_n}{2}) \cos \beta = 4 \cdot k \frac{\sin \beta}{R} \cdot \frac{a + a_n}{2} \cdot n \quad 4.9$$

Радиан менен туюнтулган кичинекей бурчтар үчүн $\sin a \approx a$ шартын эске алсак, (4.9) формула төмөнкүдөй түргө келет:

$$2(\sin^2 \frac{a}{2} - \sin^2 \frac{a_n}{2}) \cos \beta = 2(\frac{a^2}{4} - \frac{a_n^2}{4}) \cdot \cos \beta = (\frac{a^2}{2} - \frac{a_n^2}{2}) \cdot \cos \beta$$

$$4k \frac{\sin \beta}{R} \cdot \frac{a + a_n}{2} \cdot n = 2k \frac{\sin \beta}{R} (a + a_n) \cdot n$$

$$(\frac{a^2}{2} - \frac{a_n^2}{2}) \cdot \cos \beta = 2k \frac{\sin \beta}{R} (a + a_n) \cdot n$$

$$\frac{1}{2}(a^2 - a_n^2) \cdot \cos \beta = 2k \frac{\sin \beta}{R} (a + a_n) \cdot n$$

$$\frac{1}{2}(a - a_n) \cdot (a + a_n) \cos \beta = 2k \frac{\sin \beta}{R} (a + a_n) \cdot n$$

$$\frac{1}{4}(a - a_n) \cdot \cos \beta = k \frac{\sin \beta}{R} \cdot n$$

Мындан $k = \frac{(a - a_n)R \cdot \cos \beta}{4 \cdot n \sin \beta}$ же

$$k = \frac{(a - a_n)}{4n} \cdot R \cdot \operatorname{ctg} \beta \quad 4.10$$

Берилген иште (4.10) - формуланы колдонуп тоголонуп сүрүлүү коэффициентин аныктайбыз.

ФПМ-07 ТИБИНДЕГИ ЖАНТЫК МАЯТНИКТИН ТҮЗҮЛҮШҮ

Бул маятник төмөнкүдөй элементтерден турат(4.4-сүрөт).

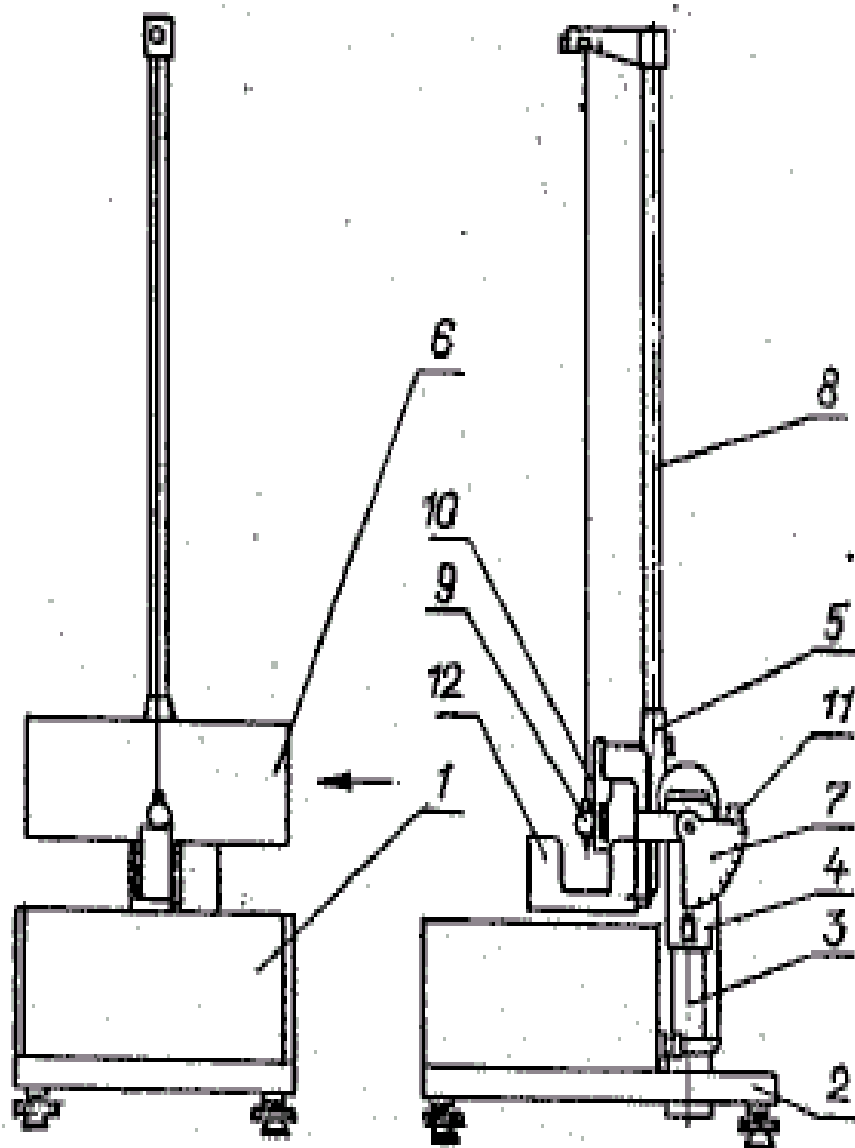
-миллисекундомер ФМП-1

-маятниктин негизи-2

-түтүк-3

-корпус-4

- кронштейн-5
- №1 шкала-6
- №2 шкала-7
- колонка-8
- шар формасындагы тело
- үлгү-10
- бурама-11
- фотоэлектрдик датчик-12



4.4-сүрөт



4.4-сүрөт

Прибордун негизи 2, аны горизонталдык абалга келтирүүчү таянычтарга жайгаштырылган. Негизге миллисекундомер-2, труба-3 бекитилген. Трубага корпус-4 жайгашкан. Корпус техникалык кыймылдаткыч аркылуу кронштейн-5 менен байланышат. Кронштейнге №1 (6) жана №2 (7) шкала бекитилген. Андан башка дагы кронштейнге колонка-8 бекитилген. Колонканы жогорку учуна экинчи кронштейн жайгашкан. Жогорку кронштейнге созулбас жана жеңил жип байланган. Жиптин экинчи учуна винт байланат. Бул винтке шар формасындагы тело-9 бекитилет. 5-кронштейнге сүрүлүү коэффициенти изилденүүчү пластинка

түрүндөгү тело-10 киргизилет. Маятникти термелүү бурчка жантайтуу үчүн бурама-11 колдонулат. 5-кронштейнге фотоэлектрдик датчик-12 бекитилген. Бул датчик миллисекундомердин уюлу аркылуу байланыштырылат. Миллисекундомердин алдыңкы жана арткы беттеринин көрүнүштөрү 4.4-сүрөттө көрсөтүлгөн.

ЖУМУШТУ АТКАРУУ

1. Таянычтардын жардамы менен прибордун негизин горизонталдык абалга келтиргиле.
2. Жиптин учундагы винтке шарикти бурап киргизгиле.
3. Жогорку кронштейндеги бураманы бурап, жиптин керектүү узундугун тандап алгыла. Жиптин экинчи учундагы винт, фотоэлектрдик датчиктин огу аркылуу эркин өткүдөй болушу керек.
4. 11-бураманын жардамы менен колонканы $\beta = 30^0$ ка жантайткыла.
5. Приборду ток булагына туташтыргыла. Андан кийин «сеть» баскычын баскыла да, миллисекундомердин индикаторунда 0 цифранын жана фотоэлектрдик датчиктин лампочкасынын жанышына көңүл бөлгүлө.
6. Маятникти бурчтук шкаланы бойлото $\alpha = 5^0 - 7^0$ бурчка бургула. Андан соң «сброс» баскычын баскыла.
7. α бурчунун маанисин жазып алгыла да шарикти термелүү абалына келтиргиле жана ушул эле моментте «пуск» баскычын баскыла.
8. 9-10 толук термелүүлөрдүн санын, ага кеткендеги α_n бурчунун чоңдугун белгилеп алат да «стоп» баскычын баскыла.
9. Счетчиктин көрсөтүүсү боюнча толук термелүүлөрдүн санын n ди жазып алгыла.
10. α , α_n жана n дин маанилерин колдонуп жана шариктин радиусун аныктап алып, (4.3)-формула боюнча шариктин тоголонуудагы сүрүлүү коэффициентин эсептегиле.
11. Тажрыйбаны 5-6 жолу кайталагыла.
12. β -бурчун өзгөртүп тоголонуудагы сүрүлүү коэффициентин 5-6 жолу аныктагыла.
13. Шариктерди жана пластинаны алмаштыргыла да бул учурдагы тоголонуп сүрүлүү коэффициентин аныктагыла.
14. Жыйынтыктарын таблицкага түшүргүлө.
15. Таблицада алынган жыйынтыктар боюнча тиешелүү корутундуларды чыгаргыла.

4.1-таблица

| № | Заттар | $R, м$ | β град | n | α град | α_n град | k | $k_{орт}$ | Δk | $\Delta k_{орт}$ | σ % |
|----|--------|--------|-----------------|-----|------------------|--------------------|-----|-----------|------------|------------------|---------------|
| 1. | Cu | | | | | | | | | | |
| 2. | (Жез) | | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | | | |
| 1 | Al | | | | | | | | | | |
| 2 | (Алюм) | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

1. Сүрүлүү күчүнүн жаратылышы
2. Сүрүлүүнүн түрлөрү
3. Сүрүлүү күчү деп эмнени айтабыз?
4. Сүрүлүү күчүнүн таасири жана техникадагы мааниси.

№5. КАТУУ ЗАТТАРДЫН СЕРПИЛГИЧТҮҮЛҮК КАСИЕТТЕРИ

Жумуштун максаты: созулуу деформация кезинде серпилгичтүүлүк модулдарынын жана деформация коэффициенттеринин чыңалуудан болгон көз карандылыгын эксперименталдык түрдө изилдөө.

Керектелүүчү приборлор жана жабдуулар: болот же темир зымдары, динамометр, индикатор.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

Заттардын өлчөмүнүн жана формасынын өзгөрүшүн деформация деп аташат. Деформация телонун температурасынын өзгөрүшү менен да, сырткы күчтүн аракетин аркылуу да ишке ашышы мүмкүн. Ал кубулуштун физикалык жаратылышы толук аныктала элек. Бирок жалпы түрдө төмөнкүдөй түшүндүрсөк болот. Молекулалык физиканын көз карашы боюнча бардык кристаллдык заттардын бөлүкчөлөрү мейкиндикте белгилүү бир закон ченемдүүлүк боюнча бөлүштүрүлөт. Деформация процессинде атомдор же молекулалардын мейкиндиктеги абалын өзгөрөт, натыйжада телонун формасы жана өлчөмү өзгөрөт.

Эгерде деформацияны пайда кылган аракет этүү токтогондо тело баштапкы абалына келсе, мындай деформацияны серпилгичтүү деформация деп, ал эми баштапкы абалына келбесе же жарым жартылай келсе пластикалык деформация деп аташат. Серпилгичтүү деформациянын пайда болуусу молекулалык физикада төмөнкүдөй түшүндүрүлөт.

Катуу заттардын атомдору жана молекулалары мейкиндикте белгилүү бир закон ченемдүүлүктөр боюнча бөлүштүрүлүп, өздөрүнүн тең салмактуулук абалдарынын айланасында термелүү кыймылында болушат. Тең салмактуулук абалынан чыгышып, бири-бирине жакындашса, алар бири-биринен түртүлүшөт. Ал эми алыстаса, алар бири-бирине тартылышат. Мындай аракет этүүнү ички күчтөр деп атасак, ал ички күчтөр сырткы күчтөргө карама-каршы аракет жасашат. Ошондуктан деформацияланган ички күчтөрдүн аракетин менен телолор баштапкы абалына келүүгө умтулушат.

Бирок сырткы күчтөрдүн натыйжалоочусунун мааниси белгилүү бир чегинен өткөндө, катуу зат серпилгичтүү деформациясын жоготот. Серпилгичтүү деформацияланыш касиетин сактаган ички күчтүн максималдык мааниси берилген заттын серпилгичтүүлүк предели деп аталат. Ички серпилгичтүү күчтөрдүн чоңдугу чыңалуу σ деген чоңдук менен мүнөздөлүшөт. Чыңалыш деп ички күчтөрдүн натыйжалоочусунун бирдик туура кесилиш аянтындагы маанисин аташат да, төмөнкүдөй формулада берилет:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad 5.1$$

Мында F - ички күчтөрдүн натыйжалуучусу, S – берилген телонун туура кесилиш аянты.

Эгерде F күчү туура кесилиш аянтына нормаль боюнча багытталса чыңалышты нормалдык, ал эми бетке F күчү жаныма багытталса тангенциалдык чыңалыш деп аташат.

Сырткы күчтүн аракет этүүсүнүн мүнөзүнө карата катуу заттын формасы түрдүүчө болуп өзгөрүшү мүмкүн. Бирок мындай татаал формадагы деформацияланышты төмөнкүдөй элементардык деформацияларга бөлүшөт: созулуу, (кысылуу), жылышуу, ийилүү жана толгонуу.

Созулуу деформациясын карайлы. Айталы, телонун сызыктуу өлчөмү l_0 болсун. Кайсыл бир күчтүн аракети астында анын узундугу l болуп калсын. $\Delta l = l - l_0$ чоңдугу абсолюттук узартуу (же кысылуу) деп аталат. Бирок, бул чоңдук деформацияны сандык жактан мүнөздөй албайт. Ошондуктан, салыштырмалуу деформация (узартуу, кысылуу, деп да айтыла берет) түшүнүгүн киргизебиз.

Салыштырмалуу деформация деп телонун абсолюттук деформацияланыш чоңдугунун (Δl) анын баштапкы өлчөмүнө (l_0) болгон катышын айтышат, б.а.

$$\varepsilon = \frac{l}{l_0} \quad 5.2$$

1675-жылы англиялык физик Р. Гук серпилгичтүү деформациядагы чыңалыштын чоңдугу, салыштырмалуу деформациянын чоңдугуна түз пропорциялаш болушун эксперименталдык түрдө аныктайт б. а.

$$\sigma = E\varepsilon \quad 5.3$$

(5.3) формула деформациянын бардык түрүнө тиешелүү болуп, Гуктун закону деп аталат.

Деформациянын бардык түрлөрүн созулуу (кысылуу) жана жылышуу деформацияларынын суммасы катарында карасак болот. Ошондуктан салыштырмалуу деформациянын эки түрүн карайбыз.

Эгерде (5.2) формуланы эске алсак, анда Гуктун закону төмөнкүдөй берилет:

$$\sigma = E \frac{\Delta l}{l}, \quad 5.4$$

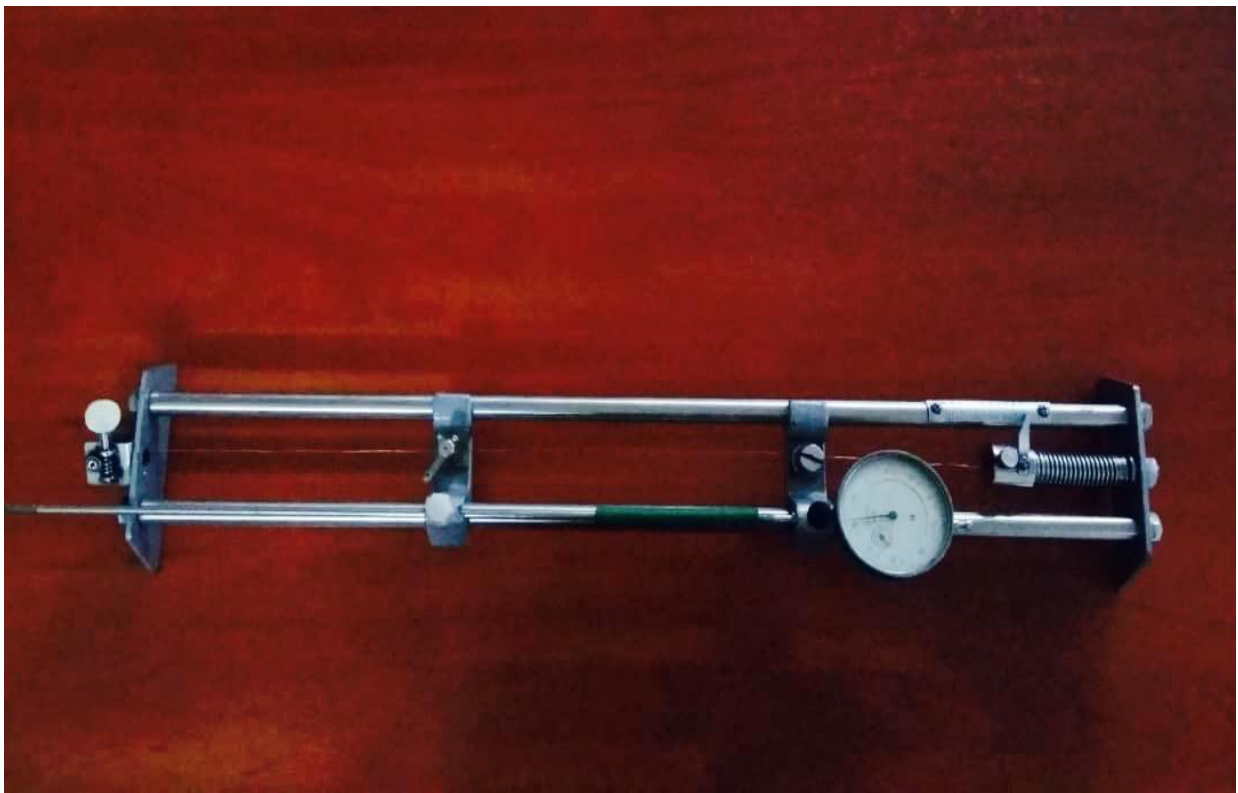
мында E – Юнг модулу же серпилгичтүүлүк модулу деп аталат. (5.1) жана (5.4) формулалардан төмөнкүнү алабыз:

$$E = \frac{F}{S} \cdot \frac{l_0}{\Delta l} \quad 5.5$$

(5.5) формула боюнча Юнгдун модулуна төмөнкүдөй физикалык мааниси берилет. Юнг модулу E , туура кесилиш аянты бир бирдикке барабар болгон телонун узундугун эки эсеге узартуу үчүн зарыл болгон күчкө сан жагынан барабар болот. Чындыгында (5.5) формулада $\Delta l = l_0$ болсо, $E = \frac{F}{S} = \sigma$ болот.

Бирок мындай касиетке аз эле заттар ээ болушат.

Ушул эле сыяктуу деформациянын башка түрлөрү үчүн дагы серпилгичтүүлүк модулуна карасак болот.



5.1-сүрөт

Берилген лабораториялык жумушта төмөнкү учур каралат.

1-тапшырма.

а) Созулуу деформациясында серпилгичтүүлүк модулуна аныктоочу өлчөөлөр жана эсептөөлөр

1. Берилген болот же темир зымын приборго бекитилет. Зымдын диаметрин бир нече жолу өлчөп орточо маанисин алгыла да ал диаметрдин маанисин колдонуп, өткөргүчтүн туура кесилиш аянтын аныктагыла.

2. Прибордун кыскачтарынын ортосундагы аралыкты б.а. зымдын изилдене турган узундугун өлчөгүлө. Мында кыскачтардын борборлоруна чейинки аралыкты алыш керек.

3. Прибордогу созуу механизминин жардамы менен өткөргүчтү созуула. Созуу процессинде, созуу күчүнүн ар бир 0,5 кГ; 1,0 кГ; 1,5 кГ; 2 кГ; ж.б. маанилериндеги үлгүнүн узаруусун индикатор аркылуу өлчөп тургула. Созуу күчүнүн 3 кГ маанисине жеткенде созулуунун акыркы маанисин жазып алып, зымды акырын бошотуп кыскаруусуна байкоо жүргүзгүлө. (1кГ=9,8Н)

4. Экспериментти бир нече жолу кайталап, бардык өлчөнгөн чоңдуктарды 5.1-таблицага киргизгиле.

5. Экспериментте алынган маанилер боюнча миллиметрдик кагазга күчтүн (динамометрдин көрсөтүүсү боюнча) узаруудан (индикатордун көрсөтүүсү боюнча) болгон көз карандылыгынын графигин түзгүлө.

6. $E = \frac{F \cdot l_0}{S \cdot \Delta l}$ формуласын колдонуп, материалдын серпилгичтүүлүк модулу E аныктагыла жана натыйжасын таблицага киргизгиле.

5.1-таблица

| № | Динамометрдин көрсөтүүсү F | Индикатордун көрсөтүүсү l | Δl | E | σ |
|------|------------------------------|-----------------------------|------------|--------------------|----------|
| Бирд | кГ | мм | мм | Н / м ² | % |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

2-тапшырма.

(б) пружинанын деформациясынын ага аракет эткен күчтөн болгон көз карандылыгын аныктоо

Керектүү приборлор жана жабдуулар: ДП-6А түрүндөгү прибор, жүктөр, пружина.

Иште колдонулуучу ДП-6А приборун, өзүнө тиркелген документтери боюнча окуп үйрөнүү.

ИШТИ АТКАРУУ

1. Пружинаны созуш үчүн б-кронштейнди жылдырышат да, пружинаны жогорку абалына бекиткиле.

2. Пружинага бекитилген илмекке жүктөрдү илгиле.

3. Пружина менен илмектин жетиштүү даражада байланышын камсыздоо үчүн пружинаны (индикатордун) стрелкасын 3-5 бөлүккө жылгандай кылып жеңил жүктөгүлө (маховикти айлантуу менен).

4. Индикатордун стрелкасы нөлдү көрсөткөн маанисиндеги пружинанын узундугун линейкада белгилеп алгыла. Маховикти бир калыпта айлантуу менен созо баштоо. Индикатордун жана линейканын көрсөтүүлөрү боюнча пружинанын деформациясын аныктагыла.

5. Күчтү (динамометрдин стрелкасынын көрсөтүүсү боюнча) бир нече чоңойтуп, деформациянын чоңдугун аныктагыла. Бул ишти бир нече жолу кайталап $h = f(P)$ көз карандылыгынын графигин жана таблицасын түзгүлө. Пружинаны кысуу деформациясында изилдеш үчүн кронштейнди төмөнкү абалга бекитип, жогорку айтылган тажрыйба сыяктуу эле эксперимент жүргүзгүлө.

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

1. Катуу заттардын деформациясы жана анын түрлөрү
2. Серпилгичтүү жана пластикалык деформация жана алардын түшүндүрүлүшү
3. Чыңалыш жана деформациянын чоңдуктары
4. Гуктун закону
5. Юнгдун модулу.

№ 6. АТВУДДУН МАШИНАСЫН КОЛДОНУП БИР КАЛЫПТА ЫЛДАМДАТЫЛГАН КЫЙМЫЛДЫ ОКУП ҮЙРӨНҮҮ

Жумуштун максаты: бир калыпта ылдамдатылган түз сызыктуу кыймылдын ылдамдануусун аныктоо.

Жумушта колдонулуучу каражаттар: ФПМ-02 тибиндеги Атвуддун машинасы, массалары 60, 12, 6,5 жана 5,3 грамм болгон жүктөр, майда таарындылар.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

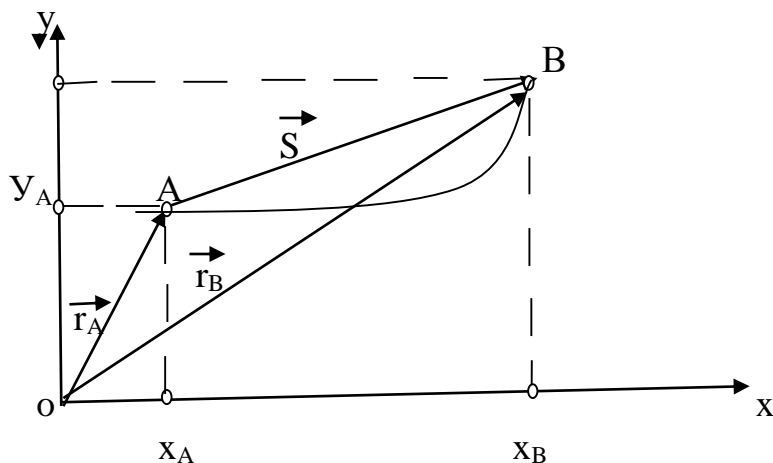
Телонун мейкиндиктеги абалынын экинчи бир телого салыштырмалуу убакыттын өтүшү менен өзгөрүүсү *механикалык кыймыл* деп аталат.

Телонун кыймылы салыштырылып жаткан ошол экинчи телону көпчүлүк учурда *эсептөөнү баштоонун телосу деп аташат*. Телонун абалы мейкиндикте жана убакыттын өтүшү менен өзгөрүп жаткандыктан, бизге координаттар системасы жана маат керек болот. Эсептөөнү баштоонун телосу (ЭБТ), координаттар системасы (КС) жана саат үчөө биригип, эсептөө системасын берет. Мында ЭБТ КС башталышына, башкача айтканда 0 чекитине жайгаштырылган деп эсептелет. Демек, ЭБТ нын бардык координаттары нөл.

Мындан көрүнүп тургандай, механикалык кыймыл салыштырмалуу мүнөзгө ээ. Кыймыл кезинде тело ээ болгон абалдардын геометриялык топтому анын *траекториясы* деп аталат. Бирок, мында бир кыйынчылык туулат. Телонун абалын аныктоо үчүн анын ошол моменттеги координаттарын табуу керек. Ал эми математикада телонун координаттарын эмес *чекиттин гана* координаттарын аныктоо ыкмасы бар. Ошол себептүү биз тигил же бул реалдуу телону чекит деп эсептөөгө акыбыз барбы же жокпу деген суроого туш келебиз. Бул ыкма философиядагы илимий таанып-билүүнүн методдорунун бири болуп саналат жана *моделдештирүү* деп аталат. Башкача айтканда биз реалдуу телону материалдык чекит (МЧ) деп аталган абстракттуу модель менен алмаштырабыз. Эгерде ошол реалдуу телону оригинал деп атасак, анда МЧ ошол оригиналдын жөнөкөйлөштүрүлгөн көчүрмөсү деп айтсак болот. Демек, МЧ деп *берилген маселенин шартында гана* өлчөмдөрүн эске албай коюуга мүмкүн болгон реалдуу телонун моделин түшүнүү керек. Мындагы «материалдык» деген сын атооч ошол телонун реалдуу тело экендигин, ал геометриядагы чекиттен айырмасы бар экендигин көрсөтөт.

Кыймыл кезинде МЧ болуп өткөн абалдардын геометриялык топтому (же сызык) *траектория* деп аталат. Траекториянын узундугу МЧ басып өткөн жолду берет. Мындан көрүнүп тургандай траектория – физикалык түшүнүк, бирок, физикалык чоңдук эмес. Ал эми жол – түшүнүк жана чоңдук. Кыймылды жол түшүнүгү менен мүнөздөө ыңгайсыз. Себеби, жол

кыймылдын багытын, өзгөрүү тездигин көрсөтө албайт. Ошондуктан биз жаңы түшүнүк киргизүүгө тийишпиз. Ал түшүнүк кыймылдын багытын жана болуп өтүү тездигин чагылдырууга тийиш. МЧ убакыттын баштапкы моментинде А чекитинде, кийинки моментте В чекитинде болсун. Анын абалдарын тиешелүү түрдө (x_A, y_A, z_A) жана (x_B, y_B, z_B) координаттары менен берүүгө болот. Ошол эле учурда анын абалын уюлдук ЭС вектордук ыкмада \vec{r}_A жана \vec{r}_B радиус- векторлору менен да берүүгө мүмкүн (6.1-сүрөт, мында $z_A = z_B = 0$ деп берилди).



6.1-сүрөт

Сүрөттөн көрүнүп тургандай $\vec{r}_A = \vec{OA}$, $\vec{r}_B = \vec{OB}$, $\vec{S} = \vec{AB} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$. МЧ нын баштапкы абалы менен кийинки абалын туташтырып, баштапкы абалдан кийинки абалды көздөй багытталган вектор \vec{S} которулуш вектору деп аталат. Ал тиешелүү радиус – векторлордун айырмасына барабар. Ошондуктан, кээде радиус – вектордун годографы деген жазууну окусаңыздар, радиус вектордун учу сызган сызыкты, башкача айтканда траекторияны түшүнүү керек. Радиус – вектордун учу А менен В ны туташтырган ийри сызыктын ар бир чекитинде улам – улам болуп өтөт.

Траекториянын формасына жараша кыймыл түз сызыктуу жана ийри сызыктуу кыймылдар болуп бөлүнүшөт. Эгерде кыймылдын траекториясы түз сызык болсо, кыймыл түз сызыктуу кыймыл деп аталат.

Кыймылдагы телонун акыркы абалы убакыттан көз каранды болгондуктан, которулуш вектору да убакыттан көз каранды болот. Ошондуктан кыймылдын тездигин мүнөздөө үчүн убакыттын чексиз кичине интервалында тело ээ болгон которулуш вектору алынат жана бул чоңдук телонун кыймылынын ылдамдыгы деп аталат. Которулуш вектордук, ал эми убакыттын интервалы скалярдык чоңдуктар болгондуктан ылдамдык да вектордук чоңдук болот. Ылдамдык төмөнкүдөй аныкталат:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad 6.1$$

Ылдамдыктын маанисинин тартибине жараша кыймылды бир калыптагы жана бир калыптагы эмес деп экиге бөлүшөт. Эгерде убакыттын өтүшү менен ылдамдык чоңдугу боюнча да, багыты боюнча да өзгөрбөсө, мындай кыймылды бир калыптагы түз сызыктуу кыймыл деп аташат. Өзгөрүлмөлүү кыймылдын ылдамдыгынын өзгөрүүсүн мүнөздөө үчүн бир калыпта эмес түз сызыктуу ылдамдануу деп аталган чоңдук киргизилет.

Убакыт интервалынын чексиз кичине маанисиндеги ылдамдыктын өзгөрүшүнүн чоңдугу ылдамдануу деп аталат. Ылдамдануу да жогоруда айтылган себеп боюнча б.а. ылдамдык вектордук, ал эми убакыт интервалы скалярдык чоңдук болгондуктан, ылдамдануу да вектордук чоңдук болот. Анын чоңдугу аныктамасы боюнча төмөндөгүдөй аныкталат

$$\vec{\alpha} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad 6.2$$

Ылдамдануунун убакыттан болгон көз карандылыгы боюнча кыймылды бир калыпта ылдамдатылган, акырындатылган жана өзгөрмөлүү ылдамдануудагы кыймылдар деп бөлүшөт.

Эгерде кыймылдагы телонун ылдамдануусу убакыттын өтүшү менен турактуу сакталса мындай кыймылдар бир калыпта ылдамдатылган (же акырындатылган) деп аталышат. Бир калыпта ылдамдатылган кыймылдагы телонун траекториясы түз сызыктуу болсо, мындай кыймылды бир калыпта ылдамдатылган түз сызыктуу кыймыл деп аташат.

Мындай кыймылдар үчүн которулуш векторунун чоңдугу басып өткөн жолго, ылдамдыгы орточо ылдамдыкка барабар болуп, ылдамдык вектору багытын өзгөртпөйт. Ушул себептерден төмөнкүдөй формулаларды колдонуп да жүрүшөт.

$$\vec{v}_{opt} = \frac{\Delta \vec{S}}{\Delta t} \quad 6.3$$

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad 6.4$$

Бир калыпта ылдамдатылган түз сызыктуу кыймылдагы материалдык чекиттин эркин түшүү ылдамдануусун аныктайлы. (6.2) формула боюнча убакыттын каалагандай моментиндеги ылдамдык төмөнкүдөй аныкталат.

$$\vec{d}\vec{v} = \vec{a} dt \quad \text{же} \quad \int_{\vec{v}_0}^{\vec{v}} d\vec{v} = \vec{a} \int_{t_0}^t dt$$

Бул интегралдан төмөнкүнү алабыз:

$$\vec{v} - \vec{v}_0 = \vec{a}(t - t_0); \quad t_0 = 0 \text{ деп тандасак, анда:}$$

$$\vec{v} = v_0 + a t \quad 6.5$$

(6.1) жана (6.5) формулаларды колдонуп, убакыттын каалагандай моментиндеги которулуш векторунун чоңдугун аныктайбыз:

$$d\vec{s} = \vec{v} dt = (\vec{a}t + \vec{v}_0)dt$$

Мындан:
$$\int_{\vec{s}_0}^{\vec{s}} d\vec{s} = \int_{t_0}^t (\vec{a}t + \vec{v}_0)dt$$

Же
$$\vec{S} = \vec{S}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \quad 6.6$$

Эгерде $\vec{S} = 0$ болсо, анда

$$\vec{S} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2} \quad 6.7$$

Эркин түшүү кыймылында $a=g$ болгондуктан (6.7) формуланы төмөнкүдөй жазсак болот (эсептөөнү жогордон төмөн карай жүргүзгүлө).

$$\vec{h} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2} \quad \text{же}$$

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2, \quad 6.8$$

мында g - эркин түшүүнүн ылдамдануусу, h - эркин түшүп жаткан материалдык чекиттин которулушу.

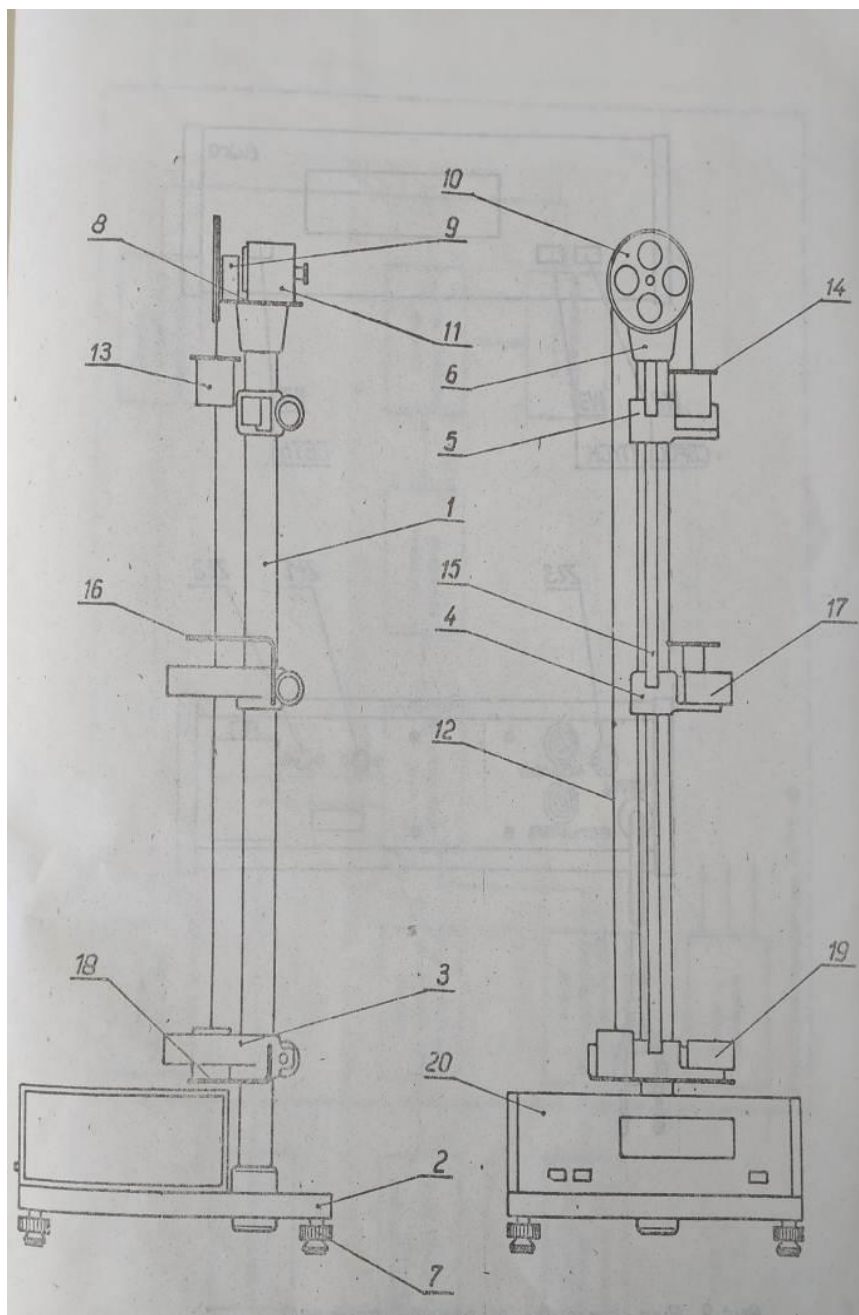
ПРИБОРДУН ТҮЗҮЛҮШҮ

ФПМ-02 тибиндеги Атвуддун приборунун жалпы көрүнүшү 6.2-сүрөттө келтирилген. Ал чиймеде келтирилген номерлер боюнча прибор төмөнкүдөй элементтерден турат:

- | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. Колонка | 2. Негизи | 3. Кыймылсыз төмөнкү кронштейн |
| 4,5. Кыймылдуу кронштейндер | 7. Кыймылсыз бекитилген втулка | |
| 7. Түзөөчү таянычтар | 8. Жогорку диска | |
| 9. Блоктун подшипниги | 10. Блок | |

11. Электромагнит 12. Жип 13,14. Жүктөр
 15. Миллиметрдик шкала 16. Столчо
 17,19. Фотоэлектрдик датчиктер 18. Резиналуу кабыл алуучу столчо
 20. Миллисекундомер

Колонка-1 прибордун негизи-2, колонканын өзүнө кыймылсыз төмөнкү кронштейндер 4,5 тер жана кыймылсыз втулка 6 менен бекитилишет. Негизги түзөөчү таянычтар 7 ге жайгашкан. Втулкага 8 аркылуу блок 10, анын подшипниги 9 жана электромагнит 11 бекитилишет. Блокко жип арта салынат да, анын учтарына 13-14 жүктөр байланышат. Электромагнит блоктору кыймылсыз кармап туруу үчүн колдонулат.



6.2-сүрөт



6.2-сүрөт

Бир калыптагы жана бир калыпта ылдамдатылган кыймылдагы жүктүн басып өткөн жолдору жогорку жана ортоңку кронштейндерди жылдыруу менен башкарылат. Бул жолдор колонкага бекитилген миллиметрдик шкала 15-тин жардамы менен өлчөнөт. Жогорку кронштейнге атайын белги коюлган. Ал белги жүктүн баштапкы абалын көрсөтөт. Ортоңку кронштейнге кошумча жүктү кармап калуу үчүн атайын кармагыч (столчо)-16, жана жүктүн бир калыптагы кыймылдын башталышын каттоочу фотоэлектрдик датчик-17 бекитилишкен.

Жүк төмөнкү кронштейнге түшөт. Ал кронштейнге резинадан жасалган амортизатор-18 жана жүктүн түшкөн моментинде секундомердин иштөөсүн токтотуучу фотоэлектрдик датчик-19 бекитилишкен.

Прибордун негизине миллисекундомер тиешелүү уюлдары аркылуу тиешелүү фотоэлектрдик датчиктерге туташтырылат. Миллисекундомердин алдыңкы бетинде үч баскычтар (клавишалар) жайгаштырылган.

1. Ток булагы (чынжыр-«сеть»)-бул клавишаны басып приборду ток булагына туташтырышат жана миллисекундомерде көрсөтүлгөн цифралар өчүрүлөт.

2. Өчүрүү («сброс»)-бул клавишаны басканда, миллисекундомердин көрсөтүүлөрү өчөт.

3. «Башта» («пуск»)-бул клавишаны басканда электромагнит жүктү бошотот жана өлчөөнү каттоо үчүн колдонулуучу импульсту пайда кылат.

ПРИБОРДУ ЖУМУШ АТКАРУУГА ДАЯРДОО

1. Прибор тике абалга келтирилет. Жүкчөлөр фотодатчиктердин айнекчелеринен өтүп, кабыл алуучу столчого, өз ордуна түшүүсү зарыл.

2. Жогорку жана ортоңку кронштейндер тандалып алынган аралыктарда бекитилип, жүктөр фотодатчиктердин айнектеринен эркин өтүүсү текшерилет.

3. Оң жаккы жүкчөнү жогорку абалга келтирип, приборду чынжырга кошуп «сеть» баскычын басат. Индикатордо нөлдөр жанып турганын текшерүү керек.

4. Оң жаккы жүккө кошумча жүкчө киргизилет. Система электромагниттин жардамы менен кыймылсыз абалда кармалып турат.

5. «Пуск» баскычын басканда жүктөр бир калыптагы кыймылга келишет, миллисекундомер аркылуу бул кыймылдын убактысы катталат.

6. Кайрадан «Пуск» баскычы басылып, андан кийин «сброс» баскычын басканда прибор баштапкы абалына келет.

ЖУМУШТУ АТКАРУУ

1. 14, 17 жана 19 кронштейндерин керектүү абалдарга бекиткиле.

2. Жүктөр системасынын ылдамдатылган кыймыл кезиндеги б.а. 14 жана 17 кронштейндеринин арасындагы аралык - h_1 жана бир калыптагы кыймыл кезиндеги аралык - h_2 өлчөп алгыла. (17 жана 19 кронштейндеринин ортосундагы аралык).

3. h_2 -аралыгында жүк бир калыпта кыймылдайт. Бул кыймылдын убактысы өлчөнөт. Мындай кыймылдын ылдамдыгы: $v = \frac{h_2}{t}$ формуласы боюнча эсептелет. Бул ылдамдык бир калыпта ылдамдатылган кыймылдын акыркы ылдамдыгы болуп саналат жана бул ылдамдыкты билүү менен h_1 аралыгындагы кыймылдын ылдамдануусун эсептеп алууга болот.

$$a = \frac{v^2}{2h_1} \quad \text{же} \quad a = \frac{h_2^2}{2h_1 t^2}$$

4. Прибор баштапкы абалына келтирилет, андан соң оң жактагы жүккө тандалып алынган m массадагы кошумча жүкчөнү койгула.

5. Ар түрдүү кошумча жүктөр үчүн ылдамдануу эсептегиле.

6. Эгерде чоң жүктөрдүн массасын M жана кошумча жүктөрдүн массасын m менен белгилесек, анда кыймылдагы система үчүн Ньютондун 2-закону төмөнкүдөй көрүнүштө жазылат:

$$F = (2M + m)a \quad F = mg$$

Ошондуктан системаны кыймылга келтирген күч болуп кошумча жүктүн оордук күчү эсептелет. Анда акыркы формуланы төмөнкүдөй жазабыз:

$$mg = (2M + m)a$$

$$mg = (2M + m) \frac{v^2}{2h_1} = (2M + m) \frac{h_2^2}{2h_1 t^2}.$$

Мындан эркин түшүүнүн ылдамдануусу төмөнкүдөй аныкталат:

$$g = \frac{2M + m}{m} \cdot \frac{h_2^2}{2h_1 t^2} \quad 6.9$$

7. Өлчөөнү 5-6 жолу кайталап жана бардык учурда эркин түшүүнүн ылдамдануусун (6.9) формула боюнча эсептегиле.

8. Алынган жыйынтыктар таблицага киргизилет.

9. Таблица боюнча эркин түшүүнүн ылдамдануусунун орточо

арифметикалык маанисин $g_{\text{орт}} = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{n}$ формуласы менен, ал эми

тажрыйбанын тактыгын $\frac{\Delta g_{\text{орт}}}{g_{\text{орт}}} \cdot 100\%$ формуласы менен аныктайт.

6.1-таблица

| № | M | m | h_1 | h_2 | T | g | $g_{орт}$ | Δg | $\Delta g_{орт}$ | $\frac{\Delta g_{орт}}{g_{орт}} \cdot 100\%$ |
|------|-----|-----|-------|-------|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
| Бирд | кг | кг | м | м | с | м/с ² | м/с ² | м/с ² | м/с ² | % |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| Орт. | | | | | | | | | | |

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

1. Механикалык кыймыл. Кинематиканын негизги түшүнүктөрү.
2. Которулуш, ылдамдык, ылдамдануу жана ылдамдануу векторунун түзүүчүлөрү.
3. Бир калыптагы жана бир калыпта эмес кыймылдар. Бир калыпта ылдамдатылган түз сызыктуу кыймыл.
4. Эркин түшүүнүн ылдамдануусу жана анын жердин кеңдигинен көз карандылыгы.

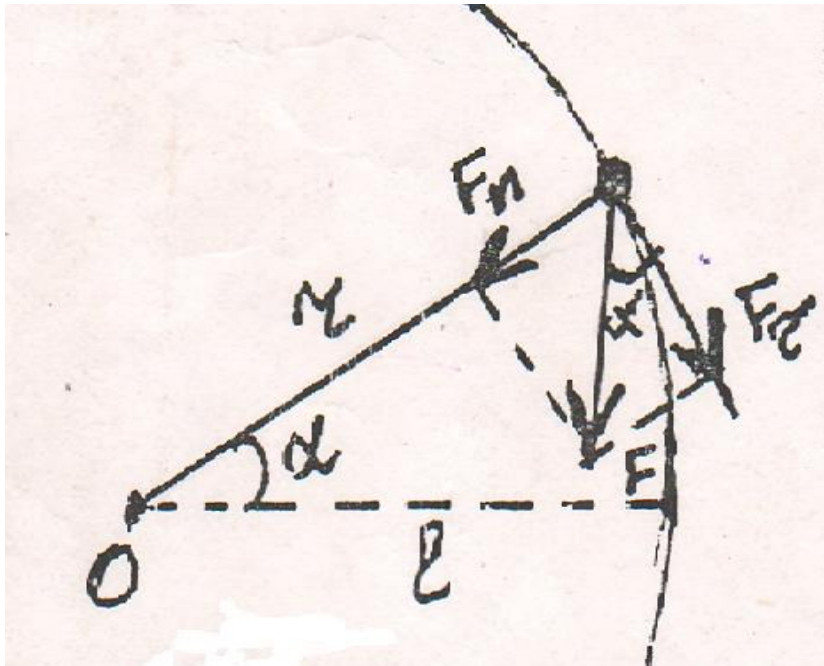
№7. ТЕЛОЛОРДУН ИНЕРЦИЯ МОМЕНТИН ТОЛГОНУУЧУ МАЯТНИКТИН ЖАРДАМЫНДА АНЫКТОО

Жумуштун максаты: айлануу кыймылын окуп үйрөнүү, түрдүү айлануу окторуна салыштырмалуу телолордун инерция моменттеринин маанилерин аныктоо.

Колдонулуучу каражаттар: ФПМ-05 тибиндеги толгонуучу маятник, түрдүү формадагы жана массалары боюнча айырмаланышкан жүктөрдүн тобу.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

Катуу тело айлануу кыймылына келген кезде анын бардык чекиттери өзүнө гана мүнөздүү болгон айлана боюнча кыймылдашат. Бул айланалардын борборлорунун бардыгы айлануу огу деп аталган түз сызыкта жатышат. Каалагандай формадагы катуу телонун айлануу кыймылын карайлы. Анын айлануу огу OO' болсун. Телону ой жүзүндө көптөгөн майда бөлүктөргө бөлөлү. Ушул бөлүктөрдүн ар бирин материалдык чекит деп эсептөөгө мүмкүн болсун дейли. Ушул материалдык чекиттердин ичинен Δm массалуу чекитти карайлы. Бул чекитке F күчү таасир этсин. Ал күч материалдык чекиттен айлануу огуна түшүрүлгөн перпендикуляр менен α бурчун түзсүн. \vec{F} күчүн эки түзүүчүгө ажыраталы. Бир түзүүчүсү айлананын радиусу боюнча багытталсын. Бул радиалдык түзүүчү чекиттин кыймылына эч кандай таасир этпейт. Себеби, ал телону октун айланасында кармап турган байланыш менен жоюшуп кетет. Экинчи түзүүчү болсо чекит сызган айланага жаныма багытталсын. Бул түзүүчү чекитке тангенциалдык ылдамдануу берет.



7.1-сүрөт

$$F_{\tau} = ma_{\tau} \quad 7.1$$

мында a_{τ} -тангенциалдык ылдамдануу болуп, ал бурчтук ылдамдануу ε менен төмөнкүдөй байланышат

$$a_{\tau} = \varepsilon r \quad 7.2$$

7.1-сүрөт айлананын радиусу боюнча күчтүн тангенциалдык түзүүчүсү төмөнкүдөй аныкталат:

$$F_{\tau} = F \cos \alpha \quad 7.3$$

(7.2) жана (7.3) формулаларды (7.1) ге коюп төмөнкүнү алабыз:

$$F \cos \alpha = m r \varepsilon .$$

Бул барабардыктын эки жагын тең r ге көбөйтүп жазалы:

$$F r \cos \alpha = m r^2 \varepsilon \quad 7.4$$

(7.4) формулага чиймени колдонсок $rcosa=l$ болот, анда

$$Fl = m r^2 \varepsilon \quad 7.5$$

(7.5) формула айлануу кыймылындагы материалдык чекиттин кыймыл теңдемеси болот. Күчтүн жана массанын гана чоңдуктары менен аныкталбастан Fl жана $m r^2$ чоңдуктары менен мүнөздөлүшүн көрүп турабыз.

Демек, айлануу кыймылындагы материалдык чекитке аракет этүүнүн чоңдугун $Fl=M$ чоңдугу аныктайт жана ал күчтүн моменти деп, ал эми $l=rcosa$ күчтүн ийини деп аталат. mr^2 чоңдугу инерция моменти деп аталат.

$$I = mr^2$$

Каралуучу иште биз негизинен инерция моментин изилдейбиз. Ошондуктан бул чоңдукка кыскача токтолуп кетебиз. Инерция моменти төмөнкүдөй касиеттерге ээ болот.

1. Инерция моменти масса сыяктуу эле скалярдык чоңдук.
2. Инерция моменти активдүү чоңдук б.а. системанын инерция моменти системаны түзгөн элементтердин инерция моменттеринин суммасына барабар б.а. $I = \int r^2 dm$.
3. Инерция моменти айлануу кыймылындагы телолор үчүн гана мүнөздүү.

Инерция моментин каалагандай катуу телолор үчүн аныктоо жалпы түрдө татаал маселе болот. Ошондуктан жакындаштырылып, айрым мисалдар үчүн гана каралат да көпчүлүк учурда инерция моментин эксперименталдык түрдө аныкташат. Ушундай эксперименттердин бир мисалы берилген иш болот. Бул иште толгонуучу маятник колдонулат. Серпилгичтүү зымга бекитилген жүк тең салмактуулук абалынан толгоо менен чыгарылат. Толгонгон зым баштапкы абалына келүүгө умтулат да ага бекитилген жүк баштапкы абалына карата кыймылга келтирет. Баштапкы абалына жеткенде жүк өзүнүн инерциясы боюнча кыймылын улантып, зымды каршы тарапка толгойт. Ушул сыяктуу кыймылдын кайталанышы жүктүн термелүүсүн пайда кылат. Жүктүн термелүүсү айлануу кыймылынын “кайталанышы” болгондуктан, анын инерттүүлүгүн инерция моменти - I , ага аракет этүүчү күчтү күчтүн моменти M менен алмаштырышат.

Күчтүн моменти серпилгичтүү зымдын толгонуу модулуна жана зымдын толгонуу бурчуна φ түз пропорциялаш болот.

$$M = -D\varphi.$$

Мында минус белгиси күчтүн моменти менен φ нин өсүү багыттарынын карама-каршы болушкандыгын көрсөтөт.

Мындай кыймылдын теңдемесин жазсак төмөнкүнү алабыз.

$$-D\varphi = I\varepsilon = I\ddot{\varphi}.$$

Мындан: $D\varphi + I\ddot{\varphi} = 0$ 7.6

Бул теңдеменин эки жагын тең I ге бөлүп жиберели да, $\omega_0 = \frac{D}{I}$ деп белгилөө жүргүзөлү. Анда (7.6) теңдемени төмөнкүдөй жазабыз:

$$\varphi + \omega_0^2 \varphi = 0$$
 7.7

(7.7) теңдеме серпилгичтүү толгонуунун аракети аркылуу пайда болгон эркин термелүү кыймылынын теңдемеси болот. Бул иште биз ал теңдеменин чечимин карабастан керектүү болгон айрым параметрлерин карап көрөлү.

1. Циклдик жыштык - бул 2π секунда убакыт интервалындагы толук термелүүлөрдүн саны болот (ω_0).
2. Термелүү жыштыгы – бул 1 секунд убакыт интервалындагы толук термелүүлөрдүн саны болот (ν).
3. Термелүү мезгили - бул толук бир термелүү үчүн зарыл болгон убакыт интервалы (T).

Бул аныктамалардын биринчи жана экинчилери боюнча, циклдик жыштык менен термелүү жыштыгынын ортосунда төмөнкүдөй байланыш келип чыгат.

$$\omega_0 = 2\pi\nu$$
 7.8

Экинчи жана үчүнчү аныктамалар боюнча:

$$\nu = \frac{1}{T} \quad \text{же} \quad T = \frac{1}{\nu}$$
 7.9

(7.8) жана (7.9) барабардыктардан циклдик жыштык менен термелүү мезгилинин ортосундагы төмөнкүдөй байланышты алабыз:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}$$
 7.10

(7.10) теңдемеге $\omega_0 = \frac{D}{I}$ барабардыгын колдонсок толгонуу термелүүсүнө катышкан телонун термелүү мезгили үчүн төмөнкү барабардыкка ээ болобуз:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{D}} \quad 7.11$$

(7.11) формула толгонуучу маятниктин термелүү мезгилин аныктайт.

(7.11) формуланы жүк илинбеген рама үчүн жазалы:

$$T_0=2\pi\sqrt{\frac{I_0}{D}} \quad 7.12$$

мында I_0 -жүксүз раманын инерция моменти болот да ал белгисиз. Аны аныктоо үчүн инерция моменти- I белгилүү болгон телону рамага жайгаштырабыз. Бул учурда маятниктин термелүү мезгили төмөнкүдөй аныкталат.

$$T_1=2\pi\sqrt{\frac{I_0+I}{D}} \quad 7.13$$

(7.12) менен (7.13) тү биргеликте чечип, раманын инерция моментин аныктайбыз б.а.

$$I_0 = \frac{T_0^2 I}{T_1^2 - T_0^2} \quad 7.14$$

Эгерде инерция моменти белгисиз (I_x) жүктү маятникке бекитсек, анын термелүү мезгили төмөнкүдөй аныкталат:

$$T_x=2\pi\sqrt{\frac{I_0+I_x}{D}} \quad 7.15$$

(7.15) ке (7.14) тү колдонсок I_x үчүн төмөнкүнү алабыз:

$$I_x = I \left(\frac{T_x^2}{T_0^2} - 1 \right) \frac{T_0^2}{T_1^2 - T_0^2} \quad 7.16$$

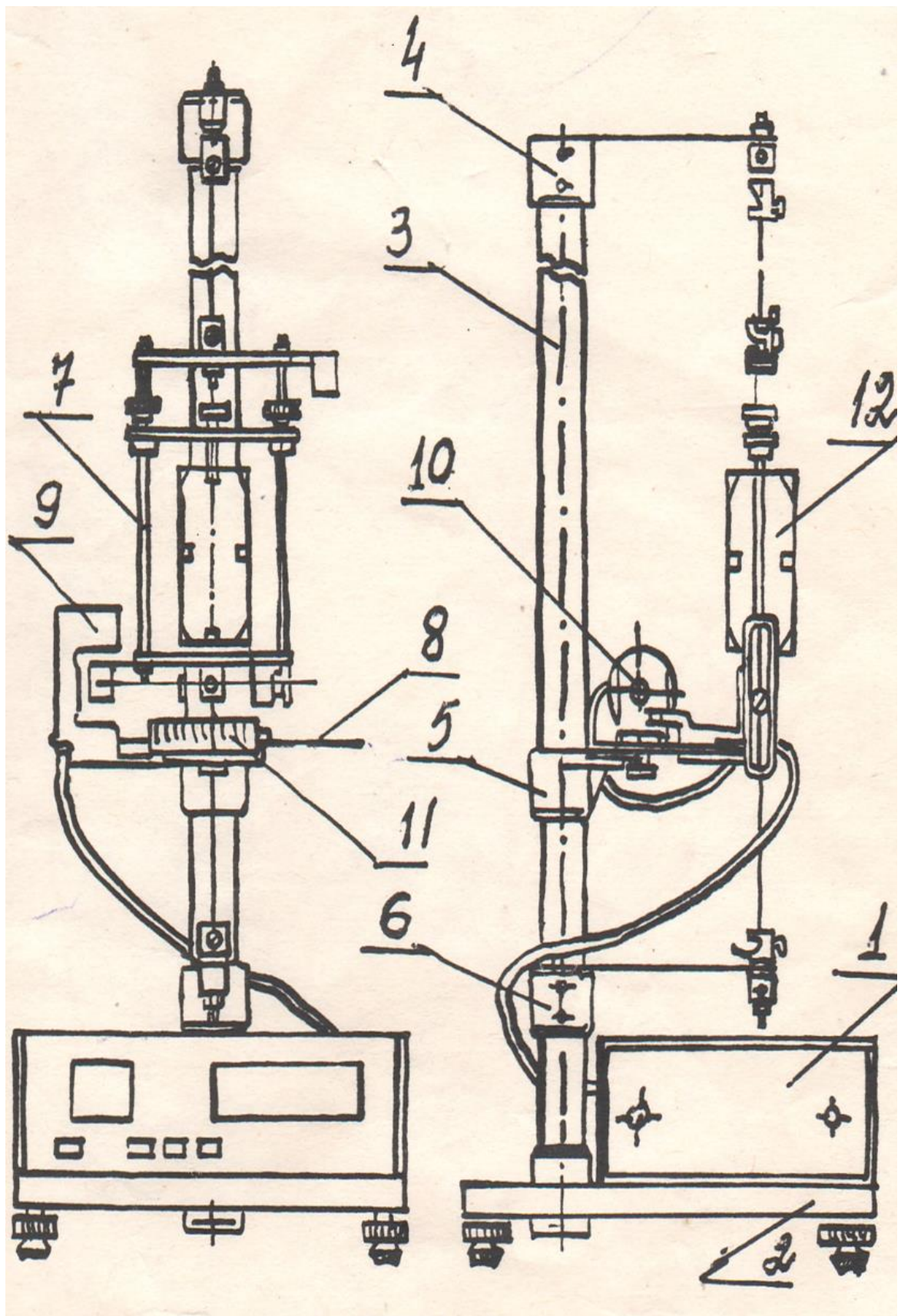
Демек берилген жумушта инерция моменти белгилүү болгон жүктү колдонуп, башка жүктөрдүн инерция моменттерин аныктоого болот.

ТОЛГОНУУЧУ МАЯТНИКТИН ТҮЗҮЛҮШҮ

ФПМ-05 тибиндеги толгонуучу маятниктин жалпы түзүлүшү (7.2)-сүрөттө берилген.

Маятниктин негизи-2, анын горизонталдык абалын камсыз кылуучу таянычтарга-1 жайгашат. Негизине миллисекундомер-1 жана вертикалдуу колонка-3 бекитилген. Вертикалдуу колонкага кыскычтар менен бекитилүүчү үч кронштейндер (4, 5, 6) бекитилишет. 4 жана 6 кронштейндерге болот зымы бекитилүүчү кыскычтар жайгаштырылган. Болот зымына рама-7 байланат. 5-кронштейнге болот плиткасы-8 карматылган. Бул плитка фотоэлектрдик датчикке-9, электромагнитке-10 жана бурчтук шкалага-11 негиз болуп кызмат кылат. Бул электромагниттин абалы фотоэлектрдик датчикке салыштырмалуу аныкталат да аны плитанын бети боюнча которуштурууга болот. Электромагниттин абалын ага бекитилген стрелка көрсөтөт. Рамага сырткы формалары боюнча айырмаланышкан жүктөр-12 бекитилишет.

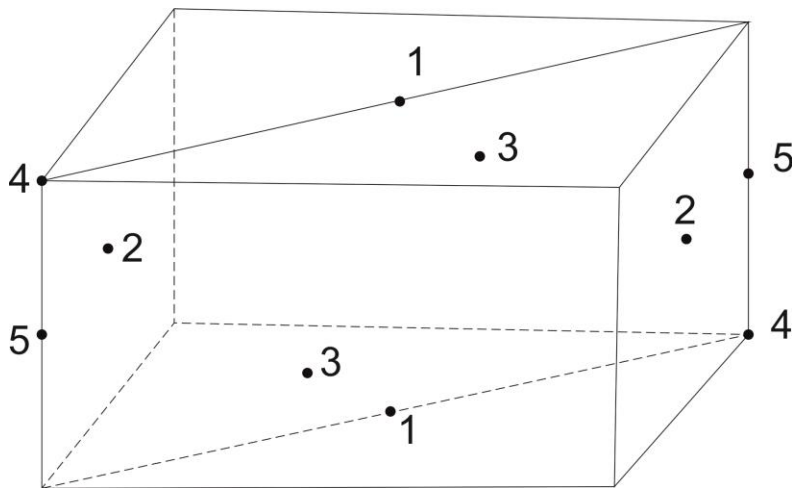
Рамага кыймылдуу балка-13 бекилет. Раманын төмөнкү негизинде жана балкада учтуу болот шиналар бекитилишкен. Шиналар аркылуу жүктөр рамага бекитилишет. Раманын жана электромагниттин абалын аныктоо үчүн, раманын негизине-14 калакча бекитилген. Термелүүлөрдүн санын фотодатчик аркылуу эсептөө үчүн раманын жогорку негизине 15-калакча карматылган.



7.2-сүрөт



7.3-сурет



7.4-сүрөт

ИШТИН АТКАРЫЛЫШЫ

1. ФПМ-05 маятничинин түзүлүшү жана анын ар бир деталынын кызматы менен таанышып чыккыла.
2. Приборду таянычтардын жардамы менен вертикалдык абалга келтиргиле.
3. Маятникти ток булагына туташтыргыла.
4. Миллисекундомердеги «сеть» баскычын баскыла да анын убакытты көрсөтүүчү шкаласында нөл цифраларынын көрсөтүшүн жана фотоэлектрдик датчиктин лампочкасынын күйгөндүгүнө көңүл бургула.
5. Раманы буруп, электромагнитке карматып койгула, рамканын кандай бурчка бурулганын аныктап алгыла.
6. «Сброс» баскычын баскыла.
7. Рамканын толук термелүүлөрүнүн саны 10 дон ашканда «стоп» баскычын баскыла.
8. Толук термелүүлөрүнүн саны- n жана бул термелүүлөргө кеткен убакытты- t прибордун көрсөтүүлөрү боюнча жазып алгыла.
9. Термелүү мезгилин төмөнкү формула менен эсептегиле.

$$T_0 = \frac{t}{n}$$

Бул жүгү жок раманын өздүк термелүү мезгили болот. Мындай эксперименттерди 5-6 жолу кайталап, раманын термелүү мезгилинин орточо маанисин аныктагыла.

Белгилүү $I_{жүк} = 2,04 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

10. Рамадагы кыймылдуу балканы бошотуп, жогору көтөргүлө да андан кийин рамага керектүү формадагы телону жайгаштыргыла. Ал үчүн раманын төмөнкү негизине телону жайгаштырып, балканы телого чейин түшүрөт. Раманын төмөнкү негизиндеги жана балкадагы учтуу винттерди телодогу чуңкурчаларга киргизгиле, ал винттерди бекитип койгула.

11. 5, 6, 7, 8, 9 пункттарда көрсөтүлгөн иштерди кайталап, жүгү бар раманын термелүү мезгилин аныктагыла. Термелүү мезгилинин орточо маанисин дагы таблицкага түшүргүлө.

12. (7.14) формуланы колдонуп бош раманын инерция моментин аныктагыла (I_0).

13. (7.16) формуланы колдонуп, алынган телонун инерция моментин аныктагыла (I_x).

14. Рамадагы балканын винтин бошотуп телону огу аркылуу жайгаштыргыла.

15. Алынган телонун инерция моментин алынган окко рамага бекитип, аны да салыштырмалуу аныктагыла. Инерция моментин түрдүү телолор үчүн аныктагыла.

16. Алынган жыйынтыктарды таблицкага жазгыла.

17. Таблицкага жазылган инерция моменттеринин телонун формасынан, айлануу огун тандап алуудан болгон көз карандылыктары боюнча тиешелүү жыйынтыктарды чыгаргыла да аларды таблицадан кийин жазгыла.

| m | x y z |
|--------------|-------------|
| массасы | өлчөмү |
| 1-жүк 980 г | (50×50×50) |
| 2-жүк 1884 г | (40×60×100) |
| 3-жүк 1962 г | (50×50×160) |

ТҮРДҮҮ ФОРМАДАГЫ ТЕЛОЛОРДУН ИНЕРЦИЯ МОМЕНТТЕРИН АНЫКТООНУН НАТЫЙЖАЛАРЫ

7.1-таблица

| № | Телолордун түрлөрү | T_0 | T_1 | T_x | I_0 | Түрдүү октор боюнча I_x | | | | | δ |
|----------|--------------------|-------|-------|-------|-------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|
| | | | | | | k_1 | k_2 | k_3 | k_4 | k_5 | |
| Бир д. | | C | c | c | кг м ² | кг м ² | кг м ² | кг м ² | кг м ² | кг м ² | % |
| 1 | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | |
| орт | | | | | | | | | | | |

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

1. Катуу телолордун айлануу кыймылдары жана аларды мүнөздөөчү параметрлердин киргизилишин түшүндүргүлө.
2. Инерция моменти, инерция моментин эсептөөнүн айрым мисалдары.
3. Штейнердин теоремасы.
4. Гармоникалык термелүү кыймылынын теңдемеси жана анын чечилиши.
5. Гармоникалык термелүүлөрдү мүнөздөөчү негизги түшүнүктөр жана чоңдуктар.

№8. ИМПУЛЬСТУН САКТАЛУУ ЗАКОНУН ОКУП ҮЙРӨНҮҮ

Жумуштун максаты: түрдүү типтеги жана өлчөмдөгү шарлардын кагылышуу процессин окуп-үйрөнүү менен реалдуу телолор үчүн импульстун сакталуу законунун колдонулуш чегин аныктоо.

Жумушта колдонулуучу каражаттар: ФПМ-08 прибору, түрдүү шарлар, пластилин, шарларды даярдоо үчүн колдонулуучу втулка, кнопка.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

Массалары m_1 жана m_2 болгон эки шар бири-бирин көздөй тиешелүү түрдө \vec{v}_1 жана \vec{v}_2 ылдамдыктары менен кыймылга келишсин жана өз ара абсолюттук серпилгичтүү борбордук кагылышууга дуушар болушат.

Кагылышуудан кийин алар тиешелүү түрдө \vec{v}'_1 жана \vec{v}'_2 ылдамдыктарына ээ болушат. Бул учурда энергиянын (кинетикалык) жана импульстун сакталуу закондору орун алышат.

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 \quad 8.1$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 (v_1')^2}{2} + \frac{m_2 (v_2')^2}{2} \quad 8.2$$

(8.1) жана (8.2) теңдемелерин биргеликте чечип, шариктердин кагылышуудан кийинки ылдамдыктары үчүн төмөнкүлөрдү алабыз:

$$v_1^1 = \frac{2m_2 v_2 + (m_2 - m_1)v_1}{m_1 + m_2} \quad 8.3$$

$$v_2^1 = \frac{2m_1 v_1 + (m_2 - m_1)v_2}{m_1 + m_2} \quad 8.4$$

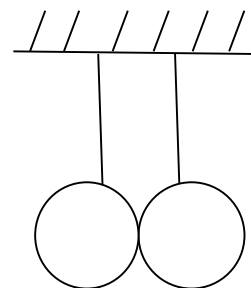
Шариктердин кагылышуусу пластикалуу болсо, башкача айтканда алар бири-бирине жабышып калышса, анда алар кагылышуудан кийин биргеликте кыймылга келишет. Анда импульстун сакталуу закону боюнча төмөнкүнү алабыз:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v} \quad 8.5$$

Мындан шариктердин кагылышуудан кийинки жалпы ылдамдыгы төмөнкүдөй аныкталат.

$$\vec{v} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2} \quad 8.6$$

Бул жумушта бирдей узундуктагы жиптерге илинген эки шариктин борбордук кагылышуусун карайбыз. (8.1-сүрөт). Жөнөкөй болсун үчүн сол жактагы шарикти кыймылсыз калтырып, оң жактагы шарикти кандайдыр бир α бурчуна (анчалык чоң эмес) бурабыз, башкача айтканда ага потенциалдык энергия беребиз. Сол жактагы шарикке 1, оң жактагы шарикке 2 деген индекстерди ыйгарсак, анда $v_1=0$ болот жана жогорудагы (8.3) жана (8.4) теңдемелер бир кыйла жөнөкөй түргө келишет.



8.1-сүрөт

$$v_1^1 = \frac{2m_2 v_2}{m_1 + m_2} \quad 8.7$$

$$v_2^1 = \frac{(m_2 - m_1)v_2}{m_1 + m_2} \quad 8.8$$

Эгерде пластикалуу кагылышуу ишке ашса, анда шариктер биргеликте кыймылга келишет да, алардын жалпы ылдамдыгы (8.6) формула боюнча төмөнкүдөй аныкталат:

$$v = \frac{m_2 v_2}{m_1 + m_2} \quad 8.9$$

Бул формулаларда катышкан 2-шариктин кагылышуу моментиндеги ылдамдыгы v_2 -ни төмөнкүдөй аныктайбыз. 2-шарикти α_2 бурчуна кыйшайткан учурда, ал h бийиктигине көтөрүлөт (8.2-сүрөт). Ал бийиктик төмөнкүдөй аныкталат:

$$h = l - l \cos \alpha_2 = l(1 - \cos \alpha_2)$$

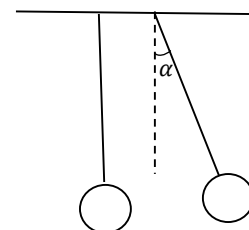
Мындан бийиктикке көтөрүлгөн шариктин потенциалдык энергиясы тең салмактуу абалына салыштырмалуу $m_2 gh$ болот. Шарик тең салмактуулук абалына келгенде анын кинетикалык энергиясы максималдык маанисине жетип, анын толук энергиясына барабар болот:

Ошондуктан,
$$\frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 gl (1 - \cos \alpha_2)$$

$$v_2 = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha_2)}$$

Бул формуланы өзгөртүп түзөлү. Тригонометрияда

$$\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = \cos 2\alpha \text{ деген теңдеме бар.}$$



8.2-сүрөт

Биз аны жарым аргумент үчүн жазалы:

$\cos^2 \frac{\alpha}{2} - \sin^2 \frac{\alpha}{2} = \cos \alpha$. Мындагы жарым аргументтүү косинусту жарым аргументтүү синуска алмашабыз:

$$(1 - \sin^2 \frac{\alpha}{2}) - \sin^2 \frac{\alpha}{2} = \cos \alpha$$

$$1 - 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2} = \cos \alpha$$

$1 - \cos \alpha = 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ Муну эске ала турган болсок v_2 үчүн жазылган формула төмөнкүдөй түргө келет.

$$v_2 = \sqrt{2gl \sin^2 \frac{\alpha_2}{2}} = 2 \cdot \sqrt{gl} \cdot \sin \frac{\alpha_2}{2} \quad \text{же}$$

$$v_2 = 2\sqrt{gl} \cdot \sin \frac{\alpha_2}{2} \quad 8.10$$

(8.10)-формула боюнча оң жактагы экинчи шарик сол жактагы тынч турган биринчи шарикке келип урулган моменттеги ылдамдыкты эсептөөгө болот. Анда катышкан l жана α_2 чоңдуктарын тажрыйбанын башталышында өлчөп алуу керек. v_2 ылдамдыгын эсептеген соң, кагылышууга чейинки импульсту табабыз:

$$P_{к.ч} = m_2 v_2 \quad 8.11$$

v_2 ылдамдыгын маанисин (8.7) жана (8.8) формулаларга коюп, шариктердин кагылышуудан кийинки ылдамдыктарын (v_1^1 жана v_2^1) эсептейбиз. Мындан кийин кагылышуудан кийинки $P_{к.к}$ импульсту табабыз.

$$P_{к.к} = m_1 v_1^1 + m_2 v_2^1 \quad 8.12$$

Эгерде кагылышуу абсолюттук серпилгичтүү жана борбордук болсо, анда $P_{к.ч} = P_{к.к}$ шарты орун алыш керек. Бирок бул шарт идеалдуу учурда гана орун алат. Ошондуктан тажрыйбада көбүнчө $P_{к.ч} > P_{к.к}$ болуп чыгат. $P_{к.ч} - P_{к.к}$ айырмасы шарлардын серпилгичтүүлүгүн көрсөтөт. Бул айырма канчалык кичине болсо, шарлар ошончолук серпилгичтүү болушат. Бул айырма чоңойгон сайын шарларды серпилгичтүү деп атоого болбой калат.

Эгерде кагылышуу абсолюттук серпилгичтүү эмес болсо, анда

$$P_{к.ч} = P_{к.к} \text{ же } m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

мында v - бири-бирине жабышып калган шарлардын (пластилин шарлары) жалпы ылдамдыгы.

$$v = \frac{m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot 2 \sqrt{gl} \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$v = \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{gl} \sin \frac{\alpha}{2} \quad 8.13$$

Анда кагылышуудан кийинки импульс:

$$P_{к.к} = (m_1 + m_2) v = (m_1 + m_2) \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \sqrt{gl} \sin \frac{\alpha_2}{2}$$

$$P_{к.к} = 2m_2 \sqrt{gl} \sin \frac{\alpha_2}{2} \quad 8.14$$

Бул учурда дагы кагылышууга чейинки жана кагылышуудан кийинки импульстарды салыштырабыз. Натыйжада, түрдүү тектеги жана өлчөмдөгү шарлардын кагылышуусунда импульстун сакталуу законун аткарылуу даражасы жөнүндө жыйынтык чыгарабыз.

ПРИБОРДУН ТҮЗҮЛҮШҮ

Импульстун сакталуу законун эксперименталдык түрдө аныктоо үчүн ФПМ-08 приборун колдонобуз. Бул прибордун жалпы көрүнүшү 3-сүрөттө берилген. Прибордун негизги (1), аны горизонталдуу абалга келтирүүчү винттүү таянычтарга (2) орнотулган. Негизине колонка (3) орнотулган. Колонкага төмөнкү кронштейн (4) жана жогорку кронштейндери бекитилишет. Жогорку кронштейнге стрежендүү кронштейн (6), бурама кыскыч (7) бекитилишкен. Бураманын (7) жардамы менен шариктердин ортосунданы аралык аныкталат. Кронштейнге кармагыч (8) бекитилген. Кармагыч (8) болот (10) менен бекитилет. Кармагычтын втулкасы (9) га биринчи илгич (11) аркылуу жип (12) байланат. Экинчи илгич шарик (14) менен байланышат. Жиптин узундугу биринчи илгичтеги винтти бошотуу менен башкарылат.

Төмөнкү кронштейнге (4) градустук шкалага ээ болушкан (15) жана (16) бурчтуктар бекитилишкен. Бурчтуктардын бирине электромагнит (17)

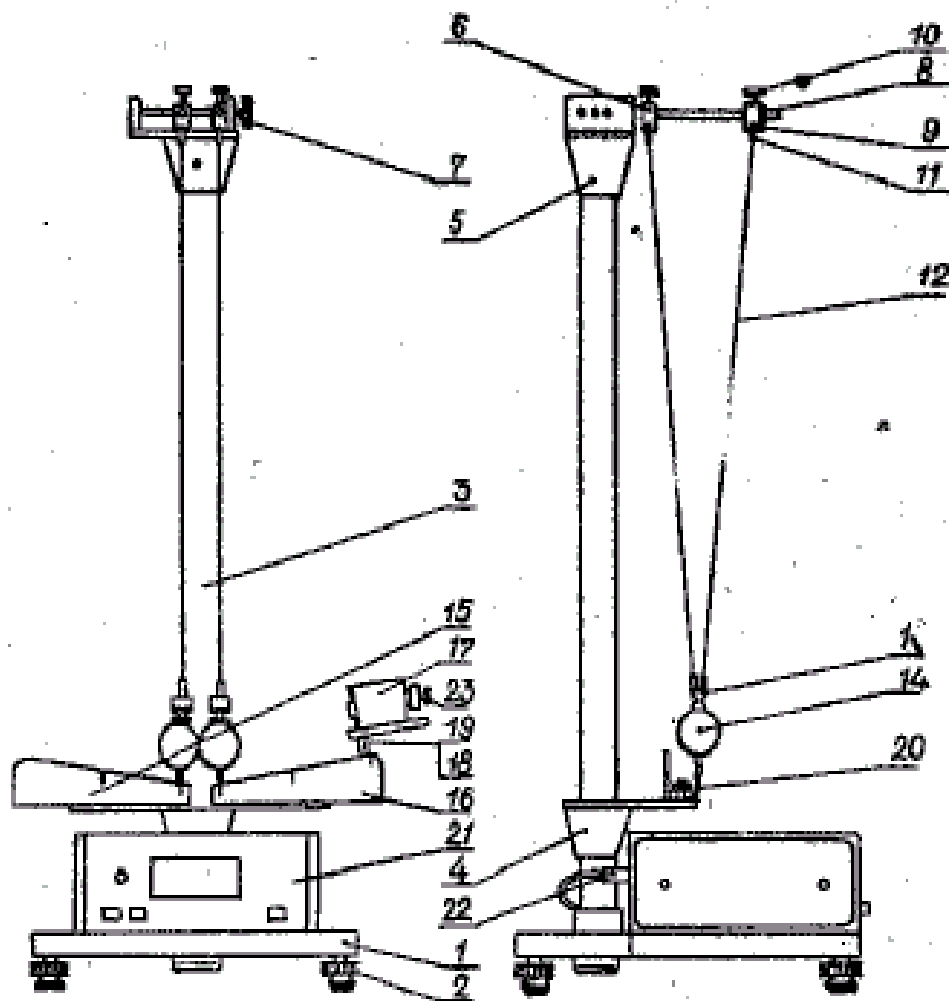
карматылат. (18) жана (19)-болтторун бошотуп, электромагнитти керектүү бийиктикке орнотушат.

Градустук шкалалардын абалдары 2-гайканын жардамы менен өзгөртүлөт. (23)-бурагычтын жардамы менен электромагниттин кармоочу күчүн өзгөртсө болот. ФПМ-16 тибиндеги микросекундомер (21) установкадын негизине бекитилген. Микросекундомердин алдынан жана артынан көрүнүштөрү 5-чиймеде көрсөтүлгөн. Микросекундомердин алдыңкы панелинде төмөнкүдөй кнопкалар бекитилишкен:

-«сеть», ток булагына туташтыруучу клавиша. Секундомер ток булагына туташтырылганда, анын цифралык рамасында нөлдөр жарык болуп окулушат.

-«сброс», циферблаттагы сандарды өчүрүү үчүн басылуучу клавиша болот.

-«пуск», электромагниттин клавишасы. Бул клавишаны басканда электромагнит шарикти бошотот жана микросекундомер ишке киргизилет.



8.3-сүрөт



8.4-сүрөт

ЖУМУШТУ АТКАРУУ

-Прибордун негизин горизонталдык абалга таянычтардын жардамы менен келтиргиле.

-Приборду ток булагына туташтырат. Бул учурда микросекундомердин циферблатында нөл сандары жаныш керектигин карагыла.

-(2)-илгичтин гайкаларын мүмкүн болушунча жогору көтөрүшөт, андан кийин илгичтерге эки шарикти илгиле.

-(7)-бураманын жардамы менен шариктердин беттери тийишип тургандай аралыкты тандап алгыла.

-(10)-болтту бошотуп, (8)- кармагычты жылдыруу менен төмөнкүдөй абалда кармап турат. (2)-илгичтин учтуу кыры (15) жана (16) градустук шкалалар менен бирдей тегиздикте жайгашыш керек. Андан кийин (10)-болтту бышыткыла.

-(1)-илгичтеги винтти (11) бошотуп, жипти (12) төмөнкүдөй шарт орун алгандай узундукта алышат: бурчтук шкаланын бийиктигинде 2-илгичтин ийиндери туура келип, шариктердин белгилери бирдей деңгээлде болушу керек. Андан кийин винтти (11) бышыткыла.

-Гайканы (20) бошотуп, шариктердин ийнелери бурчтук шкаладагы нөл цифрасы менен дал келгендей абалга келтиргиле. Андан кийин ушул абалда гайканы бышыткыла.

-(18) жана (19)- гайкаларды бошотуп, электромагнитти керектүү абалга которушат. Бул учурда шариктин белгиси электромагниттин огу менен дал келиш керек. Андан соң ал гайкаларды бышытып койгула.

-Шариктерди термелүү кыймылына келтирип коюшат. Термелүү кыймылында шариктердин ийнелери жана өздөрү бурчтук шкалага сүрүлбөш керек. Эгер сүрүлүп калса прибордун вертикалдуулугун текшерүү керек.

-Приборду ток булагына туташтырып, микросекундомердин клавишасын басат. Андан соң «пуск» клавишасын басат да, электромагниттин шарикти кармашын текшерет, эгерде шарикти кармабаса (2)-бурама менен электромагниттик кармоо күчүн жөнгө келтиргиле.

-Оң жактагы шарды электромагнитке карматып коет, α_2 бурчун шкала боюнча аныктайт да анын маанисин жазып алат, сол жактагы шар тең салмактуулук абалында токтоп турат.

- (сброс) клавишасын баскыла. Андан кийин (пуск) клавишасын баскыла.

-Шарлар кагылышкандан кийин, алардын четтөө бурчтары c жана α маанилерине көңүл бургула. Кагылышуу убактысын микросекундомердин көрсөтүүсү боюнча алгыла.

Серпилгичтүү кагылышууда α_1^1 жана α_2^1 бурчтарын, пластикалык кагылышууда α бурчун, ошондой эле алардын орточо маанилерин төмөнкүдөй эсептегиле. Серпилгичтүү кагылышууда α_1^1 жана α_2^1

$$\alpha_1^1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_{1i}^1 \quad \alpha_2^1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_{2i}^1$$

Пластикалык кагылышууда $\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i$ $t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ функциясы

боюнча кагылышуу убактысын эсептегиле.

-Жогорку кронштейндин стерженинен шариктердин борборлоруна чийинки аралыкты, б.а. жиптин узундугун өлчөп алгыла.

-Аналитикалык таразанын жардамы менен шариктердин массаларын өлчөп алыш керек.

-Алынган маанилерин таблицага түшүрүп, кагылышууга чейинки мааниси менен кагылышуудан кийинки маанилеринин айырмаларын аныктагыла.

-Мындай тажрыйбаларды кеминде 3-4 түрдүү шариктер менен жүргүзүп, жыйынтыктарын таблицага түшүргүлө. Ар бир учур үчүн v_2 ылдамдыгынын маанисин (8.10) формула боюнча эсептегиле. Алынган маанини (8.7) жана (8.8) формулаларга коюп, v_1^1 жана v_2^1 ылдамдыктарын тапкыла. Пластикалык кагылышууда v_2 чоңдугунун табылган маанисин (8.9) формулага коюш керек. Кагылышууга чейинки импульсту (8.11), кагылышуудан кийинки импульсту (8.12) формула боюнча эсептегиле. Эгер кагылышуу пластикалык болсо, кагылышуудан кийинки импульсту (8.14) формула боюнча эсептегиле. Бул учурда v ылдамдыгын (8.13) формула боюнча эсептөө керек, себеби, шариктер жалпы ылдамдыкка ээ болушат. Ар бир учур үчүн импульстун сакталуу законунан четтөөнү аныктагыла:

$$\sigma = \frac{P_{к.ч} - P_{к.к}}{P_{к.ч}} \quad 8.15$$

Алынган жыйынтыктарды таблицага түшүргүлө.

Эскертүү: эгерде шариктердин өлчөмдөрү түрдүүчө болсо, анда чоң шариктин жибин бир аз кыскартуу керек!

8.1-таблица

| № | m_1 | m_2 | α_1 | α_2 | α_1^1 | α_2^1 | α | v_2 | v_1^1 | v_2^1 | p_2 | p^1 | σ |
|-------|-------|-------|------------|------------|--------------|--------------|----------|-------|---------|---------|------------|------------|----------|
| бирд. | кг | кг | град | град | град | град | град | м/с | м/с | м/с | кг. м/с | кг. м/с | % |
| 1. | | | | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | | | | | |

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

1. Импульс түшүнүгү жана анын формуласы, чен бирдиги
2. Импульстун сакталуу закону жөнүндө айтып бер
3. Импульстун сакталуу законунуна мисалдар келтиргиле.

№9. МАКСВЕЛЛДИН МАЯТНИГИ

Жумуштун максаты: Максвеллдин маятнигинин жардамы менен механикалык энергиянын сакталуу законун текшерүү жана телонун инерция моментин аныктоо.

Жумушта колдонулуучу каражаттар: ФПМ-13 прибору жана металл шакекчелер тобу.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

Биз күч менен телолорду бир жерден экинчи жерге ташып механикалык жумуш аткарабыз. Эгерде таасир эткен күч чоңдугу жана багыты боюнча өзгөрбөсө жана телонун которулуу жолу менен бир түз сызыкта жатса, анда аткарылган *механикалык жумуш күчтүн телонун которулуу аралыгына болгон көбөйтүндүсүнө барабар*.

$$A = \vec{F} \vec{S} \quad 9.1$$

Эгерде күч нерсенин которулуу жолуна кандайдыр бурч менен аракет этсе (9.1-сүрөт), анда аткарылган жумуш

$$A = F_s S = FS \cos \alpha \quad 9.2$$

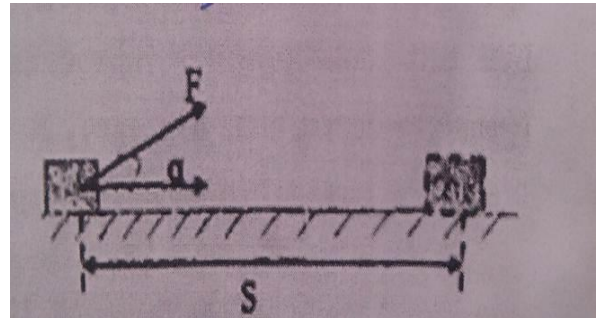
мында, F_s - которулуу багытындагы күчтүн проекциясы. (9.1)

жана (9.2) формулалар

боюнча жумуш качан гана F жана S

нөлгө барабар болбогондо гана аткарылышы мүмкүн,

α бурчунун чоңдугуна жараша жумуштун мааниси ар кандай болушун карап көрөбүз:



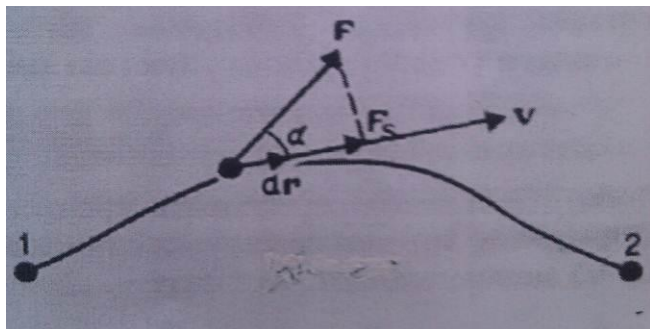
9.1-сүрөт

1. (9.2) формуласынан $\alpha = 0$ болгондо $\cos \alpha = 1$ болуп, $A = F \cdot S$ болот.

2. Эгерде $\alpha = 90^\circ$ болсо, анда $A = 0$ болот. Себеби, F жана S өз алдынча нөлгө барабар болушпаса да, алардын ортосундагы бурч 90° башкача айтканда аракет кылып жаткан күч телону ал күчтүн багыты боюнча жылдыра албайт, жумуш аткарылбайт. Мисалы, борборго умтулуучу күчтүн аракети менен тело айлана боюнча кыймыл жасайт. Тело бул күчтүн багыты боюнча борборду көздөй жылбагандыктан аткарылган жумуш нөлгө барабар.

3. Эгерде $a = \pi$ болсо, анда $A = -FS$ аткарылган жумуш терс болот. Мисалы, бир тело экинчи телонун бети боюнча жылдырганда пайда болгон сүрүлүү күчү кыймыл багытына карама-каршы болгондуктан, анын аткарган жумушу дайыма терс болот.

Жогоруда биз күч турактуу сакталган жана которулуу жолу түз сызыктуу болгон жөнөкөй учурда аткарылган жумушту карадык. Жалпы учурда күч модулу боюнча да, багыты боюнча да өзгөрүшү мүмкүн.



9.2-сүрөт

Анда кыймыл да ийри сызыктуу болот. Бул учурда аткарылган толук жумушту эсептөө үчүн өтүлгөн жолду жетишээрлик майда сандагы бөлүктөргө бөлөбүз. Бул учурда жолдун ар бир элементардык бөлүгүн түз сызык деп, ал эми таасир эткен күчтү турактуу деп караса болот. Анда элементардык жумуш.

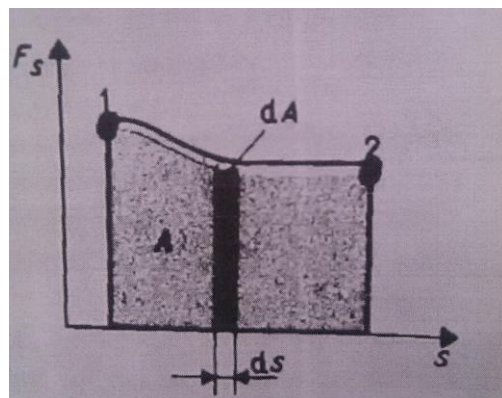
$$dA = FdS = FdS \cos \alpha$$

ал эми бардык өтүлгөн жол $1 \rightarrow 2$ үчүн өзгөрмөлүү күчтүн толук жумушу элементардык жумуштардын суммасына барабар:

$$A = \int_1^2 F_s dS = \int_1^2 FdS \cos \alpha \quad 9.3$$

Бул интегралды чыгаруу үчүн 1–2 траекториясы боюнча F_s тин S тен болгон көз карандылыгын билүү керек. Эгерде бул көз карандылык 9.3-сүрөттөгүдөй графикти берсе, анда изделүүчү жумуш A сан жагынан штрихтелген аянттын чоңдугуна барабар.

Жумуштун бирдиги үчүн СИ системасында – 1джоуль (Дж) алынат. $Дж = 1 Н \cdot м$. Бул 1 Н күчтүн нерсени 1 м аралыкка жылдыруу үчүн аткарган жумуш болот.



9.3-сүрөт

Жумушту аткаруу тездигин мүнөздөө үчүн кубаттуулук деген физикалык түшүнүк киргизилет. *Кубаттуулук – аткарылган A жумушту, аны аткаруу үчүн сарпталган убакытка болгон катышы менен ченелүүчү чоңдук.*

$$N = \frac{\Delta A}{\Delta t} \quad 9.4$$

Эгерде нерсе F күчүнүн таасири астында v турактуу ылдамдык менен кыймылдаса, анда кубаттуулук

$$N = \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{F_s \cdot \Delta S}{\Delta t} = F_s \cdot v \quad 9.5$$

Башкача айтканда, которулуу багытындагы күчтүн проекциясынын нерсенин ылдамдыгына болгон көбөйтүндүсүнө барабар. Эгерде күч өзгөрмөлүү болсо, кубаттуулук да өзгөрмөлүү болот, өтө кичине убакыт ичиндеги ($t \rightarrow 0$) кубаттуулук (*көз ирмемдеги кубаттуулук*) деп аталат:

$$N = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{\delta A}{dt} \quad 9.6$$

Эгерде көз ирмемдеги кубаттуулук турактуу эмес болсо, анда (9.6) формуласы орточо кубаттуулукту аныктайт. Кубаттуулук – ватт ($Вт$) менен ченелет, $1 \text{ Ватт} = 1 \text{ Дж/с}$ барабар.

Жумуш – механикалык энергия чени. Жумуш аткарууга жөндөмдүү болгон бардык телолор энергияга ээ болушат.

Механикалык энергия кинетикалык E_k жана потенциалдык E_n энергиялар болуп эки түргө бөлүнөт.

Кинетикалык энергия. Кыймылда болгон бардык телолор кинетикалык энергияга ээ болушат, башкача айтканда механикалык кыймылдын чени *кинетикалык энергия* деп аталат.

Тынч турган телого F күчү таасир этсин дейли. Анда тело v ылдамдыгы менен кыймылдап жумуш аткарат, ал эми кыймылдагы телонун энергиясы сарп болгон жумуштун чоңдугуна чейин көтөрүлөт. Кандайдыр t убактысы ичинде телонун ылдамдыгы 0 дөн v га чейин көтөрүлгөндөгү, F күчүнүн аткарган жумушу, телонун кинетикалык энергиясынын өсүшүнө барабар:

$$\delta A = m v dv = dE_k$$

Ньютондун 2 – законун скалярдык түрдө жазып, барабардыктын эки жагын тең которулуш dS ке көбөйтүп жазабыз

$$m \frac{dv}{dt} dS = F \cdot dS = \delta A$$

$$v \frac{dS}{dt} \text{ болгондуктан, } \delta A = m v dv = dE_k$$

Мындан

$$E_k = \int_0^v m v dv = \frac{m v^2}{2} \quad 9.7$$

Ошентип, массасы m болгон, ылдамдыгы v болгон телонун кинетикалык энергиясы (9.7) формуладан көрүнүп тургандай телонун массасынан жана ылдамдыгынан көз каранды, башкача айтканда системанын кыймылынын функциясы болуп эсептелет.

Телолордун өз ара аракеттенүүсү потенциалдык күчтөр талаасында (мисалы, серпилгич күчүнүн талаасында, гравитациялык күчтүн талаасында) ишке ашсын дейли, таасир эткен күчтөрдүн аткарган жумушу телонун кыймылынын траекториясынан көз каранды болбостон, телонун баштапкы жана акыркы абалдарынан гана көз каранды болот.

Мындай талаалар потенциалдык деп аталат, ал эми таасир этүүчү күчтөр потенциалдык күчтөр деп аталат. Эгерде күч аткарган жумуш телонун кыймылынын траекториясынан көз каранды болсо, анда мындай күчтөр диссипативдүү күчтөр деп аталат, буга сүрүлүү күчү мисал боло алат.

Потенциалдык энергия. Потенциалдык талаа, анда жайгашкан ар кандай телого карата жумуш аткаруу жөндөмдүүлүгүнө ээ. Бул жумуштун чоңдугу жана багыты системадагы телолордун өз ара жайланышынын (конфигурациясынын) өзгөрүшүнөн көз каранды. Эгерде системанын конфигурациясы системанын жумуш аткаруу жөндөмдүүлүгүнүн азайышына алып келсе, анда системада аракет кылган күч оң жумуш аткарат. Серпилгичтүү пружина калыбына келүү менен жумуш аткаруу жөндөмдүүлүгүн азайтып, жумуштун аткарылышы токтолот. Бул учурда серпилгичтүү пружина оң жумуш аткарат. Аткарган жумуштун чоңдугу пружинанын акыркы абалынан, б.а конфигурациясынан көз каранды.

Консервативдүү күчтөр аракет кылган бардык системалар, бул күчтөр тарабынан аткарылуучу кандайдыр бир жумуштун запасына ээ. Системадагы телолордун өз ара жайланышы (конфигурациясы) менен аныкталуучу бул жумуш, системанын потенциалдык энергиясы деп аталат.

Жер жана анын бетинен кандайдыр бир бийиктикке көтөрүлгөн тело, оордук күчүнүн аракети менен аткарылуучу кандайдыр жумуштун запасына ээ. Бул жумуштун чоңдугу, же потенциалдык энергиясы телонун кандай бийиктиктен түшкөндүгүнө жараша өзгөрөт. Оордук күчү үчүн телонун төмөнкү абалы шарттуу түрдө алынат. Себеби, бизди дайыма телонун потенциалдык энергиясынын чоңдугу эмес, анын өзгөрүшү кызыктырат. Ошондуктан, көпчүлүк учурларда кандайдыр бийиктикке көтөрүлгөн телонун потенциалдык энергиясын эсептөөдө, жердин бетиндеги

потенциалдык энергияны шарттуу түрдө нөлгө барабар деп алабыз. Жердин бетиндеги потенциалдык энергия бардык телолор үчүн нөлгө барабар деп (чындыгында нерсе жердин бетинен төмөн көздөй казылган шахта боюнча түшөөрү, демек жумуш аткара тургандыгы белгилүү) алынат.

Анда системанын потенциалдык энергиясынын өзгөрүшү, телонун берилген бийиктиктен түшкөндөгү аткарган жумуштун чоңдугуна барабар болот.

$$E_n = Ph = mgh \quad 9.8$$

формуласы телонун кандай чоңдуктагы потенциалдык энергияга ээ экендигин көрсөтөт. Бирок, ал энергия жеке эле телого эмес, тело менен тартылуу талаасына таандык энергия экендигин эстен чыгарбоо керек. Өзүнчө алынган жеке бир тело (башка бир телонун оордук талаасында турбаса) потенциалдык энергияга ээ боло албайт.

Консервативдүү күчтөр аракет кылуучу системаны карайлы. Мындай системаларда сүрүлүү күчү эске алынбайт. Сүрүлүүнүн болушу энергиянын бир бөлүгүн сөзсүз жылуулукка өткөрүп, механикалык энергия менен жылуулук энергиясынын, демек, энергиянын жалпы сакталуу законун чыгарууну талап кылат. Консервативдик системада кинетикалык энергияга потенциалдык энергия, же потенциалдык энергия кинетикалык энергияга гана өтүп, бул эки түрдүү механикалык энергиядан башка энергиялардын айланыштары каралбайт.

Системанын толук механикалык энергиясы – механикалык кыймылдын жана аракеттенүү энергияларынын суммасынан, башкача айтканда кинетикалык жана потенциалдык энергиялардын суммасынан турат:

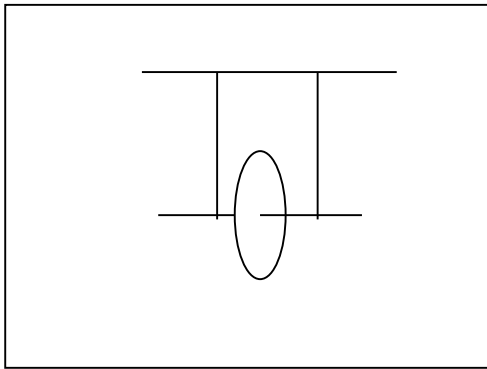
$$E = E_k + E_n$$

Ошентип, консервативдик күч аракет кылган туюк системанын толук энергиясы убакыттын ар кандай моментинде турактуу болот. Демек, энергиялардын жалпы суммасы дайыма турактуу сакталат. Бул жобо механикалык энергиянын сакталуу закону деп аталат.

Абанын каршылыгын эске албаганда Жер жана анын бетинен кандайдыр бийиктикке көтөрүлгөн тело туюк системаны түзөт. Ар кандай телонун абалы үчүн системанын толук энергиясы турактуу сакталат. Мисалы катары h бийиктегиндеги телону карап көрөлү. Бул учурда $E_k = 0$, $E_n = mgh$ болот. Тело жердин бетине жеткен убакта $h = 0$, $E_n' = 0$ болуп, $E_k' = \frac{mv^2}{2}$ болот, h бийиктигинен түшкөн телонун Жердин бетиндеги ылдамдыгы $v = \sqrt{2gh}$ болоорун белгилесек, анда телонун каралып жаткан эки абалында системанын энергиясы $E_k + E_n = E_k' + E_n'$ болууга

тийиш. Чынында эле $0 + mgh = \frac{mv^2}{2} + 0$ болуп, v нын маанисин ордуна койгондо $mgh = \frac{m2gh}{2} = mgh$ болот. Демек, системанын жалпы энергиясы убакыттын ар кандай моменти үчүн турактуу.

Мындай системанын мисалы катарында Күн системасын келтирүүгө болот. Бул системада Күн менен планеталардын ортосунда тартылуу күчү гана аракет кылат. Күндүн нурлануусу менен коромжу болгон энергияны эсепке албаганда, Күн системасынын энергиясы турактуу сакталат.



9.4-сүрөт

Механикадагы энергиянын сакталуу закону созулбаган жипке асылып коюлган металл роликтин кыймылы аркылуу жеңил далилденет. Мындай система Максвеллдин маятниги деп аталат. (9.4-сүрөт). Роликти айландыруу менен жипти түрүп роликти белгилүү бир бийиктикке көтөрүүгө болот. Эгерде андан кийин роликти кое берсек, ал айлана баштайт да төмөн түшөт. Маятниктин төмөн көздөй кыймылдашы жиптин узундугу менен чектелген. Маятниктин айланышынын эсебинен жип кайрадан окко түрүлөт жана өйдөгө көтөрүлөт.

Жогоруга көтөрүлгөн маятниктин потенциалдык энергиясынын жана маятниктин кинетикалык энергиясынын өз ара айланышынын натыйжасында маятник мезгил-мезгили менен көтөрүлүп кайра түшүп турат, башкача айтканда маятник термелүү кыймылында болот.

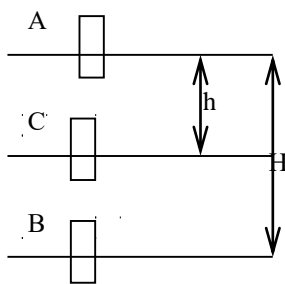
Эгерде абанын каршылыгы болбосо жана жип идеалдуу ийкемдүү созулбас болсо, анда маятниктин термелүүсү чексиз узакка чейин созула бермек. Тажрыйбада маятник ар бир учурда бирдей бийиктикке көтөрүлө бербегенин байкоого болот. Абанын каршылыгы жана жиптин идеалдуу эместиги – Максвеллдин маятнигин толук эмес консервативдүү түргө келтирет. Ошол себептен маятник басаңдоочу термелүүгө келет. Маятниктин суммардык механикалык энергиясы сүрүлүүнү эсепке албаганда анын кыймылынын бардык чекиттеринде бирдей экендигин далилдейбиз.

9.5-сүрөттө маятниктин үч абалдагы көрүнүшү көрсөтүлгөн: А-жогорку, В-эң төмөнкү жана С-арасындагы абалдары: Маятниктин потенциалдык энергиясы В чекитине салыштырмалуу эсептелет жана бул абалда нөлгө барабар болот.

С чекитиндеги толук энергия маятниктин потенциалдык жана кинетикалык энергияларынын суммасынан турат:

$$E_m = E_p + E_k = mg(H-h) + \frac{J\omega^2}{2}$$

Мында I-маятниктин инерция моменти,



9.5-сүрөт

ω_1 - маятниктин айлануусунун бурчтук ылдамдыгы. Маятниктин огун цилиндр деп эсептеп жана анын радиусу r ге барабар деп алсак, кинетикалык энергиясынын туюнтмасын кайра түзөбүз:

$$E_{\kappa} = \frac{J\omega_1^2}{2} = \frac{M\beta_1^2 t_1^2}{2\beta_1} = \frac{mgr\beta_1 t_1^2}{2} = \frac{mgra2h}{2ra} = mgh$$

мында: ω_1 - C чекитиндеги маятниктин бурчтук ылдамдыгы.

β - маятниктин бурчтук ылдамдануусу.

t_1 - В чекитинен C чекитине чейинки маятниктин кыймылынын убактысы.

$$h = \frac{at_1^2}{2}; \quad a = \frac{2h}{t_1^2} \quad \text{формуласы боюнча аныкталган сызыктуу}$$

ылдамдануусу.

Ошентип, C чекитиндеги толук энергия төмөнкү чоңдукка барабар болот: $E_m = mg(H-h) + mgh = mgH$ б.а. A чекитиндеги маанисине барабар болот.

В чекитиндеги толук энергияны (мында потенциалдык энергия нөлгө барабар болот) төмөндөгүчө далилдөөгө мүмкүн:

$$E_{\tau} = \frac{I\omega^2}{2} = mgH$$

Натыйжада энергиянын сакталуу закону далилденет.

Эгерде маятниктин параметрлери белгилүү болсо (маятниктин массасы m , маятниктин огунун диаметри D жана кандайдыр бир h бийиктигинен түшкөндөгү анын убактысы t) анда маятниктин инерция моменти J оңой эле аныкталат.

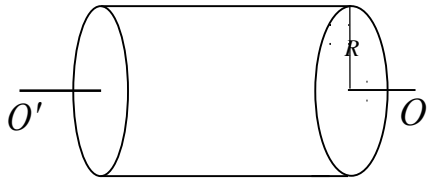
Ошону менен бирге, кандайдыр бир октун айланасындагы катуу телонун инерция моменти $I = \sum_{i=1}^n \Delta m_i r_i^2$ (9.9) барабардыгы менен эсептөөгө да болот.

Мында Δm_i - катуу телонун i -элементинин массасы.

r_i – айлануу огунан i -элементке чейинки эң кыска аралык.

Мисал үчүн симметриялык телолордун инерция моменттерин төмөндөгүчө жазууга болот.

1. Радиусу R жана массасы m болгон жука катмарлуу эндүү цилиндр берилген (9.6-сүрөт).



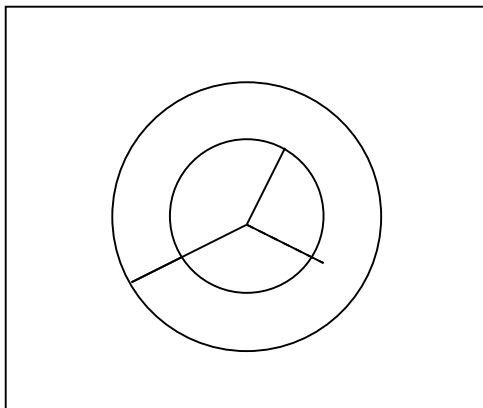
9.6-сүрөт

Бул цилиндрди төмөндөгүчө каалагандай бөлөбүз: көп сандагы бири-бирине жакын жайланышкан цилиндрди пайда кылабыз. Анда цилиндрдин бардык бөлүктөрү OO' огуна бирдей аралыкта жайгашкан (9.6-сүрөт) элементтердин серияларына бөлүнөт. Ошондуктан көрсөтүлгөн Δm массасы менен болгон элементтердин инерция моменти $\Delta m R^2$ болот.

Анда, бардык элементтердин инерция моменттеринин суммасы цилиндрдин инерция моментин берет б.а.

$$I = \sum_i \Delta m_i R^2 = R^2 \sum_i \Delta m_i = m R^2 .$$

$$\sum_i \Delta m = m \text{ -цилиндрдин массасы.}$$



9.7-сүрөт

2. Калың катмарлуу цилиндрдин инерция моменти. Ички жана сырткы беттеринин радиустары R_1 жана R_2 массасы m болгон цилиндрди (9.7-сүрөт) карайбыз. Калың эндүү цилиндрди калыңдыгы dr болгон бир топ жука эндүү көп сандагы цилиндр катары карап көрөбүз. Ушул цилиндрден радиусу r болгон бир цилиндрди ой жүзүндө бөлүп алабыз. Эгерде цилиндрдин узундугу h

болсо, анда бөлүнүп алынган цилиндрдин көлөмү $dV = 2\pi r h dr$, ал эми массасы $dm = 2\pi r h \rho dr$ болот. Мында ρ цилиндрдин тыгыздыгы. Эгерде (9.1) формула чектелген радиустар чегинде $I = \int r^2 dm$ ди бергендигин эсепке алсак, калың эндүү цилиндрдин инерция моментин төмөндөгүчө эсептеп чыгарууга мүмкүн:

$$I = \int_{R_1}^{R_2} 2\pi r^3 h \rho dr = \frac{\pi \rho h}{2} (R_2^4 - R_1^4), \quad I = \frac{\pi \rho h}{2} (R_2^2 - R_1^2)(R_1^2 + R_2^2). \quad \text{Бирок } \pi \rho (R_2^2 - R_1^2) = V \text{ -}$$

калың эндүү цилиндрдин көлөмү болуп эсептелет, ал эми $\rho V = m$ -анын массасы. Ошондуктан калың, эндүү цилиндрдин инерция моменти:

$$I = \frac{m}{2} (R_1^2 + R_2^2) = \frac{m}{8} (D_1^2 + D_2^2) \quad \text{барабар болот. Мында } D_1 = 2R_1, \quad D_2 = 2R_2$$

берилген төмөнкү чектен турган цилиндрдин диаметрлери. Эгерде цилиндр көңдөй эмес болсо, анда $R_1=0$ анын инерция моменти $I=\frac{mD^2}{8}$ га барабар болот. Мында D -цилиндрдин диаметри.

Максвеллдин маятникнин параметрлерин билип туруп, анын инерция моментин теориялык түрдө эсептеп чыгаруу мүмкүн. Ушул эле инерция моментин тажрыйбалык жол менен да табууга мүмкүн.

Энергиянын сакталуу законунан маятниктин инерция моментин табабыз: $mgh=\frac{I\omega^2}{2}$, мында $I=\frac{2mgh}{\omega^2}$. Бирок $\omega=\beta\cdot t=\frac{a}{r}t=\frac{2a}{D}t$. $(r=\frac{D}{2})$.

Мында β -маятниктин бурчтук ылдамдануусу,

a -маятниктин сызыктуу ылдамдануусу.

Бирок, $a=\frac{2h}{t^2}$, ошондуктан $\omega=\frac{4h}{Dt}$ жана аягында

$$I=\frac{mgD^2t^2}{8h} \quad 9.9$$

Мында $D=D_{ок}+2D_{жип}$.

ПРИБОРДУН ТҮЗҮЛҮШҮ

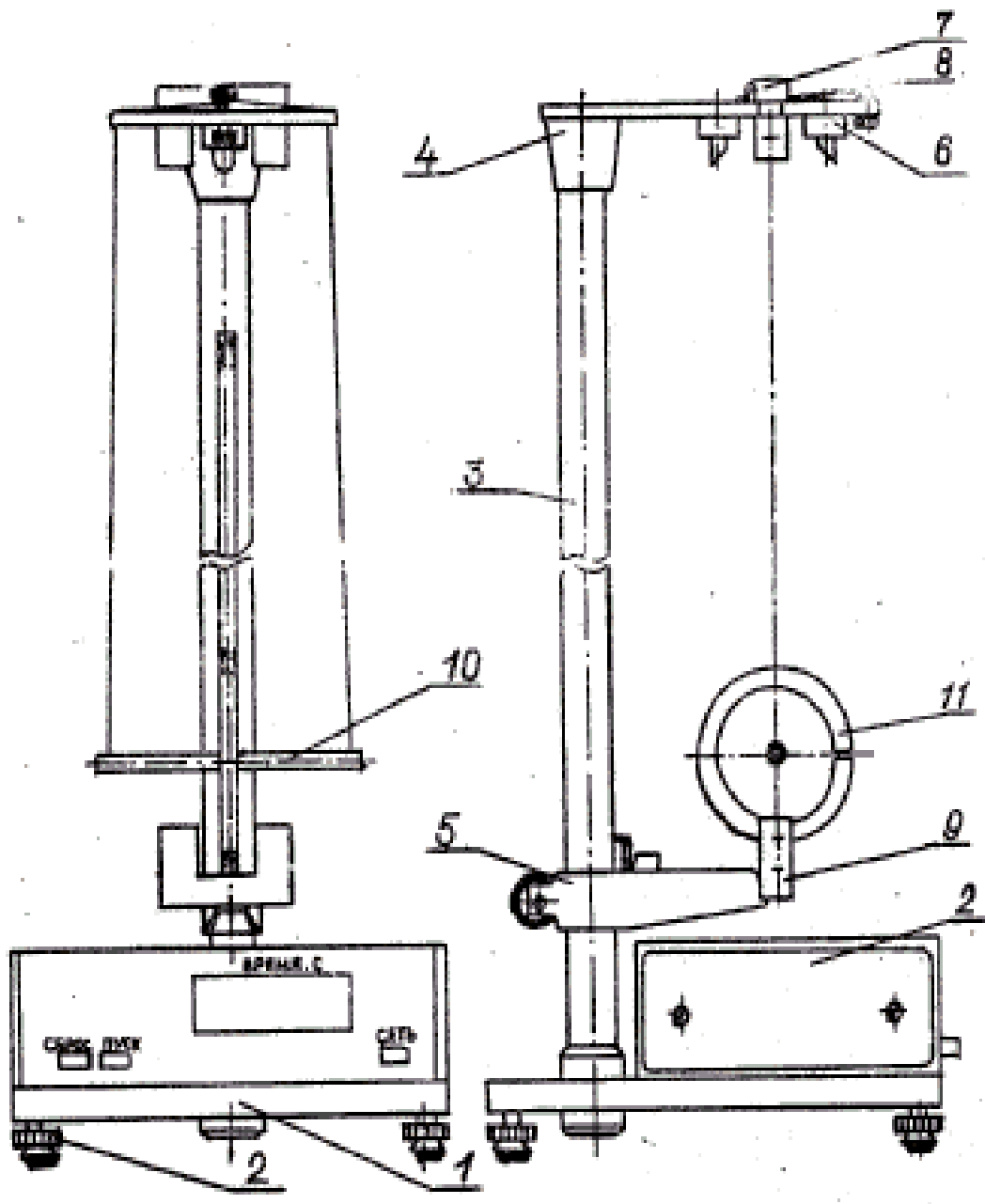
ФПМ-03 установкасы 9.8-сүрөттө фотография түрүндө көрсөтүлгөн. Установканын негизи болуп 1 приборду теңдеп туруучу бурамалардан турат.

Негизинен колонка 3 кыймылсыз жогорку кронштейнге 4 бекитилген жана кыймылдуу төмөнкү кронштейн 5. Жогорку кронштейнге электромагнит 6, фотоэлектрдик датчик (эсептегич) 7 жана жипти бекитип жана башкарып туруу үчүн вороток 8 жайгаштырылган.

Төмөнкү кронштейнге фотоэлектрдик датчикти 9 бекитүү менен аны колонка узундугу боюнча өзгөртүп жылдырып турушат жана ар кандай абалда белгилөөгө мүмкүн.

Максвеллдин маятниги окко бекитилген жана жипке бекитилген. Системанын инерция моментин өзгөртүп турган шакекче роликке бекитилиши мүмкүн. Шакеги менен маятниги жогорку абалда кармап турушу мүмкүн. Прибордун колонкасына жазылган шкала боюнча аныкталат. Кронштейндин төмөнкү бөлүгүндө фотоэлектрдик датчиктин оптикалык огуна каршы кызыл көрсөткүч бар.

Ушундай эки фотоэлектрдик датчиктердин арасындагы маятникти төмөн түшүрүү моментиндеги убакытты прибор өлчөөсү мүмкүн.



9.8-сүрөт



9.9-сүрөт

ЖУМУШТУ АТКАРУУ

1. Регулировкалоочу (жөндөөчү) бурамалардын жардамы менен приборду вертикалдуу коюу керек. Бардык регулировкалоочу бурамалары столго таянып турушу зарыл.

2. Воротканын жардамы менен жиптин керектүү узундугун койгула: маятник горизонталдуу жайгашышы керек, себеби анын төмөнкү кесилиши фотоэлектрдик датчиктин төмөнкү оптикалык огунан төмөн болсун. Бирок ал кронштейндин негизине тийип турсун. Ток булагына өткөргүч жибин туташтыруу керек. Өлчөөчү бардык индикаторлор цифралардын жанганын жана датчиктин лампочкалары жанганын текшерип туруп, «сеть» клавишасын баскыла.

3. Датчиги менен төмөнкү кронштейн өтө төмөнкү абалда белгилениши керек.

4. Маятниктин жибинин узундугун жөндөгүлө.

5. Маятниктин огуна жипти бир катмарга ороп туруу керек жана аны жогорку абалдагы магнитке карматуу.

6. Маятникти кыймылдын багыты боюнча болжол менен 5⁰ка өз огунун айланасында буруу.

7. «Сброс» клавишасын басуу.

8. «Пуск» клавишасын басуу.

9. Прибор боюнча маятниктин түшүү убактысынын эсептелген маанисин окуу.

10. Убакытты өлчөөнү 5 жолу жүргүзүү.

11. Түшүүнүн орточо убактысын $t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ аныктоо.

12. Шкала боюнча түшүүнүн бийиктигин аныктагыла.

13. (9.9) формула боюнча маятниктин инерция моментин аныктагыла (I_0)

Мында $m = m_p + m_{ок}$.

14. Маятникке шакекти кийгизип, жогоруда көрсөтүлгөн ыкма менен шакектүү маятниктин I инерция моментин аныктагыла. Мында (9.9) формулада $m = m_{ш} + m_p + m_{ок}$ деп алгыла.

15. Шакектин инерция моментин шакектүү маятниктин инерция моментинин I жана шакексиз маятниктин инерция моменттеринин I_0 айырмасы катарында эсептеп чыгаргыла: $I_{ш} = I - I_0$

16. Системанын инерция моментин теориялык жактан эсептеп чыгаргыла: $I_m = I_0 + I_p + I_L$.

Мында: I_0 - маятниктин огунун инерция momenti.

I_p - роликтин инерция моменти.

I_L - шакектин инерция моменти.

$$I_{ш} = \frac{1}{8} m_{ш} (D_{ш}^2 - D_p^2).$$

Мында: $m_{ш}$ – шакектин массасы.

$D_{ш}$ – шакектин диаметри. I_p – шакектин инерция моменти.

$$I_p = \frac{1}{8} m_p (D_p^2 - D_{ок}^2).$$

Эсептөөдөгү кетирилген каталыкты эсептеп чыгаргыла:

$$\sigma = \frac{I - I_T}{I_T} 100\% .$$

Мында: I -тажрыйбадан алынган системанын инерция моменти.

I_T - теоретикалык эсептеп чыгарылган системанын инерция моменти.

$$m = m_0 + m_p + m_{ш} \quad D = D_0 + 2D_{ж}$$

$D_{ж}$ -жиптин диаметри.

Натыйжаларды таблицкага келтирип жазгыла.

9.1-таблица

| Өлчөө катары | D_0 | D_p | $D_{ш}$ | H | t | I_0 | I_p | $I_{ш}$ | I_k <i>орт</i> | ΔI_k | $\Delta I_{ш}$ <i>орт</i> | σ |
|--------------|-------|-------|---------|-----|-----|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|------------------------------|----------|
| Бирд. | m | m | M | M | c | $кг$ $м^2$ | $кг$ $м^2$ | $кг$ $м^2$ | $кг$ $м^2$ | $кг$ $м^2$ | $кг$ $м^2$ | % |
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | |
| Орт | | | | | | | | | | | | |

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

1. катуу телонун айлануу кыймылынын негизги закондору кандай?
2. катуу телонун инерция моменти деп эмнени айтабыз?
3. катуу телонун инерция моменти эмнелерден көз каранды?
4. механикадагы энергиянын сакталуу закону кандай аталат?
5. телонунун механикадагы потенциалдык жана кинетикалык энергиялары, алардын аталышы жана бири-бирине айланышы, туюнтулушу кандай болот?

№10. ГИРОСКОПТУН ЖАРДАМЫ МЕНЕН ИМПУЛЬС МОМЕНТИНИН САКТАЛУУ ЗАКОНУН ИЗИЛДӨӨ

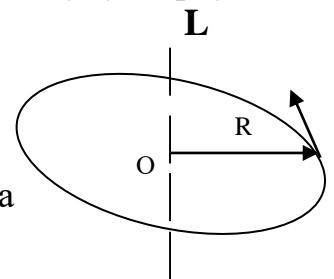
Жумуштун максаты: импульс моментин жана импульс моментинин сакталуу законун, аны айрым мисалда далилденишин изилдөө.

Жумушта колдоонулуучу каражаттар: ФМП–10 тибиндеги гироскоп жана анын составына кирүүчү жүктөр, механизмдер.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

Айлануу жана алга умтулуу кыймылынын закондорун салыштырып анализдөөдө айлануу кыймылында күчтүн ордуна күчтүн моменти, массанын ордуна инерция моменти колдонулат. Ал эми телонун импульсунун ордуна импульс моменти колдонулат.

Эгерде массасы m жана ылдамдыгы v болгон материалдык чекит R радиустагы айлана боюнча айлануу кыймылын жасаса (10.1 - сүрөт), анда ал телонун импульсу $m\vec{v}$ боюнча аныкталып, айланага жаныма боюнча багытталган болот. Материалдык чекиттин импульсунун ал чекиттин айлануу огуна чейинки (радиус-векторго) чейинки болгон көбөйтүндүсү импульс моменти деп аталат. Импульстун моментин L тамгасы менен белгилеп



10.1-сүрөт

$$\vec{L} = m\vec{v} \cdot \vec{R}$$

деп жаза алабыз. Импульс моментинин вектору үчүн да бурама эрежесин пайдаланууга болот. Мында $v = \omega \cdot R$ экендигин эске алып,

$$|\vec{L}| = m\omega R^2 = I\omega$$

жазабыз. Бул формула боюнча айлануу огуна карата материалдык чекиттин импульс моменти, инерция моментинин бурчтук ылдамдыкка болгон вектордук көбөйтүндүсүнө барабар. Катуу телонун импульс моментин аныктоодо, аны материалдык чекит деп кароого мүмкүн болгондой, элементардык бөлүктөргө бөлүп, алардын ар бири үчүн импульс моментин аныктап, андан кийин гана катуу телонун жалпы импульсунун моментин аныктоого болот. Импульс моментинен убакыт боюнча туунду алып,

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(I\vec{\omega})}{dt} = I \frac{d\vec{\omega}}{dt} = I\vec{\varepsilon} \quad \text{деп жазабыз}$$

$$I \vec{\varepsilon} = \vec{M} \quad \text{болгондуктан}$$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$$

Эгерде $\vec{M} = 0$ болсо, анда

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d(I\vec{\omega})}{dt} = 0 \quad \text{же} \quad \vec{L} = I\vec{\omega} = \text{const}$$

Ошентип, эгерде телого сырттан күч аракет этпесе, же аракет этсе да ал күчтөрдүн жалпы түзүүчүсүнүн моменти нөлгө барабар болсо, анда берилген айлануу огуна карата алынган телонун импульсунун моменти дайыма турактуу бойдон кала берет. Бул импульстун моментинин сакталуу законунун математикалык туюнтмасы болот.

Импульстун моментинин сакталуу закону: *күчтүн моменти 0 гө барабар болгондо, инерция моменти кичирейсе, бурчтук ылдамдык чоңоюп, жана тескерисинче, бурчтук ылдамдык азайса, инерция моменти чоңоюп, бардык учур үчүн ал экөөнүн көбөйтүндүсү дайыма турактуу бойдон кала берет деген жыйынтыкка алып келет.* Импульс моментинин сакталуу закону – жаратылыштын фундаменталдык закондорунун бири болуп эсептелет. Ал мейкиндиктин изотроптуулугу – белгилүү симметриялык касиети менен байланышта, башкача айтканда эсептөө системасында координата окторунун багытын тандоодо физикалык закондордун *инварианттуулугун* көрсөтөт.

Импульстун моментинин сакталуу законун Жуковскийдин отургучу менен демонстрациялап, көрсөтсө болот. Вертикалдуу октун айланасында сүрүлүүсүз айланып жаткан отургучтун үстүндө эки колуна гиря көтөргөн киши кулачын жайып турат дейли (10.2 - сүрөт). Киши кандайдыр турактуу сакталган импульс моментине ээ болот. Эгер киши кулачын жайып турса, анда анын инерция моменти I_1 чоң, бурчтук ылдамдыгы ω_1 кичине болот. Эгер киши кулачын жайбастан, колун ылдый түшүрсө, анда ал кишинин инерция моменти I_2 кичирейип, бурчтук ылдамдыгы ω_2 чоңойот:

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2$$



10.2-сүрөт

10.3-сүрөт

Бирок алардын көбөйтүндүлөрү турактуу кала берет. Мындай мисалдарды акробаттык жана гимнастика көнүгүүлөрүн жасаган спортсмендердин кыймылынан да байкоого болот (10.3-сүрөт). Кыймылсыз октун айланасында айланган телонун айлануу кыймылы менен анын алга умтулуу кыймылдарынын негизги теңдемелерин жана чоңдуктарын салыштырып, алардын аналогиясын келтиребиз.

10.1-таблица

| Алга умтулуу кыймылы | Айлануу кыймылы |
|--|--|
| Масса m | Инерция моменти I |
| Жол S | Бурулуу бурчу φ |
| Ылдамдык $\vec{v} = d\vec{S}/dt$ | Бурчтук ылдамдык $\vec{\omega} = \frac{d\varphi}{dt}$ |
| Импульс $\vec{p} = m\vec{v}$ | Импульс моменти $\vec{L} = I\vec{\omega}$ |
| Ылдамдануу $\vec{a} = d\vec{v}/dt$ | Бурчтук ылдамдануу $\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$ |
| Сырткы күчтөрдүн тең аракет этүүчүсү \vec{F} | Сырткы күчтөрдүн моменттеринин суммасы \vec{M} |
| Динамиканын негизги теңдемеси $\vec{F} = m\vec{a} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ | Динамиканын негизги теңдемеси $\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = I\vec{\varepsilon}$ |
| Жумуш $dA = FdS$ | Жумуш $dA = Md\varphi$ |
| Кинетикалык энергия $E_k = \frac{mv^2}{2}$ | Кинетикалык энергия $E_k = \frac{I\omega^2}{2}$ |

Бул натыйжаны биз берилген иштеги гироскоптун мисалында көрсөтөлү.

Гироскоп (волчок – чимирик)-бул симметрия огунун айланасында чоң ылдамдык менен айлануучу симметриялуу жана массивдүү тело. Гироскоптун симметрия огун гироскоптун огу деп аташат да, ал ок негизги инерция огу менен дал келет. Ошондуктан гироскоп мейкиндикте айланбаса

анын импульс моменти $M = I \omega$ (мында– I гироскоптун өзүнүн огуна салыштырмалуу инерция моменти) болот.

Эгерде гироскоптун огу ω^1 ылдамдыгы менен айлануу кыймылына келтирсек, гироскоп өзүнүн огунун айланасында эмес, башка октун айланасында айлануу кыймылына келет. Гироскоптун импульс моменти, гироскоптун огу бойлоп багытталбайт. Бирок айлануу ылдамдыгынан ω чексиз кичине болсо ($\omega^1 \leq \omega$), анда анын импульс моменти $I \omega$ га барабар жана ал момент гироскоптун огу бойлото багытталат. Ошондуктан импульс моментинин (M) жана гироскоптун огунун айланууларын эквиваленттүү деп карасак болот.

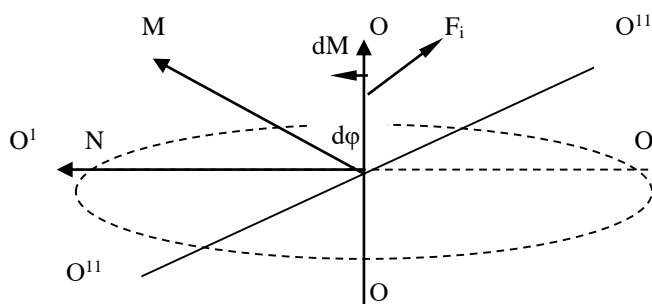
Гироскоптун огу айлантуу үчүн сырттан күч аракет этиш керек. Айталы, гироскоптун огуна F_1 жана F_2 күчтөрү чийменин бетине перпендикулярдуу аракет этишет дейли. Бул күчтөрдүн аракеттери менен гироскоптун огу OO^1 , $O-O^1$ түзүүнүн айланасында айланыш керек болгондой сезилет. Бирок ал ок OO^1 огунун айланасында эмес, ал октор жатышкан тегиздикке перпендикуляр болгон I огунун айланасында айлануу кыймылына келет (10.4 – сүрөт). Мындай кыймыл гироскоптук эффект деп аталып, импульс моментинин сакталуу законуна толук жооп берет. Чындыгында эле F_1 жана F_2 күчтөрүнүн моменти OO^1 огу бойлоп багытталат. dt убакыт интервалында гироскоптун импульс моменти $dM = Ndt$ өзгөрүүсүнө ээ болот. dM дин багыты N дин багытына дал келет. Бул өзгөрүштүн эсебинен гироскоптун натыйжалоочу импульс моменти M^1 төмөндөгүдөй болот: $M = M + dM$ жана бул моменттин (M^1) багыты, гироскоптун жаңы огу бойлоп багытталат. Демек, гироскоптун огу $O^1 O^{11}$ огунун айласында $d\varphi$ бурчуна бурулат.

(10.4) – сүрөт боюнча

$$d\varphi = \frac{dM}{M} = \frac{Ndt}{M}$$

Мындан гироскоптун огунун айлануу ылдамдыгы үчүн төмөнкүнү алабыз:

$$\omega^1 = \frac{dM}{M} = \frac{N}{M}$$



10.4-сүрөт

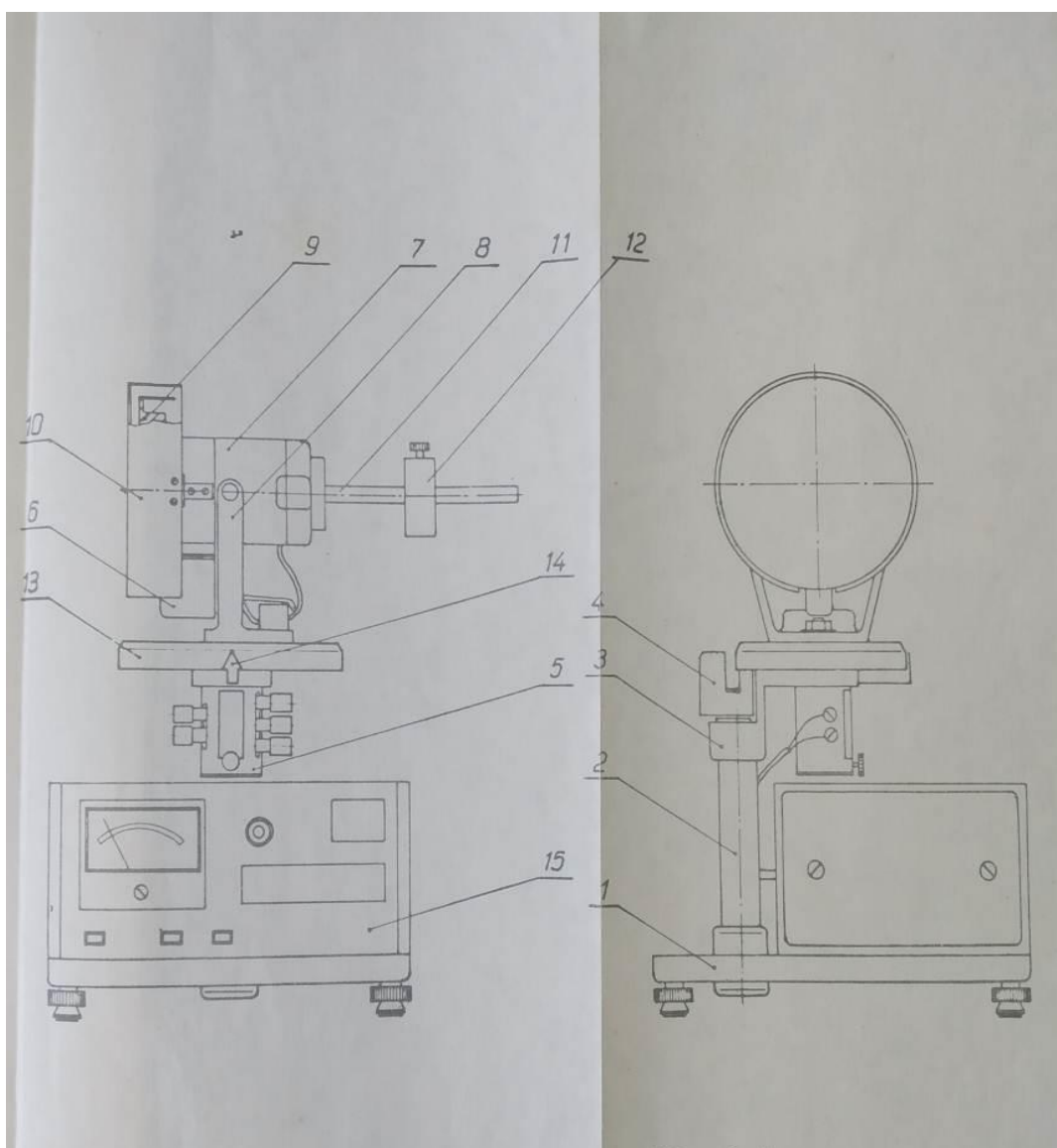
Мында $N = M \omega^1$ жана N , M , ω^1 векторлору өз ара перпендикулярдуу багытталышат. ω^1 – вектору чийменин бетинен бизди карай, бетке перпендикулярдуу багытталат. Ошондуктан алардын байланышын векторлордун вектордук көбөйтүндүсү аркылуу жазсак болот, б.а.

$$N = [\omega^1 M]$$

Гироскоптун огун $O^1 O^{11}$ огунун айланасында кыймылга келтирбеш үчүн, OO огунун учтарына F_1 жана F_2 күчтөрү аракет этиш керек. Бул күчтөрдүн импульс моментин биз N аркылуу белгиледик. Ошентип гироскоптук эффекттин болушу импульс моментинин сакталуу закону аркылуу түшүндүрүлөт. Ушул эффекти биз берилген иште карап көрөбүз.

Айталы, гироскоп Жердин тартуу талаасында жайгашсын жана гироскоптун огу бир чекиттин айланасында эркин кыймылга келсин. Бул учурда гироскоптун огу вертикалдык октун айланасында кыймылдап конус формасындагы фигураны чийет. Гироскоптун огунун мындай кыймылы *процессия кубулушу деп аталат.*

ФПМ – 10 ТИБИНДЕГИ ГИРОСКОПТУН ТҮЗҮЛҮШҮ



10.5-сүрөт



10.5-сүрөт

Бул гироскоптун сырткы көрүнүшү (10.5)–сүрөттө келитирилген жана төмөндөгүдөй негизги элементтерден турат.

- Негизи - 1
- Колонка - 2
- Кронштейн - 3
- Фотоэлектрдик датчик – 4,6
- Сырткы втулка – 5
- Электрдик кыймылдаткыч–7
- Электрдик кыйгач карматылган кронштейн – 8
- Жүк – 9,12
- Чоң жүк (экран менен тосулган) - 9
- Коргоочу экран- 10
- Рычаг – 11
- Рычагга кийгизилген жүк - 12
- Диска – 13
- Жебе- стрелка – 14
- Айлануу санын эсептегич - 15

Гироскоптун негизи-(1)таянычтарга жайгашат. Таянычтардын жардамы менен негизди керектүү бийиктикте жана горизонталдык абалда кармашат. Негизге колонка-(2), колонкага №1 фотоэлектрдик датчик-(4) жана ага бекитилген кронштейн-(3) карматылат. Колонкага айлануу менен байланыштыруучу механизмдин сырткы втулкасы-(5) кийгизилген. Бул механизм гироскоптун вертикалдык октун айланасындагы айлануу кыймылын камсыз кылат жана №2 фотоэлектрдик датчикти жана электрдик кыймылдаткычты-(7) ток булагына туташтырат.

Электрдик кыймылдаткыч (8)-кронштейн бекитилген. Гироскоптун вертикалдык октун айланасындагы айлануу бурчу ушул кыймылдаткычтын абалы менен чектелет. Кыймылдаткычтын огуна жүк-(9) жана коргоочу экран-(10) бекитилишет. Кыймылдаткычтын корпусуна шкаласы бар рычаг-(11) бекитилген. Рычагга жүк-(12) жайгаштырылат. Жүктү рычагды бойлото жылдыруу менен гироскоптун тең салмактуулук абалы алынат.

Гироскоптун вертикалдык октук айланасындагы бурулуу бурчу диска-(13) аркылуу эсептелет. Ал бурчтун чоңдугун стрелка-(14) көрсөтөт. 13-дисканын каптал бетинде ар бири 5^0 болгон бирдей көзөнөкчөлөр жайгаштырылган. Ал көзөнөкчөлөр аркылуу №1 фотоэлектрдик датчик жарык импульсун алат да, аны эсептегичке-(15) берет. Гироскоптун бурчтук ылдамдыгы №2 фотоэлектрдик датчик аркылуу аныкталат. №2 фотоэлектрдик датчик-9 жүктүн четиндеги оюктар аркылуу жарык импульстарын алат да аны эсептөөчү механизмге берип турат.

Эсептөөчү механизмдин жана башкаруучу блоктун алдынан жана артынан көрүнүштөрү 10.5-сүрөттө берилген.

ПРИБОРДУ ИШКЕ ДАЯРДОО

- Прибордун негизгин горизонталдык абалга келтиргиле.
 - Тиешелүү өткөргүчтөрдү өз ордуларына туташтыргыла.
 - Прибордун өткөргүчүн ток булагына туташтырып, «сеть» баскычын баскыла. Прибор ишке даяр болот да, аны алдын ала кызытуу зарыл эмес. Бул учурда фотоэлектрдик датчиктердин иштөөсү, цифралардын нөлдү көрсөтүүлөрүн текшерип алгыла.
 - Электрдик кыймылдаткычты ток булагына туташтыргыла.
- Туташтыруудан алдын, потенциометрдин бурагычы аркылуу кыймылдаткычтын бурчтук ылдамдыгын минималдык абалга келтирип алгыла. Аны ток булагына туташтыргандан кийин, анын бурчтук ылдамдыгын «регул, скорость» деген бурагычтын жардамы менен жогорулатса болот. Бурчтук ылдамдыкты жогорулатуу менен гироскоптун вертикалдык октун айланасында айлануу кыймылына келишине көңүл бургула.

1-тапшырма.

Гироскоптун процессия убактысын жана прецессия бурчун аныктоо

1. Жүк–12 ни жылдыруу менен гироскоптун рычагын горизонталдык абалга келтиргиле. Андан кийин жүктү бекиткиле.
2. 13–дисканы буруп, бурчту көрсөтүүчү стрелка–14тү 0^0 көрсөткөндөй абалга келтиргиле.
3. Приборду ток булагына туташтыргыла. Ал үчүн «сеть» баскычын басат.
4. Электр кыймылдаткычынын ылдамдыгын 6000ай/мин. жеткиргиле.
5. 12–жүктү оң же сол тарапка 2–3 см, көтөргүлө.
6. «Сброс» баскычын баскыла.
7. Гироскоп 30^0 - 40^0 бурчуна бурулганда «стоп» баскычын баскыла.
8. Прибордун көрсөтүүсү боюнча убакытты жана бурулуу бурчун жазып алгыла.
9. Процессиянын ылдамдыгын $\frac{d\alpha}{dt}$ формуласы менен эсептегиле.
10. Экспериментти 4-5 жолу кайталап, орточо маанилерин аныктагыла.
11. Арифметикалык катаны эсептегиле.
12. Натыйжасын 10.2 – таблицага түшүргүлө.

Гироскоптун прецессия убактысы, бурчу жана ылдамдыгы.

10.2-таблица

| Катар Номери | Кыймыл ылдамдыгы ν | α | T | Прецессия ылдам. ν | $\nu_{\text{орт}}$ | $\Delta \nu$ | $\Delta \nu_{\text{орт}}$ | σ |
|-----------------|---------------------------|----------|-----|---------------------------|--------------------|--------------|---------------------------|----------|
| Бирдик | ай/мин | град | с | град/с | гр/с | гр/с | гр/с | % |
| 1. | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | |
| орт. | | | | | | | | |

2-тапшырма.

Гироскоптун кинетикалык моментин изилдөө

Координата окторунун төмөнкүдөй багыттарын тандап алгыла - 0X огу кыймылдаткыч асылган асманын подшипниктери аркылуу өтөт (чийменин бетине перпендикуляр) - 0Y огу 0X огуна перпендикуляр болуп, кыймылдаткычтын борбору аркылуу өтөт (рычаг-2 перпендикуляр) - 0Z огу рычагды бойлоп, 12-жүктүн жана кыймылдаткычтын борборлору аркылуу өтөт.

Алынган эсептөө системасында гироскоптун кыймылы төмөнкүдөй теңдемелер менен аныкталышат:

$$H \frac{d\alpha}{dt} = M_x \qquad H \frac{d\beta}{dt} = M_y$$

Мында: M_x жана M_y – сырткы күчтөрдүн моменттери:

- $\frac{d\alpha}{dt}$ – прецессиянын 0X огу бойлото бурчтук ылдамдыгы $-\omega^1$

- $\frac{d\beta}{dt}$ прецессиянын 0Y огу боюнча бурчтук ылдамдыгы $-\omega$

- $H = I_x \omega$ №2 болуп гироскоптун кинетикалык моменти деп аталат. (10.2) формулада I_x – кыймылдаткычтын ротору менен 13-дисканын инерция моменттери,

ω – кыймылдаткычтын бурчтук ылдамдыгы,
 $\omega = 2\pi n$ (n-айлануу жыштыгы).

Эсептөөнү жеңилдетүү максатында $M_y = 0$ жана $\frac{d\beta}{dt} = 0$

деп алгыла (ал аныкталбайт).

$M_x = mgr$ Мында mg – 12 жүктүн салмагы. $r = (2-3)$ см. болуп, жүк которулган аралык.

Формулага M_x тин маанисин колдонуп, гироскоптун кинетикалык моменти H ты аныктагыла. Кинетикалык моменттин мааниси (10.2) формулага колдонуп кыймылдаткычтын ротору менен дисканын инерция моменти I_x ти аныктагыла.

Тажрыйбаны 3-5 жолу кайталагыла.

Алынган жыйынтыктарды 10.3-таблицага жазгыла

Гироскоптун кинетикалык моменти

10.3-таблица

| К/к Өлчөө | Буру луу бурчу α | Буру луу убакт. t | Айлануу жыш-гы n | Радиус r | Күч мом-ти M_x | Кинет. энергия H | Инерция Моменти I_x |
|--------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------|---------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Бирд. | град. | С | Айл/с | М | $кг \cdot м^2 / с^2$ | $кг \cdot м^2 / с^2$ | $кг \cdot м^2$ |
| 1. | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|------|--|--|--|--|--|--|--|
| 3. | | | | | | | |
| Орт. | | | | | | | |

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

1. Импульс түшүнүгү
2. Импульс моменти
3. Импульс моментинин сакталуу закону
4. Инерция моменти
5. Гироскоп, гироскоптук эффект.

№11. БАЛЛИСТИКАЛЫК МАЯТНИКТИН ЖАРДАМЫ МЕНЕН ОКТУН ЫЛДАМДЫГЫН АНЫКТОО

Жумуштун максаты: импульс моментинин сакталуу законун колдонуп жогорку ылдамдыктагы телонун ылдамдыгын аныктоо.

Колдонулуучу каражаттар: ФПМ-09 тибиндеги баллистикалык маятник, анын комплектине кирген ок, пластилин.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

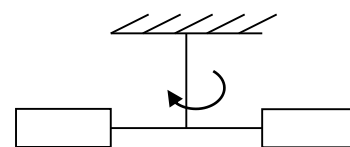
Толгонуучу маятник деп серпилгичтүү, созулбас зымга илинген жүктү айтышат (11.1-сүрөттү кара). Эгерде зымды φ бурчуна толгоп, анан кийин эркин кое берсек, зымдын серпилгичтүүлүгүнүн натыйжасында толгонуу моменти пайда болот. Бул момент маятникти баштапкы абалына алып келүүгө умтулат. Жүк тең салмактуулук абалына келгенде ал инерция боюнча кыймылын улантат. Зым тескери багытта толгонот. Толгонуу өзүнүн максималдык маанисине жеткенде жүк кыймылын токтотот. Бирок, толгонуу моменти жүктү кайрадан тең салмактуулук абалына карай кыймылга келтирет. Ошентип жүк эркин термелүү кыймылына келет. Бул учурда толгонуу моменти зымдын толгонуу бурчуна (φ) түз пропорциялаш болот, б.а.

$$M = -D\varphi$$

Мында «-» белгиси φ -нин өсүү багытына толгонуу моментинин каршы багытталышын көрсөтөт. Толгонуучу маятниктин кыймылынын теңдемеси төмөнкүдөй жазылат:

$$M = I\varepsilon \quad \text{же}$$

$$-D\varphi = I\varepsilon$$



11.1-сүрөт

$\varepsilon = \ddot{\varphi}$ болгондуктан

$$\ddot{\varphi} + \frac{D}{I} \varphi = 0$$

Бул теңдемеде $\frac{D}{I} = \omega^2$ деп белгилесек, эркин термелүүчү системанын кыймылы үчүн

$$\ddot{\varphi} + \omega^2 \varphi = 0 \quad 11.1$$

теңдемесин алабыз.

(11.1) теңдеме гармоникалык термелүү кыймылынын дифференциалдык теңдемеси болот.

Гармоникалык термелүүлөрдүн бизге керектүү болгон төмөнкүдөй параметрлерин карап көрөлү.

1. Термелүү мезгили T - бул толук бир термелүү үчүн зарыл болгон убакыттын интервалы.
2. Термелүү жыштыгы ν -бул бир секунда убакыт ичиндеги толук термелүүлөрдүн саны.

Бул аныктамалардан термелүү мезгили менен термелүү жыштыгынын ортосундагы төмөнкү байланышты алабыз.

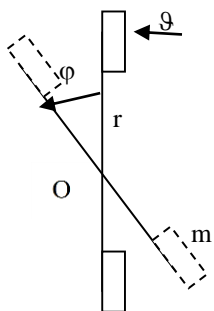
$$\nu = \frac{1}{T} \quad \text{же} \quad T = \frac{1}{\nu} \quad 11.2$$

3. Айлана (циклдик) жыштык ω - бул 2π секунд убакыт интервалындагы толук термелүүлөрдүн саны болот. Мындан циклдик жыштык менен термелүү жыштыгынын ортосундагы төмөнкүдөй байланыш алынат.

$$\omega = 2\pi\nu \quad 11.3$$

Бул формулага: $\omega^2 = \frac{D}{I}$ барабардыгын жана (11.2) формуланы колдонуп

төмөнкүнү алабыз: $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{D}}$ 11.4



11.2-сүрөт

Маятниктин крестовинасына перпендикуляр багытта анын калакчасына ν ылдамдыгы менен ок келип тийип калакчада кармалып калсын. Октуң массасын m , ок тийген чекитинен маятниктин огуна чейинки аралыкты r деп белгилейли (11.2-сүрөт). Октуң импульсун алган калакча кыймылга келип, маятникти φ бурчуна толгойт. Бул учур

үчүн импульс моментинин сакталуу закону төмөнкүдөй жазылат:

$$m v r = \frac{T_1}{2\pi} D \varphi, \quad 11.5$$

мында T_1 -маятниктин термелүү мезгили. Крестовинанын инерция моментин I_0 , ал эми симметриялуу жайгашкан M массалуу жүктөрдүн инерция моментин I_1 деп белгилесек

$$I = I_0 + I_1 = I_0 + 4MR_1^2,$$

мында R_1^2 - айлануу огунан жүктүн тең ортосуна чейинки аралык.

Жүктөрдү адегенде R_1 , кийин R_2 аралыгына жайгаштырсак, маятниктин термелүү мезгилдери тиешелүү түрдө

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + 2MR_1^2}{D}}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + 2MR_2^2}{D}}$$

Акыркы теңдемелерден I_0 чондугун чыгарып салсак,

$$T_1^2 = 4\pi^2 \frac{(I_0 + 4MR_1^2)}{D}$$

$$T_1^2 D = 4\pi^2 I_0 + 16\pi^2 MR_1^2$$

$$4\pi^2 I_0 = T_1^2 D - 16\pi^2 MR_1^2$$

$$I_0 = \frac{T_1^2 D - 16\pi^2 MR_1^2}{4\pi^2}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_0 + 4MR_2^2}{D}}$$

$$T_2^2 = 4\pi^2 \frac{(I_0 + 4MR_2^2)}{D}$$

$$T_2^2 D = 4\pi^2 I_0 + 16\pi^2 MR_2^2$$

$$4\pi^2 I_0 = T_2^2 D - 16\pi^2 MR_2^2$$

$$I_0 = \frac{T_2^2 D - 16\pi^2 MR_2^2}{4\pi^2}$$

$$\frac{T_1^2 D - 16\pi^2 MR_1^2}{4\pi^2} = \frac{T_2^2 D - 16\pi^2 MR_2^2}{4\pi^2}$$

$$T_1^2 D - 16\pi^2 MR_1^2 = T_2^2 D - 16\pi^2 MR_2^2$$

$$T_1^2 D - T_2^2 D = 16\pi^2 MR_1^2 - 16\pi^2 MR_2^2$$

$$D \cdot (T_1^2 - T_2^2) = 16\pi^2 M(R_1^2 - R_2^2) \quad 11.6$$

(11.5) теңдемеден D чоңдугун тапсак

$$2\pi n \nu r = T_1 D \varphi$$

$$D = \frac{2\pi n \nu r}{T_1 \varphi} \quad 11.7$$

келип чыгат. Алынган жыйынтыкты (11.6) формулага коебуз.

$$\frac{2\pi n \nu r}{T_1 \varphi} (T_1^2 - T_2^2) = 16\pi^2 M(R_1^2 - R_2^2)$$

$$2\pi n \nu r (T_1^2 - T_2^2) = 16\pi^2 M T_1 \varphi (R_1^2 - R_2^2)$$

$$g = \frac{16\pi^2 M T_1 \varphi (R_1^2 - R_2^2)}{2\pi n \nu r (T_1^2 - T_2^2)} = \frac{8\pi M T_1 \varphi (R_1^2 - R_2^2)}{m r (T_1^2 - T_2^2)}$$

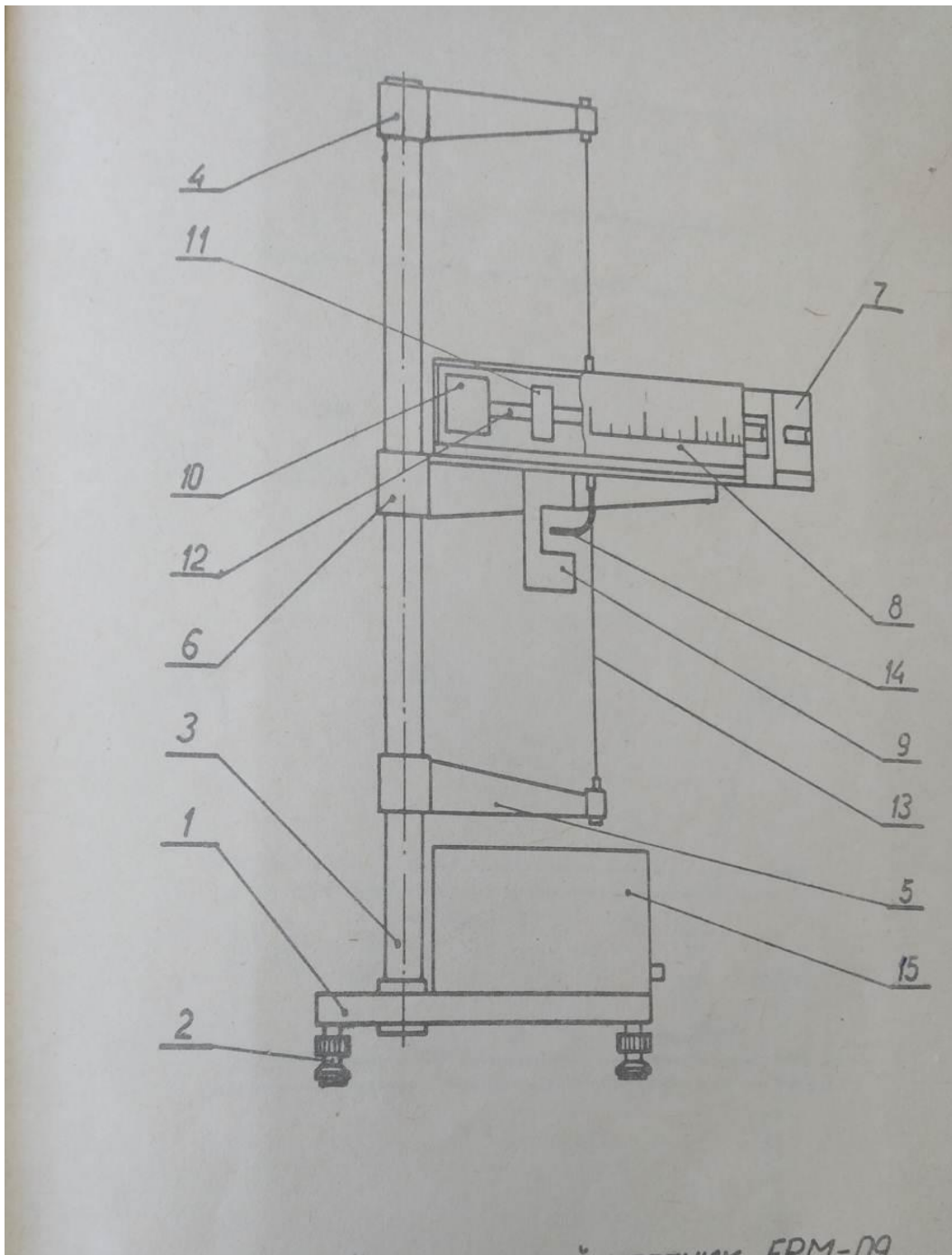
$$g = \frac{8\pi M T_1 \varphi (R_1^2 - R_2^2)}{m r (T_1^2 - T_2^2)} \quad 11.8$$

ФПМ-09 маятниги жөнүндө маалымат

ФПМ-09 тибиндеги баллистикалык маятниктин сырткы көрүнүшү (11.3)-сүрөттө келтирилген жана төмөнкүдөй элементтерден турат:

1. Негизи.
2. Түзөтүүчү таянычтар.

3. Колонка.
4. Жогорку кронштейн.
5. Төмөнкү кронштейн.
6. Ортоңку кронштейн.
7. Атуучу түзүлүш.
8. Электрдик фотодатчик.
9. Бурчтук шкала.
10. Калакчалар.
11. Кыймылдуу жүктөр.
12. Крестовина.
13. Зым (проволока).
14. Желекче (флажок).
15. Миллисекундомер.



11.3-сүрөт



11.4-сүрөт

Прибордун негизи-түзөтүүчү таянычтар, универсалдуу миллисекундомер жана ага колонка бекитилет. Миллисекундомер толук термелүүлөрдүн санын да эсептейт. Колонкага төмөнкү, ортоңку жана жогорку кронштейндери бекитилишкен. Крестовинанын стерженинин учтарына пластилин менен толтурулган кесечелер катырылышкан. Стерженге кыймылдуу, массалары M болгон эки жүктөр жайгаштырылат.

Ортоңку кронштейнге ок атуучу түзүлүш жана фотоэлектрдик датчик бекитилген атайын столчо карматылган. Фотодатчиктин атайын оюгу аркылуу желекче өткөндө, термелүүлөрдүн саны фотоэлектрдик датчик аркылуу эсептелет. Ортоңку кронштейнге карматылган столчого, органикалык айнектен жасалган эки тосмо жайгаштырылган. Бул тосмолордун каптал беттеринде бурчтук шкала белгиленген.

Фотоэлектрдик датчик миллисекундомердин артындагы уюлуна туташтырылган. Миллисекундомердин алдынан жана артынан көрүнүштөрү (11.4)-сүрөттө келтирилген.

ИШТИН ЖҮРҮШҮ

1. Прибордун түзүлүшү менен таанышып, мугалимден кеңеш алгыла.
2. б-кронштейндеги коргоочу тосмонун алдыңкы бөлүгүн көтөрүп, өткөн минималуу аралыкта M массалуу жүктөрдү жайгаштырышат. Октон жүкчөлөрдүн ортосуна чейинки аралык R_1 өлчөп алгыла.
3. Крестовинанын кесечесиндеги вертикалдуу (тик) сызыкча менен бурчтук шкаланын нөлү дал келеби же жокпу жана маятниктин термелүү учурунда желекче фотодатчиктин оптикалык огун кесип өтөөрүн текшерип, коргоочу тосмонун жарымын столчого бекитилген. Эгерде каталыктар болсо, аларды мугалимдин жардамы менен оңдогула.
4. Окту атып, маятниктин максималдык кыйшаюу бурчу φ -ни өлчөгүлө.
5. Айлануу огуна ок жабышкан жерге чейинки аралыкты r өлчөгүлө.
6. Приборду электр чынжырына кошуп, «сеть» баскычын басып, термелүү санын эсептөөчү жана миллисекундомердин индикаторлорунун жана фотодатчиктин лампочкасынын жанып турганын текшергиле.
7. Маятникти φ бурчуна буруп «Сброс» баскычын басуу менен кое бергиле.
8. 10 дон кем эмес термелүү жасагандан кийин «Стоп» баскычын баскыла.
9. Миллисекундомердин көрсөтүүсү боюнча термелүү санын жана термелүү убактысын (t) жазып алгыла. Андан кийин төмөнкү формула боюнча термелүү мезгилин эсептегиле:

$$T_1 = \frac{t}{n}$$

10. M массалуу жүкчөлөрдү айлануу октон эң алыскы аралыкка R_2 жайгаштырып ошол жүкчөлөрдүн айлануу огуна чейинки аралыкты ченеп алгыла. Андан кийин өлчөөлөрдү кайра башынан жүргүзүп T_2 термелүү мезгилин тапкыла.

11. Снаряддын ылдамдыгын (11.8) формула боюнча эсептегиле.

12. Өлчөөлөрдү 3-5 жолу кайталагыла.

13. Алынган жыйынтыктарды таблицкага түшүрүп жазгыла.

11.1-таблица

| № | M | R_1 | R_2 | φ | m | R | T_1 | T_2 | v | v_{opt} | Δv | Δv_{opt} | σ |
|------|-----|-------|-------|-----------|-----|-----|-------|-------|-----|-----------|------------|------------------|----------|
| Бирд | кг | м | м | град | кг | М | с | с | м/с | м/с | м/с | м/с | % |
| 1. | | | | | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | | | | | |
| Орт. | | | | | | | | | | | | | |

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

1. Импульс моменти деген эмне?
2. Импульс моментинин сакталуу закону жана анын колдонулушу
3. Гармоникалык термелүү кыймылынын теңдемеси жана анын чечими
4. Гармоникалык термелүүнү мүнөздөөчү параметрлер
5. Толгонуучу баллистикалык маятник.

№12.КАТУУ ТЕЛОНУН АЙЛАНУУ КЫЙМЫЛЫН ОБЕРБЕКТИН МАЯТНИГИНИН ЖАРДАМЫНДА ОКУП ҮЙРӨНҮҮ

Жумуштун максаты: катуу телонун айлануу кыймылынын динамикасынын закондорун окуп үйрөнүү. Катуу телонун инерция моментин аныктоо.

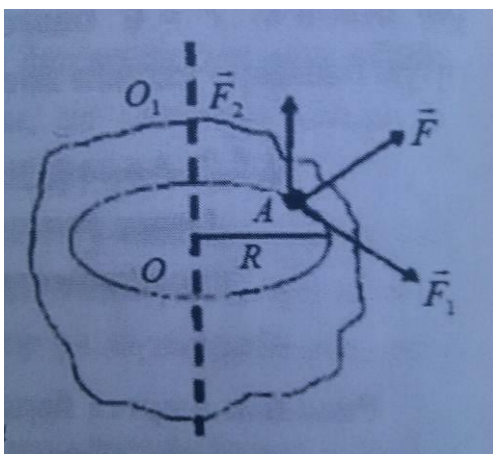
Жумуштун жабдылышы: Обербектин маятниги, штангенциркуль, отвертка, секундомер, узун сызгыч, жүктөрдүн тобу.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

Катуу телолордун бөлүкчөлөрү, борборлору бир түз сызыкка жаткан айлана боюнча кыймылдаса, анда мындай кыймыл айлануу кыймылы деп аталат.

Катуу телонун айлануу кыймылында анын ар бир чекити бири – биринен айырмаланган ылдамдыкка жана ылдамданууга ээ болушат. Берилген чекит үчүн бул айырма, анын октон кандай аралыкта жаткандыгынан көз каранды. Ошондуктан айлануу кыймылында чекиттин октон кандай аралыкта жатышы өтө маанилүү жана бул аралык айлануу кыймылынын дээрлик бардык негизги теңдемесине катышат.

Айлануу кыймылында күчтүн телону айландыруу жөндөмү да бул аралыкка жараша болот. Ошондуктан айлануу кыймылында күчтүн ордуна чоңдукту түшүнүү үчүн төмөнкүдөй мисалды карайлы. OO_1 , айлануу огуна ээ болгон телонун A чекитине F күчү таасир этсин дейли. (12.1 - сүрөт). Бул күчтү эки түзүүчүгө – окко перпендикуляр тегиздиктеги F_1 , күчүнө жана окко параллель тегиздиктеги F_2 күчүнө ажыраталы.



12.1-сүрөт

Сүрөттө көрүнгөндөй, F_2 телону (окко бекитилген болбосо) окту бойлото гана жылдырышы мүмкүн. Бул күч телону айлануу кыймылына келтире албайт. Телону айлануу кыймылына F_1 күчү келтирет. F_1 (12.2 – сүрөт) күчүнүн октун багытына түшүрүлгөн перпендикуляр (R аралыгы) менен болгон көбөйтүндүсү күчтүн моменти деп аталат.

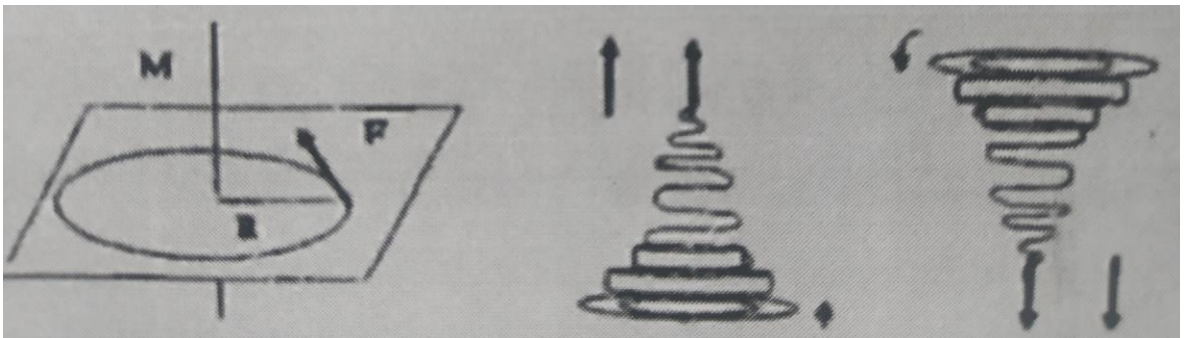
$$M = F_1 R$$

Эгерде күч телону саат жебеси боюнча айландырса, анда күчтүн моменти оң, ал эми саат жебесине карама – каршы айландырса терс белгиде алуу макулдашылган.

Күчтүн моменти да вектордук чоңдук. Күчтүн моментинин вектору күч аракет кылган чекиттин радиус – вектору менен күчтүн окко перпендикуляр тегиздикте жаткан түзүүчүсүнүн вектордук көбөйтүндүсү аркылуу аныкталат (12.2 - сүрөт)

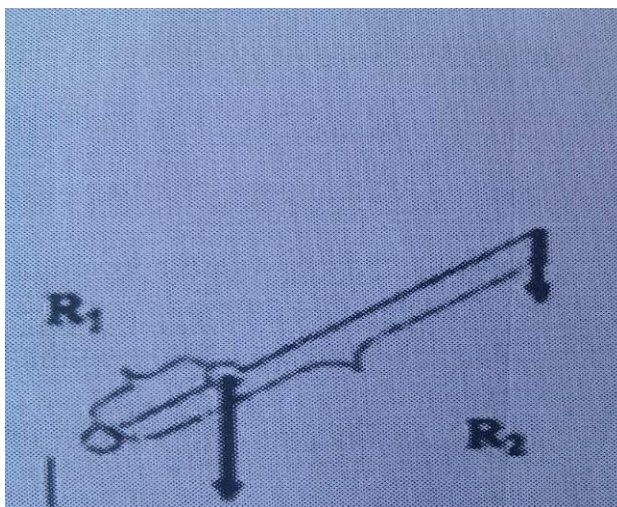
$$\vec{M} = \left[\vec{R} \vec{F} \right]$$

Күчтүн моментинин векторунун багыты бизге тааныш болгон бурама эрежеси боюнча аныкталат. Эгерде бураманын айлануу багыты күчтүн аракет кылган багыты менен дал келсе, анда М вектору ок боюнча бураманын алга умтулуу кыймылына дал келет (12.2 - сүрөт).



12.2-сүрөт

Айлануу кыймылынын динамикасында, күчтөрдүн барабардыгы деген түшүнүктүн ордуна күчтөрдүн моменттеринин эквиваленттүүлүгү деген түшүнүк колдонулат. Күчтүн моменттери барабар деген сөз, дайыма күчтөрдүн өздөрү да барабар дегендикке жатпайт. Мисалы, сүрөттөгүдөй



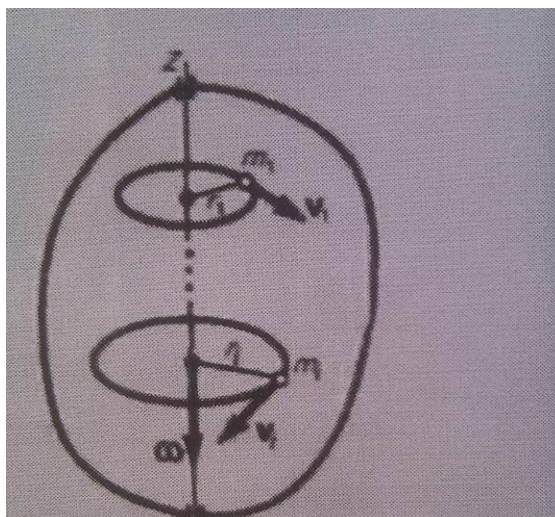
12.3-сүрөт

$$F_1 R_1 = F_2 R_2$$

Бул барабардыкта $R_1 \neq R_2$, бирок, күчтүн моменттери чоңдуктары боюнча барабар болушу мүмкүн. Буга эшиктин туткасынын жайгашуу орду, айлануу огунан эң алыс аралыкта жайгашышын мисал келтирсек болот. $F=0$ болгондо, же $R=0$ болгондо, күчтүн моменти $M=0$ болоорун бамдоо кыйын эмес.

Телонун окко салыштырмалуу инерция моменти. Туура геометриялык формадагы кээ бир телолордун инерция моменттери

Реалдык шартта бардык телолор кандайдыр бир күчтүн таасири астында аздыр – көптүр деформацияланышы, башкача айтканда анын бөлүктөрүнүн бири – бирине карата жылышы, катуу телолордун кыймылын үйрөнүүнү татаалдаштырат. Ошондуктан, каралган маселени жеңилдетүү максатында абсолюттук катуу тело деген моделди киргизебиз. Кандайдыр бир күчтүн таасири астында тело дуушар болгон деформацияны эске албай коюшка мүмкүн болсо, анда бул телону абсолюттук катуу тело деп атайбыз. Абсолюттук катуу тело өзү аркылуу өткөн OO_1 , огунун айланасында айлансын дейли. Телонун айлануу кыймылынын кинетикалык энергиясын аныктоо үчүн, аны материалдык чекит деп кароого мүмкүн болгондой майда бөлүктөргө бөлөбүз (12.4 -сүрөт).



12.4-сүрөт

Элементардык бөлүкчөлөрдүн массасы m_i , жана алардын ылдамдыктары v_i болсун дейли. Анын кандайдыр бир бөлүкчө үчүн аткарылган кинетикалык энергияны төмөнкүчө жаза алабыз:

$$E_{ki} = \frac{m_i v_i^2}{2}$$

Телонун толук кинетикалык энергиясын суммалоо аркылуу табабыз:

$$E_k = \sum E_{ki} = \sum \frac{m_i v_i^2}{2},$$

Мында $v_i = \omega R_i$ болгондуктан,

$$E_k = \sum \frac{m_i \omega^2 R_i^2}{2},$$

Мындан, $\frac{\omega^2}{2}$ бардык чекиттер үчүн бирдей жана турактуу болгондуктан, $E_k = \frac{\omega^2}{2} \sum m_i R_i^2$ деп жазабыз.

Эгерде $I = \sum m_i R_i^2$ белгилесек, анда айлануу кыймылынын кинетикалык энергиясы төмөнкүгө барабар:

$$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$$

мында I - телонун инерция моменти деп аталат. Бул формула боюнча кыймылындагы телонун кинетикалык энергиясы, ал телонун инерция моменти менен бурчтук ылдамдыгынын квадратынын көбөйтүндүсү аркылуу аныкталат.

Айлануу кыймылында инерция моменти алга умтулуу кыймылынын динамикасындагы массанын ролун аткарат. Ошондуктан, телонун инерция моменти анын айлануу кыймыл учурундагы инерттүүлүгүн мүнөздөйт деп айтабыз.

Материалдык чекиттин материалдык чекити деп-кароого мүмкүн болгон телонун бөлүктөрүнүн m_i айлануу кыймылындагы инерция моменти

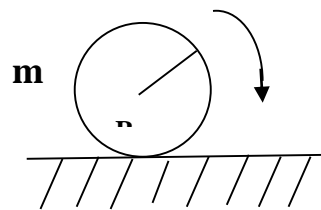
$$I_i = m_i R_i^2$$

барабардыгы менен аныкталат. Материалдык чекиттин инерция моменттеринин, чекиттин массасын анын айлануу огуна чейинки аралыкта квадраттарына болгон көбөйтүндүсүн барабардыгын телонун инерция моментинин эквиваленттүүлүгү деген түшүнүк колдонулат. Массалары барабар болбосо да массаларынын радиустун квадратына болгон көбөйтүндүсү барабар болушкан, инерция моменттери өз ара эквиваленттүү деп аталат.

Эгерде тело бир эле учурда айлануу жана алга умтулуу кыймылында болсо, анда телонун кыймылынын энергиясы $mv^2/2$ жана $I\omega^2/2$ энергияларынын суммаларынан турат.

Мисалы, тоголотулган шар, машиналардын дөңгөлөктөрү ушундай кыймылда болушат (12.5 - сүрөт).

Мында E_k – кыймылдын толук кинетикалык энергиясы.



12.5-сүрөт

$$E_k = \frac{m v^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2}$$

Туура геометриялык формадагы телолордун инерция моменттери.

Телонун берилген окко карата инерция моменти, материалдык чекиттердин бул окко карата инерция моменттеринин суммасы аркылуу аныкталарын билдик.

$$I = \sum m_i R_i^2$$

Бир эле телонун инерция моменти, анын ар кандай айлануу огуна карата ар түрдүү болот.

Мисалга, массасы m жана радиусу R болгон ичи көндөй цилиндр OO' огунда айланасын дейли (12.6 - сүрөт).

Цилиндрди түзүүчүсүнө параллель кылып эң майда тилкечелерге бөлөбүз. Цилиндр өтө жука деп алынгандыктан, тилкенин калыңдыгы боюнча радиусу бирдей деп эсептейбиз. Эгерде тилкечени

материалдык чекит деп, анын массасын Δm_i

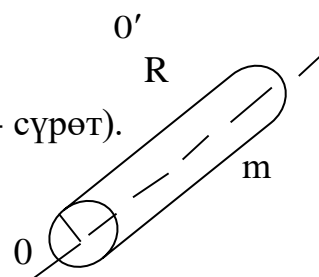
деп алсак, анда бул тилкенин инерция моменти

$\Delta I_i = \Delta m_i R_i^2$ болот. Цилиндрдин толук инерция моменти тилкечелердин инерция моменттеринин суммасы боюнча табылат:

$$I = \sum \Delta I_i = \sum \Delta m_i R_i^2 = mR^2$$

формуласы айлануу огу OO' болгон шакек үчүн да туура.

Эгерде телонун масса борбору аркылуу өткөн огуна карата инерция моменти белгилүү болсо, анда бул окко жарыш (параллель) болгон ар кандай башка окко карата телонун инерция моменти **Штейнердин теоремасы боюнча аныкталат**: Телонун ар кандай башка окко карата инерция моменти – телонун масса борбору аркылуу өткөн параллель окко карата



12.6-сүрөт

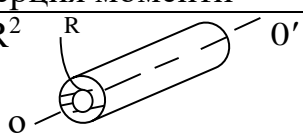
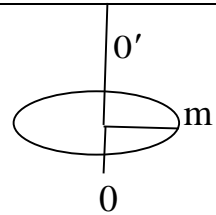
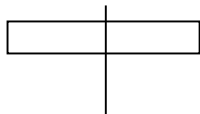
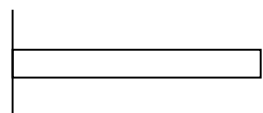
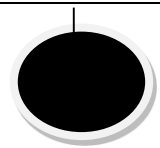
инерция моменти менен анын массасынын бул эки октун аралыгынын квадратына болгон көбөйтүндүсүнүн суммасына барабар

$$I = I_0 + md^2$$

Мында I_0 - телонун масса борбору аркылуу өткөн окко карата инерция моменти, m - массасы, d - эки параллель октордун ортосундагы аралык.

Кээ бир телолордун инерция моменттеринин формулаларын (12.1) – таблицادا келтиребиз.

12.1-таблица

| Тело | Айлануу огунун абалы | Инерция моменти |
|---|--|---|
| Ичи көндөй радиусу R Болгон цилиндр же шакек | Айлануу огу OO' цилиндрдин түзүүчүсүнө перпендикуляр абалда өтөт. | mR^2  |
| Радиусу R болгон цилиндр же диск | Айлануу огу OO' цилиндрдин түзүүчүсүнө перпендикуляр өтөт. | $\frac{1}{2}mR^2$  |
| Узундугу l болгон ичке, түз стержень | Ок стерженге перпендикуляр жана стержендин тең ортосунан өтөт | $\frac{1}{12}ml^2$  |
| Узундугу l болгон ичке, түз стержень | Ок стерженге перпендикуляр жана стержендин бир жак учунан өтөт | $\frac{1}{3}ml^2$  |
| Радиусу R болгон шар | Ок шардын геометриялык борбору аркылуу өтөт | $\frac{2}{5}mR^2$  |

Катуу телонун өз айлануу огуна салыштырмалуу инерция моменти $I = \int r^2 dm$ формуласы боюна аныкталат, мында интегралдоо телонун бүткүл көлөмү боюнча алынат жана төмөндөгүдөй формулалар алынат:

1. Тугаш, бир тектүү цилиндрдин (дисктин) өз огуна салыштырмалуу инерция моменти $I = \frac{1}{2}mR^2$.

2. Көңдөй цилиндрдин (шакектин) өз огуна салыштырмалуу инерция моменти $I = m \cdot \frac{R_1^2 + R_2^2}{2}$, мында R_1 - цилиндрдин ички, R_2 - сырткы радиусу, m – анын массасы.

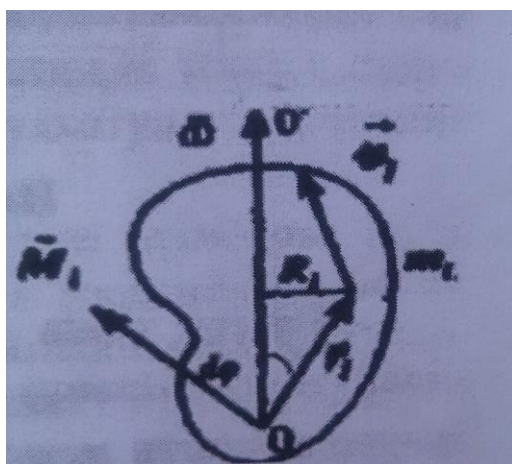
3. Өтө жука көңдөй цилиндр үчүн $I = mR^2$.

4. Бир тектүү, радиусу R болгон шардын өз борбору аркылуу өтүүчү окко салыштырмалуу инерция моменти $I = \frac{2}{5}mR^2$.

5. Бир тектүү стержендин анын узундугуна перпендикуляр багытта тең ортосунан өткөн окко салыштырмалуу инерция моменти $I = \frac{1}{12}ml^2$

Айлануу кыймылынын динамикасынын негизги закону

Кыймылсыз окко бекитилген тело кандайдыр күчтүн таасиринде айланууга келтирилсин дейли (12.7 – сүрөт). Телонун O чекити аркылуу өтүүчү окко карата жалпы инерция моменти I болсун деп эсептейли.



12.7-сүрөт

O чекитинен кандайдыр R_i аралыкта жаткан чекитке багыты чиймеде көрсөтүлгөн багыт менен телого \vec{F} күчү аракет кылсын. Анда тело күчтүн аракети менен бурчтук ылдамданууга ээ болот. Телого аракет кылган күчтүн аткарган жумушу ал телонун айлануусунун кинетикалык энергиясын арттырууга жумшалат. Чексиз кичине dt убакыт ичинде аткарылган бул жумуштун чондугу:

$$dA = FdS$$

Мында $dS - dt$ убакыт ичиндеги чекиттин басып өткөн жаасынын узундугу. Бурулуу бурчу өтө кичинекей болгондуктан $(tg \varphi) \approx \varphi$ $dS \approx R d\varphi$ деп жазууга болот. Анда

$$dA = FRd\varphi$$

алабыз. Айлануучу телонун кинетикалык энергиясы $E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$

болгондуктан, анын чексиз кичине убакыт ичинде өзгөрүшү

$$dE_k = d(I\omega^2 / 2)$$

Энергиянын сакталуу закону боюнча dt убакыт ичинде F күчүнүн аткарган жумушу чоңдугу боюнча кинетикалык энергиянын өзгөрүшүнө барабар $dA = dE_k$; dA жана dE_k маанилерин коюп $FRd\varphi = I\omega d\omega$

мындан $Md\varphi = I\omega d\omega$ эки жагын тең dt га бөлүп, $M \cdot \frac{d\varphi}{dt} = I\omega \frac{d\omega}{dt}$;

$$M = I \frac{d\omega}{dt} = I \cdot \varepsilon \quad 12.1$$

тендемесин алабыз. Акыркы формула айлануу кыймылынын динамикасынын негизги теңдемеси деп аталат. Ал көрүнүшү боюнча алга умтулуу кыймылындагы Ньютондун 2-законуна $F = mdv/dt$ окшош. Ошондуктан, айрым учурларда аны айлануу кыймылы үчүн Ньютондун 2 –

закону айтабыз. Бул теңдемени вектордук формада $\vec{M} = I \cdot \vec{\varepsilon}$ же

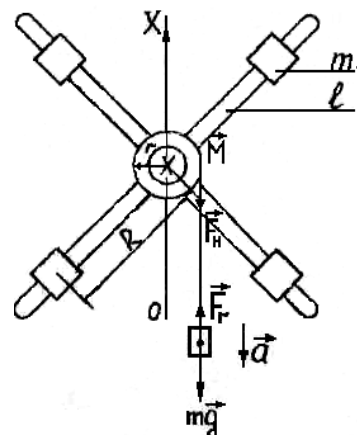
$$\vec{M} = \frac{d(I \vec{\omega})}{dt} \quad 12.2$$

түрүндө жазууга болот. Бул формуласы айлануу кыймылынын жалпы теңдемеси деп эсептелет. Себеби, бул теңдемеде инерция моменти өзгөрмөлүү болушу да мүмкүн. M жана ε вектордук чоңдуктар; I дайыма оң белгидеги скалярдык чоңдук. Демек, M жана ε векторлору ок боюнча дайыма бирдей багытталышат.

Айлануу кыймылынын динамикасынын негизги законуна кирген M жана ε чоңдуктарынын маанисин тажрыйбада аныктап, телонун I инерция моментин тапсак болот.

Обербектин маятнигинин айлануусу жөнүндөгү маселени карайлы.

Эгерде маятниктеги жипке илинген m массадагы жүк жетишээрлик чоң болсо, анда ал төмөн карай бир



калыпта ылдамдатылган кыймылга келет. Натыйжада крестовина ε бурчтук ылдамдануусу менен айланат.

Ньютондун экинчи закону боюнча жүк үчүн динамиканын негизги теңдемесин түзөбүз

12.8-сүрөт

$$m\vec{a} = \vec{F}_r + m\vec{g},$$

мында a - сызыктуу ылдамдануу, F_r - жиптин жүккө аракет эткен реакция күчү, mg - жүктүн оордук күчү. Ушул эле учурда шкивке F_k - жиптин керилүү күчү аракет этет. Бирок, Ньютондун үчүнчү закону боюнча $\vec{F}_k = -\vec{F}_r$ жиптин керилүү күчү анын реакция күчүнө модулу боюнча барабар.

$$ma = mg - F_r;$$

$$F_r = mg - ma.$$

$|\vec{F}_k| = |\vec{F}_r|$ экендигин эске алсак

$$F_k = mg - ma = m(g - a)$$

Крестовинанын айлануу кыймылы үчүн айлануу кыймылынын динамикасынын негизги теңдемесин $M = I\varepsilon$ пайдаланабыз.

M күчтүн моментин шкивке жаныма аракет эткен F_k күчү түзөт. Күчтүн моментинин багытын оң бурама эрежеси боюнча аныктайбыз.

Күчтүн моментинин аныктамасы боюнча $M = F_k \cdot r$, мында r – күчтүн ийини. Анда

$$M = m(g - a)r$$

Бурчтук ылдамдануу ε сызыктуу ылдамдануу a менен төмөнкү катыш боюнча байланышкан

$$\varepsilon = \frac{a}{r}$$

Сызыктуу a ылдамданууну төмөнкүдөй аныктайбыз. Убакыттын баштапкы моментинде m массадыгы жүктүн ылдамдыгы 0 гө барабар. Эгерде жүктүн түшүү бийиктиги h , убактысы t болсо,

$$h = \frac{at^2}{2}$$

Мындан $a = \frac{2h}{t^2}$ 12.3

же $\varepsilon = \frac{2h}{rt^2}$ 12.4

келип чыгат.

Анда күчтүн моменти $M = m\left(g - \frac{2h}{t^2}\right)r$ 12.5

Мында
$$I = \frac{M}{\varepsilon} = \frac{F_k \cdot r}{\frac{a}{r}} = \frac{F_k \cdot r^2}{a} = \frac{m(g-a)r^2}{a} = \frac{m(g - \frac{2h}{t^2})r^2 t^2}{2h} \quad \text{же}$$

$$I = \frac{m(g - \frac{2h}{t^2})r^2 t^2}{2h} \quad 12.6$$

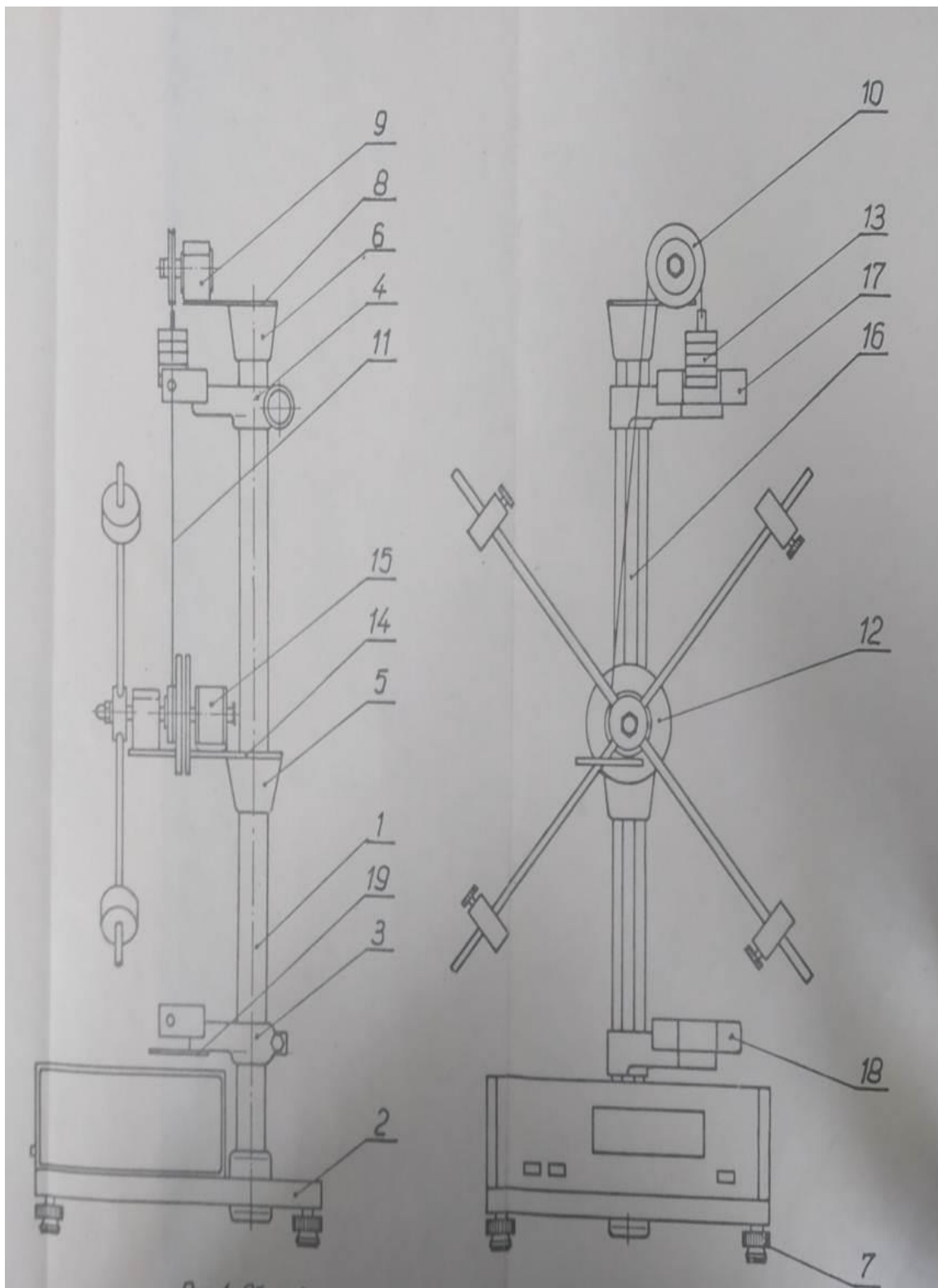
Бул формула боюнча системанын инерция моментин стерженде жүгү жок жана жүк илинген эки учурда тең аныктаса болот. Теория боюнча

$$I_T = I_0 + 4m_1 R^2 + \frac{3}{4} m_2 l^2 \quad 12.7$$

Мында I_0 - крестовинанын жүгү жок учурдагы өздүк инерция momenti.

$$I_{\text{жук}} = 4m_1 R^2 \quad 12.8$$

Стержендеги жүктөрдүн инерция momenti, айлануу огунан R аралыкта орнотулган, $\frac{3}{4} m_2 l^2$ - крестовинанын инерция momenti, l - стержендин узундугу.



12.9-сурет



12.10-сүрөт

Жумушту аткаруунун тартиби.

1-тапшырма. Бурчтук ылдамдануунун күчтүн моментинен көз карандылыгын изилдөө.

1) (Отвертканын жардамында) m_1 цилиндрлерин айлануу борборунан бирдей аралыкка жайгаштыргыла жана аларды ушул абалда крестовинага бекиткиле.

2) (Сызгычтын жардамында) жипке илинген m массадагы жүктүн түшүү бийиктигин өлчөгүлө.

3) Щтангенциркуль менен шкивдин диаметрин жип оролгон d' жана жип оролбогон d'' учурда өлчөгүлө. Андан кийин шкивдин радиусунун орточо арифметикалык маанисин аныктагыла

$$r = \frac{d_{opt}}{2}; \quad r = \frac{d' + d''}{4}.$$

4) Жипке түрдүү массадагы жүктөрдү кезеги менен илүү аркылуу, секундомердин жардамында жүктөрдүн h бийиктигенен түшүү убактысын өлчөгүлө. Ар бир жүктүн түшүү убактытын беш жолудан кем эмес ченегиле жана орточо арифметикалык маанисин t_{opt} тапкыла

$$t_{opt} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^n t_i$$

Өлчөөнү 2-3 жүк үчүн жүргүзгүлө. Жыйынтыгын 12.2-таблицага түшүргүлө.

12.2-таблица

| № | d', м | d'', м | r, м | t _i , с | t _{opt} , с | m, кг | ε, с ⁻² | M, н·м |
|---|-------|--------|------|--------------------|----------------------|-------|--------------------|--------|
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |

5) (12.4)-формула боюнча ε жана (12.5) формула боюнча M дин маанилерин эсептеп, (12.2)-таблицага түшүргүлө.

2-тапшырма. Жүктүн инерция моментин (12.6) формула боюнча эсептегиле.

Крестовинанын жүгү жок учурдагы I_0 жана жүгү бар учурдагы I инерция моменттерин аныктагыла. $I_{жук} = I - I_0$ боюнча жүктүн инерция моментин эсептегиле.

Инерция моментин теориялык эсептөө үчүн (12.8) – формуланы пайдалангыла. Өлчөөлөрдөн жана эсептөөлөрдөн алынгандарды (12.3)-таблицага түшүргүлө.

12.3-таблица

| $m_1, кг$ | $R, м$ | $m_{CT}, кг$ | $l, м$ | $I, кг \cdot м^2$ |
|-----------|--------|--------------|--------|-------------------|
| | | | | |
| | | | | |

$|\Delta I| = |I_T - I_{кр}|$, Мында ΔI - крестовинанын инерция моментинин теориялык жана эксперименталдык маанилеринин айырмасы. Салыштырма каталыкты эсептегиле.

Алынган натыйжаны анализдегиле. Анализ боюнча отчет жазгыла.

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

- 1) Айлануу динамикасынын негизги законун айтып бергиле.
- 2) Айлануу кыймылынын негизги теңдемесине кирген чоңдуктардын бирдиктери.
- 3) Катуу телонун инерция momenti деп эмнени айтабыз?
- 4) Крестовинанын инерция momenti эксперименталдык түрдө кандай аныкталат?

№13 ҮНДҮН АБАДА ТАРАЛУУ ЫЛДАМДЫГЫ ТУРУУЧУ ТОЛКУН УСУЛУ МЕНЕН АНЫКТОО

Иштин максаты: үндүн абадагы таралуусун изилдөө; туруучу толкун усулу менен үндүн абадагы ылдамдыгын аныктоо.

Иштин жабдылышы: поршени бар цилиндр формасындагы түтүк, үн генератору, осциллограф, үн тараткыч, үн кабылдагыч (микрофон), сызгыч.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

Мейкиндикте убакыттын өтүшү менен таралуучу термелүүлөр толкундар деп аталат. Термелүүлөрлөрдүн жана толкундардын эки түрү бар:

1. Механикалык термелүүлөр жана толкундар;
2. Электро магниттик термелүүлөр жана толкундар.

Жаратылышы (табияты) эки түрдүү болгон бул термелүүлөрдүн жана толкундардын закон ченемдүүлүктөрү окшош болот. Мисалы, механикалык жана электромагниттик толкундардын интерференциясынын шарты бирдей, б.а., когеренттүү толкундар гана интерференцияланышат. Серпилгичтүү чөйрөнүн бир эле чекитинде башталган термелүү ошол чөйрөдө тарала алат. Механикалык термелүүлөрдүн серпилгичтүү чөйрөдө таралуу кубулушун механикалык кыймыл деп аталат.

Механикалык толкундун эки түрү бар:

- а) туурасына таралуучу толкундар;
- б) узатасынан таралуучу толкундар.

Эгерде толкундун таралуу термелүүлөр жүргөн сызыкка перпендикуляр болсо, аны туурасынан кеткен толкун деп атайт. Мисалы, суунун бетиндеги толкун туурасынан кеткен толкун болот. Эгерде толкундун таралуу багыты термелүүлөрдүн багытына дал келсе, аны узатасынан кеткен толкун деп атайт. Мисалы, узун цилиндрдеги аба боюнча термелүүнүн таралышы.

Үн толкундары (механикалык толкундар) серпилгичтүү чөйрөлөрдө таралат. Эгерде туташ серпилгичтүү чөйрөнүн кандайдыр бир чекитинде артыкча ΔP басымы түзүлсө, анда чөйрөнүн бул абалы катып калбастан туш тарапты көздөй белгилүү бир ылдамдык менен тарала баштайт, б.а. механикалык толкун жаралат. Артыкча басым алгач чөйрөнүн кичине бөлүгүн кысып деформациялайт. Натыйжада ошол жердеги заттын тыгыздыгы жогорулап, молекулалары өз ара жакындашат. Бул өз кезегинде, молекулалардын ортосунда күчтүү түртүшүүнү жаратат. Түртүшүү күчүнүн таасири кийинки катмарларга берилип, чөйрөдө деформация, демек, толкун тарайт. Бул процессте серпилгичтүү чөйрөнүн бөлүкчөлөрүнүн термелүү багыттары толкундун таралуу багытына дал келет, б.а. серпилгичтүү чөйрөдө узунунан кеткен толкун таралат.

Эгерде чөйрөнүн кайсы бир бөлүгүндө кысылуу жана созулууларды (сейректөөлөрдү) кезектешип түзүп турса чөйрөдө үзгүлтүксүз механикалык толкун пайда болот. Эгерде артыкча басым мезгилдүү закон боюнча өзгөрсө, анда бул учурда пайда болгон толкундун ар бир чекитин мүнөздөөчү бардык параметрлер да мезгилдүү өзгөрүшөт. Мисалы, толкун - параметрлеринин өзгөрүшүнүн белгилүү жыштыгы менен мүнөздөлөт.

Серпилгичтүү чөйрөдө таралуучу жыштыгы 20 Гц тен 20000 Гц ке чейинки узунунан кеткен толкундарды адамдын угуу органдары сезет жана алар *үн толкундары* деп аталышат. Үн толкундары катуу нерсенин, пластинанын (мембрананын) ар кандай, анын ичинде гармоникалык термелүүлөрүнүн эсебинен дүүлүгөт.

Серпилгичтүү чөйрөдө таралып жаткан узунунан кеткен толкундун ылдамдыгы

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad 13.1$$

формуласы боюнча аныкталары механикадан белгилүү, мында E – чөйрөнүн Юнг модулу, ρ - чөйрөнүн тыгыздыгы.

Мына ошентип, абанын температурасына жараша андагы үндүн таралуу ылдамдыгын аныктоого болот.

Толкундун таралуу ылдамдыгы

$$v = \frac{S}{t} = \frac{N\lambda}{NT} = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu \quad 13.2$$

формуласы боюнча аныкталат, мында λ - толкун узундугу, ν - толкундун жыштыгы, T - толкундун термелүү мезгили, N – S аралыгына туура келген толук термелүүлөрдүн саны. Демек, абада таралуучу үн толкунунун жыштыгы ν белгилүү болсо анда үндүн таралуу ылдамдыгын аныктоо үчүн анын толкун узундугун (λ) билишибиз керек. Бул максатта туруучу толкундун өзгөчөлүктөрүн пайдаланабыз.

Туруучу толкундар бир түз сызык боюнча карама-каршы багытта таралуучу бирдей эки толкундун кабатталышынан пайда болгон интерференция кубулушу болуп эсептелет. Туруучу толкундар ал толкундардын жыштыктары жана амплитудалары бирдей болгондо гана байкалат. Мисалы: бир учу дубалга бекитилип коюлган аркан боюнча карама – каршы багыттар боюнча таралуучу толкунду келтирүүгө болот. Бир эле убакта жип боюнча жүгүргөн толкун кайра артты көздөй таралган толкун менен жыштыгы жана амплитудалары бирдей болгон эки толкунду пайда кылат. Алардын кошулушу туруучу толкунду берет.

Бир түз сызык боюнча бирин – бири көздөй жыштыктары жана амплитудалары бирдей толкундар таралсын дейли (13.1 - сүрөт):

$$S = A \cos(2\pi\nu t - 2\pi \frac{x}{\lambda}) \text{ термелүүчү толкундун тедемеси.} \quad 13.3$$

$$S = A \cos(2\pi vt - 2\pi \frac{x}{\lambda}) \quad \text{кайра кайткан толкундун тедемеси.} \quad 13.4$$

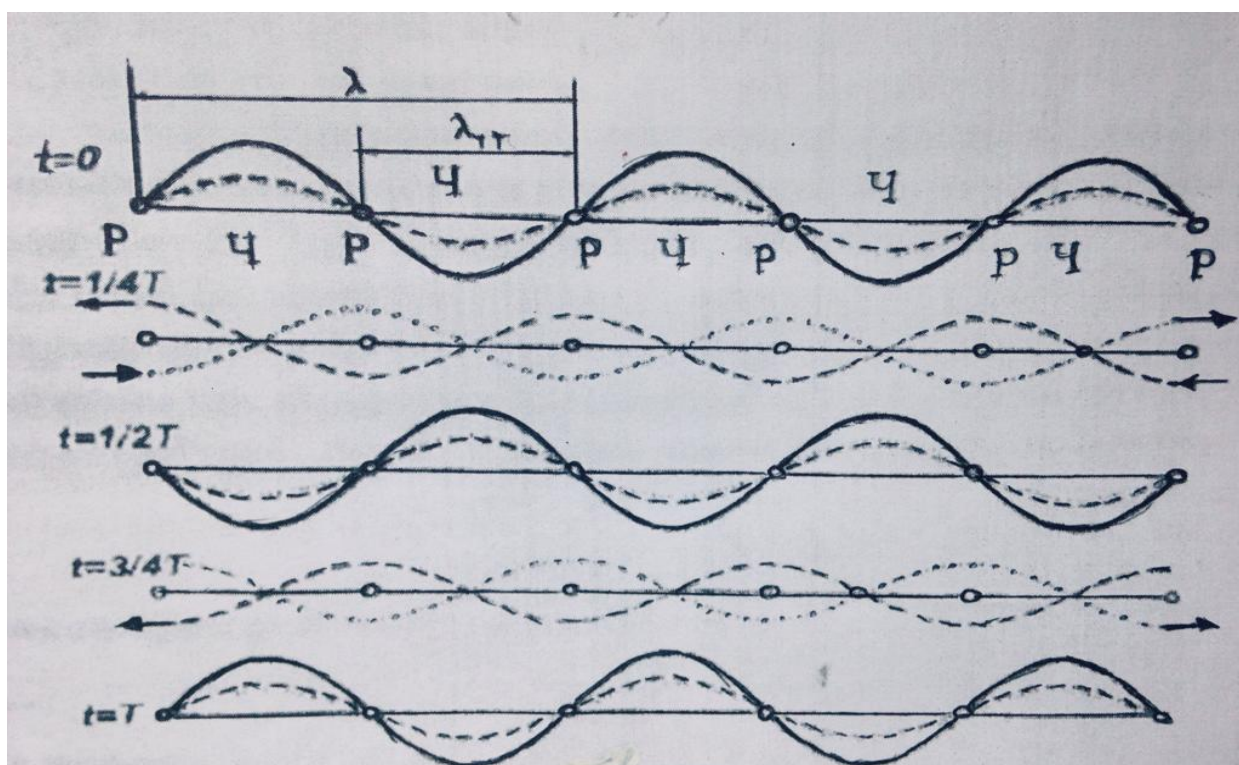
Кабатталуунун натыйжасындагы бул эки толкундун жыйынтыктоочу толкунунун, б.а. туруучу толкундун тедемеси:

$$S = S_1 + S_2 = 2A \cos(2\pi \frac{x}{\lambda}) \cdot \cos(2\pi vt)$$

же

$$S = 2A \cos(2\pi \frac{x}{\lambda}) \cdot \cos \omega t \quad 13.5$$

(13.5) – туруучу толкундун тедемеси.



13.1-сүрөт

Коңшулаш түйүндөрдүн ортосунда өркөчтөр жайланышат. Өркөчтөр Ч тамгалары менен белгиленип коюлган. Бири – биринен жарым толкун аралыгында туруучу Р чекиттери дайыма термелүүгө катышпай кыймылсыз кала беришет. Бул чекиттер түйүндөр деп аталат. Эки түйүндүн ортосундагы чекиттердин амплитудалары нөлдөн $2A$ га чейин чоңоюп, кайра нөлгө 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. Механикалык туруучу толкун таралуучу толкундан төмөнкү өзгөчөлүктөрү менен айырмаланат:

1. Туруучу толкунда чөйрөнүн айрым чекиттери термелишпейт. Мындай чекиттер түйүндөр деп аталат. Түйүндөрдө түшкөн жана чагылган толкундардын фазалары карама-каршы болушат. Ошондуктан, алар бири-бирин өчүрүшөт.

2. Туруучу толкунда айрым чекиттерде түшкөн жана чагылган толкундар фазалары боюнча толук дал келет. Бул чекиттердин термелүүлөрүнүн амплитудалары кошулуп жаткан термелүүлөрдүн амплитудаларынын суммасына барабар болот. Мындай чекиттер туруучу толкундун өркөчү (тобу) деп аталат.

3. Туруучу толкундун эки коңшулаш өркөчүнүн же түйүнүнүн арасындагы аралык, аны пайда кылган таралуучу (түшкөн жана чагылган) толкундун толкун узундугунун жарымына ($\frac{\lambda}{2}$) барабар.

4. Эки коңшулаш түйүндөрдүн арасындагы бардык чекиттердин термелүүлөрүнүн фазалары бирдей болот, башкача айтканда ал чекиттер убакыттын бирдей учурларында бирдей (же тең салмактуу, же эң чоң жылыш жана башка ушул сыяктуу) абалдарда болушат.

5. Түйүндөн солдо жана оңдо жаткан чекиттер карама-каршы фазаларда термелишет.

6. Таралуучу толкун таралуу багытына (мисалы: оңго, солго жана башка) ээ. Туруучу толкундун таралуу багыты болбойт.

7. Таралуучу толкун энергияны ташыйт. Ал эми туруучу толкун энергияны ташыбайт. (бул учурда чекиттен чекитке энергия берилбейт).

Мына ошентип, механикалык туруучу толкун чындыгында толкун эмес, ал чөйрөдөгү өзгөчө термелүү процесси болот.

Эки коңшулаш түйүндөрдүн жана эки коңшулаш өркөчтөрдүн ортосундагы аралык бирдей жана таралуучу толкундун жарым толкун узундугуна барабар. Бул чондук : $\lambda_{TT} = \frac{\lambda}{2}$ - туруучу толкундун толкун узундугу деп аталат.

Эгерде ички бетине тыгыз кептелип турган кыймылдуу поршени бар цилиндрдеги абада үн толкундарын дүүлүктүрсөк анда ал поршенден кайра чагылып артка карай таралат да түз багыттагы толкунга кабатталат. Аба мамычасынын узундугу үндүн толкун узундугунун тең жарымына эселүү

болгон учурларда, б.а. $l = n \frac{\lambda}{2}$ болгондо (мында λ - үн толкунунун

узундугу, $n = 1, 2, 3$ - бүтүн сан) түтүктө туруучу толкун пайда болот. үндүн жыштыгын өзгөртпөй туруп поршенди жылдыруу аркылуу түтүктө бир катар туруучу толкун абалдарын байкоого болот. Ал абалдар түтүктүн узундугу аркылуу төмөнкүдөй туюнтулат:

$$l_n = n \frac{\lambda}{2}; \quad l_{n+1} = (n+1) \frac{\lambda}{2}, \dots, \dots, l_{n+k} = (n+k) \frac{\lambda}{2}.$$

Мына ошентип, туруучу толкун байкалган эки коңшулаш абалдардын арасындагы аралык:

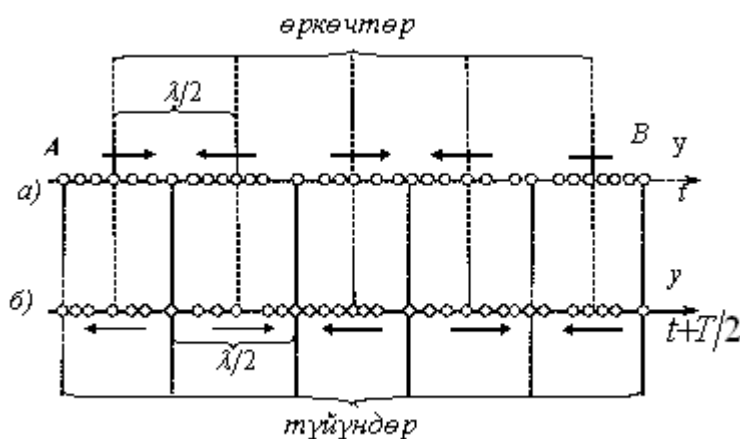
$$\Delta l = (n+1) \frac{\lambda}{2} - n \frac{\lambda}{2} = (n+1-n) \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2} \quad \text{ге барабар.}$$

Цилиндр формасындагы түтүктө туруучу үн толкуну түзүлгөн кезде толкундун поршенге тийип турган чекити анын *түйүнү* болот. Анткени, толкун тоскоолдуктан чагылганда фазасын карама-каршыга (же π ге) өзгөртөт. Түшкөн жана чагылган толкундар ал чекитте карама-каршы фазаларда болушкандыктан, бирин-бири өчүрүшөт.

(13.2)-сүрөттө түтүкчөдөгү абада узунунан кеткен туруучу толкун схемалык түрдө көрсөтүлгөн. Мында *A* чекити цилиндрдин ачык учуна, ал эми *B* чекити поршендин бетине туура келет.

Сүрөттөгү «а» жана «б» учурлары туруучу толкунда чөйрөнүн бөлүкчөлөрүнүн убакыттын термелүүнүн жарым мезгилине айырмаланган моменттериндеги абалдарын чагылдырат. Аларды өз ара салыштыруудан түйүндөрдүн чекебелинде чөйрөнүн тыгыздыгы мезгилдүү өзгөрүп турарын байкоого болот: бир түйүндөн бөлүкчөлөр эки жакка алысташса, ошол эле учурда коңшу түйүнгө эки жактан жакындашат. Бул процесс термелүү мезгилинин экинчи жарымында карама-каршы багытта кайталанат.

Эгерде түтүктүн бир учу поршень менен тосулуп, экинчи учу ачык болсо, анда түтүктө туруучу толкун түзүлгөндө анын ачык учуна толкундун түйүнү же «өркөчү» туура келет. Ошондуктан үн кабыл алгычты түтүктүн ачык учуна жайгаштырып, поршенди түтүктү бойлото жылдырсак ал жерде кезеги менен туруучу толкундун түйүндөрүн жана өркөчтөрүн байкай алабыз. Түйүндөр үн толкунунун



интенсивдүүлүгүнүн минимумуна, ал эми өркөчтөр максимумуна туура келет.

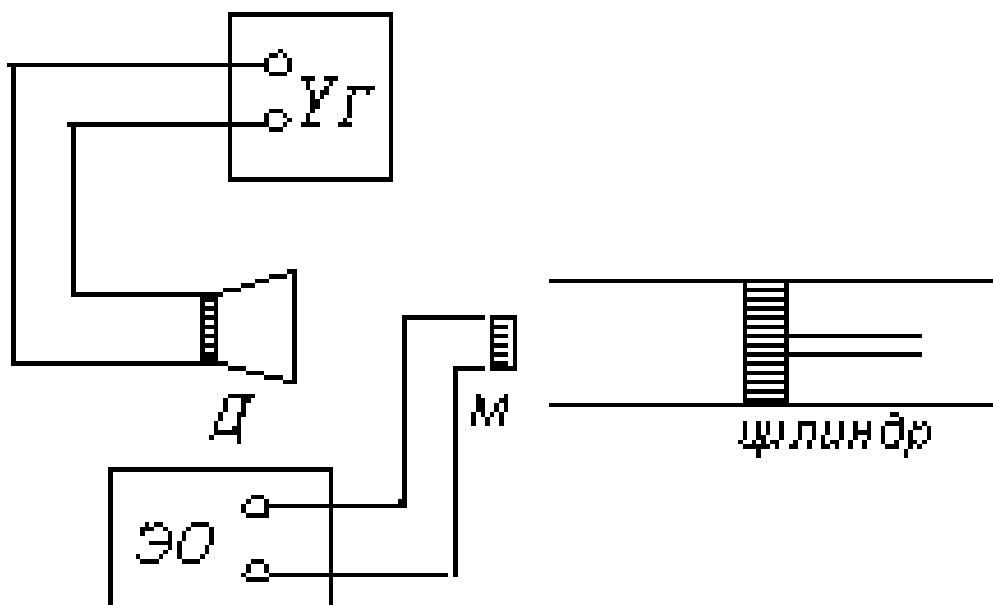
13.2-сүрөт

Эксперименталдык курулма жана ишти аткаруунун усулу

Курулма кыймылдоочу поршени бар металл цилиндр түтүгүнөн турат (13.3-сүрөт).

Түтүктүн ачык учунун алдына үн генераторуна (ҮГ) туташтырылган үн таркаткыч (динамик – Д) коюлган. Түтүктүн бул учуна, аны толук тосуп

калбагандай абалда микрофон (M) жайгаштырылат. Микрофондун зымдары электрондук осциллографтын нурду вертикалдык багытта жаюучу (Y) кыскычтарына туташтырылат.



13.3-сүрөт



13.3-сүрөт

Осциллографты электр чынжырына кошуп, тиешелүү жөндөгүчтөрдүн жардамында анын экранынын ортосунда даана горизонталдык жарык тилкесин алууга жетишебиз. Үн генераторунан үндүк жыштыктагы ($300 \div 500 \text{ Гц}$) электрдик сигналды үн таркаткычка берип, абада тиешелүү жыштыктагы үндү дүүлүктүрөбүз, анын бийиктигин тандап алабыз.

Бул учурда осциллографтын экранындагы жарык тилкеси үн жыштыгындагы синусоидага айланат. Тиешелүү жөндөгүчтөрдүн жардамында анын амплитудасын даана сезилгендей деңгээлге жеткиребиз, сүрөт экранда жылбагандай абалга жетишебиз. Түтүктөгү поршенди акырындык менен жылдырып, синусоиданын амплитудасынын өзгөрүүсүн байкайбыз.

Үндүн бийиктигин, осциллографтын сезгичтигин жана анын экранындагы сүрөттүн (графиктин) өлчөмдөрүн өзүбүзгө ыңгайлуу деңгээлге жеткирип алгандан кийин түздөн-түз ченөөлөрдү баштоого болот.

Поршенди түтүктү бойлото акырын жылдырып, анын осциллографтын экранында сигналдын максимумдары (же минимумдары) байкалган абалдары белгиленет жана ал окшош абалдардын арасындагы орточо аралык Δl аныкталат. Бул аралык, жогоруда белгилегендей, таралып жаткан үндүн толкун узундугунун жарымына барабар болот. Үндүн жыштыгын жана толкун узундугун аныктап

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu \quad 13.7$$

формуласы аркылуу үндүн абадагы ылдамдыгын аныктоого болот.

Ишти аткаруунун тартиби

1. Курулма менен таанышкыла. Үн генератору жана осциллограф менен иштөөнүн усулу боюнча окутуучудан кеңеш алгыла.

1. Үн генераторун жана осциллографты электр чынжырына туташтырып, аларды ишти аткаруунун усулунда белгилегендей жөнгө салгыла.

2. Үн генераторунан жыштыгы $\nu = 500 \text{ Гц}$ болгон электрдик сигналды микрофонго бергиле.

3. Поршенди түтүктү бойлото жылдырып, коңшулаш түйүндөрдүн (же өркөчтөрдүн) арасындагы аралыктарды ченегиле, алардын $\overline{\Delta l}$ орточо

маанисин эсептегиле жана $\overline{\Delta l} = \frac{\lambda}{2}$ барабардыгын колдонуп, үндүн толкун узундугун (λ) аныктагыла.

4. Үндүн абадагы ылдамдыгын (13.7)-формуласынын жардамында эсептегиле.

5. Бөлмөдөгү абанын температурасын аныктагыла, үндүн абадагы ылдамдыгын таблица боюнча салыштыргыла.

6. Үндүн жыштыгын өзгөртүп, тажрыйбаны бир нече жолу кайталагыла, ар бир учур үчүн ν ны эсептегиле.

7. Тажрыйбалардын натыйжаларын таблицага түшүргүлө:

13. 1-таблица

| Чоңдук- тар | ν (Гц) | Δl (м) | $\overline{\Delta l}$ (м) | λ (м) | ν (м/с) | $\bar{\nu}$ (м/с) | $\Delta \nu$ (м/с) | $\Delta \bar{\nu}$ (м/с) | $\sigma = \frac{\overline{\Delta \nu}}{\bar{\nu}} \cdot 100\%$ |
|----------------|---------------|-------------------|------------------------------|------------------|----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|--|
| 1. | | | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | | | |

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

1. Абада, катуу телолордо үн толкундары кандай таралат?
2. Абадан катуу чөйрөгө өткөн кезде үндүн таралыш ылдамдыгынын өзгөрүшүн кандай түшүндүрөсүң?
3. Үндүн толкун узундугун жана анын абадагы ылдамдыгын кантип аныктаса болот?
4. Абанын температурасы өзгөргөн кездеги андагы үндүн ылдамдыгы кандай өзгөрөт?
5. Үндүн интенсивдүүлүгүн кандай түшүнөсүңөр жана ал эмнеден көз каранды болот?
6. Толкундун интерференциясы үчүн кандай зарыл шарттар керек?
7. Кандай толкундар менен иштедиңер: узатасынан, туурасынан жалпак же сферикалыкпы?

№14. СФЕРАЛЫК БЕТТИН ИЙРИЛИК РАДИУСУН АНЫКТОО

Иштин максаты: сферометр менен иштөөнү үйрөнүү.

Иштин жабдылышы: сферометр, жалпак айнек пластина, жалпак – томпок линза.

КЫСКАЧА ТЕОРИЯ

Эгер тело сфера формасында болсо же сферанын чоң бөлүгүн түзсө, анда бул сферанын радиусун табуу кыйынчылыкты туудурбайт. Тело сферанын кандайдыр бир бөлүгүн түзсө, анда радиус деген сөздүн ордуна ийрилик радиусу деп айтышат. Эгер тело сферанын кичинекей бөлүгүн түзсө, анда анын анда анын ийрилик радиусун табуу оңойго турбайт. Жалпак – томпок линза сфералык беттин кичинекей бөлүгүнө мисал боло алат. Бул учурда сферометр деп аталган куралдан пайдаланабыз. Сферометр – бул өзгөчө конструкциядагы микрометр. Анын жардамында кыйыр түрдөгү өлчөөлөрдү жүргүзүп, геометриялык түзүүлөрдүн жардамында сфералык беттин кичинекей бөлүгүнүн ийрилик радиусун эсептеп алууга болот.

Сферометр борборуна микрометрдик винт орнотулган үч шыйрактуу металл конструкцияны элестетет (14.1) – сүрөт.



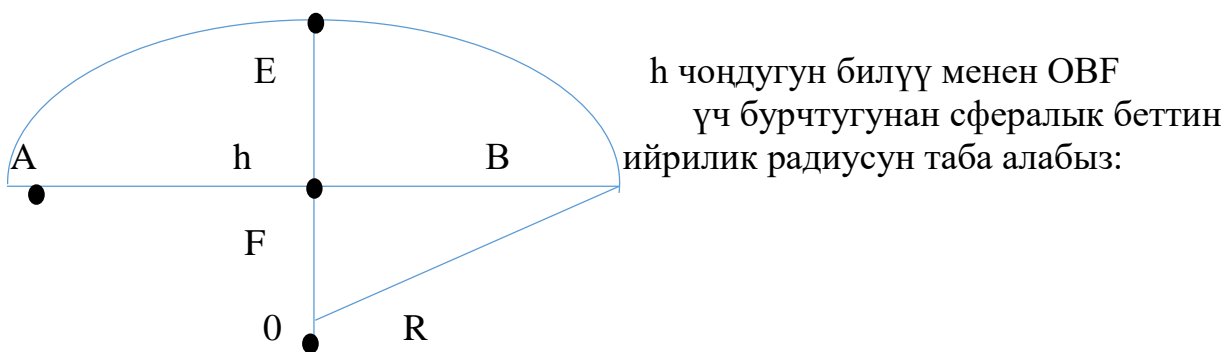
14.1-сүрөт

Микрометрдик винттин жогорку бөлүгүнө *тегерек лимб* бекитилген. Лимб өз ара барабар 500 бөлүккө бөлүнгөн. Шкала лимбдин каптал жагына вертикалдык абалы орнотулган. Шкаланын бир бөлүгүнүн баасы 0,5 мм. Микрометрдик винттин бир толук тегеренүүсү анын 0,5 мм аралыкка которулуусун камсыз кылат. Лимбдеги бөлүктөрдүн саны 500 экендигин эске алсак, анда сферометрдин өлчөө тактыгы 0,001 мм боло тургандыгы келип чыгат: $(0,5 \text{ мм} : 500 = 0,002 \text{ мм})$

Микрометрдик винттин огуна атайын көзөнөкчө жасалып, ага болоттон жасалган шток киргизилген. Штоктун эки учу тең жакшылап учталган. Штоктун төмөнкү учу сфералык беттин үстүнө такалат. Лимбдин үстүндөгү планкада эки рычаг бар. Штоктун жогорку учу ушул эки рычагдуу системанын төмөнкү рычагынын түп жагына барып такалат. Ушул төмөнкү рычагдын бош учу жогорку рычагдын түп жагына тийип турушу керек.

Натыйжада, болот штоктун арзыбаган аралыкка которулуусу жогорку рычагдын сезилээрлик четтөөсүн камсыз кыла алат. Экинчи рычагдын түп жагы атайын планкада орнотулган жалпак пластина боюнча жылып жүрө алат. Бул пластинада атайын белги бар. Экинчи рычагдын түп жагын ушул белгинин (орусча “риска” деп аталат) тушуна орнотуу керек. Мындай конструкция өлчөөнүн жогорку тактыгын камсыз кыла алат. Буга ишенүү үчүн лимбди 2-3 бөлүккө буруп көргүлө. Бул учурда экинчи рычагдын учу (аны мындан ары “жебе” деп атайбыз) ордунан жыла түшкөнүн куралсыз көз менен байкоого болот.

Сферометрдин шыйрактары өз ара барабар аралыктарда жайгашкан, башкача айтканда анын шыйрактарын өз ара туташтырып, тең жактуу үч бурчтукту алабыз. Бул аралыкты табуу үчүн жумшак, тегиз нерсенин үстүнө коюлган кагазга сферометрди коюп, бир аз ныгырабыз. Кагазга шыйрактардын учтарынын изи түшүп калуусу керек. Бул үч чекитти сызгыч менен туташтырып, алынган үч бурчтуктун жактарын өлчөп, орточосун табабыз. Сферометрдин жардамында шыйрактардын учу менен сфералык беттин E жогорку чекитинин ортосундагы h аралыкты оңой эле өлчөп алса болот.



14.2-сүрөт

$$R^2 = \left(\frac{AB}{2}\right)^2 + (R - h)^2$$

AB=AC=CB=a деп белгилесек,

анда $R^2 = \frac{a^2}{4} + (R - h)^2$ же $R^2 = \frac{a^2}{4} + R^2 - 2Rh + h^2$

$$2Rh = \frac{a^2}{4} + h^2$$

$$\text{Мындан} \quad R = \frac{a^2}{8h} + 0,5h \quad 14.1$$

боло тургандыгы көрүнүп турат.

Ишти аткаруу

1. Сферометрдин түзүлүшү менен таанышкыла.
2. Сферометрди жалпак айнек пластинага коюп, эсептөөнүн баштапкы чекитин аныктагыла. Бул үчүн лимбди саат жебеси боюнча бурагыла. Мында микрометрдик винт улам ылдый түшө баштайт. Штоктун учу айнекке тийгенде лимбди бураганды токтоткула. Бул учурда үстүңкү рычагдын учу, башкача айтканда жебе өлчөөчү пластинадагы белги сызыкка туура келиш керек.
3. Эсептөөнү баштоонун нөлдүк маанисин жазып алгыла: вертикалдык шкаладагы чоңдукка ушул шкалага туура келген лимбдин көрсөтүүсүн кошкула. Бул сандарды окуу үчүн вертикалдык шкала менен лимбдин өз ара тийишкен жерин карагыла.
4. Жалпак айнек пластинасына кесилген сфералык бетти койгула. Сферометрдин винтин жогору көтөргүлө. Бул үчүн лимбди саат жебесине каршы айландыргыла. Сфералык бет сферометрдин шыйрактарынын ортосуна бата тургандай өлчөмдө болсун. Сферометрди линзанын үстүнө койгула.
5. Лимбди саат жебеси боюнча бурап, штоктун учу сфералык бетке тийгенде буруону токтоткула. Жебеге туура келген санга лимбдин көрсөтүүсүн кошкула. Өлчөөнү 0,001 мм тактыкта жүргүзгүлө.
6. Алынган чоңдуктан 3 – пунктта табылган нөлдүк маанини кемиткиле. Ушул чоңдук (14.1)-формулага катышкан h чоңдугун берет.
7. Сферометрдин ортосундагы аралыктарды өлчөп, алардын орточо маанисин, башкача айтканда (14.1)-формуладагы a чоңдугун тапкыла.
8. (14.1)-формула боюнча сфералык беттин ийрилик радиусун эсептегиле.
9. Өлчөөлөрдү 4-5 жолу кайталагыла.
10. Иштин жыйынтыгын таблицага түшүргүлө.

14.1-таблица

| № | Эсептөөнүн нөлдүк (баштапкы) мааниси | Прибордун кийинки көрсөтүүсү | h | a | R | σ |
|---|--------------------------------------|------------------------------|-----|-----|-----|----------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| | | | | | | |

БИЛИМДИ ТЕКШЕРҮҮ ҮЧҮН СУРООЛОР

1. Сферометрдин түзүлүшү.
2. Сферометрдин көрсөтүүсүн кантип эсептөөгө болот.
3. Лимбдин жана вертикалдык шкаланын сызыктарынын баасын кантип таба алабыз.

ТИРКЕМЕЛЕР
Эл аралык системалык негизги бирдиктер (СИ).

1-таблица

| № | Чондуктардын аттары | Өлчөө бирдиктери | Белгилениши |
|-------------------|---------------------|------------------|-------------|
| Негизги бирдиктер | | | |
| 1 | Узундук | метр | м |
| 2 | Масса | килограмм | кг |
| 3 | Убакыт | секунда | с |
| 4 | Температура | Кельвин | К |
| 5 | Электр тогунун күчү | Ампер | А |
| 6 | Жарык күчү | Кандела | Кд |
| 7 | Заттын саны | моль | моль |
| Кошумча бирдиктер | | | |
| 1 | Жалпак бурч | радиан | Рад |
| 2 | Денелик бурч | стерадиан | Стер |

Турактуу чондуктар

2-таблица

| | |
|------------------------------|---|
| Эркин түшүүнүн ылдамдануусу | $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ |
| Гравитациялык турактуулук | $\gamma = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ |
| Жердин массасы | $5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$ |
| Жердин радиусу (орточо) | $6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$ |
| Жер-Ай борборлорунун аралыгы | $3,84 \cdot 10^8 \text{ м}$ |
| Айдын Жерди айлануу мезгили | $2,36 \cdot 10^6 \text{ с}$ |

Механиканын негизги чоңдуктары

3-таблица

| № | Аталышы | Белгилениши жана формуласы | Бирдиги (СИ) |
|----|---|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Ылдамдык | $v = \frac{\Delta r}{\Delta t}$ | м/с |
| 2 | Ылдамдануу | $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ | м/с ² |
| 3 | Күч | $F = ma$ | Н (кг м/с ²) |
| 4 | Басым (чыңалуу) | $P = F/S$ | Па (Н/м ²) |
| 5 | Тыгыздык | $\rho = m/V$ | кг/м ³ |
| 6 | Импульс (кыймыл саны) | $k = mv$ | кг м/с |
| 7 | Жумуш | $A = FS$ | Дж (Н м) |
| 8 | Кинетикалык энергия | $E_k = \frac{mv^2}{2}$ | Дж |
| 9 | Потенциалдык энергия | $E_n = mgh$ | Дж |
| 10 | Потенциалдык энергия (серпилгич пружина үчүн) | $E_n = \frac{kx^2}{2}$ | Дж |
| 11 | Кубаттуулук | $N = A/t$ | Вт ($\frac{\text{Дж}}{\text{с}}$) |
| 12 | Күчтүн моменти | $M = [FR]$ | Нм |
| 13 | Инерция моменти | $I = mR^2$ | кгм ² |
| 14 | Айлануу кыймылынын кинетикалык энергиясы | $E_k = \frac{I\omega^2}{2}$ | Дж |
| 15 | Бурчтук ылдамдык | $\omega = \Delta\varphi/\Delta t$ | рад/с |
| 16 | Бурчтук ылдамдануу | $\varepsilon = \Delta\omega/\Delta t$ | рад/с ² |
| 17 | Айлануу жыштыгы | $\nu = 1/T$ | Гц |
| 18 | Импульс моменти | $L = I\omega$ | кгм ² рад/с |

**Алга умтулуу жана айлануу кыймылдарынын формулаларын
салыштыруу**

4-таблица

| Алга умтулуу кыймылы | Айлануу кыймылы |
|--|---|
| $v = S/t$ | $\omega = \frac{\varphi}{t} \cdot \omega = 2\pi/T$ |
| $S = v \cdot t$ | $\varphi = \omega \cdot t \cdot \varphi = 2\pi N$ |
| $v = dS/dt$ | $\varphi = d\varphi/dt$ |
| $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2S}{dt^2}$ | $\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$ $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$ |
| $v = v_0 + at$ | $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$ |
| $S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \cdot v = \sqrt{2aS}$ | $\omega = \omega_0 t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$ |
| $v = \omega \cdot R$ | $\omega = v/R$ |
| $a_r = \varepsilon \cdot R$ | $\varepsilon = a_r/R$ |

Ар кандай заттардын ортосундагы сүрүлүү коэффициенттери

5-таблица

| Сүрүлүүчү заттар | Сүрүлүү коэффициенти | Сүрүлүүчү заттар | Сүрүлүү коэффициенти |
|------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Болот-болот | 0,17 | Болот-Жердин | 0,2-0,4 |
| Болот-чоюн | 0,17 | катуу бети | |
| Темир-темир | 0,3 | Резина-Жердин | 0,4-0,6 |
| Темир-коло | 0,2 | катуу бети | |
| Болот-муз | 0,02 | Жыгач-муз | 0,0-3,5 |

Материалдардын серпилгичтүүлүк мүнөздөмөлөрү

6-таблица

| Материалдардын аттары | Юнг модулу 10^7Н/м^2 | Жылыш модулу 10^7Н/м^2 |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Болот | 20000-22000 | 8000 |
| Темир | 19000-21000 | 8000 |
| Жез | 12000 | 4500 |
| Коргошун | 1700 | 560 |

| Ондук, эселик жана үлүштүк бирдиктер (приставка-кыстырма) | | | | | |
|---|----------|------------|-----------------|----------|------------|
| Эселик | | | Үлүштүк | | |
| Кыскача аталышы | Белгилөө | Көбөйтүндү | Кыскача аталышы | Белгилөө | Көбөйтүндү |
| Экса | Е | 10^{18} | Атто | А | 10^{-18} |
| Пета | П | 10^{15} | Фемто | Ф | 10^{-15} |
| Тера | Т | 10^{12} | Пико | П | 10^{-12} |
| Гига | Г | 10^9 | Нано | Н | 10^{-9} |
| Мега | М | 10^6 | Микро | мк | 10^{-6} |
| Кило | К | 10^3 | Милли | М | 10^{-3} |
| Гекто | Г | 10^2 | Сантис | С | 10^{-2} |
| Дека | Да | 10^1 | Деци | Д | 10^{-1} |
| Айнек | | 5000 | | | - |
| Жыгач | | 1000 | | | - |

7-таблица

8-таблица

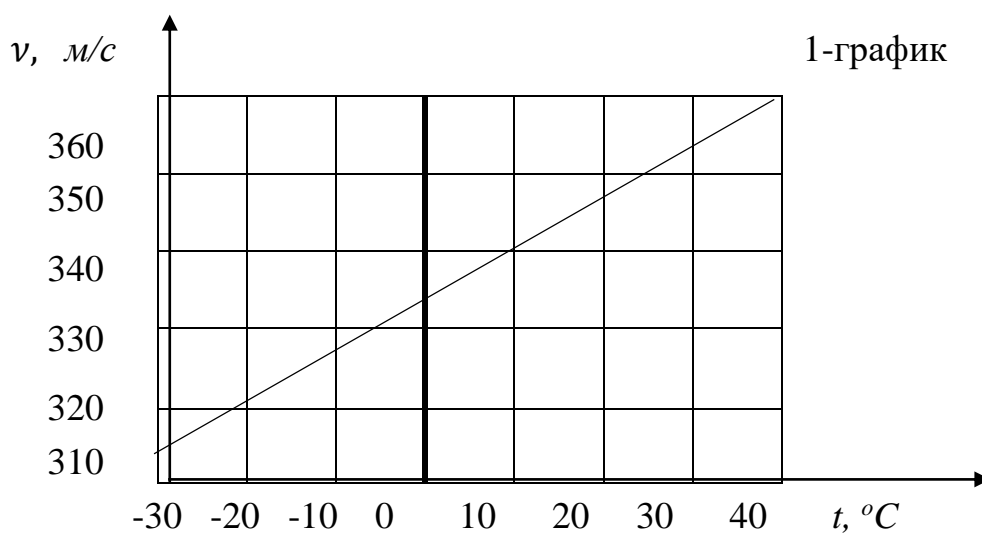
| Үн толкундары | |
|---|---|
| <p>үн (акустикалык) толкундары – механикалык термелүүлөрдүн серпилгичтүү чөйрө боюнча таралышы. үн - жыштыгы 17 Гц тен чоң, 20000 Гц тен кичине болгон механикалык толкун.</p> | |
| Термелүү жыштыгынын диапозону: $20\text{Гц} \leq \nu \leq 20000\text{Гц}$ | Толкун узундугу диапозону: $17\text{мм} \leq \lambda \leq 19\text{мм}$ |
| жыштыгы $\nu < 20$ Гц – инфра үндөр; үндөр | жыштыгы $\nu > 20\ 000$ Гц – ультра |

Түрдүү температурадагы үндүн абадагы таралуу ылдамдыгы

9-таблица

| $t, ^\circ C$ | c | | $t, ^\circ C$ | c | |
|---------------|-------|--------|---------------|-------|--------|
| | $м/с$ | $км/с$ | | $м/с$ | $км/с$ |
| -150 | 216,7 | 780,1 | 30 | 348,9 | 1256,2 |
| -100 | 263,7 | 949,2 | 50 | 360,3 | 1296,9 |
| -50 | 299,3 | 1077,6 | 100 | 387,1 | 1393,7 |
| -20 | 318,8 | 1147,8 | 200 | 436,0 | 1569,5 |
| -10 | 325,1 | 1170,3 | 300 | 479,8 | 1727,4 |
| 0 | 331,5 | 1193,4 | 400 | 520,0 | 1872,1 |
| 10 | 337,3 | 1214,1 | 500 | 557,3 | 2006,4 |
| 20 | 343,1 | 1235,2 | 1000 | 715,2 | 2574,8 |

Үндүн ылдамдыгынын температурадан көз карандылыгы



АДАБИЯТТАР

1. Кидибаев М.М., Шаршеев К. Жалпы физика курсу. I том. Механика.– Бишкек: Илим, 2004. – 440 б.
2. Карашев Т., Карашева Т.Т.. Физика курсу: Механика, Молекулалык физика, электр жана магнетизм. 2012-ж - Б-581 б
3. Папиев М.П. Физиканын негиздери 1- китеп 2012 ж. 306 б.
4. Черненко.В.П. Лабораторные работы по механике, часть 1 учебно-методическое пособие. г.Ош, 1989 г.-74 стр.
5. Эгембердиев Ж., Омаралиева З.И. Физикалык практикум электромагнетизм. Ош, 2012 .-140 б.
6. Омаралиева З.И., Эгемназарова А.Ж. Компьютердик технологиянын негизинде физика мугалимдерин дифференцирлеп окутууга даярдоо. Окуу колдонмо. Ош, 2013.-87 б.
7. Физикалык практикум. Молекулалык физика. Түзүүчүлөр: Ж.Эгембердиев, П.Кожобекова, Ж.Мамасадыкова. Ош, 2008.-197 б.
8. Енехович А.С. Справочник по физике и технике. Москва, 1989 г.-223 стр.
9. Государственный образовательный стандарт ВПО КР: 550200- Физико-математическое образование, 540200 - Физика, 510200 - Прикладная математика и информатика, 710100 - Информатика и вычислительная техника, 710200 - Информационные системы и технологии, 710300 - Прикладная информатика, 640200 – Электроэнергетика и электротехника. 2015 г

Басууга берилди: 30.08.2019-ж.

Форматы: 60x84 1/16
Буюртма: № 35

Көлөмү: 8,5 б.т.
Нускасы: 100 даана.

“Book-дизайн” компьютердик кызматтары
Ош шаары, И. Сулайманов к. №3.