

**O'zbekstan Respublikasi' Joqari' ha'm orta  
arnawli' bilim ministrliqi**

**Berdaq ati'ndag'i' Qaraqalpaq ma'mleketlik  
universiteti**

# **Mexanika kursi' boyi'nsha laboratoriyali'q jumi'slar**

Joqari' oqi'w ori'nlari'ni'n' fizika qa'nigeliginin' studentleri ushi'n  
arnalg'an oqi'w qollanbasi'

Oqi'w qollanbasi' uli'wma fizika kursi'ni'n' mexanika bo'limine tiyisli bolg'an laboratoriyali'q jumi'slardan ha'm bul jumi'slardi' ori'nlaw ushi'n za'ru'rli bolg'an metodikali'q ko'rsetpelerden ibarat. Mexanikag'a tiyisli qubi'li'slardi' teren'irek u'yreniw ha'm eksperimentalli'q jumi'slar ali'p bari'wda studentlerde qa'biletliklerdi, ko'nlikpelerdi payda etiw ushi'n jumi'sti'n' teoriyali'q tiykarlari', ori'nlani'w ta'rtileri, ori'nlang'an jumi'slar boyi'nsha esap beriwge kerekli bolg'an kestelerdi toltiri'w jollari', jumi'sti' ori'nlaw ushi'n za'ru'rli bolg'an metodikali'q ko'rsetpeler, su'wretler, sxemalar keltirilgen. Soni'n' menen birge oqi'w qollanbasi' universitet studentlerinin' fizika ilimi boyi'nsha teoriyali'q bilimlerde o'zlestiriwleri ha'm olardi' a'melde qollana biliwleri, orta arnawli' ha'm uli'wma bilim beretug'i'n mektepler ushi'n fizika mug'allimlerin tayarlaw sapasi'n jaqsi'lawg'a ali'p keliwi kerek. Qollanba sa'ykes ma'mleketlik standartlar tiykari'nda du'zilgen boli'p, 16 laboratoriyali'q jumi'sti' o'z ishine aladi'.

Oqi'w qollanbasi' universitetin' fizika qa'nigeligi studentleri menen bir qatarda mexanika pa'nin u'yreniwshi barli'q qa'nigeliklerdin' studentleri ushi'n da paydali' oqi'w qurali' bola aladi'.

**Du'ziwshiler:** B.Abdikamalov, J.Akimova, M.Jumabaev, X.Turekeev, R.Xojanazarova.

**Pikir bildiriwshiler:**

Fizika-matematika ilimlerinin' doktori'  
A.Kamalov.

Fizika-matematika ilimlerinin' kandidati'  
E.O'teniyazov.

Oqi'w qollanbasi' Berdaq ati'ndag'i' Qaraqalpaq ma'mleketlik universitetinin' ilimiy-metodikali'q ken'esinin' 2014-jil 1-may ku'ngi ma'jilisinde maqullandi' ha'm baspag'a usi'ni'ldi'. Protokol sani' 6.

## MAZMUNI'

Kirisiw.	4
O'lshewlerge tiyisli bolg'an uli'wmali'q tu'sinikler.	4
O'lshewler bari'si'nda jiberiletug'i'n qa'teler haqqi'ndag'i' mag'li'wmatlar.	5
O'lshew na'tiyjelerin jazi'p bari'w ha'm laboratoriya jumi'si'n ori'nlawdi'n' juwmaqlari' haqqi'nda esap du'ziw qag'i'ydalari'.	7
Fizikali'q praktikumi'ndag'i' studentlerdin' shi'ni'g'i'w jumi'slari'.	7
Studentler ushi'n esletpeler.	8
Mexanika boyi'nsha laboratoriyali'q jumi'slardi' ra'simiylestiriw boyi'nsha ko'rsetpeler.	9
1-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Noniuslardi' u'yreniw.	14
2-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Ta'rezide da'l o'lshew.	22
3-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Qatti' deneler menen suyi'qli'qlardi'n' ti'g'i'zli'g'i'n piknometr ha'm gidrostatikali'q usi'llar ja'rdeminde ani'qlaw.	33
4-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Prujinali' mayatniktin' terbelislerin u'yreniw.	38
5-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Baylani'sqan mexanikali'q sistemalardi'n' terbelislerin u'yreniw.	47
6-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Mayatniktin' ja'rdeminde erkin tu'siw tezleniwini tabi'w.	53
7-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Su'ykelis koefficientin tribometr ja'rdeminde ani'qlaw.	60
8-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Impulstin' saqlani'w ni'zami'n u'yreniw.	65
9-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Denelerdin' erkin tu'siw ni'zamlari'n Atvud mashinasi'ni'n' ja'rdemine u'yreniw.	72
10-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Serpimlilik modulin sterjendi sozi'w ha'm iyiw arqali' ani'qlaw.	78
11-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Qatti' denelerdin' aylanbali' qozg'ali'slari'n u'yreniw.	84
12-sanli' laboratoriyali'q jumi's. A'piwayi' formag'a iye bolg'an denelerdin' inerciya momentlerin ani'qlaw ha'm Gyuygens-Shteyner teoremasi'n burali'w terbelisleri usi'li'nda tekseriw.	89
13-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Ballastikali'q mayatnik ja'rdeminde snaryadti'n' ushi'w tezligin ani'qlaw.	96
14-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Aylani'wshi' ballastikali'q mayatniktin' ja'rdeminde snaryadti'n' ushi'w tezligin ani'qlaw.	99
15-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Sestin' hawada tarqali'w tezligin, tolqi'n uzi'nli'g'i'n ha'm hawa bag'anasi'ni'n' menshikli terbelis jiyiligin ani'qlaw.	105

16–sanli' laboratoriyali'q jumi's. Aerodinamika ni'zamlari'n 111 u'yreniw.

## **Kirisiw**

Fizika eksperimentalli'q ilim boli'p tabi'ladi'. Sonli'qtan oni' u'yreniwde eksperiment u'lken ori'ndi' iyeleydi. Fizikali'q ni'zamlar ta'jiriybeler tiykari'nda ashi'ladi', al ni'zamlardi' paydalani'wdi'n' shekleri sol ta'jiriybelerde ani'qlanadi'. Studentler fizika laboratoriyasi'nda tiykarg'i' fizikali'q qubi'li'slardi' a'sbap-u'skenelerdin' ja'rdeminde o'z ko'zleri menen ko'redi, teren'irek u'yrenedi, o'lshewler menen shug'i'llanadi' ha'm ali'ng'an na'tiyjelerdi talqi'law ja'ne qayta islew ma'seleleri menen tani'sadi'.

Uli'wma fizika kursi'nan laboratoriyali'q jumi'slardi' ori'nlaw jumi'slari'n sho'lkemlestirgende ha'm o'tkeriwde birinshi gezekte to'mendegi jag'daylarg'a di'qqat awdari'w usi'ni'ladi':

1). Studentlerdin' tiykarg'i' fizikali'q ni'zamlar menen qubi'li'slardi'n' ma'nisin teren' o'zlestiriwi;

2). Ta'jiriybe o'tkeriw usi'li'n duri's tan'lap ali'w, fizikali'q shamalardi'n' ma'nislerin o'lshewlerdin' ja'rdeminde ani'qlaw ha'm olardi'n' duri'sli'g'i'n sa'ykes formulalardi'n' ja'rdeminde tekserip ko'riw u'yreniwi;

3). A'sbap-u'skenelerdin' islewi menen fizikali'q o'lshewlerdin' na'tiyjelerin talqi'lap, matematikali'q jollar menen olardi' qaytadan islep shi'g'i'w usi'llari'n u'yreniwi.

Oqi'w qollanbasi'nda ha'r bir laboratoriyali'q jumi'sti' ori'nlaw ushi'n kerekli a'sbaplardi'n' atamalari', olardi'n' islew principi, jumi'sti'n' ori'nlani'w ta'rtibi ha'm studenttin' qarap ati'rg'an ma'sele boyi'nsha bilim da'rejesin tekserip ko'riw ushi'n qadag'alaw sorawlari' keltirilgen.

Oqi'w qollanbasi'na mexanikag'a tiyisli bolg'an 16 laboratoriyali'q jumi's kirgizilgen. Jumi'slardi' ori'nlaw ushi'n za'ru'rli bolg'an teoriyali'q mag'li'wmatlar, ta'jiriybelerdi ori'nlani'w ta'rtibi, esap beriw ushi'n kerekli bolg'an kestelerdi tolti'ri'w jollari', jumi'sti' ori'nlaw ushi'n kerekli su'wretler, sxemalar ha'm grafikler keltirilgen. Olardi'n' barli'g'i' da mexanikali'q qubi'li'slardi' teren' u'yreniwge ja'rdem beredi.

Qollanba joqari' oqi'w ori'nleri'ni'n' fizika ha'm basqa da ta'biyiy pa'nler qa'nigelikleri studentler ushi'n arnalg'an.

## **O'lshewlerge tiyisli bolg'an uli'wmali'q tu'sinikler**

Fizika ilimin u'yreniw bari'si'nda na'zerde tuti'latug'i'n ta'jiriybeler menen a'meliy shi'ni'g'i'wlar studentler aldi'ndag'i' eki maqsetti belgilep beredi:

- birinshiden, studentlerdin' o'lshew a'sbaplari', u'skeneler menen tani'si'wi'na ha'm fizikadag'i' shamalardi' o'lshewlerdin' tiykarg'i' usi'llari'n u'yreniwge imkaniyat beriw;

- ekinshiden, ta'biyattag'i' ha'r qi'yli' qubi'li's ha'm ni'zamli'qlardi'n' fizikali'q tiykarlari' menen teren'irek tani'si'w imkaniyati'n jarati'w.

A'dette qubi'li'slar menen ni'zamlardi' teren' tu'siniw ushi'n lekciyalardi'n' bari'si'ndag'i' fizikali'q demonstraciyalarda o'tkeriletug'i'n eksperimentler jetkilikli emes dep esaplanadi'. Bunday eksperimentlerdi oqi'ti'wshi' yamasa demonstraciya'li'q eksperimentti o'tkeriw xi'zmetin atqaratug'i'n laboratoriya xi'zmetkeri o'tkeredi, al student tek baqlawshi' xi'zmetin atqaradi'. Al laboratoriya'li'q jumi'slarda bolsa student baqlawlar menen o'lshewlerdi o'zi o'tkeredi ha'm sonli'qtan fizikali'q ni'zamlardi' teren'irek u'yreniwge mu'mkinshilik tuwi'ladi'.

Qa'legen fizikali'q shamani' o'lshewdin' basli' ma'nisi o'lshenip ati'rg'an shamani'n' o'lshem birligi si'pati'nda qabi'l etilgen shamadan neshe ese u'lken yamasa neshe ese kishi ekenligin ani'qlawdan ibarat. A'dette fizikali'q shamani'n' ma'nisin da'l o'lshew u'lken mashqala boli'p tabi'ladi'. Hesh bir eksperimentte massani'n', uzi'nli'qti'n', basqa da fizikali'q shamalardi'n' ma'nislerdin' da'l ma'nisin ani'qlay almaydi'.

Ko'pshilik jag'daylarda eksperimentte za'ru'rli bolg'an shama emes, al usi' shama menen baylani'sli' bolg'an basqa shamalar o'lshenedi. Bul baylani's fizikali'q ni'zamlar menen principlerden keltirip shi'g'ari'ladi' ha'm o'lshew na'tiyjelerine tiykarlani'p esaplani'p, za'ru'rli bolg'an ma'nisler ani'qlanadi'. Usi'ni'n' na'tiyjesinde ko'pshilik jag'daylarda za'ru'rli bolg'an shamani' o'lshew ushi'n usi' shama menen baylani'sli' bolg'an basqa fizikali'q shamani' yamasa bir qansha fizikali'q shamalardi' o'lshew kerek boladi'.

Fizika laboratoriyasi'nda o'lshew jumi'slari'n ori'nlawda tiykari'nan to'mendegidey operaciyalardi' ori'nlaw kerek boladi':

- o'lshewshi a'sbaplardi' tuwri'lap ornati'p ali'w;
- baqlaw ha'm o'lshew;
- ali'ng'an sanli' mag'li'wmatlardi' paydalani'p esaplaw operaciyalari'n ori'nlaw, o'lshewlerdin' da'lligi menen jiberilgen qa'teliklerdin' shamasini' ani'qlaw.

## **O'lshewler bari'si'nda jiberiletug'i'n qa'teler haqqi'ndag'i' mag'li'wmatlar**

Paydalani'p ati'rg'an qa'legen o'lshew a'sbabi'ni'n' sezgirligi menen da'lligi belgili bir sheklerge iye. Sonli'qtan o'lshewlerdin' na'tiyjeleri bizge o'lshenip ati'rg'an shamani'n' haqi'yqi'y da'l ma'nisin emes, al usi' ma'niske jaqi'n ma'nisti beredi dep boljaymi'z. Mi'sali', eger denenin' salmag'i' 0,1 mg shamasina shekemgi da'llikte o'lshewtug'i'n ta'rezide o'lshengen bolsa, onda denenin' o'lshengen salmag'i'ni'n' oni'n' salmag'i'ni'n' da'l ma'nisinen  $\pm 0,1$  mg shamasinan u'lken emes ayi'rماغ'a iye bolatug'i'nli'g'i'n an'g'ari'wi'mi'z kerek.

O'lshenip ati'rg'an shamani' o'lshem birliginin' qanday en' kishi u'lesine shekemgi da'llikte isenimli tu'rde o'lshew mu'mkin bolsa, onda sol u'lestin'

shamasi' o'lshew na'tiyjesinin' da'llik da'rejesi boli'p tabi'ladi'. O'lshew da'lliginin' da'rejesi o'lshewlerde qollani'p ati'rg'an a'sbaplarg'a ha'm o'lshewdin' uli'wma usi'llari'na baylani'sli'. Fizika laboratoriyalari'nda a'dette shamani' 0,1 procentke shekemgi da'llikte o'lshew menen sheklenedi. Tek bazi' bir jag'daylarda g'ana bir qansha da'lirek o'lshewge erisiw mu'mkin. Mi'sali', salmag'i' 200 G bolg'an denenin' salmag'i'n 0,1 mG g'a shekemgi da'llikte o'lshewtug'i'n ta'rezide 0,00005 procentke shekemgi da'lliktegi na'tiyjeni ali'w mu'mkin. Ko'pshilik jag'daylarda 0,1 procentlik da'llikte o'lshew derlik mu'mkin bolmaydi'. Bug'an temperaturani' termometrlerdin' ja'rdeminde o'lshew mi'sal bola aladi'. Temperaturani' a'piwayi' termometrlerdin' ja'rdeminde tek 0,1° da'llikke shekem, bazi' bir jag'daylarda  $\pm 0,05$  gradusqa shekemgi da'llikte o'lshew mu'mkin. Sonli'qtan temperaturani'n' o'zgeriwi 5 gradusqa jaqi'n bolsa, onda da'llik da'rejesi o'lshenip ati'rg'an shamani'n' 1-2 procentinen aspaydi'.

Demek, bazi' bir shamani' o'lshewden buri'n usi' jumi'sta paydalani'latug'i'n a'sbaplar ja'rdeminde erisiliwi mu'mkin bolg'an da'llik shegaralari'n ani'qlap ali'w kerek boladi'.

Ali'ng'an na'tiyjenin' da'lligin joqari'lati'w ushi'n o'lshewdi bir ret emes, al ta'jiriybe o'tkerilip ati'rg'an sharayatlardi' o'zgeritpey bir neshe ret qaytalaydi'.

O'lshewlerdin' bari'si'nda jiberiletug'i'n qa'telerdi sistemali' tu'rde jiberiletug'i'n ha'm tosattan jiberiletug'i'n qa'teler dep ekige bo'ledi.

Sistemali' tu'rde jiberiletug'i'n qa'teler o'lshew a'sbaplari'ni'n' kemshiligi, o'lshew da'lliginin' to'menligi, o'lshew usi'li'ni'n' duri's emesligi yamasa baqlawshi'ni'n' duri's emes o'lshewi na'tiyjesinde jiberiledi. Bunday qa'telerdin' shamasi'n ani'qlawdi'n' birden-bir joli' o'lshewlerdi ha'r qi'yl' asbaplardi'n' ja'rdeminde a'melge asi'ri'w boli'p tabi'ladi'. O'lshewlerdi bir neshe ret ta'kirarlaw ali'ng'an na'tiyjelerdegi sistemali' tu'rde jiberiletug'i'n qa'telerdin' shamasi'n kishireytpedi. Sonli'qtan bir a'sbapta sistemali' tu'rde jiberiletug'i'n qa'telerdi saplasti'ri'w ushi'n a'sbaplardi' jaqsi'lap ko'rip shi'g'i'w, ta'jiriybelerdi basqa da a'sbap-u'skenelerdin' ja'rdeminde ori'nlaw ha'm jumi'sti' ori'nlaw ushi'n jarati'lg'an sharayatlardi' jaqsi'law kerek boladi'.

Tosattan jiberiletug'i'n qa'teler ta'jiriybe o'tkiziwshinin' o'zinin' o'lshew processinin' bari'si'nda tosattan jiberetug'i'n qa'tesi na'tiyjesinde ju'zege keledi. Bunday qa'telerdin' shamasi' itimalli'qlar (statistikali'q) ni'zamli'qlari'na bag'i'nadi'.

Tosattan jiberiletug'i'n qa'telerdi saplasti'ri'wdi'n' birden-bir joli' o'lshewler sani'n mu'mkinshiligi bolg'ani'nsha ko'beytiw boli'p tabi'ladi'.

Fizikali'q ta'jiriybeler na'tiyjelerin qayta islew usi'llari' usi' qollanbani'n' aqi'ri'nda dizimi keltirilgen arnawli' tu'rde shi'g'ari'lg'an oqi'w qollanbalari'nda toli'q tu'rde ta'riyiplengen.

## **O'lshew na'tiyjelerin jazi'p bari'w ha'm laboratoriya jumi'si'n ori'nlawdi'n' juwmaqlari' haqqi'nda esap du'ziw qag'i'ydalari'**

Ha'r qanday eksperimentalli'q jumi'sti'n' na'tiyjeli shi'g'i'wi' tek o'lshew metodikasi'n tuwri' tan'lap ali'ni'wi'na, paydalani'latug'i'n a'sbap-u'skenelerdin' da'lligine, o'lshew jumi'slari'n puqtali'q penen ori'nlawg'a g'ana baylani'sli' boli'p qalmay, o'lshew na'tiyjelerin duri's ha'm sistemali' tu'rde jazi'p bari'wg'a da baylani'sli'. Usi'g'an baylani'sli' fizikali'q praktikum (laboratoriyali'q jumi'slardi' ori'nlaw) ushi'n o'z aldi'na da'pter – laboratoriyali'q jumi's jurnali'n du'ziw kerek boladi'. Bul jurnal'g'a jumi'sti'n' ati', o'lshew usi'llari' ha'm sxemalari', o'lshew na'tiyjeleri boyi'nsha ani'qlanayi'n dep ati'rg'an shamani' esaplaw formulalari' ha'm ali'ng'an na'tiyjeler jazi'ladi'.

O'lshewde ali'natug'i'n shamalardi' jazi'w ushi'n aldi'n-ala tiyisli keste du'zip qoyi'w kerek. Bul kestedede usi' jumi'stag'i' o'lshew na'tiyjeleri toli'q jazi'ladi'. En' keyingi na'tiyje, jiberilgen qa'tenin' shamasi' o'lshew na'tiyjelerine tiykarlani'p sa'ykes matematikali'q usi'llardi'n' ja'rdeminde esaplaw joli' menen tabi'ladi'.

Laboratoriyali'q jumi'sti'n' na'tiyjeleri boyi'nsha esap du'zgende studenttin' o'lshewler na'tiyjelerin ha'm olardi' qayta islep shi'g'i'wda ali'ng'an mag'li'wmatlardi' toli'q jazi'wi' talap etiledi.

### **Fizikali'q praktikumi'ndag'i' studentlerdin' shi'ni'g'i'w jumi'slari'**

1. Student kelesi laboratoriyali'q jumi'sti' ori'nlaw haqqi'ndag'i' tapsi'rmani' oqi'ti'wshi'dan jumi'sti' ori'nlamastan buri'n keminde bir ha'pte buri'n aladi'. Jumi'sti'n' ta'riyiplemesindegi ko'rsetilgen a'debiyatlardan paydalani'p, student joqari'da bayan etilgen ko'rsetpelerge muwapi'q jumi'sti' ori'nlawg'a tayarli'q ko'redi.

2. Oqi'ti'wshi' ha'r bir jumi'sti' ori'nlaw aldi'nda studenttin' jumi'sqa tayar ekenligi awi'zsha sorawlar berip tekseredi; eger student jumi'sti' ori'nlawg'a tayar dep esaplansa, onda og'an laboratoriyali'q jumi'sti' ori'nlawg'a ruqsat beriledi. Oqi'ti'wshi' studentke eksperimentalli'q jumi'sti' ori'nlawg'a ruqsat bergenciligin laboratoriya jurnali'na belgilep qoyadi'.

3. Student laboratoriyali'q jumi'sti' ori'nlaw bari'si'nda oqi'ti'wshi'ni'n' qadag'alawi'nda boladi'. Oqi'ti'wshi' laboratoriyali'q jumi'stag'i' o'lshewlerde ali'ng'an sanli' mag'li'wmatlardi'n' duri's jazi'wi'na basshi'li'q etedi ha'm bul boyi'nsha studenttin' laboratoriyali'q jumi's jurnali'na jazi'lg'an na'tiyjelerge qol qoyadi'. Oqi'ti'wshi' studenttin' eksperimentalli'q jumi'sti' tamamlang'ani'n studenttin' da'pterine ha'm laboratoriya jurnali'na jazi'p qoyi'ladi'.

5. Student eksperimentte alg'an na'tiyjelerin toli'q qayta islep shi'qqannan keyin oqi'ti'wshi'g'a tapsi'radi'. Studenttin' jumi'sti' ori'nlang'anli'g'i' haqqi'nda oqi'ti'wshi' studenttin' praktikum da'pterine ha'm laboratoriya jurnali'na jazi'p qoyadi'.

6. Bazi' bir sebepler penen oqi'ti'wshi'g'a ori'nlag'an jumi'si' haqqi'nda esap tapsi'rmag'an studentler kelesi laboratoriyali'q jumi'sti' ori'nlawg'a jiberilmeydi.

7. Fizika qa'nigeliginin' ha'r bir studenti bir oqi'w semestri dawami'nda na'zerde tuti'lg'an laboratoriyali'q jumi'slardi'n' keminde oni'n ori'nlawi' sha'rt. Bunnan son' studenttin' laboratoriyada ori'nlag'an jumi'slari' boyi'nsha alg'an bilimlari menen ko'nlikpeleri oqi'ti'wshi'g'a tapsi'ri'lg'an esaplari' tiykari'nda awi'zsha soraw-juwap o'tkeriw joli' menen ani'qlanadi'.

## **Studentler ushi'n esletpeler**

1. Laboratoriyada islew ushi'n student to'mende atlari' keltirilgen oqi'w qurallari'na iye boli'wi' sha'rt:

a). U'lken formattag'i' ko'p betlik da'pter (betlerdin' sani' 80-96). Bul da'pterdi laboratoriyali'q jumi'slar jurnali' dep ataymi'z.

b). Fizikali'q praktikum (laboratoriyali'q jumi'slar) boyi'nsha oqi'w qollanbasi', basqa da oqi'w a'debiyatlari'.

c). Millimetrli qag'az (o'lshemleri 19x28 sm bolg'an betler).

d). Rushkalar (olardi'n' ha'r qi'yli' ren'lerge iye bolg'ani' maqsetke muwapi'q keledi).

e). TM yamasa M markali' qa'lem ha'm o'shirgish.

f). Si'zg'i'sh.

Son'g'i' waqi'tlari' laboratoriyali'q jumi'slardi' ori'nlawda kompyuterler ken' tu'rde paydalani'la basladi'. Bunday jag'dayda c-f punktlerinde keltirilgen talaplardi' ori'nlawdi'n' za'ru'rli'gi jog'aladi' ha'm grafikler kompyuterdin' ja'rdeminde sa'ykes programmalar ja'rdeminde (matematikali'q programmalaw tilleri yamasa grafikler sog'i'w boyi'nsha arnawli' programmalar) sog'i'ladi'.

2. To'mendegidey unamsi'z jag'daylar ani'qlang'an jag'daylarda student kelesi laboratoriyali'q jumi'slardi' ori'nlawg'a jiberilmeydi:

a) buri'n ori'nlang'an laboratoriyali'q jumi's ha'rekettegi talaplar tiykari'nda ra'simiylestirilmegen bolsa (ra'simiylestiriw juwmaqt'i' jazi'w menen juwmaqlanadi', al juwmaq bolsa o'z ishine na'tiyjelerdi, o'lshewdin' da'lligin ha'm grafiklerdi aladi');

b) ori'nlang'an, biraq esabi' du'zilmegen ha'm oqi'ti'wshi'g'a tapsi'ri'lmag'an jumi'slar bar bolsa;

v) laboratoriyali'q jurnalda za'ru'rli' bolg'an jazi'wlar bolmasa (jumi'sti'n' ati' ha'm qatar sani', za'ru'rli' bolg'an formulalar, ta'jiriybe o'tkeriwde qollani'latug'i'n a'sbap-u'skenenin' sxemasi', eksperimentte ali'ng'an na'tiyjelerdi jazi'w ushi'n arnalg'an kesteler);



s) student oqi'ti'wshi'ni'n' bergen sorawlarina qanaatlandi'rarli' tu'rde juwap bere almasa (laboratoriyali'q jumi'slardi' ori'nlawg'a tayarlang'anda student fizikali'q praktikumni'n' qadag'alaw ushi'n beriletug'i'n sorawlarina juwap beriwi kerek).

3. Student o'lshe'w ushi'n arnalg'an a'sbap-u'skenelerdi tek oqi'ti'wshi'ni'n' ruqsati' menen g'ana iske qosa aladi'. Jumi'sti' ori'nlawdi'n' aldi'nda a'sbaplardi'n' xarakteristikalarini'n' jazi'p ali'w ha'm o'lshe'wlerdin' izbe-izligin oylap ali'w kerek. Hesh bir za'ru'rlik bolmasa da a'sbaplardi'n' tutqalari'n' burawg'a yamasa o'zgeritiwge bolmaydi'. Laboratoriyadag'i' a'sbap-u'skenelerdin' barli'g'i' da studentlerdin' jumi's islewi ushi'n aldi'n-ala tayarlang'an boladi'.

4. Laboratoriyada qa'wipsizlik texnikasi' qag'i'ydalari'n' qatan' tu'rde saqlaw talap etiledi.

## **Mexanika boyi'nsha laboratoriyali'q jumi'slardi' ra'simiylestiriw boyi'nsha ko'rsetpeler**

Laboratoriyali'q jurnal ushi'n 11 formattag'i' (betinin' maydani' 21x29 sm), betlerinin' sani' 80-90 betten kem bolmag'an da'pter ali'nadi'. Prujinasi' bar da'pterlerdi paydalani'w usi'ni's etilmeydi.

Laboratoriyali'q jurnal ushi'n qoyi'lg'an da'pterdin' betlerin jiri'ti'p ali'w menen qosi'msha betlerdi jelimlep jabi'sti'ri'w qadag'an etiledi.

Laboratoriyali'q jurnaldag'i' na'tiyjelerdin' u'stine qag'az jabi'sti'ri'w yamasa oyi'p o'shiriw qadag'an etiledi. Duri's emes na'tiyjelerdi u'stinen bir si'zi'q si'zi'w arqali' belgilew kerek. Duri's na'tiyjeler usi' na'tiyjeler menen qatar jazi'ladi'. Eger na'tiyjelerdin' barli'g'i' da qa'te boli'p shi'qsa kesteler kaytadan si'zi'ladi' ha'm olarg'a jan'a na'tiyjeler jazi'ladi'. Duri's emes kestenin' qasi'na "duri's emes" dep jazi'p qoyi'w kerek.

Jurnaldi'n' birinshi betine to'mendegidey jazi'wlar jazi'ladi':

Fizika-matematika fakultetinin' 1-kursi'ni'n' a (b yamasa c) topari'ni'n' studenti (studenttin' ati', a'kesinin' ati' ha'm familiyasi' toli'q jazi'ladi') laboratoriyali'q jurnali'.

Da'pterdin' on' ta'repi laboratoriyali'q jumi'sti'n' taza jazi'wlari' ushi'n arnalg'an. Al da'pterdin' on' ta'repine esaplawlardi' ju'rgiziw ushi'n qaldi'ri'ladi'. Esaplawlardi'n' barli'g'i' da bunnan keyin sol esaplawlar na'tiyjelerin' tekserip ko'riw mu'mkin bolg'anday etip puqta jazi'ladi'.

Ha'r bir laboratoriyali'q jumi's kirisiw ha'm mag'li'wmatlar kesteni menen baslanadi'. Kirisiw to'mendegilerdi o'z ishine aladi':

a). Ma'selenin' qi'sqasha tariyxi';

b). Du'zilitin' sxemasi' yamasa su'wreti;

c). Qa'telerdi bahalaw, olardi'n' shamasi'n' esaplaw ushi'n formulalar;

d). Boljang'an teoriyali'q g'a'rezliklerdin' su'wretleri yamasa grafikleri.

Kirisiwdin' ko'lemi da'pterdin' 1-2 betin ali'wi' sha'rt.

Kestelerdi du'zgende ha'm tolti'rg'anda to'mendegilerdi esapqa ali'w sha'rt:

1. Eger laboratoriyali'q jumi's ushi'n arnalg'an materiallar arasi'nda keste keltirilmegen bolsa, onda kesteni u'yrengen materiallar, jumi'sti'n' bayanlamasi' tiykari'nda du'zip ali'w talap etiledi. Buni'n' ushi'n kestege qanday mag'li'wmatlardi' jazi'wdi'n' kerek ekenligin, olardi'n' qanday ta'rtipte ha'm izbe-izlikte jazi'latug'i'nli'g'i'n' esapqa ali'w lazi'm. Bos qalatug'i'n bag'analar menen qatarlardi'n' boli'wi'na jol qoyi'wg'a bolmaydi'. Kestede "eskertiwler" menen "qosi'mshalardi'" kirgiziw ushi'n bag'ana qaldi'ri'w kerek.

2. Kestelerdi si'zg'anda a'piwayi' qa'lemdi paydalani'w kerek. Kestegе mag'li'wmatlardi'n' barli'g'i' da rushka menen jazi'ladi'.

3. Na'tiyje kestege o'lshewden keyin da'rhal jazi'ladi'. Qosi'msha o'lshewler o'tkerilgen jag'daylarda ali'ng'an na'tiyjeler da'pterdin' (laboratoriya jurnali'ni'n') shep ta'repine jazi'ladi'.

Grafiklerdi du'zgende to'mendegidey qag'i'ydalardi' basshi'li'qqa ali'w sha'rt:

1. Millimetrli qag'azdi'n' o'lshemleri laboratoriyali'q jurnaldi'n' betinin' o'lsheminde yamasa oni'n' yari'mi'na ten' boli'wi' kerek. Grafiktin' standart emes o'lsheми tek za'ru'rli bolg'an jag'daylarda g'ana qollani'ladi'.

2. Grafiktin' ko'sherleri, o'lshewlerde jiberiletug'i'n qa'telerdi sa'wlelendiretug'i'n noqatlar, ali'ng'an g'a'rezliklerdin' o'zleri qa'lem menen sali'nadi', al sanlardi', grafiktin' atamasi'n rushka menen jazadi'. Grafikti kompyuterdin' ja'rdeminde A4 tipidegi betke tu'siriw de mu'mkin. Grafik millimetrlerde bo'linedi.

3. Grafiktin' atamasi' sha'rtli tu'rde toli'q jazi'li'wi' kerek. Mi'sali': "Denenin' tezleniwini'n' shamasi'ni'n' ta'sir etiwshi ku'shten g'a'rezligin sa'wlelendiriwshi grafik". Atamada qi'sqarti'p jazi'wg'a bolmaydi'. Mi'sali': "a ni'n' F ten g'a'rezligi" Grafiktin' atamasi' millimetrli qag'azdi'n' joqari'si'na jazi'ladi'.

4. Masshtablar to'mendegidey talaplardi'n' ori'nlani'wi' ushi'n sa'ykes tu'rde saylap ali'nadi':

a). Eksperimentalli'q mag'li'wmatlar menen g'a'rezlilik bettin' u'lken bo'limin ali'wi' kerek;

b). Millimetrli qag'azdi'n' bir kletkasi' ko'sherge qoyi'latug'i'n shamani'n' 1, 2, 5, 10 birligine sa'ykes boli'wi' kerek;

s). Ko'sherlerge 20000, 30000, 40000 si'yaqli' sanlarg'a sa'ykes keliwshi shamalar qoyi'latug'i'n bolsa, onda bunday u'lken sanlardi'n' orni'na 2, 3, 4 ha'm basqa da sanlar jazi'li'p, ko'sherdin' ushi'nda (ko'sherdin' ushi' strelka boli'p tabi'ladi') keltirilgen fizikali'q shama  $10^{-4}$  sani'na ko'beytileti;

d). Eger si'zi'qli' g'a'rezlilik haqqi'nda ga'p etilip ati'rg'an bolsa, onda ali'ng'an si'zi'qti'n' abscissa ko'sherinin' on' ta'repindegi qi'yali'q mu'yeshi 40–70 gradus sheklerinde boli'wi' kerek;

e). Ko'sherlerdin' ha'r qaysi'si' da'pter betinin' shetinen 1,5-2 sm qashi'qli'qta turi'wi' sha'rt.

Ko'pshilik studentler grafiktin' ko'sherlerine o'lshegen shamalardi' nolden baslap qoyadi' (yag'ni'y koordinata basi'na nol sa'ykes keledi). Biraq bir qatar

jag'daylarda shamalardi' nolden baslap qoyi'wdi'n' keregi joq. Grafiklerdi du'zgende ko'sherler kesilisen noqatqa talap etiletug'i'n shamani' (biraq bul shamani'n' ma'nisi on' boli'wi' kerek) qoyi'wg'a ruqsat etiledi.

5. Ko'sherlerge tek masshtabli'q sanlar g'ana qoyi'ladi', al eksperimentalli'q noqatlar sanlari' qoyi'lmaydi'.

6. Ko'sherdin' ushi'nda strelka qasi'na o'zgeriwshi fizikali'q shamani'n' belgisi, bunnan keyin u'tir belgisi qoyi'li'p o'lshew birligi belgisi jazi'ladi'. Mi'sali': m, kg.

7. Grafikti laboratoriya jurnali'na (laboratoriyali'q jurnal'g'a) muqi'yatli' tu'rde da'pterdin' shep ta'repine jelim menen jabi'sti'ri'ladi'. Grafik si'zi'lg'an millimetrli qag'azdi'n' da'pterdin' shi'g'i'p turmawi' kerek.

8. Baylani'slardi'n' grafiklerin du'zgende to'mendegilerdi esten shi'g'armaw lazi'm:

a). Eksperimentalli'q g'a'rezliklerdin' (baylani'slardi'n') tuwri' si'zi'q tu'rinde, yag'ni'y si'zi'qli' baylani's tu'rinde ali'ng'ani' maqsetke muwapi'q keledi. Sebebi qi'yali'q mu'yeshi, ko'sherler menen kesilisiw noqatlari' ko'pshilik jag'daylarda a'hmiyetli informaciyalarg'a iye boladi'. Usi'nday maqsetlerde, yag'ni'y g'a'rezlikli' si'zi'qli' tu'rge ali'p keliw ushi'n grafiklerdi logarifmlik, kvadratli'q ha'm basqa da masshtablarda quradi';

b). Eger ta'jiriybelerde ali'ng'an baylani's (g'a'rezlik) si'zi'qli' emes boli'p shi'qsa yamasa sol baylani'sti' masshtablardi' saylap ali'w joli' menen si'zi'qli' baylani'sqa aylandi'ri'w mu'mkinshiligi tabi'lmasa, onda eksperimentalli'q grafiklerdi na'tiyjelerdin' qa'tesi oblasti'ni'n' ortasi' boyi'nsha tegislengen iymeklik tu'rinde quradi'. Bunday jag'dayda sol tegislengen si'zi'qti'n' eki ta'repindegi (asti'ndag'i' ha'm u'stindegi) noqatlardi'n' sanlari'ni'n' shama menen birdey boli'wi' kerekligi haqqi'ndag'i' qag'i'ydani' umi'tpaw kerek;

v). Kesik si'zi'qlar tu'rindagi graduirovkali'q dep atalatug'i'n grafikti bunnan bi'lay o'tkeriletug'i'n eksperimentlerde ta'jiriybe ushi'n ji'ynalg'an du'zilistin' o'zine ta'n o'zgesheliklerin esapqa ali'w ushi'n quradi'. Graduirovkali'q grafiklerdi geyde kalibrovkali'q grafikler dep te ataydi';

s). Teoriyalig' baylani'slar (g'a'rezlikler) grafiklerin si'zg'anda noqatlardi'n' qa'teleri jazi'lmaydi'. Biraq teoriyalig' formulalarg'a shamalar o'lshegende jiberiletug'i'n qa'teleri menen qatnasatug'i'n jag'daylarda noqatlardag'i' ori'n alg'an qa'telerdin' ma'nislerin jazi'w kerek;

e). Eksperimentalli'q grafikler eksperimentalli'q na'tiyjeler joq bolg'an oblastlar arqali' o'te almaydi'. Biraq ayi'ri'm jag'daylarda grafiklerde ali'ng'an si'zi'qlardi' ta'jiriybede ali'ng'an shamalardi'n' o'zgeriw intervallari'nan ti'stag'i' oblastlarda da dawam etiw mu'mkin (mi'sali' approksimaciyalag'anda, teoriyalig' na'tiyjelerdi eksperimentlerde ali'ng'an na'tiyjeler menen sali'sti'ri'p ko'rilgende ha'm tag'i' basqalar);

d). Si'zi'qli' baylani'sti' tek eki noqat boyi'nsha ani'qlawg'a bolmaydi'. U'sh noqat arqali' ani'qlang'an baylani'sti'n' duri'sli'g'i' gu'ma'n tuwdi'radi'. Sonli'qtan ali'ng'an na'tiyjelerdin' isenimli boli'wi' maqsetinde noqatlardi'n' sani'n mu'mkin bolg'ani'nsha ko'beytiwge ti'ri'si'w kerek.

9. Grafiktegi eksperimentalli'q noqatlardi' kishkene do'n'gelekler tu'rinde belgileydi. Eger baylani'slar (g'a'rezlikler) sani' bir neshe bolsa, onda mag'li'wmatlardi'n' ha'r bir seriyasi'ni'n' u'sh mu'yeshlikler, kvadratlar, boyalmag'an do'n'gelekler, boyalg'an do'n'gelekler ha'm basqa da belgiler menen belgileniwi mu'mkin. Al kompyuterlerdi paydalang'an jag'daylarda ha'r qi'yli' baylani'slar ha'r qi'yli' ren'lerdegi si'zi'qlardi'n' ja'rdeminde ko'rsetiledi. Ha'r qi'yli' g'a'rezlikler de ha'r qi'yli' si'zi'qlar menen si'zi'ladi': tutas, punktir, shtrix-punktir ha'm basqalar. Sol si'zi'qlardi'n' qaptali'na si'zi'qti'n' qatar sani'n yamasa basqa da ko'rsetkishlerdi qoyi'w mu'mkin. Al grafiktin' mu'yeshine qaysi' grafiktin' qanday baylani'sqa sa'ykes keletug'i'nli'g'i'n ko'rsetiw maqsetke muwapi'q keledi.

10. Ha'r bir noqattag'i' jiberilgen qa'tenin' shamasin' vertikal'li'q yamasa gorizontalli'q bag'i'ttag'i' jin'ishke si'zi'qti'n' ja'rdeminde belgilenip qoyi'ladi'.

11. Eksperimentlerdin' na'tiyjeleri boyi'nsha du'zilgen grafiklerdin' qa'tesiz boli'wi' mu'mkin emes. Eger eksperimentlerde ali'ng'an shamalardag'i' qa'teleri ju'da' az ha'm grafik masshtablari'nda derlik ko'rinbeytug'i'n bolsa, onda "qa'teler ko'rsetilgen noqatlardi'n' si'zi'qli' sheklerinde" degen standart ga'pti (frazani') jazi'p qoyi'w usi'ni'ladi'.

12. Eger ani'qlani'wi' kerek bolg'an fizikali'q shamani'n' ma'nisi grafiktin' ja'rdeminde ani'qlanatug'i'n bolsa, onda usi' shamani' ani'qlaw ushi'n za'ru'rli bolg'an barli'q baylani'slarda grafikke kirgiziw kerek boladi'.

Laboratoriyali'q jumi'slardin' na'tiyjeleri boyi'nsha juwmaqlar jazi'w qa'legen ilimiy izertlew ushi'n juwmaq jazi'wdi'n' en' a'piwayi' modeli boli'p tabi'ladi'. Juwmaq na'tiyjenin' bayanlamasi'nan ibarat tekst boli'p tabi'ladi'. Soni'n' menen birge juwmaq jazi'w do'retiwshilik miynetin' bir tu'ri boli'p tabi'ladi'. Sonli'qtan juwmaq jazi'w studentten jumi'sti'n' ori'nlani'w bari'si'nda nelerdi islegenligin ha'm qanday na'tiyjelerdi alg'anli'g'i'n duri's tu'siniwin, ilimiy terminologiyani' paydalana biliw qa'biletligin, qi'sqa tu'rde bayanlaw uqi'pli'g'i'n qa'liplestiredi.

Laboratoriyali'q jumi'sqa jazi'latug'i'n juwmaq o'z ishine to'mendegidey tiykarg'i' bloklardi' qamti'wi' kerek:

1. Jumi'sti'n' qanday usi'l ha'm qanday a'sbaplar menen ori'nlang'anli'g'i'n qi'sqasha bayanlaw. Bunday jag'dayda laboratoriyali'q jumi'sti'n' ta'riyiplemesinin' kirisiw bo'liminin' qaytalanbawi' sha'rt.

2. O'lshewler ori'nlang'an diapazondi' saylap ali'wdi', o'lshewler arasi'ndag'i' intervallardi' ha'm neshe ret o'lshewlerdin' ju'rgizilgenligin tiykarlaw.

3. Qanday usi'llardi'n' ja'rdeminde mag'li'wmatlardi'n' qayta islengenligin, na'tiyjelerdin' qalay paydalani'lg'anli'g'i'n (masali' grafiktin' qalay quri'lg'anli'g'i'n, konstantalardi'n' qalay esaplang'anli'g'i'n ha'm basqalardi') bayanlaw. "Tuwri'lar jup noqatlar usi'li' tiykari'nda si'zi'ldi'" tu'rindagi ga'ptin' jazi'li'wi' maqsetke muwapi'q keledi.

4. Ali'ng'an grafiklerdi ta'riyiplew. Bunday jag'dayda eksperimentte ali'ng'an na'tiyjeler menen teoriyali'q esaplawlar bergen na'tiyjelerdi bir

birinen ayi'ri'p ko'rsetiw talap etiledi. To'mendegi jag'daylardi' tu'siniw ayri'qsha a'hmiyetke iye:

a). Eksperimentte ali'ng'an na'tiyjeler menen teoriyali'q esaplawlardi'n' na'tiyjesinde ali'ng'an shamalardi'n' bir biri menen toli'q sa'ykes keliwi sha'rt emes;

b). Hesh bir eksperimentalli'q na'tiyje da'l haqi'yqi'y ma'niske sa'ykes kelmeydi. Basqa usi'l yamasa basqa asbapti'n' ja'rdeminde o'tkerilgen o'lshewlerde da'slepki ali'ng'an shamalardi'n' ma'nisine sa'ykes kelmeytug'i'n na'tiyjelerdin' ali'ni'wi' mu'mkin. Eksperimentlerdegi o'lshewlerdin' da'llik da'rejesi ali'ng'an mag'li'wmatlardi'n' sani'na ha'm ha'r bir mag'li'wmattag'i' bar qa'tenin' shamasina baylani'sli';

c). Eksperimenttin' ja'rdeminde teoriyani'ni'n' duri'sli'g'i'n tasti'yi'qlaw yamasa tekserip ko'riw mu'mkin emes. Sebebi eksperimentlerde ali'ng'an mag'li'wmatlar qanday da bir teoriyani'n' paydasi' ushi'n g'ana xi'zmet ete aladi'. Sonli'qtan eksperimenttin' bergin na'tiyjelerinin' teoriya menen sa'ykes keliw da'rejesi haqqi'nda g'ana ayt'i'w mu'mkin.

Mi'sali' "ali'ng'an na'tiyjeler energiyani'n' saqlani'w ni'zami'ni'n' duri'sli'g'i'n tasti'yi'qlaydi'" dep juwmaq shi'g'ari'w duri's emes boli'p tabi'ladi'. Al duri's jazi'lg'an juwmaqta "ali'ng'an na'tiyjeler energiyani'n' saqlani'w ni'zami'na toli'q sa'ykes keldi" tu'rindagi fraza jazi'ladi'.

5. Barli'q jag'daylarda da jiberilgen qa'telerdin' sistemali' qa'teler menen tosattan jiberiletug'i'n qa'teler boli'p tabi'latug'i'nli'g'i'n esten shi'g'armaw kerek.

6. Qa'telerdin' dereklerin tallaw. Eksperiment metodikasi'ndagi' ha'm eksperimentalli'q u'skenenin' xarakteristikalarini'ndagi' kemshiliklerinin' haqi'yqi'y sebeplerin tabi'wg'a ti'ri'si'w za'ru'r. Sa'tsiz ali'ng'an dep esaplanatug'i'n na'tiyjelerdi tu'sindiriw maqsetinde a'sbaplardi'n' ko'rsetiwlerine, olardi'n' da'llik da'rejesine su'yeniwge bolmaydi'.

7. Eger sa'ykes teoriya yamasa ni'zam bar bolatug'i'n bolsa eksperimenttin' na'tiyjelerinin' usi' teoriyag'a yamasa ni'zamg'a sa'ykes keletug'i'nli'g'i'n yamasa sa'ykes kelmeytug'i'nli'g'i'n tallaw. Jiberilgen qa'teler sheklerinde teoriya menen eksperimenttin' na'tiyjelerinin' bir birine sa'ykes kelgenligin yamasa kelmegenligin atap o'tiw za'ru'r. Bul jag'dayda da ta'jiriybe o'tkeriwshi o'z pikirini ashi'p bildiriwi kerek ha'm ju'da' da'l emes bolg'an bahalardi' da beriw mu'mkin. Mi'sali', "qanaatlandi'rarli'qtay da'rejede sa'ykes keledi, toli'q sa'ykes keledi, da'l sa'ykes keledi ha'm tag'i' basqalar" haqqi'nda jazi'wg'a boladi'.

Juwmaq jazi'lg'anda tarti'm seplewindegi so'zler jazi'lmaydi'. Mi'sali': "Bul jumi'sta biyiklik penen erkin tu'siw tezleniwi arasi'ndagi' baylani's izertlendi". Birinshi yamasa u'shinshi adam ati'nan jazi'w usi'ni's etilmeydi. Bayanlawdi'n' birden bir a'debiy stilinin' saqlawi' za'ru'rli. Quramali' yamasa uzi'nnan-shubay ga'plerdi paydalanbag'an maqul.

O'lshewlerde ali'ng'an barli'q shamalar ha'm olardi'n' kitaplarda keltirilgen ma'nisleri bir esaplaw sistemasi'ni'n' birliklerinde jazi'ladi'. Soni'n' menen

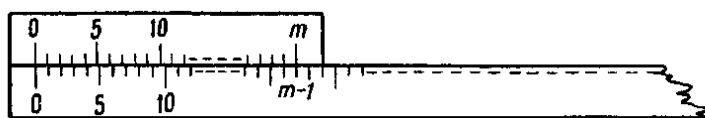
birge eksperimentte ha'm kitaplardan ali'ng'an ma'nisler arasi'ndag'i' ayi'rmalardi'n' tallang'anli'g'i' maqul.

## 1-sanli' laboratoriyali'q jumi's Noniuslardi' u'yreniw

Nonius dep o'lshevwshi a'sbapti'n' a'dettegi si'zi'qli' yamasa mu'yeshlik masshtabi'na qosi'msha tu'rde paydalani'latug'i'n ekinshi masshtabti' aytadi'. Usi'nday qosi'msha tu'rde paydalani'latug'i'n masshtabti'n' ja'rdeminde o'lshewdin' da'lligin 10-20 ese joqari'lati'wg'a boladi'.

Noniusti' paydalang'anda eki masshtab haqqi'nda ga'p etiwge tuwri' keledi. Birinshisi si'zg'i'shtag'i' yamasa mu'yesh o'lsheytug'i'n a'sbaptag'i' tiykarg'i' masshtab. Ondag'i' si'zi'qlar arasi'ndag'i' qashi'qli'q a'dette 1 mm yamasa 1 mu'yeshlik gradusqa ten'. Noniusti'n' qozg'alatug'i'n bo'legi bolg'an ekinshi masshtabta si'zi'qlar arasi'ndag'i' qashi'qli'q 1 mm ge yamasa 1 gradusqa ten' bolmaydi' (bul jag'day 1-su'wrette ko'rinip tur).

Eksperimentatorlar uzi'nli'qlardi' ha'm mu'yeshlerdi da'l o'lshevw usi'llari'n ju'da' joqari' da'rejede jetilistirdi. Komparatorlar dep atalatu'g'i'n ha'm uzi'nli'qti' 1 mikrong'a shekemgi ( $1 \mu = 1 \text{ mkm} = 10^{-4} \text{ sm}$ ) da'llikte o'lshevw ushi'n bir qatar arnawli' a'sbaplar do'retildi.



1-su'wret.

Bul a'sbaplardi'n' ko'pshiliginde uzi'nli'qlardi' o'lshevw ushi'n mikroskoplardi' ha'm basqa da optikali'q a'sbaplar paydalani'ladi'. Biraq bul a'sbaplardi'n' barli'g'i' da qosi'msha esaplawshi' bo'limler bolg'an noniuslar yamasa mikrometrler menen u'skenelengen. Geypara jag'daylarda uzi'nli'qti' o'lshevwde sali'sti'rmali' da'lliktin' millimetrdin' ju'zden bir bo'legine, mu'yeshlerdi o'lshevwde bolsa sali'sti'rmali' da'lliktin' minutlarga yamasa minutti'n' bo'limlerine ten' boli'wi' talap etiledi. Bunday jag'daylarda noniuslarga' a iye bolg'an si'zg'i'shlar menen mu'yesh o'lshegishlerden paydalani'w za'ru'rli'gi payda boladi'. Bunday a'sbaplarga' mi'sal retinde shtangencirkuldi, bussoldi ha'm kipregeldi ko'rsetiwge boladi'.

Si'zi'qli' nonius dep masshtab dep atali'wshi' bo'limlerge bo'lingen u'lken si'zg'i'sh boylap si'rg'anap ju're alatug'i'n kishkene si'zg'i'shqa ayti'ladi' (1-su'wret). Noniusti'n' masshtabi'ni'n' bir bo'limi masshtabti'n'  $\frac{m-1}{m} = 1 - \frac{1}{m}$  bo'limine ten' boladi'. Bul an'latpada m arqali' noniusti'n' si'zi'qlar menen aji'rati'lg'an bo'limlerinin' sani' belgilengen. Usi'nday jag'dayda nonius ja'rdeminde o'lshevw na'tiyjesin masshtabti'n' en' kishi bo'liminin'  $1/m$  u'lesindey da'llikke shekem joqari'lati'wg'a boladi'.

Meyli tiykarg'i' masshtabti'n' qon'si'las shtrixlari' arasi'ndag'i' qashi'qli'q  $y$ , al noniusti'n' qon'si' shtrixlari' arasi'ndag'i' qashi'qli'q  $x$  shamasi'na ten' bolsi'n. Bunday jag'dayda  $x = y - \left(\frac{y}{m}\right)$  tu'rindegi an'latpani' jazi'w mu'mkin. Bunnan  $mx = (m - 1)y$  ten'ligi kelip shi'g'adi'. Bunday jag'dayda

$$\Delta x = y - x = \frac{y}{m} \quad (1)$$

shamasi' noniusti'n' da'lligi dep ataladi'. Bul shama noniusti' paydalang'anda jiberiletug'i'n' maksimalli'q qa'teni ani'qalaydi'. Masshtab bo'limleri jetkilikli da'rejede mayda bolg'anda noniusti'n' bo'limlerin u'lkenirek etip ali'nadi'. Meyli  $x_1 = 2y - \frac{y}{m}$  ten'ligi ori'nlanatug'i'n' bolsi'n. Bunday jag'dayda

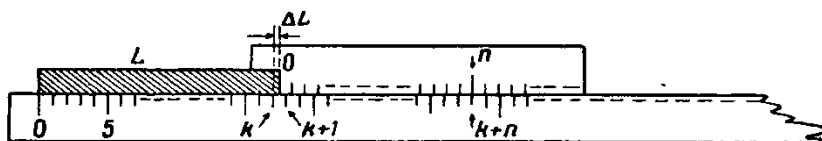
$$mx_1 = (2m - 1)y$$

ha'm noniusti'n' da'lligi da'slepki ali'ng'an

$$\Delta x_1 = y - x_1 = \frac{y}{m}$$

shamasi'nday boli'p qala beredi.

Noniusti'n' qa'legen awhali'nda masshtabti'n' bir bo'limi noniusti'n' qanday da bir bo'liminin' u'stine sa'ykes keledi. Nonius boyi'nsha shamani'n' ma'nisin esaplaw nonius penen masshtabti'n' bo'leklerinin' sa'ykes keliwin ko'zdin' ayi'ra ali'w qa'biletligine tiykarlang'an.



2-su'wret

Endi si'zi'qli' noniusti'n' ja'rdeminde o'lshew usi'llari'n u'yrenemiz.

$L$  arqali' o'lshenip ati'rg'an kesindinin' uzi'nli'g'i' belgilensin (2-su'wret). Bul kesindinin' bir ushi'n tiykarg'i' masshtabti'n' nollik si'zi'g'i'na tuwri' keltiremiz. Usi'nday jag'dayda kesindinin' ekinshi ushi' masshtabtag'i'  $k$  si'zi'g'i' menen  $(k + 1)$  si'zi'g'i' arasi'nda jaylasqan dep esaplayi'q.

Bul jag'dayda

$$L = ky + \Delta L$$

an'latpasi'n jazi'w mu'mkin. Bul an'latpada  $\Delta L$  arqali' masshtabti'n'  $k$  si'zi'g'i'nan u'lken, al shamasi' ele belgisiz bolg'an qashi'qli'q belgilengen.

Endi  $L$  kesindinin' ushi'na noniusti'n' nolinshi si'zi'g'i'n tuwri' keletug'i'nday etip jaylasti'rami'z. Nonius bo'limlerinin' uzi'nli'g'i' masshtab bo'limlerinin' uzi'nli'g'i'na ten' bolmag'anli'qtan noniusta qa'legen  $n$  nomerli bo'limi tabi'ladi' ha'm bul bo'limnin' si'zi'g'i' masshtabqa tiyisli  $(k + n)$ -bo'liminin' si'zi'g'i'na ju'da' jaqi'n keledi. 2-su'wretten ko'rinip turg'ani'nday,

$$\Delta L = ny - nx = n(y - x) = n\Delta x$$

ha'm usi'g'an baylani'sli' kesindinin' toli'q uzi'nli'g'i':

$$L = ky + n\Delta x$$

shamasi'na yamasa (1) - an'latpag'a tiykarlani'p

$$L = ky + n \frac{y}{m} \quad (2)$$

an'latpasi'na iye bolami'z.

Bul formulani' to'mendegishe ta'riyiplew mu'mkin:

Noniusti'n' ja'rdeminde o'lshengen uzi'nli'q mi'nag'an ten': masshtabti'n' pu'tin bo'limlerinin' sani' plyus noniusti'n' da'lligi menen masshtabti'n' bazi' bir bo'limine sa'ykes keletug'i'n noniusti'n' bo'liminin' nomerinin' ko'beymesi.

Bul usi'l menen o'lshewde ju'z beriwi mu'mkin bolg'an qa'te noniusti'n' n-bo'limi menen masshtabti'n'  $(k + n)$ -bo'liminin' bir-birine tuwri' kelmey qali'wi' sebepli payda boladi'. Bul qa'tenin' ma'nisi  $\frac{1}{2} \Delta x$  shamasi'nan u'lken bolmawi' kerek. Sebebi bul bo'limlerinin' bir-birine tuwri' kelmey qali'wi' sezilerli da'rejede u'lken bolsa, en' jaqi'n turg'an on' ha'm sheptegi bo'limlerinen birewine tiyisli masshtab ha'm nonius si'zi'qlari'ni'n' bir-birine tuwri' kelmewi  $\frac{1}{2} \Delta x$  dan kishi boladi' dep esaplaymi'z. Demek noniusti'n' qa'teligi oni'n' da'lliginin' yari'mi'na ten' dep ayta alami'z.

Masshtab bo'limlerinin' uzi'nli'g'i' ha'm nonius bo'limlerinin' sani', sog'an sa'ykes noniusti'n' da'lligi ha'r qi'yli' boladi'.

Shen'ber ta'rizli noniusti'n' islew principi si'zi'qli' noniustan hesh qanday o'zgesheligi joq. Shen'ber ta'rizli nonius – graduslarg'a yamasa onnan da kishirek bo'limlarga bo'lingen shen'ber boylap si'rg'anay alatug'i'n dog'a tu'rindagi si'zg'i'sh (3-su'wret) boli'p tabi'ladi'. Bul si'zg'i'shta da m dana si'zi'qlar si'zi'li'p, olar arasi'ndagi' uli'wmali'q uzi'nli'q  $m - 1$  shamasi'na ten', yag'ni'y:

$$m\alpha = (m - 1)\beta.$$

Bul an'latpada  $\alpha$  ha'm  $\beta$  arqali' graduslarda yamasa minutlardagi' noniusti'n' bo'limlerinin' (si'zi'qlar arasi'ndagi' qashi'qli'qti'n') bahasi' ( $\alpha$ ) menen limbni'n' en' kishi bo'liminin' bahasi' (eki si'zi'g'i' arasi'ndagi' qashi'qli'qti'n' shamasi') belgilengen.

Shen'ber ta'rizli noniusti'n'  $\Delta\alpha$  da'lligi (1)-formulag'a uqsas formula menen ani'qlanadi':

$$\Delta\alpha = \frac{\beta}{m}.$$

Shen'berdin' noline sali'sti'ri'li'p esaplanatug'i'n mu'yeshlerdin' ma'nisleri

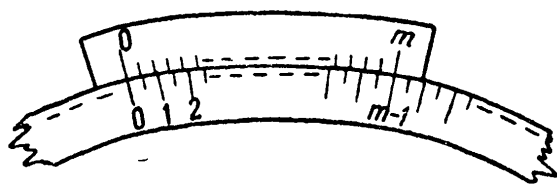
$$\varphi = k\beta + n \cdot \Delta\alpha$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'.

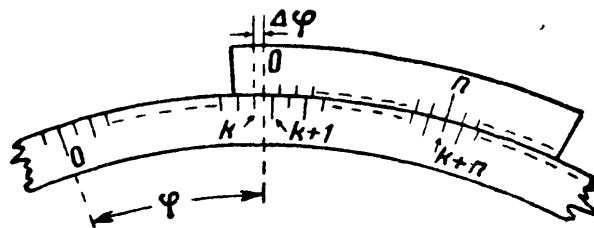
Mu'yeshlerdi eki bag'i'tta (saat strelkasi'ni'n' qozg'ali'wi' bag'i'ti'nda ha'm og'an keru bag'i'tta) o'lshew mu'mkin bolg'an a'sbaplardagi' shen'berli noniuslar ko'binshe eki birdey shkaladan ibarat boli'p, olar noldin' eki ta'repide jaylasqan.

Joqari'da ayti'lg'an noniuslardan da da'l o'lsheytug'i'n noniuslar tek preciziyali'q (yag'ni'y ju'da' da'l o'lshew talap etiletug'i'n) ha'm astronomiyali'q a'sbaplarda qollani'ladi'. Bazi' bir waqi'tlarda gradusti'n' onnan bir u'leslerin ko'rsetiwshi noniuslar da qollani'ladi'.





3-su'wret.



4-su'wret.

O'lshevlardi an'satlasti'ri'w ushi'n noniuslarg'a lupalar yamasa ko'riw trubalari' bekitilgen boladi'. Eger noniuslarg'a qosi'msha optikalik du'zilisler bekitilmegen bolsa o'lshevlar ushi'n a'dettegi lupalardi' paydalani'w mu'mkin.

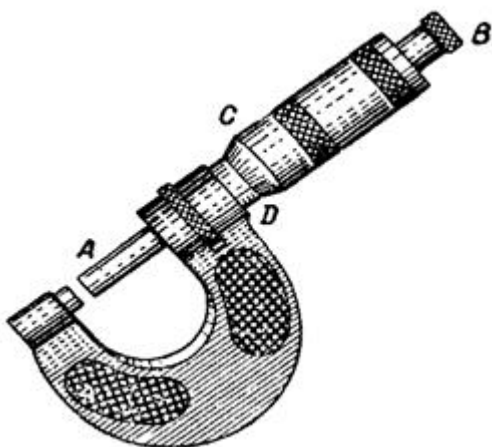
### 1-tapsi'rma

#### Metall plastinkani'n' qali'n'li'g'i'n mikrometr menen o'lshevlar

**Kerekli a'sbap ha'm u'skeneler:** 1) mikrometr, 2) metall plastinka.

**Mikrometrin' quri'li'si.** Mikrometr si'mlardi'n' diametrin, juqa plastinkalardi'n' qali'n'li'g'i'n ha'm basqada usi'larg'a uqsas buyi'mlardi'n' si'ziqli' o'lshevlarin o'lshevlari ushi'n qollani'ladi'. Ol tiskag'a uqsag'an boli'p, o'lshevlari'ni predmet bul tiskani'n' vinti menen qi'si'p qoyi'ladi'. Vintin' adi'mi' a'dette 1 mm yamasa 0,5 mm boladi'. A vintin' sterjenine S baraban kiygizilgen boli'p, bul barabanni'n' betinde 50 yamasa 25 bo'limli shkala bar (5-su'wrette ko'rsetilgen). Vinti qi'si'p qoyg'anda baraban shkalasi'ni'n' nol si'zi'g'i' si'ziqli' shkala (D) ni'n' nolneline tuwri' keledi.

O'lshevlari'ni predmetni vint penen oni'n' qarama-qarsi' ta'repindegi tayani'sh arasi'na qoyi'p, vint B ushi'nan burap predmetke tiygiziledi. Si'ziqli' shkaladan millimetrler baraban shkalasi'nan millimetrin' ju'zden bir u'leslerinde tabi'ladi'.

5-su'wret.  
Mikrometr.

Bul a'sbap benen o'lshevlari'ni jiberiletug'i'n qa'telerdin' tiykarg'i' sebebi vintin' o'lshevlari'ni atirg'an zatti' ten' o'lshevlari'ni qi'spawi' menen baylani'sli'.

Bunday kemshilikni saqlash maqsatida mikrometrlarga qosi'msha tu'rda arawli' qurilmalar biriktiriledi.

**O'lshever.** Mikrometrdi isletiwden aldi'n oni'n' duri's isleytug'i'nli'g'i'na, yag'ni'y oni'n' nollik si'zi'qlari'ni'n' bir birine sa'ykes keliwine itibar beriw kerek.

Plastinkani' vint penen oni'n' qarsi'si'ndag'i' tayani'sh arasi'na ornalasti'radi' ha'm S barabani' aylandi'ri'li'p vinttin' ushi'n plastinkani'n' betine ali'p keledi. V burg'i'ni' buraw joli' menen vintti plastinkag'a tiygiziw kerek.

Vint plastinka betine tiygende ha'lsiz ses shi'g'adi'. Bunnan keyin V burg'i'ni' aylandi'ri'widi'n' paydasi' joq, S barabandi' aylandi'ri'wg'a bolmaydi'. Esaplawlardi' shkalalarg'a qarap ori'nlaydi': si'zi'qli' shkala boyi'nsha millimetrler, al millimetrdin' bo'lekleri barabandag'i' shkaladan ani'qlanadi'.

Plastinkani'n' qali'nli'g'i'n o'lshegende oni'n' to'rt mu'yeshine jaqi'n ori'nlarda keminde 4 ret o'lshenedi (olardi'n ma'nislerin  $d_1, d_2, d_3, d_4$  arqali' belgileymiz. Plastinkani'n' qali'nli'g'i'ni'n' haqi'yqi'y ma'nisi  $d$  ali'ng'an na'tiyjelerdin' ortasha arifmetikali'q ma'nisi si'pati'nda ali'nadi'. Ali'ng'an na'tiyjelerdi 1-kesteg'e jazadi'.

1-kesteg'e

№	$d_1, \text{mm}$	$d_2, \text{mm}$	$d_3, \text{mm}$	$d_4, \text{mm}$	$d_{ort}, \text{mm}$	$\Delta d, \text{mm}$	$\frac{\Delta d}{d} \cdot 100 \%$
1							
2							
3							
4							
Ort.							

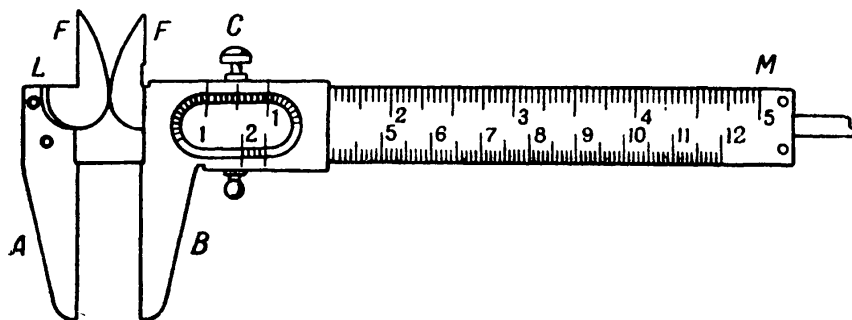
## 2-tapsi'rma

### Tu'tikshenin' ko'lemin ha'm tu'tikshe materiali'ni'n' ti'g'i'zli'g'i'n shtangencirkul menen ani'qlaw

Kerekli a'sbap ha'm materiallar: 1) shtangencirkul, 2) o'lshenetug'i'n tu'tikshe, 3) lupa.

**A'sbapti'n' quri'lmasi'.** Shtangencirkul (6-su'wret) millimetrlerge bo'lingen  $LM$  masshtabdan ibarat boli'p, bul masshtab boylap qozg'alatug'i'n oni'n' uzi'nli'g'i'na perpendikulyar bolg'an  $CB$  du'zilisi bar. Bul  $CB$  ayag'i'n qozg'almaytug'i'n etip bekitip qoyi'wg'a mu'mkinshilik beretug'i'n  $C$  vinti bar.  $CB$  du'zilisinde tesik tesilgen boli'p, bul tesiktin' qi'ya qaptali'na nonius si'zi'lg'an. 6-su'wrettegi qozg'ali'wshi' du'zilis shep ta'repke i'si'ri'li'p qoyi'lg'anda masshtab penen noniusti'n' nolleri bir birine sa'ykes keledi. Masshtabti'n' basi'nda og'an perpendikulyar ornati'lg'an qozg'almaytug'i'n  $LA$  ayag'i' o'lshenetug'i'n denege tayani'sh boli'p xi'zmet etedi. Denelerdin' ishki

o'lshemleri eki ayaqti'n'  $FF$  bo'limlari, al si'rtqi' o'lshemleri  $AB$  ayaqlari'ni'n' ja'rdeminde o'lshenedi.



6-su'wret.  
Shtangencirkul.

**O'lshewler.** Tu'tikshenin' ko'lemin tabi'w ushi'n oni'n' geometriyali'q o'lshemleri bolg'an uzi'nli'g'i'n, ishki ha'm si'rtqi' diametrlerin o'lshew za'ru'r. Tu'tikshe materialini'n' ti'g'i'zli'g'i'n tabi'w ushi'n oni'n' ko'lemin ha'm massasi'n ani'qlaw kerek boladi'.

**Ko'lemdi ani'qlaw.** Tu'tikshe iyelep turg'an ko'lemdi ani'qlaw ushi'n tu'tikshenin' si'rtqi' ha'm ishki diametrlerin ja'ne uzi'nli'g'i'n biliw kerek. Olardi' sa'ykes  $D_1, D_2$  ha'm  $l$  arqali' belgileymiz. Bunday jag'dayda ani'qlani'wi' kerek bolg'an ko'lem diametri tu'tikshenin' si'rtqi' diametrindey, al uzi'nli'g'i' tu'tikshenin' uzi'nli'g'i'nday bolg'an cilindrdin' ko'lemi menen diametri tu'tikshenin' ishki diametrindey, al uzi'nli'g'i' tu'tikshenin' ishki diametrindey cilindrdin' ko'leminin' ayi'rmasi'na ten' boladi'.

Tu'tikshenin' uzi'nli'g'i'n o'lshew bi'layi'nsha a'melge asi'ri'ladi': Shtangencirkuldin' ayaqlari' olardi'n' arasi'na tu'tikshe si'yatug'i'nday etip bir-birinen aji'rati'ladi'. Bunnan son' olardi'n' arasi'na tu'tikshe uzi'ni'na qoyi'li'p V ayag'i'n tu'tiksheni qi'si'p turatug'i'nday ha'm o'lshewdi a'melge asi'ratug'i'nday etip ji'li'sti'rami'z. Tap usi' jag'dayda tu'tikshenin' uzi'nli'g'i'n shtangencirkuldin' tiykarg'i' masshtabi'ni'n' ja'rdeminde juwi'q tu'rde o'lshew mu'mkin. Da'llikti joqari'lati'w ushi'n nonius paydalani'ladi'. Oni' paydalani'w usi'li' joqari'da bayanlandi'.

Tu'tikshenin' uzi'nli'g'i'n da'l o'lshew ushi'n oni' o'z ko'sheri do'gereginde shama menen 45 gradusqa buri'p o'lshewdi qaytalaw kerek boladi'. En' aqi'ri'nda ali'ng'an na'tiyjelerdin' ortasha arifmetikali'q shamasi' ali'ni'p, oni' tu'tikshenin' uzi'nli'g'i' si'pati'nda qabi'l etedi.

Bunnan son' tu'tikshenin' si'rtqi' diametri o'lshenedi. Tu'tikshe shtangencirkuldin' ayaqlari' arasi'na qi'si'p qoyi'ladi' ha'm tiykarg'i' masshtab penen noniusti'n' ko'rsetken shamalari' jazi'p ali'nadi'. A'dette tu'tikshenin' uzi'nli'g'i' boyi'nsha ha'r qi'yli' bo'limlerinin' (ushlari'na jaqi'n bo'limlerinin', ortasi'ni'n') diametrlerin o'lshew kerek boladi'. Aqi'rg'i' na'tiyje si'pati'nda o'lshew na'tiyjelerinin' ortasha arifmetikali'q ma'nisi ali'nadi'.

Tu'tikshenin' ishki diametrin o'lshegende shtangencirkul ayaqlari'ni'n'  $FF$  bo'limlari tu'tikshenin' ishine kirgiziledi, tu'tikshenin' ishki diywallari'na tiyip turatug'i'nday etip bir-birinen uzaqlasti'ri'ladi'. Bunnan keyin a'dettegi o'lshew

proceduralari o'tkeriledi. Tu'tikshenin' eki ushi'ni'n' ishki diametrlerin o'lshevi kerek boladi. Tu'tikshenin' ishki diametri si'pati'nda ali'ng'an na'tiyjelerdin' arifmetikali'q ortashasi' qabi'l etiledi.

Eger shtangencirkul tu'tikshelerdin' ishki diametrin o'lshevi ushi'n qolaylasti'ri'lmag'an bolsa, onda eki ayaqti'n' da qali'n'li'qlari'n esapqa ali'wg'a tuwri' keledi. Bul qali'n'li'qti'n' ma'nisi a'dette shtangencirkuldin' o'zinde ko'rsetilgen boladi'.

Tu'tikshenin' ko'lemin

$$V = \frac{l\pi}{4}(D_1^2 - D_2^2)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Bul an'latpada  $l$  arqali' tu'tikshenin' uzi'nli'g'i',  $D_1$  ha'm  $D_2$  arqali' sa'ykes tu'tikshenin' ishki ha'm si'rtqi' diametrleri belgilengen.

**Tu'tikshe materiali'ni'n' ti'g'i'zli'g'i'n ani'qlaw.** Tu'tikshenin' massasi'n ta'rezide 0,1 g g'a shekemgi da'llikte o'lshevi kerek. Tap usi'nday jol menen ani'qlang'an massani'n' ma'nisin tu'tikshenin' ko'leminde bo'liw arqali' tu'tikshe materiali'ni'n' ti'g'i'zli'g'i' ani'qlanadi'.

Ali'ng'an na'tiyjeler 2-kestege jazi'ladi'.

2-keste.

No	$D_1$ , mm	$D_2$ , mm	$l$ , mm	$m$ , g	$V$ , mm <sup>3</sup>	$\rho$ , g/mm <sup>3</sup>
1						
2						
3						
4						
5						
Ort.						

### 3-tapsi'rma Mu'yeshlerdi o'lshevi

**Kerekli a'sbap ha'm materiallar:** mu'yesh o'lshevi a'sbaplar (optikali'q goniometr, transportir), qaptallari' arasi'ndag'i' mu'yeshlerdi o'lshevi kerek bolg'an deneler.

Uzi'nli'qlardi' o'lshevi menen bir qatarda mu'yeshlerdi o'lshevi tek fizikali'q eksperimentlerde emes (mu'yeshler tiykari'nan, optika bo'liminde de o'lshevidi), al basqa ilimlerde de (astronomiyada, geodeziyada, minerologiyada ha'm basqalarda) ken' tarqalg'an o'lshevlardin' qatari'na kiredi. Mu'yeshlerdi o'lshevi ushi'n qollani'latug'i'n a'sbaplar tiykari'nan eki bo'limnen ibarat boli'p, olardi'n' birin limb ha'm ekinshisin baqlaw ushi'n qollani'latug'i'n du'zilis dep ataydi' (biz bul du'zilisti optikali'q truba dep ataymi'z). Mu'yeshin' shamasii' limb boyi'nsha o'lshevidi. Limbdag'i' shkalag'a optikali'q trubani'n' ja'rdeminde qaraydi'. Optikali'q trubani'n' limbg'a

sali'sti'rg'andag'i' buri'li'w mu'yeshi biz o'lsheyin dep ati'rg'an mu'yesh boli'p tabi'ladi'.

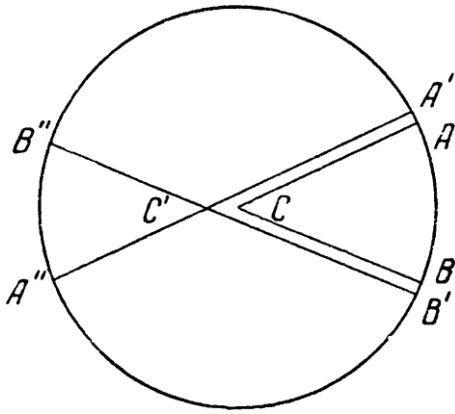
Mu'yesh o'lsheyitug'i'n a'sbaplardi' ko'pshilik jag'daylarda goniometrler dep ataydi'. Fizikali'q laboratoriyalarda optikali'q goniometrler ko'p tarqalg'an. Al rentgen nurlari'ni'n' kristallardag'i' shashi'raw mu'yeshin o'lshe'w ushi'n rentgen goniometrleri qollani'ladi'. Bunday goniometrlerde optikali'q truba limbni'n' orayi' arqali' o'tetug'i'n ko'sher do'gereginde erkin aylanatug'i'n etip islenedi. Optikali'q trubani'n' qanday mu'yeshke buri'lg'anli'g'i'n limbdag'i' qozg'almaytug'i'n shkalani'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'.

Mu'yesh o'lsheyitug'i'n a'sbapti'n' o'lshe'w da'lligin joqari'lati'w ushi'n limbni'n' shkalasi' boyi'nsha qozg'alatug'i'n qosi'msha dog'a ta'rizli yamasa do'n'gelek nonius ornati'ladi'.

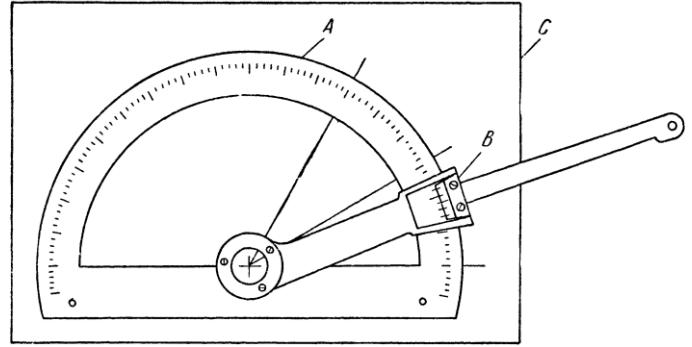
Geypara jag'daylarda limb menen ko'rsetkishtin' qarama-qarsi' tu'rdegi jaylasi'wi' da paydalani'ladi': limb optikali'q truba menen birgelikte aylanadi', al olardi'n' buri'li'w mu'yeshinin' ma'nisi qozg'almaytug'i'n ko'rsetkish (shkalani'n') ja'rdeminde ani'qlanadi'.

Barli'q mu'yesh o'lshe'wshi a'sbaplarda optikali'q trubani'n' aylani'w ko'sherinin' limbni'n' orayi' menen da'l sa'ykes keliwi u'lken a'hmiyetke iye. Optikali'q trubani'n' aylani'w ko'sheri menen limbti'n' orayi'n sa'ykeslendiriw oraylasti'ri'w dep ataladi'. Duri's oraylasti'ri'w di'n' ori'n almawi' o'lshe'w ati'rg'an mu'yesh ushi'n duri's emes mag'li'wmatlardi'n' ali'ni'wi'na (yag'ni'y sistemali'q qa'tenin' jiberiliwine) ali'p keledi. Bul talapti'n' duri'sli'g'i' 7-su'wrette ayqi'n ko'rinip tur. Bul su'wrette birdey mu'yeshlerdi payda etetug'i'n eki radiusti'n' eki awhali' sa'wlelendirilgen. Biraq bir jag'dayda bul radiuslardi'n' kesilisiw noqati' S limbni'n' da'l orayi'na sa'ykes keledi. Al ekinshi jag'dayda radiuslardi'n' kesilisiw noqati' oraydan awi'sqan ( $C'$  noqati'). Su'wrette  $A'C'B'$  mu'yeshinin'  $A'B'$  bag'i'ti'n o'lshe'gende oni'n' haqi'yqi'y  $AB$  ma'nisinen u'lken ekenligi ko'rinip tur. Al usi' mu'yeshke ten'  $A''C'B''$  vertikal'q mu'yeshin o'lshe'gende kishi ma'nis ali'nadi'. Usi' jag'day ha'r bir mu'yesh o'lshe'wshi a'sbapta bolatug'i'n ekscentrisitetti joq etiw ushi'n paydalani'ladi'. Bunday jag'dayda ko'riw trubasi' menen bir diametrdin' qarama-qarsi' ushlari'nda ornalasti'ri'lg'an eki nonius paydalani'ladi'. Solay etip noniuslardi'n' biri u'lken ma'nisti, al ekinshisi kishi ma'nisti beredi. Haqi'yqi'y ma'nisi sol eki ma'nistin' arifmetikali'q ortasha ma'nisi si'pati'nda ali'nadi'.

8-su'wrette en' a'piwayi' mu'yesh o'lshe'gish a'sbap (mu'yeshlik nonius) ko'rsetilgen. Ol  $A$  limbsi'nan ha'm noniusli'  $B$  du'zilisten ibarat. A'sbap  $C$  metall plastinkasi'ndag'i' mu'yeshlerdi o'lshe'wge tayar hali'nda su'wretlengen.



7-su'wret.



8-su'wret.

Ali'ng'an na'tiyjeler 3-kestege jazi'ladi'.

3-keste

№	Limbni'n' ko'rsetiwi, grad.			$\angle A'C'B'$	$\angle A''C'B''$
	$AB$	$A'B'$	$A''B''$		
1					
2					
3					
4					
5					
Ort.					

## 2-sanli' laboratoriyali'q jumi's Ta'rezide da'l o'lshe'w

**Kerekli a'sbap ha'm u'skeneler:** 1) analitikali'q ta'rezi, 2) ta'rezi taslari', 3) massasi' o'lshenetug'i'n deneler ji'ynag'i'.

**Analitikali'q ta'rezi haqqi'ndag'i' mag'li'wmatlar.** Ta'rezilerdin' ja'rdeminde a'dette denenin' salmag'i' o'lshenedi. Denenin' salmag'i' menen massasi' arasi'nda tuwri' proporcionalli'q baylani's ori'n alg'anli'qtan ta'rezi taslari'nda grammlardag'i' oni'n' massasi'ni'n' shamas'i' jazi'lg'an boladi'. Sonli'qtan biz ta'rezilerdin' ja'rdeminde massani' tikkeley o'lshey alami'z.

Ilim menen texnikada, ku'ndelikli turmi'sta ta'rezilerdin' ha'r qi'yli' tu'rleri paydalani'ladi'. Bul jumi'sta laboratoriyalarda massani' sali'sti'rmali' da'l o'lshe'wge mu'mkinshilik beretug'i'n ha'm sonli'qtan ken' tu'rde paydalani'latug'i'n analitikali'q ta'rezide o'lshe'w haqqi'nda ga'p etiledi.

Ko'pshilik jag'daylarda analitikali'q ta'rezige shan'ni'n' kirmewi, hawa ag'i'slari'ni'n' ta'sir etpewi ha'm jaqti'li'qti'n' ko'birek tu'siwi ushi'n qaptallari' ko'terilip qoyi'wg'a bolatug'i'n aynalardan turatug'i'n quti'da jaylasqan boladi' (1-su'wret). Ta'rezi  $BB$  arqali' belgilengen ta'rezinin' og'i' dep atali'wshi' ten'dey iyinlerge iye ri'shagtan turadi'. Bul ri'shag ta'rezi og'i'ni'n' da'l ortasi'nda oni'n' tegisligine perpendikulyar jaylasqan shi'ni'qti'ri'lg'an polattan

islengen  $a$  prizmasi'na su'yenip turadi'. Prizmani'n' to'mengi qaptali'  $A$  bag'anasi'ni'n' u'stine ornati'lg'an tegis platinkag'a bekitilgen. Ta'rezi og'i'ni'n' ortadag'i' prizmadan birdey uzaqli'qlardag'i' ushlari'nda  $SS$  pa'llelerin asi'p qoyatug'i'n du'zilisler bolg'an joqari' qarag'an a'dettegidey  $b$  prizmalari' bekitilgen boladi'. Ortadag'i'  $a$  prizmasi'ni'n' ha'm shetki  $b$  prizmalardi'n' joqari' qabi'rg'alari' o'z-ara parallel boli'wi' kerek. Pa'llelerde ju'k bolmag'an waqi'tta ta'rezinin' og'i' gorizont bag'i'ti'nda turi'wi' kerek. Ta'rezi og'i'ni'n' hali' (gorizont bag'i'ti'na parallelligi) shetki prizmalardi'n' qabi'rg'alari'n' tutasti'ri'wshi' si'zi'qqa perpendikulyar tu'rde oqti'n' ortasi'nda ornati'lg'an  $J$  strelkasi' menen ani'qlanadi'. Strelkani'n' ushi' ta'rezinin' to'mengi bo'limindegi  $S$  shkalasi'ni'n' aldi'nda qozg'aladi'. Ta'rezinin' og'i' gorizont bag'i'ti'nda turg'an jag'dayda strelka shkalani'n' da'l ortasi'ndag'i' nollik si'zi'qti'n' tuwri'si'nda turi'wi' kerek.

Ta'rezini xarakterlewshi tiykarg'i' shama oni'n' sezgirligi boli'p tabi'ladi'. Ta'rezinin' sezgirligi dep ta'rezige qosi'msha  $p$  ju'k qoyg'anda strelkani'n' awi'si'w mu'yeshi tangensinin' usi' qosi'msha ju'ktin' salmag'i' qatnasi'na aytadi' ha'm bul shama to'mendegi formulani'n' ja'rdeminde ani'qlanadi':

$$\omega = \frac{L \cos \alpha}{(2P + p)L \sin \alpha + Kh}$$

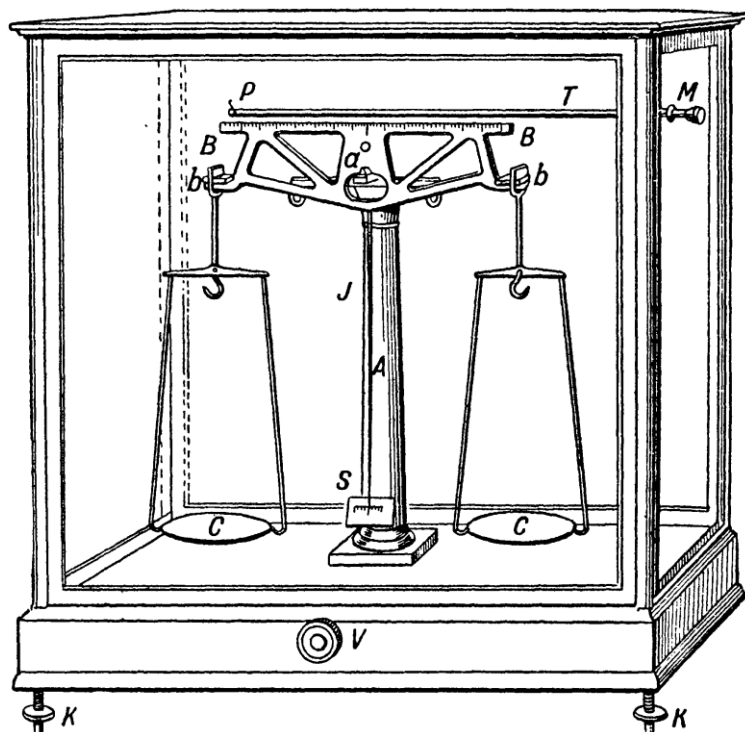
Bul an'latpada  $L$  arqali' ta'rezinin' og'i'ni'n' iyinlerinin' uzi'nli'g'i',  $K$  arqali' ta'rezi og'i'ni'n' salmag'i',  $h$  arqali' ortadag'i' prizmani'n' to'mengi qabi'rg'asi' menen ta'rezi og'i'ni'n' salmaq orayi' arasi'ndag'i' qashi'qli'q,  $P$  arqali' ta'rezige qoyi'lg'an ju'ktin' salmag'i',  $\alpha$  arqali' ri'shagti'n' en'keyiw mu'yeshi belgilengen. Bul formulada ta'rezinin' sezgirliginin' ju'ktin' shamasi'na g'a'rezli ekenligi ko'rinip tur. Eger ta'rezi og'i' tiyip turatug'i'n u'sh prizmani'n' qabi'rg'alari' bir tegislikte jatadi' dep esaplasaq ha'm iyinlerinin' en'keyiwin itibarg'a almaw mu'mkin bolsa, onda  $\omega$  sezgirlik turaqli' shamag'a aylanadi' ha'm oni'n' ma'nisi to'mendegi formula menen ani'qlanadi':

$$\omega = \frac{L}{Kh}$$

Zavodta paydalani'w ushi'n tayar halda shi'qqan ta'rezilerde biz tek  $h$  shamasi'n o'zgerite alami'z (basqa so'z benen aytqanda ta'rezi og'i'ni'n' salmaq orayi'n joqari'g'a yamasa to'menge ko'shiriw joli' menen ta'rezinin' sezgirligin o'zgerite alami'z). Bunday operaciya ha'r qi'yli' ta'rezilerde vertikalli'q bag'i'tta ji'li'sti'ri'latug'i'n ha'r qi'yli' ju'klerden' ja'rdeminde a'melge asi'ri'ladi'.

Massasi' 1 milligrammnan kishi bolg'an ta'rezi taslari' ju'da' mayda boladi'. Sonli'qtan olardi' uslaw ha'm ta'rezinin' pa'llesine qoyi'w u'lken qolaysi'zli'qlardi' payda etedi. Sonli'qtan massasi' tap usi'nday yamasa onnan da kishi bolg'an ta'rezi taslari'n ilmek si'm yamasa plastinka tu'rinde sog'i'lg'an ji'lji'ti'p qoyi'w mu'mkin bolg'an reyter dep atalatug'i'n ju'k tu'rinde sog'adi'. Reyter ta'rezi og'i'ni'n' iyinlerinin' birinin' u'stine bekitiledi. A'dette ta'rezi og'i'ni'n' ha'r bir iyini ten'dey 10 bo'limge bo'lingen boladi'. Eger reyter ta'rezi og'i'ni'n' ortasi'nan baslap sanag'anda birinshi, ekinshi, u'shinshi ha'm tag'i' bo'limlarga qoyi'lg'an bolsa, onda bul jag'daylar ta'rezinin' usi' ta'reptegi

pa'llesine 1, 2, 3 ha'm tag'i' basqa milligrammlarg'a ten' ju'klerde qoyg'ang'a sa'ykes keledi. Reyterdi ta'rezi esigi jabi'q turg'an halda ta'rezi og'i'na arnawli' du'zilistin' ja'rdeminde ilip qoyi'w yamasa ilip qoyi'lg'an reyterdi ali'w mu'mkin.



### 1-su'wret.

Laboratoriyalarda denelerdin' massalari'n u'len da'llikte o'lshew ushi'n qollani'latug'i'n ten'dey uzi'nli'qtag'i' iyinlerge iye analitikali'q ta'rezi. Bunday ta'rezini analitikali'q toparg'a kirizshi u'sh prizmalı' laboratoriyali'q ta'rezi dep te ataydi'.

Ta'rezi isletilmey turg'an waqi'tta oni' arretirlep (ta'rezi og'i'n qozg'almaytug'i'n etip bekkemlep) qoyi'w lazi'm. Ta'rezi oni'n' bag'anasi' ishindegi arnawli' quri'lmani'n' ja'rdeminde arretirlenedi. Bul quri'lma ta'rezinin' pa'llelerin ha'm og'i'n joqari' ko'terip, olardi' prizmalardan bosati'p, tayani'sh betine basi'p turi'p kerek emes (unamsi'z) bolg'an qozg'ali'slardan saqlaydi'. Arretirler du'zilisi ha'r qi'yli' ta'rezilerde ha'r qi'yli' boli'wi' mumkin. Ta'rezini arretirlew yamasa ta'rezi og'i'n o'lshew hali'na tu'sirip qoyi'w kerek bolg'anda ta'rezinin' to'mengi bo'limindegi *V* buralatug'i'n do'n'gelek buraladi'.

Ha'r bir ta'rezi belgili bir maksimali'q mug'dardag'i' ju'ktin' salmag'i' yamasa massasi'n o'lshewge mo'lsherlenip sog'i'ladi'. Maksimali'q ju'ktin' shaması' a'dette ha'r bir ta'rezinin' o'zinde jazi'p qoyi'lg'an boladi'. Salmag'i' bunday ju'ktin' salmag'i'nan awi'r bolg'an ju'klerde o'lshewge bolmaydi'. Eger bunday qag'i'ydalar ori'nlanbasa ta'rezinin' og'i' iyilip isten shi'g'i'p qaladi'. Sonli'qtan ha'r bir ta'rezi ushi'n arnalg'an belgili salmaqqa iye taslar sali'ng'an ag'ash quti' boladi'.

**Ta'rezini ornati'w.** Ta'rezinin' bag'anasi' tik turi'wi' kerek. Bag'anasi'ni'n' tik yamasa qi'yali'g'i'n biliw ushi'n ju'k ildirilgen jip kishkene saqi'ynani'n' da'l ortasi'ni'n' u'stinde turi'wi' kerek. Bul jipti saqi'ynani'n' da'l ortasi'na keltiriw *K* vintlerin buraw joli' menen a'melge asi'ri'ladi' (1-su'wret). Eger ta'rezinin' bag'anasi' vertikal halg'a keltirilgen bolsa pa'llelerge ju'k qoyi'lmag'an jag'dayda o'z erkine qoyi'lg'an ta'rezi og'i'ni'n' *J* strelkasi' *S* shkalani'n' orta



nollik si'zi'g'i'ni'n' tusi'na kelip turadi'. Eger ta'rezi og'i'ni'n' *J* strelkasi' shkalani'n' orta si'zi'g'i'ni'n' tusi'na tuwri' kelmey qalsa yamasa strelka orta si'zi'qtan 2-3 bo'limnen ko'birek awi'ssa, onda ta'rezini BB og'i'ni'n' eki ushi'ndag'i' vinter tu'rinde islengen kishkene sa'ykes ta'repke qaray buraw menen tuwri'law mu'mkin. Bul operaciyani' ori'nlaw ju'da' di'qqatti' ha'm itibarli' islewdi, jetkilikli da'rejedegi ta'jiriybege iye boli'wdi' talap etedi.

Arretirlengen (yag'ni'y ta'rezinin' og'i' qozg'almaytug'i'n etip qoyi'lg'an) ta'rezinin' og'i' o'z erkine qoyi'lg'anda ol a'dette qozg'ali'sqa keledi ha'm ko'pshilik jag'dayda terbeledi. Bunday qozqali's waqi'ti'n kemeytiw ushi'n ta'rezilerge ti'ni'shlati'wshi' du'zilis bolg'an dempfer ornati'ladi'. Ti'ni'shli'qqa keltiriwshi du'zilis eki jup jen'il metall sterjenlerden ibarat boli'p, olardi'n' ekewi ta'rezinin' bag'anasi'na qi'ymi'ldamaytug'i'n etip ornati'lg'an, qalg'an ekewi ta'rezinin' og'i'na bekutilgen. Ta'rezinin' og'i' qozg'alg'anda og'an biriktirilgen stakanlar qi'ymi'ldamaytug'i'n stakanlardi'n' ishinde qozg'aladi'. Stakanlardi'n' ishindegi hawa qi'si'lg'anda qosi'msha basi'm ku'shi payda boladi'. Bul ku'sh ta'rezi og'i'ni'n' qozg'ali's waqi'ti'n kemeytedi.

Bul maqsette ha'm taslardi' pincet penen ali'wda olardi' jelinip ketpewi ushi'n arnawli' mexanizm qollani'ladi'. Bul mexanizm uli'wma ko'sherge ornati'lg'an eki diskten ibarat. Disklerden birin burap, ta'rezi og'i' biriktirilgen reyka u'stine saqi'yna ta'rizli taslardi' qoyi'w ha'm onnan ali'w mu'mkin. Qoyi'latug'i'n yamasa ali'natug'i'n tasti'n' salmag'i' diskke jazi'lg'an sanlarg'a qarap ani'qlanadi'.

Bir qatar analitikali'q ta'rezilerde ekrani' jaqsi' jaqti'landi'ri'latug'i'n arnawli' optikali'q quri'lma bolg'an veyograf qollani'ladi'. Bunday jag'dayda shkalag'a qarap esaplaw bari'si'nda ekperimentatordi'n' ko'zi sharshamaydi'.

**Ta'rezini paydalani'w qag'i'ydalari'.** Ta'rezini paydalani'wda to'mendegidey talaplardi' saqlaw za'ru'r:

1. Ta'rezini arretirlemegenshe oni'n' pa'llesine ju'k qoyi'w yamasa qoyi'lg'an ju'kti ali'wg'a bolmaydi' (ha'tte ta'rezinin' pa'llesine tiyiwge de bolmaydi'), ta'rezinin' og'i'ndag'i' reyterdi bir ori'nnan ekinshi ori'ng'a ali'p qoyi'wg'a da bolmaydi'.

2. Ju'klerdi pa'llelerge qoyg'anda olardi'n' uli'wmali'q salmaq orayi'ni'n' pa'llenin' ortasi'na tuwri' keliwi talap etiledi.

3. Ta'rezi taslari'n qol menen uslawg'a bolmaydi', olardi' pincet penen uslaw kerek, massasi' ju'da' kishi bolg'an plastinka ta'rizli taslardi' (grammni'n' onnan, ju'zden bir u'lesleri) olardi'n' bu'gilgen mu'yeshinen pincet penen ali'nadi'.

4. Taslardi' ta'reziden alg'annan son' olardi'n' quti'dag'i' o'z orni'na qayti'p qoyi'li'wi' za'ru'r.

5. Ta'rezi pa'lleleri ten' salmaqli'q halg'a kelmegenshe ta'rezi og'i'n orni'na toli'q tu'sirmew kerek; strelkani'n' awi'si'wi'na qarap qaysi' pa'llenin' jen'il ekenligin biliw ushi'n ta'rezinin' og'i' a'stelik penen azmaz tu'siriledi, bunnan keyin ta'rezi og'i' arretirlenip, pa'llelerge mayda ta'rezi taslari' sali'nadi' yamasa ali'p taslanadi'. O'lshenetug'i'n denenin' salmag'i' menen taslar

salmag'i' arasi'ndag'i' ayi'rma kishi bolg'an jag'dayda ta'rezi og'i' mayatnikke uqsap terbele baslaydi'.

6. Ta'rezinin' og'i'n barli'q waqi'tta da a'stelik penen u'zliksiz tu'rde arretirlew ha'm tu'siriw kerek. Eger ta'rezi terbelip turg'an bolsa, onda arretirlew ta'rezi strelkasi' shkalani'n' ortasi' arqali' o'tip ati'rg'an momentte abaylap arretirlew kerek.

7. Eger pa'lleler mayatnikke uqsap terbelip turg'an bolsa, onda olardi'n' shetine qag'az tiygizip ti'ni'shlandi'ri'w kerek. Pa'lleler toli'q ti'ni'shlang'annan g'ana keyin ta'rezi og'i'n toli'q bosati'w kerek.

8. Ta'rezinin' terbelisin baqlag'an waqi'tta oni'n' esigi jabi'q boli'wi' kerek.

9. Eger ta'rezi og'i'n orni'na tu'sirgende strelkani'n' terbeliw amplitudasi' kishi bolsa (shkalani'n' ortasi'ndag'i' noqati'nan strelka on'g'a ha'm shepge 3-4 si'zi'qqa ji'li'ssa amplitudani' jetkilikli da'rejede kishi dep esaplawg'a boladi'), onda ta'rezinin' esigin ashi'p qag'azdi'n' ja'rdeminde hawani' jelpiw kerek boladi'. Bunday jag'dayda hawani'n' ag'i'si' ta'rezinin' og'i'na jetkilikli amplitudani' beredi.

10. A'sirese ta'rezi arretirlenbegen jag'daylarda ju'klerdi pa'llelerde ko'p waqi't uslap turi'wg'a bolmaydi'. Ju'klerdi o'lshep bolg'annan keyin ta'rezini arretirlew, ta'rezi esigin ashi'p ju'klerdi ali'p ha'm esigin ja'ne jawi'p qoyi'w kerek.

**O'lshepler.** Da'l o'lshep ushi'n: 1) ta'rezinin' nollik noqati'n tabi'w, 2) oni'n' sezgirligin ani'qlaw, 3) o'lshepdi a'melge asi'ri'w, 4) denenin' hawadag'i' salmag'i'ni'n' kemeyiwine tiyisli du'zetiwler kirgiziw kerek.

**Ta'rezinin' nollik noqati'n tabi'w.** Ha'r bir o'lshep aldi'nda ju'k qoyil'mag'an ta'rezidegi ten' salmaqli'q haldi', yag'ni'y su'ykeliw bolmag'an jag'daydag'i' shkaladag'i' strelka toqtaytug'i'n  $x_0$  si'zi'qti' ani'qlap ali'w kerek. Bul si'zi'q ta'rezinin' nollik noqati' dep ataladi'. Su'ykelistin' ta'sirin joq etiw maqsetinde nollik noqatti' terbelis usi'li'ni'n' ja'rdeminde ani'qlaydi'.

Ta'rezinin' og'i' terbelgende og'an bekutilgen strelka mayatnikke usap terbeledi. Strelka shepke awi'sqanda oni'n' ushi' shkalani'n' en' shep ta'reptegi shetki noqati'nan baslap esaplang'an  $a_1$  si'zi'qqa, al on'g'a awi'sqanda oni'n' ushi' shkaladag'i' on' ta'repten esaplang'anda  $a_2$  si'zi'qqa keletug'i'n bolsi'n dep esaplayi'q. Eger strelka o'zinin' ten' salmaqli'li'q hali'nan on' ha'm shep ta'replerge birdey shamalarg'a awi'satug'i'n bolsa, onda nollik noqat  $a_1$  ha'm  $a_2$  shamalari'ni'n' qosi'ndi'si'ni'n' yari'mi'na ten' bolg'an bolar edi. Haqi'yqati'nda strelkani'n' terbeliw amplitudasi' waqi'tti'n' o'tiwi menen kemeyedi. Birinshi shepke qaray awi'si'w on'g'a qaray awi'si'wg'a sali'sti'rg'anda u'lkenirek boladi', al bunnan keyingi on'g'a qaray awi'si'w o'zinen keyingi shepke qaray awi'si'wdan u'lkenirek boladi'. Sonli'qtan  $a_1$  ha'm  $a_2$  shamalari'ni'n' qosi'ndi'si'ni'n' yari'mi' ta'rezinin' nollik noqati'ni'n' haqi'yqi'y orni'n ko'rsete almaydi'.

Strelkani'n' izbe-iz u'sh ret awi'si'wi'n (olardi'n' shamalari'n  $a_1$ ,  $a_2$  ha'm  $a_3$  arqali' belgileyemiz) qarayi'q. Olardi'n' ekewi bolg'an  $a_1$  ha'm  $a_3$  awi'si'wlari' shep ta'repke qaray bolsa,  $a_2$  awi'si'wi' on' ta'repke qaray boladi'. Bunday

jag'dayda  $a_1$  ha'm  $a_3$  awi'si'wlari'ni'n' ortasha ma'nisi  $a_2$  awi'si'wi'na  $a_1$  ha'm  $a_3$  awi'si'wlari'na sali'sti'rmali' tu'rde jaqi'n boladi'. Demek

$$\frac{\frac{a_1 + a_3}{2} + a_2}{2}$$

formulasi' menen esaplang'an ta'rezinin' noli oni'n' haqi'yqi'y ma'nisine jaqi'ni'raq boladi'.

Amplituda waqi'tqa proporcional ni'zam boyi'nsha emes, eksponencial ni'zam boyi'nsha o'zgeretug'i'n bolg'anli'qtan ko'p sanli' awi'si'wlardi' alsaq ta'rezinin' nolin a'dewir u'lken da'llikte tabi'w mu'mkin. Mi'sal retinde birinen son' biri bolatug'i'n bes  $a_1, a_2, a_3, a_4$  ha'm  $a_5$  awi'si'wlari'n alami'z. Bul awi'si'wlardi'n' u'shewi ( $a_1, a_3, a_5$  ler) bir ta'repke, al qalg'an  $a_2$  ha'm  $a_4$  awi'si'wlari' ekinshi ta'repke qaray awi'si'wlar bolsi'n. Bunday jag'dayda ta'rezinin' nollik noqati'n

$$l_0 = \frac{\frac{a_1 + a_3 + a_5}{3} + \frac{a_2 + a_4}{2}}{2}$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde a'dewir u'lken da'llikte ani'qlay alami'z.

Eger  $a$  awi'si'wlari'ni'n' shamasi' shkalani'n' ortasi'nda turg'an si'zi'q boyi'nsha o'lshenetug'i'n bolsa, onda ta'rezinin' nollik noqati'n ani'qlaw ushi'n formulag'a sa'ykes o'zgerisler kirgiziledi. Bul jag'dayda shep ta'repke qaray awi'si'wlarg'a on' belgi (+) qoysaq, on' ta'repke qaray awi'si'wlarg'a teris belgi (-) qoyami'z

A'dette ta'rezinin' nolin tabi'wda (nollik noqati'n tabi'wda) izbe-iz bolg'an bes awi'si'wdi'n' shamasin' o'lshew menen sheklenemiz. Shepke qaray awi'si'wlardi'n' shamalari' da'pterdin' shep ta'repine, on' ta'repke qaray awi'si'wlardi'n' shamalari'n on' ta'repine jazi'w kerek. Birinshi ret awi'si'w qaysi' ta'repke qaray bolg'an bolsa, onda sol ta'repke qaray awi'si'wlardi'n' sani' ekinshi ta'repke qaray bolg'an awi'si'wlardi'n' sani'nan 1 ge arti'q boladi'. Ta'rezi og'i'n bosatqannan keyin oni'n' terbeliw amplitudasi' ju'da' kishi bolg'an jag'dayda ta'rezi pa'llelerinin' birin a'ste-aqi'ri'nli'q penen qag'azdi'n' ja'rdeminde jelpip terbeliske (qozg'ali'sqa) ali'p klinedi. Bunnan keyin bir neshe terbelis o'tkerilip jiberiledi ha'm bunnan keyin g'ana strelkani'n' awi'si'wlari' o'lshenedi. Strelkani'n' maksimali'q awi'si'wi' shkaladag'i' si'zi'qlar arasi'ndag'i' bo'limlerdin' onnan birine shekemgi da'llikte o'lshenedi. Ta'rezinin' nollik noqati'n tek bir ret tabi'w menen sheklenbew kerek. Bul o'lshew operaciyasi' a'dette bir neshe ret ta'kirarlanadi' ha'm aqi'ri'nda o'lshewlerdin' na'tiyjelerinin' ortasha arifmetikali'q ma'nisi ali'nadi'.

Mi'sal keltiremiz. Awi'si'wlardi'n' 5 ma'nisin ani'qlaymi'z. Biz mi'naday shamalardi' alg'an bolayi'q:  $a_1 = -9,6$ ;  $a_3 = -7,8$ ;  $a_5 = -6,9$ ;  $a_2 = 8,4$ ;  $a_4 = 7,5$ ; Esaplawlar na'tiyjesinde to'mendegidey shamani' alami'z:

$$l_0 = \frac{-\frac{9,6 + 7,8 + 6,9}{3} + \frac{8,4 + 7,5}{2}}{2} = \frac{-\frac{24,3}{3} + \frac{15,9}{2}}{2} = -0,075$$

shamasi'na iye bolami'z. Demek ta'rezinin' nollik noqati'  $S$  shkalasi'ndag'i' nollik noqattan 0,075 birlikke ten' shep ta'repte eken.

Ali'ng'an na'tiyjelerdin' barli'g'i' da to'mendegi 1-sanli' kestege kirgiziledi. Bul shi'ni'g'i'w keminde 4 ret ori'nlanadi'.

Ta'rezinin' nollik noqati' tabi'lg'annan keyin g'ana oni'n' sezgirligin ani'qlawg'a boladi'.

1-keste

№	$a_1$	$a_3$	$a_5$	$a_2$	$a_4$	$l_0$
1						
2						
3						
4						
Ortasha ma'nis						

**Ta'rezinin' sezgirligin ani'qlaw.** Eger ju'ksiz ta'rezinin' og'i'ndag'i' birinshi bo'limge reyter ornati'lsa, onda ta'rezinin' sol bo'lim ta'repindegi pa'llege massasi' 1 mg shamasi'ndag'i' tas qoyi'lg'an menen birdey boladi'. Ta'rezinin' usi' haldag'i' terbelislerin baqlap, oni'n' ten' salmaqli'q hali'n tabami'z. Na'tiyjede nollik noqat ushi'n biz aldi'ng'i' ali'ng'an  $l_0$  shamasi'n emes, al basqa bir  $l$  shamasi'n tabami'z. Bul shama bizge ta'rezinin' ten' salmaqli'q hali'ni'n' shkalada  $l - l_0$  bo'limge ji'lji'g'anli'g'i'n bildiredi. Bul ji'lji'wdi'n' absolyut ma'nisi ju'ksiz ta'rezinin' 1 mg tas qoyi'lg'andag'i' sezgirligin beredi. Bul jag'dayda da joqari'dag'i' shi'ni'g'i'wda  $l_0$  shamasi'n qalayi'nsha tapqan bolsaq,  $l$  shamasi'n da tap sonday jollar menen tabami'z. Ali'ng'an na'tiyjelerdi 2-kestege tu'siremiz. Ta'rezinin' nollik noqati'n ha'm sezgirligin ani'qlap bolg'annan keyin ju'klerdi o'lshewge kirisiwge boladi'.

2-keste

№	$P$	$a_1$	$a_3$	$a_5$	$a_2$	$a_4$	$ll$
1							
2							
3							
4							
Ort.							

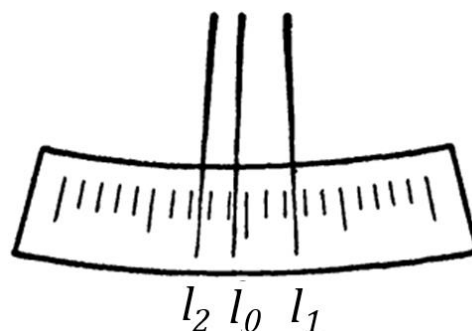
**O'lshew.** Eger o'lshenip ati'rg'an denenin' salmag'i'n pu'tin grammlarg'a ten' bolmasa, onda ta'rezi taslari'n izbe-iz qoyi'w joli' menen o'lshenip ati'rg'an denenin' salmag'i' arasi'nda bolatug'i'n eki  $a$  ha'm  $a + 1$  grammlardi' tabi'w mu'mkin. Bunnan keyin salmag'i' decigrammalardag'i' (grammni'n' onnan biri), al onnan son' santigrammalardag'i' (grammni'n' ju'zden biri) ta'rezi taslari' qoyi'ladi'. Eger denenin' salmag'i' pu'tin santigrammlarg'a ten' bolmasa, onda reyterden paydalani'p ta'rezige milligrammlar qoyi'ladi'. Reyterdi

ta'rezinin' og'i'nda ji'li'sti'ri'p, sanlar menen belgilengen si'zi'qlar u'stine qoyi'p ko'riw joli' menen izbe-iz turg'an sonday eki si'zi'q tabami'z, reyter bul si'zi'qlardan birinde turg'anda o'lshenetug'i'n ju'ktin' salmag'i' berilgen salmaqta kishi, al ekinshisinde turg'anda berilgen salmaqta u'lken boladi'.

Ta'rezi taslari' menen o'lshenetug'i'n denenin' massalari' arasi'nda u'lken ayi'rma bolg'an jag'dayda pa'llelerdin' biri da'rriw to'menge basi'p ketedi. Na'tiyjede ta'rezinin' og'i'na bekitilgen ta'rezi strelkasi' bir ta'repke qaray aqi'ri'na shekem awi'sadi' ha'm qozg'almay qaladi'. Ta'rezinin' pa'llelerindegi ju'klerdin' salmaqlari'ni'n' ayi'rmasi' kishi bolg'anda ta'rezi og'i' terbeledi. Ta'rezi og'i' terbelip turg'anda strelkani'n' nollik noqattan bir ta'repke qaray awi'si'wi' ekinshi ta'repke qaray awi'si'wi'nan u'lken yamasa kishi ekenligin ani'q seziw qi'yi'n bolsa, onda ta'rezinin' terbelisi toqtag'annan keyin g'ana strelkani'n' shkalada ko'rsetip turg'an bo'limin tabi'w kerek. Ta'rezinin' ten' salmaqli'q noqati' da nollik noqatta tapqandag'i'day usi'l menen tabi'ladi'. Ten' salmaqli'q noqatti' tabi'wda reyterdi paydalani'wg'a tuwri' keledi. Reyterdi paydalani'wdi'n' bari'si'nda ta'rezinin' ten' salmaqli'q noqati'n an'sati'raq tabi'wg'a boladi'. Ta'rezinin' tabi'lg'an ten' salmaqli'q noqati' ta'rezinin' noline sali'sti'rg'anda on'g'a yamasa shepke qaray awi'si'wi'na qarap, biz ta'rezinin' qaysi' pa'llesi awi'r ekenligin ani'q ayta alami'z.

Biz ta'rezi og'i'ni'n' bir bo'limine sa'ykes keliwshi reyterdin' eki awhali'n tapqan bolayi'q. Bul 1 mG ayi'rmag'a iye hallar boli'p tabi'ladi'. Bul hallar ushi'n sa'ykes ten' salmaqli'q hallar  $l_1$  ha'm  $l_2$  ge ten' boladi'.  $l_1$  noqati' ta'rezinin' nollik awhali'ni'n' on' ta'repinde, al  $l_2$  noqati' ta'rezinin' nollik awhali'ni'n' shep ta'repinde jaylasqan boladi' (bul jag'day 2-su'wrette ko'rsetilgen).

2-su'wret



Eger salmag'i' o'lshenip ati'rg'an dene ta'rezinin' shep ta'repindegi pa'llede jaylasqan bolsa, onda strelka  $l_2$  hali'nda turg'an halda ta'rezi taslari'ni'n' salmag'i' o'lshenip ati'rg'an denenin' salmag'i'nan u'lken boladi', strelkani'  $l_1$  hali'na ali'p keletug'i'n ta'rezi taslari'ni'n' salmag'i' denenin' salmag'i'nan kishi boladi'.  $l_1$  ten' salmaqli'q hali'na sa'ykes keliwshi ta'rezi taslari'ni'n' salmag'i'  $P$  mG bolsa, onda ta'rezinin' nollik noqati'n  $l_0$  awhali'na ali'p keliw ushi'n ta'rezinin' on' pa'llesine salmag'i' milligrammni'n' qa'legen bir u'lesine ten' tas qoyi'w kerek boladi'.

Awi'si'w mu'yeshleri kishi bolg'anda strelkani'n' nollik noqati'nan awi'si'w oni' payda etken ju'kke proporcional boladi' dep boljayi'q. Bul boljaw  $P$  ni'n'

ma'nisin esaplap tabi'wg'a mu'mkinshilik beredi.  $l_1$  hali' salmag'i'  $P$  mG tasqa tuwri' keledi, al  $l_2$  hali' bolsa salmag'i'  $P + 1$  mG tasqa tuwri' keledi. Demek  $l_1 - l_2$  awi'si'wi' salmag'i' awi'si'w 1 mG bolg'an tasqa tuwri' keledi. Sonli'qtan  $l_1 - l_2$  shamasi'ni'n' **ju'kke iye ta'rezinin' sezgirligi** boli'p tabi'ladi'. Endi bizge ta'rezi og'i'n ha'm oni'n' menen baylani'sli' bolg'an strelkani'  $l_1$  hali'nan  $l_2$  hali'na ali'p keletug'i'n, yag'ni'y  $l_1 - l_0$  shamasi'na awi'sti'ratug'i'n qosi'msha  $p$  ju'ktin' shamasi'n esaplap tabi'wi'mi'z kerek boladi'. Eger salmag'i' 1 mG ju'k qoyi'lg'anda strelka  $l_1 - l_2$  shamasi'na awi'ssa, salmag'i'  $p$  mG bolg'an ju'k  $l_1 - l_0$  shamasi'na awi'sadi'. Na'tiyjede biz

$$\frac{1}{P} = \frac{l_1 - l_2}{l_1 - l_0}, \quad P = \frac{l_1 - l_0}{l_1 - l_2} \text{ mG}$$

an'latpalari'na iye bolami'z ha'm denenin' salmag'i'

$$Q = P + p$$

shamasi'na ten' boladi'. Usi'nday jollar menen ta'rezide denelerdin' salmag'i'n 1 milligrammni'n' onnan bir u'lesindey da'llikte o'lshevw mu'mkinshiligine iye bolami'z.

Eger ta'rezinin' sezgirligi qoyi'lg'an ju'ktin' shamasi'nan g'a'rezsiz bolg'anda ta'rezinin' nollik noqati'ni'n' eki ta'repindegi ten' salmaqli'q hallardi' ani'qlawdi'n' za'ru'rligi bolmag'an bolar edi. Bunday jag'dayda tek bir ten' salmaqli'q hali'n tabi'w ha'm usi'nday ten' salmaqli'q hal ushi'n kerek bolatug'i'n milligrammlardi' esaplap shi'g'ari'w menen shekleniw jetkilikli bolg'an bolar edi. Biraq ta'rezinin' sezgirligi ju'ktin' shamasi'na baylani'sli' o'zgeretug'i'n bolg'anli'qtan ju'k sali'nbag'an ta'rezinin' sezgirligin aldi'n-ala tabi'w pa'llelerge qansha mug'dardag'i' ju'kti salg'anda strelkani'n' qansha shamag'a awi'satug'i'nli'g'i'n shama menen biliw arqali' eki ten' salmaqli'q hali'n tezirek tabi'wg'a mu'mkinshilik beredi.

Ta'rezide reyter bolmag'an jag'dayda denenin' salmag'i'n milligrammni'n' u'leslerine shekemgi da'llikte to'mendegidey usi'llardi'n' ja'rdeminde o'lsheydi. Meyli ta'rezinin' on' pa'llesine ta'rezi derlik ten' salmaqli'qta turatug'i'nday shamadag'i' tas qoyi'lg'an bolsi'n. Bunday jag'dayda ta'rezi og'i' bosati'lg'anda strelka shkalani'n' orta si'zi'g'i'nan onsha ko'p shamag'a awi'spaydi'. Ta'rezinin' on' pa'llesinin' salmag'i' shep pa'llesinin' salmag'i'nan biraz jen'il dep esaplayi'q. Ta'rezinin' nollik noqati'n tapqanday jol menen ten' salmaqli'q hali'n tabayi'q. Mine usi'nday etip tabi'lg'an ten' salmaqli'q hali'n joqari'da paydalang'anday belgilewlerde  $l_1$  arqali', al nollik noqatti'  $l_0$  arqali' belgileyik. Endi on' ta'reptegi pa'llege salmag'i' 1 sG bolg'an ta'rezi tasi'n qosi'p payda bolg'an ten' salmaqli'q hali'n tabami'z. Bul tabi'lg'an haldi'  $e_2$  arqali' belgileymiz.  $l_1$  menen  $l_2$  noqatlari'n  $l_0$  din' eki ta'repinde jatatug'i'nday etip ali'wg'a boladi'. Na'tiyjede  $l_1 > l_0 > l_2$  ten'sizligi ori'nli' boladi'.  $l_1 - l_2$  shamasi'ni'n' ta'rezinin' qosi'msha 1 sG ju'k sali'ng'andag'i' sezgirligi ekenligin an'g'arami'z. Bul jag'dayda da ta'rezinin' strelkasi'ni'n' awi'si'w mu'yeshinin' shamasi' sali'ng'an ju'kktin' shamasi'na tuwri' proporcional dep esaplaymi'z ha'm strelkani'  $l_1$  hali'nan  $l_0$  hali'na ali'p keletug'i'n ju'ktin' salmag'i'n

milligrammlarda joqari'da paydalang'an formulani'n' ja'rdeminde esaplaymi'z. Tek  $l_1 - l_2$  shamasi'ni'n' bul jag'dayda 1 cG sezgirligin an'latadi'. Sonli'qtan milligrammlarg'a o'tkende ali'ng'an shamani' 10 g'a ko'beytiw kerek boladi' (yag'ni'y 10 shamasi'na ten' ko'beytiwshini kirgizemiz).

Ta'rezidegi o'lshevi jumi'slari'n ori'nlap bolg'annan keyin ta'rezinin' nollik noqati' qaytadan ani'qlanadi' ha'm  $p$  shamasi'n esaplag'anda oni'n' ortasha arifmetikali'q ma'nisi ali'nadi'.

Ta'rezide o'lshegende salmag'i' o'lshenetug'i'n denelerdi on' ta'reptegi pa'llege de, shep ta'reptegi pa'llege de qoyi'p o'lshevi usi'ni'ladi'.

**Dene salmag'i'ni'n' hawada kemeyiwin esapqa ali'w.** Qa'legen denege vertikal bag'i'tta hawa ta'repinen usi' denenin' salmag'i'n kemeytetug'i'n Arximed ku'shi ta'sir etedi. Bul ku'shtin' shamasi' dene ta'repinen qi'si'p shi'g'ari'lg'an hawani'n' salmag'i'na ten' boladi'. Meyli denenin' ko'lemi  $V$  cm<sup>3</sup>, ta'rezi taslari'ni'n' ko'lemi  $v$  cm<sup>3</sup> bolsi'n. Ko'lemi cm<sup>3</sup> bolg'an hawani'n' salmag'i'n  $\lambda$  arqali' belgileyik. Demek hawani'n' ko'teriw ku'shlerin'in' ta'sirinde denenin'  $V\lambda$  shamasi'na ten', al ta'rezi taslari'ni'n'  $v\lambda$  shamasi'na ten' salmag'i' jog'aladi'.  $P$  arqali' denenin' haqi'yqi'y salmag'i'n, al  $p$  arqali' ta'rezi taslari'ni'n' haqi'yqi'y salmag'i' bolsi'n (ta'rezi taslari'ni'n' haqi'yqi'y salmag'i' olardi'n' u'stine sanlar menen jazi'p qoyi'lg'an boladi'). Bunday jag'dayda hawadag'i' ten' salmaqli'q hali'nda

$$P - V\lambda = p - v\lambda$$

yamasa

$$P = p + (V - v)\lambda$$

an'latpalari'n jaza alami'z. Meyli  $D$  arqali' o'lshenip ati'rg'an denenin' ko'leminin' 1 sm<sup>3</sup> shamasi'ni'n' haqi'yqi'y salmag'i' (san ma'nisi boyi'nsha sali'sti'rmali' ti'g'i'zli'qqa ten'), al  $d$  arqali' taslar ushi'n tap sonday shama belgilengen bolsi'n. Bunday jag'dayda mi'naday an'latpalarg'a iye bolami'z:

$$VD = P, \quad vd = p.$$

Bul an'latpalardi'n' ja'rdeminde ani'qlang'an  $V$  menen  $v$  ni'n' ma'nislerin joqari'dag'i' ten'lemege qoyi'p

$$P = p + \left(\frac{P}{D} - \frac{p}{d}\right)\lambda$$

an'latpasi'n alami'z. Oni'  $P$  shamasi'na qarata sheshsek

$$P = p \frac{1 - \lambda/d}{1 - \lambda/D}$$

ekenligine iye bolami'z. Ko'p ag'zali'ni' bo'liwdin' qag'i'ydalari' boyi'nsha bo'lshektin' ali'mi'n bo'limine bo'lsek

$$\frac{1 - \lambda/D}{1 - \lambda/d} = 1 - \frac{\lambda}{d} + \frac{\lambda}{D} - \frac{\lambda^2}{dD} + \frac{\lambda^2}{D^2} - \dots$$

qatari'n alami'z.  $\lambda/d$  ha'm  $\lambda/D$  shamalari' ju'da' kishi bolg'anli'qtan  $\lambda^2/dD$  qatnasi'nan baslanatug'i'n ag'zalardi'n' barli'g'i'n esapqa almawi'mi'zg'a boladi'. Sonli'qtan en' aqi'rg'i' an'latpa

$$P = p \left( 1 - \frac{\lambda}{d} + \frac{\lambda}{D} \right)$$

tu'rine iye boladi'.

Ali'ng'an an'latpadag'i'  $\lambda$  shamasi' hawani'n' basi'mi'na, temperaturasi'na ha'm i'g'alli'g'i'na baylani'sli' boladi'. Oni'n' ma'nisin a'dette turaqli' ha'm  $0,0012 \text{ g/sm}^3$  shamasi'na ten' dep esaplaydi'. Ta'rezi taslari'ni'n' sali'sti'rmali' salmag'i'  $8,4 \text{ g/sm}^3$  shamasi'na ten' (bul temirdin' ti'g'i'zli'g'i'). Usi' shamalardi' paydalansaq  $P$  ushi'n

$$P = p + 0,0012p \left( \frac{1}{D} - 0,12 \right)$$

formulasi'n alami'z. Bul an'latpada  $p$  arqali' denenin' salmag'i'ni'n' du'zetilmegen ma'nisi, al  $P$  arqali' denenin' salmag'i'ni'n' du'zetilgen haqi'yqi'y ma'nisi belgilengen.

Joqari'da keltirilip shi'g'ari'lg'an  $P = p + 0,0012p \left( \frac{1}{D} - 0,12 \right)$  formulasi'nan hawada denelerdin' salmag'i'ni'n' kemeyetug'i'nli'g'i' ko'rinip tur. Ma'selen eger salmag'i'  $p = 15 \text{ G}$  bolg'an ha'm ti'g'i'zli'g'i'  $1 \text{ g/sm}^3$  shamasi'na ten' zatti'n' salmag'i' o'lshenetug'i'n bolsa (muz), onda  $15,0158 \text{ G}$  shamasi' ali'nadi'. Demek hawani'n' ko'teriw ku'shinin' ta'sirinde bunday denenin' salmag'i'  $0,0158 \text{ G}$  shamasi'na kemeyedi eken.

Ali'ng'an na'tiyjeler 3-kestege tu'siriledi.

3-keste.

No	t, K	D, kg/m <sup>3</sup>	d, kg/m <sup>3</sup>	P, kG	p, kG
1					
2					
3					
4					
Ort.					

### Qadag'alaw ushi'n sorawlar

1. Siz paydalang'an ta'rezinin' og'i'na itibar berin'iz. Ne sebepli oni'n' formasi' quramali'?

2.  $\omega = \frac{L}{Kh}$  formulasi' boyi'nsha  $h$  shamasi'n kishireytiw joli' menen ta'rezinin' sezgirligin sheksiz u'lkeytiw mu'mkin.  $h$  shamasi'n qanshag'a kishireytiw mumkin?  $h \rightarrow 0$  sheginde ta'rezinin' sezgirliginin' o'siwine qanday faktorlar tosqi'nli'q qi'ladi'?

3. Ta'rezinin' sezgirligi salmag'i' o'lshenetug'i'n zatti'n' pa'llede turg'an orni'na baylani'sli' ma?



### 3-sanli' laboratoriyali'q jumi's Qatti' deneler menen suyi'qli'qlardi'n' ti'g'i'zli'g'i'n piknometr ha'm gidrostatikali'q usi'llar ja'rdeminde ani'qlaw

**Jumi'sti'n' maqseti:** analitikali'q ta'rezide da'l o'lshevi usi'llari'n u'yreniw, suyi'q ha'm qatti' denelerdin' ti'g'i'zli'qlari'n piknometrdirin' ja'rdeminde o'lshevi, ti'g'i'zli'q boyi'nsha zatlaridin' tipin ani'qlaw.

**Kerekli a'sbaplar ha'm materiallar:** piknometr, analitikali'q ta'rezi, distillyaciyalang'an suw quyi'lg'an i'di's, filtrlewshi qag'az, termometr, pipetka.

**Jumi'sti'n' teoriyalı'q tiykarlari' haqqi'ndag'i' qi'sqasha mag'li'wmatlar.** Piknometr dep berilgen temperaturadag'i' ko'leminin' ma'nisi betine  $\text{sm}^3$  yamasa  $\text{mm}^3$  shamalari'nda jazili'p qoyi'latug'i'n, temperaturani'n' o'zgeriwi menen ko'lemi derlik o'zgermeytug'i'n shiysheden sog'i'lg'an ha'r qi'yli' formalaridag'i' i'di'sqa aytadi'. Qa'legen piknometrdirin' betinde oni'n' ko'lemin shegaralap turatug'i'n si'zi'q si'zi'lg'an boli'p, izertlenetug'i'n dene usi' si'zi'qqa shekemgi ko'lemdi toltiri'wi' kerek.

Denenin' ko'leminin' bir birligindegi massani' **ti'g'i'zli'q** dep ataydi' ha'm oni'n' shamasin'

$$\rho = \frac{M}{V}$$

formulasi' menen ani'qlaydi'. Bul formulada  $\rho$  arqali' massasi'  $M$  ha'm ko'lemi  $V$  bolg'an denenin' ti'g'i'zli'g'i' belgilengen.

Sonli'qtan denenin' ti'g'i'zli'g'i'n tabiw ushin' oni'n' ko'lemi menen massasi'n ani'qlap ali'w kerek boladi'. Denenin' massasi'n ta'rezinin' ja'rdeminde o'lsheydi. Al ko'lemdi o'lshevi ko'pshilik jag'daylarda quramali' mashqalalardi'n' birine aylanadi'. Denenin' formasi' quramali' bolg'an jag'dayda ko'lemdi ani'qlaw ushin' Arximed ni'zami'nan paydalanadi': deneni suwg'a bati'radi' ha'm qi'sip shi'g'ari'lg'an suwdi'n' massasi'n o'lsheydi. Berilgen temperaturadag'i' suwdi'n' ti'g'i'zli'g'i'n arnawli' kestelerden aladi'.

Denenin' ti'g'i'zli'g'i' tu'sinigi menen oni'n' sali'sti'rmali' salmag'i' tu'sinigin aralasti'ri'wg'a bolmaydi'. Denenin' ko'leminin' bir birliginin' salmag'i'n **sali'sti'rmali' salmaq** dep ataydi'. Ha'r qanday denenin' sali'sti'rmali' salmag'i'  $d$  menen oni'n' ti'g'i'zli'g'i'  $\rho$  arasi'nda to'mendegidey baylani's ori'n alg'an:

$$d = \rho g.$$

Bul an'latpada  $g$  arqali' salmaq ku'shi tezleniwi belgilengen.  $d = \rho g$  an'latpasi'nan sali'sti'rmali' salmaq penen ti'g'i'zli'q arasi'ndag'i' baylani'stin' denenin' salmag'i' menen massasi' arasi'ndag'i' baylani'stay bolatug'i'nli'g'i' ko'rinip tur. Eger sali'sti'rmali' salmaqtin' san ma'nisin  $\text{G/cm}^3$ , ti'g'i'zli'qti' bolsa  $\text{g/cm}^3$  birliklerinde an'latsaq, onda denenin' sali'sti'rmali' salmag'i' menen oni'n' sali'sti'rmali' ti'g'i'zli'g'i'ni'n' san ma'nislerinin' bir birine ten' bolatug'i'nli'g'i'n ko'remiz.

Piknometr qatti' denelerdin' bo'leklerinin' ko'lemin tabiw ushin' paydalani'ladi'. Eger distillyaciyalang'an suw quyi'lg'an piknometrdirin'

massasi'n  $M$ , al  $M'$  arqali' suwi' bar ha'm denenin' bo'lekleri sali'ng'an piknometr'din' massasi' belgilengen bolsa, onda  $M + m - M'$  shamasi' piknometr'den bo'leklerdi salg'anda qi'si'p shi'g'ari'lg'an suwdi'n' massasi'na ten' boladi'. Suwdi'n' ti'g'i'zli'g'i'n  $\rho_{suw}$  arqali' belgileymiz. Bunday jag'dayda piknometrge sali'ng'an qatti' denenin' bo'leklerinin' ko'lemi  $V = \frac{M+m-M'}{\rho_{suw}}$

shamasi'na, al biz izlep ati'rg'an ti'g'i'zli'g'

$$\rho_{q.d.} = \frac{m}{M + m - M'} \rho_{suw}$$

shamasi'na ten' boladi'.

### **Jumi'sti' ori'nlaw ta'rtibi.**

1. Bir tekli qatti' denenin' bo'leklerin saylap alami'z (si'mni'n' bo'leklerin de paydalani'w mu'mkin) ha'm analitikali'q ta'rezinin' ja'rdeminde saylap ali'ng'an bo'leklerdin' massasi'n o'lsheymiz.  $\rho_{q.d.}$  ushi'n jazi'lg'an an'latpani'n' bo'limindagi ayi'rmani'n' ma'nisinin' da'lliginin' joqari' boli'wi' ushi'n bo'leklerdin' massasi'ni'n' jetkilikli da'rejede u'lken boli'wi' sha'rt (suw tolti'ri'lg'an piknometr menen birge massa shama menen 200 grammdi' qurawi' kerek).

2. Piknometr'di distillyaciyalang'an suw menen belgige shekem tolti'radi' ha'm ta'rezide o'lshe'w arqali'  $M$  shamasi' ani'qlanadi'. Suwdi'n' qa'ddi belgige tiyip turi'wi' kerek. Piknometrge suwdi' pipetka menen qosadi' yamasa azaytadi'. Piknometr'din' diywallari'nda suw tamshi'lari'ni'n' bolmawi'na itibar beriw kerek.

3. Ishinde suwi' bar piknometrge qatti' denenin' bo'leklerin salami'z. Usi'ni'n' na'tiyjesinde suwdi'n' qa'ddi ko'teriledi. Suwdi'n' qa'ddi piknometr'degi belgige shekem to'menlegenshe pipetkani'n' ja'rdeminde suwdi' kemeytemiz ha'm ta'rezinin' ja'rdeminde  $M'$  massasi'n ani'qlaymi'z.

4. Belgili bolg'an  $M, m$  ha'm  $M'$  shamalari'n ortasha ma'nislerin paydalani'p joqari'dag'i' formulani'n' ja'rdeminde  $\rho_{q.d.}$  shamasi'n esaplap tabami'z. Distillyaciyalang'an suwdi'n' berilgen temperaturadag'i' ti'g'i'zli'g'i'n kestden alami'z.

5. Qatti' denenin' ti'g'i'zli'g'i'n o'lshegendegi jiberiletug'i'n qa'tenin' mu'mkin bolg'an shamasi'n esaplap tabami'z. Bul jag'dayda  $M, m$  ha'm  $M'$  shamalari'n o'lshegende jiberiletug'i'n qa'telerdin' ma'nisleri esapqa ali'ni'wi' kerek.

O'lshe'wlerdin' sani' keminde 7-8 boli'wi' kerek.

Ali'ng'an na'tiyjeler to'mendegi kestege jazi'ladi':

N <sup>o</sup>	$\rho_{suw},$ g/sm <sup>3</sup>	$m, g$	$M, g$	$M', g$	$\rho_{q.d.},$ g/sm <sup>3</sup>
1					
2					
3					
...					

8					
Ortasha ma'nisler					

Ali'ng'an na'tiyjeni qatti' denelerdin' (metallardi'n') ti'g'i'zli'g'i' keltirilgen kestedegi mag'li'wmatlar menen sali'sti'w joli' menen tipi ani'qlanadi'.

Ha'r qi'yli' temperaturalarlag'i' distillyaciyalang'an suwdi'n' ti'g'i'zli'qlari' to'mendegi kestede berilgen:

t, °C	$\rho_{suw}$ , g/sm <sup>3</sup>	t, °C	$\rho_{suw}$ , g/sm <sup>3</sup>	t, °C	$\rho_{suw}$ , g/sm <sup>3</sup>
15	0,99913	21	0,99802	27	0,99654
16	0,99897	22	0,99780	28	0,99626
17	0,99880	23	0,99757	29	0,99597
18	0,99862	24	0,99732	30	0,99567
19	0,99843	25	0,99707	31	0,99537
20	0,99823	26	0,99681	32	0,99505

### Studentlerdin' bilimin qadag'alaw ushi'n beriletug'i'n sorawlar

1. Bul laboratoriyali'q jumi'sti' ori'nlag'anda suwi' bar ha'm ishine qatti' denenin' (metaldi'n') bo'lekleri sali'ng'an piknometrdir' massasi'ni'n' shegarali'q ma'nisleri qanday boladi'?

2. Qanday sebeplerge baylani'sli' ti'g'i'zli'g'i' ani'qlani'wi' kerek bolg'an qatti' denenin' bo'leklerinin' massasi'ni'n' jetkilikli da'rejede u'lken boli'wi' kerek?

3. Qatti' denelerdin' ti'g'i'zli'g'i'n piknometr menen o'lshegende qorshag'an ortal'qti'n' ti'g'i'zli'g'i' qanday jollar menen esapqa ali'nadi'?

4. Denelerdin' salmag'i'n ani'qlag'anda Arximed ni'zami'na sa'ykes hawani'n' ko'teriw ku'shin qalay esapqa ali'wg'a boladi'?

### 1-shi'ni'g'i'w

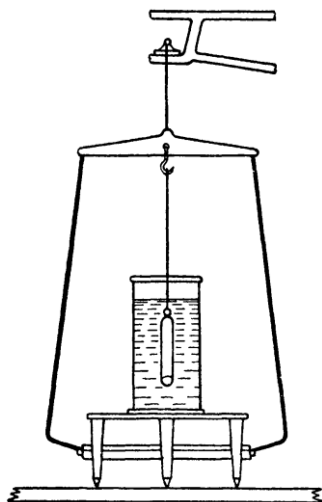
### Qatti' denenin' ti'g'i'zli'g'i'n gidrostatikali'q usi'ldi'n' ja'rdeminde ani'qlaw

**Kerekli a'sbap ha'm materiallar:** 1) analitikali'q ta'rezi, 2) ta'rezi taslari', 3) ta'rezi ornati'latug'i'n stol, 4) ti'g'i'zli'g'i' o'lsheniwi kerek bolg'an qatti' dene, 5) shiyshe cilindr, 6) jin'ishke si'm.

Analitikali'q ta'rezinin' ta'riyiplemesi 3-jumi'sta berilgen.

**O'lshepler.** Izertlenetug'i'n denenin' salmag'i' hawada 1 mG da'llikke shekemgi da'llik penen o'lshenedi. Bunnan keyin bul dene belgili uzi'nli'qtag'i' jin'ishke si'm menen ta'rezinin' shep pa'llesindegi ilgekke ildiriledi, on' ta'reptegi pa'llege tas qoyi'p ta'rezi qaytadan ten'lestiriledi. Izertlenip ati'rg'an

denenin' massasi'ni'n' du'zetilmegen ma'nisin  $m$  arqali', dene menen si'mni'n' massasi'n bolsa  $m_1$  arqali' belgileymiz.



1-su'wret.

Bunnan keyin ta'rezinin' pa'llesi u'stindeg'i u'sh ayaqli' kishkene stol u'stine ishinde a'dewir mug'darda distillyaciyalang'an suwi' bar stakandi' qoyi'p, ta'rezini arretirlegen halda stakandag'i' suwg'a izertlenetug'i'n deneni bati'rami'z. Bul jag'dayda denenin' stakanni'n' diywallari'na ha'm tu'bine tiymewine ja'ne suwdi'n' beti arqali' si'mni'n' tek bir birine oralmag'an bo'liminin' o'tiwine (kapillyarli'q ta'sirdi kemeytiw maqsetinde), denenin' betine hawa ko'bikshelerinin' jabi'si'p turmag'anli'g'ana itibar beriw kerek. Usi'ni'n' na'tiyjesinde denenin' salmag'i' kemeyedi ha'm sonli'qtan ta'rezinin' ekinshi pa'llesindegi taslardi'n' bir bo'legi ali'ni'p, ta'rezi ten' salmaqli'li'qqa ali'p kelinedi. Dene menen si'mni'n' suwg'a bati'ri'lg'andag'i' massasi'n  $m_2$  arqali' belgileyik. Dene qi'si'p shi'g'arg'an suwdi'n' massasi'

$$W = m_1 - m_2$$

shamasi'na ten' boladi'. Bunday jag'dayda denenin' du'zetilmegen ti'g'i'zli'g'i'

$$\rho_1 = \frac{m}{W} \delta$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplanadi'. Bul formulada  $\delta$  arqali' suwdi'n' ti'g'i'zli'g'i' belgilengen.

**Esaplawlar.** Tabi'lg'an ti'g'i'zli'qti'n' ma'nisin du'zetiw kerek. Sebebi salmaqti' o'lshew bari'si'nda dene menen suwdi'n' salmag'i'ni'n' hawadag'i' kemeyiwi esapqa ali'n'bag'an edi. Eger denenin' salmag'i'n' o'lshew waqti'nda sol temperaturadag'i' suwdi'n' ti'g'i'zli'g'i'  $\delta$ , hawani'n' ti'g'i'zli'g'i'  $\lambda$  shamalari'na ten' bolg'an bolsa, onda ti'g'i'zli'qti'n' du'zetilgen ma'nisi

$$\rho = \frac{m + V\sigma}{M + V\sigma} \lambda$$

shamasi'na ten' boladi'. Bul formulada  $V$  arqali' dene qi'si'p shi'g'arg'an suwdi'n' ko'lemi belgilengen. Bul ko'lemnin' ma'nisi joqari'da keltirilgen  $W = V(\delta - \lambda)$  formulasi' boyi'nsha tabi'ladi'. Demek, denenin' du'zetilgen ti'g'i'zli'g'i'  $\rho$

$$\rho = \frac{m + \frac{W\lambda}{\delta - \lambda}}{W + \frac{W\lambda}{\delta - \lambda}} \delta = \frac{m}{W} (\delta - \lambda) + \lambda$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplanadi'.

Si'mni'n' suwg'a bati'rg'an bo'leginin' salmag'i'ni'n' shamasi' ju'da' kishi bolg'anli'qtan, oni'n' ma'nisin esapqa almawg'a boladi'.

Ali'ng'an na'tijeler ha'm esaplawlar juwmaqlari' 1-kestege jazi'ladi'.

1-keste.

N <sup>o</sup>	M <sub>1</sub> , kg	M <sub>2</sub> , kg	δ, kg/m <sup>3</sup>	λ, kg/m <sup>3</sup>	ρ <sub>1</sub> , kg/m <sup>3</sup>	Δρ, kg/m <sup>3</sup>	$\frac{\Delta\rho}{\langle\rho\rangle_{ort}} \cdot 100\%$
1							
2							
3							
4							
Ortasha							

## 2-shi'ni'g'i'w.

### Suyi'qli'qti'n' ti'g'i'zli'g'i'n gidrostatikali'q usi'ldi'n' ja'rdeminde ani'qlaw

**Kerekli a'sbap ha'm u'skeneler:** 1) da'l o'lsheyug'i'n (analitikali'q) ta'rezi, 2) ta'rezi taslari', 3) awi'zi' da'nekerlengen shiyshe ballon, 4) metaldan islengen u'sh ayaqli' kishkene stol, 5) eki stakan, 6) izertlenetug'i'n suyi'qli'q quyi'lg'an i'di's, 7) jin'ishke si'm.

#### O'lshewler.

1. Ballon jin'ishke si'm ja'rdeminde ta'rezi pa'llelerinin' birine asi'p qoyi'ladi' (1-su'wret) ha'm ta'rezinin' ekinshi pa'llesine taslar qoyi'li'p, 1 mG da'llikte ten'lestiriledi.

2. Ta'rezinin' pa'llesine tiygizbesten oni'n' to'besindegi u'sh ayaqqa distillyaciyalang'an suwli' stakan quyi'li'p, shiyshe ballon stakandag'i' suwg'a bati'ri'ladi'. Bul jag'dayda da ballonni'n' stakanni'n' diywali'na da, tu'bine de tiymewine, ballong'a ha'm ballon ildirilgen ori'ng'a hawa ko'biklerinin' jabi'spawi'na, suw beti arqali' tek bir si'mni'n' o'tiwine itibar beriw kerek. Ta'rezi ten' salmaqli'li'qqa ali'p klinedi ha'm qi'si'p shi'g'ari'lg'an suwdi'n' salmag'i'ni'n' du'zetilmegen  $p$  ma'nisi tabi'ladi'.

3. Suwli' stakan shetke ali'p qoyi'li'p, shiyshe ballon filtr qag'az benen si'pi'ri'ladi' ha'm keptiriledi. Bunnan son' suwdi'n' orni'na ti'g'i'zli'g'i' ani'qlani'wi' kerek bolg'an suyi'qli'q quyi'li'p, og'an ballon bati'ri'ladi' ha'm ta'rezi qaytadan ten'lestiriledi. Qi'si'p shi'g'ari'lg'an suyi'qli'qti'n' massasi'ni'n' du'zetilmegen ma'nisi ushi'n  $q$  shamasi' ali'nadi'. Bunnan suyi'qli'qti'n' du'zetilmegen ti'g'i'zli'g'i' bolg'an  $\frac{q}{p} \delta$  shamasi' tabi'ladi'.

**Esaplawlar.**  $v$  arqali' shiyshe ballonni'n' ko'lemin,  $\delta$  arqali' ta'jiriybe o'tkerilgen waqi'ttag'i' suwdi'n' ti'g'i'zli'g'i'n (usi' waqi'ttag'i' suwdi'n' temperaturasi' jazi'p ali'nadi') ha'm  $\lambda$  arqali' hawani'n' ti'g'i'zli'g'i'n belgileymiz. Ko'lemi qi'si'p shi'g'ari'lg'an suwdi'n' ko'lemine ten' bolg'an shiyshe ballonni'n' ko'lemi

$$P = V(\delta - \lambda)$$

ten'liginen ani'qlanadi'. Ti'g'i'zli'qti'n' du'zetilgen ma'nisi.

$$\rho = \frac{q + v\lambda}{p + v\lambda} \delta$$

shamasi'na ten' boladi'. Bul ten'likke  $v$  ni'n' joqari'dag'i' ten'likten tabi'lg'an ma'nisin qoysaq, suyi'qli'qti'n' du'zetilgen ti'g'i'zli'g'i'ni'n'

$$\rho = \frac{q}{p} (\delta - \lambda) + \lambda$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplanatug'i'nli'g'i'na iye bolami'z.  $\delta$  ni'n' ma'nisi kestden tabi'ladi',  $\sigma$  ni' 0,0012 G/cm<sup>3</sup> ma'nisin ali'w mu'mkin. Si'mni'n' salmag'i'ni'n' suyi'qli'qti'n' ishinde kemeyiwi ju'da' kishi bolg'anli'qtan oni'n' ma'nisin esapqa almaymi'z.

Eger suyi'qli'qti'n' ji'lli'li'q ken'eyiw koefficienti belgili bolsa, onda oni'n' 0°S temperaturadag'i' ti'g'i'zli'g'i'n esaplap tabi'w mu'mkin boladi'.

Ali'ng'an na'tiyjeler 2-sanli' kestege jazi'ladi'.

2-keste.

Nº	$M_1$ , kg	$M_2$ , kg	$\delta$ , kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ , kg/m <sup>3</sup>	$\rho_1$ , kg/m <sup>3</sup>	$\Delta\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$\frac{\Delta\rho}{\rho} \cdot 100\%$
1							
2							
3							
4							
Ort.							

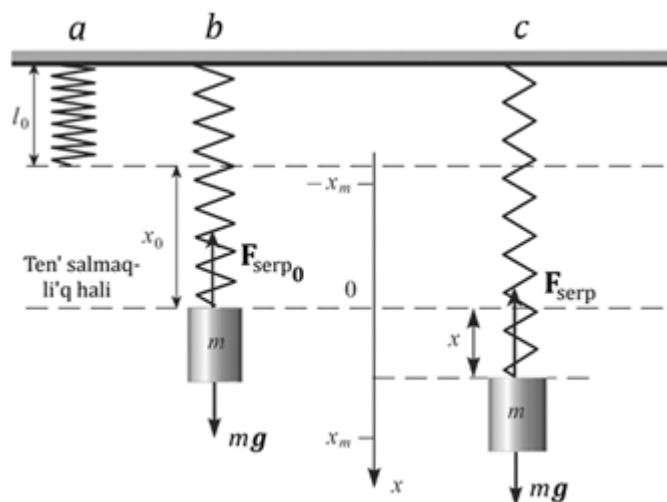
#### 4- sanli' laboratoriyali'q jumi's Prujinali' mayatniktin' terbelislerin u'yreniw

**Jumi'sti'n' maqseti:** Prujinag'a ildirilgen ju'ktin' terbelislerin u'yreniw arqali' menshikli garmonikali'q terbelisler menen tani'si'w.

**Teoriyalı'q bo'lim.** Serpimlilik koefficienti belgili bolg'an materialdan sog'i'lg'an ha'm uzi'nli'g'i'  $l_0$  shamasi'na ten' bolg'an prujina berilgen bolsi'n. Prujinani'n' bir ushi' bekkemlenip, vertikal bag'i'tta ildirilgen (1-a su'wret). Prujinag'a salmag'i'  $P = mg$  shamasi'na ten' ju'k ildirilgende sozi'ladi' (deformaciyalanadi') ha'm uzi'nli'g'i'  $x_0$  shamasi'na artadi' (1-b su'wret). Fizikali'q ma'nisi boyi'nsha  $x_0$  shamasi' absolyut deformaciya boli'p tabi'ladi' ha'm oni' a'dette  $x_0 = \Delta l$  arqali' belgileydi. Guk ni'zami' boyi'nsha

$$P = F = kx_0 = k\Delta l \quad (1)$$

Bul an'latpadag'i'  $k$  shamasi'n serpimlilik koefficienti dep ataydi' ha'm oni'n' dina/sm, N/m birliklerinde o'lshenetug'i'nli'g'i' ko'rinip tur. 1-b su'wrette ju'k ildirilgen prujinani'n' ten' salmaqli'q hali' sa'wlelendirilgen.  $x_0 = \frac{P}{k}$  arqali' ju'k ildirilgen prujinani'n' ten' salmaqli'li'q hali'na sa'ykes keliwshi koordinata belgilengen.



1-su'wret.  
Ju'k ildirilmegen (a), ju'k ildirilgen (b) ha'm ju'k ildirilgennen keyin  $x$  shamasina sozi'lg'an (c) prujinalar.  
Deformaciyanbag'an prujinani'n' uzi'nli'g'i'  $l_0$  arqali' belgilengen.

Ju'k ildirilgen prujinani' terbeliske keltiremiz. Oni'n' ushi'n ju'kti  $x$  shamasina to'menge tartami'z ha'm erkine qoyami'z. Eger to'menge qaray awi'si'wdi'  $x$  arqali' an'latsaq, onda joqari'g'a qaray ko'teriliwdi  $-x$  arqali' belgilew kerek. Usi'g'an baylani'sli' prujinani' ten' salmaqli'q hali'nan joqari' qaray ko'teretug'i'n ku'shtin' belgisi teris, al to'menge qaray ji'li'sti'ratug'i'n ku'shtin' belgisi on' dep esaplaymi'z. Ju'k ten' salmaqli'q hali'nan  $+x$  arali'g'i'na to'menge qaray ji'li'sqanda og'an

$$F_1 = -k[(l - l_0) + x] = -k(x_0 - x) = -kx_0 - kx$$

shamasina ten' deformaciya ku'shi ta'sir etedi. Ju'k bolsa prujinani'  $P = F = kx_0$  ku'shi menen to'menge qaray tartadi'. Ju'kke ta'sir etiwshi ku'shlerdin' qosi'ndi'si'

$$F = F_1 + P = -kx \text{ yamasa } F = -kx \quad (2)$$

shamali'na ten' boladi'. Fizikali'q ma'nisi boyi'nsha bul ku'sh massasi'  $m$  shamasina ten' ju'kti ten' salmaqli'li'q hali'na qaytari'wg'a bag'i'tlang'an kvaziserpimlik ku'shi boli'p tabi'ladi'. Bunday kvaziserpimlik ku'shtin' ta'sirinde massasi'  $m$  shamasina ten' ju'k penen prujinadan ibarat erkinlik da'rejesi birge ten' bolg'an sistema  $x$  ko'sheri bag'i'ti'nda terbeledi. Bul jag'dayda ju'ktin' qozg'ali's ten'lemesi

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx \quad \text{yamasa} \quad \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x \quad (3)$$

tu'rindegi ekinshi ta'rtpili si'zi'qli' differencial ten'leme boli'p tabi'ladi'. Su'ykelisti esapqa almag'anda ten' salmaqli'q hali' a'tirapi'ndag'i' kishi amplitudali' terbelislerdi garmonikali'q terbelisler dep esaplawg'a boladi'. Sonli'qtan (3)-ten'lemenin' sheshimin garmonikali'q funkciya

$$x = A \sin(\omega t + \varphi) = A \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t + \varphi\right) \quad (4)$$

tu'rinde jazi'w mu'mkin. Bul an'latpada  $x$  arqali' awi'si'w, al  $A$  arqali' terbelis amplitudasi', qawsi'rmalardag'i'  $\omega t + \varphi = \sqrt{\frac{k}{m}}t + \varphi$  arqali' terbelistin' fazasi', al  $\varphi$  arqali' da'slepki fazani'n' ma'nisi belgilengen. Garmonikali'q terbelistin' ciklik jiyiligi  $\omega = 2\pi\nu$  shamasi'na ten' ( $\nu$  arqali' terbelisler jiyiligi belgilengen).

(1)-formulani'n' ja'rdeminde prujinani'n' serpimlilik koefficienti  $k$  shamasi'ni'n' ma'nisin tabi'wg'a boladi'. Al  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$  formulasi' boyi'nsha terbelis da'wirinin' ma'nisi esaplanadi'. Terbelis amplitudasi'  $A$  menen da'slepki faza  $\varphi$  turaqli' shamalar boli'p, olardi'n' san ma'nisleri eki waqi't momentindegi awi'si'w  $x$  penen  $v = \frac{dx}{dt}$  tezliktin' ma'nislerinen paydalani'p tabi'ladi'.

Ju'kti ti'ni'shli'qtag'i' ten' salmaqli'li'q hali'nan shi'g'ari'p jibergennen keyingi baqlanatug'i'n terbelisler prujinali' mayatniktin' menshikli yamasa erkin terbelisleri dep ataladi'. (1)- ha'm (2)-formulalardan menshikli terbelislerdin' ciklik jiyiligi menen terbelis da'wirinin' prujinani'n' materialina ha'm ju'ktin' massasi'na baylani'sli' bolatug'i'nli'g'i' ko'rinip tur.

Endi prujinali' mayatniki ishine suyi'qli'q quyi'lg'an i'di'sqa tu'sireyik (2-su'wret). Bunday jag'dayda mayatniktin' suyi'qli'qti'n' ishindegi terbelisleri hawadag'i' terbelislerge sali'sti'rg'anda tezirek so'nedi. Suyi'qli'qti'n' ishinde terbelip ati'rg'an mayatnikke ta'sir etetug'i'n su'ykelis ku'shinin' ma'nisi hawadag'i' su'ykelis ku'shinin' ma'nisinen a'dewir u'lken boladi'.

Su'ykelis ku'shinin' ma'nisi

$$F = rv = r \frac{dx}{dt}$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplanadi' ha'm bul an'latpada oni'n' shamasi'ni'n' tezlikke tuwri' proporcional ekenligi esapqa ali'ng'an. Bul formulada  $r$  arqali' su'ykelis koefficienti belgilengen. Endi prujinali' mayatniktin' qozg'ali's ten'lemesi

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx - r \frac{dx}{dt} \quad \text{yamasa} \quad \frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x - \frac{r}{m} \frac{dx}{dt}$$

tu'rinde jazi'ladi' ha'm bunday ten'lemelerdin' sheshimi

$$x = A_0 e^{-\delta t} \cos(\omega_1 t + \varphi) \quad (6)$$

funkciyasi' boli'p tabi'ladi'. Bul an'latpadag'i'

$$\delta = \frac{r}{2m} \quad (7)$$

shamasi' so'niw koefficienti dep ataladi'. Al cikli'q jiyilik



$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{r^2}{4m}} \quad (8)$$

shamasi'na ten'.

Eger terbelis amplitudasi'ni'n' ma'nisi  $t$  waqi't momentinde  $A_t$  shamasi'na, al  $t + T$  waqi't momentinde  $A_{t+T}$  shamasi'na ten' bolatug'i'n bolsa, onda (6)-formulag'a tiykarlani'p olardi'n' qatnasi' ushi'n to'mendegi an'latpani' alami'z:

$$\frac{A_t}{A_{(t+T)}} = \frac{A_0 e^{-\delta t}}{A_0 e^{-\delta(t+T)}} = e^{\delta t}. \quad (9)$$

Meyli  $T_1 = \tau$  waqi'ti' ishinde terbelis amplitudasi e ese kemeyetug'i'n bolsi'n. Onda (9)-an'latpadan

$$\frac{A_t}{A_{(t+T)}} = e^{\delta T_1} = e^{\delta \tau} = e$$

yamasa

$$\delta \tau = 1 \quad (10)$$

ten'ligine iye bolami'z. Bul an'latpadag'i'  $\tau = 1/\delta$  shamasi' relaksaciya waqi'ti' dep ataladi'. Relaksaciya waqi'ti' terbelis amplitudasi'ni'n' e ese kemeyetug'i'n waqi'tqa ten'. Demek so'niw koefficienti  $\delta = 1/\tau$  relaksaciya waqi'tna kerishama boli'p tabi'ladi' eken. Oni'n' ma'nisi qansha u'lken bolsa so'niw sonshama tezirek boladi'.

A'dette ko'pshilik a'meliy ma'selelerdi sheshiwde  $\delta$  so'niw koefficientinin' orni'na paydalani'w ushi'n qolayli'raq bolg'an so'niwdin' logarifmlik dekrementi dep atalatug'i'n ha'm  $\theta$  arqali' belgilenetug'i'n parametr paydalani'ladi'. So'niwdin' logarifmlik dekrementinin' ma'nisin (9)-an'latpani' logarifmlew joli' menen ani'qlaydi':

$$\theta = \ln \frac{A_t}{A_{T+t}} = \delta T. \quad (11)$$

Eger terbelis amplitudasi'ni'n' ma'nisinin' e ese kemeyiwi bari'si'nda terbelis  $N$  ret qaytalanatug'i'n bolsa, onda (10)- ha'm (11)-an'latpalardan  $\theta = \frac{T}{\tau}$  ten'ligi yamasa

$$\theta = \frac{2}{\tau/T} = \frac{1}{N} \quad (12)$$

an'latpasi' kelip shi'g'adi'.

So'niwdin' logarifmlik dekrementi amplitudani'n' e ese kemeyiwi bari'si'nda neshe ret toli'q terbelistin' ju'zege keletug'i'nli'g'i'n xarakterleydi.

(7)- ha'm (11)-ten'liklerden su'ykeliw koefficienti ushi'n

$$r = \frac{2\theta m}{T} \quad (13)$$

esaplaw formulasi' ali'nadi'.

**Kerekli a'sbap ha'm materiallar:** 1) prujinalar ha'm ju'kler ji'ynag'i', 2) jabi'sqaq suyi'qli'q quyi'lg'an i'di's, 3) sekundomer.

Ma'sele en' a'piwayi' menshikli terbelisler menen tani'si'wdan ibarat. Prujinali' mayatniktin' terbelisleri izertlenedi ha'm bunday terbelislerdi hawada so'nbeydi dep esaplaymi'z.

A'l'bette, prujinali' mayatniktin' terbelisin so'nbeytug'i'n terbelisler dep qaraw mu'mkin emes. Biraq bul jumi'sta prujinali' mayatniktin' hawadag'i' terbelisin suyi'qli'q ishindeg'i' terbeliske sali'sti'rg'anda so'nbeytug'i'n terbelis dep juwi'q tu'rde esaplaymi'z.

**A'sbapti'n' xarakteristikasi'.** A'sbap shtativten ibarat (2-su'wret). Og'an ha'r qi'yli' prujinalarg'a ha'r qi'yli' salmaqlarg'a iye ju'kler izbe-iz ildiriledi. Shtativke shkala bekitilgen. Shiyshe i'di'sqa jabi'sqaq suyi'qli'q quyi'lg'an.

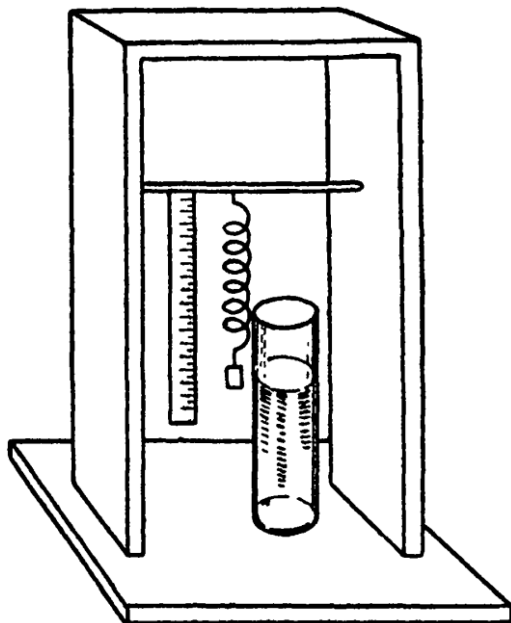
### 1-shi'ni'g'i'w.

#### Prujinani'n' qatti'li'q koefficientin statikali'q usi'l menen ani'qlaw

Statikali'q usi'ldi'n' ja'rdeminde prujinani'n'  $k$  serpimlilik koefficientin ani'qlaw ushi'n og'an salmag'i'  $P$  shamasina ten' bolg'an ju'k ildirilgende prujinani'n' uzi'nli'g'i'ni'n' o'simi  $l$  o'lshenedi. Bunnan keyin

$$k = \frac{P}{l}$$

formulasi' boyi'nsha prujinani'n' serpimlilik koefficienti  $k$  ani'qlanadi'.



2-su'wret.

#### Jumi'sti' ori'nlawdi'n' izbe-izligi:

1. Belgili nomerli prujina 1 shtativke ildiriledi. Prujinani'n' to'mengi ushi'ni'n' turg'an orni' shkaladan belgilenedi.

2. Prujinag'a salmag'i'  $P_1$  bolg'an ju'k ildiriledi. Prujinani'n' ju'ktin' salmag'i' ta'sirindegi  $\Delta l$  sozi'li'wi' shkaladan jazi'p ali'nadi'.

3. (1)-formuladan paydalani'p, prujinani'n' qatti'li'q koefficienti  $k$  ni'n' ma'nisi esaplanadi'.

4. Salmaqlari'  $P_1$  ha'm  $P_2$  bolg'an ju'kler ildirilip prujinani'n' sozi'li'wi'ni'n' ma'nisleri ani'qlanadi'.

5. 1-4 punktlerde bayan etilgen usi'ldi'n' ja'rdeminde prujinani'n' serpimlilik koefficienti ani'qlanadi'. Ta'jiriybeler basqa da 2-3 prujina ushi'n qaytalanadi'.

6. Ali'ng'an na'tiyjeler ha'm esaplawlardi'n' juwmaqlari' 1-kestege jazi'ladi'.

1 - keste

Pru-jina	№	$P,$ H	$\Delta l,$ m	$k = \frac{P}{\Delta l},$ H/m	$k,$ H/m	$\Delta k,$ H/m	$\frac{\Delta k}{k} \cdot 100 \%$
I	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
Ort.							
II	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
Ort.							
III	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
Ort.							

## 2 - shi'ni'g'i'w

### **Prujinali' mayatniktin' menshikli terbelisleri da'wirinin' ha'm ciklli'q jiyiliginin' ju'ktin' massasi'na g'a'rezligin u'yreniw**

Serpimlilik koefficienti  $k$  bolg'an prujinali' mayatniktin' prujinalari'ni'n' biri ushi'n menshikli terbelis da'wiri  $T$  o'lshenedi ha'm prujinag'a ildirilgen ju'ktin' massasi'  $m$  menen  $T^2$  arasi'ndag'i' g'a'rezlilikdin' grafigi du'ziledi.

Terbelis da'wiri bolg'an  $T$  shamasin' ani'qlaw ushi'n ju'kti ten' salmaqli'q hali'nan 30-50 mm shamasina sozadi' ha'm sekundomerdin' ja'rdeminde mayatniktin'  $n$  ret terbeletug'i'n waqi't  $t$  o'lshenedi. Terbelisler sani'  $n$  nin' ma'nisi 40 yamasa 50 den kem bolmawi' kerek.

Terbelis da'wiri bolg'an  $T$  shamasi'ni'n' ma'nisi  $T = t/n$  formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Joqari' da'llikke jetiw ushi'n o'lshepler bir neshe ret qaytalanadi' ha'm ali'ng'an ma'nislerdin' ortasha arifmetikali'q ma'nisi ali'nadi'.

### Jumi'sti' ori'nlawdi'n' izbe-izligi.

1. Belgili nomerli prujina shtativke ildiriledi.
2. Prujinag'a massasi'  $m_1$  bolg'an ju'k ildiriledi.
3. Ju'kten' salmaqli'li'q hali'nan to'menge (joqari'g'a) 30–50 mm shamasi'na ji'li'sti'ri'ladi' ha'm bosati'ladi'. Na'tiyjede mayatnik terbele baslaydi'.
4. Mayatniktin'  $n$  terbelisi ushi'n ketken ( $n = 40-50$ ) waqi't  $t$  sekundomerdin' ja'rdeminde o'lshenedi.
5. Terbelis da'wirin  $T = t/n$  formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplaydi'.
6. Mayatniktin' menshikli terbelislerinin' ciklik jiyiligi  $\omega = 2\pi/T$  ha'm  $\omega = \sqrt{k/m}$  formulalari'ni'n' ja'rdeminde esaplaydi' ha'm ali'ng'an na'tiyjeler bir biri menen sali'sti'ri'ladi'.  $k$  ni'n' ma'nisi birinshi shi'ni'g'i'wdi'n' na'tiyjelerinen ali'nadi'.
7. 2-6 punktte ori'nlang'an jumi'slar ha'r qi'yli' bolg'an bir neshe ju'kler ushi'n qaytalanadi'.
8.  $T^2$  ha'm  $\omega^2$  shamalari' esaplanadi'.
9. Ali'ng'an na'tiyjeler 2–sanli' kestege tu'siriledi.
10.  $T^2$  ha'm  $\omega^2$  shamalari'ni'n' ju'ktin' massasi'  $m$  ge g'a'rezliliginin' grafikleri si'zi'ladi'.

2-keste

Pru-jina	$m,$ kg	$\nu,$ Gc	$t_{ort},$ s	$T = \frac{t_{ort}}{n},$ s	$T^2,$ s <sup>2</sup>	$\omega = \sqrt{\omega/m},$ s <sup>-1</sup>	$\omega^2,$ s <sup>-2</sup>
1							
2							
3							
4							
5							

### 3 – shi'ni'g'i'w.

#### Prujinali' mayatniktin' menshikli terbelislerinin' prujinani'n' serpimlilik koefficientine g'a'rezligin u'yreniw

Birdey ju'k ilingen jag'day ushi'n barli'q prujinalardi'n' menshikli terbelis da'wiri  $T$  ani'qlanadi'. Massasi' 30-50 g bolg'an ju'k qollani'ladi'. Bunnan keyin  $T^2$  shamasi'ni'n' serpimlilik koefficienti  $k$  dan g'a'rezligi ani'qlanadi'.

Sistemani'n' terbelis da'wiri menen ju'ktin' salmag'i'n bilip prujinani'n' serpimlilik koefficienti  $k = 4\pi^2 m/T^2$  formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplanadi'

ha'm bul shama joqari'da keltirilgen statikali'q usi'ldi'n' ja'rdeminde ali'ng'an shama menen sali'sti'ri'ladi'.

**Jumi'sti' ori'nlawdi'n' izbe-izligi.**

1. Massasi'  $m = 30-50$  g shamasi'ndag'i' ju'k tan'lap ali'nadi'.
2. Shtativke nomeri belgilenip ali'ng'an prujina ildirilip, og'an tan'lap ali'ng'an ju'k ildiriledi.
3. 2-shi'ni'g'i'wdi'n' 3-5 punktlerinde bayanlang'an usi'l ja'rdeminde mayatniktin' terbelis da'wiri  $T$  ani'qlanadi'.
4. Terbelis da'wirinin' ma'nisi boyi'nsha prujinani'n' serpimlilik koefficienti  $k$  ni'n' ma'nisi esaplanadi'.
5. Serpimlilik koefficientinin' esaplang'an ma'nisi menen 1-shi'ni'g'i'wda ani'qlang'an ma'nis sali'sti'ri'ladi'.
6. Ja'ne bir neshe prujina ushi'n tan'lap ali'ng'an  $m$  massali' ju'k penen 2-5 punktlerde ko'rsetilgen ta'jiriybeler qaytalanadi'.
7. Ali'ng'an na'tiyjeler 3-kestege jazi'ladi'.
8.  $T^2$  shamasi'ni'n'  $k$  shamasi'na g'a'rezliginin' grafigi si'zi'ladi'.

3 - keste

Prujina	$m$ , kg	$N$	$t_{ort}$ , s	$T = \frac{t_{ort}}{n}$ , s	$T^2$ , s <sup>2</sup>	$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$ , H/m	$k_1$ (1-shi'ni'g'i'w boyi'nsha)	$\Delta k = k - k_1$ , H/m
1								
2								
3								
4								
5								

**4 - shi'ni'g'i'w**

**Prujinali' mayatniktin' terbelisi ushi'n so'niwdin' logarifmlik dekrementin ha'm su'ykelis koefficientin ani'qlaw**

Prujinali' mayatniktin' terbelisi ushi'n so'niwdin' logarifmlik dekrementi  $\theta$  shamasi'n ani'qlaw ushi'n massasi'  $m$  bolg'an ju'kti suyi'qli'q quyi'lg'an i'di'sqa salad'i' ha'm terbelis da'wiri  $T$  menen terbelis amplitudasi'ni'n' da'slepki amplitudani'n' 10 % shamasi'na (yag'ni'y  $A_t = 0,1A_0$  ten'ligi ori'nlanatug'i'n) kemeyetug'i'n waqi't o'lshenedi.

O'lshewlerdi da'slepki amplitudalardi'n' bir neshe ma'nislerinde (70, 50, 30 mm) o'tkeriw kerek boladi'. Amplitudani'n' ha'r bir ma'nisinde keminde 5 ret o'lshew usi'ni'ladi'.

O'lshewlerde ali'ng'an na'tiyjeler boyi'nsha

$$\theta = \frac{T}{t} \ln \frac{A_0}{A_t}$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde so'niwdin' logarifmlik dekrementi esaplanadi'.  $\theta$  shamasin' biliw arqali'  $\theta = rt/2m$  formulasi'ni'n' ja'rdeminde su'ykelis ku'shinin' koefficienti  $r$  ani'qlanadi'.

### Jumi'sti' ori'nlawdi'n' izbe-izligi.

1. Ha'r qi'yli' prujinalar ha'm massasi'  $m$  shamasina ten' bolg'an ju'k tan'lap ali'nadi'. Prujinalar nomerlenedi, oni'n' bir ushi' shtativke bekitiledi ha'm ekinshi ushi'na ju'k ildiriledi

2. Mayatnik i'di'stag'i' suyi'qli'qqa tu'siriledi.

3. 2-shi'ni'g'i'wdi'n' 3-5 punktlerinde bayanlang'an usi'l menen mayatniktin' terbelis da'wiri  $T_1$  ani'qlanadi'.

4. Baslang'i'sh amplitudani'  $A_0 = 30$  mm shamasina ten' etip ali'p mayatniki jazdi'ramiz (terbeliw ushi'n mu'mkinshilik payda etemiz) ha'm usi'ni'n' menen bir waqi'tta sekundomerdi iske qosami'z.

5. Baqlawdi' dawam etip, terbelis amplitudasi' baslang'i'sh amplitudani'n' 0,1 bo'limine ten' shamag'a kemeygenshe yamasa  $A_t = 0,1A_0$  ( $A_t = 3$  mm) ten'ligi ori'nlang'an sha sari'plang'an  $t$  waqi'tti' sekundomerdin' ja'rdeminde o'lsheymiz.

6. (12)- qatnastan  $\theta$  logarifmlik dekrement esaplanadi'. (11)-, (12)- ha'm (8)- formulalardan paydalani'p,  $\delta$  so'niw koefficientinin',  $r$  su'ykeliw koefficientinin' ha'm menshikli terbelistin' ciklik jiyiligi  $\omega_1$  ni'n' ma'nisleri esaplanadi'.

Ali'ng'an na'tiyjeler 4-kestege jazi'ladi'.

4 - keste

N <sup>o</sup>	$m$ , kg	$A_0$ , m	$A_1$ , m	$n$	$t_1$ , s	$T_1 = \frac{t_1}{n}$ , s	$t_{ort}$ , s	$\delta$	$\tau$	$\theta$	$r$ , kg/s	$\omega_1$ , s <sup>-1</sup>
1												
2												
3												
4												
5												
Ort.												

## Sorawlar

1. Jumi'sta fizikani'n' qanday fundamentalli'q ni'zamlari' izertleniledi?
2. Prujinag'a gorizont bag'i'tta bekitilgen ha'm vertikal bag'i'tta ildirilgen ju'klerdin' qozg'ali's ten'lemelerin jazi'n'i'z.
3. Qanday sebeplerge baylani'sli' bunday mayatniklerdin' terbelis da'wirleri birdey ma'niske iye?
4. Nelikten prujinali' mayatniktin' terbelis jiyiligi amplitudan g'a'rezsiz?
5. Terbelis da'wirlerin ani'qlaw ushi'n mayatniktin' terbelislerinin' sani'n qalayi'nsha saylap aladi'?

## 5–sanli' laboratoriyali'q jumi's. Baylani'sqan mexanikali'q sistemalardi'n' terbelislerin u'yreniw

**Jumi'sti'n' maqseti:** Prujinag'a ildirilgen ju'ktin' ten' salmaqli'q sha'rtinen paydalani'p, izbe-iz ha'm parallel jalg'ang'an prujinalardi'n' serpimlilik koefficientlerin ani'qlaw. Teoriyalı'q na'tiyjeler menen ta'jiriybe na'tiyjelerin sali'sti'ri'w ha'm tallaw.

**Quri'lmani'n' du'zilisi.** Quri'lma bir tekli ag'ashtan sog'i'lg'an boli'p, ag'ashti'n' vertikal bag'i'ttag'i' bo'limi  $A$  shkalasi' etip ali'ng'an. Joqarg'i' ushi'na prujinani' ildiriw ushi'n  $B$  ildirgish sog'i'lg'an.

**Kerekli a'sbap ha'm u'skeneler:** Qatti'li'q koefficientleri ani'qlani'wi' kerek bolg'an prujinalar, massalari' belgili ta'rezi taslari' (bul jumi'sti' ori'nlaw ushi'n eki yamasa u'sh prujina kerek).

**Kerekli qurallar:** 1) du'zilis, 2) sekundomer.

**Qi'sqasha teoriya.** Bir biri menen qanday da bir jollar menen baylani'sti'ri'lg'an eki yamasa onan da ko'p mayatniklerdin' ji'ynag'i'n baylani'sqan sistema dep ataymi'z. Mi'sal retinde 1-su'wrette ko'rsetilgen sistemani' qaraymi'z. Bul sistema birdey bolg'an eki 1 ha'm 2 prujinali' mayatniklerden turadi'. Olardi'n' ha'r qaysi'si' bir vertikal'di'n' boyi'nda ildirilgen qatti'li'g'i'  $k$  shamasina ten' 3 ha'm 4 prujinalarg'a ildirilgen massasi'  $m$  shamasina ten' bolg'an ju'k boli'p tabi'ladi'.

Da'slepki halda 5 arqali' belgilengen prujina bolmaydi'. Sonli'qtan bul jag'dayda birdey bolg'an eki mayatnikke iye bolami'z.

Eger bul mayatniklerdi qatti'li'g'i'  $k_{12}$  bolg'an u'shinshi prujina menen baylani'sti'rsa'q (bul prujina 5 arqali' belgilengen), onda eki erkinlik da'rejesine iye bolg'an baylani'sqan sistemani' alami'z.

Eki ju'ktin' ten' salmaqli'q hali'nda ha'r bir ju'kke ta'sir etetug'i'n ku'shlerdin' qosi'ndi'si' (atap aytqanda salmaq ku'shi menen serpimli ku'shlerdin' qosi'ndi'si') nolge ten'. Eger bir ju'kti ten' salmaqli'q haldan  $x_1$  shamasina, al ekinshi ju'kti  $x_2$  shamasina ji'li'sti'rsa'q, onda sistemani' ten' salmaqli'q hali'na ali'p keliwge "ti'ri'satug'i'n" ku'shler payda boladi'. Bunday jag'dayda birinshi ju'kke ta'sir etetug'i'n ku'shlerdin' qosi'ndi'si'

$$f_1 = -kx_1 - k_{12}(x_1 - x_2),$$

al ekinshi ju'kke ta'sir etetug'i'n ku'shlerdin' qosi'ndi'si'

$$f_1 = -kx_2 - k_{12}(x_2 - x_1)$$

shamasina ten' boladi'. Ha'r bir ju'ktin' qozg'ali's ten'lemesin bi'layi'nsha jazami'z:

$$kx_1 + k_{12}(x_1 - x_2) + m\ddot{x}_1 = 0,$$

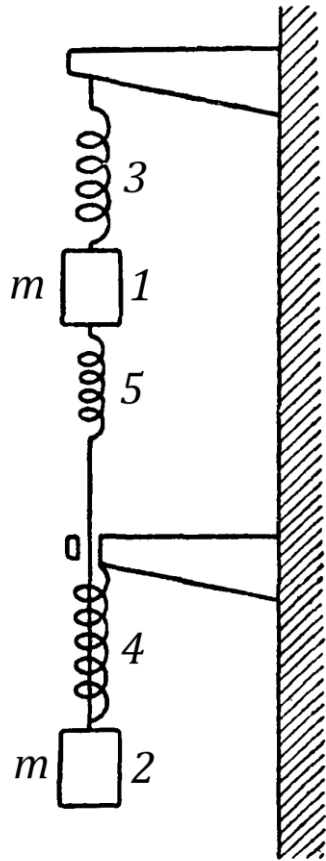
$$kx_2 + k_{12}(x_2 - x_1) + m\ddot{x}_2 = 0.$$

Bul ten'lemelerdi qosi'p ha'm bir ten'lemeni ekinshisinen alsaq bir birinen g'a'rebsiz bolg'an eki ten'lemeni alami'z:

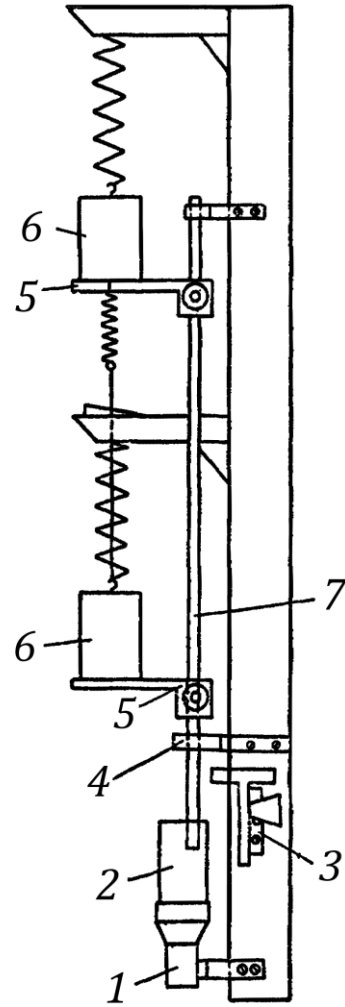
$$kX + m\ddot{X} = 0,$$

$$(k + 2k_{12})Y + m\ddot{Y} = 0.$$

Bul ten'lemelerde  $X = x_1 + x_2$  ha'm  $Y = x_1 - x_2$ .



1-su'wret.



2-su'wret.

Bul ten'lemelerdin' sheshimlari ba'rshege de jaqsi' belgili:

$$X = A \cos(\omega_1 t + \varphi),$$

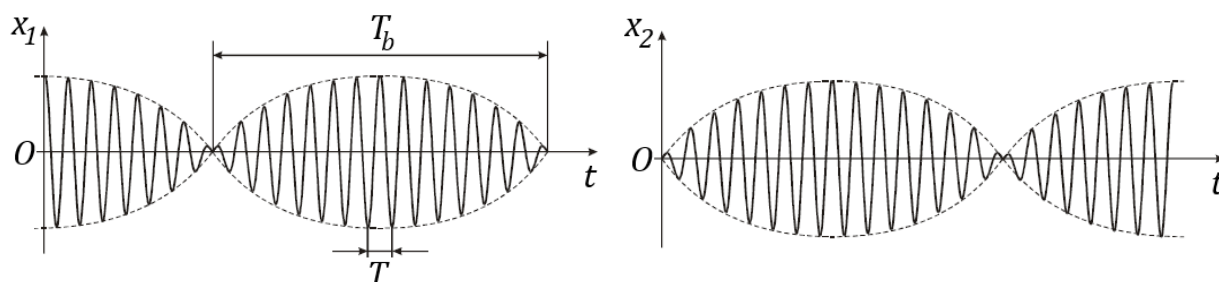
$$Y = A \cos(\omega_2 t + \psi).$$

Bul an'latpalarda  $\omega_1 = \sqrt{k/m} = \omega_0$  (eki ju'k bir biri menen baylani'sti'ri'lmag'an jag'dayda usi'nday jiyilik penen terbelgen bolar edi) ha'm  $\omega_2 = \sqrt{(k + 2k_{12})/m}$ .

$\omega_1$  menen  $\omega_2$  jiyiliklerin normal jiyilikler dep ataladi'.  $A, B, \varphi$  ha'm  $\psi$  shamalari' to'rt baslang'i'sh sha'rtlerdin' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Biz qarap ati'rg'an jag'dayda bunday to'rt da'slepki sha'rt baslang'i'sh waqit' momentidagi eki ju'ktin' eki koordinatasi' menen tezlikleri boli'p tabi'ladi'. Mi'sali' eki tezlik te baslang'i'sh waqit' momentinde nolge ten' bolsa, yag'ni'y  $\dot{x}_1(0) = \dot{x}_2(0) = 0$  ten'likleri ori'nlanisa, onda ani'qlama boyi'nsha  $\dot{X}(0) = \dot{Y}(0) = 0$  sha'rtleri de kelip shi'g'adi'. Bul jag'day o'z gezeginde  $\varphi$  menen  $\psi$



shamalarini'n' nolga tenglikni bildiradi. Bunnan bi'lay biz barli'q waqit'ta da tap usi'nday da'slepki sha'rtlerdi ori'nlanadi' dep esaplaymi'z.



3-su'wret. Bul su'wretlerde  $T_b$  arqali' bienienin' da'wiri,  $T$  arqali' terbelis da'wiri,  $t$  arqali' waqi't belgilengen.

Anaw yamasa mi'naw (birinshi yamasa ekinshi) ju'ktin' qozg'ali'si'ni'n' xarakterin ani'q biliw ushi'n  $x_1$  ha'm  $x_2$  shamalarini'n' waqi'tti'n' funkciyasi' si'pati'ndag'i' an'latpalari'n ja'ne da'slepki awi'si'wlar bolg'an  $x_1(0) = x_{10}$  ha'm  $x_2(0) = x_{20}$  shamalarini'n' ma'nislerin tabami'z.  $x_1 = (X + Y)/2$  ha'm  $x_2 = (X - Y)/2$  ten'likleri ori'nlanatug'i'n bolg'anli'qtan

$$x_1(t) = \frac{A}{2} \cos \omega_1 t + \frac{B}{2} \cos \omega_2 t, \quad x_2(t) = \frac{A}{2} \cos \omega_1 t - \frac{B}{2} \cos \omega_2 t \quad (1)$$

an'latpalari'na iye bolami'z.

Waqi'tti'n' baslang'i'sh momentinde  $x_{10} = \frac{A}{2} + \frac{B}{2}$  ha'm  $x_{20} = \frac{A}{2} - \frac{B}{2}$  ten'likleri ori'nli' bolatug'i'n bolg'anli'qtan  $A = x_{10} + x_{20}$  ha'm  $B = x_{10} - x_{20}$  ten'liklerin alami'z.

$\dot{x}_1(0) = 0 = \dot{x}_2(0) = 0$  sha'rti ori'nlang'anda (1)-ten'lemeler sistemasi'ni'n' uli'wmali'q sheshimi

$$x_1 = \frac{x_{10} + x_{20}}{2} \cos \omega_1 t + \frac{x_{10} - x_{20}}{2} \cos \omega_2 t,$$

$$x_2 = \frac{x_{10} + x_{20}}{2} \cos \omega_1 t - \frac{x_{10} - x_{20}}{2} \cos \omega_2 t$$

tu'rine iye boladi'.

Bul an'latpalardan ha'r bir ju'ktin' qozg'ali'si'ni'n' normal  $\omega_1$  ha'm  $\omega_2$  jiyilikleri menen terbeletug'i'n eki terbelistin' superpoziciyasi'nan turatug'i'nli'g'i' ko'rinedi. Bunday jag'dayda bienieler payda boladi' (3-su'wretti qaran'i'z). Biraq baslang'i'sh awi'si'wlardi'n' shamasin' arnawli' tu'rde saylap ali'wdi'n' na'tiyjesinde bir jiyiliktegi terbelistin' pu'tkilley qozbawi'na ali'p keliwge boladi'.

Bunday fizikali'q qubi'li'slardi' kompyuterlerdin' ja'rdeminde a'piwayi' programmalaridin' ja'rdeminde an'sat demonstraciyalawg'a boladi'.

Haqi'yqati'nda da meyli  $x_{10} = x_{20}$  sha'rti ori'nlanatug'i'n bolsi'n. Bul jag'dayda mayatniklerdin' ekewi de ten' salmaqli'q orni'nan joqari'g'a (yamasa to'menge) qaray birdey shamag'a awi'sqan boladi'. Bunday jag'dayda eki ju'k te  $\omega_1 = \omega_2$  jiyiligi menen birdey fazada terbeledi. Eger  $x_{10} = -x_{20}$  sha'rti ori'nlanatug'i'n bolsa, onda ju'kler birdey shamag'a, biraq ha'r qi'yli' ta'replerge

qaray awi'sqan boladi' ha'm qarama-qarsi' fazalarda  $\omega_2$  jiyiligi menen terbeledi.

Eger en' da'slep ju'klerin' birewi ten' salmaqli'q ori'nnan awi'spag'an bolsa bienielerdi baqlaw an'sat boladi'. Meyli  $x_{20} = 0$  bolsi'n. Bunday jag'dayda

$$x_1 = \frac{x_{10}}{2} \cos \omega_1 t + \frac{x_{10}}{2} \cos \omega_2 t,$$

$$x_2 = \frac{x_{10}}{2} \cos \omega_1 t - \frac{x_{10}}{2} \cos \omega_2 t$$

an'latpalari'na iye bolami'z. Belgili trigonometriyalik qatnaslardi' paydalani'p

$$x_1 = x_{10} \cos \left( \frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t \right) \cos \left( \frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t \right),$$

$$x_2 = x_{10} \sin \left( \frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t \right) \sin \left( \frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t \right)$$

formulalari'n alami'z. Ma'selenin' sha'rtili boyi'nsha mayatnikler arasi'ndag'i' baylani's a'zzi bolg'anli'qtan (yag'ni'y  $k_{12} \ll k$  ten'sizligi ori'nlanatug'i'n bolg'anli'qtan)  $\omega_2 - \omega_1 \ll \omega_1$  ten'sizligine iye bolami'z. Sonli'qtan  $\cos \left( \frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t \right)$  funkciyasi'na sali'sti'rg'anda  $\cos \left( \frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t \right)$  funkciyasi' a'sterek o'zgeredi. Bul jag'day ju'klerin' qozg'ali'si'n  $\omega = \frac{\omega_2 + \omega_1}{2}$  jiyiligindegi amplitudasi' a'stelik penen o'zgeretug'i'n terbelis dep qarawg'a mu'mkinshilik beredi.

Waqi'tti'n' baslang'i'sh momentinde ekinshi ju'k ti'ni'shli'qta turadi' (yag'ni'y oni'n' terbelis amplitudasi' nolge ten'). Bazi' bir waqi'ttan keyin sezilerliktey terbelis payda boladi' ha'm  $\frac{\tau}{2} = \frac{\pi}{\omega_2 - \omega_1}$  waqi'ti' o'tkennen keyin terbelis amplitudasi' maksimalli'q ma'nisine shekem o'sedi ha'm bunnan keyin terbelislerin' amplitudasi' qaytadan kishireye baslaydi' ha'm  $\tau = \frac{2\pi}{\omega_2 - \omega_1}$  waqi't momentinde nolge ten' boladi'.

Bienienin' da'wiri amplitudani'n' eki qon'si'las minimalli'q ma'nisleri arasi'ndag'i' waqi't si'pati'nda ani'qlanadi'. Biz qarap ati'rg'an jag'dayda bienienin' da'wiri ju'klerin' birinin' amplitudasi' nolden qaytadan nolge aylanaman degenshe o'tken waqi'tqa ten'. Bul waqi't (da'wir)  $\tau = \frac{2\pi}{\omega_2 - \omega_1}$  shamasina ten'. Bunnan  $\omega_b$  bienienin' jiyiliginin' normal jiyiliklerin' ayi'rmasi'na ten' ekenligi kelip shi'g'adi':

$$\omega_b = \omega_2 - \omega_1.$$

Bul qatnas en' uli'wma jag'dayda ori'nlanadi'.

**A'sbapti'n' ta'riyiplemesi.** A'sbap birdey bolg'an eki prujinali' mayatniklerden turadi'. Olar bir birinin' u'stine ildirilgen ha'm bir biri menen prujinani'n' ja'rdeminde baylani'sti'ri'lg'an (2-su'wret).

Eki mayatniktin' terbelis jiyiliklerinin' birdey boli'wi' ushi'n to'mengi mayatniktin' terbeletug'i'n bo'liminin' uzi'nli'g'i'n prujinani' joqari' yamasa to'menge qaray ji'lji'ti'w arqali' ha'm oni'n' joqarg'i' bo'limin sa'ykes ori'ng'a bekitiw menen a'melge asi'ri'ladi'.

Mayatniklerdi joqari'g'a qaray birdey shamag'a awi'sti'ri'w ha'm olardi'n' ekewin de bir waqi'tta jazdi'ri'w ushi'n arnawli' du'zilis bar boladi'. Bul du'zilis eki platformag'a iye (5) vertikal'q shtangadan (7) ibarat boladi'. Platformalardi' shtangani'n' boyi' menen ji'li'sti'ri'w ha'm kerekli ori'ng'a bekitiw mu'mkin. Shtanga joqari'g'a ha'm to'menge qaray (4) bag'i'tlawshi' muftani'n' ishinde erkin qozg'alti'wg'a boladi'. Shtangani'n' to'mengi awhali' stopori' yamasa (2) shablони' menen sheklenedi. Shablon stopor menen shtangani'n' arasi'nda ornalasti'ri'ladi'. Joqarg'i' awhalda shtanga (3) irkiwshi du'zilistin' ja'rdeminde irkiledi.

**O'lsheuler.** Ma'selede mayatniklerdi bir biri menen baylani'sti'ri'p turg'an ha'r qi'yli' prujinalar ushi'n menshikli terbelislerdin' jiyiligin, eki normal jiyilikti ha'm bienienin' jiyiligin ani'qlaw kerek boladi'.

En' da'slep eki mayatniktin' menshikli jiyiliklerinin' jetkilikli da'llikte birdey ekenligine ko'z jetkeriw kerek boladi'. Buni'n' ushi'n baylani'sti'ri'wshi' prujina bolmag'an jag'dayda eki mayatniktin' de birdey fazada terbeletug'i'nli'g'i'n ko'rip ali'w talap etiledi. 100-200 terbelistin' bari'si'nda fazalari'nda awi'si'w baqlanbag'an jag'dayda mayatnikler duri's jaylasti'ri'lg'an dep esaplani'ladi'. Terbelislerdin' fazalari'ni'n' ayi'rmasi' baqlang'an jag'dayda ha'r bir prujinani'n' terbeletug'i'n ushastkalari'ni'n' uzi'nli'qlari'n o'zgertiwge tuwri' keledi. Biraq bunday operaciyani' oqi'ti'wshi'ni'n' qatnasi'wi'si'z o'tkeriwge ruqsat etilmeydi.

Mayatniklerdin' menshikli terbelislerinin' jiyiliklerin ani'qlaw ushi'n keminde 100 toli'q terbelis ori'n alatug'i'n waqi't o'lsheuledi. Qa'telerge jol qoymaw ushi'n ha'r prujina ushi'n bunday o'lsheulerdi keminde 5 ret o'tkeredi.

Kishi normal jiyilikli "taza" terbelislerdi baqlaw ushi'n (yag'ni'y mayatnikler bir biri menen baylani'sti'ri'lg'an jag'daydag'i' bieniesiz sinfazali'q terbelislerdi) eki ju'kti de (6) birdey biyiklikke ko'teriw ha'm bir waqi'tta jazdi'ri'w kerek. Buni'n' ushi'n shtangani'n' asti'na sali'natug'i'n arnawli' (2) shablони' menen ani'qlanatug'i'n shamag'a (7) shtangani' ko'teriw kerek boladi'. Bunnan keyin (5) platformani' (6) eki ju'ktin' asti'na ali'p kelip olardi' ju'klerge tiyetug'i'n, biraq ten' salmaqli'q haldan shi'g'ari'p jibermeytug'i'nday etip qati'rami'z. Usi' operaciyadan son' shtanga ko'teriledi ha'm oni' arnawli' (3) du'zilistin' ja'rdeminde joqarg'i' awhalda qati'radi'. Na'tiyjede eki ju'k te joqari' qaray birdey shamadag'i' awi'si'w aladi'. Endi shablondi' joq etip ha'm shtangani' tu'sirseki eki ju'k te normalli'q jiyiligi  $\omega_1$  shamasina ten' terbeliske keledi. Bunday jag'dayda eki mayatniki baylani'sti'ri'p turg'an prujina deformaciyalanbaydi'. Al  $\omega_1$  jiyiligin o'lsheuler ushi'n ju'klardin' birinin' keminde 100 terbeliwi ushi'n ketken waqi't o'lsheuledi.

Jiyiligi  $\omega_2$  bolg'an normal terbelislerdi qozdi'ri'w ushi'n eki ju'kti de birdey shamag'a, biraq qarama-qarsi' bag'i'tlarg'a awi'sti'ri'w arqali' a'melge asi'ri'ladi'. Prujinani'n' ishi arqali' o'tkerilgen sabaqti'n' ja'rdeminde baylani'sti'ri'wshi' prujinani' bul prujina ele sozi'lg'an halda turg'anday etip qi'sadi'. Usi'nday jollar menen  $x_{10} = -x_{20}$  sha'rtinin' ori'nlani'wi' ju'zege keledi. Ju'klardin' qozg'ali'wi' toli'q toqtag'annan keyin sabaqti' shi'rpi' menen

jag'adi' ha'm na'tiyjede eki ju'k qarama-qarsi' fazalardi'  $\omega_2$  jiyiligi menen terbele baslaydi'. Bunday jag'dayda hesh qanday bienie baqlanbaydi'.

$\omega_2$  jiyiliginin' ma'nisin de keminde 100 toli'q terbelis ushi'n ketken waqi'tti' o'lshe'w arqali' ani'qlaydi'.

Bienie menen terbelisti qozdi'ri'w ushi'n ju'klerden' birin ten' salmaqli'q haldan bazi' bir qashi'qli'qqa ji'li'sti'ri'p qoyadi'. Ji'li'sti'ri'w'di'n' shamasi' baylani'sti'ri'wshi' prujina terbelistin' bari'si'nda barli'q waqi'tta da sozi'lg'an halda bolatug'i'nday etip ali'nadi'. Awi'sti'ri'w'di'n' usi'nday usi'li'nda ekinshi ju'ktin' baslang'i'sh awi'si'wi' da'l nolge ten' bolmaydi'. Biraq  $k_{12} \ll k$  sha'rti ori'nlanatug'i'n bolg'anli'qtan awi'si'w'di'n' shamasi' kishi boladi'.

Normal jiyiliklerden' ha'm bienielerdin' eksperimentte ali'ng'an na'tiyjelerin teoriyali'q na'tiyjeler menen sali'sti'ri'p ko'riw kerek.

O'lshe'wlerdi ha'r qi'yli' bolg'an 2-3 baylani'sti'ri'wshi' prujinalar ushi'n o'tkeriw kerek. O'lshe'wler na'tiyjeleri 1-kesteg'e jazi'ladi'.

1-keste.

N <sup>o</sup>	T <sub>1</sub> , s	ΔT <sub>1</sub> , s	T <sub>2</sub> , s	ΔT <sub>2</sub> , s	τ, s	Δτ <sub>sl</sub> , s
1						
2						
3						
4						
5						
$\bar{x}$						
Δx		–		–		–
ε <sub>x</sub>		–		–		–

### Qadag'alaw ushi'n sorawlar

1. Qanday terbeliwshi sistemani' baylani'sqan sistema dep ataymi'z? Mi'sallar keltirin'iz.

2. Bir biri menen baylani'sqan eki mayatniklerden' ha'r qaysi'si'ni'n' terbelisleri garmonikali'q terbelisler boli'p tabi'lmaydi'. Nelikten?

3. Normal terbelisler ha'm normal jiyilikler degenimiz ne?

4. Qanday terbelislerdi sinfazali'q, al qanday terbelislerdi antifazali'q terbelisler dep ataymi'z?

5. Bienieler degenimiz ne? Nenin' saldari'nan bienie qubi'li'si' baqlanadi'?

6. Mayatnikler arasi'ndag'i' qanday baylani'sti' a'zzi baylani's dep ataydi'? A'zzi baylani's jaqi'nlas'i'wi' ushi'n qanday sha'rtler qoyi'ladi'?

7. Quramali' da'wirli qozg'ali'sti'n' garmonikali'q analizi degenimiz ne?

8. Terbelistin' spektri ha'm garmonikalari' degenimiz ne?

9. Qanday jag'daylarda bienie qubi'li'si'n a'melde qollanadi'?

## 6-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Mayatniktin' ja'rdeminde erkin tu'siw tezleniwin tabi'w

**Teoriyalig' bo'lim.** Salmaq orayi'nan basqa noqatqa asi'p qoyilg'an qa'legen qatti' dene terbeledi. Bunday deneni fizikali'q mayatnik dep ataydi'. Fizikali'q mayatniktin' terbeliw da'wiri jetkilikli da'rejedegi u'lken da'llikte

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2}\right). \quad (1)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Bul an'latpada  $g$  arqali' salmaq ku'shinin' tezleniwi,  $\alpha$  arqali' mayatniktin' vertikalig' bag'i'ttan buri'li'w mu'yeshi, al  $l$  arqali' fizikali'q mayatniktin' keltirilgen uzi'nli'g'i' belgilengen. Fizikali'q mayatniktin' keltirilgen uzi'nli'g'i' dep terbelis da'wiri usi' mayatniktin' terbelis da'wirine ten' bolg'an matematikali'q mayatniktin' uzi'nli'g'i'na aytadi'. Bul shama (keltirilgen uzi'nli'q)

$$l = \frac{J}{ma} \quad (2)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Bul an'latpada  $J$  arqali' fizikali'q mayatniktin' terbeliw ko'sherine sali'sti'rg'andag'i' inerciya momenti,  $m$  arqali' mayatniktin' massasi',  $a$  arqali' mayatniktin' terbeliw ko'sheri menen salmaq orayi' arasi'ndag'i' qashi'qli'q belgilengen.

Eger fizikali'q mayatniktin' buri'li'w mu'yeshinin' shamasig' ushi'n  $\alpha < 40^\circ$  ten'sizligi ori'nlanatug'i'n bolsa, onda  $\frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2}$  shamasig'n (1)-formuladag'i' 1 ge sali'sti'rg'anda esapqa almawg'a boladi' (yag'ni'y  $\frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} \ll 1$  ten'sizligi ori'n aladi'). Bunday jag'dayda erkin tu'siw tezleniwi ushi'n

$$g = \pi^2 \frac{l}{T^2} \quad (3)$$

formulasi'na iye bolami'z.

Demek salmaq ku'shinin' tezleniwi  $g$  shamasig'n ani'qlaw ushi'n terbelisler da'wiri  $T$  menen keltirilgen uzi'nli'q  $l$  ni'n' shamasig'n o'lshevi kerek eken. Mayatniktin' 10-20 terbelisi ushi'n ketken waqi'tti' sekundomer menen o'lshevi waqi'tti'n' ma'nisin terbelisler sani'na bo'lsek terbeliw da'wiri bolg'an  $T$  shamasig'n ani'qlaw mu'mkin. Biraq mayatnik ushi'n keltirilgen uzi'nli'qti' tabi'w qi'yi'ni'raq. Oni'n' ma'nisin mayatniktin' geometriyalig' o'lshevi menen massasi' boyi'nsha esaplab tabi'w mu'mkin. Soni'n' menen birge keltirilgen uzi'nli'qti' aylanbali' mayatnik (oborotni'y mayatnik) dep atalatug'i'n mayatniktin' ja'rdeminde ani'qlawg'a boladi'

Salmaq ku'shinin' tezleniwinin' ma'nisin da'lirek ani'qlaw ushi'n ko'p jag'daylardi' esapqa ali'w kerek boladi'. Bul jag'day esaplab jumi'slari'na ko'p sanli' du'zetiwlardi' kirgizedi. Bul du'zetiwlardi' terbelisler amplitudasi'ni'n' ma'nisin, a'tiraptag'i' atmosferani', temperaturani'n' o'zgeriwlerin, sekundomerdin' da'lligin, shtativtin' terbelislerin ha'm basqa da sebeplardin'

ta'sirlerin esapqa aladi'. To'mende salmaq ku'shi tezleniwini da'l ma'nisin sonday du'zetiwlerdi kirgizbesten ani'qlawdi'n' u'sh usi'li' bayan etiledi.

## 1-tapsi'rma

### Salmaq ku'shi tezleniwini aylanbali' mayatniktin' ja'rdeminde tabi'w (Bessel usi'li')

**Terminologiyali'q eskertiw:** Rus tilindegi "oborotni'y mayatnik" so'zin qaraqalpaq tiline "aylanbali' mayatnik" dep awdaramiz. Bunday fizikali'q mayatnikti paydalang'anda oni' awdari'p qoyi'w yamasa aylandi'ri'p qoyi'w (joqari' ta'repin to'menge, al to'mengi ta'repin joqari'g'a) mu'mkinshiliginen paydalani'ladi'. Sonli'qtan "aylandi'ri'p qoyi'wg'a bolatug'i'n mayatnik" haqqi'nda ga'p etilip ati'rg'anli'qtan "aylanbali' mayatnik" terminin duri's termin si'pati'nda qabi'l etemiz.

**Kerekli a'sbaplar:** 1) mayatnik, 2) sekundomer.

**Jumi'sti'n' teoriyali'q tiykari'.** Aylanbali' mayatniktin' islewi terbelis orayi' menen asi'p qoyi'w (ildirip qoyi'w) noqatlari'ni'n' bir birine sali'sti'rg'anda tu'yinlesligine tiykarlang'an. Tu'yinleslik qa'siyettin' ma'nisi mi'nadan ibarat: qa'legen fizikali'q mayatnikte qa'legen waqi'tta sonday eki noqat tabi'w mu'mkin, usi' noqatlarg'a asi'p qoyg'anda mayatniktin' terbeliw da'wirleri birdey boladi'. Noqatlar arasi'ndag'i' qashi'qli'q usi' mayatniktin' keltirilgen uzi'nli'g'i'na ten' boladi'.

Mayatniktin' terbeliw amplitudasi'ni'n' ma'nisi kishi bolg'an jag'daylarda oni'n' terbeliw da'wiri to'mendegi formula menen ani'qlanadi':

$$T = \sqrt{\frac{J}{mga}}. \quad (4)$$

Inerciya momentleri haqqi'ndag'i' teoremag'a (Shteyner teoremasi') tiykarlanip:

$$J = J_0 + ma^2 \quad (5)$$

an'latpasi'n jaza alami'z. Bul an'latpada  $J_0$  arqali' salmaq orayi'nan terbeliw ko'sherine parallel ko'sherge sali'sti'rg'andag'i' inerciya momenti belgilengen.  $J, m$  ha'm  $a$  shamalari' (2)-formulada qatnasadi'.

$$T_1 = \pi \sqrt{\frac{J_0 + ma_1^2}{mga_1}},$$

$$T_2 = \pi \sqrt{\frac{J_0 + ma_2^2}{mga_2}}$$

ten'lemelerden

$$T_1^2 ga_1 - T_2^2 ga_2 = \pi^2(a_1^2 - a_2^2)$$

formulasi'n alami'z. Bul formuladan erkin tu'siw tezleniwi ushi'n an'latpani' bir qansha tu'rlandirwlerden keyin Bessel ta'repinen berilgen ten'leme tu'rinde tabami'z

$$g = \frac{2\pi^2 l}{T_1^2 + T_2^2} \frac{1}{1 + \frac{(T_1^2 - T_2^2)l}{(T_1^2 + T_2^2)(a_1 - a_2)}}. \quad (6)$$

Bul an'latpada  $l = a_1 + a_2$  arqali' keltirilgen uzi'nli'q belgilengen.

Eger terbelis da'wirleri o'z-ara ten' bolsa (yag'ni'y  $T_1 = T_2 = T$  ten'likleri ori'nlanatug'i'n jag'daylarda), onda bul ten'leme (3)-an'latpadag'i' tu'rge enedi:

$$g = \pi^2 \frac{l}{T^2}.$$

Terbelis da'wirlerin bir birine toli'q ten'lestiriw an'sat emes. Terbelis da'wirleri bir birine shama menen ten' bolg'anda Bessel formulasi' tezleniwidin' ma'nisin jetkilikli da'rejede a'piwayi' ha'm en' kishi da'llikte ani'qlawg'a mu'mkinshilik beredi.

Meyli  $T_1$  ha'm  $T_2$  shamalari' bir-birine jaqi'n, al  $a_1$  ha'm  $a_2$  shamalari' bir birinen u'lken ayi'rmag'a iye bolsi'n (mayatniktin' birewi gewek, ekinshisi gewek emes). Bunday jag'dayda  $a_1$  ha'm  $a_2$  shamalari'n joqari' da'llikte tabi'wdi'n' za'ru'riginin' joq ekenligi ( $\pm 1$  mm ge shekemgi da'llikten joqari'raq) formuladan ayqi'n ko'rinip tur.

**A'sbapti'n' du'zilisi.** Qoyi'latug'i'n talaplarg'a baylani'sli' aylanbali' mayatnikler ha'r tu'rli du'ziliske iye boladi'. Olar a'dette uzi'nli'g'i' 1 m den uzi'ni'raq metall sterjennen ibarat boli'p, bul sterjennin' betine millimetrlik bo'limler sali'ng'an. Awi'r ha'm jen'il ju'kler ha'm tayani'p turi'w ushi'n qollani'latug'i'n prizmalar (olardi' tayani'sh prizmalari' dep ataymi'z) sterjen boylap ji'lji'y aladi'. Olardi' sterjennin' boyi'ndag'i' qa'legen ori'ng'a bekkemlep qoyi'w mu'mkin. Ju'klerdin' ha'r qi'yli' kombinaciyalari' ha'm su'yeniw ushi'n qollani'latug'i'n prizmalarg'a iye sterjendegi olardi'n' ori'nleri' aylanbali' mayatniklerdin' ha'r qi'yli' tiplerin payda etedi.

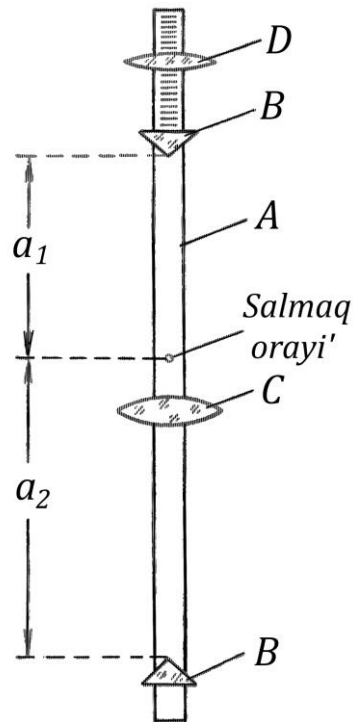
Bul jumi'sta 1-su'wrette ko'rsetilgendey aylanbali' mayatnik qollani'ladi'.

Metall sterjen  $A$  arqali' belgilengen. Bul sterjenge  $V$  tayani'sh prizmalari' ji'lji'maytug'i'n etip bekkem qati'ri'lg'an. Olar arasi'ndag'i'  $C$  ju'gi de sterjenge bekkem etip bekitilgen. Ekinshi  $D$  ju'k sterjennin' ushi'nda (prizmalardi'n' si'rtili'nda) noniusli' shkala boylap ji'lji'y aladi' ha'm kerek bolg'an ori'nda qati'ri'li'wi' mu'mkin.

Prizmalar arasi'ndag'i' qashi'qli'q turaqli' boli'p, oni'n' ma'nisi sterjenge oyi'p jazi'lg'an.

**O'lshepler.**  $D$  ju'gin shkaladag'i' ha'r qi'yli' ori'nlarg'a qati'ri'p mayatniktin' terbeliw da'wirleri sekundomer menen o'lsheydi. Ju'kti shkaladag'i' 7-bo'limnen 12-bo'limge (santimetrlerge shekem) shekem ji'li'sti'ri'p, ha'r bir jag'day ushi'n terbeliw da'wirlerin o'lshew kerek. Bunday intervalda ju'kti ha'r

sapari' 5 mm ge ji'li'sti'ri'p, da'wirdin' keminde 11 ma'nisin aladi'. Terbeliw da'wirin ani'qlag'anda a'dette 100 toli'q terbeliw ushi'n ketken waqi't o'lshenedi. Bunday o'lshewdi eki ret qaytalaw ha'm aqi'rg'i' na'tiyje si'pati'nda ali'ng'an na'tiyjelerdin' arifmetikali'q ortasha ma'nisin ali'w kerek. Bunnan keyin terbelisler da'wiri menen ju'ktin' mayatnik sterjenindegi orni' arasi'ndag'i' baylani'sti'n' grafigi du'ziledi. Grafikte abscissa ko'sherine shkalani'n' ju'ktin' orni'n ko'rsetiwshi bo'limleri, ordinata ko'sherine terbelisler da'wirinin' ma'nisleri qoyi'ladi'.



1-su'wret.

Bunnan son' ekinshi tayani'sh prizmani' paydalani'p mayatniktin' aylani'w ko'sheri o'zgeriledi (mayatnikti aylandi'ri'li'p qoyi'w joli' menen). Terbeliw da'wirleri joqari'da keltirilgen izbe-izlikte o'lshenedi. Ali'ng'an na'tiyjeler paydalani'lg'an millimetrli qag'azda grafik tu'rinde su'wretlenedi. Bul ta'jiriybede iymek si'zi'qlardi'n' kesilisiw noqati' tiykarg'i' a'hmiyetke iye. Usi' noqatqa sa'ykes keliwshi qozg'ali'wshi' ju'ktin' ori'ni' ushi'n terbelis da'wirlerinin' ma'nisleri bir birine jaqi'n boladi'.

Ji'lji'g'i'shti'n' bul hali' ushi'n  $T_1$  ha'm  $T_2$  da'wirleri (mayatniktin' tuwri' ha'm aylandi'ri'lg'an jag'daylari' ushi'n) ju'da' puqtali'q penen ani'qlanadi'. Mayatniktin' 200 toli'q terbeliwi ushi'n ketken waqi't keminde u'sh ret o'lshenedi. Ali'ng'an na'tiyjeler boyi'nsha terbelisler da'wirinin' ma'nisi esaplanadi'. Ekinshi  $T_2$  da'wirin ani'qlawda (mayatnik aylandi'ri'li'p qoyi'lg'annan keyingi) o'lshew proceduralari' toli'q qaytalanadi'.

$a_1$  ha'm  $a_2$  shamalari'n o'lshew ushi'n mayatnik konsoli'nan ali'ni'p, oni'n' sterjeni arnawli' su'yir qaptalg'a iye ultang'a qoyi'ladi'. Bul ultanda mayatnikti ten' salmaqli'qta turg'i'zi'w kerek. Mayatniktin' qaptaldi'n' to'meninde jaylasqan salmaq orayi'nan tayani'sh prizmalari'na shekemgi qashi'qli'qlar



bolg'an arali'qlar  $a_1$  ha'm  $a_2$  shamalari'na ten'. Bul qashi'qli'qlardi'n' ma'nisi masshtabli' si'zg'i'sh penen  $\pm 1$  mm da'lliginde o'lshenedi.

Ali'ng'an mag'li'wmatlar boyi'nsha Bessel formulasi'ni'n' ja'rdeminde salmaq ku'shinin' tezleniwi (erkin tu'siw tezleniwi) ani'qlanadi'.

Jumi'sti' ori'nlaw ushi'n ayri'qsha di'qqat penen muqi'yatli'q talap etiledi. Mayatniktin' 4 gradustan u'lken mu'yeshlerge awi'si'wi'na jol qoyi'wg'a bolmaytug'i'nli'g'i'n umi'tpaw kerek.

Ali'ng'an na'tiyjeler 1-kestege jazi'ladi'.

1-keste

$D =$  mm.

Nº	$T_1, s$	$T_2, s$	$a_1, mm$	$a_2, mm$	$l, mm$	$g, sm/s^2$
Ort.						

## 2-tapsi'rma

### **Salmaq ku'shi tezleniwin mayatnik-sterjennin' ildirilip qoyi'lg'an noqati'ni'n' orni' menen terbelisler da'wiri arasi'ndag'i' g'a'rezlilik boyi'nsha ani'qlaw**

**Kerekli a'sbap ha'm materiallar:** 1) mayatnik, 2) sekundomer, 3) metall si'zg'i'sh.

**Teoriyasi'.** Bul jumi'sta paydalani'latug'i'n mayatnik uzi'nli'g'i' bir metrden aslami'raq ha'm diametri 14 mm bolg'an bir tekli metall sterjennen turadi'. Sterjende shkala ha'm oni'n' boyi'ndag'i' qa'legen ori'ng'a qati'ri'p qoyi'latug'i'n ji'lji'mali' tayani'sh prizma boladi'.

Fizikali'q mayatniktin' terbelisler da'wirinin'

$$T = \pi \sqrt{\frac{J_0 + ma^2}{mga}} \quad (1)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanatug'i'nli'g'i' belgili. Bul an'latpada  $J_0$

$$J_0 = ma_0^2 \quad (2)$$

salmaq orayi' arqali' o'tiwshi ko'sherge sali'sti'rg'andag'i' mayatniktin' inerciya momenti boli'p tabi'ladi'. Bul an'latpada  $m$  arqali' denenin' massasi', al  $a_0$  arqali' mayatniktin' inerciya radiusi' belgilengen.

(1)- ha'm (2)-an'latpalardan terbelis da'wiri ushi'n

$$T = \pi \sqrt{\frac{a_0^2 + a^2}{ga}} \quad (3)$$

formulasi'n alami'z. Bul formuladan fizikali'q mayatniktin' terbelisler da'wirinin'  $a = 0$  ha'm  $a = \infty$  bolg'an eki halda sheksiz u'lken bolatug'i'nli'g'i' ko'rinip turi'пти'. Sol eki sheklik ma'nisler arasi'ndag'i'  $T = \varphi(a)$  funkciyasi'ni'n' grafigi o'siwshi ha'm kemeyiwshi eki shaqadan turadi' (2-su'wret).

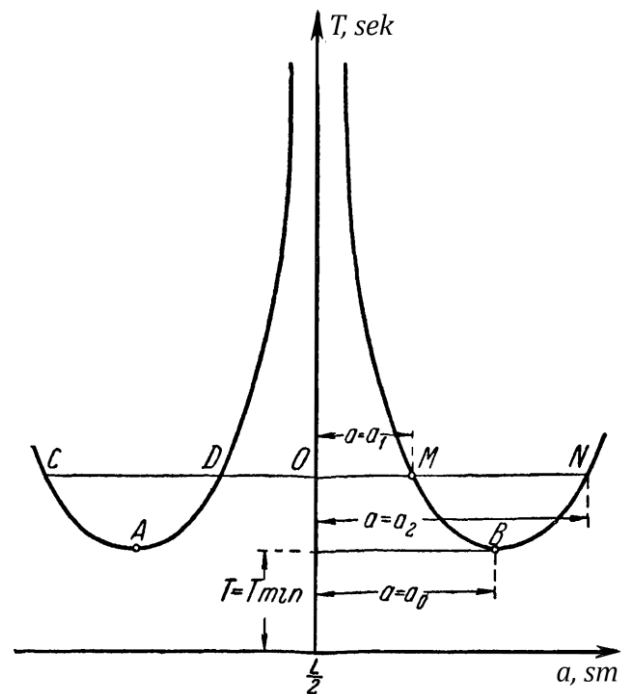
Sterjennin' salmaq orayi'ni'n' bir ta'repine o'zinin' grafigi, al eki ta'repke sterjennin' ortasi'na sali'sti'rg'andag'i' simmetriyali' eki grafik sa'ykes keledi.

$a = a_0$  ten'ligi ori'nlang'anda ( $A$  ha'm  $V$  noqatlari' mayatniktin' salmaq orayi'na sali'sti'rg'anda simmetriyali' jaylasqanda) terbelisler da'wiri en' kishi ma'niske iye boladi'. Buni'n' duri'sli'g'i'na biz mayatniktin' keltirilgen uzi'nli'g'i' bolg'an  $l = \frac{a_0^2 + a^2}{a}$  funkciyasi'ni'n' minimalli'q ma'nisin tabi'w arqali' iseniwge boladi'.

Bir tekli sterjen ushi'n  $J_0 = ma_0^2 = m \frac{1}{12} L^2$  ten'ligi ori'nli'. Bul ten'likte  $m$  arqali' sterjennin' massasi',  $L$  arqali' uzi'nli'g'i', al  $a_0 = \frac{1}{\sqrt{12}} L$  arqali' inerciya radiusi' belgilengen.

Bul qatnaslardan paydalani'p terbelisler da'wiri en' kishi bolatug'i'n noqatlardi'n' sterjennin' salmaq orayi'nan  $a_0 = 0,29L$  shamasina ten' qashi'qli'qta jaylasatug'i'nli'g'i'n ko'riwge boladi'.  $a$  shamasini'n' eki ma'nisinde terbelisler da'wirleri bir birine ten' boladi':  $a_1 < a_0$  (kemeyiwshi oblasti'ndag'i'  $M, D$  noqatlari'),  $a_2 > a_0$  (o'siw oblasti'ndag'i'  $C, N$  noqatlari').

2-su'wret.



Bul noqatlar ushi'n

$$T = \pi \sqrt{\frac{a_0^2 + a_1^2}{a_1 g}} = \pi \sqrt{\frac{a_0^2 + a_2^2}{a_2 g}}$$

Bul an'latpadan  $a_1 a_2 = a_0^2$  ten'ligi kelip shi'g'adi'. Usi' qatnastan paydalani'p mayatniktin' keltirilgen uzi'nli'g'i'nin' ma'nisi ushi'n

$$l = \frac{a_0^2 + a_1^2}{a_1} = a_1 + a_2$$

an'latpasi'n alami'z.

Mayatnikte terbelis da'wirleri bir birine ten' bolatug'i'n og'ada ko'p sanli' noqatlar juplari'n tabi'w mu'mkin.

2-su'wrettegi  $C, D, M, N$  noqatlari' terbelis da'wirleri birdey  $T$  shamasi'na ten' bolatug'i'n noqatlar boli'p tabi'ladi'.

Terbelisler da'wiri bunday  $T$  shamasi'na ten' bolg'anda mayatniktin' keltirilgen uzi'nli'g'i'  $CM$  ha'm  $DN$  tuwri'lari'ni'n' uzi'nli'qlari' boli'p tabi'ladi'.

Abscissa ko'sherine parallel bolg'an qa'legen basqa tuwri' si'zi'q eki iymeklik penen kesisip jup noqatlardi' beredi. Ha'r bir tuwri' si'zi'qqa terbelisler da'wirinin' basqa ma'nisi ha'm mayatniktin' keltirilgen uzi'nli'g'i'ni'n' basqa ma'nisi sa'ykes keledi.

Demek, grafik boyi'nsha terbelisler da'wiri menen mayatniktin' keltirilgen uzi'nli'g'i'n da ani'qlaw mu'mkin eken (yag'ni'y  $T$  ha'm  $I$  shamalari'n da ani'qlaw mu'mkin). Usi'nday grafikten paydalani'p  $g = \frac{\pi^2 l}{T^2}$  formulasi'ni'n' ja'rdeminde salmaq ku'shinin' tezleniw de ani'qlawg'a boladi'.

**O'lsheuler.** Tayani'sh prizmasi' mayatniktin' ushi'na, shkalani'n' en' shetki si'zi'g'i'ni'n' tusi'nda bekkemlenedi. Mayatnik tayani'sh prizmasi'ni'n' qabi'rg'asi' menen tirewge ornati'ladi' ha'm terbeliske keltiriledi.

Terbelisler amplitudasi'ni'n' ma'nisi 4 gradustan artpawi' lazi'm.

Mayatniktin' on ret terbeliwi ushi'n sari'planatug'i'n waqi'tti'n' shamasi' sekundomer menen ani'qlani'p, bunnan terbelisler da'wirinin' ma'nisi esaplanadi'. Tirew prizmasi'n ha'r bir ret u'sh santimetrge ji'li'sti'ri'p, sa'ykes terbelis da'wirinin' ma'nisleri joqari'da ayti'li'p o'tilgen ta'rtip boyi'nsha ani'qlanadi'. Tirew prizmasi'n keminde 15 ret ji'li'sti'ri'p qoyi'w kerek ha'm usi'g'an sa'ykes terbelis da'wirleri ushi'n keminde 15 ma'nis ali'nadi'.

Ali'ng'an mag'li'wmatlar boyi'nsha grafik du'ziledi. Grafiklerde abscissa ko'sherine tayani'sh (tirew) prizmasi'ni'n' qabi'rg'asi'ni'n' sterjennin' ushi'nan santimetrlerdegi qashi'qli'g'i', ordinata ko'sherine sekundlardag'i' terbelis da'wirlerinin' ma'nisleri qoyi'ladi'.

Mayatniktin' keltirilgen uzi'nli'g'i'ni'n' ma'nisin ani'qlaw ushi'n mayatnikti aylandi'ri'p qoyi'wdi'n', terbelis da'wirlerin qaytadan o'lsheudin' ha'm ekinshi grafikti quri'wdi'n' za'ru'rliqi joq. Du'zilgen grafikte sterjennin' ortasi' belgilenedi (oni'n' uzi'nli'g'i'n masshtabli' si'zg'i'sh penen o'lsheniw kerek) ha'm bul belgi arqali' ordinata ko'sherine (da'wirler ko'sherine) parallel tuwri' si'zi'q ju'rgiziledi.

Simmetriya ko'z-qaraslari'nan terbelislerdin' qa'legen da'wiri ushi'n mayatniktin' keltirilgen uzi'nli'g'i' ju'rgizilgen tuwri'dan iymekliktin' boyi'nda jaylasqan eki noqat arasi'ndag'i' qashi'qli'qlardi'n' qosi'ndi'si'na ten' boli'wi' kerek ( $l = OM + ON = OD + OC$ ) ekenligi kelip shi'g'adi'.

Tezleniwidin' ma'nisi  $g = \frac{\pi^2 l}{T^2}$  formulasi'ni'n' ja'rdeminde keltirilgen uzi'nli'q penen da'wirdin' keminde u'sh ma'nisi boyi'nsha ani'qlanadi'. Haqi'yqi'y ma'nisi si'pati'nda tabi'lg'an ma'nislerdin' ortasha arifmetikali'q ma'nisi ali'nadi'. Alang'an na'tiyjeler 2-kestege jazi'ladi'.

2-keste.

$l, \text{mm}$							
$g, \text{sm/s}^2$							$g_{\text{ort.}}$

## 7-sanli' laboratoriyali'q jumi's Su'ykelis koefficientin tribometr ja'rdeminde ani'qlaw

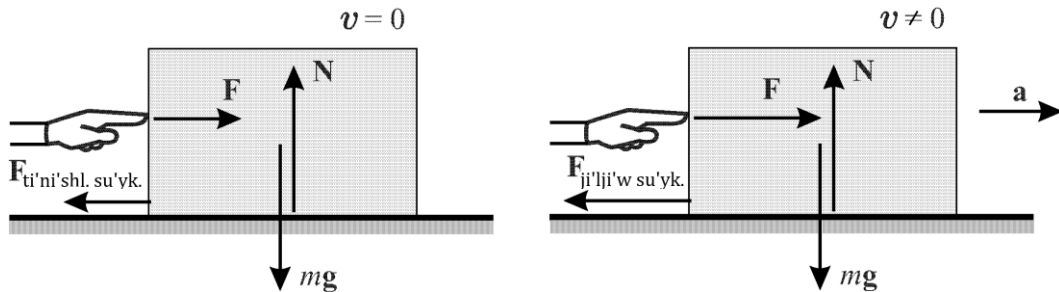
**Jumi'sti'n' maqseti.** Su'ykelis tu'rleri, su'ykeliw ku'shleri haqqi'nda ali'ng'an bilimlerde bekkemlew ha'm qurg'aq su'ykelis koefficientin ta'jiriybede ani'qlaw.

**Teoriyalı'q bo'lim.** Biz denelerdin' qozg'ali'si'n baqlawdi'n' bari'si'nda bir jag'dayg'a ayqi'n tu'rde itibar beremiz: deneler si'rtqi' ku'shlerdin' ta'sirinde qozg'ali'sqa keledi, ku'shlerdin' ta'siri toqtati'lg'anda denenin' qozg'ali's tezligi kemeyedi ha'm ko'p uzamay toqtaydi'. Bul qubi'li's Jer betindegi derlik barli'q mexanikali'q qozg'ali'slar ushi'n ta'n. Ju'rip barati'rg'an traqti'rdi'n' (traktordi'n') motori' o'ship qalsa inerciyasi' menen qansha arali'qqa shekem qozg'alatug'i'nli'g'i'n ko'z aldi'mi'zg'a keltire alami'z. Tegis muzdi'n' u'stinde judi'ri'qtay muzdi' si'rg'anati'p jiberiw mu'mkin. Muz benen muzdi'n' arasi'ndagi' su'ykelis ku'shlerinin' shamalari' qansha kishi bolsa da, si'rg'anati'p jiberilgen muz bir qansha waqi'ttan keyin toqtaydi'.

Biz baqlap ju'rigen qozg'ali'wshi' denelerdin' belgili bir arali'qlardi' o'tkennen keyin toqtawi' ortali'qti'n' denelerdin' qozg'ali'slari'na qarsi'li'q ko'rsetiwi menen baylani'sli'. Qarsi'li'q ku'shlerinin' ta'sirinde qozg'ali's aqi'r-ayagi'nda toqtaydi'. Qarsi'li'q ku'shlerin a'dette su'ykelis ku'shleri dep ataydi'. Bunday ku'shlerdin' ta'sirinde denelerdin' mexanikali'q energiyasi' energiyani'n' basqa da tu'rlerine – ko'pshilik jag'daylarda ji'lli'li'q energiyasi'na aylanadi'. Soni'n' menen birge deneler su'ykeliskende olardi'n' betlerinin' bir birine tiyip turg'an bo'limlerinin' u'lken o'zgerislerge ushi'raytug'i'nli'g'i'n (tegislenetug'i'nli'g'i'n, tozatug'i'nli'g'i'n) da ko'remiz. Bunday o'zgerislerdin' ju'zege keliwi ushi'n ko'pshilik jag'daylarda mexanikali'q energiyani'n' a'dewir bo'limi jumsaladi'.

Su'ykelislerdi **ishki** ha'm **si'rtqi'** su'ykelisler dep ekige bo'ledi. Ishki su'ykelisler a'dette suyi'qli'qlar menen gazlerde ori'n aladi'. Si'rtqi' su'ykelis bir birine tiyip turg'an qatti' deneler bir birine sali'sti'rg'anda qozg'alg'anda olardi'n' betleri arasi'nda payda boladi'. Denelerdin' bir birine tiyip turg'an betlerinin' tegis emesliginin' sebebini su'ykelis ku'shleri payda boladi'. Qatti'

dene qansha muqi'yatli'q penen tegislangen bolsa da, oni'n' betinde mikroskopiya'li'q gedir-budi'rli'qlardi' tabi'wg'a boladi'. Bul gedir-budi'rli'qlar denenin' qozg'ali'wi'na tosqi'nli'q qi'li'wshi' ha'm denenin' tezliginin' bag'i'ti'na qarama-qarsi' bag'i'tlang'an su'ykelis ku'shlerinin' payda boli'wi'n ta'miyinleydi.



1-su'wret.

Si'rtqi' su'ykelisti a'dette u'sh tu'rli bolg'an **ti'ni'shli'qtag'i' su'ykelis, ji'lji'w su'ykelisi** ha'm **dumalani'w su'ykelislerine** bo'ledi.

Ti'ni'shli'qtag'i' su'ykelislerge mi'sal retinde 1-su'wrette ko'rsetilgen stol u'stine qoyilg'an quti'ni' ali'wg'a boladi'.

Eger biz quti'g'a qanday da bir  $F$  ku'shi menen ta'sir etip, oni' ti'ni'sh haldan qozg'altatug'i'n bolsaq, onda stol menen yaqqiktin' bir birine tiyip turg'an betleri arasi'nda  $F$  ku'shine qarama-qarsi' bag'i'tlang'an  $F_{su'ykel.}$  ku'shi payda boladi'. Bul ku'shti ti'ni'shli'qtag'i' su'ykelis ku'shi dep ataydi'. Sonday-aq, stol u'stindeg'i quti'g'a  $F$  ha'm  $F_{su'ykel.}$  ku'shleri menen bir qatarda bir birine ten' ha'm bag'i'tlari' qarama-qarsi' bolg'an  $N_R$  reaksiya ha'm  $N$  normal basi'mi' ku'shleri de ta'sir etedi. Bul ku'shlerdin' algebrali'q qosi'ndi'si' nolge ten' bolg'an jag'dayda quti' (dene) ti'ni'shli'qta turadi'. Quti' ti'ni'shli'qta turg'anda  $F_{su'ykel.}$  ku'shinin' shamas'i' denege ta'sir etiwshi ku'shtin' u'lkeyiwi menen u'lkeyedi ha'm ku'shtin' ma'nisi bazi' bir  $F_0$  shegarali'q ma'nisine shekem u'lkeygende dene ji'lji'y baslaydi'. Ti'ni'shli'qtag'i' su'ykelis ku'shi  $F_0$  menen  $N$  normal basi'm ku'shi arasi'ndag'i' baylani'sti' G.Amonton (1699-j.) menen Sh.Kulon (1785-j.) o'z ta'jiriybelerinde ashti'. Bul ni'zam boyi'nsha ti'ni'shli'qtag'i' su'ykelis ku'shinin' shegarali'q ma'nisi  $F_0$  su'ykeliwshi denelerdi bir-birine qi'si'p turi'wshi'  $N$  normal basi'm ku'shine tuwri' proporcional, yag'ni'y

$$F_0 = k_0 N. \quad (1)$$

Bul an'latpadag'i'  $k_0$  shamas'i'n ti'ni'shli'qtag'i' su'ykelis koefficienti dep ataydi'. Ta'jiriybeler  $k_0$  koefficientinin' ma'nisinin' su'ykeliwshi denelerdin' material'na ha'm olardi'n' bir birine tiyip turg'an betlerdin' tegisligine ha'm basqa da xarakteristikalar'na baylani'sli' boladi'.

Eger  $\alpha$  mu'yeshi kishi ha'm  $F < F_0$  ten'sizligi ori'nlanatug'i'n bolsa, onda dene qozg'ali'sqa kelmeydi. Su'wrette  $\alpha$  mu'yeshinin' u'lkeyiwi menen  $F$  ku'shinin' de u'lkeyetug'i'nli'g'i' ko'rini'p tur. Sonli'qtan  $\alpha$  mu'yeshinin' belgili bir  $\alpha_0$

ma'nisinde  $F$  ku'shi  $F_0$  ku'shi menen ten'lesedi.  $\alpha_0$  mu'yeshin su'ykelis mu'yeshi dep ataydi'.  $\alpha < \alpha_0$  ten'sizligi ori'nlanisa quti' qi'ya tegislik boylap si'rg'anay baslaydi'. Bunday jag'dayda

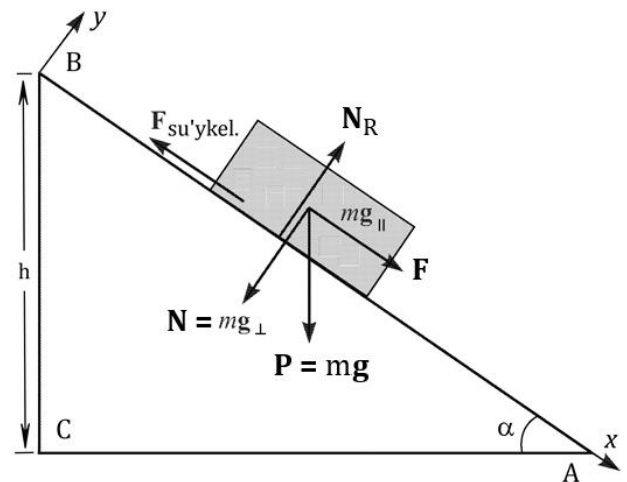
$$P \sin \alpha_0 = F_0 = k_0 N = k_0 P \cos \alpha_0 \quad (4)$$

ten'sizligin jazi'w mu'mkin. Bul an'latpadan ti'ni'shli'q su'ykelisi koefficienti  $k_0$  menen su'ykelis mu'yeshi  $\alpha_0$  arasi'ndag'i' baylani'sti' keltirip shi'g'arami'z:

$$k_0 = \frac{P \sin \alpha_0}{P \cos \alpha_0} = \operatorname{tg} \alpha_0. \quad (5)$$

Demek biz joqari'da ko'rip o'tken su'ykelistin' eki tu'rinde de ti'ni'shli'qtag'i' su'ykelis koefficientin ani'qlaw ushi'n ma'nisi  $F_0$  shamasi'na ten' bolg'an quti'ni' qozg'ali'sqa keltiretug'i'n ku'shti ha'm  $N$  normal basi'm ku'shin ani'qlawi'mi'z kerek boladi' eken. A'dette  $k_0$  su'ykelis koefficientinin' ma'nisi quti'ni'n' tezligine de baylani'sli' boladi'. Biraq kishi tezliklerde ta'jiriybelerde ani'qlang'an su'ykelis koefficientinin' ma'nisi  $k$  ushi'n  $k \approx k_0$  ten'ligi ori'nlanadi' dep esaplawg'a boladi'.

2-su'wret.



Ji'lji'w su'ykelisi ni'zamlari'n teren'irek u'yreniw ushi'n qandayda bir qi'ya tegisliktegi denenin' qozg'ali'si'n baqlayi'q. Bul denege qanday ku'shlerdin' ta'sir etetug'i'nli'g'i' 2-su'wrette ko'rsetilgen. Si'zi'lmadan ko'rinip turg'ani'nday:

$$N = P \cos \alpha, \quad (2)$$

$$F = P \cdot \sin \alpha. \quad (3)$$

Qi'ya tegislik penen oni'n' beti boyi'nsha si'rg'anawshi' quti'ni'n' bir birine tiyip turg'an betlerine may jag'i'lsa su'ykelis ku'shlerinin' ma'nisinin' keskin tu'rde kemeyetug'i'nli'g'i'n ko'riwge boladi'.

Joqari'da ayti'li'p o'tilgenindey su'ykelistin' ja'ne bir tu'ri dumalani'w su'ykelisi boli'p, bunday su'ykelis dumalani'wshi' denenin' (cilindr, shar si'yaqli' denelerdin') tegis tegislik boylap qozg'ali'si'nda ko'rinedi.

Sh.Kulon  $F_{dum}$  dumalaw su'ykelis ku'shinin' shamasi'ni'n' dumalawshi' deneni qi'si'wshi'  $P$  ku'shine tuwri' proporcional ha'm dumalani'wshi'

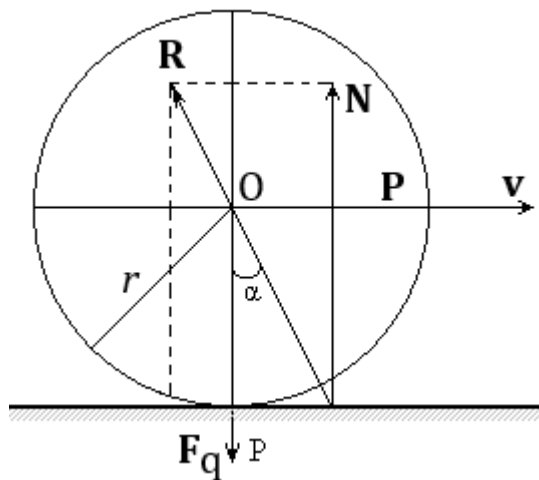
denenin' radiusi'  $r$  shamasi'na kerri proporcional ekenligin ani'qlag'an (3-su'wrette ko'rsetilgen). Demek

$$F_{dum} = k_{dum} \frac{P}{r} \quad (6)$$

ni'zami' ori'n aladi' degen so'z.

**Kerekli a'sbap ha'm materiallar:** 1) tribometr (4-su'wret), 2) ag'ash ha'm temir sterjenler, 3) ag'ash ha'm temir plastinkalar; 4) ta'rezi ha'm ta'rezi taslari', 5) sekundomer, 6) shaytan.

**A'sbapti'n' xarakteristikasi'.** Tribometrdirin' ultani' boli'p tabi'latug'i'n  $A$  stoli' u'stindeg'i  $MM$  shegelerine ag'ash yamasa  $S$  sterjen ornati'ladi'.  $P$  ag'ash yamasa temir plastinka  $B$  blok arqali' o'tiwshi jin'ishke  $b$  jip ushi'na baylang'an  $O$  pa'lle menen tutasti'ri'ladi'. Tribometr  $VV$  vintler ja'rdeminde gorizontall ornati'ladi' (4-su'wretke qaran'i'z).

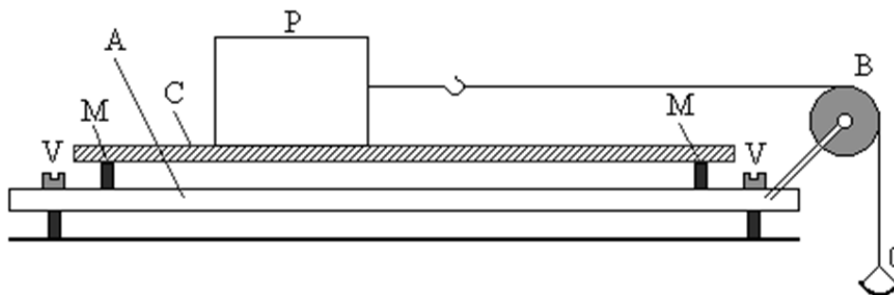


3-su'wret.

### Jumi'sti'n' ori'nlani'w ta'rtibi

1.  $VV$  vintleri ja'rdeminde tribometrdirni gorizontall halda ornati'ladi' ha'm tribometrdirin' gorizont bag'i'ti'nda turg'an ekenligi  $MM$  shegeleri arasi'na shaytan qoyi'p tekserip ko'riledi.

2. Su'ykeliwshi betlerdirni qurg'aq gezlemenin' ja'rdeminde jaqsi'lap tazalap, bunnan son'  $MM$  shegelerine  $C$  sterjeni ornati'ladi'.



4-su'wret.

3.  $P$  plastinkani'n' (quti'si'ni'n') salmag'i'i ta'rezide bir neshe ret o'lshenedi ha'm oni'n' ortasha ma'nisi ani'qlanadi'.





## Qaradag'alaw ushi'n sorawlar

1. Su'ykelistin' qanday tu'rlerinin' bar ekenligin ayti'p berin'iz.
2. Su'ykelis ku'shlerinin' fizikali'q ta'biyati' nelerden ibarat?
3. Tribometrдин' islew principin tu'sindirip berin'iz.
4. Texnika menen ku'ndelikli turmi'sta su'ykelislerdin' bir qansha ori'nlarda payda keltiretug'i'nli'g'i'n, al ayri'm ori'nlardi' zi'yanli' ekenligin ayti'p berin'iz.

## 8-sanli' laboratoriyali'q jumi's Impulstin' saqlani'w ni'zami'n u'yreniw

### 1-usi'l

#### Sharlardi'n' serpimli ha'm serpimli emes soqli'g'i'si'wlari'n izertlew joli' menen impulstin' saqlani'w ni'zami'n u'yreniw

**Jumi'sti'n' maqseti:** sharlardi'n' serpimli ha'm serpimli emes soqli'g'i'si'wlari'ndag'i' impulstin' saqlani'w ni'zami'n u'yreniw.

**Teoriyali'q bo'lim.** Nyutonni'n' ekinshi ni'zami' boyi'nsha denege ta'sir etetug'i'n  $F$  ku'shi ushi'n

$$F = ma = m \frac{dv}{dt} = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

ten'liklerin jaza alami'z. Bul ten'leme tiykari'nda

$$F = m \frac{dv}{dt} = m \frac{d(mv)}{dt} = m \frac{dp}{dt} \quad (1)$$

an'latpasi'na iye bolami'z. Bul an'latpada  $p = mv$  shamas'i'n massasi'  $m$  ha'm tezligi  $v$  bolg'an denenin' impulsi (yamasa qozg'ali's mug'dari') dep ataydi'.

Nyutonni'n' ekinshi ni'zami' boyi'nsha denege ta'sir etetug'i'n ku'shtin' bag'i'ti' menen denenin' tezleniwini' bag'i'ti' bir birine parallel. Al (1)-formuladan ku'shtin' bag'i'ti' menen impulstin' o'zgeriw tezliginin' bag'i'tlari'ni'n' parallel ekenligin ko'remiz. Eger denege ta'sir etetug'i'n si'rtqi' ku'shlerdin' ma'nisi o'zgermeytug'i'n bolsa, onda (1)-an'latpadan impulstin' shekli ha'm sheksiz kishi o'zgerisleri ushi'n

$$m_2 v_2 - m_1 v_1 = p_2 - p_1 = \Delta p = F \Delta t, \quad (2)$$

$$m_2 v_2 - m_1 v_1 = p_2 - p_1 = \Delta p = F \int_{t_1}^{t_2} dt$$

ten'liklerin alami'z. Bul ten'liktegi  $F \Delta t$  shamas'i'n ku'sh impulsi dep ataydi'. Eger sheksiz kishi o'simlerge o'tetug'i'n bolsaq (2)-ten'liktin' orni'na

$$mdv = dp = F \int_{t_1}^{t_2} dt$$

an'latpasi'n jazami'z.

Demek denenin' impuls vektori'ni'n' o'siminin' denege ta'sir etetug'i'n ku'shtin' impulsine ten' ekenligin ko'remiz.

Meyli  $A$  ha'm  $B$  deneleri bir biri menen ta'sirlesetug'i'n bolsi'n. Bunday jag'dayda  $A$  denesi  $B$  denesine  $F_{AB}$  ku'shi menen, al  $B$  denesi bolsa  $A$  denesine  $F_{BA}$  ku'shi menen ta'sir etedi. Bul ku'shlerdin' ta'sirinde deneler sa'ykes  $a_A$  ha'm  $a_B$  tezleniwlerin aladi':

$$\mathbf{a}_A = \frac{F_{AB}}{m_A} \text{ ha'm } \mathbf{a}_B = \frac{F_{BA}}{m_B}. \quad (3)$$

Soqli'g'i'si'wshi' deneler ushi'n Nyutonni'n' u'shinshi ni'zami'n bi'layi'nsha jazami'z:

$$m_A \mathbf{a}_A = -m_B \mathbf{a}_B. \quad (4)$$

Bul an'latpani' bi'layi'nsha o'zgartip jazami'z:

$$m_A \mathbf{a}_A + m_B \mathbf{a}_B = 0. \quad (5)$$

Tezleniw

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} \quad (6)$$

formulasi' boyi'nsha ani'qlanatug'i'n bolg'anli'qtan (5)- ha'm (6)- an'latpalardan

$$\frac{d}{dt}(m_A \mathbf{v}_A + m_B \mathbf{v}_B) = 0 \quad (7)$$

ten'lemesi ali'nadi'. Eger biz qarap ati'rg'an eki dene jabi'q sistemani' payda etetug'i'n bolsa, onda olardi'n' bir biri menen ta'sirlesiwini'n' saldari'nan impuls mug'darlari'ni'n' qosi'ndi'si'ni'n' turaqli' shama boli'p qalatug'i'nli'g'i'n ko'remiz. Demek bir qarap ati'rg'an jabi'q sistema ushi'n  $p_A + p_B = p = const$  ten'liginin' ori'nlanatug'i'nli'g'i' kelip shi'g'adi'.

Bunday jag'day jabi'q sistemalar ushi'n impulstin' saqlani'w ni'zami' atamasi' menen belgili.

Impulstin' saqlani'w ni'zami'n biz sharlardi'n' serpimli ha'm serpimli emes soqli'g'i'si'wlari'n baqlaw joli' menen tekserip ko'remiz.

Soqli'g'i'si'wlardi'n' serpimli yamasa serpimli emes ekenligin soqli'g'i'si'w koefficienti dep atalatug'i'n koefficienttin' ma'nisine qarap ayi'ri'w mu'mkin. Koefficienti  $\varepsilon = 0$  bolg'an soqli'g'i'si'wlar absolyut **serpimli emes soqli'g'i'si'w**, al koefficienti  $\varepsilon = 1$  shamasina ten' bolg'an soqli'g'i'si'wlardi' absolyut **serpimli soqli'g'i'si'w** dep ataydi'. Bir neshe bo'lekshelerden turatug'i'n sistemani'n' **soqli'g'i'si'w koefficienti** dep bo'leksheler soqli'g'i'sqannan keyingi olardi'n' kinetikali'q energiyalari'ni'n' qosi'ndi'si'  $E_2$  shamasini'n' bo'lekshelerdin' soqli'g'i'sqannan keyingi kinetikali'q energiyalari'ni'n' qosi'ndi'si' bolg'an  $E_1$  shamasina qatnasi'na aytadi':

$$\varepsilon = \frac{E_2}{E_1}.$$

Absolyut serpimli emes soqli'g'i'si'wlarda  $\varepsilon = \frac{0}{E_1} = 0$  bolg'anli'qtan ( $E_2 = 0$ ) soqli'g'i'sqannan keyingi bo'lekshelerdin' kinetikali'q energiyasi' nolge ten' boladi'. Demek absolyut serpimli emes soqli'g'i'si'w'di'n' na'tiyjesinde bo'lekshelerdin' kinetikali'q energiyalari' toli'g'i' menen energiyani'n' basqa tu'rlerine aylanadi' eken. Al absolyut serpimli soqli'g'i'si'wlarda  $E_1 = E_2$  ten'ligi ori'nlanadi' ha'm soqli'g'i'si'w'di'n' na'tiyjesinde kinetikali'q energiyalardi'n' qosi'ndi'si' o'zgeriske ushi'ramaydi'. Basqa so'z benen aytqanda absolyut serpimli soqli'g'i'si'wda kinetikali'q energiya energiyani'n' basqa tu'rlerine o'tpeydi.

Soqli'g'i'si'w noqati'nan o'tetug'i'n ha'm soqli'g'i'si'w betine perpendikulyar bag'i'tlang'an tuwri' si'zi'qti' **uri'li'w si'zi'g'i'** dep ataydi'. Eger uri'li'w si'zi'g'i' eki denenin' massalar orayi'nan o'tetug'i'n bolsa, onda soqli'g'i'si'w'di' orayli'q soqli'g'i'si'w dep ataydi'. Eger dene ekinshi dene menen soqli'g'i'sqang'a shekem uri'li'w si'zi'g'i' boylap qozg'alg'an jag'daydag'i' ju'zege keletug'i'n uri'li'w'di' tuwri' uri'li'w dep ataymi'z. Basqa jag'daylardag'i' uri'li'wlar qi'ya uri'li'wlar boli'p tabi'ladi'. Eger  $m_1$  ha'm  $m_2$  massali' sharlardi'n' uri'li'wi'na shekemgi tezlikleri  $v_1$  ha'm  $v_2$  bolsa ( $v_1 \neq v_2$ ), onda olardi'n' tuwri', orayli'q absolyut serpimli soqli'g'i'si'wi'nan keyingi tezlikleri sa'ykes ra'wishte  $v_1'$  ha'm  $v_2'$  shamalari'na ten' boladi' ha'm impuls mug'dari'ni'n' saqlani'w ni'zami'na sa'ykes

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (8)$$

an'latpasi' payda boladi'. Eger ekinshi shar ti'ni'shli'qta turg'an bolsa (yag'ni'y  $v_2 = 0$  bolsa) (8)-formula to'mendegidey tu'rge enedi:

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2'. \quad (9)$$

Eki shardi'n' massalari' bir birine ten' bolg'an jag'dayda soqli'g'i'si'wdan son' qozg'ali'stag'i' shar toli'q toqtap ti'ni'shli'qta turg'an shar bolsa uri'li'wshi' shardi'n' tezligi menen qozg'aladi'.

Absolyut serpimli emes soqli'g'i'si'w'di'n' na'tiyjesinde sharlar soqli'g'i'si'wdan son' bir pu'tin denedey boli'p birdey tezlik penen qozg'aladi'. Bunday jag'dayda

$$v_1' = v_2' = u$$

ten'liginin' ori'nli' bolatug'i'nli'g'i'n esapqa ali'p (8)-formuladan

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)u \quad (10)$$

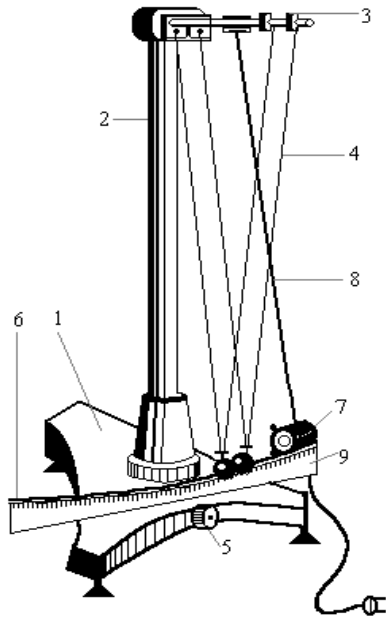
yamasa

$$u = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} \quad (11)$$

ten'ligin ali'w mu'mkin.

**Kerekli a'sbap ha'm materiallar:** 1) sharlardi'n' serpimli ha'm serpimli emes uri'li'wi'n u'yreniw ushi'n arnalg'an a'sbap, 2) ha'r qi'yli' sharlardi'n' ji'y nag'i', 3) plastilin, 4) 6 voltlik o'zgermeli kernewdi tuwri'lag'i'sh.

**A'sbapti'n' xarakteristikasi.** A'sbap tiykarg'i' du'zilistin' gorizontalli'g'i'n ta'miyinlewshi vintli u'sh ayaqdan ha'm bag'i'tlawshi'ni' (3) uslap turi'wshi' (2) trubadan ibarat (1-su'wret). Bifilyar aspa (4) ha'm shardi' bag'i'tlawshi' (3) o'z-ara oraylar arasi'ndag'i' qashi'qli'qti' o'zgartiriwge mu'mkinshilik beredi. Bag'i'tlawshi'ni'n' ko'shiwi tutqa (5) ja'rdeminde a'melge asi'raladi'. Oraylar arasi'ndag'i' qashi'qli'qti' o'zgerkende shep ta'reptegi (6) shkalani' ji'lji'ti'w kerek. Shardi' uslap turi'wshi' (7) elektromagnit (8) sterjenge bekitilgen ha'm ol (9) shkala boylap ko'she aladi'.



1-su'wret

### Jumi'sti' ori'nlaw ta'rtibi

1. A'sbap vintlerge ornati'lg'an u'sh ayaqli' du'zilis ja'rdeminde gorizontalli'q halg'a ali'p kelinedi.

2. Bifilyar aspa bag'i'tlawshi'g'a asi'ladi' ha'm og'an sharlar ji'ynag'i'nan kerekli bolg'an sharlar ali'p ildiriledi.

3. Shep ha'm on' si'zg'i'shlardi'n' "nol" noqatlari' sharlardi'n' strelkalarg'a tuwri'lanadi'.

4. Aspani'n' bekkemlengen noqati'nan sharlardi'n' orayi'na shekem bolg'an qashi'qli'q yamasa aspani'n' uzi'nli'g'i' metrli si'zg'i'shti'n' ja'rdeminde o'lshenedi.

5. Elektromagnit 5 voltlik elektr tarmag'i'na jalg'anadi'. Buni'n' ushi'n a'sbaptag'i' tumbler "Вкл" hali'na ali'p kelinedi. Bunday jag'dayda sharlardi'n' biri (on' ta'reptegi shar) elektromagnitke tarti'ladi' ha'm sol halg'a tuwri' keliwshi mu'yeshitin' ma'nisin (9) shkaladan jazi'p ali'nadi'.

6. Tumblerdi "Выкл" hali'na qoyg'anda elektromagnit penen shar arasi'ndag'i' tarti'si'w jog'aladi' ha'm usi'ni'n' saldari'nan shar erkin halg'a kelip ekinshi shar menen soqli'g'i'sadi'. Shep ta'reptegi shardi'n' qanday mu'yeshke awi'sqanli'g'i'n (6) shkaladan jazi'p ali'nadi'.

7. Analitikali'q ta'rezi ja'rdeminde sharlardi'n' massalari' ani'qlanadi'.

8. Sharlardi'n' tezligi

$$v = 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha}{2}$$

formulasi' boyi'nsha esaplanadi'.

9. Joqari'dag'i' punktlar ha'r qi'yli' sharlar ushi'n qaytalanadi' ha'm o'lsheva na'tiyjeleri 1-kesteg'e jaziladi'.

10. Sharlardi'n' massasi' ha'm tezliginin' ma'nislerin (8)-formulag'a qoyi'p impuls mug'dari'ni'n' saqlani'w ni'zami'ni'n' ori'nlanatug'i'nli'g'i' tekseriledi.

11. Pressforma ja'rdeminde plastilinnen sharlar tayarladi'. Bul jag'dayda serpimli emes soqli'g'i'si'wlar baqlanadi'. Ali'ng'an o'lsheva na'tiyjeleri 1-kesteg'e tu'siriledi. Bul jag'dayda impulstin' saqlani'w ni'zami'ni'n' duri's na'tiyjelerdi beretug'i'nli'g'i'

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)u$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde tekserilip ko'riledi. Usi'ni'n' na'tiyjesinde (8)- ha'm (10)-formulalardi'n' duri's ekenligine isenim payda etiledi.

1-keste

No	$l,$ m	$\alpha,$ grad	$m_1,$ kg	$m_2,$ kg	$v_1,$ m/s	$v_2,$ m/s	$v_1',$ m/s	$v_2',$ m/s	$u,$ m/s	$m_1 v_1 + m_2 v_2$ $= m_1 v_1' + m_2 v_2'$
Serpimli soqli'g'i'si'wlar										
1										
2										
3										
4										
5										
Serpimli emes soqli'g'i'si'wlar										
1										
2										
3										
4										
5										

### Ekinshi usi'l

**Kerekli qurallar:** shtativ, diametri shama menen 25 mm bolg'an 3 dana dog'a ta'rizli nawa (lotok), diametri 25 mm bolg'an 3 dana shar, millimetrlerge bo'lingen si'zg'i'sh, aq ha'm kopyalaw qag'azi' (qara qag'az), ta'rezi, ta'rezi taslari'.

**Jumi'sti'n' mazmuni' ha'm oni' ori'nlaw ta'rtibi:** Impulstin' saqlani'w ni'zami' boyi'nsha qa'legen ta'sirlesiwde ta'sirlesiwge shekemgi impulslerdin' vektorli'q qosi'ndi'si' ta'sirlesiwden keyingi impulslerdin' vektorli'q qosi'ndi'si'na ten'. Bul ni'zamni'n' duri'sli'g'i'na 2-su'wrette keltirilgen du'zilistin' ja'rdeminde sharlardi'n' soqli'g'i'si'wi' boyi'nsha o'tkerilgen ta'jiriybelerde iseniwge boladi'. Sharg'a gorizont bag'i'ti'nda belgili bir impuls beriw ushi'n gorizont bag'i'ti'nda ushastkasi' bar qi'ya nawadan paydalanadi'. Nawa boyi'nsha tu'sken shar stoldi'n' betine uri'lg'ang'a shekem parabola boyi'nsha qozg'aladi'. Erkin tu'siwdin' bari'si'nda shardi'n' gorizont bag'i'ti'na tu'sirilgen tezligi menen impulsinin' proekciyasi' o'zgermeydi. Sebebi sharg'a gorizont bag'i'ti'nda ta'sir etetug'i'n ku'shler joq. Bir shardi'n' impulsin' ani'qlag'annan keyin ta'jiriybeni' eki shar menen ori'nlaydi'. Nawani'n' to'mengi ushi'na ekinshi shardi' jaylasti'ri'p, birinshi shardi' birinshi ta'jiriybedegidey etip nawani'n' joqari'si'nan ji'li'sti'ri'p jiberedi. Soqli'g'i'sqannan keyin eki shar da nawadan to'menge tu'sedi. Impulstin' saqlani'w ni'zami' boyi'nsha soqli'g'i'sqang'a shekem birinshi shardi'n' impulsi  $p_{01}$  menen ekinshi shardi'n' impulsi  $p_{02}$  nin' qosi'ndi'si' soqli'g'i'sqannan keyingi sharlardi'n' impulslerinin' qosi'ndi'si'na ten' boladi':

$$\mathbf{p}_{01} + \mathbf{p}_{02} = \mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2. \quad (1)$$

Eger soqli'g'i'si'wdi' tuwri' orayli'q soqqi' berilgen bolsa, onda sharlardi'n' ekewi de soqli'g'i'sqannan keyin bir tuwri'ni'n' boyi' menen uri'li'wshi' shar da'slep qaysi' bag'i'tta qozg'alg'an bolsa, soqli'g'i'si'wdan keyin eki shar da sol bag'i'tta qozg'aladi'. Bunday jag'dayda impulstin' saqlani'w ni'zami'ni'n' vektorli'q jazi'li'wi'nan algebrali'q (skalyar) formag'a o'tiwge boladi':

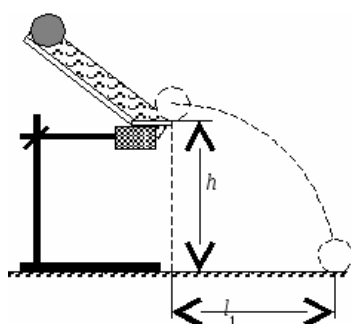
$$p_{01} + p_{02} = p_1 + p_2 \text{ yamasa } m_1 v_{01} + m_2 v_{02} = m_1 v_1 + m_2 v_2. \quad (2)$$

Soqli'g'i'si'wg'a shekem ekinshi shardi'n' tezligi  $v_{02}$  nolge ten' bolg'anli'qtan (2)-an'latpa a'piwayi'lasadi':

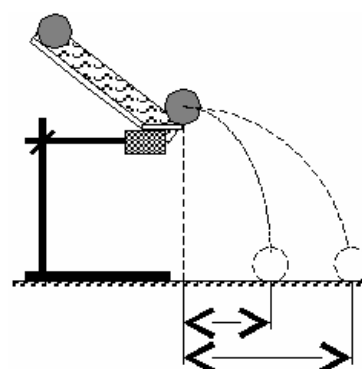
$$m_1 v_{01} = m_1 v_1 + m_2 v_2. \quad (3)$$

(3)-ten'liktin' duri'sli'g'i'n tekserip ko'riw ushi'n sharlardi'n' massasi'n,  $v_{01}$ ,  $v_1$  ha'm  $v_2$  tezliklerin o'lshew kerek. Shar parabola ta'rizli traektoriya boyi'nsha qozg'alg'anda oni'n' tezliginin' gorizont bag'i'ti'na tu'sirilgen proekciyasi'ni'n' ma'nisi o'zgermeydi. Sonli'qtan oni'n' ma'nisin shardi'n' gorizont bag'i'ti'nda ushi'w qashi'qli'g'i'ni'n' ha'm erkin tu'siw waqi'ti'  $t$  shamalari' boyi'nsha ani'qlawg'a boladi':

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad v = \frac{l}{t} = l \sqrt{\frac{g}{2h}}. \quad (4)$$



2-cu'wret.



3-su'wret.

### Jumi'sti' ori'nlaw ta'rtibi

1. Sharlardi'n' massalari'n ( $m_1$  ha'm  $m_2$  shamalari'n) ta'rezinin' ja'rdeminde o'lshen'iz.

2. Nawani' shtativtin' qi'sqi'shi'na bekitemiz. Nawani'n' to'mengi gorizont bag'i'ti'ndag'i' bo'limi stoldi'n' betinen 20 sm biyiklikte joylasqan boli'wi' kerek (2-su'wret). Stoldi'n' u'stine shtativtin' bag'anasi'ni'n' aldi'na aq qag'az qoyi'ladi', al aq qag'azdi'n' u'stine kopyialaw qag'azi'n qoyadi'.

3. U'lken massag'a iye shardi' ali'p, oni' nawani'n' qi'ya bo'liminin' en' joqarg'i' bo'limine ali'p bari'p nawa boylap to'menge qaray jiberiw kerek. Aq qag'azdi'n' betinde payda bolg'an iz boyi'nsha shardi'n' gorizont bag'i'ti'ndag'i' ushi'wi'ni'n' uzaqli'g'i'n' ani'qlaydi'. Ta'jiriybe keminde 3 ret qaytalanadi' ha'm ushi'w uzaqli'g'i'ni'n' ortasha ma'nisi  $l$  ani'qlanadi'.

Ko'rsetpe: Nawa boyi'nsha qozg'alg'anda shardi'n' aylanbawi' ushi'n' oni'n' asti'na metall shayba qoyi'w kerek boladi'

4. Nawani'n' to'mengi shetinin' stol u'stinen biyikligin bilip shardi'n' qulap tu'siw waqi'ti'  $t$  ni' ani'qlap, bunnan keyin  $v_{01}$  ha'm  $p_{01}$  proekciyalari'n, gorizont bag'i'ti'ndag'i' shardi'n' tezligi menen impulsin esaplaw kerek.

Ali'ng'an na'tiyjeler 2-kestege tu'siriledi.

2-keste

N <sup>o</sup>	$l$ , sm	$t$ , s	$v_{01}$ , sm/s	$p_{01}$ , g·sm/s
1				
2				
3				
Ort.				

5. Nawani'n' gorizont bag'i'ti'ndag'i' shetine ekinshi shardi' ornalasti'ri'p, birinshi shardi' nawani'n' qi'ya bo'liminin' joqarg'i' shetinen tu'sirip jiberiw kerek (birinshi ta'jiriybedegidey si'yaqli'). Qag'azdag'i' izler boyi'nsha sharlar soqli'g'i'sqannan keyingi gorizont bag'i'ti'ndag'i' ushi'w uzaqli'qlari' tabi'ladi'. Ta'jiriybe 3 ret qaytalanadi' ha'm birinshi shardi'n' ushi'w uzi'qli'g'i'  $l_1^1$  menen ekinshi shardi'n' ushi'w uzaqli'g'i'  $l_2^1$  ani'qlanadi' (3-su'wrette ko'rsetilgen).

6. Soqli'g'i'si'wlardi'n' keyingi ushi'wlardi'n' uzaqli'qlari'ni'n' ma'nisleri boyi'nsha sharlardi'n' soqli'g'i'sqannan keyingi tezlikleri  $v_1$  menen  $v_2$  ha'm olardi'n' impulslari  $p_1$  menen  $p_2$  ler ani'qlanadi'. Birinshi shardi'n' da'slepki impulsi  $p_{01}$  menen  $p_1 + p_2$  qosi'ndi'si'n sali'sti'ri'p, juwmaqlar shi'g'ari'w kerek.

Ali'ng'an na'tijeler 3-kestege tu'siriledi.

3-keste

N <sup>o</sup>	$l_1^1, \text{sm}$	$l_2^1, \text{sm}$	$v_1, \text{sm/s}$	$v_2, \text{sm/s}$	$p_1, \text{g}\cdot\text{sm/s}$	$p_2, \text{g}\cdot\text{sm/s}$	$p_1 + p_2, \text{g}\cdot\text{sm/s}$

### Qadag'alaw ushi'n beriletug'i'n sorawlar

1. Denenin' impulsi dep qanday fizikali'q shamaq'a aytami'z?
2. Qanday sharayatlarda impulstin' saqlani'w ni'zami' ori'nlanadi'?
- Z. Impulstin' saqlani'w ni'zami' ken'islik-waqi'tti'n' qanday simmetriyasi' menen baylani'sli'?
4. Qanday soqli'g'i'si'wlardi' bilesiz ha'm olardi'n' impulstin' saqlani'w ni'zami'na qanday qatnasi' bar?

### 9-sanli' laboratoriyali'q jumi's Denelerdin' erkin tu'siw ni'zamlari'n Atvud mashinasi'ni'n' ja'rdemine u'yreniw

**Eksperimentin' ideyasi':** Ten' o'lsheqli qozg'ali's ni'zamlari'n u'yreniw deneler sistemasini'n' qozg'ali'sini'n' kinematikali'q xarakteristikalarini'n tallaw tiykari'nda a'melge asi'ri'ladi'. Bunday tallaw ushi'n ha'r qi'yli', biraq erkin tu'siw tezleniwine sali'sti'rg'anda u'lken emes tezleniwdi ali'wg'a mu'mkinshilik beretug'i'n Atvud mashinasi' paydalani'ladi'.

**Kerekli a'sbap ha'm materiallar:** 1) Atvud mashinasi', 2) sekundomer, 3) gilit.

**Atvud mashinasi'** turaqli' tezleniwge iye ilgerilemeli qozg'ali'sti' u'yreniw ushi'n arnalg'an laboratoriyali'q du'zilis boli'p tabi'ladi' (1-su'wret, 2-su'wrette a'piwayi'lasti'ri'lg'an sxemasi' berilgen). Bul mashinani' 1784-ji'li' Angliyalii' fizik ha'm matematik Djordj Atvud (ingliz tilinde George Atwood, 1745-1807) oylap tapti'.

Ideal tu'rdegi Atvud mashinasi' to'mendegidey konstrukciyag'a iye: bazi' bir biyiklikte bekitilgen blok arqali' ushlari'na massalari'  $m_1$  ha'm  $m_2$  bolg'an deneler ildirilgen jip (sabaq) o'tkerilgen. Denelerdin' massalari' ten' bolg'anda ( $m_1 = m_2$ ) ju'klerin' (denelerdin') massalari'nan g'a'rezsiz sistema ten'



salmaqli'q halda turadi'. Ju'kler bir birine ten' bolmag'an jag'daylarda ( $m_1 \neq m_2$ ) deneler sistemasi' qozg'ali'sqa keledi.

1-su'wrette Atvud mashinasi'ni'n' diywalg'a vertikal bag'i'tta bekkem etip bekitilgen A metall sterjennen turatug'i'nli'g'i' ko'rinip tur. Bul sterjenge santimetrlerge bo'lingen shkala jabi'sti'ri'lg'an. Sterjennin' joqarg'i' bo'limine alyuminiyden sog'i'lg'an jen'il aylanatug'i'n V blok bekitilgen. Blok arqali' ushlari'na birdey m massag'a iye eki C ha'm C' ju'klari baylang'an jip (sabaq) o'tkerilgen. C' ju'ginin' ishinde temir plastinka bar ha'm soni'n' ushi'n oni' M elektromagnit uslap tura aladi'. C ha'm C' ju'klerin'in' u'stine qosi'msha D ha'm E ju'klerdi qoyi'w arqali' olardi'n' massalari'n o'zgertiw mu'mkin. Eger C ju'ginin' u'stine massasi'  $m_1$  bolg'an qosi'msha ju'kti jaylasti'rsaq sistema tuwri' si'zi'qli' ten' o'lsheqli' tezleniwshi qozg'ali'sqa keledi.

**Tezleniwdi esaplaw ushi'n formulani'** keltirip shi'g'arami'z. Bunday jag'dayda Nyutonni'n' ekinshi ni'zami'n uli'wma tu'rde bi'layi'nsha jazami'z:

$$\sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i = m\mathbf{a}.$$

Biz qarap ati'rg'an ma'sele ushi'n shep ha'm on' ta'reptegi deneler ushi'n qozg'ali's ten'lemesi  $y$  ko'sherine tu'sirilgen proekciyalari' ushi'n eki ten'leme tu'rinde jazi'ladi':

$$\begin{cases} -m_1 a_1 = -m_1 g + T_1, \\ m_2 a_2 = -m_2 g + T_2. \end{cases}$$

Biz jipti ideal jip dep esaplaymi'z (ideal jip dep salmag'i' joq ha'm sozi'lmaytug'i'n jipke aytami'z). Bul jag'dayda  $T_1 = T_2 = T$  ha'm  $a_1 = a_2 = a$  sha'rtleri ori'nlanadi'. Sonli'qtan

$$a = g \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$$

formulasi'na iye bolami'z.

Endi **erkin tu'siw tezleniwi ushi'n formulani'** keltirip shi'g'arami'z.

Ju'klerin' belgili bir qashi'qli'qti' o'tiw waqi'ti'n o'lsheqli' arqali' olardi'n' tezleniwin esaplaw mu'mkin. Joqari'dag'i'  $a = g \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$  formulasi'nan

$$g = a \frac{m_1 + m_2}{m_1 - m_2}$$

formulasi'na iye bolami'z.

**Jipti keriw ku'shinin' shamasin' tabi'w ushi'n arnalg'an formula.** Joqari'da keltirilgen ten'lemelerin' qa'legen birine tezleniw ushi'n ali'ng'an an'latpani' qoyami'z. Mi'sali' sistemadag'i' birinshi ten'lemege tezleniwidin' ma'nisin qoysaq

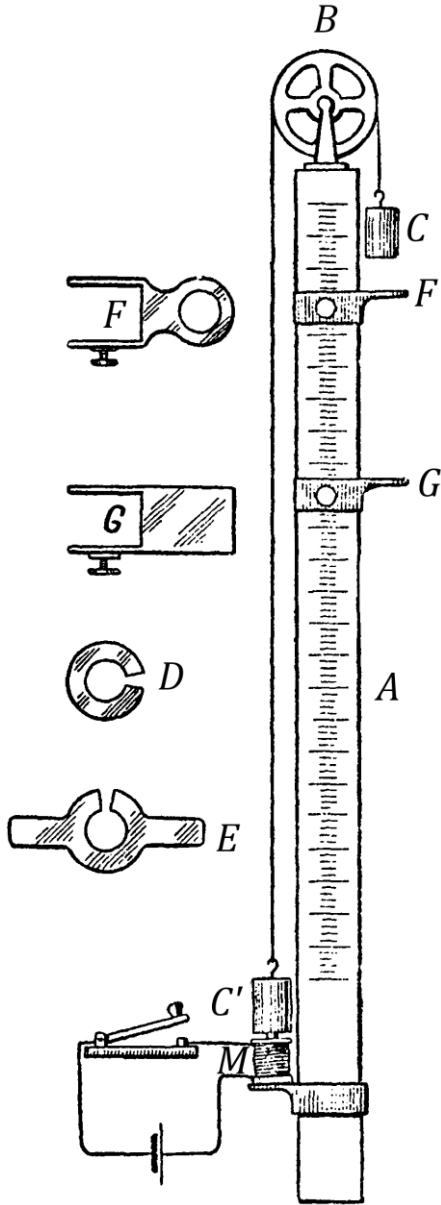
$$T = \frac{2gm_1m_2}{m_1 + m_2}$$

an'latpasi'n alami'z.

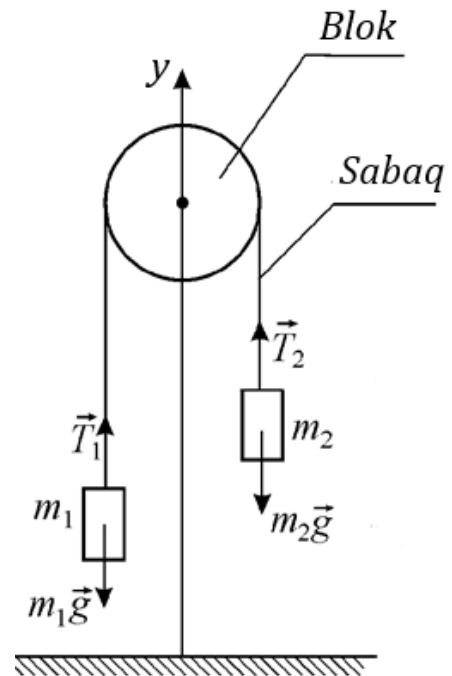
Biz joqari'da keltirgen formulalarda bir qatar a'hmiyetli faktorlar esapqa ali'n'badi'. Bunday faktorlar si'pati'nda blokti'n' salmag'i'n, inerciya momentin, basqa da jag'daylardi' ko'rsetiwge boladi'. Soni'n' menen birge jiptin' uzi'nli'g'i' o'zgermeydi dep esaplandi'. Sonli'qtan joqari'da jazi'lg'an formulalar blokti'n'

aylani'wi'n esapqa alatug'i'n momentler ten'lemesi menen toli'qti'ri'li'wi' kerek. Bunday jag'dayda bur'ing'i'day jiptin' uzi'nli'g'i' o'zgermeydi dep esaplasaq, onda to'mendegidey ten'lemeler sistemas'i'n ali'w mu'mkin:

$$\begin{aligned}(m + m_1)a_1 &= (m + m_1)g - T_2, \\ -ma + mg - T_1, \\ J\varepsilon &= \alpha m_0 r^2 \varepsilon = (T_2 - T_1)r.\end{aligned}$$



1-su'wret.



2-su'wret.

Bul an'latpalardag'i'  $J$  arqali' ma'nisi  $\alpha m_0 r^2$  shamasina ten' blokti'n' inerciya momenti,  $m_0$  arqali' blokti'n' massasi',  $r$  arqali' blokti'n' radiusi',  $\varepsilon$  arqali' mu'yeshlik tezleniw,  $\alpha$  arqali' blokti'n' massasi'ni'n' bo'listiriliwine baylani'sli' bolg'an koeficient belgilengen. Eger blok boy'nsha jip si'rg'anamaytug'i'n bolsa, onda mu'yeshlik tezleniw menen si'zi'qli' tezleniw arasi'ndag'i' baylani'si'  $a_1 = \varepsilon r$  tu'rinde jazami'z.

Joqari'da keltirilgen ten'lemeler sistemas'i'n sheshsek

$$a_1 = \frac{m_1}{2m + m_1 + m_0}$$

shamasi'n ha'm jipti keriwshi  $T_1$  ha'm  $T_2$  ku'shlerinin' ma'nislerin tabami'z.

Su'ykelis ku'shi tezleniwidin' ma'nisin ja'ne de kemeytedi.

Joqari'da keltirilgen formulalardan sistemani'n' tezleniwinin' erkin tu'siw tezleniwinen kem bolatug'i'nli'g'i' ko'rinip tur.  $m_1$  qosi'msha ju'ktin' salmag'i'n u'lkeytip tezleniwidin' ma'nisin de u'lkeytiw mu'mkin. Eger qozg'ali'sti'n' bari'si'nda  $m_1$  qosi'msha ju'kti sistemadan alsaq, onda sistema bunnan keyin turaqli' tezlik penen qozg'aladi'. Tezliktin' ma'nisi ju'kti alg'an waqit momentindegi tezlikke ten' boladi'.  $A$  sterjende (1-su'wret)  $G$  arqali' belgilengen tutas platforma ha'm  $F$  arqali' belgilengen saqi'yna ta'rizli platforma ( $E$  ju'kti ilip qali'w ushi'n arnalg'an) bar ha'm olardi' qi'si'p qoyatug'i'n vintlerdin' ja'rdeminde sterjennin' boyi'ndag'i' ha'r qanday ori'nlarg'a bekkemlep qati'ri'p qoyi'w mu'mkin.

Waqit arali'qlari' sekundomerdin' ja'rdeminde o'lshenedi. Atvud mashinasi'nda tuwri' si'zi'qli' ten' o'lshewli tezleniwshi qozg'ali's ni'zamlari'n ha'm Nyutonni'n' ekinshi ni'zami'ni'n' ori'nlani'wlari'n tekserip ko'riw mu'mkin. Bul jumi'sti'n' maqseti de usi'nnan ibarat. Biraq su'ykeliw ku'shlerinin' boli'wi' ni'zamlardi' tek juwi'q tu'rde tekseriwge mu'mkinshilik beredi.

## O'lshewler

1.  $S = \frac{1}{2} at^2$  ni'zami'n tekseriw (bul ni'zamdi' jol ni'zami' dep te ataydi').

$S$  ju'ktin' u'stine qosi'msha  $D$  ju'klari qoyi'li'p (bir ju'k, eki ju'k ha'm tag'i' da basqa),  $M$  elektromagnitinin' shi'nji'ri' tuyi'qlanadi' ha'm  $C$  ju'gi to'mende elektromagnit ta'repinen uslap turi'latug'i'nday etip sistemani' baslang'i'sh halg'a ali'p kelemiz. Son' tutas  $G$  platformasi'n  $S$  ju'ginin' to'mengi ultani'nan bazi' bir  $S$  qashi'qli'qta ornalasti'radi'. Bunnan son' elektromagnit shi'nji'ri'n u'zedi ha'm usi'ni'n' menen bir waqit'ta sekundomer qosi'ladi'.  $S$  ju'gi  $G$  platformag'a kelip uri'lg'an waqit momentinde sekundomer toqtati'ladi'. Sekundomerdin' ko'rsetiwi qozg'ali's waqiti'  $t$  ni' beredi.

Sterjendegi platformani'n' orni'n o'zgeritiw joli' menen ha'r qi'yli'  $S$  qashi'qli'qlari'n o'tiw ushi'n sarplang'an  $t$  waqitlari' tabi'ladi'. Ta'jiriybeler o'tkergende ha'r bir  $S$  arali'g'i' ushi'n waqit'ti'n' ma'nisin keminde 3 ret o'lshew ha'm aqi'rg'i' na'tiyje retinde sol o'lshewlerde ali'ng'an shamalardi'n' ortasha arifmetikali'q ma'nisin qabi'l etiw kerek boladi'.

Qosi'msha bir ju'kte sistemani'n' tezleniwi birdey boladi'. Soni'n' ushi'n to'mendegi qatnas ori'nli' boli'wi' kerek (juwi'q tu'rde):

$$a = \frac{2S_1}{t_1^2} = \frac{2S_2}{t_2^2} = \dots = \frac{2S_n}{t_n^2}.$$

Erkin tu'siw tezleniwi  $g = a \frac{m_1 + m_2}{m_1 - m_2}$  formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplanadi'.

Ali'ng'an na'tiyjeler 1-kestege tu'siriledi.

Ju'ktin' massasi' \_\_\_\_ kg.

№	m, kg	S, m	$t_1, c$	$t_2, c$	$t_3, c$	$t_4, c$	$t_5, c$	$t_{ort}, s$	$a, m/s^2$	$a_{ort}, m/s^2$	$g, m/s^2$	$g_{ort}, m/s^2$
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

2.  $v=at$  tezlik ni'zami'n tekseriw. Bul qatnaslardi' tekseriw ushi'n  $S$  ju'ginin' u'stine qosi'msha  $E$  ju'k qoyi'ladi' ha'm sistema toli'g'i' menen ti'ni'shli'q hali'nda elektromagnittin' ja'rdeminde uslap turi'ladi'. Asi'li'p turg'an ju'kten bir qansha to'mende saqi'yna ta'rizli platformani', al onnan da to'menirekte tutas platformani' ornalasti'radi'. Elektromagnittin' shi'nji'ri'n aji'rati'w menen bir waqi'tta sekundomer iske qosi'ladi'. Qozg'ali's baslang'annan keyin qosi'msha ju'kti saqi'ynali' platforma ilip qalg'ang'a shekemgi o'tken  $t_1$  waqi't o'lshenedi. Bunnan keyin saqi'ynali' platforma qosi'msha ju'kti ilip qalg'annan keyin ju'ktin' tutas platformag'a bari'p uri'lg'ang'a shekemgi o'tken  $t_1'$  waqi't o'lshenedi. Platformalar arasi'ndag'i' qashi'qli'qti' ha'm  $S$  ju'ginin' biyikligin bilgen halda ju'ktin' tuwri' si'zi'qli' ten' o'lshewli qozg'ali'si'ni'n' tezligi  $v_1$  ani'qlani'ladi'.  $t_1$  waqi't arali'g'i'n keminde u'sh ret o'lshep, ali'ng'an na'tiyjelerdin' ortasha arifmetikali'q ma'nisin ali'w kerak.

Asi'lg'an ju'k penen saqi'yna ta'rizli platforma arasi'ndag'i' qashi'qli'qti'n' o'siwi menen ten' o'lshewli qozg'ali'sti'n' tezligi de artadi'. Ju'ktin' u'stine qoyi'lg'an qosi'msha ju'kler birdey bolg'anda sistemani'n' tezleniwi birdey ma'niske iye boladi'. Sonli'qtan bul jag'dayda

$$a = \frac{v_1}{t_1} = \frac{v_2}{t_2} = \dots = \frac{v_n}{t_n}$$

ten'liklerin jazi'w mu'mkinshiligine iye bolami'z.

3. Nyutonni'n' ekinshi ni'zami' bolg'an  $F = ma$  qatnasi'n tekseriw. Eger qosi'msha qoyi'lg'an ju'klerdi bir ta'repten ekinshi ta'repke ali'p qoysaq pu'tkil sistemani'n' massasi' o'zgermeydi. Biraq sistemag'a ta'sir etetug'i'n si'rtqi' ku'shlerdin' qosi'ndi'si' o'zgeriske ushi'raydi' ha'm sonli'qtan sistemani'n' qozg'ali'si'ni'n' tezleniwi de o'zgeredi. Ha'r qi'yli' bolg'an eki jag'day ushi'n to'mendegidey an'latpalarg'a iye bolami'z:

$$F_1 = Ma_1, \quad F_2 = Ma_2,$$

$$S_1 = \frac{1}{2}a_1t_1^2, \quad S_2 = \frac{1}{2}a_2t_2^2,$$

Bul an'latpalardi' bo'liw arqali'

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{a_1}{a_2}, \quad \frac{S_1}{S_2} = \frac{a_1t_2^2}{a_2t_1^2}$$

an'latpalari'na iye bolami'z. Eger ekinshi an'latpadan  $\frac{a_1}{a_2}$  qatnasi'ni'n' ma'nisin ani'qlaytug'i'n bolsaq, onda

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1t_2^2}{S_2t_1^2}$$

qatnasi'na iye bolami'z. Bul shi'ni'g'i'wda usi' an'latpani' 1-shi'ni'g'i'wda ori'nlang'an o'lshevlardin' ja'rdeminde tekserip ko'riw kerek boladi'.

Ta'jiriybeni o'tkeriw boyi'nsha mi'sallar keltiremiz. Da'slep  $C$  ju'ginin' u'stine massasi' 1 g bolg'an, al  $C$  ju'ginin' u'stine massasi' 3 g bolg'an ju'k salami'z. Bul  $F_1 = 2$  G shamasi'na ten' ku'shti beredi. Ju'klardin' bunday jaylasi'wlari'nda  $S_1$  ha'm  $t_1$  shamalari'ni'n' bir neshe ma'nisleri ani'qlanadi' (tutas platformani'n' bir neshe ori'nleri' ushi'n). Bunnan keyin barli'q 4 g  $C$  ju'ginin' u'stine qoyi'ladi', al bul jag'dayda  $F_2 = 4$  G ali'nadi' (bunday jag'dayda barli'q sistemani'n' massasi' o'zgerissiz qaladi') ha'm ja'ne de  $S_1$  ha'm  $t_1$  shamalari'ni'n' bir neshe ma'nisleri ani'qlanadi'.  $\frac{S_1t_2^2}{S_2t_1^2}$  tipidegi barli'q an'latpalar bir birine shama menen ten' boli'wi' ha'm biz joqari'da qarap o'tken dara jag'dayda  $\frac{1}{2}$  shamasi'na ten' boli'wi' kerek. Bul Nyutonni'n' ekinshi ni'zami'ni'n' tekseriliwi boli'p tabi'ladi'.

O'lshevlar na'tiyjeleri 2-kestege jazi'ladi'.

2-keste.

No p/p	$\Sigma M,$ kg	S, m	$t_1,$ s	$t_2,$ s	$t_3,$ s	$t_{ort},$ s	$a = \frac{2S}{t_{ort}^2},$ m/s <sup>2</sup>	$a_1/a_2,$	$F_1/F_2,$
1									
2									

### Studentlardin' bilimin qadag'alaw ushi'n arnalg'an sorawlar

1. Tezliktin', ortasha tezliktin' ha'm bir zamatli'q tezliktin' ani'qlamalari'n berin'iz.
2. Qanday qozg'ali'sti' ten' o'lshevli tezleniwshi qozg'ali's dep ataydi'?
3. Tezleniw degenimiz ne (ani'qlamasi', tiykarg'i' formulasi')?
4. Erkin tu'siw degenimiz ne?
5. Ten' o'lshevli qozg'ali'sta o'tilgen joldi'n' shamasi' (formulasi'n keltirin'iz).

6. Ten' o'lsheqli tezleniwshi qozg'ali'sti' o'tilgen joldi'n' shamasii' (formulasi'n keltirin'iz).

7. Ku'sh degenimiz ne (ani'qlamasi', formulasi')? Ku'sh penen Nyutonnii'n' eiknshi ni'zami' arasi'nda qanday baylani's bar?

8. Massa inertlik o'lsheqli bolii'p tabii'ladi'. Usii' ani'qlamani'n' ma'nisin tu'sindirini'iz.

9. Ju'klerin' ten' o'lsheqli tezleniwshi ha'm ten' o'lsheqli qozg'ali'slari'ndag'ii' jipke ta'sir etiwshi keriw ku'shin esaplan'iz.

10. Jer betindegi tartii'li's ushi'n tezleniwdin' formulasi'n keltirip shii'g'ari'n'iz.

11. Su'ykelis ku'shin esapqa alg'an halda tezleniw ushi'n formulani' keltirip shii'g'ari'n'iz.

12. Atvud mashinasi'nda ju'klerin' ten' o'lsheqli qozg'ali'sii' qalayi'nsha ju'zege keltiriledi?

13. Atvud mashinasi'nda dene ta'repinen o'tilgen kishi qashi'qli'qlardag'ii' erkin tu'siw tezleniwi g o'lsheqleni. Nelikten?

## **10-sanli' laboratoriyali'q jumi's Serpimlilik modulin sterjendi sozii'w ha'm iyiw arqali' ani'qlaw**

Bul jumi'sta u'yreniletug'ii'n deformaciyalardi'n' ha'r qaysii'sii'n o'z aldi'na qarap o'temiz.

**1. Sozii'li'w.** Uzi'nli'g'ii'  $L$  ha'm kese-kesiminin' maydani'  $S$  bolg'an si'm yamasa sterjen  $P$  ju'gi tu'skende  $\Delta L$  shamasii'na sozii'ladi' (yamasa qi'sqaradi'). Guk ni'zami'na sa'ykes

$$\Delta L = \alpha \frac{PL}{S} \quad (1)$$

an'latpasi'n jaza alami'z. Bul an'latpada  $\alpha$  arqali' sozii'li'wdag'ii' (qi'sii'li'wdag'ii') serpimlilik koefficienti yamasa uzayii'w (qi'sqari'w) koefficienti belgilengen. Sozii'li'wdag'ii' serpimlilik moduli yamasa YUng moduli:

$$E = \frac{1}{\alpha} = \frac{PL}{S\Delta L} \quad (2)$$

formulasi' boyi'nsha esaplanadi'.

Fizikali'q ma'nisi boyi'nsha YUng moduli qatti' denenin' uzi'nli'g'ii'n eki ese arttii'ri'w ushi'n kerek bolatug'ii'n kernewge ten'. Haqii'yqati'nda da biz salii'stii'rmali' uzayii'w deformaciyasi' ushi'n

$$\frac{\Delta l}{l} = k\sigma$$

tu'rindegi an'latpanii' jaza alami'z. Bul an'latpada  $\frac{\Delta l}{l}$  arqali' salii'stii'rmali' deformaciya,  $k$  arqali' proporcionalli'q koefficient, al  $\sigma$  arqali' kernew belgilengen. Ani'qlama boyi'nsha  $k = \frac{1}{E}$ , al  $E$  YUng moduli bolii'p tabii'ladi'. Biz

$\frac{\Delta l}{l} = 1$  ten'ligi ori'nlang'ada (yag'ni'y aqi'rg'i' uzi'nli'q da'slepki uzi'nli'qtan 2 ese arti'q bolatug'i'n jag'dayda)  $\sigma = E$  ten'ligin alami'z.

Bizge belgili bolg'an qatti' denelerdin' derlik hesh qaysi'si'ni'n' uzi'nli'g'i'n serpimlilik oblasti'nda 2 ese artti'ri'w mu'mkin emes. Sonli'qtan qatti' deneler ushi'n YUng modulinin' ma'nisin ani'qlawdi'n' basqa ko'p sanli' usi'llari' bar. Bul laboratoriyali'q jumi'sta sol usi'llardi'n' biri menen tani'sami'z.

Serpimlilik moduli  $E$  kG/mm<sup>2</sup> birliklerinde an'latiladi'.

**2. Iyiliw.** Sterjennin' bir ushi'n qatti' diywalg'a qozg'almaytug'i'n etip bekitemiz. Oni'n' ekinshi erkin ushi'ni'n' u'stine shamasi'  $P$  g'a ten' ju'k qoyami'z. Bunday jag'dayda sterjen iyiledi. Na'tiyjede sterjennin' u'stingi qatlamlari' sozi'ladi', al asti'ng'i' qatlamlari' qi'si'ladi'. **Neytral qatlam** dep atalatug'i'n sterjennin' ortasi'ndag'i' qandayda bir qatlamni'n' uzi'nli'g'i' o'zgermey qaladi'. Bul qatlam tek az g'ana iyiledi.

Sterjennin' erkin ushi'ni'n' ju'ktin' ta'sirindegi ji'lji'wi'n  $\lambda$  arqali' belgileymiz ha'm oni' iyiliw strelasi' dep ataymi'z. Ju'k qansha u'lken bolsa iyiliw strelasi' da sonshama u'lken boladi'. Soni'n' menen birge iyiliw strelasi'ni'n' shamasi' sterjennin' formasi' menen o'lshemlerine ha'm oni'n' serpimlilik moduline baylani'sli'. Uzi'nli'g'i'  $L$ , eni  $a$  ha'm biyikligi  $b$  bolg'an sterjennin' iyiliw strelkasi'

$$\lambda = \frac{4PL^3}{Eab^3} \quad (3)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplanadi'. Bul formulada  $E$  arqali' sterjen materialin' ushi'n YUng moduli,  $P$  arqali' sterjennin' bekkemlenbegen ushi'na qoyil'g'an ju'ktin' salmag'i' belgilengen.

Eger sterjennin' eki ushi' qozg'almaytug'i'n tayani'shlar u'stine, al  $P$  ju'gi sterjennin' ortasi'na qoyil'g'an bolg'an jag'dayda da iyiliw strelkasi'ni'n' shamasi' (3)-formulasi'ni'n' ja'rdeminde tabiladi' (2-su'wretke qaran'i'z). Biraq bul jag'dayda  $P$  shamasi'ni'n' orni'na  $\frac{P}{2}$  shamasi'n,  $L$  shamasi'ni'n' orni'na bolsa  $\frac{L}{2}$  shamasi'n qoyi'w kerek boladi'. Haqi'yqati'nda da, bul jag'dayda tayani'shlardi'n' ha'r biri sterjenge  $\frac{P}{2}$  ge ten' ku'sh penen keru bag'i'tta ta'sir etse de sterjennin' orta bo'limi gorizonta bag'i'ti'nda qala beredi. Demek eki ushi'ni'n' u'stinde jati'rg'an sterjennin' iyiliwi ortasi' qozg'almaytug'i'nday etip bekkemlengen ha'm usi' ortadan  $\frac{L}{2}$  qashi'qli'qta jaylasqan ha'r eki ushi'na joqari'g'a bag'darlang'an  $\frac{P}{2}$  shamasi'ndag'i' ku'sh ta'sir etip ati'rg'an sterjennin' iyiliwindey boladi' eken. Bul jag'dayda iyiliw strelkasi'ni'n' shamasi'

$$\lambda = \frac{4PL^3}{4Eab^3}$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Bunnan

$$E = \frac{PL^3}{4ab^3\lambda} \quad (4)$$

an'latpasi'n alami'z.

## 1-shi'ni'g'i'w Serpimlilik modulin sozi'li'wdan tabi'w

**Kerekli a'sbap ha'm materiallar:** 1) a'sbap, 2) si'zg'i'sh, 3) ko'riw trubasi', 4) mikrometr.

**A'sbapti'n' xarakteristikasi'.** Bul a'sbap birinin' u'stinde biri jaylasqan eki A ha'm B kronshteynlerinen ibarat boli'p, bul kronshteynler izertlenilip ati'rg'an materialdan sog'i'lg'an si'mdi' qi'si'p turadi' (1-su'wret). *PP* ju'k ta'sirinde si'm uzayadi' ha'm *d* cilindrge terilip turg'an *r* sterjen O ko'sheri a'tirapi'nda buri'ladi', bul sterjenge M ayna biriktirilgen.

Si'm  $\Delta l$  shamasina uzayg'anda ayna  $\alpha$  mu'yeshke buri'ladi' ha'm

$$tg\alpha = \frac{\Delta l}{b}$$

ten'ligi ori'nli' boladi'. Bul an'latpada *b* arqali' *r* sterjeninin' uzi'nli'g'i' belgilengen. Aynani'n' bag'i'ti'ni'n' o'zgeriwi *S* shkalasi'ni'n' ja'rdeminde esapqa ali'nadi'. Bul shkalani'n' su'wretin *R* optikali'q trubasi'ni'n' ja'rdeminde ko'redi. Al usi' optikali'q trubani'n' okulyari'nda bir birine atanaq tu'rde tarti'lg'an sabaq yamasa tek gorizont bag'i'ti'ndag'i' sabaq bar boladi'. Eger  $\Delta n$  arqali' aynani'  $\alpha$  mu'yeshke burg'andag'i' shkala bo'limlerinin' ayi'rmasi' belgilengen, al *D* arqali' shkala menen ayna arasi'ndag'i' qashi'qli'q belgilengen bolsa, onda

$$tg\alpha = \frac{\Delta n}{2D}$$

formulasi'n jazi'w mu'mkin.  $\Delta l$  qashi'qli'g'i'ni'n' shamasini' ju'da' kishi bolg'anli'qtan  $\alpha$  mu'yeshinin' ma'nisi de ju'da' kishi boladi'. Usi'g'an baylani'sli'  $tg2\alpha = 2tg\alpha$  ten'ligin jaza alami'z. Bul formulalardi' sali'sti'rsaq

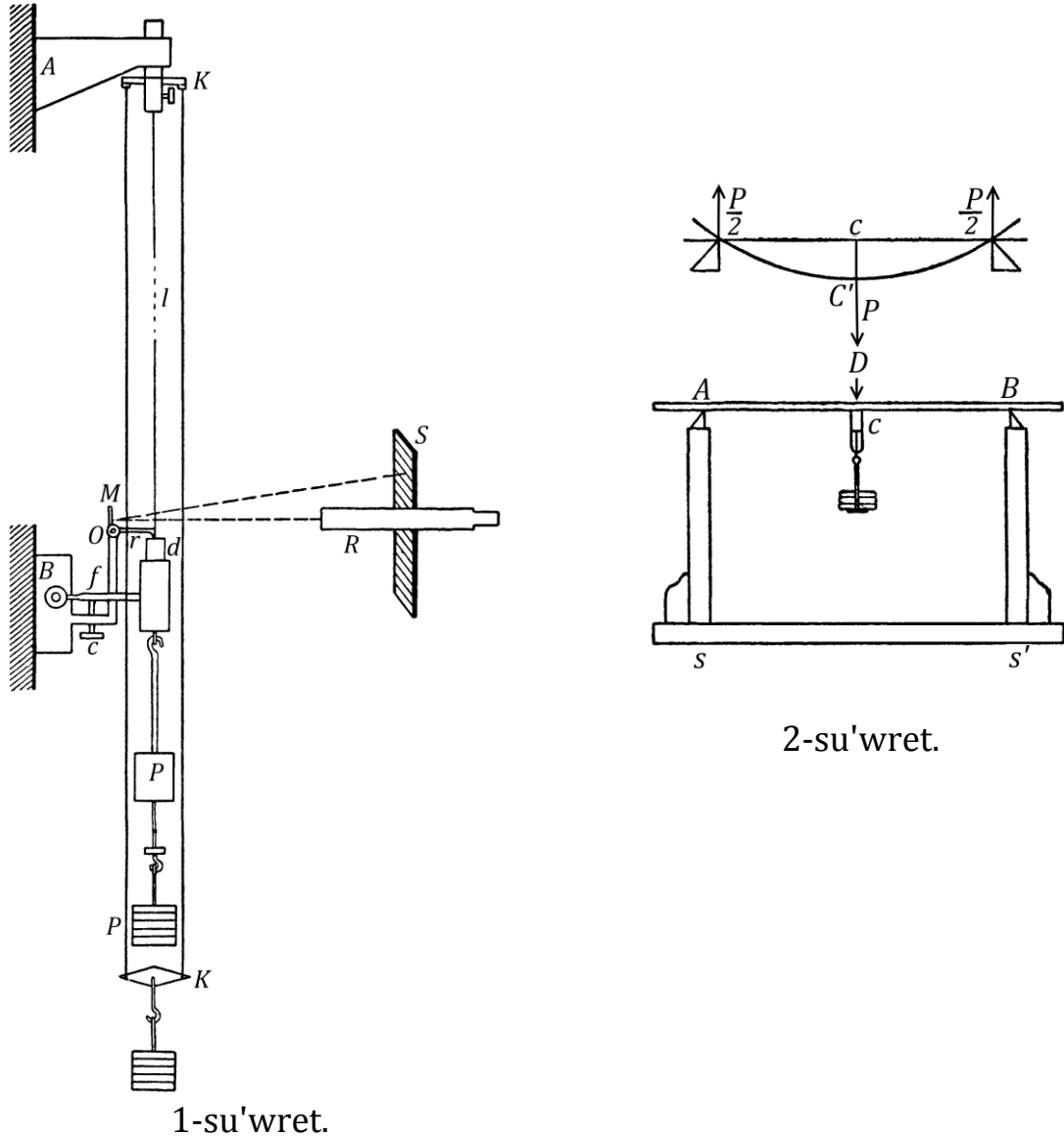
$$\Delta l = \frac{\Delta n}{2D} b \quad (5)$$

an'latpasi'n alami'z.

To'mengi *B* kronshteynde *f* arqali' belgilengen arretir bar. Bul arretirdi paydalani'p *s* vinti burap si'mdi' ju'kten bosati'p ali'w mu'mkin. Si'mdi' sozi'w ushi'n kerek bolatug'i'n ju'kleri joqarg'i' kronshteynge bekitilgen arnawli' ildirgishten ali'nadi'. Si'mnan ali'ng'an ju'kleri de qaytadan sol ildirgishke ildirip qoyi'w kerek. Usi'nday jollar menen joqarg'i' kronshteynge ta'sir etetug'i'n ju'ktin' shamasini' o'zgermey qaladi' ha'm sonli'qtan joqarg'i' kronshteyn barli'q waqi'tta da birdey shamag'a iyilip turadi'. Si'mg'a ju'kti ildirgende de, ju'kti si'mnan alg'anda da arretirdi ko'terip qoyi'lg'an boli'wi' kerek.

**O'lshever.** Si'mni'n' *l* uzi'nli'g'i' arretir tu'sip turg'an jag'dayda si'zg'i'sh penen o'lshenedi. Oni'n' kese-kesiminin' maydani' *S* ti tabi'w ushi'n kerek bolatug'i'n diametr mikrometrdin' ja'rdeminde o'lshenedi. Diametrdi si'mni'n' boyi' boyi'nsha ha'r qi'yli' ori'nlarda o'lshep, tabi'lg'an shamalardi'n' arifmetikali'q ortasha ma'nisin ali'w kerek.





En' da'slep si'mg'a bar ju'ktin' yari'mi' ildiriledi. Trubadan shkalani'n' su'wreti tabi'ladi', trubani' fokuslaydi', al shkalani' oni'n' ortasi' ko'rinetug'i'nday etip ornatadi'. Bunnan son' ayna menen shkala arasi'ndag'i' D qashiqliq si'zg'i'sh penen o'lshenedi (bunnan son' shkala da, truba da qozg'alti'lmaydi'). Bunnan keyin arretirdi ko'terip si'mdag'i' barliq ju'k ali'p taslanadi' ha'm arretir qayta tu'sirilip, shkaladag'i' nollik noqat belgilenip ali'nadi'.

Si'mg'a ju'klerdi birinen son' birin qoyi'p (ju'ktin' ha'r birinde salmag'i' jazi'lg'an) trubani'n' ja'rdeminde baqlanatug'i'n shkalani'n' su'wretinin' neshe bo'limge ji'lji'g'anli'g'i' sanaladi'. Bunday operaciyalar joqari'da ildirilip qoyi'lg'an barliq ju'kler ushi'n ori'nlanadi' ha'm usi'g'an sa'ykes ha'r jag'dayda shkalani'n' su'wretinin' neshe bo'limge ji'lji'g'anli'g'i' jazi'p ali'nadi'.

Eger nollik noqat da'slepki nollik noqatqa sa'ykes kelmese sol eki ko'rsetkishtin' (da'slepki nollik noqat penen keyingi nollik noqat) ortasha

ma'nisi ali'nadi'. Birdey ju'kler menen ali'ng'an ko'rsetkishlerdin' de ortasha ma'nisin ali'w kerek boladi'.

Ju'ktin' o'zgeriwi menen si'mni'n' uzi'nli'g'i'ni'n' o'zgeriwinin' grafigin du'ziw za'ru'r. Usi'nday jollar menen Guk ni'zami'ni'n' ori'nlanatug'i'nli'g'i'na ko'z jetkeriwge boladi'.

Ori'nlang'an o'lshew jumi'slari' si'mni'n' (5)-formulag'a sa'ykes uzayi'wi'n ani'qlawg'a mu'mkinshilik beredi ( $b$  shamasi' a'sbapti'n' turaqli'si' si'pati'nda beriledi). Bunnan keyin ha'r bir ju'k ushi'n (2)-formulani'n' ja'rdeminde serpimlilik modulinin' ma'nisi  $E$  ani'qlanadi'. Usi'  $E$  shamasi'ni'n' haqiy'qi'y ma'nisi ali'ng'an shamalardi'n' ortasha ma'nisi si'pati'nda ali'nadi'.

Ali'ng'an na'tiyjeler 1-kestege tu'siriledi.

Sterjennin' uzi'nli'g'i'  $L =$  , eni  $a =$  ha'm biyikligi  $b =$  ,  $n_0 =$  1-keste.

№	P	n'	n''	$\lambda$	E	$\frac{\Delta \bar{E}}{\bar{E}} 100\%$
1						
2						
3						
4						
5						
Ort.	×	×	×	×		

Eskertiw: n', n'' arqali' shkaladag'i' sabaqti'n' orni' belgilengen.

## 2-shi'ni'g'i'w

### Iymeyiw boyi'nsha serpimlilik modulin ani'qlaw

**Kerekli qurallar ha'm materiallar:** 1) iymeyiw boyi'nsha serpimlilik modulin ani'qlaw ushi'n arnalg'an a'sbap, 2) tuwri' mu'yeshli kese-kesimge iye sterjenler ji'ynag'i', 3) vertikal bag'i'ttag'i' qashi'qli'qlardi' o'lshew ushi'n arnalg'an mikroskop yamasa KM-6 tipidagi katetometr, 4) shtangencirkul, 5) shkalasi' bar si'zg'i'sh.

**A'sbapti'n' ta'riypi.** Iymeyiw boyi'nsha serpimlilik modulin ani'qlaytug'i'n a'sbap ushlari'nda eki tirewge iye salmaqli' ss' platformadan (2-su'wret) turadi'. Tirewlerdin' u'stine polattan sog'i'lg'an prizmalar qabi'rg'alari' o'z-ara parallel etip bekitilgen.

Vertikal bag'i'ttag'i' qashi'qli'qlardi' a'dettegi katetometrdirin' ja'rdeminde o'lshewge boladi'. Katetometr dep fizikali'q ta'jiriybelerdegi noqatlar arasi'ndag'i' vertikalli'q qashi'qli'qlardi' da'l o'lshew ushi'n arnalg'an a'sbap boli'p tabi'ladi'. Sol noqatlardi'n' bir vertikalli'q si'zi'q boyi'nsha jati'wi' sha'rt emes. Bunday a'sbap francuz fiziklari Per Dyulong ha'm Aleksis Pti ta'repinen

1816-ji'li' qatnas i'di'slari'ndag'i' si'nap bag'analari'ni'n' biyikliklerinin' ayi'rmasi'n o'lshew ushi'n oylap tabi'ldi'.

KM-6 tipidagi katetometr ob'ektivinen 700-900 mm qashi'qli'qta joylasqan ob'ektlar arasi'ndag'i' vertikal'li'q qashi'qli'qti'  $\pm 0,0015$  mm da'llikte o'lshewge mu'mkinshilik beradi. Vertikal boyi'nsha o'lshew shekleri 0 – 200 mm.

**O'lshewler.** A'sbapti'n' prizmalari'ni'n' u'stine izertlenetug'i'n materialdan sog'i'lg'an sterjendi 2-su'wrette ko'rsetilgandey etip joylasti'radi'. Bunday jag'dayda oni'n' ortasi' bolg'an  $C$  noqati'  $A$  ha'm  $B$  noqatlari'ni'n' da'l ortasi'nda turi'wi' kerek.  $C$  noqati'nda sterjenge ju'klerdi sali'wg'a mu'mkinshilik beretug'i'n za'n'gi ildiriledi.

Za'n'gige bekitilgan ushi' shi'g'ari'lg'an vertikal'li'q shtiftin' ushi'na katetometrdir ko'riw trubasi'n bag'darlaymi'z. Buni'n' ushi'n katetometrni aldi'n-ala vertikal'li'q jag'dayg'a muqiyatli' tu'rde qoyi'p ali'w za'ru'r. Okulyarli'q mikrometrdin' bir bo'liminin' bahasi' ani'qlanadi'. Bunday jag'dayda o'lshewdin' aldi'nda mikrometrdin' nollik bo'limin shtiftin' sheti menen sa'ykes etip qoyi'p aladi' ha'm katetometrni stoykasi'ndag'i' ko'rsetkishti jazi'p aladi'. Mikrometrdin' bir bo'liminin' bahasi' katetometrni pasporti'nda jazi'lg'an boladi'.

Bunnan keyin za'n'gige salmaqlari' 1, 2 ha'm 3 kG bolg'an ju'klerdi ornalasti'radi' ha'm sterjennin' qansha bo'limge iymeyetug'i'nli'g'i' jazi'p ali'nadi'. Bunnan keyin usi'nday operaciyani' kerri bag'i'tta ori'nlaydi'. Ju'klerdi za'n'giden alg'anda sterjennin' qanshag'a iymeygenligi jazi'p ali'nadi'. Sterjennin' cc' ortasi'ni'n' ji'li'si'wi' (iymeyiwi) oni'n' iyiliw strelasi' boli'p tabi'ladi'. Katetometrni bo'limlerinin' belgisi bolg'an bahasi'ni'n' ja'rdeminde iymeyiw strelasi'ni'n' shamasini millimetrlerde an'latiw mu'mkin.

O'tkerilgan o'lshewlerdin' na'tiyjeleri boyi'nsha ju'ktin' o'zgeriwi menen iymeyiw strelkasi'ni'n' o'zgeriwini' grafigin du'zip si'zi'qli' baylani'sti'n' (Guk ni'zami'ni'n') ori'n alatug'i'nli'g'i'na isenim payda etiw mu'mkin.

Bunnan keyin sterjennin' uzi'nli'g'i'  $L$  (bul qashi'qli'q sterjen su'yenip turg'an prizmalardi'n' qabi'rg'alari' arasi'ndag'i' qashi'qli'qqa ten') ha'm sterjennin' tuwri' mu'yeshli kesiminin' qaptallari' bolg'an  $a$  menen  $b$  shamalari' o'lshenedi. Sterjennin' uzi'nli'g'i'n masshtabli' si'zg'i'shti'n' ja'rdeminde  $\pm 1$  mm da'llikke shekemgi da'llikte o'lshew kerek. Al sterjennin' eni menen biyikligin mikrometrdin' ja'rdeminde  $\pm 0,01$  mm ge shekemgi da'llikte o'lshew talap etiledi (1-sanli' laboratoriyali'q jumi'sti' qaran'i'z). Ali'ng'an mag'li'wmatlar tiykari'nda serpimlilik modulin (4)-formulani'n' ja'rdeminde esaplaydi'. En' aqi'rg'i' na'tiyjeni  $kG/mm^2$  birliklerinde de,  $din/sm^2$  birliklerinde de esaplaw kerek.

Iymeklik strelasi' boyi'nsha serpimlilik modulin ha'r qi'yli' o'lshemlerge iye ha'm ha'r qi'yli' materiallardan sog'i'lg'an u'sh sterjen ushi'n ani'qlaydi'. Ha'r bir sterjen ushi'n o'lshewler keminde 5 ret qaytalanadi'.

Ali'ng'an na'tiyjelerdi 2-kestege jazadi'.

№	$a$	$b$	$L$	$P$	$\lambda$	$E$
1-sterjen ushi'n						
1						
2						
3						
4						
5						
Ort.						
2-sterjen ushi'n						
1						
2						
3						
4						
5						
Ort.						
1-sterjen ushi'n						
1						
2						
3						
4						
5						
Ort.						

### Qadag'alaw ushi'n sorawlar

1. Mexanikali'q kernew, sali'sti'rmali' ha'm absolyut deformaciya degenimiz ne? Olar arasi'nda qanday baylani'slar bar?
2. YUng modulini' fizikali'q ma'nisi neden ibarat?
3. Guk ni'zami'ni'n' ma'nisi neden ibarat? Puasson koefficienti degenimiz ne? Qanday jag'daylarda Guk ni'zami' ori'nlanadi' ha'm qanday jag'daylarda ori'nlanbaydi'?
4. Nelikten YUng modulini' shamasin' iyiliw deformaciyasi'n baqlaw joli' menen ani'qlay alami'z?

### 11-sanli' laboratoriyali'q jumi's Qatti' denelerdin' aylanbali' qozg'ali'slari'n u'yreniw

**Eksperimentin' tiykarg'i' ideyasi':** Eksperimentte ko'sherge bekitilgen ha'm inerciya momenti o'zgeretug'i'n deneler sistemasi'ni'n' aylanbali' qozg'ali'si' izertleniledi. Si'rtqi' ku'shlerdin' ha'r qi'yli' momentleri shkivke oralg'an jiptin' ushi'na ildirilgen ju'klardin' salmaq ku'shlerinin' ta'sirinde payda boladi'.

**Kerekli a'sbap ha'm materiallar:** 1) Oberbek mayatnigi, 2) sekundomer, 3) ta'rezi taslari', 4) shtangencirkul, 5) millimetrli si'zg'i'sh.

**A'sbapti'n' du'zilisi ha'm teoriyasi'.** Jumi'sti'n' maqseti aylanbali' qozg'ali'sti'n' tiykarg'i' ten'lemesi bolg'an

$$J\varepsilon = \sum M \quad (1)$$

momentler ten'lemesin eksperimentte tekserip ko'riwden ibarat. Bul an'latpada  $J$  arqali' denenin' inerciya momenti,  $\varepsilon$  arqali' mu'yeshlik tezleniw, al  $\sum M$  arqali' denege tu'sirilgen ku'shler momentinin' (vektorli'q) summasi' belgilengen.

Jumi'sta qollani'latug'i'n a'sbap (Oberbek mayatnigi) 1-su'wrette sxema tu'rinde ko'rsetilgen. Ol bir gorizont bag'i'ti'ndag'i' bir ko'sherge bekitilgen to'rt sterjennen ha'm ha'r qi'yli' radiusqa iye eki shkiwten ibarat. Sterjenler boylap massalari' birdey bolg'an to'rt ju'k ori'nleri'n o'zgerge aladi' ha'm kerekli bolg'an ori'nlarda qati'ri'ladi'. Ha'r bir sterjende bir ju'k boladi'. Eki shkiwtin' birine oralg'an jiptin' ushi'na ha'r qi'yli' massalarg'a iye ju'kler ildirilgende mayatnik qozg'ali'sqa keledi. Su'ykelis ku'shlerin esapqa almasaq mayatniktin' aylanbali' qozg'ali'si'ni'n' ten'lemesin bi'layi'nsha jazami'z:

$$J\varepsilon = M = RT. \quad (2)$$

Jipke baylang'an ju'ktin' ilgerilemeli qozg'ali'si'ni'n' ten'lemesi

$$ma = mg - T, \quad (3)$$

al, qozg'ali'slardin' tezleniwlerin bir-birine baylani'sti'ri'wshi' ten'leme

$$a = \varepsilon R \quad (4)$$

tu'rinde jazi'ladi'. Bul an'latpalarda  $R$  arqali' shkiwtin' radiusi',  $T$  arqali' jipke ta'sir etiwshi keriw ku'shi,  $a$  arqali' jipke ildirilgen ju'ktin' tezleniwi,  $g$  arqali' salmaq ku'shinin' tezleniwi,  $m$  arqali' ju'ktin' massasi' belgilengen.

Bul ten'lemeler tezleniwidin' waqi'tqa baylani'sli' bolmag'an turaqli'  $a = \frac{mR^2}{J+mR^2}$  ma'nisin beredi. Bul an'latpani'

$$a = \frac{2h}{t^2} \quad (5)$$

formulasi'n paydalani'p keltirip shi'g'ari'wg'a boladi'. Bul an'latpada  $h$  arqali' ju'ktin'  $t$  waqi'ti' ishinde o'tken joli'ni'n' uzi'nli'g'i' belgilengen. Biz qarap ati'rg'an ma'selede  $h$  turaqli' shama boli'p tabi'ladi'.

Biz aylanbali' qozg'ali'sti'n' tiykarg'i' ten'lemesin tekseriw jumi'slari'n o'tkeriw ushi'n 2 tu'rli jag'daydi' qarap o'temiz.

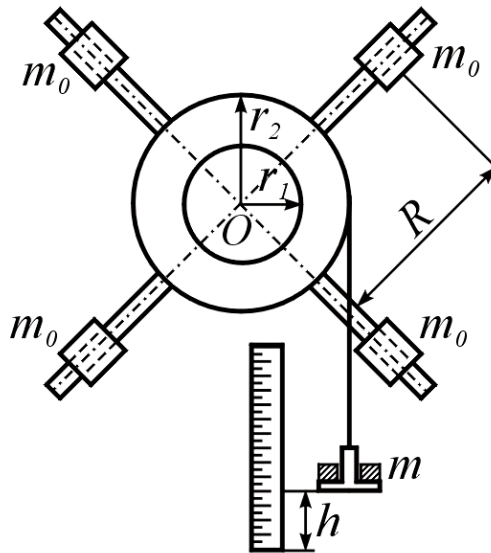
**1-jag'day.** Inerciya momenti turaqli', al ku'shlerdin' momentleri ha'r qi'yli' bolg'an jag'day. (1)-ten'lemeden

$$M_1/\varepsilon_1 = M_2/\varepsilon_2 = J \quad (6)$$

ten'liklerine iye bolami'z. Al (2)-(6) ten'lemeler

$$m_1 R_1^2 (gt_1^2 - 2h) = m_2 R_2^2 (gt_2^2 - 2h) \quad (7)$$

ten'ligin beredi. Bul (7)-ten'lemege eksperimentte ani'qlanatug'i'n shamalar kiredi.



1-su'wret

**2-jag'day.** Inerciya momentleri ha'r qi'yi', ju'ktin' massasi' menen shkiwtin' radiusi' turaqli'.

Inerciya momentlerinin' ko'sherlerin parallel ko'shiriw haqqi'ndag'i' teoremag'a tiykarlang'an halda

$$J_1 = J_0 + m'L^2 \quad (8)$$

formulasi'na iye bolami'z. Bul formulada  $J_0$  arqali' massasi'  $m'$  bolg'an denenin' massasi' orayi' arqali' o'tken ko'sherge sali'sti'rg'andag'i' inerciya momenti, al  $J_1$  arqali' usi' denenin' da'slepki ko'sherden  $L$  qashi'qli'qta og'an parallel o'tetug'i'n ko'sherge sali'sti'rg'andag'i' inerciya momenti belgilengen.

Massasi'  $4m'$  bolg'an barli'q to'rt ju'ktin' massalari'ni'n' orayi'nan o'tiwshi ko'sherge sali'sti'rg'andag'i' inerciya momenti  $J'_0$  arqali' an'latil'g'an bolsi'n dep esaplayi'q. Olardi'n' oraylari' da'slepki ko'sherden  $l_1$  arali'qqa uzaqlasqanda payda bolatug'i'n inerciya momenti  $J_1$  din' shamas'i'

$$J_1 = J'_0 + 4m'l_1^2$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Eger mayatnikti'n' ju'kler bolmag'andag'i' inerciya momenti  $J_0$  shamas'i'na ten' bolsa, onda mayatniktin' toli'q inerciya momenti

$$J'_1 = J_0 + J'_0 + 4m'l_1^2.$$

shamas'i'na ten' boladi'. Ju'klardin' massalar oraylari'  $l_2$  qashi'qli'qqa uzaqlasqanda sa'ykes

$$J'_2 = J_0 + J'_0 + 4m'l_2^2$$

shamas'i'na iye bolami'z. Eger  $l_1 > l_2$  ten'sizligi ori'nli' bolsa, onda

$$J'_1 - J'_2 = 4m'(l_1^2 - l_2^2) \quad (9)$$

ten'ligi ali'nadi'.

(1)- ha'm (9)-ten'lemelerden:

$$\frac{M_1}{\varepsilon_1} - \frac{M_2}{\varepsilon_2} = 4m'(l_1^2 - l_2^2) \quad (10)$$

ten'ligin beredi. Al (2)-(5) ha'm (10)-an'latpalardan

$$t_1^2 - t_2^2 = 8h \frac{m'}{m} \cdot \frac{l_1^2 - l_2^2}{R^2 g} \quad (11)$$

formulasi'na iye bolami'z.

Bul ten'lemege eksperimentte ani'qlanatug'i'n shamalar kiredi. (7)- ha'm (11)-ten'lemeler mayatniktin' ko'sherindegi su'ykelis ku'shin ha'm hawani'n' qarsi'li'g'i'n (yag'ni'y hawa menen bolg'an su'ykelis ku'shin) itibarg'a almag'an jag'day ushi'n keltirip shi'g'ari'lg'an.

Jipke baylang'an ju'k ilgerilemeli qozg'alg'an jag'dayda su'ykelis ku'shin esapqa almawg'a boladi'. Mayatniktin' aylanbali' qozg'ali'si'nda mayatniktin' ko'sherinde payda bolatug'i'n su'ykelis ku'shinin' momenti en' u'lken ori'ndi' iyeleydi (hawa menen su'ykelistin' na'tiyjesinde payda bolatug'i'n ku'sh momentinin' shamasi' u'lken emes). Mu'yeshlik tezliktin' shamasi' u'lken bolmag'an jag'daylarda ko'sherdegi su'ykelis ku'shinin' momenti turaqli' shama boli'p tabi'ladi' ha'm oni'n' ma'nisi ti'ni'shli'qtag'i' su'ykelis ku'shinin' momentine ten'. Bul jag'day su'ykelis ku'shinin' momentinin' shamasi'n bahalawg'a mu'mkinshilik beredi. Jiptin' keriliw ku'shinin' momentinin' shamasi'na sali'sti'rg'anda bul ku'sh momentinin' ma'nisi qanshama kishi bolsa basqa barli'q jag'daylarda da (7)- ha'm (11)-ten'lemeler da'lirek ori'nlanadi'.

**O'lshewler.** En' aldi' menen to'mendegi shamalardi' o'lshew kerek:

1. Jiptegi ju'ktin' to'men tu'siw biyikligi  $h$  ti' (1 sm da'llikte metrlik si'zg'i'sh penen o'lshenedi).

2. Shkivtin'  $R_1$  ha'm  $R_2$  radiuslari' (shtangencirkuldin' ja'rdeminde o'lshenedi).

Bunnan keyin mayatnik cterjenlerdegi ju'klerdi mayatnik ko'sherine en' jaqi'n bolg'an  $l_2$  qashi'qli'qta bekitedi. Ha'r bir ju'ktin' ortasi'nan mayatniktin' aylani'w ko'sherine shekemgi qashi'qli'qlar millimetrli si'zg'i'sh penen o'lshenedi.  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $l_2$  shamalari'ni'n' ha'r birin keminde u'sh ret o'lshew kerek. Ali'ng'an shamalardi'n' ortasha arifmetikali'q ma'nisi haqi'yqi'y ma'nis si'pati'nda qabi'l etiledi.  $l_2$  shamasi'n ani'qlag'anda da'slep sterjendegi ha'r bir ju'k ushi'n bul shamani'n' ortasha arifmetikali'q ma'nisi tabi'ladi', al bunnan keyin sol to'rt ma'nistin' ortasha arifmetikali'q ma'nisi esaplanadi'.

(7)- ha'm (11)-ten'lemelerdi tekseriwde shkivke oralg'an jiptin' ushlari'na massasi' 200 g ha'm 300 g bolg'an ju'kler gezek penen ildiriledi. 200 g massag'a iye ( $m_1$ ) ju'ktin'  $h$  biyiklikten tu'siwi ushi'n jumsal'g'an  $t_1$  waqi't sekundomerdin' ja'rdeminde o'lshenedi (jip radiusi'  $R_1$  bolg'an shkivke oralg'an). Ju'ktin' tu'siwi ushi'n ketken waqi'tti'n' ma'nisi keminde u'sh ret o'lshenip, olardi'n' ortasha arifmetikali'q ma'nisi tabi'ladi'.

Jip radiusi'  $R_2$  bolg'an ekinshi shkivtin' u'stine taslanadi' ha'm oni'n' ushi'na  $m_2 = 300$  g ju'k asi'ladi'. Ju'ktin'  $h$  biyiklikten tu'siwi ushi'n ketken waqi't  $t_2$  da'slepki jag'daydag'i'day sekundomerdin' ja'rdeminde o'lshenedi. Ali'ng'an mag'li'wmatlar boyi'nsha o'lshewlerde jiberilgen qa'teler sheklerinde (7)-ten'lemenin' ha'm sog'an sa'ykes (1)- ten'lemenin' duri's ekenligine isenim payda boladi'.

Bunnan keyin sterjenlerdegi barliq ju'klerde mayatnik ko'sherinen uzag'iraq ori'ng'a aldi'ng'i'day simmetriyasi' etip bekkemleydi. Aldi'n  $l_2$  shamasini' qalay ani'qlang'an bolsa  $l_1$  shamasini' da (sterjenlerdegi ha'r bir ju'ktin' da'l ortasi'nan mayatniktin' ko'sherine shekemgi bolg'an qashiqliq) tap sonday usi'ldi'n ja'rdeminde ani'qlanadi'. Bunday mayatnik ushi'n da da'slepki mayatnik ushi'n ori'nlang'an o'lshevlar ta'kirarlanadi'. (7)-ten'lemenin' duri's ekenligine ja'ne de isenim payda boladi'.

Ali'ng'an eksperimentalli'q materiallardan paydalani'p o'lshevlarda jiberilgen qa'teler sheklerinde (11)-ten'lemenin' duri's ekenligine ha'm sog'an sa'ykes (9)-ten'lemenin' de duri's ekenligine isenim payda boladi'.

Mayatnik ko'sherinde payda bolatug'i'n su'ykelis ku'shinin' momentinin' ma'nisin bahalaw ushi'n to'mendegidey operaciyalar islenedi:

Eki shkivtin' birine oralg'an jiptin' ushi'na ju'k ildiriledi ha'm bul ju'ktin' shamasini' mayatnik aylana baslang'an momentke shekem ko'beytedi. Mayatnikti qozg'ali'sqa keltiretug'i'n ju'ktin' salmag'i'ni'n' en' kishi ma'nisi keminde u'sh ret tabi'ladi' ha'm olardi'n' ortasha arifmetikali'q ma'nisi haqi'yqi'y ma'nisi si'pati'nda qabi'l etiledi. Bul ma'nisi penen shkivtin' radiusi'ni'n' ko'beymesi mayatnik ko'sherinde payda bolatug'i'n su'ykelis ku'shinin' momentinin' shamasini' ani'qlawga mu'mkinshilik beredi.

Su'ykelis ku'shin itibarg'a almag'an halda jiberiletug'i'n sali'sti'rmali' qa'telikt procentlerde ani'qlaw za'ru'r. Buni'n' ushi'n su'ykelis ku'shleri momentinin' jiptin' keriw ku'shinin' en' kishi momentine qatnashi'n tabi'w kerek.

Mayatnik sterjenlerdegi bir ju'ktin'  $m$  massasi' belgili shama boli'p tabi'ladi'.

Ali'ng'an na'tiyjeler 2-kesteg'e jazi'ladi'.

2-keste.

Ju'klerin' massasi', g			$m_1 =$	$m_2 =$	$m_3 =$	$m_4 =$
№		Disktin' radiusi' R, sm	$t_1, c$	$t_2, c$	$t_3, c$	$t_4, c$
$l_1$	1	$R_1$				
	2					
	3					
	4					
	5					
Ortasha						
$l_2$	1	$R_2$				
	2					
	3					
	4					
	5					



Ortasha				
---------	--	--	--	--

## Sorawlar

1. Aylanbali' qozg'ali'sti'n' tiykarg'i' ni'zami'n keltirip shi'g'ari'n'i'z.
2. Inerciya momenti, ku'sh momenti, impuls momenti shamalari'ni'n' fizikali'q ma'nisleri nelerden ibarat?
3. Materialli'q noqatti'n' inerciya momenti ushi'n an'latpani' jazi'n'i'z. Massa orayi' arqali' o'tetug'i'n ko'sherge sali'sti'rg'andag'i' qatti' denenin' inerciya momentin qalayi'nsha ani'qlawg'a boladi'?
4. Gyuygens-Shteyner teoremasi'ni'n' ma'nisi neden ibarat? Teoremani' da'lillen'iz.
5. Ta'jiriybe o'tkeriw ushi'n arnalg'an du'ziliste aylani'w ko'sherinin' bag'i'ti' qanday ha'm aylani'w momentin qanday ku'sh payda etedi?
6. Oberbek mayatnigindegi ku'shlerdin' momentin ha'm inerciya momentin o'zgartiw ushi'n qanday usi'ldi' usi'na alasi'z?
7. Oberbek mayatniginin' inerciya momentin eksperimentte ani'qlag'anda su'ykelis ku'shinin' ta'sirin qalayi'nsha esapqa ali'wg'a boladi'?
8. Mayatniktin' inerciya momentin o'lshegende jiberiletug'i'n qa'tenin' shamasin' kalayi'nsha ani'qlawg'a boladi'?

### 12-sanli' laboratoriyali'q jumi's

## A'piwayi' formag'a iye bolg'an denelerdin' inerciya momentlerin ani'qlaw ha'm Gyuygens-Shteyner teoremasi'n burali'w terbelisleri usi'li'nda tekseriw

**Jumi'sti'n' maqseti:** A'piwayi' formag'a iye bolg'an denelerdin' inerciya momentlerin ani'qlaw ha'm Gyuygens-Shteyner teoremasi'n eksperimentte tekseriw.

**Eksperimentin' ideyasi':** Eksperimentte buri'li'wshi' mayatniktin' terbelis da'wiri menen oni'n' inerciya momenti arasi'ndag'i' baylani's izertleniledi. Mayatnik si'pati'nda salmaq maydani'ndag'i' u'sh uzi'n jipke ildirilgen do'n'gelek platforma xi'zmet etedi. Oni' a'dette trifilyarli'q mayatnik dep te ataydi'. Platforma vertikal ko'sherdin' do'gereginde burali'p terbele aladi'. Platformani'n' u'stine ha'r qi'yli' formadag'i' denelerdi qoyadi', mayatniktin' terbelis jiyilikleri o'lshenedi ha'm usi' denelerdin' inerciya momentlerinin' ma'nisleri ani'qlanadi'. Gyuygenis-Shteyner teoremasi' denelerdin' inerciya momentlerinin' platformani'n' orayi'na shekemgi qashi'qli'qlardan g'a'rezligi boyi'nsha ali'ng'an eksperimentalli'q na'tiyjeler menen teoriyali'q juwmaqlardi'n' bir birine sa'ykes keliwi boyi'nsha tekseriledi.

**Jumi'sti'n' teoriyasi'. Gyuygens-Shteyner teoremasi'.** Eger massa orayi' arqali' o'tetug'i'n ko'sherge sali'sti'rg'andag'i' denenin' inerciya momentinin'

shamasi'  $J_0$  shamasi'na ten' bolatug'i'n bolsa, onda usi' ko'sherge parallel ha'm usi' ko'sherden  $a$  qashi'qli'g'i'ndagi' ko'sherge sali'sti'rg'andagi' inerciya momenti

$$J = J_0 + ma^2 \quad (1)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Bul formulada  $m$  arqali' denenin' massasi' belgilengen.

Gyuygens-Shteyner teoremasi'n tekserip ko'riw ushi'n bul jumi'sta trifilyar mayatniktin' u'stine jaylasti'ri'lg'an qatti' denelerdin' burali'wshi' terbelisleri izertleniledi.

Trifilyarli'q mayatnik bir birine sali'sti'rg'anda simmetriyali' jaylasqan birdey uzi'nli'qqa iye u'sh jipke ildirilgen radiusi'  $R$  bolg'an do'n'gelek platformadan ibarat (1-su'wret). Bul jipler joqari'da radiusi' bir qansha kishi ha'm  $r$  shamasi'na ten' bolg'an diskke jalg'ang'an. Platforma oni'n' tegisligine perpendikulyar bolg'an vertikal  $OO'$  ko'sherinin' do'gereginde buri'lmali' terbele aladi'. Platformani'n' usi'nday qozg'ali'si' oni'n' salmaq orayi'ni'n' orni'ni'n' o'zgeriwine ali'p keledi.

Eger massasi'  $m$  shamasi'na en' platforma bir ta'repke qaray buri'lg'anda  $h$  biyikligine ko'teriletug'i'n bolsa, onda oni'n' potencial energiyasi'ni'n' o'simi

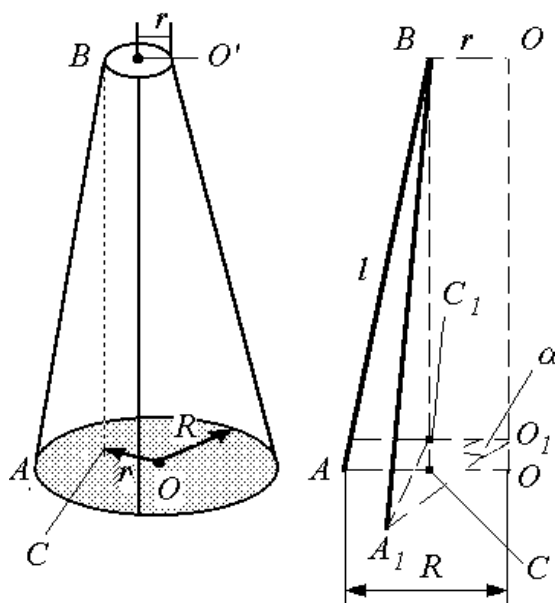
$$E_1 = mgh \quad (2)$$

shamasi'na ten' boladi'. Bul an'latpada  $g$  arqali' salmaq ku'shinin' tezleniwi belgilengen. Ekinshi ta'repke qaray buralg'anda platforma kinetikali'q energiyasi'

$$E_1 = \frac{1}{2} J \omega_0^2 \quad (3)$$

shamasi'na ten' ten' salmaqli'q hali'na keledi (bul halda  $h = 0$ ). Bul an'latpada  $J$  arqali' platformani'n' inerciya momenti, al  $\omega_0$  arqali' platforma ten' salmaqli'q hali' arqali' o'tken momenttegi aylani'w tezligi belgilengen.

1-su'wret



Su'ykelis ku'shlerinin' jumi'si'n esapqa almasaq mexanikali'q energiyani'n' saqlani'w ni'zami' tiykari'nda

$$mgh = \frac{1}{2}J\omega_0^2 \quad (4)$$

an'latpasi'n alami'z.

Platforma garmonikali'q burali'wshi' terbeledi dep esaplap platformani'n' mu'yeshlik awi'si'wi'  $\alpha$  ni'n' waqi't  $t$  dan

$$\alpha = \alpha_0 \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (5)$$

g'a'rezligine iye bolami'z. Bul an'latpada  $\alpha_0$  arqali' buri'li'wdi'n' maksimalli'q ma'nisi belgilengen. Bul ma'nisti mu'yeshlik awi'si'wdi'n' amplitudasi' dep ataymi'z.  $T$  arqali' terbelis da'wiri belgilengen. Awi'si'wdi'n' shamasin'nan waqi't boyi'nsha ali'ng'an birinshi ta'rtpi tuwi'ndi' mu'yeshlik tezlik  $\omega$  boli'p tabi'ladi'. Bunday tezlik ushi'n

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt} = \frac{2\pi\alpha_0}{T} \cos \frac{2\pi}{T} t \quad (6)$$

an'latpasi'n jaza alami'z.

Platforma ten' salmaqli'qta turatug'i'n ori'nnan o'tiw momentinde ( $t = 0; 0,5T; \dots$ )  $\omega(t)$  shamasi' maksimalli'q ma'niske iye boladi' ha'm moduli boyi'nsha

$$\omega_0 = \frac{2\pi\alpha_0}{T} \quad (7)$$

shamasina ten'.

(4)- ha'm (7)-an'latpalardan

$$mgh = \frac{1}{2}J \left( \frac{2\pi\alpha_0}{T} \right)^2 \quad (8)$$

ekenligi kelip shi'g'adi'.

Eger  $l$  arqali' jiplerdin' uzi'nli'g'i'  $R$  arqali' platformani'n' orayi'nan jiplerdi bekitilgen ori'nlarg'a shekemgi qashi'qli'q, al  $r$  arqali' joqarg'i' disk tin' radiusi' belgilengen bolsa (bul jag'day 1-su'wrette keltirilgen), onda

$$h = OO_1 = BC - BC_1 = \frac{(BC)^2 - (BC_1)^2}{BC + BC_1} \quad (9)$$

ten'liklerinin' ori'nli' bolatug'i'nli'g'i'na ko'z jetkeriwge boladi'.

$$(BC)^2 = (AB)^2 - (AC)^2 = l^2 - (R - r)^2 \quad (10)$$

ten'liginin' ori'nlanatug'i'nli'g'i'na, al platforma ten' salmaqli'q hali'na sa'ykes bolg'an orni'nan maksimalli'q shamag'a awi'sqanda

$$(BC_1)^2 = (A_1B)^2 - (A_1C_1)^2 = l^2 - (R^2 + r^2 - 2Rr \cos\alpha_0) \quad (11)$$

ten'liklerinin' ori'nlanatug'i'nli'g'i'n itibarg'a alsaq

$$h = \frac{2Rr(1 - \cos\alpha_0)}{BC + BC_1} = \frac{4Rr \cdot \sin^2 \frac{\alpha_0}{2}}{BC + BC_1} \quad (12)$$

formulasi'n alami'z.

Awi'si'w mu'yeshi bolg'an  $\alpha_0$  shamasini'n' ma'nisi kishi bolg'anda bunday mu'yesh tin' sinusi'ni'n' ma'nisin usi' mu'yesh tin' ma'nisi menen almasti'ri'wg'a

boladi'. Usi'ni'n' menen birge  $R \ll l$  sha'rti ori'nlang'anda bo'lshektin' bo'limin  $2l$  ge ten' dep esaplawg'a bolatug'i'nli'g'i'n esapqa alsaq

$$h = \frac{Rr \cdot \alpha_0^2}{2l} \quad (13)$$

an'latpasi'na iye bolami'z. Bunday jag'dayda energiyani'n' saqlani'w ni'zami' bolg'an (8)-an'latpa mi'naday tu'rge enedi:

$$mg \frac{Rr \cdot \alpha_0^2}{2l} = \frac{1}{2} J \left( \frac{2\pi a_0}{T} \right)^2. \quad (14)$$

Bunnan

$$J = \frac{mgRr}{4\pi^2 l} T^2 \quad (15)$$

formulasi'na iye bolami'z.

(15)-an'latpa boyi'nsha eksperimentte u'stine hesh qanday dene qoyi'lmag'an platformani'n' da, u'stine dene qoyi'lg'an platformani'n' da inerciya momentin ani'qlaw mu'mkin. Bul formulani'n' on' ta'repindegi barli'q shamalar o'lshenedi. Bul formuladag'i'  $m$  shamasi'ni'n' platforma menen oni'n' u'stine qoyi'lg'an denenin' massalari'ni'n' qosi'ndi'si' ekenligin esten shi'g'armaw kerek.

Laboratoriyali'q jumi'sta (15)-formula a'piwayi' formag'a iye bolg'an qatti' denelerdin' inerciya momentlerin ani'qlaw ha'm Gyuygens-Shteyner teoremasi'ni'n' duri's ekenligin tasti'yi'qlaw ushi'n qollani'ladi'.

**Eksperimentalli'q du'zilis.** Laboratoriyali'q jumi'sti' ori'nlaw ushi'n qollani'latug'i'n du'zilis sxema tu'rinde 1-su'wrette ko'rsetilgen. Platformani'n' radiusi'ni'n' jiptin' uzi'nli'g'i'na qatnasi' ushi'n  $\frac{R}{l} \leq 0,05$  ten'sizliginin' ori'nlani'wi'ni'n' kerek ekenligine itibar beremiz. Bul sha'rt (15)-formulani' keltirip shi'g'arg'andag'i' juwi'qlawlarg'a sa'ykes keledi.

Platformani'n' u'stine denelerdi simmetriyali' tu'rde jaylasti'ri'w ha'm platformani'n' ju'ktin' salmag'i'nan qi'ysaymawi'na di'qqat penen itibar beriw kerek. Ju'ktin' orni'n ani'qlaw ha'm da'l ornalasti'ri'w ushi'n platformani'n' betine bir birinen belgili qashi'qli'qlarda (5 mm) jaylasqan koncntrlik shen'berler ju'rgizilgen boladi'.

Platformani'n' burali'wshi' terbelislerdin' baslani'wi' ushi'n joqari'dag'i' diskni oni'n' ko'sherinin' do'gereginde buru'w kerek. Bul operaciya joqarg'i' diskke bekitilgen ri'shag penen baylani'sqan shnurdi' tarti'w menen a'melge asi'ri'ladi'. Terbelislerdi usi'nday jollar menen qozdi'rg'anda o'lshewlerdi quramalasti'ratug'i'n terbelislerdin' basqa da tipleri payda bolmaydi'. O'lshewlerde  $10^0$  tan u'lken bolg'an terbelislerdin' amplitudalari'n paydalani'w ku'tilgen na'tiyjelerdi bermeydi.

Terbelislerdin' da'wirin ani'qlaw ushi'n a'dettegi sekundomer paydalani'ladi'. A'dette 30-40 terbelis ushi'n ketken waqi't  $t$  o'lshenedi. Bunday jag'dayda terbelis da'wiri  $T = \frac{t}{n}$  formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplanadi'. Bul formulada  $n$  arqali' toli'q terbelislerdin' sani' belgilengen.

## 1-shi'ni'g'i'w. Gyuygens-Shteyner teoremasi'n tekseriw

**O'lsheuler.** Gyuygens-Shteyner teoremasi'ni'n' duri'sli'g'i'n tekserip ko'riw ushi'n birdey eki dene paydalani'ladi' (bul jumi'sta deneler cilindr formasi'na iye boladi'). Ha'r bir o'lsheuler aldi'nda platformani' toqtati'w kerek.

1. Ju'klerin' massalari' o'lsenedi.

2. Ju'kler platformani'n' u'stine qoyi'ladi'. Bir ju'kti ekinshisinin' u'stine qoyi'w kerek. Platformani'n' buri'li'w terbelislerin qozdi'radi'.  $n$  terbelis ( $n = 30 - 40$ ) ushi'n sari'plang'an waqi't  $t_n$  o'lsenedi. Ali'ng'an mag'li'wmatlar 1-kestege jazi'ladi'.

3. Ju'kleri platformani'n' u'stine simmetriyalig'ini etip jaylasti'radi'. Ju'klerin' 5-7 awhali' ushi'n terbelis waqi'ti'  $t_n$  o'lsenedi. Ha'r o'lsheuler bari'si'nda ju'kleri platformani'n' shetine a'ste-aqi'ri'n ji'li'sti'ri'p qoyadi'. Ha'r sapari' ju'kti 1 sm ge ji'li'sti'ri'p qoyi'w usi'ni'ladi'. 1-kestege ha'r bir denenin' massa orayi'ni'n' platformani'n' orayi'nan qashi'qli'g'i'  $a$ , terbelisleri sani'  $n$  ha'm terbelisler ushi'n sari'plang'an waqi'tti'n' shamasig'ini  $t_n$  jazi'ladi'.

1-keste.

№	a	a <sup>2</sup>	n	t <sub>n</sub>	T <sub>i</sub> = $\frac{t_n}{n}$	J <sub>i</sub>

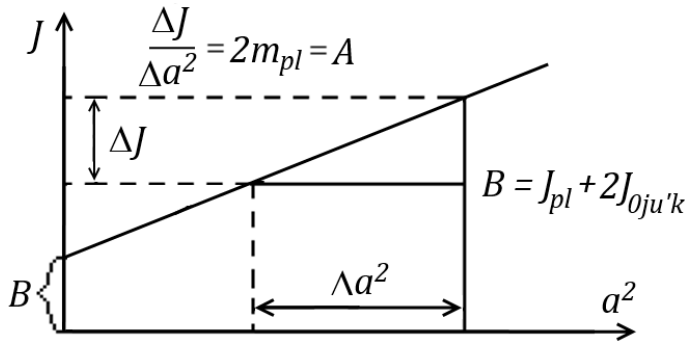
Ta'jiriybe na'tiyjeleri qayta islew.

1. Ju'ktin' ha'r bir ornig'ini ushi'n terbelis da'wiri  $T_i$  ani'qlanadi'.

2. Kestegede  $a^2$  shamasig'ini jazi'ladi'.

3. Platformani'n' u'stindegi ju'ktin' ha'r bir jag'dayi' ushi'n (15)-formulag'a sa'ykes u'stine ju'k qoyilg'an platformani'n' inerciya momenti  $J_i$  ani'qlanadi'.  $l$ ,  $R$ ,  $r$  ha'm platformani'n' massasig'ini eksperimentallig'ini du'zilistin' turaqli'lari' si'pati'nda beriledi.

4.  $J_i$  shamasig'ini ali'ng'an ma'nisin deneler sistemasi'ni'n' inerciya momentinin' ha'r bir ju'ktin' massasig'ini orayi'ni'n' aylani'w ko'sherine shekemgi qashi'qli'g'ini kvadratinan g'a'rezliliginin' grafigi du'ziledi (yag'ni'y  $J(a^2)$  g'a'rezliliginin' funkciyasi' du'ziledi). Bul g'a'rezlilik sxema tu'rinde 2-su'wrette keltirilgen. Gyuygens-Shteyner teoremasig'ini boyi'nsha bul grafik mu'yeshlik koefficientinin' sanlig'ini ma'nisi  $2m_{ju'k}$  shamasig'ina ten' tuwri' si'zi'qtan ibarat boli'wi' tiyis. Sebebi eksperimentte ha'r qaysi'si'ni'n' massasig'ini  $m_{ju'k}$  shamasig'ina ten' bolg'an eki ju'k paydalani'ladi'.



2-su'wret.  
 $J$  shamasi'ni'n'  $a^2$   
 shamasi'nan  
 g'a'rezliginin' sxema  
 tu'rindegi ko'rinisi.

**2-shi'ni'g'i'w.**

**Denenin' inerciya momentin terbelisler usi'li'ni'n' ja'rdeminde ani'qlaw**

**O'lshewler.**

1. U'stine ju'k qoyil'mag'an platformani'n' inerciya momenti bolg'an  $J_{pl}$  shamasi'n (15)-formulani'n' ja'rdeminde ani'qlaydi'. Usi'nday platformani'n' terbelis da'wirin ( $T_{pl}$  shamasi'n) ani'qlaydi'. Platformag'a aylani'w impulsi beriledi ha'm 15-20 toli'q terbelis ushi'n ketken waqi'tti'n' shamasi'  $t_n$  sekundomerdin' ja'rdeminde o'lshevedi. Bunday o'lshewlerdi 3-5 ret qaytalaw kerek. Ali'ng'an na'tiyjelerdi 2-kesteg'e jazadi'.

2. Platformani'n' u'stine izertleniwshi denelerdi gezekpe-gezek ornalasti'radi'. Sol denelerdin' massalari'ni'n' oraylari'ni'n' platformani'n' aylani'w ko'sheri menen sa'ykes keliwinin' kerek ekenligine ayri'qsha itibar beriw kerek (denedegi ha'm platformadag'i' tesikler bir birinin' u'stine tu'siwi kerek). Bul denelerdin' massalari' ta'rezinin' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Izertleniwshi deneler si'pati'nda kvadrat yamasa ten' o'lshewli u'sh mu'yeshlik tu'rindegi plastinkalar ali'nadi'. Barli'q sistemani'n' bir neshe terbeliwi ushi'n ketken waqi't sekundomerdin' ja'rdeminde o'lshevedi. Ha'r bir dene ushi'n o'lshewlerdi 3-5 ret qaytalaydi'. Na'tiyjeler 2-kesteg'e tu'siriledi.

2-kesteg'e.

Dene	No	$n$	$t_n$	$T$	$\{T\}$	$S_T$	$J$	$S_J$
Platformani'n' u'stinde dene joq	1							
	2							
	3							
Kvadrat plastinkali' platforma	1							
	2							
	3							
U'sh mu'yeshli plastinkali' platforma	1							
	2							
	3							

Sterjen qoyilg'an platforma	1							
	2							
	3							

**Eksperimentler na'tiyjelerin qayta islew.** Ha'r bir ta'jiriybe ushi'n buri'li'w terbelislerinin' da'wiri

$$T_{ni} = \frac{t_{ni}}{n}$$

formulasi'ni'n' ja'rdemide ani'qlanadi'.

1. U'stine ju'k qoyilmag'an ( $T_{pl}$ ) ha'm u'stine ju'k qoyilg'an ( $T_2$  ha'm  $T_3$ ) platformalardi'n' terbelis da'wirlerinin' ortasha arifmetikali'q ma'nisin, ortasha kvadratli'q awi'si'wlari'n tabi'n'i'z.

2. (15)-formula boyi'nsha  $T_{pl}$ , i  $T_2$  ha'm  $T_3$  shamalari'n ani'qlan'i'z ha'm bul shamalardi'n' ortasha kvadratli'q awi'si'wi'n esaplan'i'z.

3. Kvadrat ha'm u'sh mu'yeshli plastinkalardi'n' inerciya momentlerin

$$J_{kv} = J_2 - J_{pl}, \quad (16)$$

$$J_{u'sh.m.} = J_3 - J_{pl}$$

formulalari'ni'n' ja'rdemide esaplan'i'z.

4. Bul shamalardi'n' ortasha kvadratli'q awi'si'wlari'n ani'qlan'i'z.

5. Eksperimentte ali'ng'an  $J_{kv}$  ha'm  $J_{u'sh.m.}$  shamalari'n kvadrat

$$J_{kv} = \frac{1}{6} ma^2 \quad (17)$$

ha'm u'sh mu'yeshlik

$$J_{u'sh.m.} = \frac{1}{12} ma^2 \quad (18)$$

ushi'n arnalg'an formulalar boyi'nsha ali'ng'an shamalar menen sali'sti'ri'n'i'z. Bul an'latpalarda  $m$  arqali' plastinkani'n' massasi', al  $a$  arqali' oni'n' ta'repinin' uzi'nli'g'i' belgilengen.

6.  $T_{pl}$  shamasin' 1-ta'jiriybede ali'ng'an  $B$  shamasin' menen sali'sti'ri'n'i'z. Usi'nday jollar menen  $B = T_{pl} + 2 \frac{md^2}{2}$  an'latpasi' tekseriledi ( $\frac{md^2}{2}$  arqali' 1-shi'ni'g'i'wda paydalani'lg'an disklerdin' inerciya momenti belgilengen).

### Jumi'sti'n' tiykarg'i' juwmaqlari'

Jumi's ori'nlang'anda Gyuygens-Shteyner teoremasi'ni'n' eksperimentte tekseriliwi kerek. Sonin' menen birge berilgen formadag'i' denenin' eksperimentte ali'ng'an inerciya momentlerinin' shamasin' menen teoriyali'q jollar menen esaplani'p tabilg'an inerciya momentlerini'n' shamalari' sali'sti'ri'w a'melge asi'ri'ladi'.

## Qadag'alaw ushi'n beriletug'i'n sorawlar

1. Inerciyanin' bas ko'sherleri dep qanday ko'sherlerge aytami'z? Orayli'q ko'sherler degenimiz ne? Mi'sallar keltirin'iz.
2. Bekitilgen ko'sherge sali'sti'rg'andag'i' denenin' inerciyasi' degenimiz ne?
3. Mi'naday denelerdin' inerciya momentleri nege ten': jin'ishke si'm, juqa disk, juqa tuwri' mu'yeshli ha'm u'sh mu'yeshli plastinka, cilindr, shar, parallelepiped? Usi'nday denelerdin' inerciya momentlerinin' shamalari'n qanday jollar menen ali'wg'a boladi'?
4. Gyuygens-Shteyner teoremasi'n da'lillen'iz.

### 13-sanli' laboratoriyali'q jumi's Ballastikali'q mayatnik ja'rdeminde snaryadti'n' ushi'w tezligin ani'qlaw

**Kerekli a'sbaplar:** Jipke ildirilgen deneden ibarat ballastikali'q mayatnik, prujinali' pistolet, esaplaw ushi'n shkala (si'zg'i'sh), massalari' ha'r qi'yli' bolg'an snaryadlar.

**Jumi'sti'n' maqseti:** serpimli emes soqqi'ni' a'melde paydalani'wi'ni'n' mi'sallari'ni'n' biri si'pati'nda ballastikali'q mayatnik ja'rdeminde snaryadti'n' ushi'w tezliklerin ani'qlaw boli'p tabi'ladi'

**Teoriyalı'q bo'lim.** Ballastikali'q mayatnik uzi'n jen'il jiplerge ildirilip qoyi'lg'an massasi'  $M$  bolg'an dene boli'p tabi'ladi'. Bul jumi'sta ballastikali'q mayatnik si'pati'nda plastilin menen yari'mi'na shekem tolti'ri'lg'an cilindr formasi'na iye dene qollani'ladi' (1-su'wret). Mayatnikti gorizont bag'i'ti'nda massasi'  $m$  ha'm tezligi  $v$  bolg'an snaryad penen atadi'. Snaryad plastilinge kiredi ha'm sistemani'n' uli'wmali'q massasi'  $M + m$  ge  $v'$  tezligin beredi. Mayatnik qozg'ali'sqa keledi, awi'sadi' ha'm bazi' bir  $h$  biyikligine ko'teriledi. Ta'jiriybede mayatniktin' ko'teriliw biyikligi  $h$  o'lshenedi.

Eger snaryadti'n' mayatnikke uri'li'w waqi'ti'  $\tau$  mayatniktin' terbeliw da'wiri  $T$  dan kishi bolsa, onda soqli'g'i'si'w waqi'ti'nda mayatnik sezilerliktey arali'qqa awi'sa almaydi'. Bul jag'day snaryad mayatnikke kelip uri'lg'an waqi'tta mayatnikti da'slepki halg'a ali'p keliwge bag'i'tlang'an ku'shlerdin' payda bolmaytug'i'nli'g'i'n bildiredi. Sonli'qtan "snaryad + mayatnik" sistemasi'n tuyi'q sistema dep qarawg'a ha'm bul sistema ushi'n qozg'ali's mug'dari'ni'n' (impulstin') saqlani'w ni'zami' menen qozg'ali's mug'dari'ni'n' momentinin' (impuls momentinin') saqlani'w ni'zamlari'n qollani'wg'a boladi'.

Bizin' ma'selemiz sha'rtlerinde  $\tau \ll T$ . Demek

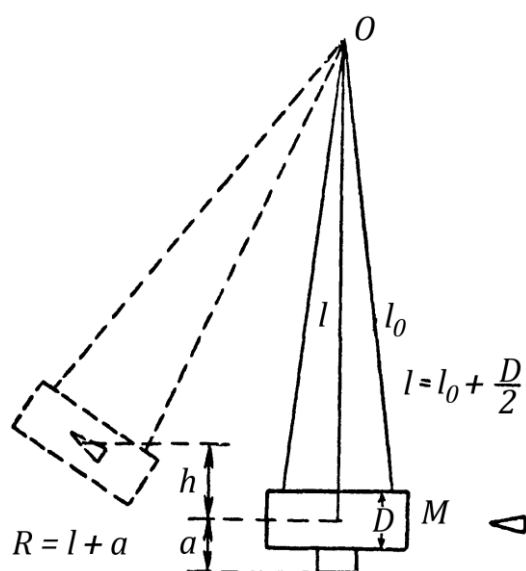
$$mv = (M + m)v' \quad (1)$$

ten'ligin jaza alami'z. Bul ten'likte  $mv$  arqali' soqli'g'i'si'wg'a shekemgi snaryadti'n' impulsi, al  $(M + m)v'$  arqali' soqli'g'i'sqannan keyingi "mayatnik+snaryad" sistemasi'ni'n' impulsi belgilengen.

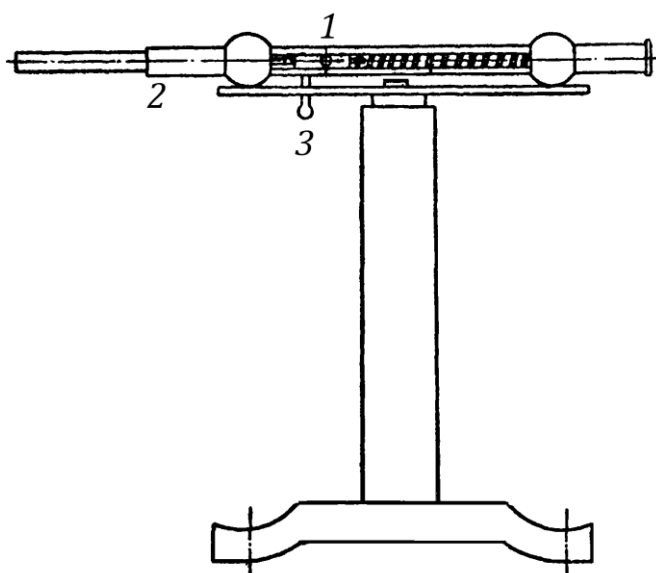


Snaryadti'n' mayatnikke soqli'g'i'si'wi'na "Snaryad-mayatnik" sistemasi'ndag'i' qozg'ali's mug'dari'ni'n' saqlani'w ni'zami'n qollani'w berilgen ma'seleni sheshiw ushi'n toli'q paydalani'w mu'mkin bolg'an usi'l boli'p tabi'ladi'. Biraq bul usi'l qozg'almaytug'i'n aylani'w ko'sherine iye bir qatti' dene menen ekinshi qatti' denenin' soqli'g'i'si'wi'n u'yreniw ushi'n paydalani'latug'i'n universalli'q usi'llardi'n' qatari'na kirmeydi.

Biz qarap ati'rg'an jag'dayda qozg'ali's mug'dari'ni'n' saqlani'w ni'zami'n paydalani'wdi'n' mu'mkinshiligi mayatniktin' si'zi'qli' o'lshemlerinin' jiptin' si'zi'qli' o'lshemlerine sali'sti'rg'anda a'dewir kishi ekenligi menen baylani'sli'. Sonli'qtan bul jag'dayda mayatnikti matematikali'q mayatnik si'pati'nda qarawg'a boladi' ha'm qozg'ali's mug'dari'ni'n' momentinin' saqlani'w ni'zami'ni'n' matematikali'q an'latpasi' qozg'ali's mug'dari'ni'n' saqlani'w ni'zami'ni'n' an'latpasi'na o'tedi.



1-su'wret.



2-su'wret.

Haqi'yqati'nda da snaryad-mayatnik sistemasi' ushi'n qozg'ali's mug'dari'ni'n' momentinin' saqlani'w ni'zami'

$$mvl = J\omega \quad (2)$$

tu'rinde jazi'ladi'. Bul an'latpada  $mvl$  arqali' snaryadti'n' mayatnikke uri'li'wg'a shekemgi qozg'ali's mug'dari'ni'n' momenti,  $J$  arqali' snaryad kelip uri'lg'an mayatniktin'  $O$  arqali' aylani'w ko'sherine sali'sti'rg'andag'i' inerciya momenti,  $\omega = v'/l$  arqali' mu'yeshlik tezlik belgilengen ( $l$  arqali' "mayatnik-snaryad" sistemasi'ni'n' salmaq orayi'nan jiptin' joqari'g'a iliniw noqati'na shekemgi qashi'qli'q belgilengen).

Ani'qlamasi' boyi'nsha

$$J = (M + m)l^2.$$

$J$  shamasi'ni'n' ma'nisi (2)-formulag'a qoysaq

$$mvl = (M + m)l^2 \frac{v'}{l} \text{ yamasa } mv = (M + m)v'$$

an'latpalari'na iye bolami'z. Bul an'latpalar qozg'ali's mug'dari'ni'n' saqlani'w ni'zami'n an'latadi'.

Uli'wma jag'dayda snaryad i'qti'yarli konfiguraciyalarg'a iye mayatnikke uri'lg'anda ma'seleni sheshiw ushi'n qozg'ali's mug'dari' momentinen paydalani'w kerek boladi'. Biraq qa'legen mayatnik ushi'n "soqqi' orayi'" dep atalatug'i'n oray bar. Bul oray mayatniktin' terbeliw orayi' menen sa'ykes keledi. Soqqi' berilgende mayatnik penen oni'n' ko'sheri arasi'nda hesh qanday ta'sir etisiw ori'n almaydi'. Snaryad terbeliw orayi'na kelip uri'lg'anda qozg'ali's mug'dari'ni'n' momentinin' saqlani'w ni'zami'n (2)-an'latpa tu'rinde jazi'w mu'mkin. Bunday jag'dayda  $l$  shamasi'  $O$  noqati' menen mayatniktin' terbeliw orayi' arasi'ndag'i' qashi'qli'q boli'p tabi'ladi'.

Eger  $M$  ha'm  $m$  massalari' menen  $v'$  tezligi ta'jiriybede ani'qlanatug'i'n bolsa, onda  $v$  tezligin (1)-an'latpa boyi'nsha esaplawg'a boladi'.  $M$  ha'm  $m$  massalari'n ta'rezinin' ja'rdeminde ani'qlanatug'i'nli'g'i' o'z-o'zinen tu'sinikli. Al  $v'$  tezligin to'mendegidey ko'z-qaraslardi'n' ja'rdeminde ani'qlaymi'z.

Soqqi'dan keyin mayatnik gorizont bag'i'ti'ndag'i' ko'sherdin' do'geresinde buri'ladi' ha'm oni'n' salmaq orayi'  $h$  biyikligine ko'teriledi. Soqqi'dan keyingi awhal ushi'n mexanikali'q energiyani'n' saqlani'w ni'zami' bi'layi'nsha jazi'ladi':

$$\frac{(M + m)v'^2}{2} = (M + m)gh.$$

Bunnan

$$v' = \sqrt{2gh} \quad (3)$$

an'latpasi'n alami'z.

$h$  shamasin mayatniktin' ten' salmaqli'q hali'na sa'ykes keliwshi ori'nnan awi'si'wi' boyi'nsha ani'qlaw mu'mkin (1-su'wret). Mayatnik ildirilgen jiptin' uzi'nli'g'i' bolg'an  $l_0$  shamasin berilgen shama dep esaplaymi'z.

Mayatniktin' salmaq orayi' menen ildiriw noqati' arasi'ndag'i' qashi'qli'qti' ja'ne de  $l$  arqali' belgileymiz. Bunday jag'dayda

$$h = l - l \cos \alpha = 2l \sin^2 \frac{\alpha}{2} \quad (4)$$

an'latpasi'na iye bolami'z. Bul an'latpada  $\alpha$  arqali' mayatniktin' ten' salmaqli'q hali'nan awi'si'w mu'yeshi belgilengen. O'z gezeginde  $\alpha$  nin' ma'nisi

$$tg \alpha = \frac{S}{R} \quad (5)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde de ani'qlani'wi' mu'mkin. Bul formulada  $S$  arqali' esaplaw ushi'n arnalg'an ramkani'n' jibinin' awi'si'wi', al  $R$  arqali' usi' ramkani'n' ildiriw (asi'w) noqati'na shekemgi qashi'qli'g'i' belgilengen.  $R = l + a$  ten'liginin' ori'nli' ekenligine itibar beremiz.

(1)-, (3)- ha'm (4)-formulalardi' esapqa ali'p snaryadti'n' ushi'w tezligi ushi'n en' aqi'rg'i' an'latpani' alami'z

$$v = \frac{M + m}{m} 2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \sqrt{gL}. \quad (6)$$

**O'lshever.** Da'slep snaryadlar menen mayatniktin' cilindr ta'rizli denesinin' massalari'n o'lsheydi. Massani'  $\pm 0,1$  g da'llikte o'lshever talap etiledi. Bunnan keyin mayatnikti jipke ildiredi. Jiplerdin' uzi'nli'g'i'n cilindr din' ko'sheri gorizont bag'i'ti'nda turatug'i'nday ha'm eki ildiriliw noqatlari'n tutastir'atug'i'n perpendikulyar bolatug'i'nday etip duri'slaydi'. Jiplerdin' buralmag'anli'g'i'na di'qqat awdari'w kerek. Mayatniktin' awi'si'wi'n o'lshever ushi'n arnalg'an shkala mayatniktin' ramkasi'nan 5-6 mm qashi'qli'qta ornati'ladi'. Mi'lti'qti' ati'w ushi'n tayarlaydi'. Oni'n' ushi'n 2-su'wrettegi ri'shagti' on' ta'reptegi en' shetki awhalg'a i'si'ri'p qoyadi'. Ati'lg'an snaryadti'n' tek mayatnikke bari'p uri'latug'i'nli'g'i'na ko'z jetkergennen keyin mi'lti'q ati'ladi'. Oni'n' ushi'n 3 kurogi' tarti'ladi'. Mayatniktin' awi'si'wi' shkaladan belgilenip ali'nadi'.

Ha'r bir snaryad keminde 5 ret ati'ladi' ha'm usi'g'an sa'ykes awi'tqi'wdi'n' 5 ma'nisi jazi'p ali'nadi'.

Ali'ng'an na'tiyjeler boyi'nsha awi'si'wdi'n' ortasha ma'nisi  $S$  ani'qlanadi'. (5) formula boyi'nsha  $\alpha$  shamasini'n' ma'nisi ani'qlanadi'. Bul mu'yeshitin' ma'nisi kishkene bolg'anli'qtan  $tga \approx sina \approx \alpha$  juwi'qlawi'nan paydalani'wg'a boladi'. Bul ma'nisti snaryadti'n' tezligin ani'qlaytug'i'n (6)-formulag'a qoyadi'.

Ta'jiriybelerdi keminde massalari' ha'r qi'yli' bolg'an 3 snaryad penen ori'nlaydi'.

Ali'ng'an na'tiyjeler 1-kestege jazi'ladi'.

1-keste.

$$M = \quad ; a = \quad ; l = \quad ; R = l + a = \quad ;$$

№	$S, \text{sm}$	$tga$	$\alpha, \text{grad}$	$v, \text{sm/s}$	$\Delta v, \text{sm/s}$	$\frac{\Delta v}{v} \cdot 100\%$
1						
2						
3						
4						
5						
Ort.						

### **14-sanli' laboratoriyali'q jumi's Aylani'wshi' ballastikali'q mayatniktin' ja'rdeminde snaryadti'n' ushi'w tezligin ani'qlaw**

**Kerekli materiallar:** 1) eksperiment o'tkeriletug'i'n du'zilis, 2) sekundomer, 3) santimetrlik si'zg'i'sh.

**Teoriyasi'.** Jumi'sti'n' maqseti aylani'wshi' ballastikali'q mayatniktin' ja'rdeminde snaryadti'n' tezligin ani'qlaw.

Snaryad kelip tiygennen keyin mayatnik o'zini' vertikal'q ko'sheri do'gereginde terbele baslaydi'. Eger qozg'ali'wshi' dene ushi'n payda bolatug'i'n su'ykelis ku'shinin' momentin esapqa almaytug'i'n bolsaq, onda eki saqlani'w ni'zami'nan paydalani'wg'a boladi'.

Soqqi'ni' toli'q serpimli emes dep esaplaytug'i'n bolsaq momentlerdin' saqlani'w ni'zami' tiykari'nda

$$mvl = (J_1 + ml^2)\omega \quad (1)$$

an'latpasi'n jazi'w mu'mkin. Bul an'latpada  $m$  arqali' snaryadti'n' massasi',  $v$  arqali' tezligi,  $l$  arqali' mayatniktin' aylani'w ko'sherinen snaryad kelip tiygen noqatqa shekemgi qashi'qli'q,  $J_1$  arqali' mayatniktin' inerciya momenti, al  $\omega$  arqali' oni'n' mu'yeshlik tezligi belgilengen.

Soqqi'dan keyingi jag'day ushi'n energiyani'n' saqlani'w ni'zami'

$$\frac{1}{2}(J_1 + ml^2)\omega^2 = \frac{1}{2}D\varphi^2 \quad (2)$$

an'latpasi'n beredi. Bul an'latpada  $\varphi$  arqali' mayatniktin' en' u'lken buri'li'w mu'yeshi, al  $D$  arqali' serpimli ku'shlerdin' turaqli'si' belgilengen.

Bul ten'lemelerden

$$v^2 = \frac{D\varphi^2}{m^2l^2}(J_1 + ml^2) \quad (3)$$

formulasi'n alami'z.

Snaryadti'n' inerciya momenti bolg'an  $ml^2$  shamasi'  $J_1$  den ko'p ese kishi bolg'anli'qtan (3)-ten'lemeni bi'layi'nsha ko'shirip jazami'z:

$$v^2 = \frac{D\varphi^2 J_1}{m^2l^2}. \quad (4)$$

To'mendegidey boljawlardi' qabi'l etemiz:

Snaryadti'n' mayatnikke ta'sir etiw waqi'ti' mayatniktin' terbelis da'wirinen ko'p ese kishi (yag'ni'y  $\tau \ll T$  ten'sizligi ori'nlanadi' dep esaplaymi'z,

Mayatniktin' awi'si'w mu'yeshi kishi ha'm  $5-6^\circ$  shamasinda (yag'ni'y  $\sin\alpha \approx \alpha$ ).

Bunday sharayatlarda ballastikali'q mayatniktin' qozg'ali's ten'lemesi

$$J_1\ddot{\alpha} = -D\alpha$$

tu'rine iye boladi'. Bul an'latpada  $\alpha$  arqali' mayatniktin' awi'si'w mu'yeshi, al  $\ddot{\alpha}$  arqali' oni'n' mu'yeshlik tezleniwi belgilengen. Bul ten'lemeni sheshiw terbelis da'wiri  $T_1$  ushi'n an'latpani'n' ali'ni'wi'na mu'mkinshilik beredi:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J_1}{D}}. \quad (5)$$

$D$  shamasin' joq etiw ushi'n bir qatar ilajlardi' isleymiz. Ju'kler arasi'ndag'i' qashi'qli'qti' o'zgartiw joli' menen mayatniktin' inerciya momentin' o'zgeritemiz:

$$\begin{cases} T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{J_1}{D}}, \\ T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{J_2}{D}}. \end{cases} \quad (6)$$

$$J_1 - J_2 = \Delta J. \quad (7)$$

Bul an'latpada  $T_2$  arqali' mayatniktin' inerciya momenti  $J_2$  shamasi'na ten' bolg'an jag'daydag'i' terbelis da'wiri,  $\Delta J$  arqali' inerciya momentlerinin' ayi'rmasi' belgilengen.

(6)-ten'leme

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{T_1^2}{T_2^2} \quad (8)$$

qatnasi'n beredi. Al (7)- ha'm (8)-ten'lemeler

$$J_1 = \frac{T_1^2}{T_1^2 - T_2^2} \Delta J \quad (9)$$

an'latpasi'n beredi.

(4)-, (5)- ha'm (9)-ten'lemeler bolsa

$$v_1 = \frac{2\pi\varphi}{ml} \frac{T_1}{T_1^2 - T_2^2} \Delta J \quad (10)$$

formulasi'n beredi.

$\Delta J$  shamasi'n Gyuygens-Shteyner teoremasi'n paydalani'p ani'qlawg'a boladi'. Bul teoremadan

$$J_1 = J_0 + 2MR_1^2, \quad (11)$$

$$J_2 = J_0 + 2MR_2^2 \quad (12)$$

an'latpalari'na iye bolami'z. Bul an'latpada  $J_0$  arqali' ju'klerden' salmaq orayi'  $C$  mayatniktin' aylani'w ko'sheri menen sa'ykes keletug'i'n jag'daydag'i' mayatniktin' inerciya momenti (1-su'wretke qaran'i'z),  $J_1$  arqali' eki ju'k te aylani'w ko'sherinen  $R_1$  kashi'qli'qta jaylasqandag'i',  $J_2$  arqali' eki ju'k te aylani'w ko'sherinen  $R_2$  qashi'qli'qta jaylasqandag'i' mayatniktin' inerciya momenti,  $M$  arqali' bir ju'ktin' massasi' belgilengen.

Meyli  $R_1 > R_2$  ten'sizligi ori'nlanatug'i'n bolsi'n. Bunday jag'dayda (11)-ha'm(12)-ten'lemelerden

$$J_1 - J_2 = \Delta J = 2M(R_1^2 - R_2^2) \quad (13)$$

an'latpasi'na iye bolami'z.

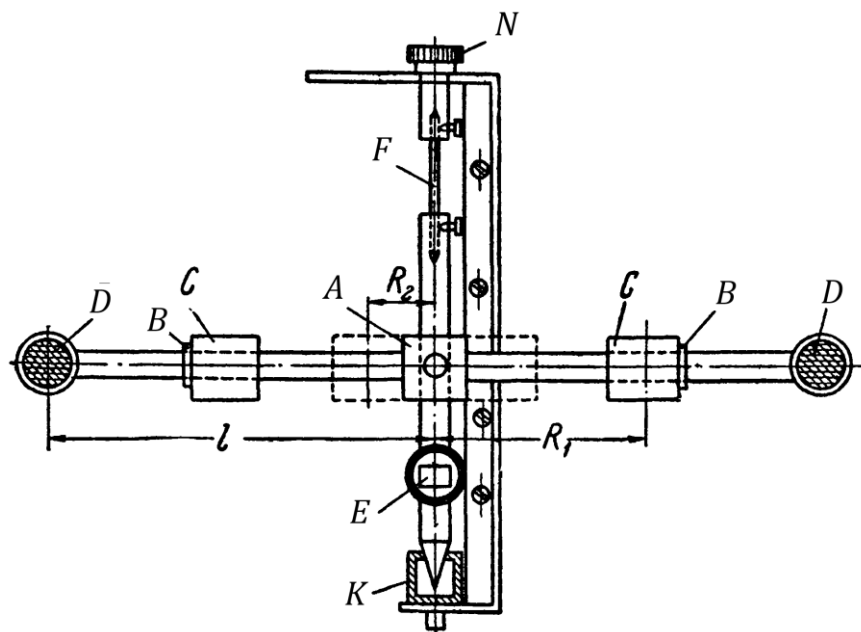
(10)- ha'm (13)-ten'lemeler bizge kerek bolg'an en' aqi'rg'i' an'latpani' beredi

$$v = \frac{4\pi\varphi M}{ml} \frac{T_1^2}{T_1^2 - T_2^2} (R_1^2 - R_2^2). \quad (14)$$

**Eksperimentalli'q du'zilisti ta'riyiplew.** Du'zilis aylani'wshi' mayatnikten ha'm pistoletten turadi'. Aylani'wshi' mayatnik  $A$  muftasi'ni'n' ja'rdeminde bekitilgen massasi' u'lken eki metall sterjenlerden turadi'.

*B* saqi'ynasi' menen *A* muftasi'ni'n' ortasi'nda gorizont bag'i'ti'ndag'i' sterjen boylap eki metall cilindr (ju'k) qozg'ala aladi'. Sterjennin' shetine jaqi'n ha'r qi'yli' ori'nlarda plastilin menen tolti'ri'lg'an *D* i'di'slari' bekitilgen.

Mayatniktin' buri'li'w mu'yeshin o'lshew ushi'n oni'n' vertikal bag'i'ttag'i' sterjenine shag'i'li'sti'ri'wshi' ayna *E* bekitilgen. Jaqti'rtqi'shtan shi'qqan jaqti'li'q da'stesi aynada shag'i'li'si'p shkala boylap qozg'aladi' (bul su'wrette ko'rsetilmegen).



1-su'wret.

Buri'li'w mu'yeshi  $\varphi$  din' shamasi' nurdi'n' shag'i'li'si'w ni'zami' tiykari'nda ani'qlanadi':

$$\varphi = \frac{1}{2} \frac{n}{L}$$

Bul formulada *L* arqali' aynadan shkaladag'i' shag'i'li'sqan nurdi'n' orni'na shekemgi qashi'qli'q, al *n* arqali' buri'li'wdi'n' saldari'nan shkalani'n' betindegi shag'i'li'sqan jaqti'li'q da'stesinin' basi'p o'tken shklani'n' bo'limlerinin' sani'.

Mayatnik kronshteynge *F* si'mi'ni'n' ha'm *K* podshipniginin' ja'rdeminde bekitilgen. Bul si'mni'n' burali'w deformatsiyasi' serpinli ku'shler momentin payda etedi. *N* golovkasi'n aylandi'ri'w arqali' mayatniktin' tegisligi kerek bolg'an awhalg'a keltiriledi.

Pistolet u'lken massag'a iye tiykarg'a bekitilgen metall nay-stvol boli'p tabi'ladi'. Bul naydi'n' jabi'q shetinde prujina ornati'lg'an boladi'. Snaryadti' nayg'a ornalasti'rg'anda prujina qi'si'ladi'. Snaryadti' o'z erkine qoyg'anda prujina sozi'ladi' ha'm snaryadti' ati'p jiberedi.

**O'lshewler.** O'lshewlerdin' barli'g'i' da uzi'nli'q penen waqi'tti' o'lshewlerge ali'p keledi. Snaryadti'n' ha'm cilindrindin' massalari' belgili). Eki cilindrde saqi'ynalarg'a tiyetug'i'nday etip ji'li'sti'ri'wdan baslaydi'.  $R_1$  shamasi', yag'ni'y mayatniktin' ko'sheri menen cilindrlerdin' birewinin' ortasi'na shekemgi arali'q o'lshenedi. Soni'n' menen birge mayatniktin' ko'sheri

menen plastilin sali'ng'an i'di'slardi'n' birewinin' ortasi'na shekemgi qashi'qli'q bolg'an  $l$  shamasi' da o'lshenedi. Bunnan keyin mayatnik penen pistoletti to'mendegi sha'rtler ori'nlanatug'i'nday etip jaylasti'radi':

Aynadan shag'i'li'sqan nur shkalani'n' ortasi'nda turi'wi' kerek.

Pistolettin' stvoli'ni'n' bag'i'ti' mayatniktin' gorizont bag'i'ti'ndag'i' sterjenine perpendikulyar jaylasqan boli'wi' tiyis.

Pistolettin' stvoli'ni'n' ushi' i'di'stag'i' plastilinnin' betinen 2-3 sm qashi'qli'qta jaylasqan boli'wi' kerek. Bul operaciyani' ori'nlaw ushi'n mayatniki buri'w ( $N$  golovkasi'n aylandi'ri'w joli' menen a'melge asi'ri'ladi') ha'm stol boyi'nsha erkin qozg'ala alatug'i'n pistoletti duri's jaylasti'ri'w kerek boladi'.

Ayna menen aynada shag'i'li'si'p shkalag'a kelip tu'sken nur arasi'ndag'i' qashi'qli'q  $L$  di santimetrli si'zg'i'shti'n' ja'rdeminde o'lsheydi. Bunnan keyin snaryadti' atadi' ha'm pistoletti bir ta'repke i'si'ri'p qoyi'p  $n$  shamasi'n o'lsheydi (bul shkaladag'i' nurdi'n' ten' salmaqli'q haldan awi'si'wi'ni'n' en' u'lken ma'nisin beredi).

Terbelis da'wirin o'lshe'w ushi'n sekundomerdi iske qosadi'. Mayatnik 10 ret toli'q terbelgennen keyin sekundomerdi toqtatadi' ha'm da'wirdin' shamasi'ni'n' ortasha arifmetikali'q ma'nisi esaplanadi'.

Mayatniktin' inerciya momentin kishireytip (cilindrni muftag'a jaqi'n ji'li'sti'ri'p)  $R_2$  shamasi'n o'lsheydi. Bul shama mayatniktin' ko'sheri menen cilindrlerdin' birewinin' ortasi'na shekemgi qashi'qli'q boli'p tabi'ladi'.

$T_2$  da'wirin o'lshe'w ushi'n pistoletten ja'ne snaryad ati'ladi' (shkaladag'i' aynada shag'i'li'sqan nurdi'n' qanday shamag'a ji'li'sqanli'g'i'n o'lshe'wdin' keregi joq).  $T_2$  shamasi'n o'lshe'w di de  $T_1$  shamasi'n o'lshe'gendey jol menen ali'p baradi'.

(14)-formulani'n' ja'rdeminde snaryadti'n' tezligi ani'qlanadi'.

Snaryadti'n' uri'li'wi' waqti' bolg'an  $\tau$  shamasi'ni'n' ma'nisin juwi'q tu'rde ani'qlaw ushi'n shtangencirkuldin' ja'rdeminde snaryadti'n' plastilinge kiriwinin' uzi'nli'g'i' bolg'an  $d$  shamasi' o'lshe'nedi ha'm bunnan keyin

$$\tau = \frac{d}{\tilde{v}}$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlaydi'. Bul formulada  $\tilde{v} = v/2$  arqali' plastilindagi snaryadti'n' qozg'ali'wi'ni'n' ortasha tezligi belgilengen.

$\tau$  ha'm  $T_1$  shamalari'n' sali'sti'ri'w mayatniktin' ballastikali'q mayatnik ekenligine iseniwge mu'mkinshilik beredi.

Barli'q o'lshe'wlerdi keminde 5 ret ori'nlaw ha'm o'lshe'wip ati'rg'an shamani'n' ortasha arifmetikali'q ma'nisinen paydalani'w kerek.

Snaryadti'n' ushi'w tezligin kinematikali'q usi'ldi'n' ja'rdeminde de o'lshe'w mu'mkin. Koordinata basi'n snaryadti'n' pistoletten ushi'p shi'g'i'w noqati'na ornalasti'rami'z.  $x$  ko'sherin gorizont bag'i'ti'nda snaryadti'n' ushi'w bag'i'ti'na parallel etip, al  $y$  ko'sherin vertikal bag'i'tta to'menge qarap ju'rgizemiz.

Su'ykelis ku'shlerin esapqa almasaq snaryadti'n' qozg'ali's ten'lemesin bi'layi'nsha jaza alami'z:

$$x = vt, \quad y = \frac{1}{2}gt^2.$$

Bul an'latpada  $v$  arqali' snaryadti'n' tezligi,  $g$  arqali' erkin tu'siw tezleniwi, al  $t$  arqali' waqi't belgilengen.

Bul ten'lemeler

$$v = x \sqrt{\frac{1}{2} \frac{g}{y}}$$

ten'lemesin beredi.

$x$  penen  $y$  lerdi ani'qlaw ushi'n to'mendegidey operaciyalardi' ori'nlaydi'. Pistoletti stoldi'n' mu'yeshine jaylasti'radi', pistolettin' stvoli'n stol boylap bag'i'tlaydi'. Stoldi'n' u'stinde snaryadti'n' ushi'w tegisliginde santimetrli bo'leklerge bo'lingen uzi'n si'zg'i'shti' ornalasti'radi'. Bunnan keyin snaryad ati'ladi' ha'm snaryadti'n' si'zg'i'shqa kelip tu'sken orni' boyi'nsha ushi'w uzaqli'g'i'n, yag'ni'y  $x$  shamasini' ani'qlaydi'. Bunday ta'jiriybeni keminde on ret o'tkerip, ali'ng'an shamalardi'n' arifmetikali'q ortashasi'n ali'w kerek boladi'.

$y$  tin' shamasini' (snaryadti'n' qulap tu'siw biyikligi) millimetrli bo'limlarga bo'lingen si'zg'i'sh penen o'lsheydi.

Kinematikali'q usi'ldi'n' ja'rdeminde ali'ng'an snaryadti'n' tezligi o'lshevlardi turpayi' tu'rdegi qa'teler jiberilmegen jag'dayda dinamikali'q usi'l menen ali'ng'an tezliktin' shamasini'na jaqi'n boli'wi' kerek.

1-keste.

$$M = \quad , \quad R = \quad .$$

Nº	$m, g$	$n$	$L, sm$	$T_1, s$	$T_2, s$	$v, sm/s$	$\Delta v, sm/s$	$\frac{\Delta v}{v} 100\%$
1								
2								
3								
4								
5								
Ort.								

### Qadag'alaw ushi'n sorawlar

1. Impulstin' saqlani'w ni'zami'n ayti'p berin'iz.
2. Noqatqa sali'sti'rg'andag'i' impuls momentinin' ani'qlamasini' berin'iz.
3. Impuls momentinin' saqlani'w ni'zami'n ayti'p berin'iz.
4. Mexanikalik energiyani'n' saqlani'w ni'zami'n ayti'p berin'iz.
5. Soqqi' orayi' degenimiz ne?
6. Eger mayatniktin' denesini'n' massasi' snaryadti'n' massasi'na sali'sti'rg'anda 100 ese u'lken bolg'an tutas cilindrdan ibarat bolsa soqqi' orayi'ni'n' qaysi' ori'nda ornalasqanli'g'i'n ani'qlan'i'z.



## **15-sanli' laboratoriyali'q jumi's**

### **Sestin' hawada tarqali'w tezligin, tolqi'n uzi'nli'g'i'n ha'm hawa bag'anasi'ni'n' menshikli terbelis jiyiligin ani'qlaw**

**Jumi'sti'n' maqseti:** terbelmeli qozg'ali's ha'm ses tolqi'nlarini' haqqi'ndag'i' teoriyali'q bilimlarni' bekkemlew, sestini' tolqi'n uzi'nli'g'i'n ha'm tarqali'w tezligin, hawa bag'anasi'ni'n' menshikli terbelis jiyiligin ta'jiriybede ani'qlaw.

#### **1-usi'l. Sestin' hawada tarqali'w tezligin ha'm hawa bag'anasi'ni'n' menshikli terbelis jiyiligin ani'qlaw**

**Teoriyali'q bo'lim.** Tolqi'nli'q process haqqi'nda ga'p etkende terbelislerdin' serpimli ortali'qlardag'i' tarqali'wi' na'zerde tuti'ladi'. Zatlarni' bizge belgili bolg'an u'sh agregat hallari'ni'n' barli'g'i' da serpimli ortali'qlar boli'p tabi'ladi'. Gazlerde terbelisler boyli'q tolqi'nlar tu'rinde tarqaladi'. Sonli'qtan ses tolqi'nlarini' da boyli'q tolqi'nlar boli'p tabi'ladi'. Al qatti' denelerde bolsa mexanikali'q tolqi'nlar qatari'na kiriwshi ses tolqi'nlarini' boyli'q ha'm ko'ldenen' tolqi'nlar tu'rinde tarqali'wi' mu'mkin.

Ses tolqi'nlarini'n' spektrindeki terbelislerdin' jiyiligi boyi'nsha to'mendegidey tolqi'nlar diapazonlarini' ayiri'p ko'rsetiw mu'mkin:

№	Sesler	Jiyiligi $f$ , Gc
1	Infrasesler	$0 \leq f \leq 20$
2	A'piwayi' sesler	$2 \cdot 10^1 \leq f \leq 2 \cdot 10^4$
3	Ultrasesler	$2 \cdot 10^4 \leq f \leq 2 \cdot 10^9$
4	Gipersesler	$10^9 \leq f \leq 10^{13}$

Jiyiligi 20 Gc ten  $2 \cdot 10^4$  Gc ke shekemgi tolqi'nlar adamlarni'n' esitiw organi'nda (qulag'i'nda) ses sezimin payda etedi.

Tolqi'nni'n' jiyiligi  $v$  menen tolqi'nni'n' uzi'nli'q  $\lambda$  shamalari' arasi'nda to'mendegidey baylani's ori'n aladi':

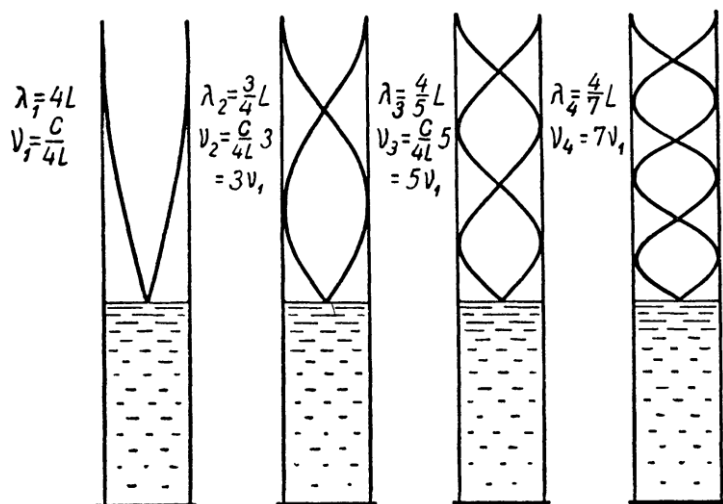
$$v = v\lambda. \quad (1)$$

Bul an'latpada  $v$  arqali' tolqi'nni'n' ortali'qtag'i' tarqali'w tezligi belgilengen.

Sestini' ortali'qtag'i' tarqali'w tezligin ani'qlaw ushini' sestini' jiyiligi menen sol jiyilikke sa'ykes keliwshi tolqi'nni'n' uzi'nli'g'i'n o'lsheniw kerek. Sestini' tolqi'n uzi'nli'g'i'n o'lshew ushini' akustikali'q rezonans qubi'li'sini' paydalani'wg'a boladi'.

Bizge bir ushi' jabi'lg'an, al ekinshi ushi' ashii'q shiyshe nay berilgen bolsini' (1-su'wret). Eger bul naydini' ashii'q ushina ses deregin (mi'sali' telefoni') ali'p kelip, naydini' ishinde ses tolqi'nlarini' payda etilse naydag'i' hawa bag'anasi' da usi' sestini' ta'sirinde terbele baslaydi'. Usini'n' na'tiyjesinde hawa bag'anasi'ni'n' menshikli terbelis jiyiligi menen sestini' jiyiligi birdey bolg'anda

rezonans qubi'li'si' ju'zege keledi. Hawa bag'anasi'ni'n' terbelisinin' menshikli terbelis jiyiligi bolg'an  $v_n$  shamasi' hawa bag'anasi'ni'n' uzi'nli'g'i'  $L$  menen sestin' hawadag'i' tarqali'w tezligi  $v$  shamalari'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Hawa bag'anasi'ni'n' terbelislerinin' menshikli jiyiligi to'mendegi ten'lemenin' ja'rdeminde esaplanadi':



1-su'wret

$$v_n = \frac{vn}{4(L + 0,8R)}. \quad (2)$$

Bul an'latpada  $n = 1, 3, 5, \dots$ , al  $L$  hawa bag'anasi'ni'n' uzi'nli'g'i',  $R$  hawa bag'anasi'ni'n' radiusi' (naydi'n' radiusi'). Eger  $L \gg R$  ten'sizligi ori'nlanatug'i'n bolsa, onda (2)-an'latpani' to'mendegi tu'rge keltiriw mu'mkin:

$$v_n = \frac{v}{4L} \cdot n. \quad (2)$$

Rezonans qubi'li'si' ju'z bergen waqi'tta hawa bag'anasi'ni'n' uzi'nli'g'i' boyi'nda (ani'g'i'rag'i'  $L + 0,8R$  shamasi'na ten' uzi'nli'qta) tolqi'n uzi'nli'g'i'ni'n' taq sandag'i' sherek bo'limi jaylasadi'. Demek bul jag'dayda

$$n \frac{\lambda}{4} = L + 0,8R \quad (3)$$

an'latpasi'na iye bolami'z.

$n$  shamasi'ni'n' ma'nisin o'zgartiw arqali' (3)-sha'rt ori'nlanatug'i'n jag'daylardin' barli'g'i'nda da hawa bag'anasi'ni'n' uzi'nli'g'i' o'zgeriske ushi'raydi'. Rezonans baqlanatug'i'n hawa bag'anasi'ni'n' biyikliklerinin' en' kishi ayi'rmasi' tolqi'n uzi'nli'g'i'ni'n' yari'mi'na ten'. Tap usi' qa'siyet ses tolqi'ni'ni'n' uzi'nli'g'i'n ani'qlaw ushi'n paydalani'ladi'. Buni'n' ushi'n (3)-an'latpani'  $\lambda$  g'a qarata sheshemiz:

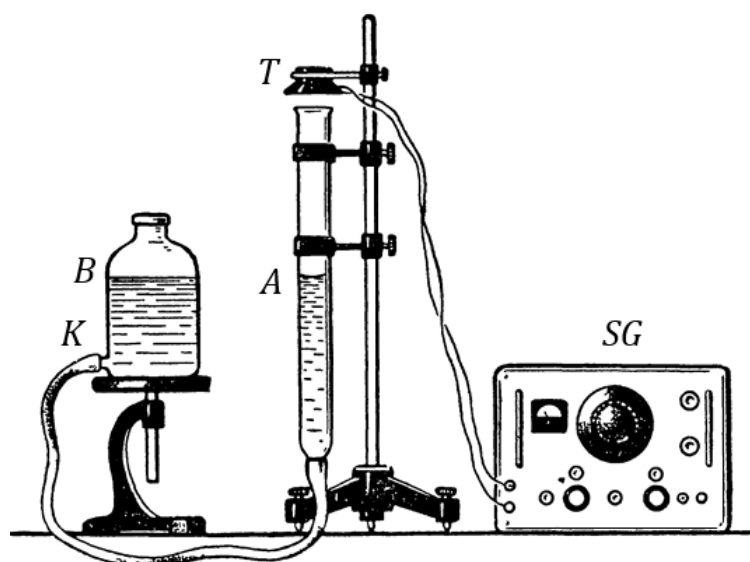
$$\lambda = \frac{4(L + 0,8R)}{n} \quad (4)$$

**Ekspirimentalli'q du'zilis penen o'lshewler metodikasi'.** Du'zilis 2-su'wrette ko'rsetilgen ha'm ol suwg'a toltiri'lg'an i'di's penen rezinka nay menen tutasti'ri'lg'an shiyshe cilindrden turadi'. I'di'sti' ko'teriw ha'm

to'menge tu'siriw joli' menen hawa bag'anasi'ni'n' uzi'nli'g'i'n o'zgeritiw mumkin. Ses deregi si'pati'nda telefoni' bar ses generatori' qollani'ladi'. Ses generatori' ses jiyiligindegi elektromagnit terbelislerin payda etedi. Bul elektromagnit terbelisleri telefonni'n' ja'rdeminde mexanikali'q terbelislerge aylandi'ri'ladi'. Telefonni'n' membranasi'nan keletug'i'n ses tolqi'ni' ha'm suw betinen shag'i'li'sqan ses tolqi'ni' suw u'stindegi hawa bag'anasi'nda interferenciya'g'a ushi'raydi'. Eger hawa bag'anasi'na taq sandag'i' sherek tolqi'n uzi'nli'g'i' jayg'asatug'i'n bolsa, onda bag'anada turg'i'n tolqi'n payda boladi'. Bul turg'i'n tolqi'nni'n' tu'yini suwdi'n' betinde, al eki tu'yinnin' da'l ortasi' oblasti' (bul oblastta bo'lekshelerdin' awi'si'wi' menen tezlikleri maksimalli'q ma'niske jetedi) cilindr'din' ashi'q betinde jaylasadi'. Usi'nday jag'day ju'zege kelgende cilindr ishindegi hawa bag'anasi' intensivli tu'rde ses shi'g'aradi'. Demek bul jag'dayda qorshag'an ortali'qqa energiyani' beriw ushi'n en' uti'mli' sharayat ju'zege keledi. Cilindrdegi suwdi'n' qa'ddi o'zgergende ses ha'lsireydi. Eger cilindrdegi suwdi'n' qa'ddi ja'ne de yari'm tolqi'n uzi'nli'g'i'na o'zgeritse, onda hawa bag'anasi'ni'n' uzi'nli'g'i'na ja'ne de taq dana sherek tolqi'n uzi'nli'g'i' jaylasadi'. Membranani'n' terbelislerinin' jiyiligin bilip ha'm yari'm tolqi'n'lardi'n' uzi'nli'qlari'n o'lshep (bul uzi'nli'q sestin' izbe-iz ku'sheyiwini'n' eki maksimumi' arasi'ndag'i' qashi'qli'qqa ten') hawadag'i' ses tolqi'n'lari'ni'n' tezligin esaplaw qi'yi'n emes.

Ses generatori' jiyiligi adam qulag'i' esitetug'i'n ses intervali'ndag'i' elektromagnitlik terbelislerdi payda etedi (yag'ni'y 20 Gc ten 20000 Gc ke shekemgi intervadag'i' terbelislerdi payda etedi).

2-su'wret.



**Kerekli a'sbap ha'm materiallar:** 1) ses generatori', 2) cilindr ta'rizli shiyshe nay, 3) kolba, 4) stol, 5) shtativ, 6) rezina naylar, 7) telefon.

**A'sbapti'n' xarakteristikasi.** SG ses generatori'ni'n' klemmalari'na T telefon si'mlari' jalg'ang'an. T telefon A shiyshe naydi'n' ashi'q ushi'na 2-su'wrette ko'rsetilgende y e'tip shtativtin' ja'rdeminde ornati'ladi'. A naydi'n' asti'ng'i' tiykari' rezinka nay ja'rdeminde suw quyil'atug'i'n B i'di'si' menen

tutasti'ri'lg'an. Bul  $B$  i'di'sti' joqari'g'a ko'teriw yamasa to'menge tu'siriw joli' menen  $A$  shiyshe naydag'i' hawa bag'anasi'ni'n' biyikligin o'zgartiw mu'mkin.  $SG$  ses generatori' ses jiyiligindegi elektromagnit terbelislerin payda etedi.  $T$  telefon bolsa oni' mexanikal'q terbelislerge aylandi'radi'.  $T$  telefoni' membranasi'nan tarqali'p ati'rg'an ses tolqi'nlari' menen shiyshe nay ishindegi suw betinen keru bag'i'tta shag'i'li'si'w'di'n' na'tiyjesinde qaytqan tolqi'n suw bag'anasi' ishinde interferenciyag'a ushi'raydi'. Na'tiyjede shiyshe nay ishindegi hawa bag'anasi' intensivli tu'rde ses shi'g'ara baslaydi'.

Shiyshe naydag'i' suyi'qli'q bag'anasi' o'zertirilse sestin' intensivligi to'menleydi. Eger suw'di'n' qa'ddin o'zgartiw dawam ettirilse ha'm hawa bag'anasi'ni'n' belgili bir uzi'nli'g'i'nda sestin' intensivligi ja'ne de ku'sheyip, maksimal'q ma'niske jetedi. Bunday jag'dayda da hawa bag'anasi'ni'n' boyi'nda taq san eselengen sherek tolqi'n uzi'nli'g'i' jaylasadi'. Ses deregi ta'repinen payda etilip ati'rg'an jiyilikti ja'ne sestin' intensivliklerinin' eki izbe-iz maksimumlari' arasi'n (bul arali'q  $\lambda/2$  tolqi'n uzi'nli'g'i'na ten') biliw arqali' sestin' hawadag'i' tarqali'w tezligin esaplaw mu'mkin.

### Jumi'sti'n' ori'nlan'w ta'rtibi

1. 2-su'wrette ko'rsetilgen eksperimentalli'q du'zilis ji'ynaladi'.
2.  $B$  i'di'sqa suw quyi'li'p, bul i'di'sti' joqari'g'a ko'teriw joli' menen shiyshe naydag'i' suyi'qli'q bag'anasi'ni'n' biyikligi, usi'g'an sa'ykes hawa bag'anasi'ni'n' uzi'nli'g'i' o'zgartiriledi.
3.  $SG$  ses generatori'ni'n' ja'rdeminde  $\nu = 300$  Gc jiyiliktegi ses terbelisleri payda etiledi.
4.  $A$  i'di'stag'i' suyi'qli'q bag'anasi'ni'n' biyikligin o'zgartiw arqali' birinshi maksimumge (ses ku'sheygen ori'ng'a) sa'ykes keletug'i'n  $L_1$  ani'qlanadi'. Bunnan keyin suyi'qli'q bag'anasi'ni'n' biyikligin ja'ne o'zgerite oti'ri'p ekinshi maksimumge sa'ykes keliwshi  $L_2$  ani'qlanadi'.
5. Ali'ng'an na'tiyjeler boyi'nsha  $L_1 - L_2 = \Delta L = \lambda/2$  shamas'i' esaplanadi'.
6. Ali'ng'an na'tiyje boyi'nsha  $\nu = 2\Delta L\nu$  formulasi'ni'n' ja'rdeminde tezlik  $\nu$  ni'n' ma'nisi esaplanadi'. Bunnan keyin (2)-formula boyi'nsha ( $\nu_n = \frac{\nu}{4L} \cdot n$ ) hawa bag'anasi'ni'n' terbelislerinin' menshikli jiyiligi  $\nu_n$  shamas'i' tabi'ladi'.
7. Sestin' jiyiligin shama menen 400 Gc, 500 Gc, 600 Gc shamalari'na o'zgartirip, ha'r bir jag'day ushi'n 4-, 5- ha'm 6-punktlerde ayti'li'p o'tilgen ta'jiriybeler qaytalanadi'.
8. Ha'r bir ta'jiriybe keminde 5 ret ta'kirarlanadi'.
9. O'lshew ha'm esaplaw na'tiyjeleri 1-kestege jazi'ladi'.

1-keste

№	$\nu_n$ , Gc	$L_1$ , m	$L_2$ , m	$\Delta L$ , m	$\nu$ , m/s	$\Delta\nu$ , m/s	$E = \frac{\Delta\nu}{\nu} \cdot 100\%$
1							

2							
3							
4							
5							
Ort.							

## 2-shi'ni'g'i'w.

### Sestin' hawada tarqali'w tezligin ha'm tolqi'n uzi'nli'g'i'n cilindr ishindegi hawa bag'anasi'ni'n' rezonansi' usi'li'ni'n' ja'rdeminde o'lshe'w

Meyli bizge ishinde porshen ornati'lg'an bir ushi' ashi'q  $A$  nay ha'm ses deregi bolg'an  $K$  kamertoni' berilgen bolsi'n (3-su'wret). Kamertonnan shi'g'atug'i'n jiyilik  $v$  de belgili bolsi'n. Bunday jag'dayda  $v = \nu \cdot \lambda$  formulasi'ni'n' ja'rdeminde sestin' hawadag'i' tarqali'w tezligin ani'qlaw ushi'n sestin'  $\lambda$  tolqi'n uzi'nli'g'i'n tabi'w za'ru'rli'gi payda boladi'.

Kamertonnan tarqali'p ati'rg'an ses tolqi'nleri' a'tiraptag'i' hawa bo'lekshelerin (molekulalari'n)  $v$  jiyiligindegi terbelmeli qozg'ali'sqa keltiredi ha'm bul terbelmeli qozg'ali's ses tolqi'nleri' tu'rinde tarqaladi'. Eger 3-su'wrette ko'rsetilgen  $D$  tutqasi'n a'ste-aqi'ri'nli'q penen iytersek naydin' ishindegi hawa bag'anasi'nda turg'i'n ses tolqi'nleri' payda boli'p, interferenciya qubi'li'si' ju'zege keledi. Na'tiyjede sestin' ku'she'yiwin yamasa ha'lsirewin baqlaymi'z. Sestin' intensivliginin' maksimumi'na sa'ykes keliwshi porshennin' beti menen naydi'n' ushi'na shekemgi qashi'qli'qti'  $L_1$  arqali' belgileymiz. Kelesi maksimumg'a sa'ykes keliwshi tap usi'nday qashi'qli'qti'  $L_2$  arqali' belgilewimiz kerek.  $L_1$  shamasi' tolqi'n uzi'nli'g'i'ni'n' yari'mi'na, al  $L_2$  bolsa tolqi'n uzi'nli'g'i'ni'n'  $\frac{3}{2}$  bo'legine ten' boladi'.  $L_2 - L_1$  ayi'rmasi' bolsa bir turg'i'n tolqi'nni'n' uzi'nli'g'i'na ten'. Biraq sestin' tezligin ani'qlaw ushi'n bir turg'i'n tolqi'n uzi'nli'g'i'n emes, al eki turg'i'n tolqi'n uzi'nli'g'i'na ten' uzi'nli'qti' biliw kerek (bunday tolqi'ndi' a'dette o'tkinshi tolqi'n dep te ataydi'). Bul shamani'

$$\lambda = 2(L_2 - L_1) \quad (5)$$

yamasa

$$\lambda = L_1 + L_2 \quad (6)$$

formulalari'ni'n' ja'rdeminde esaplaw mu'mkin.

O'tkinshi tolqi'nni'n' uzi'nli'g'i'n da'lirek esaplaw ushi'n ko'pshilik jag'daylarda

$$\lambda = \frac{3L_2 - L_1}{2} \quad (7)$$

an'latpasi'nan paydalanadi'. Bul formula (5)- ha'm (6)-formulalardan kelip shi'qpaydi'.



3-su'wret.

(7)-formulani' (1)-formulag'a qoyi'p bizge kerek bolg'an

$$v = \frac{3L_2 - L_1}{2} v \quad (8)$$

an'latpasi'na iye bolami'z.

Biz joqari'da keltirgen an'latpalardi' temperatura  $0^{\circ}\text{S}$  bolmag'an jag'daylar ushi'n ali'nbag'anli'g'i'n eske tu'siremiz. Al dawi'sti'n'  $0^{\circ}\text{S}$  temperaturadag'i' tezliginin' ma'nisi bolg'an  $v_0$  shamasi'n ani'qlaw ushi'n a'dette

$$v_0 = \frac{v_t}{\sqrt{1 + \alpha t}} \quad (9)$$

formulasi'nan paydalanadi'. Bul formulada  $v_t$  arqali' sestin' temperatura tshamasi'na ten' bolg'andag'i' tezligi belgilengen.  $\alpha = \frac{1}{273} \text{ grad}^{-1}$ .

**Kerekli a'sbap ha'm materiallar:** 1) porshenli nay, 2) shama menen 440 Gc jiyilikte terbeletug'i'n kamerton, 3) kamertondi' terbeliske keltiriw ushi'n qollani'latug'i'n balg'a, 4) uzi'nli'g'i' 1 m bolg'an masshtabli' si'zg'i'sh.

**A'sbapti'n' xarakteristikasi'.** A'sbap diametri shama menen 40-50 mm ha'm uzi'nli'g'i' 900 mm bir ushi' ashi'q, juqa diywalg'a iye cilindr ta'rizli A nayi'nan ibarat (3-su'wret). Bul naydi'n' diywallari'ni'n' mo'ldir boli'wi' sha'rt emes. Cilindrdin' ishinde D tutqasi' bar qozg'alatug'i'n P porshen jaylasqan.

#### Jumi'sti' ori'nlaw ta'rtibi.

1. Joqari'da atap o'tilgen nay ali'nadi'. Oni'n' ashi'q ushi'ni'n' aldi'na shtativke bekkemlengen jiyiligi  $v_1$  shamasi'na ten' kamerton ornati'ladi'. Kamertonni'n' shaqalari' naydi'n' ko'sherinin' qa'ddinde jaylasqan boli'wi' kerek.

2. D tutqasi'n 15 sm shamasi'na ji'lji'ti'p nayda hawa bag'anasi' payda etiledi. Bunnan keyin kamertondi' terbeliske keltirgennen keyin D tutqasi' ja'ne de a'stelik penen qozg'ali'sqa keltiriledi ha'm sestin' intensivliginin' ku'sheyiwi menen kishireyiwi baqlanadi'. Rezonans qubi'li'si' ju'zege kelgende sestin' intensivligi maksimalli'q ma'niske iye boladi' ha'm usi' halda porshen toqtati'ladi'. Sa'ykes keliwshi  $L_1$  hawa bag'anasi'ni'n' uzi'nli'g'i' o'lshenedi.

3. Nay mo'ldir bolmag'an jag'dayda porshennin' qanday ori'nda turg'anli'g'i'n ko'riw mu'mkinshiligi bolmaydi'. Sonli'qtan hawa bag'anasi'ni'n' uzi'nli'g'i'n o'lshew ushi'n 3-su'wrette ko'rinip turg'ani'nday cilindrlik naydi'n' jabi'q ushi'nan D tutqag'a shekemgi qashi'qli'q ha'm oni'  $L_1$  arqali' belgileydi.

4.  $L_2$  shamasi'n da, yag'ni'y ses ekinshi ret ku'sheyetug'i'n noqattan naydi'n' ashi'q ushi'na shekemgi hawa bag'anasi'ni'n' uzi'nli'g'i'n 2-, 3-punktlerde ayti'lg'an ta'rtipte ani'qlaydi'.

5. Sestin' deregi bolg'an kamertonni'n' menshikli terbelis jiyiligi oni'n' betinde jazi'lg'an boladi'. Endi menshikli terbelis jiyiligi  $v_2 = 740 \text{ Gc}$  bolg'an

ekinshi kamertondi' ali'p 1-5 punktlerde ayti'p o'tilgen ta'jiriybeler ja'ne de ta'kirarlanadi'.

6. (8)- ha'm (9)- formulalar ja'rdeminde sestin'  $t^{\circ}\text{C}$  ha'm  $0^{\circ}\text{C}$  temperaturalardag'i' tezlikleri esaplanadi'.

7. Ta'jiriybe en' keminde 5 ret ta'kirirlanadi'. O'lshe'w ha'm esaplaw na'tiyjeleri 2-kestege jazi'ladi'.

2-keste

N <sup>o</sup>	$v_n,$ $\text{s}^{-1}$	$L_1,$ $\text{m}$	$L_2,$ $\text{m}$	$v_t,$ $\text{m/s}$	$\Delta v_t,$ $\text{m/s}$	$\frac{\Delta v_t}{v_t}$ $\cdot 100\%$
1						
2						
3						
4						
5						
Ort						

## Sorawlar

1. Sestin' tezligi menen temperatura arasi'nda qanday baylani's bar?
2. Sestin' "intensivligi" dep aytqanda neni tu'siniw kerek ha'm sestin' intensivligi nelerden g'a'rezli?
3. Paydalani'lg'an du'zilistegi cilindr'din' ishindegi "yari'm tolqi'nni'n' jog'ali'wi'" qubi'li'si'n qalay tu'sindiriw kerek?
4. Qanday ses terbelislerin tiykarg'i' ton, al qanday ses terbelislerin garmonikali'q abertonlar dep ataydi'?
5. Tolqi'nlar'din' interferenciyasi' ushi'n qanday sha'rtlerdin' ori'nlani'wi' kerek?
6. Qanday tolqi'nlar'din' boyli'q, al qanday tolqi'nlar'din' ko'ldeneni' tolqi'nlar dep ataydi'?
7. Laboratoriyali'q jumi'sta qanday tolqi'nlar menen islestin'iz: boyli'q tolqi'nlar menen be, ko'ldeneni' tolqi'nlar menen be, tegis tolqi'nlar menen be yamasa sferali'q tolqi'nlar menen be?

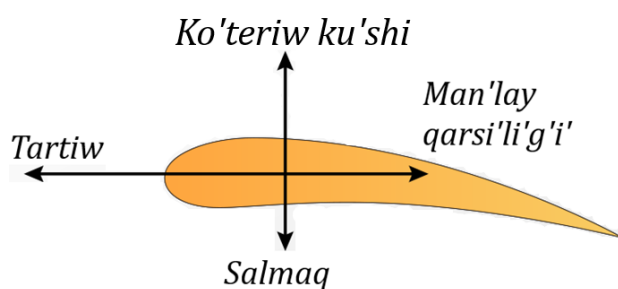
## 16- sanli' laboratoriyali'q jumi's Aerodinamika ni'zamlari'n u'yreniw

**Jumi'sti'n' maqseti** su'yir formali' denelerdin' polyarasi'n ali'wdan ibarat.

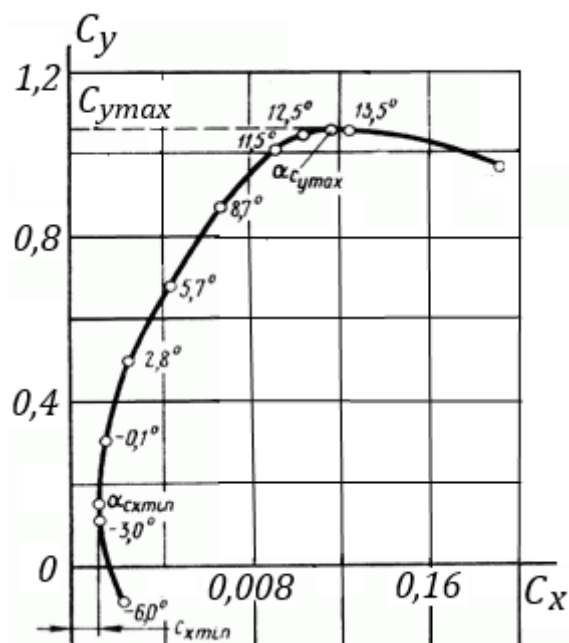
**Polyara** dep ha'r qi'yli' hu'jim mu'yeshlerindegi ko'teriw ku'shi koefficientinin' man'lay qarsi'li'g'i'nan g'a'rezligin sa'wlelendiretug'i'n diagrammag'a aytami'z. Iymekliktin' ha'r bir noqati' hu'jim mu'yeshinin' belgili

bir shamasina sa'ykes keledi (4-su'wret). Mu'yeshtin' shamasini grafikte parametr tu'rinde belgilenedi.

Fizikali'q ma'nisi boyi'nsha joqari'da aytilg'an g'a'rezlikti polyar koordinatalar sistemasi'nda u'yrogen qolayli'. Bunday jag'dayda radialli'q koordinata aerodinamikali'q ob'ektke ta'sir etetug'i'n toli'q aerodinamikali'q ku'shke tuwri' proporcional, al polyar mu'yeshinin' tangensi aerodinamikali'q sapa  $K$  shamasina ten'.



1-cu'wret. Samoletti'n' qanati'na ta'sir etetug'i'n ku'shler.



2-su'wret. Samoletti'n' qanati' ushi'n du'zilgen polyara.

**Jumi'sti'n' teoriyali'q tiykarlari'.** Dene hawada qozg'alg'anda og'an aerodinamikali'q ku'sh dep atalutug'i'n ku'sh ta'sir etedi. Bunday ku'shtin' qozg'ali's bag'i'ti'na perpendikulyar ha'm vertikal bag'i'tta bag'i'tlang'an qurawshi'si'n (oni'  $F_y$  arqali' belgileymiz) **ko'teriw ku'shi** dep ataydi'. Man'lay qarsi'li'g'i' ( $F_x$  arqali' belgilenedi, 1-su'wrette ko'rsetilgen) tiykari'nan denenin' hawadag'i' qozg'ali's tezligine baylani'sli' boladi'. Man'lay qarsi'li'g'i' ku'shinin' shamasini Nyutonni'n' ekinshi ni'zami'n paydalani'p ani'qlaw mu'mkin:

$$F_x \Delta t = m \Delta v \quad (1)$$

yamasa

$$F_x = m \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2)$$

Bul an'latpalarda  $m = \rho S v$  arqali' denenin' beti arqali' ag'i'p o'tip ati'rg'an hawani'n' massasi' belgilengen.

Biz hawa qozg'almaydi', al dene qozg'almay turg'an hawada bazi' bir  $v$  tezligi menen qozg'aladi' dep esaplayi'q. Bunday jag'dayda deneg'e kelip uri'latug'i'n hawani'n' molekulari'ni'n' tezligi  $v$  shamasina 0 ge shekem o'zgeredi. Sonli'qtan  $\Delta t = 1$  sekund shamasina ten' waqi't ushi'n  $\Delta v = v$



ten'ligin alami'z ha'm usi'g'an sa'ykes man'lay qarsi'li'g'i' san ma'nisi boyi'nsha qozg'ali's mug'dari'ni'n' o'simine ten' boladi'. Usi'ni'n' saldari'nan

$$F_x = m\Delta v = \rho S v^2 \quad (3)$$

yamasa

$$F_x = C_x \frac{\rho v^2}{2} S \quad (4)$$

an'latpalari'na iye bolami'z.

Bul an'latpalarda  $\rho$  arqali' hawani'n' ti'g'i'zli'g'i',  $v$  arqali' denenin' hawadag'i' tezligi,  $S$  arqali' qozg'ali's bag'i'ti'na perpendikulyar qoyi'lg'an bettegi denenin' proekciyasi'ni'n' maydani' belgilengen.  $C_x$  koefficientin man'lay qarsi'li'g'i' koefficienti dep ataydi'. Oni'n' ma'nisi qozg'ali'wshi' denelerdin' formalari'nan g'a'rezli ha'm Reynolds sani'ni'n' funkciyasi' boli'p tabi'ladi':

$$C_x = F(\text{Re}). \quad (5)$$

Bul an'latpada  $\text{Re}$  arqali' Reynolds sani' belgilengen.

(4)-formula Reynolds sani'ni'n' shamasii' kritikali'q ma'nisinen u'lken bolg'an jag'daylarda g'ana duri's na'tiyje beredi.

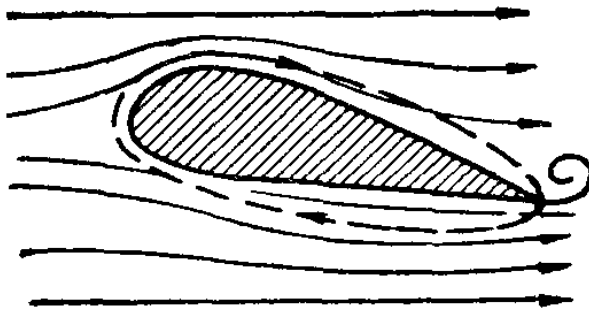
Reynolds sani' (angliyalii' ilimpaz O.Reynoldsti'n' ati' menen ataladi', ingliz tilinde O.Reynolds tu'rinde jazi'ladi') jabi'sqaq gazler menen suyi'qli'qlardi'n' ag'i'slari'ni'n' kriteriyelerinin' uqsasli'g'i' (podobiya kriteriev) boli'p, inerciya ku'shleri menen jabi'sqaqli'q ku'shleri arasi'ndag'i' qatnasti' ta'riyipleydi. Oni'n' san ma'nisi  $\text{Re} = \frac{\rho v l}{\mu}$  shamasii'na ten' boli'p ( $\rho$  arqali' ti'g'i'zli'q,  $v$  arqali' ag'i's ushi'n xarakterli tezlik,  $\mu$  arqali' gazdin' yamasa suyi'qli'qti'n' dinamikali'q jabi'sqaqli'q koefficienti,  $l$  arqali' xarakterli si'zi'qli' o'lshem belgilengen. Eger uzi'n nay ishindegii' ag'i'sti' qaraytug'i'n bolsaq, onda  $l = d$  ( $d$  arqali' naydi'n' diametri belgilengen), al  $v = v_{ort}$  ten'ligi ori'nlanatug'i'n bolsa (bul an'latpada  $v_{ort}$  arqali' naydi'n' kese-kesimi boyi'nsha ortasha tezlik belgilengen), onda denelerdin' a'tirapi' arqali' gaz yamasa suyi'qli'q o'tetug'i'n bolsa  $l$  shamasii' denenin' uzi'nli'g'i' yamasa kese-kesimnin' o'lshemi, al  $v = v_{\infty}$  shamasii' denege kelip tiyetug'i'n ele denenin' ta'siri tiymegen ag'i'sti'n' tezligi boli'p tabi'ladi'.

Joqari'da ayti'lg'anlar menen bir qatarda Reynolds sani' jabi'sqaq gazdin' (yamasa suyi'qli'qti'n') ag'i'si'ni'n' xarakteristikalarini'n' biri boli'p ta tabi'ladi'. Ag'i'sti'n' ha'r bir tu'ri ushi'n Reynolds sani'ni'n' sonday bir kritikali'q  $\text{Re}_{krit}$  ma'nisi boli'p,  $\text{Re} < \text{Re}_{krit}$  sha'rti ori'nlang'anda tek laminar, al  $\text{Re} > \text{Re}_{krit}$  sha'rti ornleng'anda tek turbulentlik ag'i's ori'n aladi'. Mi'sali' do'n'gelek cilindr ta'rizli nay arqali' qi'si'lmaytug'i'n jabi'sqaq suyi'qli'qti'n' ag'i'si' ushi'n  $\text{Re}_{krit} = 2300$ .

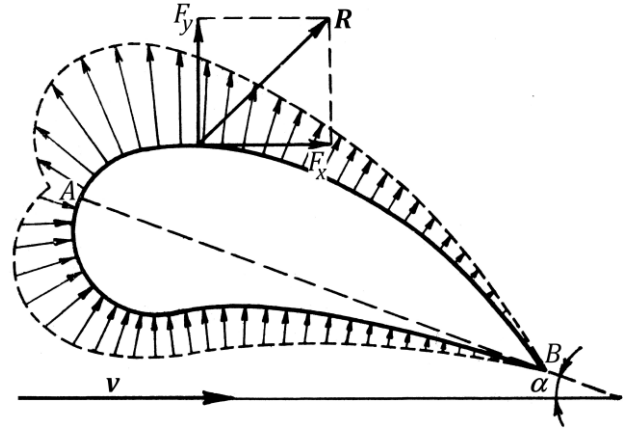
Reynolds sani'ni'n' ma'nisi  $S\rho v^2$  inerciya ku'shlerinin' denenin' betine ta'sir etiwshi  $\eta S \frac{v}{d}$  jabi'sqaqli'q ku'shlerinin' qatnasi'na ten' o'lshem birligi joq shama boli'p tabi'ladi':

$$\text{Re} = \frac{S\rho v^2}{\eta S \frac{v}{d}} = \frac{\rho dv}{\eta} = \frac{dv}{\nu}. \quad (6)$$

Bul an'latpada  $\eta$  arqali' hawani'n' dinamikali'q jabi'sqaqli'q koefficienti,  $\nu = \frac{\eta}{\rho}$  arqali' hawani'n' kinematikali'q jabi'sqaqli'q koefficienti belgilengen.



3-su'wret.



4-su'wret.

Ko'teriw ku'shi  $F_y$  denenin' u'stindeg'i hawa ag'i'si'ni'n' tezliginin' denenin' asti'ndag'i' hawa ag'i'si'ni'n' tezliginen u'lken boli'wi'ni'n' sebebina ju'zege keledi. Haqi'yqati'nda da Bernulli ten'lemesi boyi'nsha tezlik u'lken ori'nlarda basi'm kishi boladi' ha'm usi'g'an sa'ykes denenin' asti'ndag'i' hawani'n' basi'mi' menen denenin' u'stindeg'i' hawani'n' basi'mi' birdey bolmay qaladi'.

Suyi'qli'qlardag'i' ko'teriw ku'shinin' denenin' a'tirapi'ndag'i' suyi'qli'qti'n' cirkulyაციyali'q qozg'ali'si'ni'n' na'tiyjesinde payda bolatug'i'nli'g'i'n ko'rsetiw an'sat.

Ko'teriw ku'shinin' qatan' tu'rdegi izbe-izliktegi matematikali'q teoriyasi' ulli' rus mexanigi N.E.Jukovskiy ta'repinen islenip shi'g'i'ldi'. Ol qanatti'n' qasi'ndag'i' ag'i'sti' idealli'q suyi'qli'qti'n' bir waqi'tta ju'zege keletug'i'n eki ag'i'si' si'pati'nda qarawg'a bolatug'i'nli'g'i'n ko'rsetti: birinshi ag'i's u'zliksiz toq si'zi'qlari'na iye, ekinshi ag'i's qanatti'n' do'geregindagi cirkulyაციyali'q ag'i's boli'p tabi'ladi' (3-su'wrette samoletti'n' qanati'ni'n' ko'teriw ku'shinin' payda boli'wi'n tu'sindiretug'i'n teoriyali'q sxema keltirilgen). Bunday jag'dayda suyi'qli'qti'n' bo'leksheleri deformაციyalanadi', biraq aylanbaydi'. Demek bo'lekshelerdin' qozg'ali'si' potencialli'q sha'rtin qanaatladi'radi' degen so'z. Potencialli'q qozg'ali'sta ayri'qsha fizikali'q shama bolg'an deneni qorshap alatug'i'n qa'legen tuyi'q geometriyali'q kontur boyi'nsha tezliktin' cirkulyაციyasi' payda boladi' ha'm en' a'hmiyetlisi sonnan ibarat, bul cirkulyაციyani'n' ma'nisi turaqli' shama boladi'.

Tezliktin' cirkulyაციyasi' dep

$$\oint (v ds) = \Gamma \quad (7)$$

shamasi'na aytadi'. Integrallawdi'n' tuyi'q kontur boyi'nsha ali'natug'i'nli'g'i' ko'rinip tur. Tezliktin' cirkulyaciyasi' skalyar shama boli'p oni'n' san shamasi' tuyi'q kontur boyi'nsha suyi'qli'qti'n' yamasa gazdin' sarp eteliwinin' mug'dari'na ten'.

Ko'teriw ku'shinin' payda boli'wi' qanatti'n' u'sti menen asti'ndag'i' basi'mlar ayi'rmasi'ni'n' payda boli'wi' menen baylani'sli' bolg'anli'qtan tek  $\Gamma \neq 0$  sha'rti ori'nlang'anda g'ana ko'teriw ku'shi payda boladi'. Usi'nday qatan' tu'rdegi ko'z-qaraslarda turi'p qanatti'n' (denenin') ko'teriw ku'shinin' ma'nisin esaplaw a'dewir quramali' bolg'an matematikali'q proceduralardi'n' biri boli'p tabi'ladi'. Sonli'qtan biz Bernulli ten'lemesi menen baylani'sli' bolg'an tallawlar menen sheklenemiz.

Meyli hu'jim mu'yeshi  $\alpha$  nolge ten' bolg'an denenin' (hu'jim mu'yeshi  $\alpha$  ni'n' shamasi' 4-su'wrette ko'rsetilgen) betinin' qasi'ndag'i'  $v_c$  shamasi' turaqli' bolsi'n. Bunday jag'dayda denenin' u'stindeg'i' ag'i'sti'n' tezligi  $v + v_c$ , al asti'ndag'i' ag'i'sti'n' tezligi  $v - v_c$  shamalari'na ten' boladi'. Bunday jag'dayda belgili bolg'an

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

formulasi'nan paydalani'p

$$p_1 + \frac{\rho}{2}(v + v_c)^2 = p_2 + \frac{\rho}{2}(v - v_c)^2 \quad (8)$$

ten'lugin alami'z. Bul ten'likte  $p_1$  ha'm  $p_2$  arqali' denenin' u'stindeg'i' ha'm asti'ndag'i' basi'mlar belgilengen.

(8)-ten'lemeden basi'mlar ayi'rmasi' ushi'n

$$p_1 - p_2 = 2\rho v v_c \quad (9)$$

an'latpasi'n alami'z. Eger denenin' u'stingi betinin' maydani'n  $S_1$ , al to'mengi betinin' maydani'n  $S_2$  arqali' belgilesek, soni'n' menen birge  $S_1 = S_2 = S$  belgilewin qabi'l etsek, onda ko'teriw ku'shi ushi'n

$$F_y = (p_1 - p_2)S = 2\rho v v_c S \quad (10)$$

formulasi'na iye bolami'z. Eger  $S = \frac{1}{4}dl$  ten'luginin' ori'nlanatug'i'nli'g'i'n itibarg'a alsaq, onda ko'teriw ku'shi ushi'n

$$F_y = \frac{1}{2} \rho v v_c dl \quad (11)$$

ten'lugin alami'z. Eger  $v = v_c$  ten'ligi ori'nlanadi' dep esaplasaq, onda formula a'piwayi'lasadi' ha'm en' aqi'ri'nda ko'teriw ku'shi ushi'n

$$F_y = C_y \frac{\rho v^2}{2} S \quad (12)$$

an'latpasi'na iye bolami'z. Bul an'latpadag'i'  $C_y$  shamasi' ko'teriw ku'shi koefficienti dep ataladi'. Oni'n' ma'nisi denenin' formasi'na ha'm hawa ag'i'mi'na sali'sti'rg'anda qalay jaylasqanli'g'i'na baylani'sli'.

A'melde ko'teriw ku'shi menen man'lay qarsi'li'g'i' ku'shlerine sali'sti'rg'anda usi' ku'shlerdi ani'qlaw ushi'n za'ru'rli bolg'an  $C_x$  penen  $C_y$  koefficientlerinen ko'birek paydalanadi'. Bul koefficientlerdin' ma'nisi hu'jim

mu'yeshi dep atalatug'i'n ha'm  $\alpha$  arqali' belgilengen mu'yeshke baylani'sli' boladi' (4-su'wretke qaran'i'z). Bul koefficientlerdin' ma'nisleri Jukovskiy menen Shapli'ginler ta'repinen teoriyalig' jollar menen ali'ng'an (4)-ha'm (12)-formulalardi'n' ja'rdeminde esaplani'ladi'. Al ta'jiriybelerde bolsa bul shamalardi'n' ma'nisleri polyara dep atalatug'i'n diagrammadan ani'qlanadi' (2-su'wret). Polyarani' tabi'w ushi'n abscissa ko'sherine  $C_x$  shamasi'n, al ordinata ko'sherine  $C_y$  koefficientinin' ma'nisin qoyadi'. Al

$$\varepsilon = \frac{C_x}{C_y}$$

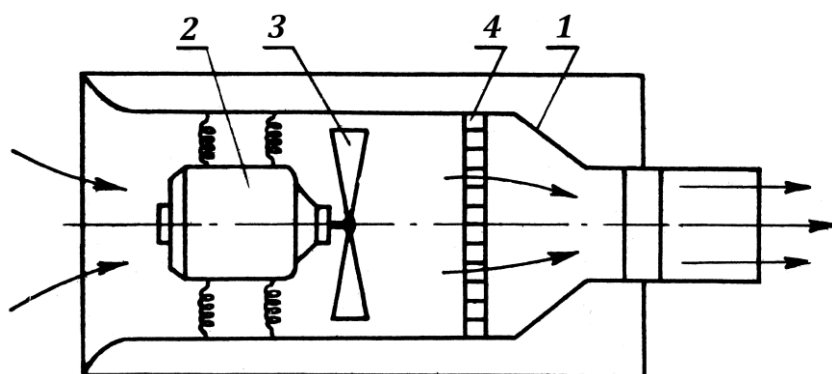
qatnasi'n xarakterlewshi shamani' qanatti'n' sapasi' dep ataydi'.

Ko'teriw ku'shinin' man'lay qarsi'li'g'i'na qatnasi' bolg'an  $\frac{F_x}{F_y}$  shamasini'n' en' u'lken ma'nisine sa'ykes keliwshi mu'yeshiti en' qolay bolg'an ataka mu'yeshi dep ataydi'. Bul mu'yeshitin' ma'nisin ani'qlaw ushi'n polyara si'zi'g'i'na koordinata basi'nan o'tetug'i'n uri'nba ju'rgiziledi.

**Kerekli a'sbaplar ha'm materiallar:** 1) aerodinamikali'q truba (5-su'wret), 2) aerodinamikali'q ta'rezi, 3) Pito trubkasi', 4) mikromanometr, 5) izertlenetug'i'n deneler ji'ynag'i', 6) LATR, 7) rezina tu'tikshe, 8) jalg'awshi' si'mlar, 9) shtangencirkul, 10) podstavka, 11) masshtabli' si'zg'i'sh, 12) voltmetr.

**A'sbapti'n' du'zilisi.** Laboratoriyali'q jumi'sti' ori'nlaw ushi'n aerodinamikali'q truba (5-su'wret), Pito trubkasi' (6-su'wret), aerodinamikali'q ta'rezi (7-su'wret) ha'm og'an bekitilgen izertleniwshi (D) dene den ibarat du'zilisten paydalanadi'.

Hawa ag'i'si'n payda etetug'i'n aerodinamikali'q trubani'n' hawa shi'g'atug'i'n bir ta'repinin' diametri kishi rek bolg'an cilindrluk trubadan ibarat boladi' (5-su'wret). Trubani'n' ishinde (2) elektrovigatel jaylasti'ri'lg'an boli'p, oni'n' ko'sherine (3) ventillyator bekitilgen. Trubadan shi'g'i'p ati'rg'an hawani'n' tezliginin' bir tekli boli'wi' ushi'n arnawli' pa'njere (4) qoyi'lg'an.



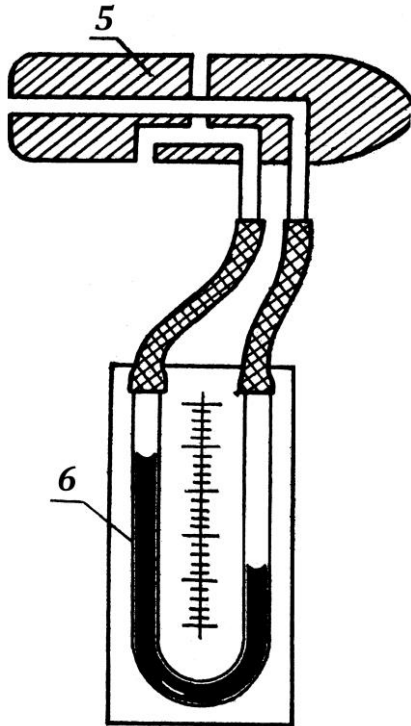
5-su'wret.  
Aerodinamikali'q  
truba.

Aerodinamikali'q trubadan shi'g'i'p ati'rg'an hawani'n' tezligin o'lshew ushi'n 6-su'wrette ko'rsetilgen Pito trubkasi' paydalani'ladi'. Og'an (6) arqali' ko'rsetilgen mikromanometr biriktirilgen. Pito trubkasi' hawani'n' joli'na gorizont bag'i'ti'nda qoyi'lg'an mikromanometr aerodinamikali'q trubadan

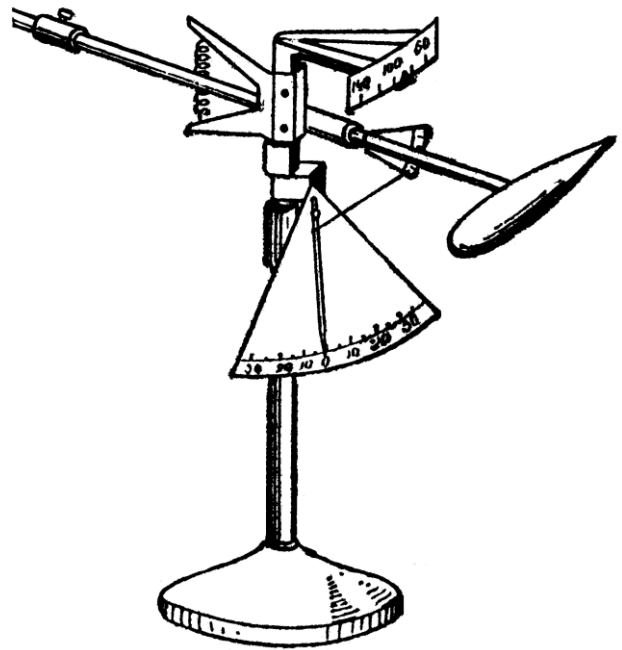
shig'i'p ati'rg'an hawa ag'i'si'ni'n' basi'mi'n o'lsheydi. Bul basi'mni'n' ma'nisi boyi'nsha hawa ag'i'si'ni'n' tezligi

$$v = \sqrt{\frac{2\rho_0gp}{\rho}} \quad (13)$$

ani'qlanadi'. Bul an'latpada  $\rho_0$  arqali' manometrdegi suyi'qli'qti'n' ti'g'i'zli'g'i',  $p$  arqali' manometrdegi suyi'qli'qti'n' qa'ddileri ayi'rmasi' boyi'nsha ani'qlanatu'g'i'n basi'm belgilengen.



6-su'wret.



7-su'wret.

### Jumi'sti'n' ori'nlani'w ta'rtibi

1. Laboratoriyali'q du'zilis jumi'sti' ori'nlaw ushi'n tayarlanadi'. Aerodinamikali'q truba payda etetug'i'n hawa ag'i'si'na Pito trubkasi' gorizont bag'i'ti'nda jaylasti'ri'ladi'. Mikromanometrдин' ha'm aerodinamikali'q ta'rezinin' strelkalari' nolge ali'p klinedi. Ta'jiriybeler samolet qanati'ni'n' modeli ha'm su'yir formag'a iye deneler ushi'n ori'nlanadi'.

2. Aerodinamikali'q truba ishindegi dvigatel LATRdi'n' ja'rdeminde 220 voltlik o'zgermeli toq deregine jalg'anadi'.

3. LATRdan ventillyatordin' belgili bir tezliktegi hawa ag'i'si'n beretug'i'nday shamadag'i' kernew beriledi.

4. Ali'ng'an hawa ag'i'si' ushi'n mikromanometrдин' ko'rsetiwi, ko'teriw ku'shinin' ma'nisi, man'lay qarsi'li'g'i'ni'n' shamasi' ha'm hu'jim mu'yeshinin' ma'nisleri jazi'p ali'nadi'.

5. Motorg'a tu'setug'i'n kernewdin' ma'nisin ha'r sapari' 20 volt shamag'a joqari'lati'p bari'w menen 220 voltke shekem jetkenshe 4-punktte ko'rsetilgen ta'jiriybeler qaytalanadi'.

6. Kernewdin' ha'r bir ma'nisi ushi'n hu'jim mu'yeshinin' ma'nisin shkala boyi'nsha 5 gradusqa o'zgartip 4-punktte ayti'li'p o'tilgen o'lshevwler ta'kirarlanadi'.

7. (2)-, (5)-, (6)- ha'm (13)-formulalardan paydalani'p  $v$ ,  $Re$ ,  $C_x$  ha'm  $C_y$  shamalari'ni'n' ma'nisleri esaplanadi'.

8. O'lshevw ha'm esaplaw jumi'slari'ni'n' na'tiyjeleri 1-kestege jazi'ladi' ha'm ali'ng'an keste tiykari'nda millimetrli qag'azda  $Re = f(v)$ ,  $C_x = f(Re)$ ,  $C_y = f(\alpha)$ ,  $C_y = f(C_x)$  g'a'rezliklerinin' grafikleri si'zi'ladi'.  $\rho$  menen  $\rho_0$  shamalari'ni'n' ma'nisleri kestelerden ali'nadi'.

1- keste

N <sup>o</sup>	$p$ , Pa	$v$ , m/s	$S$ , m <sup>2</sup>	$\alpha$ , grad	Re	$F_x$ , H	$F_y$ , H	$C_x$	$C_y$
1									
2									
3									
4									
5									
Ort.									

### Qadag'alaw ushi'n sorawlar

1. Bernulli ten'lemesinin' fizikali'q ma'nisi nelerden ibarat?
2. Aerodinamikani'n' rawajlani'wi'nda ulli' rus mexanigi N.E.Jukovskiydin' miyneti nelerden ibarat?
3. Man'lay qarsi'li'g'i' degenimiz ne ha'm samolet qanati'ni'n' ko'teriw ku'shi qanday payda boladi'?
4. Polyara degenimiz ne?
5. Hu'jim mu'yeshi dep qanday mu'yeshke aytami'z?
6. Reynoldas sani'ni'n' fizikali'q ma'nisi neden ibarat? Qanday jag'daylarda laminarli'q ag'i's turbulentlik ag'i'sqa aylanadi'. Potencialli'q ag'i's dep qanday ag'i'sqa ayti'ladi'?
7.  $C_x$  ha'm  $C_y$  shamalari'ni'n' fizikali'q ma'nisleri nelerden ibarat?
8. Laboratoriyali'q jumi'sti' ori'nlawdi'n' bari'si'nda qanday fizikali'q qubi'li'slardi' u'yrendin'iz?

### A'debiyatlar

1. Д.В.Сивухин. Общий курс физики. Учебное пособие: для вузов. В 5 т. Т. I. Механика. 4-е изд.стереот. – М. ФИЗМАТЛИТ; Издательство МФТИ. 2005. 560 с.

2. А.Н.Матвеев. Механика и теория относительности. Учебник для студентов высших учебных заведений. 3-е издание. М. "ОНИКС 21 век", "Мир и образование". 2003. 432 с.

3. С.П.Стрелков. Механика. Издание третье, переработанное. М. Издательство "Наука". 1975. 560 с.

4. Общая физика. Руководство к лабораторному практикуму. Учебное пособие. Под редакцией И.Б.Крынецкого, Б.А.Струкова. М. Издательство "ИНФРА-М". 2008. 599 с.

5. Физический практикум. Механика и молекулярная физика. Под редакцией проф. В.И.Ивероновой. М. Издательство "Наука". 1967. 352 с.

6. Лабораторные работы по механике МГУ.

<http://genphys.phys.msu.ru/rus/lab/mech/1024x768.htm>

7. Э.Н.Назиров, З.А.Худойбергенова, Н.Х.Сафиуллина. Механика ва молекуляр физикадан амалий машғулотлар. "Ўзбекистон" нашриёти. Т. 2001. 286 б.

8. Руководство к лабораторным занятиям по физике. Под редакцией Л.Л.Гольдина. М. Издательство "Наука". 1973. 687 с.

9. A.Abdikamalov, J.Akimova, X.Turekeev, R.Xojanazarova. Uli'wma fizika boyi'nsha laboratoriyali'q praktikumda o'tkerilgen eksperimentler na'tiyjelerin qayta islew usi'llari'. No'kis. 2013. 104 b.