

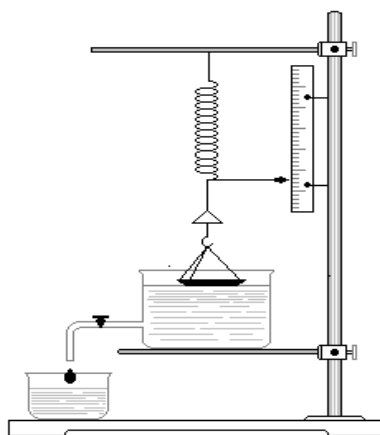
**O'zbekstan Respublikasi' Joqari' ha'm orta
arnawli' bilim ministrligi**

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

B.A.Abdikamalov, J.O.Akimova, R.M.Xojanazarova

**Molekulali'q fizika kursi'
boyi'nsha laboratoriyali'q
jumi'slar**

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



No'kis – 2012

Oqi'w qollanbasi'nda fizika kursi'ni'n' molekulali'q fizika bo'limine tiyisli bolg'an laboratoriyali'q jumi'slar, bul jumi'slardi'n' teoriyali'q tiykarlari' menen ori'nlani'w ta'rtpileri bayanlang'an. Qollanbada keltirilgen laboratoriyali'q jumi'slar u'yrenilip ati'rg'an fizikali'q qubi'li'slardi'n' ma'nisin teren' u'yreniwge ja'rdem beredi.

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

Oqi'w qollanbasi' Berdaq ati'ndag'i' Qaraqalpaq ma'mleketlik universitetinin' ilimiy ken'esinin' 2011-jil'ldi'n' 2-noyabr ku'ngi ma'jilisinde maqullandi' ha'm baspag'a usi'ni'ldi'. Protokol sani' 4/4.

Pikir bildiriwshiler:

1. Berdaq ati'ndag'i' Qaraqalpaq ma'mleketlik universitetinin' elektroenergetika kafedrası'ni'n' basli'g'i' A.Kamalov.
2. A'jiniyaz ati'ndag'i' No'kis ma'mleketlik pedagogikali'q instituti'ni'n' ka'siplik ta'lim kafedrası'ni'n' dosenti B.Ibragimov.

MAZMUNI'

Kirisiw	3
Fizikali'q eksperimentlerdin' na'tiyjelerin qaytadan islew.	5
Fizika praktikumi'nda studentlerdin' oqi'w shi'ni'g'i'wlari'.	14
Studentler ushi'n esletpeler.	15
Molekulali'q fizika boyi'nsha laboratoriyali'q jumi'slardi' ra'simiylestiriw boyi'nsha ko'rsetpeler	16
1-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Basi'mni'n' ji'lli'li'q koeffisientin gazli termometr ja'rdeminde ani'qlaw.	20
2-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Denelerdin' ji'lli'li'q ken'eyiwi.	24
3-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Qatti' denelerdin' si'zi'qli' ha'm ko'lemge ken'eyiw koeffisientlerin ani'qlaw.	30
4-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisientin tamshi'ni'n' u'ziliw usi'li' boyi'nsha ani'qlaw.	35
5-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisientin saqi'ynani'n' suyi'qli'q betinen u'ziliw usi'li' ja'rdeminde ani'qlaw.	38
6-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Suyi'qli'qti'n' ishki su'ykelis koeffisientin Stoks usi'li' menen ani'qlaw.	41

7-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Elektroklorimetr ja'rdeminde suyi'qli'qti'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i'n ani'qlaw.	46
8-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Hawa molekulasi'ni'n' erkin joli'ni'n' ortasha uzi'nli'g'i'n ha'm oni'n' effektiv diametrin ani'qlaw.	50
9-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Hawani'n' dinamikali'q jabi'sqaqli'q koeffisientin ani'qlaw.	56
10-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Hawani'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'qlari'ni'n' qatnasi'n ani'qlaw.	60
11-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Suwdi'n' puwlani'wi'ni'n' jasi'ri'n ji'lli'li'g'i'n ani'qlaw.	64
12-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Gazlerdin' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'qlari'ni'n' qatnasi'n turg'i'n ses tolqi'ni' usi'li' ja'rdeminde ani'qlaw.	67
13-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Muzdi'n' eriw ji'lli'li'g'i'n ani'qlaw.	71
14-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Metallardi'n' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i'n salqi'nlati'w usi'li' menen tabi'w.	74
15-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisientin oni'n' kapillyar tu'tikshede ko'teriliw biyikligi boyi'nsha tabi'w.	78
16-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Bet keriw koeffisientin gorizonta kapillyar ja'rdeminde ani'qlaw.	83
17-sanli' laboratoriyali'q jumi's. Hawani'n' i'g'alli'g'i'n o'lshew.	85
Kesteler.	92

Kirisiw

Fizika eksperimentalli'q ilim boli'p tabi'ladi'. Sonli'qtan oni' u'yreniwde eksperiment tiykarg'i' ori'ndi' iyeleydi. Fizikali'q ni'zamlar a'dette ta'jiriybeler o'tkeriwlerdin' na'tiyjesinde ashi'ladi' ha'm bul ni'zamlardi' paydalani'wdi'n' sheklari sol ta'jiriybelerdin' o'zinde ani'qlanadi'. Studentler fizika laboratoriyasi'nda tiykarg'i' fizikali'q qubi'li'slardi' o'z ko'zleri menen ko'redi, teren'irek u'yrenedi ha'm olardi' talqi'law ma'seleleri menen tani'sadi'.

Uli'wma fizika kursi'nan laboratoriyali'q jumi's o'tkiziwde to'mendegi jag'daylarg'a di'qqat awdari'w kerek:

1). Studentlerdin' tiykarg'i' fizikali'q ni'zamlar menen qubi'li'slardi' teren' o'zlestiriwine;

2). Ta'jiriybe usi'li'n duri's tan'law, fizikali'q shamalar ma'nislerin o'lshew ha'm o'lshew bari'si'nda ali'ng'an shamalardi' sa'ykes formulalar ja'rdeminde tekserip ko'riwdi u'yreniwine;

3). A'sbap-u'skeneler ha'm fizikali'q o'lshew na'tiyjelerin talqi'lap, matematikali'q jollar menen ali'ng'an sanli' na'tiyjelerdi qayta islep shi'g'i'w usi'llari'n u'yreniwine.

Ha'r bir laboratoriyali'q jumi'sti' ori'nlaw ushi'n kerekli a'sbaplardi'n' ha'm u'skenelerdin' atamaları'n, jumi'sti'n' ori'nlanı'w ta'rtibin ha'm student o'zinin' tayarli'g'i'n, bilim da'rejesin tekserip ko'riw ushi'n sorawlar keltirilgen.

Oqi'w qollanbasi'nda molekulali'q fizika bo'limine tiyisli 17 laboratoriyali'q jumi's kirgizilgan. Jumi'slardi' ori'nlaw ushi'n jumi'sti'n' teoriyasi', ori'nlani'w ta'rtibi, esap beriwge kerekli bolg'an kestelerdi tolti'ri'w jollari', jumi'sti'n' ma'nisin tu'siniw ushi'n za'ru'rli bolg'an su'wretler, sxemalar, kesteler keltirilgan. Olardi'n' barli'g'i' da molekulali'q fizikag'a tiyisli qubi'li'slardi' teren' u'yreniwge ja'rdem beredi.

O'lshewge tiyisli bolg'an uli'wmali'q tu'sinikler

Fizikadan o'tkiziletug'i'n a'meliy shi'ni'g'i'wlar fizikani' endi u'yreniwshi studentler menen oqi'wshi'lar ushi'n eki maqsetti na'zerde tutadi': birinshiden studentlerge a'sbap-u'skeneler menen tani'si'wg'a ha'm fizika ilimindegi da'l o'lshewlerdin' tiykarg'i' usi'llari'n u'yreniwge imkaniyat tuwdi'ri'p beriw; ekinshiden ta'biyatti'n' bazi' bir qubi'li'slari' ha'm ni'zamlari' menen ani'g'i'raq tani'si'w mu'mkinshiligin beriw. Sebebi bul qubi'li'slar ha'm ni'zamlardi' toli'g'i'raq ja'ne teren'irek tu'siniw ushi'n leksiylar menen leksiyalardag'i' demonstrasiyalig' eksperimentlerdin' o'zleri a'dette jeterli emes dep esaplanadi'. Bunday eksperimentlerde o'lshewler o'tkiziletug'i'n bolsa da, olardi'n' tiykarg'i' maqseti shamalardi' o'lshew emes, al sol qubi'li'slardi'n' yamasa ni'zamlaridag'i' o'zin u'yreniw boli'p tabi'ladi'.

Qa'legen shamani' o'lshew – o'lshew birligi si'pati'nda qabi'l etilgan ha'm bul shama menen o'lshew birligi birdey bolg'an etalon dep atalatug'i'n shamani'n' o'lshep ati'rg'an shamadan neshe ese u'lken-kishiligin ani'qlaw degendi an'latadi'. Tek ayi'ri'm jag'daylarda g'ana fizikali'q shamani' da'l o'lshewge boladi'. Mi'sali' uzi'nli'qti' da'lligi joqari' bolg'an uzi'nli'q o'lshegish, al massani' da'lligi joqari' bolg'an analitikali'q ta'rezilerde o'lshep joqari' da'lliktegi ma'nislardi' ali'w mu'mkin.

Ko'pshilik jag'daylarda eksperimentte o'lshep kerek bolg'an fizikali'q shama emes, al usi' shama menen belgili bir qatnasta bolg'an basqa shamalar o'lshep. Sol qatnaslar ja'rdeminde o'lshep kerek bolg'an shamani'n' ma'nisi baqlani'p ati'rg'an qubi'li'slardi'n' ni'zamlari' tiykari'nda esaplap shi'g'ari'ladi'.

Solay etip fizikali'q shamani' o'lshew ushi'n bir qatar jag'daylarda fizikali'q ni'zamlardi', bul ni'zamlardi'n' matematikali'q formulirovkalari'n (formulalardi') biliw kerek boladi'. En' a'piwayi' mi'sal retinde tezlik, tezleniw yamasa ku'shti ani'qlawdi' keltiriw mu'mkin. Molekulali'q fizikada bolsa bunday shamalar qatari'na ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i'n, ji'lli'li'q ken'eyiw koeffisientin, ber kerimi koeffisientin, termodinamikali'q potentsiallardi' ko'rsetiwge boladi'. Usi'nday jollar menen o'lshepug'i'n fizikali'q shamalardi' o'lshew ta'rtibine bul qollanbada u'lken diqqat awdari'lg'an.

Fizikali'q o'lshewlerde ko'pshilik jag'daylarda to'mendegidey u'sh tiykarg'i' operatsiyani' izbe-iz ori'nlaw talap etiledi:

1. A'sbapti' yamasa u'skeneni ornati'w;
2. Fizikali'q shamani' o'lshew;
3. Ali'ng'an na'tijeler tiykari'nda esaplaw operatsiyalari'n ori'nlaw.

Fizikali'q eksperimentlerdin' na'tijelerin qaytadan islew

Joqari'da atap o'tilgenindey, qanday da bir fizikali'q shamani' o'lshegende biz hesh qashan bul shamani'n' da'l ma'nisin ala almaymi'z. Sonli'qtan ali'ng'an

na'tiyjenin' haqi'yqi'y da'l ma'niske jaqi'n ekenligin ko'rsetiw za'ru'rliqi payda boladi'. Biz buni' o'lshevdin' da'lligin ko'rsetiw menen a'melge asi'rami'z.

Birinshi gezekte o'lshevw bari'si'nda jiberilgen qa'teliktin' shamasi'n bahalaw kerek boladi'. Sebebi qa'telikni bahalay almay turi'p eksperimenttin' na'tiyjelerin payladani'wg'a bolmaydi'. Mi'sali' biz temir sterjennin' uzi'nli'g'i'ni'n temperaturag'a g'a'rezligin o'lsheytug'i'n bolsaq, onda to'mendegidey ma'nislerdi ali'w mu'mkin:

20°S temperaturada 15,12 sm

50°S temperaturada 15,18 sm.

Bunday eksperimentten qanday juwmaqlardi' shi'g'ari'wg'a boladi'? Sterjennin' uzi'nli'g'i' temperaturadan g'a'rezli me? Eksperiment o'tkeriwde jiberiletug'i'n qa'teliktin' ma'nisin bilmey turi'p bul sorawg'a juwap beriwege bolmaydi'. Eger o'lshewde jiberiletug'i'n qa'teliktin' ma'nisi 0,05 sm bolsa temperaturani'n joqari'lawi' menen sterjennin' uzi'nli'g'i' artadi' dep juwmaq shi'g'arami'z. Eger qa'telik 0,1 sm bolsa sterjennin' uzi'nli'qlari' arasi'ndag'i' ayi'rmani' ju'da' kishi shama dep esaplaymi'z. Bunday jag'dayda o'lsheengen shamani'n' mug'dari' eksperimenttin' qa'teligi sheklari menen sa'ykes keledi dep esaplaymi'z. Demek bunday jag'dayda ori'nlang'an eksperiment qoyi'lg'an ma'seleni sheshe almadi' degen juwmaq shi'g'arami'z.

Ja'ne bir jag'daydi' eske ali'p o'temiz. Ko'pshilik jag'dayda eksperimentti bunnan da da'l etip o'tkeriwge boladi' degen pikir ori'n aladi'. Bul haqi'yqatli'qqa sa'ykes kelmeydi. Adamlardi'n' mu'mkinshilikleri de, eksperimentalli'q apparaturani'n' mu'mkinshilikleri de sheklengen. Aldi'g'a qoyi'lg'an maqsetke jetiwge eksperimenttin' da'lligi sa'ykes keliwi kerek.

Solay etip qa'telik tu'sinigi eksperimentator ushi'n ju'da' a'hmiyetli bolg'an tu'sinik boli'p tabi'ladi'.

O'lshewler ha'm olardi'n' qa'telikleri

O'lshewler tuwri'dan-tuwri' o'lshewler ha'm janapay o'lshewler boli'p ekige bo'linedi.

Tuwri'dan-tuwri' o'lshewler a'sbaplardi'n' ja'rdeminde a'melge asi'ri'ladi'. Bul a'sbaplar o'lshevetug'i'n shamani' tikkeley o'lsheydi. Mi'sali' uzi'nli'qti' si'zg'i'shti'n', temperaturani' termometr'din', al waqi'tti' sekundomer'din' ja'rdeminde o'lshew mu'mkin.

Janapay o'lshewlerde shama tikkeley o'lshebeydi. Tikkeley o'lshewlerdin' na'tiyjesinde ali'natug'i'n shamalar formulalarg'a qoyi'li'p esaplawlar ju'rgiziw joli' menen izlenip ati'rg'an shamani'n' ma'nisi ani'qlanadi'. Mi'sal retinde denenin' si'zi'qli' o'lshemleri boyi'nsha ko'lemdi ani'qlawdi', denenin' massasi' menen ko'lemin o'lshep ti'g'i'zli'g'i'n tabi'wdi', bet kerimi koeffisientinin' ma'nisin ani'qlawdi' keltiriwge boladi'.

O'lshewler a'dette da'lligi menen bir birinen ayri'ladi'. O'lshevdin' da'lligi jiberiletug'i'n qa'telik penen ta'riyiplenedi.

Qa'telik absolyut qa'telik (Δx) ha'm sali'sti'rmali' qa'telik (E) boli'p ekige bo'linedi. Absolyut qa'telik dep o'lshevip ati'rg'an shamani'n' haqi'yqi'y ma'nisi x_h menen o'lshewde ali'ng'an ma'nisi x arasi'ndag'i' ayi'rmag'a ten', yag'ni'y:

$$\Delta x = x - x_h. \quad (1)$$

Biz shamani'n' haqi'yqi'y ma'nisi haqqi'nda ga'p etkenimizde sol shamani'n' da'l ma'nisin na'zerde tutami'z.

Absolyut qa'teliktin' o'lshem birligi o'lshenip ati'rg'an shamani'n' o'lshem birligindey boladi'. Mi'sali' uzi'nli'qti' o'lshewde jiberiletug'i'n absolyut qa'teliktin' birligi metrler (santimetrler), al temperaturani' ani'qlawda jiberiletug'i'n absolyut qa'teliktin' birligi gradus boli'p tabi'ladi'. (1)-formulada ko'rinip turg'ani'nday Δx ti'n' ma'nisi on' da, teris te boli'wi' mu'mkin.

O'lshewlerdin' sali'sti'rmali' qa'teligi E dep absolyut qa'teliktin' o'lshenetug'i'n shamani'n' haqi'yqi'y ma'nisine (x_h) qatnasi'na aytami'z. Sonli'qtan E nin' ma'nisi prosentlerde bi'layi'nsha esaplanadi':

$$E = \frac{\Delta x}{x_h} \cdot 100 \%. \quad (2)$$

O'lshewlerdin' da'lligi absolyut qa'telik boyi'nsha emes, al sali'sti'rmali' qa'telik boyi'nsha ani'qlanadi'. Eger o'jirenin' uzi'nli'g'i' 5 m ge ten' bolsa 1 mm ge ten' absolyut qa'telik hesh qanday a'hmiyetke iye emes. Biraq uzi'nli'g'i' shama menen 200 mm bolg'an qag'azdi'n' geometriyali'q o'lshemlerin ani'qlag'anda 11 millimetrlik qa'telik sezilerliktey a'hmiyetke iye boladi', al boltti'n' diametrin ani'qlag'anda (a'dette boltti'n' diametri shama menen 5 mm din' a'tirapi'nda boladi') 1 mm ge ten' qa'telikti jiberiwge pu'tkilley bolmaydi'. Birinshi jag'dayda sali'sti'rmali' qa'telik $\sim 2 \cdot 10^{-2} \%$ shamasina, ekinshi jag'dayda $\sim 0,5 \%$, al u'shinshi jag'dayda shama menen jigirma prosentke ten'.

(1)- ha'm (2)-an'latpalarda o'lshenetug'i'n shamani'n' haqi'yqi'y ma'nisi x_h qatnasadi'. Biraq haqi'yqi'y ma'nis belgili bolsa o'lshewdin' keregi bola ma? degen soraw beriledi. O'lshegende belgisiz bolg'an fizikali'q shamani'n' ele belgisiz bolg'an ma'nisin ani'qlaw maqsetinde sol shamani'n' haqi'yqi'y ma'nisin emes, al usi' haqi'yqi'y ma'niske mu'mkin bolg'i'ni'nsha jaqi'n ma'nislerdi ani'qlawga bag'darlang'an jumi'slar islenedi. Al qa'teliklerge kelsek, qa'telikler esaplawlar joli' menen tabi'lmaydi', al olardi'n' ma'nisi bahalanadi'. Usi'nday maqsetlerde itimalli'qlar teoriyasi' menen matematikali'q statistikani'n' usi'llari' qollani'ladi'. Bunday jag'daylarda eksperimentti o'tkeriwde ori'n alg'an jag'daylar, usi'ldi'n' da'lligi, o'lshew a'sbaplari'ni'n' jetiskenligi menen da'lligi, basqa da bir qatar faktorlar esapqa ali'nadi'.

Sistemali' tu'rde ha'm tosi'nnan jiberiletug'i'n qa'telikler

Qa'teliklerdin' qanday jollar menen jiberiletug'i'nli'g'i'na baylani'sli' olardi' sistemali'q tu'rde ha'm tosi'nnan jiberiletug'i'n qa'telikler dep ekige bo'ledi.

Sistemali'q tu'rde jiberiletug'i'n qa'teliklerdin' ma'nisi de, belgisi de bir shamani' o'lshewlerdin' bari'si'nda saqlanadi'. Bunday qa'teliklerdin' jiberiliwi a'sbaplardi'n' qa'telikleri (duri's emes belgilengen shkala, bir tekli emes sozi'latug'i'n prujina, mikrometrdin' bir tekli emes adi'mi', ta'rezidegi iyinlerdin' uzi'nli'qlari'ni'n' birdey bolmawi' ha'm basqalar) ha'm ta'jiriybeni o'tkiziwde jiberiletug'i'n qa'telikler menen

baylani'sli' boladi'. Mi'sali' kalorimetrge suyi'qli'q quyi'lg'anda kalorimetrin' o'zi de qi'zadi' ha'm buni'n' ushi'n ji'lli'li'q energiyasi' jumsaladi'. O'tkizgishtin' elektr qarsi'li'g'in o'lshegende tutasti'ri'wshi' si'mlardi'n', o'lshe'w a'sbaplari'ni'n' qarsi'li'qlari'ni'n' bar ekenligine baylani'sli' qa'telikler sistemali' tu'rde jiberiledi.

Sistemali' tu'rde jiberiletug'i'n qa'teliklerdi tabi'w qi'yi'n ha'm sonli'qtan bunday qa'telikler ekperimentator ushi'n qa'wip payda etedi. Bunday tu'rdegi qa'telik jiberiwden quti'li'w ushi'n aldi'n-ala o'lshe'wdin' metodikasi'ni'n' mayda-shu'ydesine shekem oylap ali'w kerek. Sistemali' tu'rde jiberiletug'i'n qa'teliklerden quti'li'wdi'n' en' isenimli joli' ele belgisiz bolg'an shamani' prinsipialli'q jaqtan pu'tkilley ha'r qi'yli' bolg'an usi'llardi' paydalani'p o'lshe'w boli'p tabi'ladi'. Eger sistemali'q qa'telikler ani'qlang'an bolsa, onda o'lshe'wler na'tiyjelerine du'zeti'wler kirgizip shamani'n' da'l ma'nisin ani'qlaw mu'mkin.

Tosi'nnan jiberiletug'i'n qa'telikler bir o'lshe'wden ekinshi o'lshe'wge o'tkende shamasin da, belgisin de o'zgertedi. Ta'jiriybeler bir sharayatta o'tkerilgende de ali'ng'an na'tiyjelerdin' ha'r qi'yli' ma'niske iye bolatug'i'nli'g'i' ori'n aladi'. Bunday ha'r qi'yli'li'qti'n' nelerdin' saldari'nan payda bolatug'i'nli'g'i'n biliw qi'yi'n boladi'. Sebebi bunday ha'r qi'yli' ma'nislardn' ali'ni'wi' ko'p faktorlar menen baylani'sli'.

A'dette to'mendegi sebeplerge baylani'sli' qa'telikler tosi'nnan jiberiledi: ta'jiriybe o'tkerip ati'rg'an adamni'n' o'zi qa'telesip jurnali'na bir sanni'n' orni'na ekinshi sandi' jazadi', o'lshe'w a'sbabi'ni'n' strelkasi'ni'n' qanday awhalda turg'anli'g'i'n ani'qlaw ushi'n strelkani'n' da'l u'stinen qaraw kerek, al ta'jiriybe o'tkeriwshi bolsa sa'l qi'yali'q penen qaraydi'. O'lshe'w a'sbabi'ni'n' strelkasi' su'ykelistin' saldari'nan duri's ori'nda toqtamawi', al sol ori'ng'a jaqi'n ori'nda toqtap qali'wi', qalali'q sharayatlarda barli'q waqi'tlari' ori'n alatug'i'n vibrasiyalardi'n' sebebinen, o'lshe'w a'sbaplari'ni'n' eskeriwinin' na'tiyjesinde, basqa da sebeplerge baylani'sli' payda boladi'.

Tosi'nnan jiberiletug'i'n qa'teliklerdi minimumg'a ali'p keliw qi'li'w ushi'n o'lshe'wler sani'n artti'ri'w kerek boladi'.

Sistemali' tu'rde jiberiletug'i'n qa'teliklerdin' ma'nisin bahalaw

Fizikali'q praktikumda sistemali' jiberiletug'i'n qa'teliklerdi esapqa ali'w a'sbaplardi'n' jiberetug'i'n qa'teligin esapqa ali'w menen sheklenedi. O'lshe'w ushi'n paydalani'latug'i'n du'zilislerdin' tu'rlerine baylani'sli' a'sbap jiberetug'i'n qa'teliktin' shamasin bahalaw ushi'n to'mende keltirilgen usi'llardi'n' biri paydalani'ladi':

1. Jiberiletug'i'n qa'telik a'sbapti'n' o'zinde ko'rsetiledi. Mi'sali' mikrometrde «0,01 mm» degen jazi'w bar. Eger usi' mikrometrin' ja'rdeminde shari'ktin' diametri o'lshe'netug'i'n bolsa, onda bunday jag'dayda o'lshe'wde sistemali' jiberiletug'i'n qa'teliktin' ma'nisi $\Delta D = 0,01 \text{ mm}$ ge ten' boladi'.

2. A'sbapta da'lli'ktin' klassi' ko'rsetiledi. Da'lli'ktin' klassi' (K) dep prosentlerde an'lati'lg'an absolyut qa'teliktin' o'lshe'w shkalasi'ni'n' shegine katnasi'na aytadi':

$$K = \frac{\Delta x}{x_{\max}} \cdot 100 \%. \quad (3)$$

Bul an'latpada x_{\max} arqali' usi' berilgen a'sbapti'n' ja'rdeminde o'lshe'netug'i'n shamani'n' maksimalli'q ma'nisi belgilengen.

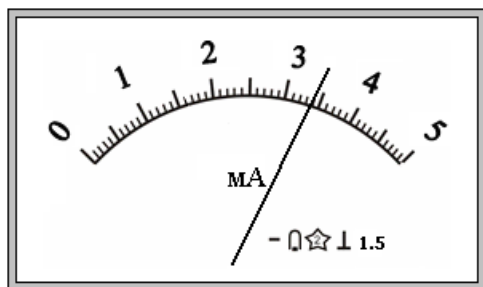
A'sbapta da'llik klassi' belgilengende prosent belgisi qoyi'lmaydi'. Mi'sali' elektr o'lshevwshi a'sbaplardi'n' (voltmetrlar menen ampermetrlar) da'lliginin' 8 klassi' bar: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4.

(3)-formulag'a sa'ykes absolyut a'sbapli'q qa'telik

$$\Delta x = K \cdot \frac{x_{\max}}{100} \quad (4)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplanadi'. Mi'sali' 1,5 da'lliktegi klassqa kiriwshi o'lshevw shegi 5 ma bolg'an milliampermetr (1-su'wret) shkalasi'ni'n' qa'legen orni'nda $\Delta I = 1,5 \cdot (5/100) = 0,075$ ma absolyut qa'telikke iye boladi'.

Strelkali' elektr o'lshevwshi a'sbaplardi'n' da'llik klassi' shamasi' shkala boyi'nsha o'zgermeytug'i'n' maksimalli'q absolyut qa'telikni ani'qlaydi'. Biraq sali'sti'rmali' qa'telik keskin tu'rde o'zgeredi. Sonli'qtan a'sbaplar strelka barli'q shkalag'a awi'sqanda g'ana en' joqari' da'llikke iye boladi'. Bul jag'daydan biz mi'naday usi'ni's jasaymi'z: o'lshevw prosessinde strelkasi' shkalani'n' ekinshi yari'mi'nda turatug'i'n' a'sbapti' saylap ali'w kerek.



1-su'wret.

1,5 da'lliktegi klassqa kiriwshi o'lshevw shegi 5 ma bolg'an milliampermetr shkalasi'ni'n' qa'legen orni'nda $\Delta I = 1,5 \cdot (5/100) = 0,075$ ma absolyut qa'telikke iye boladi'.

Sifrlil' elektr o'lshegish a'sbaplardi'n' sistemali' jiberetug'i'n' qa'teligi bolsa sol a'sbaplardi' ekspluatatsiyalaw boyi'nsha beriletug'i'n' instruksiyalarda keltirilgen formulalar boyi'nsha esaplanadi'.

3. Eger a'sbap diskret tu'rde isleytug'i'n' a'sbap bolsa, onda absolyut a'sbapli'q qa'telik shkalani'n' bo'liminin' bahasi' C shamasina ten' boladi':

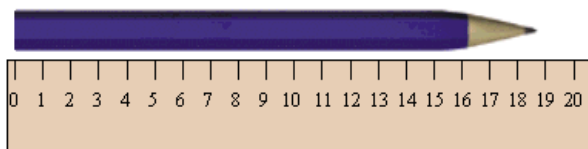
$$\Delta x = S = x_{\max}/N.$$

Bul an'latpada x_{\max} arqali' a'sbapti'n' o'lshevw shegi, al N arqali' shkalani'n' bo'limlarini'n' sani' belgilengen. Mi'sali' bo'liminin' bahasi' 0,2 sek bolg'an sekundomerdin' ja'rdeminde t waqi't o'lshevwshide qa'telik $\Delta t = 0,2$ sek shamasina ten' boladi'.

4. Eger o'lshevetug'i'n' shamani'n' ma'nisinin' ko'rsetkishi shkaladag'i' qa'legen ori'ndi' iyeleytug'i'n' bolsa (si'zg'i'shlar, ruletkalar, strelkali'q ta'rezilar, termometrler ha'm tag'i' basqalar), onda absolyut qa'telik bo'liminin' bahasi'ni'n' yari'mi'na ten':

$$\Delta x = S/2.$$

Mi'sali' 2-su'wrette keltirilgen qa'lemnin' uzi'nli'g'i'n' 18,5 sm dep te yamasa 19,0 sm dep te jazi'w mu'mkin. Bul eki jag'dayda da jiberilgen qa'telik bo'lektin' bahasi'ni'n' yari'mi'nan u'lken emes.



2-su'wret.

Qa'lemnin' uzi'nli'g'i'n 18,5 sm dep te yamasa 19,0 sm dep te jazi'w mu'mkin. Bul eki jag'dayda da jiberilgen qa'telik bo'lektin' bahasi'ni'n' yari'mi'nan u'lken emes.

Tosi'nnan jiberiletug'i'n qa'telikti bahalaw

Tosi'nnan jiberiletug'i'n (ketetug'i'n) qa'telikti joq etiw mu'mkin emes. Biraq bunday qa'telikler itimalli'qlar ni'zamli'qlari'na bag'i'nadi'. Sonli'qtan ishinde o'lshenip ati'rg'an shamani'n' haqi'yqi'y ma'nisi jatatug'i'n sheklerdi barli'q waqi'tta ko'rsetiw mu'mkin.

Tosi'nnan jiberiletug'i'n qa'teliklerdi ani'qlaw ma'selesini eksperiment penen jaqsi' sa'ykes keletug'i'n teoriyani'n' do'retiliwi menen sheshildi. Bul teoriyani'n' tiykari'nda normal (Gauss) tarqali'wi' funksiyasi' turadi'. Bul teoriyani'n' tiykarg'i' jag'daylari' to'mendegilerden ibarat:

1. O'lshewler ko'p ret qaytalansa birdey u'lkenliktegi, biraq belgileri qarama-qarsi' bolg'an qa'teliklerdin' sani' birdey boladi'.

2. Qa'teliktin' shamasini'n' u'lkeyiwi menen qa'teliklerdin' payda boli'w jiyiligi kemeyedi. Basqa so'z benen aytqanda u'lken qa'telikler kishi qa'teliklerge sali'sti'rg'anda siyrek ushi'rasadi'.

3. O'lshewlerdin' qa'teliklari normal tarqali'wg'a bag'i'natug'i'n ma'nislerdin' u'zliksiz qatari'n qabi'l ete aladi'.

O'lshenetug'i'n shamani'n' en' jaqsi' ma'nisi. Tosi'nnan jiberiletug'i'n qa'teliklerdin' ma'nislerinin' ha'r qi'ylili'g'i'na itimalli'q tu'sinigin qollanami'z.

Meyli n ret o'tkerilgen o'lshewlerdin' bari'si'nda x shamasini'n' x_1, x_2, \dots, x_p ma'nisleri ali'ng'an bolsin. Eger x_h arqali' o'lshenip ati'rg'an shamani'n' haqi'yqi'y ma'nisi belgilengen bolsa (o'lshenip ati'rg'an shamani'n' haqi'yqi'y ma'nisi bizge belgili dep esaplaymi'z), onda ha'r bir o'lshewdin' absolyut qa'teliklari to'mendegidey formulalar menen beriledi:

$$x_1 - x_h = \Delta x_1,$$

$$x_2 - x_h = \Delta x_2,$$

...

$$x_n - x_h = \Delta x_n,$$

Bul ten'liklerdi ag'zama-ag'za qosi'w arqali' alami'z:

$$x_h = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i - \sum_{i=1}^n \Delta x_i \right). \quad (5)$$

Bul formuladagi' Δx shamalari'ni'n' belgisi on' da, teris te boladi'. Normal tarqali'w ni'zami' boyi'nsha absolyut shamasini' boyi'nsha birdey, biraq belgisi boyi'nsha qarama-qarsi' qa'teliklerdin' itimalli'qlari' birdey boladi'. Demek

o'lshevlar sani' n qanshama u'lken bolsa qa'teliklerdin' ortasha ma'nislerin esaplag'anda olardi'n' bir birin toli'q kompensasiyalawi'ni'n' itimalli'g'i' u'lken boladi'. Sonli'qtan

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta x_i = 0. \quad (6)$$

Bunday jag'dayda (5)-an'latpa (6)-an'latpani' esapqa alg'anda to'mendegidey tu'rge enedi

$$x_h = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \approx \langle x \rangle.$$

Demek o'lshevlar sani' n ju'da' ko'p bolg'anda ayi'ri'm o'lshevlardind' ortasha arifmetikali'q ma'nisi $\langle x \rangle$ shama menen o'lshenetug'i'n shamani'n' haqi'yqi'y ma'nisi bolg'an x_h shamasi'na ten' boladi'.

Joqari'da ayti'lg'anlar tiykari'nda o'lshenip ati'rg'an shamani'n' en' jaqsi' ma'nisi si'pati'nda barli'q ali'ng'an na'tiyjelerdin' ortasha arifmetikali'q ma'nisi qabi'l etiledi:

$$x_h \approx \langle x \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}. \quad (7)$$

Ali'ng'an na'tiyjenin' isenimligin bahalaw ushi'n ayi'ri'm o'lshevlarde ali'ng'an na'tiyjelerdeg'i tosi'nnan jiberiletug'i'n qa'teliklerdin' tarqali'wi'n qarap shi'g'i'w kerek. Bunday tarqali'w tarqali'wdi'n' normal ni'zami'na, yag'ni'y Gauss tarqali'w ni'zami'na sa'ykes keledi.

A'melde ha'r bir o'lshevwde jiberiletug'i'n qa'telik emes, al ortasha arifmetikali'q shamadag'i' qa'telik a'hmiyetli ori'n iyeleydi.

O'lshevlar na'tiyjesinin' ortasha arifmetikali'q shamasi'ni'n' qa'teligin bahalaw. $\langle x \rangle$ shamasi'ni'n' x_h shamasi'nan ayi'rmasi' (awi'si'wi') $\langle x \rangle$ na'tiyjesinin' ortasha kvadratli'q qa'teligi menen bahalaw mu'mkin. Matematikali'q statistikada σ na'tiyjesinin' ortasha kvadratli'q qa'teligi ha'r bir o'lshegendegi ori'n alatug'i'n ortasha kvadratli'q qa'telik σ_h penen to'mendegi formula boyi'nsha baylani'satug'i'nli'g'i'n da'lilleydi:

$$\sigma = \frac{\sigma_a}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}. \quad (8)$$

Bul formulada $\Delta x_i = x_i - \langle x \rangle$ arqali' i arqali' i-sanli' ta'jiriybede jiberilgen absolyut qa'telik belgilengen.

Bunday jag'dayda o'lshewdin' na'tiyjesi

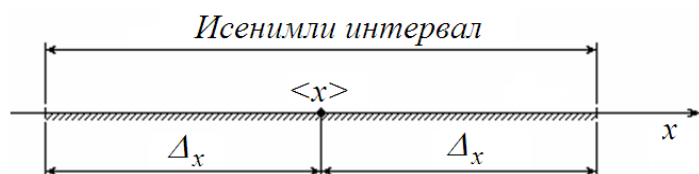
$$x = \langle x \rangle \pm \sigma x$$

tu'rinde jazi'ladi'.

Demek (8)-formulag'a su'yenip o'lshevwler sani'n artti'ri'w arqali' ju'da' da'l na'tiyjelerdi ali'w mu'mkin dep juwmaq shi'g'ari'w mu'mkinshiligi payda boladi'. Biraq bunday juwmaq duri's emes. Sebebi o'lshevwler sani' artqanda ta'jiriybelerdin' tosi'nnan ketetug'i'n qa'telikleri kishireyedi, al a'sbaplardi'n' kemshiliklerine baylani'sli' bolg'an sistemali'q qa'telikler o'zgerissiz qaladi'. Solay etip o'lshevwler sani'n tiykarsi'z ko'beyte beriwidin' za'ru'rli'gi bolmay shi'g'adi'.

Eger o'lshevwler sani' (ta'jiriybeler sani') u'lken bolmasa (yag'ni'y 10 nan kishi bolsa) quramali' bahalawlardi' qollani'w kerek boladi'. Bunday bahalawlar qatari'na Styudenttin' qa'teliklerdi esaplaw usi'li' kiredi.

Isenimli interval. O'lshevwler sani' u'lken bolmag'anda ($n \leq 10$) ortasha ma'nisi haqi'yqi'y ma'nisten u'lken ayi'rmag'a iye boli'wi' mu'mkin. $\langle x \rangle$ ti'n' da'l ma'nisinin' o'lshenip ati'rg'an shamani' xarakterley alatug'i'nli'g'i'n biliw ushi'n ali'ng'an na'tiyjenin' «isenimli intervali» dep atalatug'i'n intervaldi' biliw kerek boladi' (3-su'wret). Isenimli intervaldi'n' da'l ortasi'nda (7)-formula boyi'nsha esaplang'an ortasha ma'nis qabi'l etiledi.



3-su'wret.
Ali'ng'an na'tiyjenin' «isenimli intervali» dep atalatug'i'n intervaldi'n' sxemasi'.

Isenimli interval dep o'lshenip ati'rg'an shamani'n' haqi'yqi'y ma'nisi belgili bir itimalli'q penen kiretug'i'n sanli'q intervalg'a aytadi'. Isenimli itimalli'q (isenimlik koeffisienti) α dep haqi'yqi'y ma'nisi isenimli intervaldi'n' ishinde joylasi'wi'ni'n' itimalli'g'i' boli'p tabi'ladi'.

Isenimli intervaldi'n' ken'ligi na'tiyjenin' ortasha kvadratli'q qa'teligine tuwri' proporsional:

$$\Delta_x = t_{n,a} \cdot \sigma. \quad (9)$$

$t_{n,a}$ proporsionalli'q koeffisienti Styudent koeffisienti dep ataladi'. Oni'n' ma'nisi o'tkerilgen ta'jiriybeler sani' n menen isenimli itimalli'q α den g'a'rezli. Demek isenimli itimalli'q α qanshama u'lken bolsa $t_{n,a}$ koeffisientinin' ma'nisi de sonshama u'lken boladi'. Ta'jiriybeler sani'ni'n' u'lkeyiwi menen ortasha ma'nistin' shamasini' haqi'yqi'y ma'nistin' shamasina jaqi'nlaydi'. Sonli'qtan α shamasini'n' berilgen ma'nisi ushi'n isenimli itimalli'qti' kishi etip ali'wg'a boladi'. Solay etip ta'jiriybeler sani' n di artti'ri'w menen Styudent koeffisientinin' ma'nisin kishireyiwi kerek.

To'mendegi kestede Styudent koeffisientinin' ma'nisleri keltirilgen.

Styudent koeffisientinin' ma'nisleri

$n \backslash t_{n,a}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,80	3,08	1,89	1,64	1,53	1,48	1,44	1,42	1,40	1,38	1,37	1,36	1,36	1,35	1,35
0,90	6,31	2,92	2,35	2,13	2,02	1,94	1,89	1,86	1,83	1,81	1,80	1,78	1,77	1,76
0,95	12,71	4,30	3,18	2,78	2,57	2,45	2,36	2,31	2,26	2,23	2,20	2,18	2,16	2,14
0,99	63,7	9,92	5,84	4,60	4,03	3,71	3,50	3,36	3,25	3,17	3,11	3,06	3,01	2,98

Kestegge itibar berip qarag'anda ta'jiriybeni 10-15 ret qaytalawdi'n' maqsetke muwapi'q emes ekenligin ko'rsetedi. O'lshevwler ushi'n jumsal'g'an shi'g'i'nni'n' ma'nisi u'lkeyedi, al isenimli intervaldi'n' ken'ligi derlik o'zgermey qaladi'.

O'lshewdin' juwmag'i' isenimli itimalli'q α ni'n' ma'nisin ko'rsetiw menen juwmaqlanadi' ha'm $\alpha = m_i \text{ naday shama'g'a ten' bol'g'anda } x = \langle x \rangle \pm \Delta_x$ dep jazi'ladi'.

Isenimli itimalli'qti'n' ma'nisinin' o'lshevwlerdin' na'tiyjeligi menen baylani'si'ni'n' joq ekenligine itibar beriw kerek. α ni'n' ma'nisin isenimlik penen qa'wipsizlikti esapqa ali'w menen aldi'n-ala beriledi. Ko'pshilik texnikali'q eksperimentlerde ha'm fizikali'q praktikumlarda α ushi'n 0,95 ke ten' ma'nisi qabi'l etiledi.

Janapay (qosi'msha) o'lshevwlerde jiberiletug'i'n qa'teliklerdi bahalaw

Ko'pshilik fizikali'q eksperimentlerde izlenip ati'rg'an fizikali'q shama u fizikali'q a'sbapti'n' ja'rdeminde tikkeley o'lshenbeydi, al a'sbapti'n' ja'rdeminde tikkeley o'lshenetug'i'n ha'm sol u shamasi' menen bazi' bir formulalardi'n' ja'rdeminde baylani'sqan shama o'lshenedi. Bul shamalardi' x, y, z, \dots arqali' belgileyik. Esaplawlar belgili bir formulani'n' ja'rdeminde ju'rgiziledi. Bul formulani' uli'wma tu'rde bi'layi'nsha jazami'z

$$u = f(x, y, z, \dots). \quad (10)$$

Janapay o'lshevwlerdegi absolyut qa'teliktin' ma'nisi Δu tuwri'dan-tuwri' ju'rgizilgen o'lshevwlerdin' qa'telikleri $\Delta x, \Delta y, \Delta z, \dots$ shamalari'nan ha'm (10)-funksiyani'n' tu'rinen g'a'rezli boladi'. Δu shamasini'n' ma'nisin

$$\Delta u = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \cdot (\Delta x)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \cdot (\Delta y)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 \cdot (\Delta z)^2 + \dots} \quad (11)$$

tu'rindagi formulani'n' ja'rdeminde ani'qlaw mu'mkin. Bul an'latpada $\partial f / \partial x$ arqali' f funksiyasi'nan x boyi'nsha ali'ng'an dara tuwi'ndi' belgilengen.

A'melde (10)-funksiya da'rejeli funksiya tu'rine iye boladi':

$$u(x, y, z, \dots) = S \cdot x^k \cdot y^m \cdot z^n \cdot \dots$$

Bul formulada S arqali' turaqli' koeffisient belgilengen. Da'reje ko'rsetkishler k, m, n, \dots shamalari' bolsa on', teris, pu'tin yamasa bo'lshek haqi'yqi'y shamalar boli'p tabi'ladi'. Bul jag'dayda qa'telik Δu

$$\Delta u = \langle u \rangle \sqrt{(k \cdot E_x)^2 + (m \cdot E_y)^2 + (n \cdot E_z)^2 + \dots} \quad (12)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplanadi'. Bul an'latpada $\langle u \rangle$ arqali' u shamasini'n' ortasha ma'nisi belgilengen, al $E_x = \Delta x / \langle x \rangle$, $E_y = \Delta y / \langle y \rangle$, $E_z = \Delta z / \langle z \rangle$ arqali' x, y, z

shamalari'n tuwri'dan-tuwri' o'lshegendegi sali'sti'rmali' a'sbapli'q qa'telikler belgilengen.

(12)-formulani'n' ja'rdeminde ju'rgizilgen esaplawlarda to'mendegi jag'daylardi' umi'tpaw kerek:

1. O'lshenetug'i'n shamalar menen olardi'n' absolyut qa'telikleri birdey birliklerde o'lshenedi (mi'sali' x ha'm Δx shamalari').

2. Esaplawlar joqari' da'llikti talap etpeydi ha'm baha beriw xarakterine iye boli'wi' kerek.

Toli'q qa'telik. O'lshewlerdin' na'tiyjelerin jazi'w

A'dette ta'jiriybelerde sistemali' tu'rde jiberiletug'i'n qa'telikler de, tosi'nnan ketetug'i'n qa'telikler de ushi'rasadi'. Meyli olar Δx_{sist} ha'm Δx_{tos} qa'telikleri menen xarakterlenetug'i'n bolsi'n (sa'ykes formulalar joqari'da keltirilgen). Toli'q absolyut qa'telik

$$\Delta = \sqrt{(\Delta x)_{\text{sist}}^2 + (\Delta x)_{\text{tos}}^2}$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Bul formulada tosi'nnan jiberiletug'i'n qa'telikler de, sistemali' tu'rde jiberiletug'i'n qa'telikler de ori'n alg'anda absolyut toli'q qa'teliktin' shamasini'n' u'lkeyetug'i'nli'g'i' ko'rinip tur. Eger qa'teliklerdin' birewi ekinshisinen u'sh eseden de u'lken bolsa, onda toli'q qa'telik Δ ushi'n u'lken qa'teliktin' ma'nisi qabi'l etiledi (demek, eger $\Delta x_{\text{tos}} > 3(\Delta x_{\text{sist}})$ bolg'an jag'dayda $\Delta = \Delta x_{\text{tos}}$ ma'nisin alami'z).

O'lshewlerdin' na'tiyjelerinin' en' keyingi jazi'li'wi' to'mendegidey elementlerdi sha'rtli tu'rde qabi'l etiw kerek:

1. Isenimli itimalli'qti'n' ma'nisin ko'rsetiw menen isenimli interval $\alpha = \dots$ bolg'anda $x = \langle x \rangle \pm \Delta$ tu'rinde jazi'ladi'.

Joqari'da eskertip o'tkenimizdey, $\langle x \rangle$ ha'm Δ shamalari'ni'n' birlikleri birdey boladi'. Bul birlikler qawsi'rma belgisinin' ishinde jazi'ladi'.

2. Toli'q sali'sti'rmali' qa'teliktin' ma'nisi. Bul ma'nis prosentlerde beriledi:

$$E = \frac{\Delta}{\langle x \rangle} \cdot 100 \, \%.$$

Fizika praktikumi'nda studentlerdin' oqi'w shi'ni'g'i'wlari'

1. Student fizika praktikumi'ni'n' kelesi jumi'si'n ori'nlaw haqqi'ndag'i' oni' islewden keminde bir ha'pte aldi'n oqi'ti'wshi'dan tapsi'rma aladi'. Jumi'sti'n' du'zilisinde ko'rsetilgen a'debiyattan paydalani'p student joqari'da bayan etilgen ko'rsetpelerge muwapi'q tu'rde belgilengen jumi'sqa tayarli'q ko'redi.

2. Fizika praktikumi'ni'n' ha'r bir shi'ni'g'i'wi'nda studenttin' praktika da'pteri ha'm laboratoriya da'pteri boli'wi' lazim; laboratoriya da'pterine aldi'ng'i' shi'ni'g'i'wlardag'i' ha'm islep ati'rg'an shi'ni'g'i'wlar jazi'p qoyi'li'wi' kerek.

3. Oqi'ti'wshi' ha'r bir jumi's baslanbastan aldi'n studenttin' jumi'sqa tayar ekenligi Izertlenilip; eger student jumi'sti' ori'nlawg'a tayarlang'an bolsa, onda og'an

eksperimentalli'q jumi'sti' ori'nlawg'a ruqsat beriledi. Oqi'ti'wshi' studentke eksperimentalli'q jumi'sti' ori'nlawg'a ruqsat bergengligin laboratoriya jurnali'na belgilep qoyi'ladi'.

4. Student jumi's u'stinde islep ati'rg'an waqi'tta oqi'ti'wshi' studenttin' eksperimentalli'q jumi'si'na, o'lshevlarine, olardi'n' na'tiyjelerin jazi'wi'na basshi'li'q etedi ha'm studenttin' laboratoriya da'pterine jazi'lg'an na'tiyjelerge qol qoyadi'. Studenttin' eksperimentalli'q jumi'si' tamamlang'ani'n oqi'ti'wshi' studenttin' praktika da'pterine ha'm laboratoriya jurnali'na jazi'p qoyi'ladi'.

5. Student eksperimentten alg'an na'tiyjelerin islep shi'g'i'p sol waqi'tta oqi'ti'wshi'g'a tapsi'radi'. Studenttin' jumi'sti' ori'nlang'anli'g'i'n oqi'ti'wshi' studenttin' praktikum da'pterine ha'm laboratoriya jurnali'na jazi'p qoyadi'.

6. Bazi' bir sebep penen oqi'ti'wshi'g'a eki jumi's tapsi'rmag'an studenler ori'nlang'an jumi'slari'n toli'q tapsi'rmag'ansha praktikumni'n' keyingi sabaqlari'na kiritilmeydi.

7. Fizika fakultetinin' studenti bir oqi'w semestri dawami'nda praktikumni'n' keminde 10 jumi'si'n ori'nlawi' sha'rt. Bunnan son' student praktikumdag'i' islegen jumi'slari' boyi'nsha soraw-juwap o'tkerilip juwabi'na qarap bahalanadi'.

Studentler ushi'n esletpeler

1. Laboratoriyada islew ushi'n to'mende o'zin' menen birge to'mende atlari' atalg'an oqi'w qurallari'na iye boli'wi'n' sha'rt:

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

b). Fizikali'q praktikum (kitap).

c). Esaplaw a'sbabi' (kalkulyator).

d). Millimetrli qag'az (o'lshevlari 19x28 sm bolg'an bir neshe bet).

e). Rushkalar (olardi'n' ha'r qi'yl'i' ren'lerge iye bolg'ani' maqsetke muwapi'q).

f). TM yamasa M marqali' qa'lem ha'm o'shargish.

g). Si'zg'i'sh.

2. To'mendegi jag'day ani'qlansa student laboratoriyali'q jumi'slardi' ori'nlawg'a jiberilmeydi:

a) buri'n ori'nlang'an jumi's qoyi'lg'an talaplar tiykari'nda ra'simiylestirilmegen bolsa (ra'simiylestiriw juwmaqi' jazi'w menen juwmaqlanadi', al juwmaq bolsa o'z ishine na'tiyjelerdi, o'lshevdin' da'lligin ha'm grafiklerdi aladi');

b) birden arti'q tapsi'ri'lmag'an jumi's 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);

c) student oqi'ti'wshi'ni'n' bergeng sorawlari'na qanaatlandi'rarli'qtay juwap bere almasa (laboratoriyali'q jumi'slardi' ori'nlawg'a tayarlang'anda student fizikali'q praktikumni'n' qadag'alaw ushi'n beriletug'i'n sorawlari'na juwap beriwi kerek).

3. Student o'lshew ushi'n arnalg'an a'sbap-u'skenelerdi tek oqi'ti'wshi'ni'n' ruxsati' menen g'ana iske qosa aladi'. Jumi'sti' ori'nlawdi'n' aldi'nda a'sbaplardi'n' xarakteristikalarin' jazi'p ali'w ha'm o'lshevlardin' izbe-izligin oylap ali'w kerek. A'ytewirden-a'ytewir hesh bir za'ru'rliksiz a'sbaplardi'n' rushkalari'n burawg'a

bolmaydi'. Sebebi a'sbaplardi'n' barli'g'i' da jumi's islew ushi'n aldi'n-ala tayarlang'an boladi'.

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

Molekulali'q fizika 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' ji'rti'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 qaytadan si'zi'ladi' ha'm olarg'a jan'a na'tiyjeler jazi'ladi'. Duri's emes kestenin' kasi'na «duri's emes» dep jazi'p qoyi'w kerek.

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

_____ fakultetinin' _____ kursi'ni'n' _____ topari' 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' (shistovik) ushi'n arnalg'an. Al da'pterdin' on' ta'repine esaplawlardi' ju'rgiziw ushi'n (shernovik) 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 kestesini menen baslanadi'. Kirisiw to'mendegilerdi o'z ishine aladi':

- a). Ma'selenin' ki'sqasha tariyxı;
- b). Du'zilistin' sxemasi' yamasa su'wreti;
- s). Qa'teliklerdi esaplaw ushi'n formulalar;
- d). Boljang'an teoriyalı'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'yrenge materiallari'n'i'z, jumi'sti'n' bayanlamasi' tiykari'nda o'z betinin'izshe du'zip ali'n'i'z. Buni'n' ushi'n kestege kaday 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. Kesteg'e mag'li'wmatlardi'n' barli'g'i' da rushka menen jazi'ladi'.

3. Na'tiyje kestege o'lshewden keyin da'rha'l jazi'ladi'. Qosi'msha o'lshewler o'tkerilgen jag'daylarda (bunday o'lshewlerdi a'sbapti'n' da'lligin bahalaw ha'm

oni'n' o'lshevi diapazonlari'n aniqlaw ushi'n da o'tkeriledi) 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 shart:

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

2. Grafiktin' ko'sherleri, o'lshevlarda jiberiletug'i'n qa'teliklerdi su'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'. Grafikni kompyuterdin' ja'rdeminde A4 tipidegi betke tu'siriw de mu'mkin. Grafik a'dette millimetrlerde bo'linedi.

3. Grafiktin' atamasi' sha'rtli tu'rde toli'q jazi'li'wi' kerek. Mi'sali': «Latun sterjennin' uzi'nli'g'i'ni'n' temperaturadan g'a'rezliginin' grafigi». Atamada qi'sqarti'p jazi'wg'a bolmaydi'. Mi'sali': «L din' T dan g'a'rezligi» Grafiktin' atamasi' millimetrovkali' 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 (60 prosentten de);

b). Millimetrovkani'n' bir kletkasi' (oni'n' qaptali'ni'n' uzi'nli'g'i' 1 sm) 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' sanlarga sa'ykes keliwshi shamalar qoyi'latug'i'n bolsa 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') o'zgeriwshinin' belgisi 10^{-4} sani'na ko'beytileidi;

d). Grafiktin' qi'yali'q mu'yeshi (eger si'zi'qli' g'a'rezlilik haqqi'nda ga'p etilip atir'gan bolsa) 40–70 gradus sheklerinde boli'wi' kerek;

e). Ko'sherlerdin' ha'r qaysi'si' qag'azdi'n' (bettin') 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 jazi'ladi', bunnan keyin u'tir belgisi qoyi'li'p o'lshevi birligi belgisi jazi'ladi'. Mi'sali': $m \cdot 10^{-3}$ kg.

7. Grafikni laboratoriya jurnali'na (laboratoriyali'q jurnalga) 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 informasialarg'a iye boladi'. Usi'nday maqsetlerde 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'teligi oblasti'ni'n' ortasi' boyi'nsha tegislengen iymeklik tu'rinde kuradi'. Bunday jag'dayda sol tegislengen si'zi'qti'n' eki ta'repindegi noqatlardi'n' sani' shama menen birdey boli'wi' kerek degen qag'i'ydani' umi'tpaw kerek;

v). Kesik si'zi'qlar tu'rindagi graduirkvalli'q grafikti bunnan bi'lay o'tkeriletug'i'n eksperimentlerde du'zilitin' o'zine ta'n o'zgesheliklerin (individuali'q o'zgesheliklerin) esapqa ali'w ushi'n quradi'. Graduirkvalli'q grafiklerdi geyde kalibrovkali'q grafikler dep te ataydi';

s). Teoriiali'q baylani'slar (g'a'rezlikler) grafiklerin si'zg'anda noqatlardi'n' qa'telikleri jazi'lmaydi'. Biraq teoriiali'q formulalarg'a shamalar o'zlerinin' qa'telikleri menen qatnasatug'i'n jag'daylarda noqatlardagi' qa'teliklerdin' 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'daylardi'n' ori'n ali'wi' mu'mkin (mi'sali' approsimasiyalag'anda, teoriiali'q 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. 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' jani'na nomerlerin 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 kerek.

10. Ha'r bir noqatti'n' qa'teliginin' intervali' jin'ishke si'zi'qti'n' ja'rdeminde belgilenip qoyi'ladi'. Bunday si'zi'qlar vertikal bag'i'tta da, gorizontalli'q bag'i'tta da bag'i'tlani'wi' mu'mkin.

11. Eksperimentlerdin' na'tiyjeleri boyi'nsha quri'lg'an grafiklerdin' qa'tesiz boli'wi' mu'mkin emes. Eger eksperimentlerde ali'ng'an shamalardi'n' qa'telikleri ju'da' az bolsa ha'm sonli'qtan grafiktin' masshtablari'nda ko'rinbeytug'i'n bolsa, onda «qalg'an qa'teler ko'rsetilgen noqatlardi'n' sheklerinde» degen standart 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'.

Laboratoriiali'q jumi'slardi'n' na'tiyjeleri boyi'nsha juwmaqlar jazi'w qa'legen ilimiy izertlew ushi'n juwmaq jazi'wdi'n' oqi'w modeli boli'p tabi'ladi'. Juwmaq formallasti'ri'lg'an tekst boli'p, ol oqi'wshi'g'a jumi'sti'n' bari'si'nda ali'ng'an na'tiyjeler haqqi'ndagi' qi'sqa tu'rdegi tu'sinikti payda etedi. 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 ali'w qa'biletligin, qi'sqa tu'rde bayanlaw qa'biletligin 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'ani'n qi'sqasha bayanlaw. Bunday jag'dayda laboratoriyali'q jumi'sti'n' ta'riplemesinin' kirisiw bo'limi menen sa'ykesliktin' bolmawi' sha'rt (yag'ni'y juwmaqtı' ta'riplemedegi kirisiwden ko'shirip jazi'wg'a bolmaydi').

2. O'lshepler ori'nlang'an diapazondi' saylap ali'wdi', o'lshepler arasi'ndag'i' intervallardi' ha'm neshe ret o'lsheplerdin' 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.

Mi'sali': «Tuwri'lar jup noqatlari' usi'li' tiykari'nda quri'ldi'».

4. Ali'ng'an grafiklerdi ta'riyiplew. Bunday jag'dayda eksperimentte ali'ng'an na'tiyjeler menen teoriyali'q esaplawlar bergen na'tiyjelerdi 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 esaplawlar bergen na'tiyjeler bir biri menen toli'q sa'ykes keliwi sha'rt emes;

b). Hesh bir eksperimentalli'q na'tiye toli'q haqi'yqatli'qqa sa'ykes kelmeydi. Sebebi qosi'msha o'tkerilgen o'lsheplerde ali'ng'an na'tiyjelerdi o'zgerte alatug'i'n noqatlardi'n' ali'ni'wi' mumkin. Eksperimentlerdin' da'lliktin' da'rejesi ali'ng'an mag'li'wmatlardi'n' sani'na ha'm ha'r bir mag'li'wmattag'i' qa'teliklerge baylani'sli';

s). Eksperimenttin' ja'rdeminde teoriyani' da'lillew yamasa tekserip ko'riw mu'mkin emes, sebebi eksperimentlerde ali'ng'an mag'li'wmatlar ani'w yamasa mi'naw teoriyani'n' paydasi' ushi'n g'ana xi'zmet ete aladi'. Sonli'qtan eksperimenttin' teoriya menen sa'ykes keliw da'rejesi haqqi'nda g'ana ayti'w mu'mkin.

Mi'sali' «ali'ng'an na'tiyjeler energiyani'n' saqlani'w ni'zami'ni'n' duri'sli'g'i'n da'lilleydi» degen juwmaq duri's emes juwmaq boli'p tabi'ladi'. Sonli'qtan bi'layi'nsha aytqani'mi'z duri's: «ali'ng'an na'tiyjeler energiyani'n' saqlani'w ni'zami'na toli'q sa'ykes keldi».

5. Barli'q waqitlari' qa'teliklerdin' sistemali' qa'telikler menen tosi'nnan jiberiletug'i'n qa'telikler bolatug'i'nli'g'i'n esten shi'g'armaw kerek.

6. Qa'teliklerdin' dereklerin tallaw. Eksperimenttin' metodikasi'ndag'i' ha'm eksperimentalli'q u'skenenin' xarakteristikalarini'ndag'i' naduri'sli'qti'n' haqi'yqi'y sebeplerin tabi'wg'a ti'ri'si'w za'ru'r. Sa'tsiz na'tiyjelerdi tu'sindiriw maqsetinde a'sbaplardi'n' ko'rsetiwidegi naduri'sli'qlarg'a (qa'teliklerge) su'yeniwge bolmaydi'.

7. Teoriya (eger usi'nday teoriya bar bolsa) menen eksperimenttin' bir biri menen sa'ykesligin tallaw. Jiberilgen qa'telikler sheklerinde teoriya menen eksperimenttin' na'tiyjelerinin' sa'ykes kelgenligin yamasa kelmegenligin atap o'tiw za'ru'r. Bul jerde de o'z pikirini ashi'p bildiriw kerek ha'm ju'da' da'l emes bolg'an bahalardi' da beriw mu'mkin: «qanaatlandi'rarli'qtay da'rejede sa'ykes keledi, jaqsi' sa'ykes keledi ha'm tag'i' basqalar».

Juwmaq jazi'lg'anda tarti'm seplewindegi so'zler jazi'lmaydi'. Mi'sali': «Bul jumi'sta ... arasi'ndag'i' baylani's izertlendi». Birinshi yamasa u'shinshi adam ati'nan jazi'w usi'ni's etilmeydi. Bayanlawdi'n' birden bir stilin saqlaw za'ru'rli. Quramali' yamasa uzi'nnan-shubay ga'plerdi paydalanbag'an maqul.

Barli'q eksperimentalli'q ha'm kestelik (spravoshniklerden ali'ng'an) ma'nisler birdey esaplaw sistemasi'nda jazi'ladi'. Barli'q eksperimentalli'q ha'm kestelik (spravoshniklerden ali'ng'an) ma'nisler arasi'ndag'i' ayi'rmalardi'n' tallang'anli'g'i' maqul.

1-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Basi'mni'n' ji'lli'li'q koeffisientin gazli termometr ja'rdeminde ani'qlaw

Kerekli a'sbap ha'm u'skeneler: 1) a'sbap, 2) prujinali' vakuummetr, 3) VN-461 vakuum nasosi', 4) elektroplitka, 5) i'di's.

Teoriyali'q ko'rsetpeler. Ideal gazdi' turaqli' ko'lemde qi'zdi'rg'anda oni'n' basi'mi'ni'n' temperaturag'a qatnasi' o'zgerissiz qalatug'i'nli'g'i' belgili. Buni' SHarl ni'zami', al ideal gazdi' turaqli' ko'lemde qi'zdi'ri'w prosessin izoxoroli'q prosess dep ataydi'. Gazli termometr din' islew ta'rtibi izoxorali'q prosesske tiykarlang'an. Ideal gaz ushi'n da'l ori'nlanatug'i'n bul qa'siyet u'lken a'hmiyetke iye. Sebebi ha'zirgi waqi'ttag'i' termometrlerdin' derlik barli'g'i' gazli termometrge sali'sti'ri'lg'an halda graduировkalanadi'.

Basi'mni'n' ji'lli'li'q koeffisienti α_p arqali' turaqli' ko'lemde ideal gazdi'n' temperaturasi'n 1 gradusqa o'zgeritkende oni'n' basi'mi'ni'n' o'zgerisinin' da'slepki basi'mi'na (0°S yamasa $T_0 = 273\text{ K}$ temperaturadag'i') qatnasi' menen o'lshenetug'i'n shama belgilengen. Oni'n' ma'nisin ideal gazdi'n' hal ten'lemesinen paydalani'p tabi'wg'a boladi'.

Solay etip basi'mni'n' ji'lli'li'q koeffisienti dep

$$\alpha = \frac{1}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_T$$

shamasi'na aytadi' ekenbiz. Bul formuladag'i' α koeffisientin ideal gaz ushi'n jazi'lg'an to'mendegi hal ten'lemesinen ani'qlawg'a boladi':

$$pV = \frac{m}{\mu} RT.$$

Ko'lem V ni' turaqli' dep esaplap bul an'latpani' T boyi'nsha differensiallasaq

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_T = \frac{m}{\mu} \frac{R}{V}$$

an'latpasi'na iye bolami'z. Joqari'dag'i' u'sh an'latpa tiykari'nda α koeffisienti ushi'n

$$\alpha = \frac{1}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_T = \frac{1}{T}$$

formulasi'n alami'z.

Eger ideal gazdi' turaqli' ko'lemde (izoxorali'q prosess) T_0 temperaturadan T_1 ha'm T_2 temperaturalarg'a shekem qi'zdi'rg'anda basi'm sa'ykes tu'rde p_0 den p_1 ha'm p_2 ge shekem o'zgeredi. Bunday jag'dayda olar arasi'ndag'i' baylani's to'mendegishe jazi'ladi':

$$p_0 V = \frac{M}{\mu} R T_0, \quad (1)$$

$$p_1 V = \frac{M}{\mu} R T_1, \quad (2)$$

$$p_2 V = \frac{M}{\mu} R T_2. \quad (3)$$

(3)-ten'likten (2)-ten'likti alsaq $(p_1 - p_2)V = (M/\mu)R(T_2 - T_1)$ ha'm $(p_1 - p_2)/(T_1 - T_2) = MR/\mu V$ an'latpalari'na iye bolami'z. (1)-ten'lemeni paydalani'p bul ten'lemeni bi'layi'nsha jazi'wg'a boladi'

$$(p_2 - p_1)/(T_2 - T_1) = p_0/T_0. \quad (4)$$

Ani'qlamag'a muwapi'q bul ten'lemeden

$$\alpha_V = \frac{1}{T_0} = \frac{p_2 - p_1}{p_0(T_2 - T_1)} \quad (5)$$

formulasi'ni'n' ori'nli' ekenligi kelip shi'g'adi'. Solay etip basi'mni'n' ji'lli'li'q koeffisienti absolyut temperaturag'a kerri proporsional shama eken. Mi'sali' $T_0 = 273$ K temperaturada $\alpha = \alpha_0 = 1/273$ grad⁻¹ shamasina ten' boladi'.

Demek basi'mni'n' basqa temperaturalardag'i' ji'lli'li'q koeffisientin ani'qlaw ushi'n T_1 ha'm T_2 temperaturalarg'a sa'ykes keletug'i'n basi'mlar ayi'rmasi' bolg'an $\Delta p = p_2 - p_1$ shamasin o'lshevi jetkilikli degen so'z. Bul o'lshevi gazli termometr ja'rdeminde a'melge asi'ri'adi'.

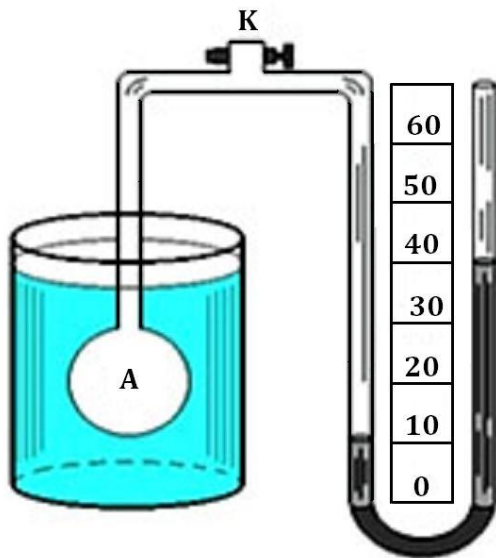
Jumi'sti' ori'nlaw ta'rtibi

Gazli termometr. 1-su'wrette ko'rsetilgan si'napli' manometrдин' shep iynine A balloni' tutasti'ri'lg'an. Ballon menen manometr K krani' arqali' tutasqan. K krandi' ashi'w ha'm jabi'w arqali' A ballondi' ha'm manometrдин' shep iynin o'jiredegi hawa menen tutasti'ri'wg'a ha'm aji'rati'wg'a boladi'.

Basi'mdi' o'lshevi maqsetinde U ta'rizli i'di'sqa si'napti'n' orti'na suw quyi'wg'a bolatug'i'nli'g'i'n atap o'temiz. Bunday jag'dayda basi'mdi' suw bag'anasi'ni'n' basi'mi'nda o'lsheymiz.

Jumi's to'mendegi ta'rtipte ori'nlanadi': K krani'n ashi'p A ballondi' T_1 o'jire temperaturasi'ndag'i' hawa menen tolti'rami'z. Bunday jag'dayda manometrдин' eki ta'reptegi basi'mlar atmosfera basi'mi'na ten' boli'p sol eki ta'reptegi si'napti'n' qa'ddileri birdey boladi'. Si'nap bag'anasi'ni'n' da'slepki biyikligin h_1 arqali'

belgileymiz. Keyin K kranti' jawi'p A ballondi' temperaturasi' T_2 bolg'an suwg'a bati'rami'z. $T_2 - T_1$ din' shamasi' 15 – 20 gradus boli'w jetkilikli.



1-su'wret.

Gazli termometr ja'rdeminde A balloni' ishindeg'i hawani'n' basi'mi'n' o'lshe'w sxemasi'.

A ballondag'i' gazdi'n' temperaturasi'ni'n' joqari'lawi' na'tiyjesinde oni'n' basi'mi' artadi' ha'm manometr din' shep iynindeg'i si'napti'n' qa'ddi to'menlep, al on' iynindeg'i si'napti'n' qa'ddi ko'teriledi. Proses dawami'nda gazdi'n' ko'lemin o'zgerti'wge bolmaydi'. Sonli'qtan manometr din' shep iynindeg'i si'napti'n' qa'ddin da'slepki h_1 qa'ddinde uslawi'mi'z kerek. Buni' manometr din' on' iynin puxtali'q penen joqari' ko'teri'w bari'si'nda a'melge asi'rami'z. Si'nap qa'ddilerinin' o'zgeri'wi toqtag'annan keyingi manometr din' on' iynindeg'i si'napti'n' qa'ddin h_2 dep belgilep alami'z. $h_2 - h_1$ ayi'rmasi' bolsa hawani'n' temperaturasi' T_1 den T_2 ge joqari'lag'andag'i' basi'mi'ni'n' arti'wi'n' si'patlaydi'.

Ti'g'i'zli'g'i' ρ bolg'an suyiqli'q bag'anasi'ni'n' i'di'sti'n' ultani'na tu'siretug'i'n' basi'mi'

$$p = \rho gh$$

ten'liginen ani'qlanatug'i'ni'n' eske ali'p (5)-an'latpani'

$$\alpha_p = \frac{\rho g(h_2 - h_1)}{\rho g \Delta T} = \frac{h_2 - h_1}{T_2 - T_1} \quad (6)$$

tu'rinde jazi'wg'a boladi'. Bul an'latpadag'i' h_0 shamasi' temperatura 0°S g'a ten', yag'ni'y $T = 273\text{ K}$ ge sa'ykes keletug'i'n' si'nap bag'anasi'ni'n' biyikligi. $h_2 = 760\text{ mm}$ dep esaplawg'a boladi'. $h_2 - h_1$ ayi'rmani' millimetrlerde an'lata oti'ri'p (6) dan α_p shamasi'ni'n' ma'nisin ani'qlawg'a boladi'.

Eskerti'w: T temperaturadag'i' si'nap qa'ddilerinin' ayi'rmasi'n' o'lshe'p alg'annan keyin manometr din' on' iynin to'men tu'sirip A ballondi' suwdan shi'g'ari'w kerek. Sebebi manometr din' on' iynin ko'terilgen halda ballondi' suwdan shi'g'arsaq hawani'n' T_1 temperaturag'a salqi'nlawi' na'tiyjesinde basi'm kemeyip si'napti'n' ballong'a tu'siwi mu'mkin.

Ta'jiriybe 5 ret ju'rgizilip to'mendegi kestege jazi'lsi'n.

№	T_1	T_2	Δh	$\Delta\alpha_p$	$\Delta\alpha_p / \alpha_p$	%
1						
2						
3						
4						
5						

Jumi'sti' ori'nlaw ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

1. $\Delta\alpha_p$ shamasi'n ani'qlaw kanday fizikali'q prosesske tiykarlang'an?
2. $\Delta\alpha_p$ dep nege aytami'z?
3. Eger A ballondi' ko'lemi eki ese u'lken basqa ballon menen tutasti'rsa, ta'jiriybede ani'qlang'an $\Delta\alpha_p$ ni'n' shamasi' o'zgerdi me? Tu'sindiriniz.
4. A ballondi' temperaturasi' T_2 bolg'na suwg'a salg'ani'mi'zda ballonni'n' o'zi ji'lli'li'qtan ken'eyiwi mu'mkin. Buni'n' $\Delta\alpha_p$ ni'n' ma'nisine ta'siri bar ma?
5. Eger normal atmosfera basi'mi' biyikligi 760 mm bolg'an si'nap bag'anasi'ni'n' basi'mi'na ten' bolsa, usi'nday basi'mdi' ali'w ushi'n suwdi'n' biyikligi qanday boli'wi' kerek?

2-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Denelerdin' ji'lli'li'q ken'eyiwi

Metodikali'q ko'rsetpeler.

a) **Suyi'qli'qlar.** O'z ko'lemin saqlay ali'wi' ha'm erkin betke iye boli'wi' suyi'qli'qlardi'n' tiykarg'i' qa'siyetlerinin' biri boli'p tabi'ladi'. Suyi'qli'qlar belgili mug'darda qi'si'li'w ha'm ji'lli'li'qti'n' ta'sirinde ko'leminin' ken'eyiw qa'siyetlerine iye. Qi'si'li'w ha'm ji'lli'li'qtan ken'eyiw qa'siyetlerin olardi'n' hal ten'lemesinen u'yreniw mu'mkin. Zatti'n' ji'lli'li'q ken'eyiwi oni'n' ko'lemge ken'eyiw koeffisienti menen xarakterlendi.

Ko'lemge ken'eyiwdi zatti' bir gradusqa qi'zdi'rg'anda oni'n' ko'leminin' o'zgerisi menen xarakterlew mu'mkin. Biraq bul o'zgeris da'slepki ko'lemge baylani'sli' ha'm da'slepki ko'lem qansha u'lken bolsa, ko'lemnin' o'zgerisi de sonsha u'lken boladi'.

Basi'm bir birlikke o'zgergende suyi'qli'q ko'leminin' sali'sti'rmali' o'zgeriwi oni'n' qi'si'li'wshi'li'q koeffisienti (oni' χ arqali' belgileymiz) dep ataladi'. Bul shamani' bi'layi'nsha jazami'z:

$$\chi = \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dp} \quad (1)$$

Bul koeffisienttin' san shamasi' basi'mg'a baylani'sli' boli'p, basi'mni'n' arti'wi' menen bul koeffisienttin' ma'nisi kishireyip baradi'. Sebebi suyi'qli'q qi'si'lg'an sayi'n' oni'n' molekulari' arasi'ndag'i' qashi'qli'qlar kemeyedi. Molekularlar (bo'leksheler) arasi'ndag'i' bir birin iyterisiw ku'shlerinin' shamasi' artadi' ha'm bul jag'day bo'lekshelerdin' bir birine jaqi'nlas'i'wi'n qi'yi'nlasti'radi' (sebebi ha'r bir atom yamasa molekula belgili bir ko'lemde iyeleydi). Suyi'qli'qlardi'n' qi'si'la ali'wshi'li'g'i'

temperaturag'a da baylani'sli'. Sebebi ji'lli'li'q ken'eyiw sebepli suyi'qli'qti'n' ko'lemi artadi' ha'm molekulalar arasi'ndag'i' iyyerisiw ku'shlerinin' shamasi' kemeyedi.

Temperatura artqanda ko'lemnin' u'lkeyiwi ken'eyiw koefisienti arqali' ta'riyiplenilip, temperatura 1 gradusqa o'zgergende oni'n' ko'leminin' da'slepki ko'lemge sali'sti'rg'anda qansha shamag'a o'zgeretug'i'nli'g'i'n an'g'artadi'. YAg'ni'y:

$$\alpha = \frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dT}. \quad (2)$$

Ji'lli'li'qtan ko'lemge ken'eyiw koefisientinin' ma'nisi basi'mni'n' arti'wi' menen kemeyip, temperaturani'n' joqari'lawi' menen artadi'.

b) **Qatti' deneler.** O'zinin' formasi'n saqlay ali'wshi'li'g'i' qatti' denelerdin' en' tiykarg'i' qa'siyetlerinin' biri boli'p tabi'ladi'. Fizikali'q qa'siyetleri boyi'nsha qatti' deneler tiykari'nan kristalli'q ha'm amorf deneler boli'p ekige bo'linedi. Amorf qatti' deneler o'z formasi'n saqlaytug'i'n bolsa da ko'plegen qa'siyetleri boyi'nsha suyi'qli'qlarg'a uqsas (mi'sali' shiyshe, organikali'q plastmassalar). Amorf denelerdi jabi'sqaqli'g'i' ju'da' u'lken bolg'an suyi'qli'q dep esaplawg'a boladi'. Temperaturani'n' arti'wi' menen amorf denelerdin' jabi'sqaqli'g'i' kemeyedi. Amorf deneler belgili bir eriw temperaturasi'na iye emes.

Kristalli'q deneler bolsa belgili bir eriw temperaturasi'na (noqati'na) iye. Qatti' denelerdin' hali' da ko'lem, basi'm ha'm temperatura arqali' ta'riyiplenedi. Biraq qatti' deneler ushi'n bul parametrlardin' ja'rdeminde hal ten'lemesin ani'q jazi'w ju'da' qi'yi'n bolg'an matematikali'q proseduralardan boli'p esaplanadi'. Mi'sali', $p = \text{sonst}$ bolg'anda $V = f(T)$ funksiyasi' ji'lli'li'q ken'eyiwin bildirse, $T = \text{sonst}$ bolg'anda $V = f(p)$ funksiyasi' si'rtqi' ku'shler ta'sirinde qatti' denelerdin' qalay deformasiyalanatug'i'nli'g'i'n sa'wlelendiredi.

Qatti' denelerdin' fizikali'q qa'siyetleri olardi'n' atomlari'ni'n' yamasa molekulalari'ni'n' bir birine sali'sti'rg'anda qatan' tu'rdegi belgili bir ta'rtpite jaylasqanlag'i' menen tikkeley baylani'sli'. Atomlardi'n' ta'rtpili jaylasi'wi'na usi' atomlar arasi'ndag'i' bir birine ta'sir etiw ku'shleri sebep boladi'. Ta'biyati' jag'i'nan bunday ku'shler elektrostatikali'q ku'shler boli'p tabi'ladi'. Bunday ku'shler qatti' denelerdin' ishinde bazi' bir da'wirli potentsialli'q maydandi' payda etedi. Potentsialli'q maydan bolsa sa'ykes energiyag'a iye. Sonli'qtan kristallardag'i' atomlardi'n' jaylasi'wi' usi' potentsial maydanni'n' minimumi'na sa'ykes keliwi kerek.

Qatti' denelerdegi atomlar yamasa molekulalar arasi'ndag'i' tarti'li's (baylani's) ku'shlerinin' ta'biyati' ha'r qi'yli' boli'wi' mu'mkin. Usi'g'an baylani'sli' atomlar arasi'ndag'i' baylani'sti'n' to'mendegi tiykarg'i' tu'rlerin atap o'tiwimiz mu'mkin:

Ionli'q baylani's (geteropolyar baylani's).

Kovalentlik baylani's (gomeopolyar baylani's).

Metalli'q baylani's.

Van-der-Vaals baylani'si'.

Atomlar arasi'ndag'i' baylani'sqa bazi' bir mug'dardag'i' energiya saykes keledi. Bul energiya atomlardi'n' ji'lli'li'q qozg'ali'si'na sa'ykes keliwshi E_{kin} kinetikali'q energiya menen atomlar arasi'ndag'i' tarti'li's yamasa iyyeriliske sa'ykes keletug'i'n E_p potentsial energiyani'n' qosi'ndi'si'nan ibarat. Kinetikali'q energiyani'n' ma'nisi barli'q waqi'tta da nolden u'lken. Al kristalli'q denelerdegi potentsial energiyani'n'

ma'nisi atomlar arasi'ndag'i' qashi'qti'q r ge baylani'sli' ha'm oni'n' ma'nisi barli'q waqi'tta da nolden kishi.

Bir biri menen tarti'satug'i'n atomlar ushi'n potensial energiyani'n' ma'nisi nolden kishi ($E_p < 0$), al iyyerisetug'i'n atomlar ushi'n potensial energiyani'n' ma'nisi nolden u'lken ($E_p > 0$).

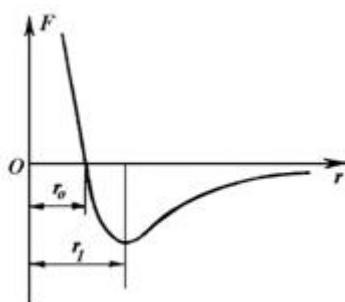
Demek eki atomnan turatug'i'n sistemani'n' toli'q energiyasi'n $U = E_p + E_{kin}$ dep jaza alami'z. Toli'q energiya U di'n' ma'nisi temperaturag'a da, eki atom arasi'ndag'i' arali'q r ge de baylani'sli'. Sebebi kinetikali'q energiyani'n' ma'nisi temperaturani'n' joqari'lawi' menen artadi', al potensial energiyani'n' ma'nisi eki atom arasi'ndag'i' qashi'qli'q r din' o'zgeriwi menen o'zgeriske ushi'raydi'.

Biz atomlardi'n' o'lshemlerinen u'lken qashi'qli'qlardi' u'lken qashi'qli'qlar, al atomlardi'n' o'lshemlerine kishi qashi'qli'qlardi' kishi qashi'qli'qlar dep ataymi'z. Sonli'qtan u'lken qashi'qli'qlarda $U < 0$ ten'sizigi ori'n aladi' ha'm bul atomlar arasi'ndag'i' tarti'li's ku'shlerinin' ori'n alatug'i'nli'g'i'na sa'ykes keledi. Kishi qashi'qlarda $U > 0$. Bunday qashi'qli'qlarda atomlar bir birin iyyeredi.

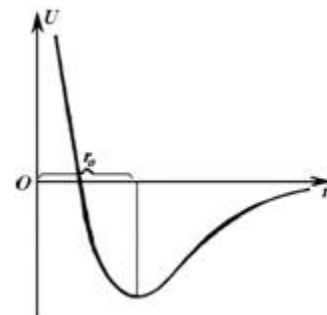
Atomlar arasi'ndag'i' ta'sir etisiw ku'shi F penen U arasi'nda $F = -dU/dr$ tu'rindegi baylani's ori'n aladi'.

Biz ga'p etken a'piwayi' jag'day 2- ha'm 3-su'wretlerde sa'wlelendirigen.

$r = r_0$ sha'rti ori'nlang'anda $F = 0$ boli'p, bul arali'q U shamasi'ni'n' minimumi'na sa'ykes keledi. Bul eki atomnan turatug'i'n sistemani'n' ten' salmaqli'q orni'qli' hali' boli'p tabi'ladi'. Ko'p sandag'i' molekulalar menen atomlar tap usi'nday sha'rt ori'nlang'anda qatti' deneni yamasa kondensasiyalang'an ortalı'qti' payda boladi'.



2-su'wret



3-su'wret

Suyi'qli'qlardi'n' ko'lemge ken'eyiw koeffisientin ta'jiriybede ani'qlaw (1-usi'l)

Jumi'sti'n' maqseti: Ji'lli'li'qti'n' ta'sirinde suyi'qli'qta ju'zege keletug'i'n ko'lemlik o'zgerislerdi ta'jiriybede izertlew ha'm bul boyi'nsha olardi'n' ko'lemge ken'eyiw koeffisientin ani'qlaw.

Kerekli a'sbap ha'm u'skeneler: arnawdi' a'sbap-u'skene (eksperimentalli'q du'zilis), suw qaynatqi'sh, elektroplita, i'di's, izertlenetug'i'n suyi'qli'q.

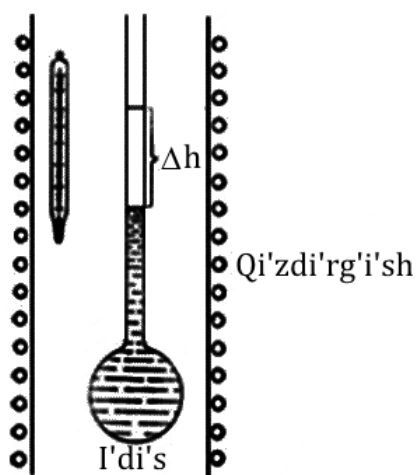
Teoriyali'q ko'rsetpeler ha'm a'sbap-u'skenenin' du'zilisi. Denelerdin' ji'lli'li'q ken'eyiw koeffisienti dilatometrler dep atali'wshi' (a'piwayi' dilatometrdir du'zilisi 4-su'wrette ko'rsetilgen) a'sbapti'n' ja'rdeminde o'lshenedi. Al uzi'nli'qti' o'lshew menen shug'i'llanatug'i'n ilimnin' bo'limin dilatometriya dep ataymi'z. Ha'zirgi zaman dilatometriyasi' og'ada ko'p sanli' o'lshew usi'llari'na iye. Dilatometriyani'n' en' a'piwayi' usi'li' to'mendegiden ibarat.

Izertleniletug'i'n suyi'qli'q kapillyar tu'tikshesi bar i'di'sqa quyi'ladi'. Suwdi'n' qa'ddi tu'tikshenin' shama menen yari'mi'na shekem boli'wi' kerek (4-su'wrette ko'rsetilgen). I'di'sti' qi'zdi'rg'i'shti'n' ishine jaylasti'ri'li'p og'an ji'lli'li'q berilgende ji'lli'li'q ken'eyiwinin' saldari'nan kapillyar tu'tikshedegi suwdi'n' qa'ddi Δh shamasi'na ko'teriledi. Termometr ja'rdeminde ji'lli'li'qti'n' o'simi bolg'an Δt shamasi'n ha'm baslang'i'sh ko'lem V_0 shamasi'n bilgen jag'dayda ko'lemge ken'eyiw koeffisientin to'mendegi formula ja'rdeminde tabi'w mu'mkin:

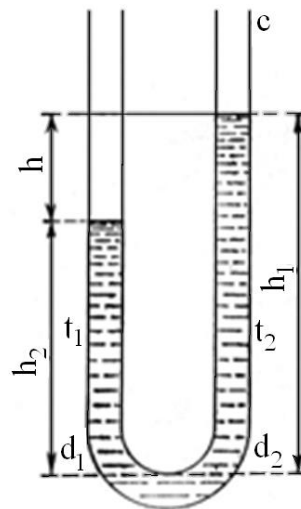
$$\alpha = \frac{1}{V_0} \cdot \frac{V_0}{\Delta t} = \frac{S \cdot \Delta h}{V_0 \cdot \Delta t}. \quad (3)$$

Bul formulada S arqali' kapillyar tu'tikshenin' kese-kesiminin' maydani' belgilengen. Bul usi'l jetkilikli da'rejede da'l na'tiyje bere almaydi'. Sebebi suyi'qli'q turg'an i'di'sti'n' ko'leminin' ji'lli'li'q ken'eyiwi esapqa ali'nbad'i'. Soni'n' ushi'n bul usi'ldan paydalang'anda ali'ng'an na'tiyjelerge sa'ykes du'zeti'w kirgizi'w kerek boladi'.

Ko'lemge ken'eyiw koeffisientin ani'qlawdi'n' birinshi ret Dyulong ha'm Pti ta'repinen usi'ni'lg'an ha'm Reno jetilistirgen basqa da klassikali'q metodi' bar. Bul metodti' tutas i'di's metodi' dep ataydi' ha'm bul usi'lda tutas i'di'slarg'a quyi'lg'an ha'r qi'yli' suyi'qli'qlardi'n' ten' salmaqli'qta boli'w sha'rtini paydalani'ladi'.



4-su'wret. 1-shi'ni'g'i'wda qollani'latug'i'n du'zilis sxemasi'.



5-su'wret. Tutas i'di's usi'li'ni'n' sxemasi'.

Izertlenilip ati'rg'an suyi'qli'q U formasi'ndag'i' i'di'sqa quyi'ladi' (5-su'wret). I'di'sti'n' bir ta'repin salqi'n halda (o'jire temperaturasi'nda) saqlap, ekinshi ta'repi qi'zdi'ri'ladi'. Na'tiyjede i'di'sti'n' eki ta'repinde birdey suyi'qli'q eki tu'rli ti'g'i'zli'qqa iye boladi'. Tutas i'di'slardi'n' ha'r ki'yli' ushatskalari'ndag'i' suyi'qli'qti'n' biyikligi ti'g'i'zli'qqa ker proporsional ha'm tu'tikshenin' ken'eyiwine baylani'sli' emes. Solay etip, i'di'sti'n' ken'eyiwi suyi'qli'qti'n' ken'eyiwine ta'sir etpeydi. Soni'n' ushi'n to'mendegi an'latpani' jaza alami'z:

$$h_1/h_2 = \rho_1/\rho_2. \quad (4)$$

Bul an'latpada h_1 , ha'm ρ_1 arqali' i'di'sti'n' on' ta'repindegi, al h_2 , ha'm ρ_2 arqali' i'di'sti'n' shep ta'repindegi suyi'qli'qti'n' biyikligi menen ti'g'i'zli'g'i' belgilengen. Ha'r qi'yli' temperaturada suyi'qli'qti'n' ti'g'i'zli'g'i' ha'r qi'yli' boladi'. Suyi'qli'qti'n' ti'g'i'zli'g'i' menen temperaturasi' arasi'ndag'i' baylani's

$$\rho_1 = \rho_0 / (1 + \alpha t) \text{ ha'm } \rho_2 = \rho_0 / (1 + \alpha t_2)$$

formulalari' ja'rdeminde ta'riyipenedi. ρ_1 menen ρ_2 nin' ma'nislerin (4)-an'latpag'a qoysaq:

$$h_1/h_2 = (1 + \alpha t_1)/(1 + \alpha t_2)$$

qatnasi'n alami'z. Bunnan

$$\alpha = \frac{h_2 - h_1}{h_1 t_2 - h_2 t_1}. \quad (5)$$

Bul anlatpada $h_2 - h_1 = h$ arqali' tutas i'di'slardi'n' on' ha'm shep ta'repindegi suyi'qli'qti'n' biyikliklerinin' ayi'rmasi' belgilengen.

$h_2 = h_1 + h$. Sonli'qtan (5)-formulani' to'mendegidey tu'rde jazi'w mu'mkin:

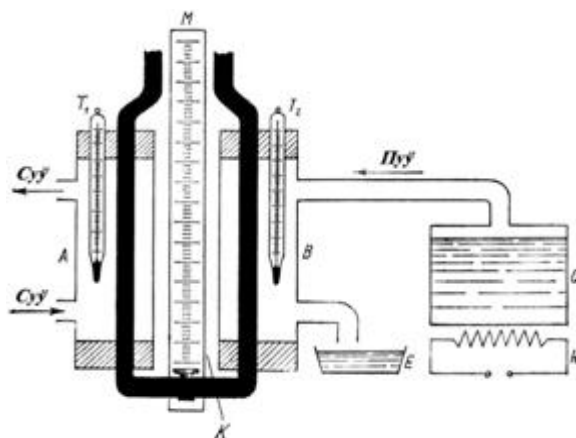
$$\alpha = \frac{h}{h_1 t_2 - (h_1 + h) t_1}. \quad (6)$$

Joqari'da ayti'lg'ani'nday, suyi'qli'qti'n' ko'lemge ken'eyiw koeffisientin ta'jiriybede ani'qlaw ushi'n arnawli' U formasi'ndag'i' shiyshe tu'tikshe qollani'ladi'. Ta'jiriybe o'tkeriw din' sxemasi' 5-su'wrette keltirilgen. SHiyshe i'di'sti'n' ishine izertlenip ati'rg'an suyi'qli'q quyi'ladi'. I'di'sti'n' ha'r eki ta'repi A ha'm V silindr ta'rizli shiyshe i'di'slardi'n' ishinde jaylasqan boli'p, olardan birewinin' (A) ishinen salqi'n suw ha'm ekinshisinen (V) suw puwi' o'tkeriledi. U formasi'ndag'i' shiyshe tu'tikshenin' ortasi'na millimetrlerge bo'lingen shkala (M) ornati'ladi'. A ha'm V silindrleri ishindegi suw ha'm puwdi'n' temperaturalari' T_1 ha'm T_2 termometrleri ja'rdeminde o'lshenedi. S i'di'si' ishindegi suw puw ali'w ushi'n N elektroplitka ja'rdeminde qaynati'ladi'. V silindri ishinde kondensasiyalang'an puw oni'n' to'mengi tu'tikshesi arqali' E i'di'si'na ag'adi'.

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

1. Da'slep A ha'm V i'di'slardi'n' joqarg'i' ha'm to'mengi ti'g'i'nlari'n jaqsi'lap jabi'w kerek. A silindrdegi suw tu'tikshelerinin' biri suw deregine jalg'anadi'. Ekinshi tu'tikshe arqali' suwdi'n' shi'g'i'p ketiwi kerek. Paydalani'lg'an suwdi'n' basi'mi' A silindrinin' ti'g'i'nlari'n shi'g'ari'p jibermewi kerek.

2. S suw qaynatqi'shqa yari'mi'na shekem suw quyi'ladi' ha'm oni' rezina shlang ja'rdeminde V silindrdin' joqarg'i' ashi'q turg'an puw kiriwi kerek bolg'an tu'tikshesine jalg'anadi'. V silindrdin' to'mengi tu'tikshesine kondensasiyalang'an suwdi' jaynaw ushi'n E i'di'si' qoyi'ladi'.



6-su'wret.

Suyi'qli'qti'n' ko'lemge
ken'eyiw koeffisientin
ta'jiriybede ani'qlaw ushi'n
arnalg'an du'zilistin' (tutas
i'di's metodi'ni'n') sxemasi'.

3. Suw U formasi'ndag'i' tu'tikshege quyi'lg'anda K krani' ashi'q boli'wi' kerek. Oni'n' eki ta'repindegi suwdi'n' qa'ddileri ten'leskende kran jabi'ladi'.

4. Suw qaynatqi'sh S elektr plitka N ti'n' u'stine qoyi'lg'an halda suw qaynati'ladi'.

5. Suw qaynap V silindrdin' to'mengi tu'tikshesinen shi'g'a baslag'ani'nan son' 10—15 minut ku'tip turi'ladi' ha'm o'lshew proseduralari'na kirisiledi. t_1 , ha'm t_2 termometrlerdin' ko'rsetiwi, salqi'n suwdi'n' biyikligi h_1 ha'm suyi'qli'qlar biyikliklarinin' ayi'rmasi' h lardi'n' ma'nisi 0,5 mm da'llikte jazi'p ali'nadi'. Ta'jiriybe keminde 3 ret ta'kirarlani'p (6)-formula ja'rdeminde h_1 , h_2 , t_1 , t_2 shamalari'ni'n' ortasha ma'nisleri arqali' izertlenip ati'rg'an suyi'qli'qti'n' ko'lemge ken'eyiw koeffisienti ani'qlanadi'. Na'tiyjeler to'mendegi kestege jazi'ladi':

№	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	h, m	h_1, m	α, K^{-1}	$\bar{\alpha}, K^{-1}$	$\Delta\alpha, K^{-1}$	N, %
1								
2								
3								

Jumi'sti' ori'nlaw ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

1. Ko'lemge ken'eyiw koeffisienti degenimiz ne? Ji'lli'li'qtan ken'eyiw mexanizmin tu'sindiriniz.

2. Ko'lemge ken'eyiw koeffisientleri basi'mg'a ha'm temperaturag'a baylani'si'n tu'sindiriniz.

3. Dyulong ha'm Pti metodi'ni'n' teoriyasi'n tu'sindiriniz ha'm (6)-formulani' keltirip shi'g'ari'n'i'z.

4. Jumi'sti'n' ori'nlani'wi'n ha'm a'sbap-u'skenenin' du'zilisini tu'sindiriniz.

3-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Qatti' denelerdin' si'zi'qli' ha'm ko'lemge ken'eyiw koeffisientlerin ani'qlaw

Kerekli a'sbap ha'm u'skeneler: 1) Qatti' denenin' si'zi'qli' ken'eyiwi o'lshenetug'i'n a'sbap, 2) birdey uzi'nli'qtag'i' shiyshe, polat ha'm alyuminiy sterjenler (uzi'nli'qlardi' 15-17 sm etip ali'w usi'ni'ladi'), 3) Termometr, 4) Taza suw, 5) millimetrli si'zg'i'sh, 6) shtangensirkul.

Metodikali'q ko'rsetpeler ha'm a'sbap-u'skenenin' du'zilisi. Denenin' si'zi'qli' ji'lli'li'q ken'eyiwi dep temperatura joqari'lag'andag'i' geometriyali'q formalari'ni'n' berilgen bag'i'ttag'i' si'zi'qli' o'zgerisleri tu'siniledi. Denenin' si'zi'qli' o'lshemlerinin' temperaturani'n' joqari'lawi'ni'n' na'tiyjesinde artatug'i'nli'g'i' ba'rshege ma'lim.

O'lshemleri belgili bolg'an deneni qi'zdi'rg'anda oni'n' o'lshemleri temperaturalaridin' o'simine baylani'sli' proporsional artadi'.

Kristallardi'n' ji'lli'li'q ken'eyiwi sanli'q jaqtan si'zi'qli' ha'm ko'lemli ken'eyiw koeffisientleri menen xarakterlenedi. Eger l uzi'nli'qtag'i' denenin' temperaturasi' Δt g'a o'zgergende uzi'nli'g'i' Δl shamasina o'zgerse, onda bul denenin' si'zi'qli' ken'eyiw koeffisienti to'mendegi ten'liktin' ja'rdeminde ani'qlanadi':

$$\alpha = \frac{1}{l} \cdot \frac{\Delta l}{\Delta t} \quad (1)$$

yamasa

$$\alpha = \frac{1}{l_1} \cdot \frac{l_2 - l_1}{t_2 - t_1} = \frac{1}{l_1} \frac{\Delta l}{t_2 - t_1}. \quad (2)$$

Bul an'latpalarda l_1 ha'm l_2 ler arqali' denenin' sa'ykes t_1 ha'm t_2 temperaturalaridag'i' uzi'nli'qlari' belgilengen.

Eger si'zi'qli' ken'eyiw koeffisienti u'lken temperaturalar intervallari'nda temperaturag'a si'zi'qli' baylani'sli' bolatug'i'n bolsa, onda $\alpha = (1/l)[(l_1 - l_0)/t]$ ha'm bunnan $l_t = l_0(1 + \alpha t)$ an'latpasi' ali'nadi'. Bul formulada l_0 arqali' denenin' 0°S dag'i', al l_t denenin' $t^\circ\text{S}$ temperaturadag'i' uzi'nli'qlari' belgilengen.

Kristalli'q denelerdin' qa'siyetlerinin' anizotropiyasi'na baylani'sli' α koeffisientinin' shamasini ha'r qi'yli' kristallografiyali'q bag'i'tlarda ha'r qi'yli' ma'nislerge iye boladi'. Qabi'rg'alari' o'z-ara perpendikulyar bolg'an kristallografiyali'q ko'sherlerge parallel etip kesi ali'ng'an parallelepiped ta'rizli kristalli'q dene berilgen bolsi'n. Temperatura 0°S bolg'anda parallelepipedtin' ta'replerinin' uzi'nli'g'i' l_{01} , l_{02} , l_{03} shamalarina ten' bolsi'n ha'm usi' bag'i'tlardag'i' si'zi'qli' ken'eyiw koeffisientleri sa'ykes α_1 , α_2 , α_3 shmalarina ten' bolsi'n. Parallelepiped formasi'na iye bolg'an kristalli'q deneni t temperaturag'a shekem qi'zdi'rg'anda oni'n' ta'replerinin' uzi'nli'g'i' arti'p

$$\begin{aligned} l_{1t} &= l_{01}(1 + \alpha_1 t), \\ l_{2t} &= l_{02}(1 + \alpha_2 t), \\ l_{3t} &= l_{03}(1 + \alpha_3 t) \end{aligned}$$

shamalari'na ten' boladi'. Eger dene turaqli' basi'm asti'nda qi'zdi'ri'li'p ati'rg'an bolsa, onda parallelepipedtin' ko'lemi

$$V_t = V_0(1 + \alpha_1 t) \cdot (1 + \alpha_1 t) \cdot (1 + \alpha_2 t) (1 + \alpha_3 t)$$

shamasi'na ten' boladi'. Bul an'latpada $V_0 = l_{01} \cdot l_{02} \cdot l_{03}$ arqali' parallelepipedtin' 0°S temperaturasi'ndag'i' ko'lemi belgilengen. α_1, α_2 ha'm α_3 koeffisientlerinin' ma'nisleri ju'da' kishi ekenligin esapqa alsaq $(\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3)$, $(\alpha_1 \cdot \alpha_2)$, $(\alpha_1 \cdot \alpha_3)$ ha'm $(\alpha_2 \cdot \alpha_3)$ tu'rindagi ko'beymelerdin' ju'da' kishi ekenligin an'g'arami'z ha'm sonli'qtan joqari'dag'i' formulani'n' orni'na

$$V_t = V_0(1 + \alpha_p t) \quad (9)$$

formulasi'na iye bolami'z. Bul formulada $\alpha_p = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$ arqali' izobarali'q ko'lemli ken'eyiw koeffisienti belgilengen.

Kubli'q strukturag'a iye kristallar, polikristallar ha'm izotrop deneler ushi'n ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$) ha'm $\alpha_p = 3\alpha$ ten'ligi ori'nlanadi'. Bul koeffisienttin' shamasi' temperaturag'a baylani'sli' boli'p, bul baylani's to'mengi temperaturalarda ani'q seziledi. Absolyut nolge jaqi'nlasqan sayi'n denelerdin' ji'lli'li'q ken'eyiw koeffisientinin' ma'nisi nolge jaqi'nlasadi'.

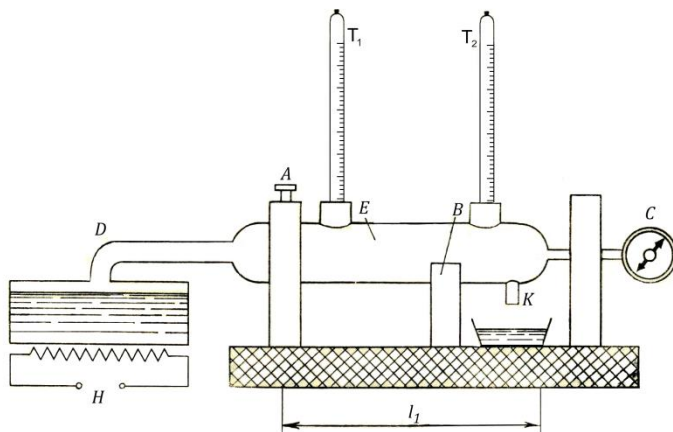
Bul jumi'sti' ori'nlaw ushi'n eki tu'rli usi'l paydalani'ladi': Birinshi usi'lda paydalani'latug'i'n a'sbapti' D.I.Mendeleev a'sbabi' dep ataydi' ha'm oni'n' ja'rdeminde izotrop denelerdin' (kubli'q strukturag'a iye metallardi'n') si'zi'qli' ken'eyiw koeffisienti ani'qlani'ladi'. Ekinshi usi'lda ha'zirgi waqi'tta uli'wma bilim beretug'i'n mekteplerde ken'nen qollani'latug'i'n arnawli' a'sbap paydalani'ladi'.

Eksperimentalli'q u'skenenin' du'zilisini ha'r birin o'z aldi'na ko'rip shi'g'ami'z.

U'skene E metall tu'tiksheden ibarat boli'p, ji'lli'li'qti' izolyasiyalawshi' material menen oralg'an boladi' (7-su'wrette ko'rsetilgen). Tu'tikshenin' bir ushi' A tayani'shqa qati'ri'lg'an ha'm ekinshi ushi' V tayani'shqa erkin qoyi'lg'an boladi'. Tu'tikshenin' jabi'q ushi' tegislengen, og'an S uzi'nli'q indikatori'ni'n' sterjeni' tiyip turadi'. Indikatori'n' shkalasi'ni'n' ha'r bir bo'limi 0,01 mm ge tuwri' keledi. Qi'zdi'rg'i'sh N ja'rdeminde D i'di'stag'i' suw qaynati'ladi', na'tiyjede tu'tikshenin' bir ushi'nan puw kirip ekinshi ushi'nan shi'g'adi'. T_1 ha'm T_2 termometrler tu'tikshenin' eki ushi'ndag'i' temperaturaları'n o'lshew ushi'n qollani'ladi'. Tu'tikshede kondensasiyalang'an puw suwlari' i'di'sqa K tu'tikshesi arqali' ag'adi'.

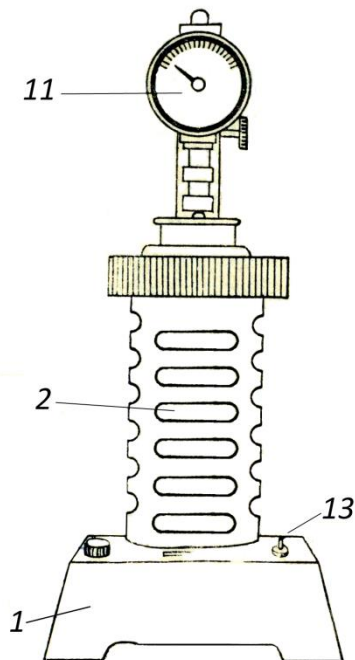
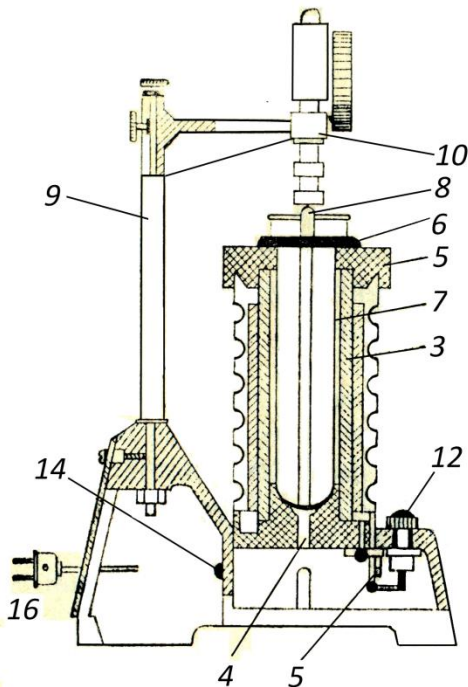
8-su'wrettegi u'skene 1 korpustan ibarat boli'p, og'an 2 silindrlik korpusi' bekitilgen. Silindrlik korpusti'n' ishinde 3 qi'zdi'rg'i'sh jaylasti'ri'lg'an boli'p, eki ta'repinen 4 tayani'sh ha'm 5 qaqqaq ornalasti'ri'lg'an. Ta'jiriybe waqti'nda 6 prokladka arqali' ornati'lg'an 7 shiyshe probirkag'a sali'ng'an 8 sterjen jaylasti'ri'ladi'. U'skene korpusi'nda 9 stoyka qati'ri'lg'an boli'p, ol 10 kronshteyn ha'm 11 indikator menen ta'miynlengen. Kronshteyn o'z ko'sheri do'gereginde 90 gradusqa buri'la aladi'. Korpus panelinde 12 indikatorli' lampa ha'm 13 knopkali' vklyushatel ornati'lg'an. Korpus 14 vint arqali' jerge tutasti'ri'ladi'. 16 shtepselli vilka kernewi 220 V bolg'an elektr energiyasi' dereGINE jalg'aw ushi'n mo'lsherlengen. A'sbapti'n' islew prinsipi elektrotermalizasiya qubi'li'si'na tiykarlang'an.

Izertlenetug'i'n u'lgi shiyshe probirkadag'i' suw ishinde jaylasti'ri'ladi' ha'm qi'zdi'ri'ladi'. Uzi'nli'qti'n' o'zgeriwi indikator ja'rdeminde o'lshenedi.



7-su'wret.

Qatti' denelerdin' si'zi'qli' ken'eyiw koeffisientin ani'qlaw ushi'n arnalg'an a'sbapti'n' du'zilisnin' sxemasi'.



8-su'wret

Jumi'sti' ori'nlaw ta'rtibi

1-eksperimentalli'q du'zilis boyi'nsha:

1. Suw qaynatqi'sh D g'a shama menen oni'n' 3/4 bo'limindey suw quyi'li'p, ol rezina shlang ja'rdeminde E tu'tikshe menen tutasti'ri'ladi' ha'm tu'tikshe A tayani'shqa bekkemlenedi.

2. Tu'tikshenin' A tayani'shqa bekitilgen orni'nan baslap ekinshi ushi'na shekem bolg'an uzi'nli'q lineyka ja'rdeminde 0,5 mm da'llikke shekem o'lshep ali'nadi'.

3. Termometrlerdin' si'napli' ushlari' tu'tikshe ishine jaylasti'ri'ladi', olardi'n' ko'rsetken T_1 ha'm T_2 temperaturalari'ni'n' shamalari'n jazi'p ali'nadi' ha'm $t_1 = (T_1 + T_2)/2$ temperaturasi'ni'n' shamasi' esaplanadi'.

4. Suw qaynatqi'shti' N elektr plitkasi' u'stine jaylasti'ri'ladi' ha'm ol elektr tarmag'i'na jalg'anadi'. Bunnan keyin indikatori'n' barabani'n aylandi'ri'p, shkala «O» ge keltiriledi. Bunnan keyin quri'lmani' qozg'awg'a ruxsat etilmeydi.

5. Suw qaynatqi'shtan K i'di'sqa puw kele baslag'annan keyin 10—15 minut ku'tiledi. Bunnan keyin termometrlerdin' ko'rsetiwini T_1' ha'm T_2' shamalari'ni'n' ma'nisleri jazi'p ali'nadi'. Bunnan keyin temperatura $t_2 = \frac{1}{2}(T_1' + T_2')$ shamasini'n' ma'nisi ha'm indikatori'n' ko'rsetiwleri ja'rdeminde Δl ma'nisi esaplanadi'.

6. Bul ta'jiriybeni keminde u'sh ret ta'kirarlap, l_1 , t_1 , t_2 ha'm Δl ma'nisleri tiykari'nda (8)-formula ja'rdeminde si'ziqli' ko'lemge ken'eyiw koeffisientleri esaplanadi'. Eksperimentlerde ali'ng'an ha'm esaplang'an na'tiyjeler 1-kestege jazi'ladi':

1-keste

Nº	l_1, m	t_1, K	t_2, K	$\Delta l, m$	α, K^{-1}	$\bar{\alpha}, K^{-1}$	α_p, K^{-1}	$\bar{\alpha}_p, K^{-1}$
1								
2								
3								
...								

2-du'zilis boyi'nsha:

1. Eksperimentalli'q du'zilis qurami'ndag'i' probirkalardi'n' yari'mi'na shekem suw menen tolti'ri'li'p, olardi'n' ha'r birinde izertlenetug'i'n sterjenler bir birden jaylasti'ri'ladi'.

2. Sterjenlerdin' sferali'q ta'repin probirkani'n' to'mengi ultani'na jaylasti'ri'li'w kerek.

3. Eksperimentalli'q du'zilistin' jer menen jalg'ani'wi' sha'rt.

4. Du'zilistin' shtepselli vilkasi' elektr tarmag'i'na jalg'anadi'.

5. Aylanbali' kronshteynge indikator ornati'ladi'.

6. Probirkalardi'n' birewindegi suwdi'n' temperaturasi' laboratoriya termometri ja'rdeminde o'lshenedi.

7. Izertlenetug'i'n sterjenli probirka rezinali' prokladka ha'm qaqpagaqtag'i' san'laq arqali' qi'zdi'rg'i'shqa kirgiziledi.

8. Indikator sterjeni joqari'g'a probirkadag'i' sterjennin' oyi'q ushi'na jaylasti'ri'ladi'.

9. Sterjenlerdin' uzi'nli'qlari'ni'n' o'zgerisleri indikatori'n' ko'rsetiw boyi'nsha ani'qlanadi' (birinshi ta'jiriybede oni' nolge qoyi'p ali'w kerek).

10. Bunnan keyin eksperimentalli'q du'zilis elektr tog'i' deregine jalg'anadi'. Buni' indikatori'n' lampasi'ni'n' jani'wi'nan biliwge boladi'.

Probirkadag'i' suw qaynag'anda ondagi' sterjennin' temperaturasi' suwdi'n' qaynaw temperaturasi' menen ten'lesedi. Uzi'nli'qti'n' qansha shamag'a artqanli'g'i' indikator ja'rdeminde o'lshenedi. Ta'jiriybeni ta'kirarlaw yamasa dawam etiw ushi'n a'sbap elektr tog'i' dereginen waqi'tsha aji'rati'ladi', indikator ja'ne shetke i'si'ri'p qoyi'ladi'. Qi'zg'an probirka basqa, ele paydalani'lmag'an probirka menen almasti'ri'ladi'. Basqa u'lgiler ushi'n da 5-10 punktlerde keltirilgen operasiyalar ta'kirarlanadi'. Bul usi'lda da baslang'i'sh uzi'nli'qti' (l_1), temperatura t_1 shamasini'n, uzi'nli'qti'n' o'simin (Δl) ha'm aqi'rg'i' temperaturani' (suwdi'n' qaynaw

temperaturasi'n t_2 arqali' belgilep (8)-formula ja'rdeminde α_p shamasi'ni'n' ma'nisi esaplanadi'. Ali'ng'an na'tiyjeler kestege tu'sirileadi.

Ha'r bir usi'l ushi'n sali'sti'rmali' ha'm absolyut qa'telikler esaplanadi'.

Jumi'sti' ori'nlaw ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

1. Qatti' denelerdin' kristalli'q strukturasi' ha'm fizikali'q qa'siyetleri haqqi'nda ayti'p berin'iz. Kristalli'q struktura menen fizikali'q qa'siyetler arasi'ndag'i' baylani's haqqi'nda nelerdi bilesiz?

2. Qatti' denelerdegi atomlar yamasa molekulalar arasi'ndag'i' baylani'slardin' tipleri haqqi'nda nelerdi bilesiz? Metalliq baylani's qalayi'nsha ju'zege keledi?

3. Qatti' denelerdin' si'zi'qli' ha'm ko'lemge ken'eyiwinin' sebeplerin tu'sindirini'z.

4. Kristallardag'i' strukturaliq defektler nelerden ibarat?

5. Birinshi u'skenenin' du'zilisini ha'm jumi'sti'n' ori'nlani'w ta'rtilerini ayti'p berin'iz.

6. Ekinshi u'skenenin' du'zilisini ha'm jumi'sti'n' ori'nlani'w ta'rtilerini ayti'p berin'iz.

4-sanli' laboratoriyali'q jumi's

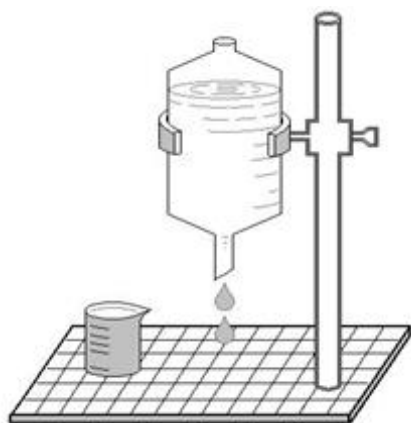
Suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisientin tamshi'ni'n' u'ziliw usi'li' boyi'nsha ani'qlaw

Kerekli a'sbaplar ha'm u'skeneler: jin'ishke tu'tikshe (kran menen ta'miyinlengen), ishinde suyi'qli'g'i' bar i'di's, stakan, mayda gir taslari' bar ta'rezi.

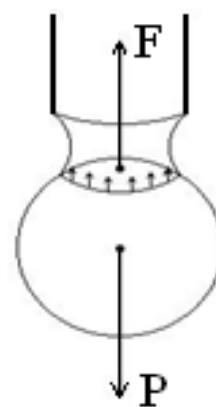
Bet keriw ku'shi suyi'qli'q molekulalari'ni'n' o'z-ara tarti'li'si'wi' na'tiyjesinde payda boladi'. Sonli'qtan bet keriw ku'shi suyi'qli'qti'n' betin qa'legen i'qti'yarli' si'zi'q boyi'nsha ekige aji'rati'w ushi'n kerek bolg'an ku'sh. Bul ku'shtin' shamasi', suyi'qli'qti'n' betine ju'rgizilgen sol i'qti'yarli' si'zi'qti'n' uzi'nli'g'i'na proporsional, yag'ni'y $F \sim l$. Bunnan ten'lik belgisine o'tsek

$$F = \alpha l \quad (1)$$

an'latpasi'n alami'z. Bul an'latpada α arqali' proporsionalliq koeffisienti belgilengen ha'm bul koeffisienti bet keriw koeffisienti dep ataydi'. Ol san jag'i'nan suyi'qli'qti'n' betindegi birlik uzi'nli'qqa sa'ykes keletug'i'n ku'shke ten'. Suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisientin suyi'qli'q tamshi'si'ni'n' jin'ishke tu'tiksheden u'zilip tu'siw ta'jiriybesinen ani'qlawg'a boladi'.



1-su'wret.



2-su'wret.

Meyli tamshi' jin'ishke tu'tiksheden u'zilip tu'sedi deyik (1-su'wret). Tu'tikshe ushi'ndag'i' tamshi'g'a eki ku'sh ta'sir etetug'i'nli'g'i' ma'lim. 1) Tamshi'ni'n' u'ziliw maydani'ni'n' perimetri boyi'nsha joqari' qaray bag'i'tlang'an bet keriw ku'shi, 2) to'men qaray bag'i'tlang'an tamshi'ni'n' salmaq ku'shi.

Eger biz shiyshe tu'tikshe arqali' (2-su'wret) suyi'qli'qti'n' tamshi'lawi'na mumkinshilik bersek, onda tamshi'ni'n' salmag'i' bolg'an R ni' uslap turi'wshi' bet keriw ku'shi F ke ten' yamasa F ten u'lken bolg'anda tamshi' tu'tiksheden u'zilip tu'sedi Demek tamshi'ni'n' tu'tiksheden u'zilip tu'siw sha'rti $P \geq F$ sha'rtinin' ori'nlani'wi' kerek. Eger tamshi'ni'n' u'ziliw momentindegi moyni'ni'n' radiusi'n r arqali' belgilesek, onda oni'n' moyni'ni'n' perimetri

$$l = 2\pi r$$

shamasi'na ten' boladi'. Buni' (1)-formulag'a qoyi'p ha'm joqari'dag'i' sha'rtke muwapi'q

$$p = F = \alpha \cdot 2\pi r$$

tu'rinde jazi'wg'a boladi'. Bunnan suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisienti ushi'n

$$\alpha = p/2\pi r \quad (2)$$

formulasi'n alami'z.

Bul an'latpadag'i' tamshi'ni'n' salmag'i' p ni' ta'jiriybede an'sat ani'qlawg'a boladi'. Biraq tamshi'ni'n' u'ziliw momentindegi moyni'ni'n' radiusi'n ani'qlaw qi'yi'n. Sonli'qtan suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisienti α_x shamasi'n ani'qlaw ushi'n bet keriw koeffisienti α_0 belgili bolg'an ekinshi bir suyi'qli'qtan paydalani'ladi'. Biz qarap ati'rg'an suyi'qli'q ushi'n (2) ni' to'mendegishe jazami'z

$$\alpha_x = p_x/2\pi r. \quad (3)$$

Al belgili suyi'qli'q ushi'n (2)-an'latpani'

$$\alpha_0 = p_0/2\pi r \quad (4)$$

tu'rinde jazami'z. Onda (3)- ha'm (4)-an'latpalardi' paydalani'p

$$\alpha_x = (p_x/p_0) \cdot \alpha_0 \quad (5)$$

formulasi'na iye bolami'z.

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

2-su'wrette ko'rsetilgendey o'z-ara birdey eki probirka ali'nadi'. Bulardi'n' birewine bet keriw koeffisienti belgili bolg'an suw quyi'ladi', al ekinshisine izertlenetug'i'n suyi'qli'q (gliserin) quyi'ladi'. Taza ha'm keptirilgen eki i'di's (stakan) ali'nadi' ha'm olardi'n' salmaqlari' ta'rezide o'lshenedi.

I'di'slardi'n' salmaqlari' sa'ykes p_1 ha'm p_2 bolsi'n. Keyin probirka krani'n a'stelik penen asha oti'ri'p birinshi i'di'sqa 100-150 tamshi' suw al ekinshisine usi'nday gliserin tami'zi'ladi'. Bul ishinde suyi'qli'g'i' bar i'di'slardi' tag'i' da ta'rezide o'lsheymiz. Bul o'lshegen salmaqlar p_1' ha'm p_2' bolsi'n. Onda $p_1' - p_1 = \Delta p_1$ ha'm $p_2' - p_2 = \Delta p_2$ ayi'rmalari' birinshi ha'm ekinshi i'di'slardag'i' suwdi'n' ha'm gliserinnin' salmaqlari'na sa'ykes keledi. Eger suw tamshi'lari'ni'n' sani' n_1 ha'm gliserindiki n_2 bolsa, onda olardi'n' ha'r bir tamshi'si'ni'n' salmag'i' sa'ykes:

$$p_{suw} = \Delta p_1/n_1, \quad p_{gl} = \Delta p_2/n_2 \quad (6)$$

tu'rinde jazi'ladi'. Bul jag'dayda belgisiz suyi'qli'q gliserinnin' bet keriw koeffisienti (5)-an'latpag'a muwapi'q to'mendegidey boli'p jazi'ladi':

$$\alpha_{gl} = (p_{gl}/p_{suw}) \cdot \alpha_{suw}. \quad (7)$$

Bul an'latpada p_{gl} ha'm p_{suw} arqali' sa'ykes suw ha'm gliserinnin' bir tamshi'si'ni'n' salmag'i', al α_{suw} arqali' suwdi'n' o'jire temperaturadag'i' bet keriw koeffisienti belgilengen. Oni'n' ma'nisi fizikali'q kestelerden ali'nadi' ha'm 72 Dina/sm shamasi'na ten'. Demek (7)-formuladan gliserinnin' bet keriw koeffisientin ani'qlawg'a boladi'. Suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisientinin' shamasi'ni'n' temperaturag'a baylani'sli' ekenligi belgili. Sonli'qtan ta'jiriybe qanday temperaturada o'tkerilse sol temperaturani'n' ma'nisi jazi'lg'an boli'wi' kerek.

Ta'jiriybeni keminde 5 ret qaytalap, ali'ng'an na'tiyjeler to'mendegi kestege jazi'ladi'.

N ^o	p_{gl}	p_{suw}	α_{suw}	α_r	$\Delta \alpha_r$	$(\alpha_r)_{ort}$	$(\Delta \alpha/\alpha)_{ort}$
1							
2							
3							
4							
5							
...							
Ortasha							

Jumi'sti' ori'nlaw ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

1. Jumi'sti'n' isleniw ta'rtibi.
2. Suyi'qli'qti'n' bet keriw ku'shi qalay payda boladi' ha'm bag'i'ti' qanday?
3. Bet keriw koeffisienti degenimiz ne ha'm oni'n' o'lshe'm birligi qanday?
4. Gliserinnin' bet keriw koeffisientin o'lshe'w ushi'n bet keriw koeffisienti belgili bolg'an taza suwdi' aldi'q. (7)-an'latpag'a muwapi'q p_{gl}/p_{suw} qatnasi' 2 ge ten' bolsa, α_{gl} shamasini'n' α_{suw} shamasinan 2 ese u'lken bolatug'i'ni' ko'rinip tur. Ne ushi'n sonday?
5. Eger suyi'qli'qti' jabi'q i'di'sqa quyi'p oni'n' u'stindeg'i' puwdi'n' ti'g'i'zli'g'i'n artti'rsa'q, oni'n' bet keriw koeffisientinin' shamasini' o'zgere me?

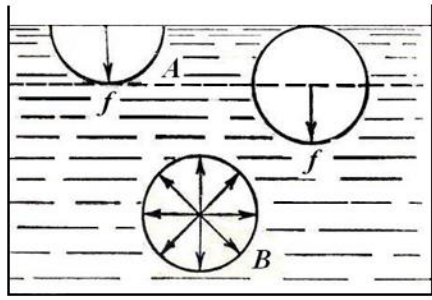
5-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisientin saqi'ynani'n' suyi'qli'q betinen u'ziliw usi'li' ja'rdeminde ani'qlaw

Kerekli a'sbaplar: 1) dinamometr, 2) shtangensirkul, 3) metall saqi'yna, 4) izertlenetug'i'n suyi'qli'q quyi'lg'an i'di's.

Teoriyali'q ko'rsetpeler. Bet keriw ku'shi suyi'qli'q molekulalari'ni'n' o'z-ara tarti'li'si'wi' na'tiyjesinde payda boladi'. Sonli'qtan bet keriw ku'shi suyi'qli'qti'n' betin qa'legen i'qti'yarli' si'zi'q boyi'nsha ekige aji'rati'w ushi'n kerek bolg'an ku'sh. 1-su'wrette ko'rsetilgen suyi'qli'qti'n' ishinde jaylasqan V ha'm oni'n' betinde jaylasqan A molekulalari'n ali'p qarayi'q (molekulalar su'wrette ju'da' u'lkeytip ko'rsetilgen). V molekulasini' tek g'ana suyi'qli'q molekulalari' menen ta'sirlesetug'i'n bolg'anli'qtan barli'q bag'i'ttag'i' ta'sir etiwshi ku'shler o'z-ara ten'. Bunnan molekulag'a ta'sir etiwshi ku'shlerdin' qosi'ndi'si' nolge ten' boladi'.

Suyi'qli'q betinde jaylasqan A molekulag'a birinshiden, suyi'qli'qti'n' ishki ta'repindeg'i' molekulalar ta'sir jasaytug'i'n bolsa, ekinshiden suyi'qli'qti'n' u'stindeg'i' gaz (suyi'qli'q puwi'ni'n') molekulalari' ta'sir jasaydi'. Gaz molekulalari' siyrek bolg'anli'qtan A molekulag'a joqari' qaray ta'sir etip ati'rg'an ku'shke sali'sti'rg'anda, to'men (suyi'qli'q ishine) qaray ta'sir etip ati'rg'an ku'shtin' shamasini' artiq boladi'. Na'tiyjede suyi'qli'q betindegi molekulalarg'a ishke qaray bag'i'tlang'an juwmaqlawshi' ku'sh ta'sir jasaydi' ha'm suyi'qli'q o'zinin' betinin' maydani'n kishireytiwge ha'reket etedi. Buni'n' saldari'nan suyi'qli'qti'n' beti hawa shari'ni'n' beti si'yaqli' ko'terilgen halda boladi' (bul juqpaytug'i'n suyi'qli'qlar jag'dayi'nda ori'n aladi').



1-su'wret.

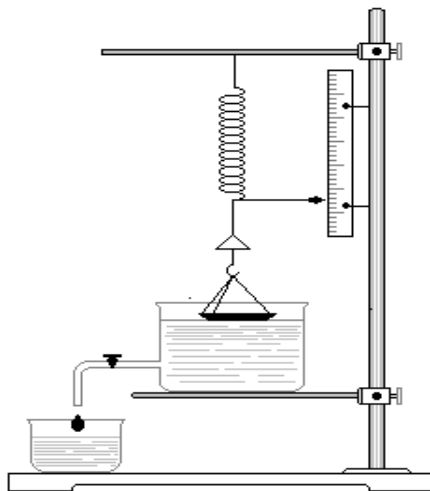
Suyi'qli'qti'n' betinde jaylasqan A ha'm suyi'qli'qti'n' ishinde jaylasqan V molekulalari'na muyi'qli'q ta'repinen ta'sir etetug'i'n ku'shtin' ma'nisin tusindiriwge arnalg'an sxema.

Suyi'qli'q betinde jaylasqan molekulalar suyi'qli'q ishindegi molekulalarg'a sali'sti'rg'anda arti'qsha energiyag'a iye boladi'. Bul energiyani' bettin' erkin energiyasi' yamasa erkin energiya dep ataymi'z.

Suyi'qli'qti'n' bir birlik betine (1 m^2 maydang'a) sa'ykes keletug'i'n erkin energiyani' bet keriw koeffisienti dep ataydi' ha'm

$$\alpha = W/S \quad (1)$$

tu'rinde ani'qlanadi'. (1)-formulada W arqali' erkin energiya, al S arqali' suyi'qli'q betinin' maydani' belgilengen. (1)-formulada bet keriw koeffisienti Dj/m^2 birliginde o'lshenedi.



2-su'wret.

Suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisientin ani'qlaw ushi'n arnalg'an du'zilistin' uli'wmali'q ko'rinishi.

Ekinshiden, bet keriw ku'shi suyi'qli'qti'n' betin qa'legen i'qti'yarli' si'zi'q boyi'nsha ekige aji'rati'w ushi'n kerek bolg'an ku'sh. Sonli'qtan suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisienti suyi'qli'qti'n' betinde ju'rgizilgen i'qti'yarli' si'zi'qti'n' bir birlik uzi'nli'g'i'na ta'sir etiwshi ku'sh penen xarakterlenedi (Suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisientin tamshi'ni'n' u'ziliw usi'li' boyi'nsha ani'qlaw degen jumi'sti'n' ta'riyiplemesine qaran'i'z) ha'm to'mendegi formulani'n' ja'rdeminde ani'qlanadi':

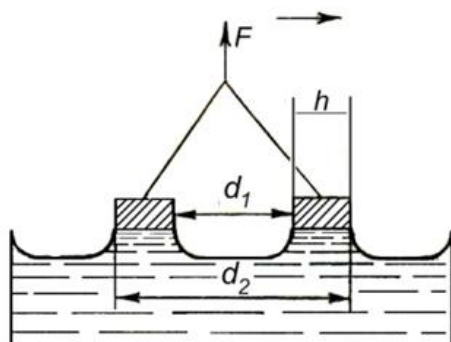
$$\alpha = F/L. \quad (2)$$

Bul jag'dayda bet keriw koeffisienti N/m birliginde o'lshenedi. Bet keriw koeffisientinin' shamasi' suyi'qli'qti'n' ta'biyati'na, tazali'g'i'na ha'm temperaturasi'na, ti'g'i'zli'g'i'na baylani'sli' boladi'.

Suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisientin ha'r qi'yli' jollar menen ani'qlawg'a boladi'.

Biz bul jumi'sta bet keriw koeffisientin ani'qlaw ushi'n alyuminiyden islengen saqi'ynani'n' suyi'qli'q betinen u'ziliw usi'li'nan paydalanami'z.

Jumi'sti'n' tiykarg'i' mazmuni' juqa metall saqi'ynani' suyi'qli'q betinen u'ziw ushi'n kerek bolg'an ku'shti o'lshewden ibarat.



3-su'wret.

Saqi'ynani' betten u'zip ali'w ushi'n za'ru'rli bolg'an ku'shtin' shamasin' esaplaw ushi'n arnalg'an sxema.

Ta'jiriybeni o'tkeriw sxemasi' 2-su'wrette ko'rsetilgen. Prujinali' dinamometrдин' ushi'na alyuminiy saqi'yna ildiriledi. Eger biz saqi'ynani'n' to'mengi betin suyi'qli'q betine tiygizsek, saqi'yna menen alyuminiy arasi'ndag'i' ta'sirlesiw ku'shlerinin' bar boli'w sebebinen saqi'yna suyi'qli'q betine jabi'sqanday boladi'. Sonli'qtan 3-su'wrette ko'rsetilgendey saqi'ynani' betten u'zip ali'w ushi'n qanday da F ku'shin jumsaw talap etiledi. Saqi'yna suyi'qli'q betinen diametrleri d_1 ha'm d_2 bolg'an eki shen'ber si'zi'g'i' boyi'nsha u'ziledi. Bul an'latpadag'i' d_1 ha'm d_2 arqali' saqi'ynani'n' ishki ha'm si'rtqi' diametrleri belgilengen. Onda uli'wma u'ziliw si'zi'g'i'ni'n' uzi'nli'g'i'

$$L = \pi d_1 + \pi d_2 \quad (3)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Eger saqi'ynani'n' qali'nli'g'i'n h arqali' belgilesek, onda $d_1 = d_2 - 2h$. Buni' (3)-ten'likke qoyi'p

$$L = 2\pi(d_2 - h) \quad (4)$$

shamasin' esaplaymi'z. Bizin' jag'dayi'mi'z ushi'n (2)-formula to'mendegidey tu'rde jazi'ladi'

$$\alpha = F/L. \quad (5)$$

(4)-ten'likten paydalani'p suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisientin esaplaw formulasi'ni'n'

$$\alpha = F/[2\pi(d_2 - h)] \quad (6)$$

tu'rine iye bolatug'i'nli'g'i'n ko'remiz.

Jumi'sti'n' isleniw ta'rtibi

Taza ha'm qurg'aq saqi'ynani' o'z erkin qoyi'p dinamometr strelkasi'ni'n' ko'rsetiwin jazi'p alami'z. Bul saqi'ynani'n' o'zinin' salmaq ku'shi boladi'. Bul ku'shti F_1 arqali' belgileydi. Bunnan keyin suw quyi'lg'an i'di'sti' joqari' ko'teriw arqali' saqi'ynani'n' ultani'n' suyi'qli'qqa bati'rami'z. Suyi'qli'qti'n' i'di'stag'i' qa'ddin to'menletiw ushi'n i'di'sti'n' krani'n' a'stelik penen ashi'p suyi'qli'qti'n' bir bo'limin ekinshi bir stakang'a a'stelik penen ag'i'za baslaymi'z. Usi'ni'n' menen bir waqi'tta dinamometr strelkasi'ni'n' to'men qaray ji'li'si'wi'n di'qqat penen baqlap barami'z. I'di'stag'i' suyi'qli'qti'n' qa'ddi bir qansha to'menlegende saqi'yna suyi'qli'qtan u'ziledi. Usi' u'ziliw momentine sa'ykes keletug'i'n dinamometr strelkasi'ni'n' ko'rsetiwin jazi'p alami'z. Bul shamani'n' mug'dari'n F_2 arqali' belgileymiz. Onda saqi'ynani' suyi'qli'q betinen u'ziw ushi'n kerek bolg'an ku'shtin' ma'nisi

$$F = F_2 - F_1$$

ten'liginen ani'qlanadi'. Bul ku'shti (6)-formulag'a qoyi'p α shamasini' ani'qlaymi'z. Esaplawlar ushi'n za'ru'rli bolg'an d_2 ha'm h shamalari' shtangensirkul ja'rdeminde o'lshenedi. Ta'jiriybe keminde 5 ret o'tkeriledi. Ali'ng'an na'tiyjeler to'mendegi kestege jazi'ladi':

Nº	d_2 , metr	h , metr	F , Hyuton	α , N/m	$\Delta\alpha$, N/m	$(\Delta\alpha/\alpha_{ort}) \cdot 100\%$
1						
2						
3						
4						
5						
Ortasha						

Jumi'sti' islew ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

1. Jumi'sti'n' isleniw ta'rtibi qanday?
2. Suyi'qli'q bet keriw ku'shinin' fizikali'q ma'nisin tu'sindirini'z.
3. Suyi'qli'qti'n' beti ne ushi'n erkin energiyag'a iye?
4. Suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisienti degenimiz ne ha'm oni'n' o'lshem birlikleri qanday?
5. Ne ushi'n suwdi' sebelegende yamasa jerge quyg'ani'mi'zda oni'n' bo'leksheleri shar (tamshi') formasi'n qabi'l etedi.
6. Diametri 2 mm bolg'an suyi'qli'q tamshi'si' eki ese u'lkeyedi deyik ($d = 0,06$ N/m). Islengen jumi'sti'n' fizikali'q ma'nisin tu'sindirini'z ha'm san ma'nisin tabi'n'i'z.

6-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Suyi'qli'qti'n' ishki su'ykelis koeffisientin Stoks usi'li' menen ani'qlaw

Kerekli a'sbaplar: 1) suyi'qli'q tolti'ri'lg'an silindr, 2) metaldan sog'i'lg'an kishkene sharikler (metal sharikler), 3) sekundomer, 4) si'zg'i'sh, 5) mikroskop, 6) pinset.

Jumi'sti'n' maqseti: Jabi'sqaq suyi'qli'qta kishkene metall sharlardi'n' erkin tu'siwin izertlew arqali' suyi'qli'qti'n' jabi'sqaqli'q koeffisientinin' ma'nisin ta'jiriybede ani'qlaw.

Qalegen suyi'qli'q jabi'sqaqli'q qa'siyetine iye. Bul qa'siyet suyi'qli'qti'n' qurami' menen molekulali'q du'zilisine baylani'sli'. Deneni suyi'qli'qqa bati'ri'p alsaq usi' denenin' betinde suyi'qli'qti'n' juqa qatlami' payda boladi', bul qatlam suyi'qli'q penen birge qozg'aladi'. Eger dene suyi'qli'qti'n' ishinde qozg'alatug'i'n bolsa betke jabi'sqan suyi'qli'qti'n' qatlami' menen qozg'almay turg'an suyi'qli'qti'n' usi' qatlamg'a tiyip turg'an juqa qatlami' arasi'nda su'ykelis ku'shi payda boladi'. Eger kishkene metall shar suyi'qli'qti'n' ishinde hesh qanday iyrimler payda etpey turaqli' tezlik penen erkin tu'sse Stoks ni'zami'na muwapi'q sharikke su'ykelistin' saldari'nan bazi' bir ku'sh ta'sir etedi. Bunday ku'shtiin' shamasi'

$$F = 6\pi\eta r\eta$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplanadi'. Bul an'latpada v arqali' shardi'n' tezligi, r arqali' shardi'n' radiusi', η arqali' suyi'qli'qti'n' jabi'sqaqli'q koeffisienti belgilengen. Eger biz F , v , r shamalari'n ani'qlasaq suyi'qli'qti'n' ishki su'ykelis koeffisientinin' ma'nisin ta'jiriybede ani'qlay alami'z.

Joqari'da ga'p etilgen suyi'qli'qti'n' bir birine tiyip turg'an eki qatlami' arasi'ndag'i' ku'shtin' ma'nisi bettin' maydani'na, qatlamlardi'n' sali'sti'rmali' tezligine, suyi'qli'qti'n' o'zinin' qa'siyetlerineine, oni'n' temperaturasi'na baylani'sli' boladi'.

Suyi'qli'qti'n' berilgen temperaturadag'i' ishki su'ykelis koeffisienti san jag'i'nan qatlamlardi'n' tezliklerinin' ayi'rmasi' bir birlikke ten' bolg'anda maydan birligine ta'sir etiwshi ku'shke ten'.

Suyi'qli'q ishinde radiusi' r bolg'an sharik to'men qaray turaqli' tezlik penen erkin tu'skende og'an to'mendegidey u'sh tu'rli ku'sh ta'sir jasad'i':

1. Shariktin' salmaq ku'shi p bul to'men qaray bag'i'tlang'an ha'm

$$p = m_{sh} \cdot g = \rho_{sh} g V_{sh} = \frac{4}{3} \pi r_{sh}^3 \rho_{sh} g \quad (1)$$

shamasina ten' boladi'. Bul an'latpadag'i' g erkin tu'siw tezleniwi, m_{sh} , ρ_{sh} , $V_{sh} = (4/3)\pi r_{sh}^3$ ha'm r_{sh} arqali' shariktin' sa'ykes massasi', ti'g'i'zli'g'i', ko'lemi ha'm radiusi' belgilengen.

2. Joqari'g'a (vertikal bag'i'tlang'an) qaray bag'i'tlang'an Arximed ku'shi (ko'teriw ku'shi) F_A ha'm bul ku'shtin' shamas'i' ani'qlama boyi'nsha sharik ta'repinen qi'si'p shi'g'ari'lg'an suyi'qli'qti'n' salmag'i'na ten':

$$F_A = m_c g = \rho_c g V_c = \frac{4}{3} \pi r_{sh}^3 \rho_c g. \quad (2)$$

Qi'si'p shi'g'ari'lg'an suyi'qli'qti'n' ko'lemi shariktin' ko'lemine ten' bolg'anli'qtan joqari'dag'i' an'latpada $V_s = (4/3) \pi r_{sh}^3$ shamas'i'na ten' dep ali'ndi', al ρ_s arqali' suyi'qli'qti'n' ti'g'i'zli'g'i'n, m_s arqali' ko'lemi shariktin' ko'lemine ten' suyi'qli'qti'n' massasi'n belgiledik.

3. Eger sharik to'men qaray v_{sh} tezligi penen qozg'alatug'i'n bolsa, onda usi' tezlikke qarama-qarsi' bag'i'tta suyi'qli'q ta'repinen F ku'shi qarsi'li'q jasaydi'. Bul ku'shtin' shamas'i' shariktin' radiusi'na, tezligine tuwri' proporsional:

$$F_{su'yk} = 6\pi\eta r_{sh} v_{sh}. \quad (3)$$

Bul an'latpada η arqali' suyi'qli'qti'n' ishki su'ykelis koeffisienti belgilengen. Biz sharik suyi'qli'q ishinde qozg'alg'anda su'ykelisti sharik penen suyi'qli'q arasi'ndag'i' emes, al sharik betine jabi'sqan suyi'qli'q qatlami' menen suyi'qli'q arasi'ndag'i' su'ykelis ku'shi dep tu'siniw kerek ekenligin atap o'temiz.

Eger ta'jiriybede F_A , r_{sh} ha'm v_{sh} shamalari' ani'qlang'an bolsa, onda ishki su'ykelis koeffisienti η ni'n' ma'nisin an'sat esaplawg'a boladi'.

U'sh ku'shtin' ta'sirinde shariktin' qozg'ali's ten'lemesi Nyutonni'n' ekinshi ni'zami'na mu'api'q

$$p - F_A - F_{su'yk} = m_{sh} a \quad (4)$$

tu'rinde jazi'ladi'.

Haqi'yqati'nda da da'slep, yag'ni'y sharikti suyi'qli'qqa tu'sirgen momentte ol tezleniw menen qozg'aladi'. SHariktin' tezligi waqi'tti'n' o'tiwi menen artadi'. (3)-formulag'a muwapi'q v_{sh} shamasini'n' arti'wi' menen suyi'qli'qti'n' qozg'ali'wshi' denege qarsi'li'q ku'shi de artadi'. Na'tiyjede, tezliktin' qanday da bir ma'nisinde joqari' qaray bag'i'tlang'an F_A ha'm $F_{su'yk}$ ku'shlerdin' qosi'ndi'si' to'men qaray bag'i'tlang'an p ku'shtin' shamasina (salmaq ku'shinin' shamasina) ten'lesedi. Mine usi' momentten baslap sharikke ta'sir etiwshi ku'shlerdin' vektorli'q qosi'ndi'si' (ten' ta'sir etiwshisi) nolge ten' boladi' ($p - F_A - F_{su'yk} = m_{sh} a = 0$), demek $a = 0$ ha'm $v_{sh} =$ sonst boladi' degen so'z.

SHarikti gliserinde to'menge qaray 6-8 sm arali'qti' o'tkennen keyin ten' o'lsheqli (turaqli' tezlik penen) qozg'ala baslaydi'. Bunday jag'day ushi'n (4)- ten'likti

$$p - F_A - F_{su'yk} = 0$$

an'latpasi' tu'rinde jazi'wg'a boladi'.

Bul ten'likte (1)-, (2)- ha'm (3)-formulalardan sa'ykes ma'nislerdi qoyi'p to'mendegi an'latpani' jazami'z

$$\rho_{sh}g(4/3)\pi r_{sh}^3 - \rho_s g(4/3)\pi r_{sh}^3 - 6\pi\eta r_{sh} v_{sh} = 0$$

yamasa

$$\rho_{sh}g(4/3)r_{sh}^2 - \rho_s g(4/3)r_{sh}^2 - 6\pi\eta v_{sh} = 0$$

Bul an'latpadan suyi'qli'qti'n' ishki su'ykelis koeffisientin tabami'z:

$$\eta = \frac{Vg(\rho_{sh}-\rho_c)}{6\pi r v_{sh}} = \frac{2}{9}gr^2 \frac{\rho_{sh}-\rho_c}{v_{sh}}.$$

Bul ten'likte $r_{sh} = d_{sh}/2$ (yag'ni'y shariktin' diametri d_{sh} radiustan eki ese u'lken). Soni'n' menen birge $v_{sh} = l/t$ (l arqali' sharik turaqli' tezlik penen qozg'alatug'i'n arali'qti'n' uzi'nli'g'i' belgilengen. Al t bolsa sol arali'q arqali' sharik o'tetug'i'n waqi't). Sonli'qtan

$$\eta = \frac{g(\rho_{sh} - \rho_c)d^2 t}{18 l}$$

formulasi'na iye bolami'z.

Shariktin' qozg'ali'si'na suyi'qli'q ta'repinen bolatug'i'n qarsi'li'qti' esaplawshi' (3)-formula radiusi' sheksiz u'lken i'di's ushi'n ori'nli'. Al real jag'dayda i'di'sti'n' ishki radiusi' R bolg'an vertikal bag'i'tta qoyi'lg'an silindr boli'p tabi'ladi'. Onda (4)-formulag'a sa'ykes du'zeti'w jasawi'mi'z kerek. Esaplawlar ha'm ta'jiriybelerdin' juwmaqlari' boyi'nsha, bul du'zetiwdi esapqa alg'an jag'dayda (4)-formula to'mendegidey tu'rge iye boladi'

$$\eta = \frac{g(\rho_{sh}-\rho_c)d^2 t}{18 l \left(1+1,2\frac{d}{R}\right)}. \quad (5)$$

SHariktin' radiusi' r_{sh} o'lshe'w mikroskopi'ni'n' ja'rdeminde joqari' da'llikte o'lshe'nedi. Ishine suyi'qli'q kuyi'lg'an silindr i'di'sti'n' radiusi' R, sharik turaqli' tezlik penen qozg'alatug'i'n oblastti'n' uzi'nli'g'i' l a'dettegi si'zg'i'shti'n', al waqi't t ni'n' shamasi' sekundomerdin' ja'rdeminde o'lshe'nedi. Solay etip (5)-formuladag'i' shamalar belgili bolg'an jag'dayda suyi'qli'qti'n' ishki su'ykelis koeffisienti η ni'n' ma'nisin ani'qlay aladi' ekenbiz.

Jumi'sti' ori'nlaw ta'rtibi

Ishine gliserin tolti'ri'lg'an silindr formasi'ndag'i' shiyshe i'di's berilgen ha'm og'an eki jin'ishke saqi'yna kiygizilgen (1-su'wret). Saqi'ynalardi'n' joqarg'i'si' qozg'alatug'i'n etap islenedi, al to'mendegi saqi'yna qozg'almaydi'. O'lshe'wler radiuslari' keminde u'sh tu'rli r_1 , r_2 ha'm r_3 radiuslari'na iye bolg'an sharikler ushi'n o'tkeriledi.

Joqarg'i' qozg'almali' saqi'ynani' suyi'qli'q betinen shama menen 6-8 sm arali'qta to'mende jaylasti'rami'z (usi'nday arali'qti' o'temen degenshe shariktin' tezligi turaqli' ma'niske iye boladi'). SHariktin' qa'legen birewin (aytayi'q r_1 radiusli') ali'p suyi'qli'q betine tu'siremez. SHarik joqarg'i' saqi'ynani'n' tusi'na jetip kelgende sekundomerdi iske qosami'z ha'm to'mengi saqi'ynani'n' tusi'na kelgende

[illegible]

1.									
2.									
3.									

Jumi'sti' islew ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar:

1. Laminarli'q ha'm trubilentlik ag'i'slar degenimiz ne?
2. Suyi'qli'qti'n' ishki su'ykelis koeffisienti degenimiz ne?
3. Ne ushi'n joqarg'i' saqi'ynani' suyi'qli'q betinen keminde 6-8 sm arali'qta qoyi'w talap etiledi?

7-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Elektrokalorimetr ja'rdeminde suyi'qli'qti'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i'n ani'qlaw

Kerekli a'sbaplar: Birdey eki kalorimetr, izolyator plastinkag'a bekitilgen, o'z-ara izbe-iz tutasti'ri'lg'an birdey eki spiral, izertlenetug'i'n suyi'qli'q, distilyasiyalang'an suw, eki termometr.

Molekulali'q kinetikali'q teoriyag'a tiykarlani'p ideal gazdin' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'g'i' ushi'n keltirilip shi'g'ari'lg'an ni'zamlar suyi'qli'qlar ushi'n ori'nlanbaydi'. Sebebi suyi'qli'qti'n' ishki energiyasi' tek qozg'ali'stag'i' bo'lekshelerdin' kinetikali'q energiyasi' menen ani'qlani'p qalmay, al ondagi' bo'lekshelerdin' o'z-ara ta'sirlesiwdegi potensial energiyasi'n da o'z ishine aladi'. Suyi'qli'qlardi'n' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'g'i' temperaturag'a da baylani'sli' boladi'. Derlik barli'q suyi'qli'qlardi'n' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'g'i' temperaturani'n' joqari'lawi' menen artadi'.

Qa'legen zatti' qi'zdi'ri'w ushi'n kerek bolg'an ji'lli'li'q mug'dari' birinshiden usi' zatti'n' massasi'na baylani'sli', ekinshiden usi' zatti' neshe gradusqa qi'zdi'ri'wg'a baylani'sli'. Mi'sali' 1 kg zatti' 10°C dan 20°C g'a shekem qi'zdi'ri'w ushi'n Q shamasi'ndagi' ji'lli'li'q kerek bolsa, al 5 kg zat ushi'n 5Q mug'dari'ndagi' ji'lli'li'q talap etiledi. Demek denedegi ji'lli'li'q mug'dari' oni'n' massasi'na tuwri' proporsional degen so'z, yag'ni'y $Q \sim m$.

Joqari'da ayti'lg'anlar menen bir qatarda deneni qi'zdi'ri'w ushi'n kerek bolg'an ji'lli'li'q mug'dari' da'slepki ha'm aqi'rg'i' temperaturalar ayi'rmasi'na tuwri' proporsional. YAg'ni'y berilgen zatti' $t_1 = 10^\circ\text{C}$ dan $t_2 = 20^\circ\text{C}$ g'a qi'zdi'ri'w ushi'n Q shamasi'ndagi' ji'lli'li'q kerek bolsa, al $t_1 = 10^\circ\text{C}$ dan $t_3 = 30^\circ\text{C}$ g'a qi'zdi'ri'w ushi'n 2Q mug'dari'ndagi' ji'lli'li'q kerek boladi'. Bul jag'day to'mendegishe jazi'ladi'

$$Q \sim m(t_2 - t_1).$$

Proporsionalli'q belgidan ten'lik belgisine o'tsek

$$Q = sm(t_2 - t_1) \quad (1)$$

an'latpasi'n alami'z. Bul an'latpadag'i' proporsionalli'q koeffisient s berilgen zatti'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i' dep ataladi' ha'm oni'n' sanli'q ma'nisi usi' zatti'n' qa'siyetine baylani'sli' boladi'. (1)-ten'likten

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

an'latpasi'n alami'z. Eger berilgen zatti'n' massasi' 1 kg bolsa ha'm oni' 1 gradusqa qi'zdi'rsa (yag'ni'y $t_2 - t_1 = 1^\circ\text{C}$ bolsa), onda $s = Q$ ten'ligine iye bolami'z.

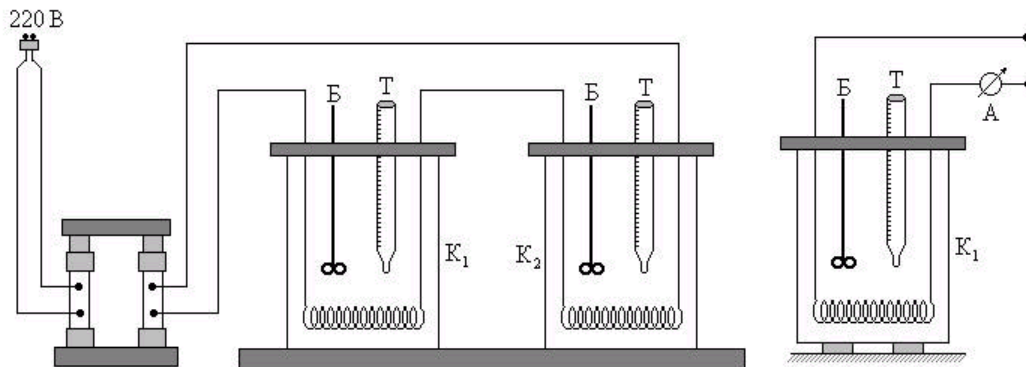
Demek berilgen zatti'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i' dep usi' zatti'n' 1 kg massasi'n 1°S shamasina qi'zdi'ri'w ushi'n kerek bolg'an ji'lli'li'q mug'dari'na aytadi' ekenbiz. Ha'r bir zat (gaz, suyiqli'q, qatti' dene tu'rindagi qa'legen zat) o'zinin' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i'na iye.

Suyiqli'qti'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i'n elektrokalorimetr ja'rdeminde an'sat aniqlawg'a boladi'. Oni'n' sxema tu'rindagi ko'rinisi 1-su'wrette berilgen. Izertlenetug'i'n suyiqli'q toltiri'lg'an K kalorimetrinin' ishine belgili elektrlik qarsi'li'qqa iye spiral tu'sirilgen. Bunda T arqali' termometr, al B arqali' bi'lg'awshi' (suyiqli'qti' aralasti'ri'p turi'wshi') belgilengen.

A'dette bi'lg'awshi' menen kalorimetrdi alyuminiyden isleydi. Eger biz spiraldi' toq dereGINE tutasti'ri'p t waqi't dawami'nda uslap tursaq, onda spiraldan bo'linip shi'qqan ji'lli'li'q mug'dari' Djoul-Lens ni'zami'na muwapi'q to'mendagi formulani'n' ja'rdeminde aniqlanadi'.

$$Q = 0,241 I^2 R T \quad (3)$$

Bul ji'lli'li'q to'mendagidey u'sh na'rseni qi'zdi'ri'w ushi'n jumsaladi':



1-su'wret

1. Massasi' m bolg'an suyiqli'qti' t_1 den t_2 ge qi'zdi'ri'w ushi'n og'an $cm(t_2 - t_1)$ mug'dardag'i' ji'lli'li'q kerek. s arqali' suyiqli'qti'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i' belgilengen.

2. Kalorimetrdin' bi'lg'awshi' menen birliktegi massasi' m_1 bolsa, oni' t_1 den t_2 ge qi'zdi'ri'w ushi'n, og'an $cm_1(t_2 - t_1)$ mug'dardag'i' ji'lli'li'q kerek. Bul jerde s arqali' kalorimetr ha'm bi'lg'ag'i'shti'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i' belgilengen.

3. Sistemani' t_1 den t_2 ge qi'zdi'ri'w bari'si'nda ji'lli'li'qti'n' qanday da ΔQ bo'legi shi'rtqi' ortalig'ga berilip joyiladi'.

Onda spiraldan bo'linip shi'qqan toli'q ji'lli'li'q mug'dari'n

$$Q = cm(t_2 - t_1) + c_1m_1(t_2 - t_1) + \Delta Q = (cm + c_1m_1)(t_2 - t_1) + \Delta Q \quad (4)$$

tu'rinde jazi'wg'a boladi'.

Bug'an (3)-formuladan Q shamasi'ni'n' ma'nisin qoyi'p suyi'qli'qti'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'g'i'n' ani'qlaw ushi'n bizge ΔQ belgisiz ha'm oni' ani'qlawda ta'jiriybe talap etiledi. Biraq ayi'ri'm jag'daylarda elektroklorimetr usi'li'nda sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'g'i'n' ani'qlawda ΔQ shamasi'n biliw talap etilmeydi. Bul jag'day to'mende bayanlang'an.

Elektrlik qarsi'li'qlari' birdey eki spiral o'z-ara izbe-iz tutasti'ri'li'p sa'ykes K_1 ha'm K_2 kalorimetrlerge tu'siriledi (1-su'wretti qaran'i'z).

K_1 kalorimetrde sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'g'i' c_2 belgili bolg'an m_2 massali' suyi'qli'q bolsi'n dep esaplayi'q. Eger K_1 ha'm K_2 kalorimetrlerdin' massalari'n sa'ykes m_1' ha'm m_2' , al sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'g'i' c_1' dep belgilesek, onda K_1 kalorimetrdegi suyi'qli'g'i' menen birliktegi da'slepki t_1 temperaturadan keyingi t_1' temperaturag'a qi'zdi'ri'w ushi'n (4)-formulag'a muwapi'q.

$$Q = (c_1m_1 + c_1'm_1')(t_1' - t_1) + \Delta Q_1 \quad (5)$$

mug'dari'ndag'i' ji'lli'li'q kerek bolsa, al K_2 kalorimetrdegi suyi'qli'g'i' menen birliktegi da'slepki t_2 temperaturadan keyingi t_2' temperaturag'a qi'zdi'ri'w ushi'n

$$Q = (c_2m_2 + c_1'm_2')(t_2' - t_2) + \Delta Q_2 \quad (6)$$

mug'dari'ndag'i' ji'lli'li'q talap etiledi. Bul Q_1 ha'm Q_2 ji'lli'li'q mug'darlari' qi'zdi'rg'i'sh spiraldan ali'nadi'. SHa'rtimizge muwapi'q spiraldi'n' qarsi'li'qlari' birdey ha'm olar bir biri menen izbe-iz tutasti'ri'lg'an. Onda olar arqali' o'tetug'i'n toq ku'shi de ha'm tokti'n' o'tiw waqi'ti' da birdey boladi'. Demek (3)-formulag'a muwapi'q $Q_1 = Q_2$ boladi'. (5) ha'm (6)-formulalarg'a tiykarlana oti'ri'p

$$Q = (c_1m_1 + c_1'm_1')(t_1' - t_1) + \Delta Q = (c_2m_2 + c_1'm_2')(t_2' - t_2) + \Delta Q_2 \quad (7)$$

ekenligine iye bolami'z. Bul an'latpadag'i' ΔQ_1 ha'm ΔQ_2 sa'ykes K_1 ha'm K_2 kalorimetrlerden ta'jiriybeni o'tkeriw dawami'nda joyi'latug'i'n ji'lli'li'q mug'darlari' boli'p esaplanadi'.

Ta'jiriybenin' o'tkeriliw waqi'ti' eki kalorimetr ushi'n da birdey ha'm Eger olardi'n' o'lshemleri birdey bolsa, $\Delta Q_1 \approx \Delta Q_2$ dep esaplawg'a boladi'.

Onda (7)-ten'likke muwapi'q izertlenip ati'rg'an suyi'qli'qti'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'g'i' ushi'n to'mendegidey formulani' alami'z:

$$c_2 = \frac{(c_1m_1 + c_1'm_1')(t_1' - t_1) - c_1'm_2'(t_2' - t_2)}{m_2(t_2' - t_2)}. \quad (8)$$

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

Da'slep ta'rezide qurg'aq K_1 ha'm K_2 kalorimetrlerdin' massalari'n o'lshep ha'm olar sa'ykes massalarg'a iye boladi'. Keyin K_2 kalorimetrge izertlenetug'i'n suyi'qli'q quyami'z ha'm olardi'n' massalari'n ta'rezide o'lsheymiz. Eger ishinde suyi'qli'g'i' bar kalorimetrlerdin' massalari' M_1 ha'm M_2 bolsa, onda suyi'qli'qlardi'n' massalari' sa'ykes

$$m_1 = M_1 - m_1' \text{ ha'm } m_2 = M_2 - m_2'$$

shamalari'na ten' boladi'.

Ishinde suyi'qli'qlari' bar kalorimetrlerge spirallardi' tu'sirip olardi'n' da'slepki ha'm aqi'rg'i' temperaturalarini termometrler ja'rdeminde o'lsheymiz. Keyin spiraldi' toq deregine tutasti'ri'p suyi'qli'qlardi' qi'zdi'ri'w dawami'nda ishindegini bi'lg'awshi'lari' ja'rdeminde u'zliksiz tu'rde bi'lg'aymi'z. Temperaturalar da'slepki shama menen $20 - 30^\circ\text{S}$ g'a ko'terilgende toq dereginen aji'ratami'z ha'm keyingi temperaturalarini ani'qlaymi'z.

Kalorimetrler ha'm olardi'n' bi'lg'awshi'lari' alyuminiyden islengen, onda taza suwdi'n' ha'm alyuminiydin' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'qlari' s_1 ha'm s_1' belgili, olar kesteden ali'nadi'. Onda (8)-formulag'a ma'nislerin qoyi'p s_2 ni tabi'wg'a boladi'.

Ta'jiriybede izertlenetug'i'n suyi'qli'q massasi'n da'slepki ha'm aqi'rg'i' temperaturalarini o'zgerte oti'ri'p, keminde 5 ret qaytalansi'n. Ali'ng'an na'tijeler kestege jazi'lsi'n (massalardi'n' ma'nisleri grammlarla, temperaturalarini ma'nisleri Selsiya shkalasi'nda keltiriledi).

Nº	m_1'	m_2'	m_1	m_2	t_1	t_2	t_1'	t_2'	c_2	Δc_2	$(\Delta c_2/c_2)_{\text{ort}}$
1											
2											
3											
4											
5											
ort.											

Jumi'sti' ori'nlaw ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

1. Sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i' degenimiz ne ha'm oni'n' o'lshep birligi qanday?

2. Eger bir kalorimetrli metodtan paydalani'p c_2 ni ani'qlawda ΔQ di esapqa almasaq qanday qa'tege jol qoyami'z ha'm ani'qlang'an suyi'qli'qti'n' haqi'yqi'y sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i'nan u'lken be yamasa kishi me?

3. Qanday jag'day da $\Delta Q_1 = \Delta Q_2$ dep esaplawg'a boladi'. Eger ta'jiriybe dawami'nda kalorimetrler temperaturalarini o'z-ara u'lken temperaturag'a parq qi'lsa $\Delta Q_1 = \Delta Q_2$ ten'likke ta'siri bola ma?

4. Sizin' qoli'n'i'zg'a ishinde m_1 massali', t_1 gradusli' taza suwi' bar alyuminiyden islengen m massali' kalorimetr ha'm termometr berilgen. Usi'lar ja'rdeminde m_2 massali', t_2 gradusli' temperaturasi' bolg'an belgisiz metalldi'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i'ni ani'qlawg'a bola ma? Qalay ha'm qanday formuladan ani'qlanatug'i'nli'g'i'ni tu'sindiriniz.

8-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Hawa molekulasi'ni'n' erkin joli'ni'n' ortasha uzi'nli'g'i'n ha'm oni'n' effektiv diametrin ani'qlaw

Kerekli a'sbaplar: 1) shtativke bekitilgen joqarg'i' jag'i' kran menen ta'miyinlengen menzurka, 2) i'di's (stakan), 3) barometr, 4) termometr, 5) ta'rezi.

Jumi'sti'n' maqseti: hawa molekulasi'ni'n' erkin ju'riw joli'ni'n' ortasha uzi'nli'g'i'ni'n' ha'm oni'n' effektiv diametrin eksperimentte ani'qlaw.

1. Jumi'sti'n' teoriyalı'q bo'limi. Hawa tiykari'nan azottan ha'm kislorodtan turadi'. Hawadag'i' azotti'n' mug'dari' shama menen 78 prosent, al kislorodti'n' mug'dari' shama menen 21 prosent shaması'nda. Hawani'n' qurami'nda basqa da gazler bar (uglekislotali' gaz, argon, basqa da inert gazler). Biraq olardi'n' mug'dari' ju'da' az.

Hawani'n' qurami' 1-kestede berilgen.

Hawani'n' qurami'ndag'i' gazler	Belgisi	Ko'lemi boyi'nsha, %	Massasi' boyi'nsha, %
Azot	N ₂	78,084	75,50
Kislorod	O ₂	20,9476	23,15
Argon	Ar	0,934	1,292
Uglekislotali' gaz	CO ₂	0,0314	0,046
Neon	Ne	0,001818	0,0014
Metan	CH ₄	0,0002	0,000084
Geliy	He	0,000524	0,000073
Kripton	Kr	0,000114	0,003
Vodorod	H ₂	0,00005	0,00008
Ksenon	Xe	0,0000087	0,00004

Azot penen kislorod molekulari'ni'n' si'zi'qli' o'lshemleri shama menen $4 \cdot 10^{-8}$ sm ge ten'. Bunday jag'dayda bir molekulani'n' ko'lemi juwi'q tu'rde 10^{-23} sm³ qa ten'. A'dettegi jag'daylarda (normal sha'rayatlarda, yag'ni'y $t = 0^{\circ}\text{C}$, $P = 760$ mm si'nap bag'anasi'ni'n' basi'mi'nda) 1sm³ ko'lemdegi hawa molekulari'ni'n' sani' $2,7 \cdot 10^{19}$ g'a ten'. Demek ha'r bir molekulag'a shama menen $4 \cdot 10^{-18}$ sm³ ko'lem sa'ykes keledi. Bir molekulani'n' ko'lemi menen hawadag'i' bir molekulag'a sa'ykes keletug'i'n ko'lemdi sali'sti'rsa,q, onda hawa molekulari'ni'n' bir birinen a'dewir qashi'q jaylasatug'i'nli'g'i'na isenemiz. Haqi'yqati'nda da $4 \cdot 10^{-18} / 10^{-23} = 4 \cdot 10^5$. Bunday kishi ti'g'i'zli'qlarda molekulari'ni'n' bir biri menen soqli'g'i'si'wi' siyrek ori'n aladi'.

Bir birine menshikli o'lshemlerine ten'dey arali'qlarg'a jaqi'nlasqanda g'ana molekular bir biri menen ta'sirlese baslaydi'. Usi' jag'daylarg'a baylani'sli' joli'ni'n' ko'pshilik bo'limin molekular tuwri' si'zi'qli' ha'm bir tekli qozg'ali's penen o'tedi. Bir birine jaqi'nlasqanda molekulari'ni'n' traektoriyalari' o'zgeredi ha'm tuwri' si'zi'qli' bolmay qaladi'.

Eki molekula bir birine jaqi'nlasqanda soqqi'g'a usag'an iyterisiw ku'shi payda boladi'. Usi'nday soqqi' ku'shi payda bolatug'i'n molekulalardi'n' oraylari' arasi'ndag'i' en' minimalli'q qashi'qli'q molekulani'n' effektivlik diametri dep ataladi'. Eki soqli'g'i'si'w arasi'ndag'i' molekula o'tetug'i'n qashi'qli'qti' molekulani'n' erkin ju'riw joli'ni'n' uzi'nli'g'i' dep ataymi'z. Ha'r qi'yli' molekulalar ushi'n bul shama ha'r qi'yli' ma'niske iye boladi'. Soni'n' menen birge bir molekula bir soqli'g'i'si'wdan ekinshi soqli'g'i'si'wg'a shekem ha'r qi'yli' arali'qlardi' o'tedi. Sonli'qtan molekulani'n' erkin ju'riw joli'ni'n' uzi'nli'g'i' a'dette u'lken intervalda o'zgeredi. Biraq gazdin' berilgen hali' ushi'n bul shamani'n' ortasha ma'nisi turaqli' shama boli'p tabi'ladi'. Ta'jiriybelerde bolsa gaz molekulasi'ni'n' erkin ju'riw joli'ni'n' ortasha ma'nisi ani'qlanadi'.

Molekulalardi'n' erkin ju'riw joli'ni'n' uzi'nli'g'i' gaz iyelep turg'an ko'lemnin' bir birligindegi molekulalar sani'nan g'a'rezli. Soni'n' menen birge molekulani'n' o'lshepleri qanshama u'lken bolsa, oni'n' erkin ju'riw joli'ni'n' uzi'nli'g'i' sonshama kishi boladi'.

Gazdegi molekulani'n' erkin ju'riw joli'n ha'm sol molekulalardi'n' effektivlik diametrin ani'qlaw ushi'n sanli'q mag'li'wmatlardi' ko'shiw qubi'li'slari' (ko'shiw prosesleri) dep atalatug'i'n qubi'li'slardi' izertlew din' na'tiyjesinde a'melge asi'ri'ladi'. Bunday qubi'li'slar qatari'na diffuziya, ji'lli'li'q o'tkizgishlik, ishki su'ykelis (jabi'sqaqli'q) kiredi. Mi'sali' molekulali'q-kinetikali'q teoriyada gazdin' jabi'sqaqli'q ko'effisientinin' (yamasa jabi'sqaqli'g'i'ni'n') molekulalardi'n' erkin ju'riw joli'ni'n' uzi'nli'g'i' menen to'mendegidey baylani'sti'n' bar ekenligi ko'rsetiledi:

$$\eta = \frac{1}{3} \bar{\lambda} \langle U \rangle. \quad (1)$$

Bul formalada ρ arqali' hawani'n' ti'g'i'zli'g'i', η arqali' oni'n' jabi'sqaqli'g'i', $\bar{\lambda}$ arqali' molekulani'n' erkin ju'riw joli', al $\langle U \rangle$ arqali' molekulalardi'n' ortasha tezligi belgilengen.

Ta'jiriybede jabi'sqaqli'qti' ha'm molekulalardi'n' ortasha tezligin ani'qlaw arqali' molekulalardi'n' erkin ju'riw joli'ni'n' uzi'nli'g'i'n ani'qlaw mu'mkin. Hawani'n' jabi'sqaqli'g'i'n Puazeyl formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlawg'a boladi':

$$\eta = \frac{\pi r^4 \Delta P t}{8 V l}. \quad (2)$$

Bul formuladag'i' r kapillyardi'n' radiusi', l kapillyardi'n' uzi'nli'g'i'. t arqali' V ko'lemine iye hawani'n' kapillyar arqali' o'tetug'i'n waqi'ti' belgilengen.

Gaz molekulasi'ni'n' ortasha tezligin

$$\langle U \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \quad (3)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplawg'a boladi'. Bul an'latpada M arqali' hawani'n' mollik massasi', al R arqali' universalli'q gaz turaqli'si' belgilengen.

Eger hawani' ideal gaz dep esaplasaq oni'n' ti'g'i'zli'g'i'n Mendeleeva-Klapeyron tenlemesinin' ja'rdeminde esaplaw mu'mkin

$$PV = (m/M)RT. \quad (4)$$

Bunnan

$$m/V = \rho = PM/RT$$

an'latpasi'na iye bolami'z.

En' keyingi an'latpani' ha'm (2)-ten'lemeni (1)-formulag'a qoysaq

$$\bar{\lambda} = \frac{3\pi r^4 \Delta P \cdot t \sqrt{\pi RT}}{16VIP\sqrt{2M}} \quad (5)$$

formulasi'na iye bolami'z.

Hawa molekulalari'ni'n' effektivli diametrin

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2} \pi n D^2} \quad (6)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde esaplay alami'z. Bul formulada n arqali' ko'lem birligindegi hawa molekulalari'ni'n' sani', al D arqali' molekulalardi'n' effektiv diametri belgilengen.

Molekulalardi'n' konsentrasiyasi'

$$n = n_0 \frac{PT_0}{P_0 T} \quad (7)$$

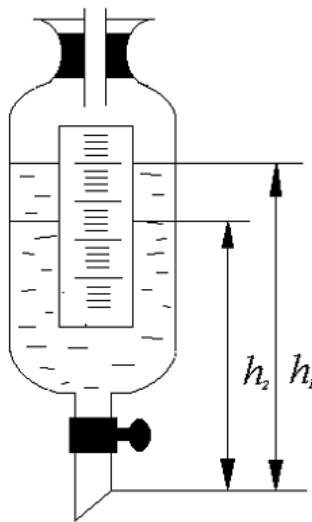
qatnasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Bul an'latpada P_0 , T_0 , n_0 arqali' a'dettegi sharayatlardag'i' hawa molekulalari'ni'n' sa'ykes basi'mi', temperaturasi' ha'm konsentrasiyasi' belgilengen. Al P menen T bolsa qorshap turg'an hawani'n' basi'mi' menen konsentrasiyasi'.

(6)- ha'm (7)-an'latpalardan

$$D = \sqrt{\frac{TP_0}{\sqrt{2}\pi n_0 PT_0 \bar{\lambda}}} \quad (8)$$

formulasi'n alami'z.

2. Jumi'sti'n' eksperimentalli'q bo'limi. 1-su'wrette hawa molekulalari'ni'n' erkin ju'riw joli'ni'n' ortasha uzi'nli'g'i' menen effektivli diametrinin' sanli'q ma'nisin ani'qlawg'a mu'mkinshilik beretug'i'n eksperimentalli'q du'zilistin' sxemasi' berilgen.



1-su'wret.

Hawa molekulari'ni'n' erkin ju'riw joli'ni'n' ortasha uzi'nli'g'i' menen effektivli diametrinin' sanli'q ma'nisin ani'qlawg'a mu'mkinshilik beretug'i'n eksperimentalli'q du'zilistin' sxemasi'

I'di's $\frac{3}{4}$ bo'limine shekem suw menen tolti'ri'ladi'. U'stingi ta'repten i'di'sqa kapillyar kirgizilgen. Eger krandi' ashsaq suw i'di'stan da'slep u'zliksiz ag'i's penen, al keyin tamshi'lap to'gile baslaydi'. Krandi' ashi'wdan kapillyar arqali' i'di'sqa hawa kire baslaydi'. Usi'g'an baylani'sli' kapillyar ishinen hawa ag'i'p o'tip ati'rg'an nayg'a aylanadi'. Kapillyardi'n' ha'r qi'yli' ushlari'ndag'i' hawani'n' basi'mi' ha'r qi'yli' ma'nislerge iye boladi' (joqarg'i' ushi'nda atmosfera basi'mi', al to'mengi ushi'nda basi'm atmosfera basi'mi'nan kishi boladi').

Kapillyardi'n' to'mengi ushi'ndag'i' hawa basi'mi'n ani'qlaw ushi'n kran arqali' suyi'qli'q tamshi'li'p ag'i'p turg'anda mi'na ten'liktin' ori'nlanatug'i'nli'g'i'n esapqa alami'z:

$$P_{\text{si'rtqi'}} + \rho qh = P_{\text{atm}}$$

Bul an'latpada i'di'sti'n' ishindeg'i' basi'm menen h biyiklikke iye bag'anani'n' ishindeg'i' basi'mlardi'n' qosi'ndi'si'ni'n' si'rtqi' atmosferali'q basi'mg'a ten' ekenligi ko'rsetilgen. Bunnan

$$P_{\text{atm}} - P_{\text{si'rtqi'}} = \rho gh = \Delta P$$

ekenligi kelip shi'g'adi'. Bul an'latpada g arqali' erkin tu'siw tezleniwi, al ρ arqali' suwdi'n' ti'g'i'zli'g'i' belgilengen.

Joqari'da keltirigen ten'lemelerden kapillyardi'n' ushlari'ndag'i' basi'mlardi'n' ayi'rmasi'ni'n' suwdi'n' biyikligine baylani'sli' si'zi'qli' ni'zam boyi'nsha o'zgeretug'i'nli'g'i' kelip shi'g'adi'. Sonli'qtan basi'mlardi'n' ortasha ayi'rmasi'n ali'w kerek boladi':

$$\Delta P = \rho g(h_1 + h_2)/2. \quad (9)$$

Bul an'latpada h_1 ha'm h_2 arqali' o'lshewlerdin' basi'ndag'i' ha'm o'lshewlerdin' aki'ri'ndag'i' i'di'stag'i' suwdi'n' qa'ddileri belgilengen.

(9)-an'latpani' (5)-an'latpag'a qoyi'p

$$\bar{\lambda} = \frac{8\pi r^4 \rho (h_1 + h_2) t \sqrt{pRT}}{32VlP\sqrt{2M}} \quad (10)$$

formulasi'n alami'z.

Atmosferali'q basi'm

$$P = \rho_1 g h_B$$

shamasi'na ten'. Bul an'latpada h_B arqali' mm si'nap bag'anasi'ni'n' basi'mi'ndag'i' barometr menen o'lshenetug'i'n basi'm belgilengen, ρ_1 shamasi' bolsa si'napti'n' ti'g'i'zli'g'i'na sa'ykes keledi.

Ag'i'p o'tetug'i'n hawani'n' ko'lemi

$$V = \pi D_s^2 (h_1 - h_2) / 4$$

shamasi'na ten'. Bul formulada D_s arqali' i'di'sti'n' diametri belgilengen.

Hawa molekulari'ni'n' erkin ju'riw joli'ni'n' uzi'nli'g'i'ni'n' ortasha ma'nisinin'

$$\bar{\lambda} = \frac{12r^4 (h_1 + h_2) t \sqrt{\pi RT}}{\sqrt{2M} 32 D_c^2 (h_1 - h_2) l \rho_1 h_B} \quad (11)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanatug'i'nli'g'i' esapqa alami'z ha'm bul formuladag'i' turaqli' shamalardi'n' barli'g'i'n K_0 arqali' belgilesek, onda

$$\bar{\lambda} = K_0 \frac{\sqrt{\pi} r^4 (h_1 + h_2) t}{D_c^2 (h_1 - h_2) l h_B} \quad (12)$$

formulasi'na iye bolami'z. Bul formulada

$$K_0 = \frac{12\rho \sqrt{\pi R}}{32 \rho_1 \sqrt{2M}}.$$

K_0 shamasi'ni'n' sanli'q ma'nisi $K_0 = 0,585 \text{ m}/(\text{s}\cdot\text{K}^{-1})$.

Jumi'sti' ori'nlaw ta'rtibi:

1. Du'ziliztegi kran ashi'ladi'. I'di'stan suw tamshi'li'p ag'a baslag'annan sekundomerdi qosi'w kerek. Soni'n' menen birge eksperiment baslang'an momenttegi i'di'stag'a suwdi'n' qa'ddi h_1 din' ma'nisin jazi'p ali'w kerek.

2. I'di'stag'i' suwdi'n' qa'ddi 2–3 sm ge to'menlegende sekundomerdi toqtati'w ha'm i'di'stag'i' suwdi'n' qa'ddi h_2 ni belgilep ali'w kerek.

3. O'lshewlerdi keminde 5 ret qaytalaw kerek. Ha'r bir o'lshegende h_1 biyikliginin' shamasi'n yamasa h_2 biyikliginin' shamasi'n o'zgartip bari'w kerek. O'lshewlerdin' na'tiyjelerin 1-sanli' kestege tu'siriw kerek.

4. Qorshap turg'an hawani'n' temperaturasi'n (joqari'da biz oni' T_0 arqali' belgiledik) ha'm basi'mi'n (biz oni' P_0 arqali' belgiledik) o'lsheymiz ha'm ali'ng'an na'tiyjelerdi laboratoriya da'pterine jazami'z.

5. Molekulani'n' erkin ju'riw joli'ni'n' uzi'nli'g'i'n (12)-formula boyi'nsha esaplaymi'z. Si'zi'qli' parametrlerdin' ma'nislerin santimetrlerde ali'w kerek. Kapillyardi'n' radiusi' menen uzi'nli'g'i', soni'n' menen birge i'di'sti'n' diametri eksperimentalli'q du'ziliste jazi'p qoyi'lg'an.

6. Erkin ju'riw joli'ni'n' ortasha ma'nisi ani'qlanadi' ha'm o'lshevlarda jiberilgen qa'teliklerdin' shamalari' ani'qlanadi'.

7. Erkin ju'riw joli'ni'n' uzi'nli'g'i'ni'n' ma'nisin paydalani'p (8)-formulani'n' ja'rdeminde hawa molekulasini'n' effektivli diametri esaplanadi'. Normal sha'rayatlardag'i' hawa molekulasini'n' konsentrasiyasi' bolg'an n_0 shamasi'n $2,69 \cdot 10^{19} / \text{sm}^3$ shamasi'na ten' dep ali'w kerek.

8. Ori'nlang'an jumi's boyi'nsha juwmaqlar shi'g'ari'w kerek.

1-sanli' keste

Nº	h_1	h_2	t	$\bar{\lambda}, m$	$\Delta\bar{\lambda}, m$	$S_{\bar{\lambda}}, m$	$\delta_{\bar{\lambda}}, m$	$\varepsilon_{\bar{\lambda}}, m$	$\bar{\lambda} \pm \delta_{\bar{\lambda}}, m$
1									
2									
3									
...									
Ort.									

Qadag'alaw sorawlari':

1. Molekulardi'n' erkin ju'riw joli'ni'n' ortasha uzi'nli'g'i' ha'm effektivli diametri degenimiz ne?

2. Puazeyl formulasi'ni'n' fizikali'q ma'nisin tu'sindirini'z. Bul formula nelerdi tu'sindiredi?

3. Molekulardi'n' erkin ju'riw joli'ni'n' ortasha uzi'nli'g'i' ha'm effektivli diametri qalay ani'qlanadi'?

4. Eksperimentalli'q du'zilitin' jumi'si'n tu'sindirini'z.

9-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Hawani'n' dinamikali'q jabi'sqaqli'q koeffisientin ani'qlaw

Kerekli a'sbaplar: 1) ta'jiriybe o'tkeriletug'i'n quri'lma, 2) sekundomer, 3) ko'lemi 0,5-1 litr bolg'an i'di's.

Eger gaz yamasa suyi'qli'q qatlamlari' bir birine sali'sti'rg'anda ha'r qi'yli' tezlikler menen qozg'alatug'i'n bolsa, onda qatlamlar arasi'nda ishki su'ykelis ku'shleri yamasa jabi'sqaqli'q ku'shleri ta'sir etedi. Na'tiyjede qatlamlar arasi'nda impuls (qozg'ali's mug'dari') almasi'wi' ori'n aladi' ha'm waqi'tti'n' o'tiwi menen qatlamlardi'n' tezlikleri ten'lesedi. Sonli'qtan suyi'qli'qti'n' yamasa gazdin' qatlamlari'ni'n' tezlikleri olardi'n' arasi'nda bolatug'i'n jabi'sqaqli'q (yamasa su'ykelis) ku'shinin' ta'sirinde ten'lesedi dep ayti'wg'a boladi'.

Bunnan kishi tezlikke iye bolg'an qatlamdi' tezlestiriwshi impuls u'lken tezlikke iye bolg'an qatlam ta'repinen beriledi, yag'ni'y impulsti'n' ag'i'mi' qatlamlar tezliklerinin' kemeyiwi bag'i'ti'nda boladi' degen na'tiyje kelip shi'g'adi'.

Impuls ag'i'mi' qatlamlar tezlighine perpendikulyar ha'm oni'n' kemeyiw bag'i'ti'nda boladi'. Bug'an mi'sal retinde (8-sanli' jumi'stag'i' 1-su'wretke qaran'i'z) eki ushi'na turaqli' $P_2 - P_1 = \Delta P =$ sonst basi'mlar ayi'rmasi' berilgen trubada bolatug'i'n' gaz qatlamlari'ni'n' stasionar ag'i'mi' ko'rsetilgen. Bunnan truba ortasi'ndag'i' qatlam en' u'lken tezlikke al, truba diywali'na jaqi'nlasqan sayi'n qatlamlar tezliklerinin' kishireyip baratug'i'nli'g'i' ko'rinip tur ha'm impuls ag'i'mi' ortadan diywalg'a qaray boladi'.

Jabi'sqaqli'q ku'shinin' shamasin' Nyuton formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlawg'a boladi':

$$F = \eta \frac{du}{dn} S.$$

Bul formulada η arqali' ishki su'ykelis koeffisienti (yamasa dinamikali'q jabi'sqaqli'q koeffisienti), S arqali' bir birine tiyip turg'an qatlamlardi'n' betinin' maydani', al du/dn arqali' tezlik gradienti belgilengen. Joqari'da keltirilgen formuladan dinamikali'q jabi'sqaqli'q koeffisienti ushi'n

$$\eta = \frac{F}{\frac{du}{dn} S}$$

formulasi'n' alami'z. Bul koeffisienttin' sanli'q ma'nisi tezlik gradientinin' ma'nisi bir birlikke ten' bolg'anda bir birine tiyisip turg'an bir birlik qatlamlar arasi'ndag'i' ta'sir etetug'i'n' ishki su'ykelis ku'shine ten'.

SGS sistemasi'nda dinamikali'q jabi'sqaqli'q koeffisientinin' shamasin' puazlarda, al SI sistemasi'vnda n·sek/m² birliklerinde o'lshenedi.

Molekulali'q-kinetikali'q teoriyani'n' ko'z-qaraslari' boyi'nsha dinamikali'q jabi'sqaqli'q koeffisientinin' sanli'q ma'nisi tezlik gradienti birge ten' bolg'anda bir birine tiyisip turg'an betlerdin' maydani'ni'n' bir birligi arqali' bir waqi't birliginde ali'p o'tiletug'i'n' ta'rtipke sali'ng'an qozg'ali's mug'dari'na ten'.

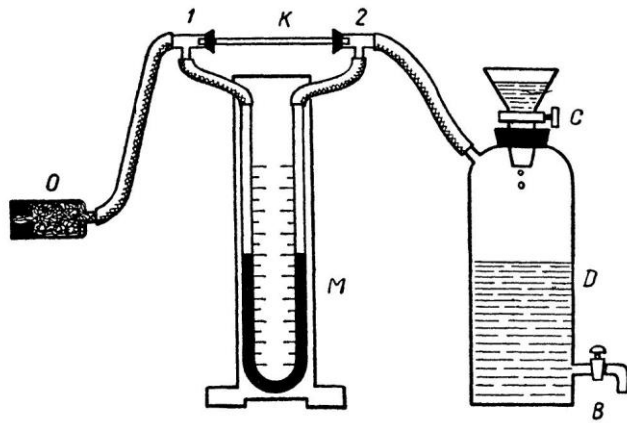
Dinamikali'q jabi'sqaqli'q koeffisienti menen bir qatarda kinematikali'q jabi'sqaqli'q koeffisienti de qollani'ladi'. Oni'n' ma'nisi bi'layi'nsha ani'qlanadi':

$$v = \eta/\rho.$$

Bul an'latpada ρ arqali' suyi'qli'qti'n' yamasa gazdin' ti'g'i'zli'g'i' belgilengen.

Gazlerdin' dinamikali'q jabi'sqaqli'q koeffisientininin' ma'nisi suyi'qli'qlardi'n' dinamikali'q jabi'sqaqli'q koeffisientinin' ma'nisinen a'dewir kishi boladi'.

Eger si'rtqi' ku'shtin' ta'sirinde qatlamlar arasi'ndag'i' tezlikler ayi'rmasi' waqi'tqa baylani'sli' o'zgermese, onda qatlamlar arasi'ndag'i' impulsar ag'i'mi' waqi'tqa baylani'sli' o'zgermeydi, yag'ni'y stasionar halg'a o'tedi.



1-su'wret.

Qatlamlar arasi'ndag'i' impulsti'n' ag'i'mi' olardi'n' tezliklerinin' ayi'rmasi'na baylani'sli' ha'm qatlamlar tezliklerinin' ayi'rmasi' qansha u'lken bolsa impuls ag'i'mi' da sonsha u'lken boladi'.

Qatlamlar tezlikleri X ko'sheri bag'i'ti'nda o'zgersin deyik. Bunday jag'dayda dx intervalg'a sa'ykes keletug'i'n qatlamlar tezliklerinin' o'zgeriwin du arqali' an'latsaq, du/dx qatnasi' bir birlik uzi'nli'qqa sa'ykes keletug'i'n qatlamlar tezliklerinin' o'zgeriwin (o'simin) beredi.

X ko'sherine perpendikulyar qandayda betten bir birlik waqi'tta o'tip ati'rg'an impulsti'n' ag'i'mi' du/dx qa proporsional bolsa, al ekinshiden bettin' maydani' S ke proporsional boladi', yag'ni'y impuls ag'i'mi' ushi'n $L \sim (du/dx) \cdot S$ tu'rindagi tuwri' proporsionalli'q qatnasti' alami'z. Bunnan ten'lik belgige o'tsek

$$L = \eta \frac{du}{dx} \cdot S \quad (1)$$

formulasi'na iye bolami'z. Joqari'da ayti'lg'naday η proporsionalli'q koeffisienti jabi'sqaqli'q yamasa ishki su'ykelis koeffisienti dep ataladi'.

Biz joqari'da aytqani'mi'zday joqari' tezliktegi qatlamnan to'mengi tezliktegi qatlamg'a impuls beriledi degen so'z. Bul qatlamlar arasi'nda jabi'sqaqli'q yamasa su'ykelis ku'shi bar ekenligin an'latadi'. Sonli'qtan (1)-ten'likti

$$F = -\eta \frac{du}{dx} S \quad (2)$$

tu'rinde jazi'wg'a boladi'. Bul an'latpada F arqali' qatlamlar arasi'ndag'i' su'ykelis ku'shi belgilengen. (1)-ten'liktegi minus (-) belgisi impulsti'n' qatlamlar tezliklerinin' kemeyiw bag'i'ti'nda beriletug'i'nli'g'i'n xarakterleydi. Bul ten'likte $du/dx = (1 \text{ m/s})/(1 \text{ m}) = 1 \text{ s}^{-1}$ ha'm $S = 1 \text{ m}^2$ bolsa, onda

$$h = \eta$$

ten'liginin' ori'nlanatug'i'nli'g'i' ko'rinip tur. Demek joqari'da ga'p tkenimizdey jabi'sqaqli'q koeffisienti dep X ko'sherinin' boyi'nda 1 m uzi'nli'qqa sa'ykes keletug'i'n qatlamlar tezliklerinin' o'zgeriwi 1m/s bolg'andag'i' usi' ko'sherge perpendikulyar birlik betten birlik waqi'tta o'tip ati'rg'an impuls ag'i'mi'na ayti'ladi'.

Endigi bizin' wazi'ypami'z hawani'n' jabi'sqaqli'q koeffisienti bolg'an η ni' ani'qlawdan ibarat. Buni'n' ushi'n biz Puazeyl (Gagen-Puazeyl formulasi'nan) formulasi'nan paydalanami'z.

Uzi'nli'g'i' L , radiusli' r bolg'an trubani'n' ushlari'ndag'i' basi'mlar ayi'rmasi' waqi'tqa $\Delta P = P_1 - P_2$ baylani'sli' o'zgermese, onda bunday truba arqali' qi'si'lmaytug'i'n suyi'qli'qti'n' ag'i'mi' stasionar yag'ni'y ag'i'w tezligi o'zgermeydi.

Usi' jag'dayda trubani'n' kese kesiminen τ waqi't dawami'nda ag'i'p o'tetug'i'n suyi'qli'qti'n' ko'lemi to'mendegi Puazeyl formulasi'nan ani'qlanadi'.

$$V = \pi r^4 (p_1 - p_2) / (8\eta l). \quad (3)$$

Bul formulada V arqali' kapillyardi'n' kesiminen bir birlik waqi't ishinde ag'i'p o'tetug'i'n suyi'qli'qti'n' ko'lemi, η arqali' dinamikali'q jabi'sqaqli'q koeffisienti $p_1 - p_2$ arqali' kapillyardi'n' ushlari'ndag'i' basi'mlar ayi'rmasi', al l arqali' kapillyardi'n' uzi'nli'g'i' belgilengen.

Suyi'qli'qlar a'meliy jaqtan qi'si'lmaydi' dep esaplanadi'. Al gazler bolsa a'dewir ki'si'li'wshi'li'q qa'siyetlerge iye. Sonli'qtan (3)-an'ltpa tu'rinde jazi'lg'an Gagen-Puazel formulasi'n gazler ushi'n paydalani'wg'a bolmaydi'. Eger basi'mlar ayi'rmasi' kishi bolsa (yag'ni'y $p_1 - p_2 \ll p_2$ bolg'an jag'daylarda, bunday jag'daydi' ju'zege keltiriw ushi'n gazlerdin' ag'i'w tezligin kishi etip aladi') gazlerdin' qi'si'li'wshi'li'g'i'n esapqa almawg'a boladi' ha'm sonli'qtan gazler ushi'n Gagen-Puazel formulasi'n paydalana alami'z.

Bul jumi'sta o'lshevwler kapillyardi'n' ushlari'ndag'i' basi'mlar ayi'rmasi' u'lken bolmag'an jag'daylarda o'tkeriledi. τ waqi'ti' ishinde kapillyar arqali' ag'i'p o'tetug'i'n gazdin' ko'lemi

$$V' = V \cdot \tau = \frac{\pi r^4 (p_1 - p_2) \tau}{8\eta l}$$

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

$$\eta = \frac{\pi r^4 (p_1 - p_2) \tau}{8V'l} \quad (4)$$

formulasi'n alami'z.

(4)-formulada r ha'm l berilgen tu'tikshe ushi'n turaqli' shamalar ha'm bir ret o'lshep alsaq jetkilikli. Sonli'qtan biz paydalanatug'i'n formulani' qolayli' tu'rde

$$\eta = c \frac{p_1 - p_2}{V} \tau \quad (5)$$

tu'rinde jazi'wg'a boladi'. Bul an'latpadag'i' $s = \pi r^4 / 8l$ turaqli' shama boli'p tabi'ladi'. (5)-formuladan η shamasin' ani'qlaw ushi'n $p_1 - p_2$, V , τ shamalari'n ta'jiriybede o'lshevimiz kerek.

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

S krani'n ashi'p V krani'n jabi'q awhalda D ballong'a shama menen $2/3$ ko'lemin iyelegenshe suw quyi'ladi'. Keyin S krani' jabi'ladi'. Kapillyar tu'tikshe K ni' bosati'p ali'p oni'n' diametrin ha'm uzi'nli'g'i'n joqari' da'llikte o'lshep alami'z. Bunnan keyin g'ana orni'na bekitemiz.

Eskertiw: K tu'tikshenin' diametri ha'm uzi'nli'g'i' aldi'n ala o'lshengen bolsa, buni' qaytalawdi'n' keregi joq. Buni' mug'allimnen soran'.

D ballonni'n' V kran menen ta'miyinlengen shu'meginin' asti'na i'di's qoyi'p V krandi' a'stelik penen ashami'z ha'm M manometrdegi spirt qa'ddilerinin' o'zgeriwin baqlaymi'z. V krani' ja'rdeminde ag'i'p tu'sip ati'rg'an suwdi'n' mug'dari'n o'zgerte oti'ri'p M manometrdegi spirt qa'ddilerinin' ayi'rmasi' $2-2,5$ sm ha'm oni'n' o'zgermewin ta'miyinleyimiz. Spirt qa'ddilerinin' ayi'rmasi' $\Delta h = h_1 - h_2$.

Jumi'sti' ori'nlaw ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

Jumi'sti' ori'nlaw ta'rtibi:

1. Gazlardag'i' jabi'sqaqli'q yamasa ishki su'ykelis ku'shi qalay payda boladi'?
2. Ne ushi'n jabi'sqaqli'qti' ishki su'ykelis ku'sh dep te ju'rgizedi, ekewinin' arasi'nda qanday uli'wmali'q bar?
3. Jabi'sqaqli'q koeffisienti degenimiz ne?
4. Ne sebep, truba arqali' gaz qatlamlanip ag'i'wi' ushi'n jin'ishke kelte ha'm ushlari'ndag'i' basi'mlar ayi'rmasi' kishi boli'wi' talap etiledi?
5. Laminarli'q ha'm turbolentlik ag'i'slar degenimiz ne?
6. Jabi'sqaqli'q koeffisienti gaz molekulari'nan ortasha tezligine, basi'mg'a, temperaturag'a baylani'sli' o'zgereme, eger o'zgermese tu'sindirini'z.
7. Ag'i'p turg'an gazdi'n' jabi'sqaqli'q koeffisienti η ni'n' o'zgeriwi menen truba menen truba ushlari'ndag'i' basi'mlar ayi'rmasi' qalay o'zgeredi?

10-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Hawani'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'qlari'ni'n' qatnasi'n ani'qlaw

Kerekli a'sbap ha'm u'skeneler: 1) kran ha'm spirtli manometr menen ta'miyinlengen u'lken ko'lemge iye shiyshe ballon (yag'ni'y Kleman-Dezorm u'skenesi), 2) nasos.

Teoriyalı'q ha'm metodikalı'q ko'rsetpeler. Gazlardi'n' turaqli' basi'mdag'i' S_p ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i'ni'n' turaqli' ko'lemdegi S_v ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i'na qatnasi' adiabatlı'q prosestde ha'm adaabatlı'q proseske jaqi'n bolg'na ji'lli'li'q almasi'w esapqa alı'nbaytug'ni' proseslerde ju'da' u'lken a'himiyetke iye. Sestin' gazlerdegi tarqalı'w tezliginin' usi' qatnas arqalı' ani'qlanı'wi'n, gazlerdin' trubalardan ses tezligine jaqi'n tezliklerde o'tiwi ha'm ken'eyip bari'wshi' trubalarda ses tezliginen de u'lken tezliklerge erisiwi usi' qatnasqa baylani'sli' ekenligin mi'sal retinde ko'rsetip o'temiz.

Bizin' wazi'ypami'z hawa ushi'n sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'qlar qatnasi'n ($\gamma = s_p/s_v$) ani'qlawdan ibarat. Oni' ani'qlawda en' a'piwayi' usi'ldan paydalanami'z (1-su'wrette ko'rsetilgen).

Manometrge shiyshe i'di's tutasti'ri'lg'an bosin. Krandi' ashqan waqti'tta i'di's atmosfera menen tutasadi'. Na'tiyjede ballon ishindeg i' bashi'mni'n' shamas i' o'jiredegi bashi'mg'a ten' bolg'an sha kemeyedi.

Eger i'di'sti'n' ishine nasos penen hawa kirgizilip, krandi' jawi'p qoysaq, onda i'di'sti'n' ishindeg i' bashi'm so'zsiz joqari'laydi'. Biraq i'di's ishindeg i' bashi'm ju'da' qi'sqa waqi't ishinde u'lken tezlik penen joqari'lati'lsa monometr i'din' ko'rsetiwi o'zinin' aqi'rg'i' ma'nisine birden kele almaydi'. Sebebi bul jag'dayda hawa adiabatali'q ra'wishte ki'si'ladi' ha'm soni'n' na'tiyjesinde oni'n' temperaturasi' joqari'laydi'. Na'tiyjede i'di'sti'n' diywali'ni'n' ji'lli'li'q o'tkizgishliginin' saldari'nan i'di's ishintegi temperatura menen qorshap turg'an ortal i'qtag'i' hawani'n' temperaturasi' ten'leskende g'ana monometr i'din' en' aqi'rg'i' ko'rsetiwi bolg'an h_1 shamas i' ori'n aladi'.

Qorshag'an ortal i'qtag'i' hawani'n' absolyut temperaturasi'n T_1 arqali', monometr i'din' h_1 ko'rsetiwine sa'ykes keletug'i'n i'di's ishindeg i' hawani'n' bashi'mi'n p_1 arqali' belgilesek

$$p_1 = p_0 + h_1 \quad (1)$$

an'latpasi'na iye bolami'z. Bul an'latpada p_0 arqali' atmosfera bashi'mi' (bunda p_0 ha'm h_1 shamalari' birdey birliklerde ani'qlang'an boli'wi' kerek) belgilengen. Hawani'n' da'slepki birinshi jag'dayi'n T_1 ha'm p_1 parametrleri arqali' xarakterleyemiz (1-jag'dayda T_1 , p_1 shamalari' berilgen).

Eger krandi' tez ashsaq, onda i'di's ishindeg i' hawani'n' bashi'mi' p_0 shamas i'na ten'leskenshe adiabatali'q tu'rde to'menleydi. Na'tiyjede hawa T_2 temperaturag'a shekem salqi'nlaydi'. Na'tiyjede gazdin' T_2 , p_0 parametrlarinin' ja'rdeminde ta'riyiplenetug'i'n ekinshi jag'dayi' ju'zege keledi (2-jag'dada T_2 , p_0 shamalari' berilgen).

Eger krandi' ashqannan keyin tezden japsaq, onda i'di's ishindeg i' bashi'm arta baslaydi'. I'di'sti'n' ishindeg i' bashi'mni'n' arti'wi' sebepli ken'eygende salqi'nlag'an hawani'n' temperaturasi'ni'n' qaytadan joqari'lay baslawi' ju'zege keledi. I'di'sti'n' ishindeg i' hawani'n' temperaturasi' T si'rtqi' temperatura T_1 menen ten'leskende bashi'mni'n' arti'wi' toqtaydi'. Bul jag'day gazdin' u'shinshi jag'dayi' boli'p tabi'ladi' (3-jag'dayda T_1 , p_2 shamalari' berilgen).

I'di's ishindeg i' hawani'n' usi' waqi'ttag'i' bashi'mi'n p_2 arqali', monometr i'din' usi' bashi'mg'a sa'ykes ko'rsetiwin h_2 arqali' belgileymiz.

$$p_2 = p_0 + h_2 \quad (2)$$

Gaz 2-haldan (2-jag'day) 3-halg'a ko'lemin o'zgertpey o'tse, onda Gey-Lyussak ni'zami'n qollani'wg'a boladi':

$$p_2/T_1 = p_0/T_2. \quad (3)$$

Gazdin' 1-haldan 2-halg'a o'tiwi ushi'n, yag'ni'y adiabatali'q ken'eyiwi ushi'n Puasson ni'zami'n qollani'wg'a boladi'. Bul ni'zamdi' to'mendegi tu'rde jazi'w qolayli':

$$\frac{p_1^{\gamma-1}}{T_1^\gamma} = \frac{p_0^{\gamma-1}}{T_2^\gamma}.$$

Bul an'latpada γ arqali' gazdin' turaqli' basi'mi'ndag'i' ha'm turaqli' ko'lemindegi ji'lli'li'q si'yi'mli'qlari'ni'n' qatnasi' s_p/s_v belgilengen. Bul ten'lemege p_1 din' (1)-ten'lemeden tabi'latug'i'n ma'nisin qoyi'p ha'm ag'zalardi'n' orni'n almasti'ri'p to'mendegidey ten'lemen payda etemiz

$$\left(\frac{p_0 + h_1}{p_0}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^\gamma$$

yamasa

$$\left(1 + \frac{h_1}{p_0}\right)^{\gamma-1} = \left(1 + \frac{T_1 - T_2}{T_2}\right)^\gamma.$$

h_1/p_0 ha'm $(T_1 - T_2)/T_2$ shamalari' birge sali'sti'rg'anda ju'da' kishi bolg'ani' ushi'n bul an'latpani' Nyuton binomi'na jayi'p birinshi ta'rtpi kishi sanlar qatnasqan ag'zalari'n ali'p taslasaq

$$1 + (\gamma - 1) \frac{h_1}{p_0} = 1 + \gamma \frac{T_1 - T_2}{T_2}$$

ten'lemesin alami'z. Bunnan:

$$p_0 \frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} h_1.$$

Ten'lemenin' shep ta'repinde turg'an ag'za h_2 shamasi'na ten'. Haqi'yqati'nda da r_2 shamasi'ni'n' (2)-ten'lemeden tabi'latug'i'n ma'nisin (3)-ten'lemege qoyi'p h_2 shamasi'n tabami'z:

$$h_2 = p_0 \frac{T_1 - T_2}{T_2}.$$

Demek

$$h_2 = \frac{(\gamma - 1)}{\gamma} h_1$$

an'latpasi'n jazi'w mu'mkin. Bul ten'likten

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (4)$$

an'latpasi'na iye bolami'z.

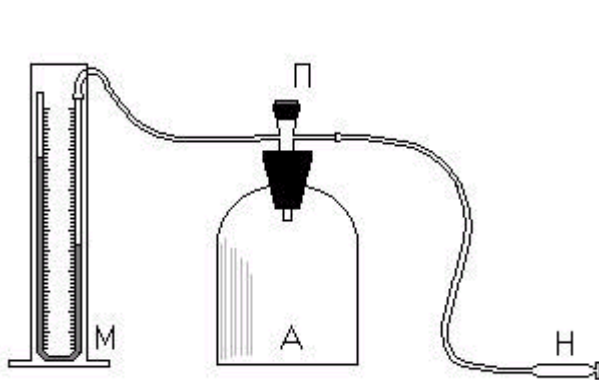
Paydalani'latug'i'n a'sbap-u'skenenin' du'zilisi. Si'yi'mli'g'i' shama menen 20-30 litr bolg'an (1-su'wret) shiyshe ballon A ni'n' awzi' ti'g'i'z etip bekitilgen boli'p, oni'n' ti'g'i'ni' P arqali' u'sh tarmaqli' shiyshe tu'tikshe shi'g'i'p tur. Tarmaqlardi'n' birewi krani' menen ta'miyinlengen boli'p oni'n' ja'rdeminde A ballondi' o'jire

hawasi' menen tutasti'ri'wg'a yamasa onnan aji'ri'ti'wg'a boladi'. Al ekinshi ha'm u'shinshi tarmaqlar sa'ykes manometr ha'm nasos penen tutasti'ri'lg'an.

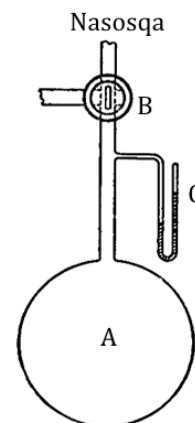
Ballondag'i' krandi' jawi'p, manometrdegi suw qa'ddilerinin' ayi'rmasi' shama menen 25-30 sm bolg'ansha nasos penen hawa tolti'ri'ladi'. Ballondag'i' basi'mni'n' arti'wi' menen temperaturasi' da artadi'. Sonli'qtan da 2-3 minut dawami'nda hawa temperaturasi' o'jiredegi temperatura menen ten'leskenshe ku'temiz. Mine usi' momentten baslap manometrdegi suw qa'ddilerinin' ayi'rmasi' o'zgermey qaladi' ha'm buni' h_1 dep belgilep alami'z. Keyin krandi' ashi'p bir waqi'tta manometrdegi suw qa'ddilerinin' o'zgeriwin baqlaymi'z ha'm bul qa'ddiler o'z-ara ten'lesiwden krandi' jabami'z.

Eskertiw: K krandi' ashqanda onnan i'si'ldap hawa shi'g'a baslaydi', sonli'qtan krandi' shi'g'i'p ati'rg'an hawani'n' sesti toqtawdan jabi'li'w kerek.

Ballondag'i' temperaturasi' o'jire temperaturasi'na ten' hawa adiabatali'q tu'rde ken'eyiwi saldari'nan oni'n' temperaturasi' to'menleydi. Ballondag'i' hawa o'jiredegige shekem bolg'anda, yag'ni'y manometrdegi suw qa'ddilerinin' ayi'rmasi' o'zgerissiz qalg'ansha 2-3 minut ku'temiz. Mine usi' o'zgerissiz qalg'an qa'ddiler ayi'rmasi'n h_2 dep ali'p, (4)-ten'likke qoyi'p γ ni' ani'qlaymi'z. Ta'jiriybe keminde on ret ta'kirarlanadi' ha'm aAli'ng'an na'tiyjeler kestege jazi'ladi'.



1-su'wret



2-su'wret

A'sbap A shiyshe balon (2-su'wret) ha'm og'an jalg'ang'an V arqali' u'sh tarmaqli' shiyshe tu'tikshe ha'm S suwli' manometrden ibarat. A i'di's V kran arqali' hawa nasosi'na jalg'ang'an. Tarmaqlardi'n' birewi kran menen ta'miyinlengen boli'p, oni'n' ja'rdeminde A ballondi' o'jire hawasi' menen tutasti'ri'wg'a yamasa onnan aji'ri'ti'wg'a boladi'. Al ekinshi ha'm u'shinshi tarmaqlar sa'ykes manometr ha'm nasos penen tutasti'ri'lg'an.

O'lshewler. Bul a'sbapta da tap 1-su'wrettegi a'sbaptag'i'day o'lshewler ori'nlanadi'. I'di's ishindegi hawani'n' basi'mi' turaqli' boli'p, suwli' manometrdegi qa'ddiler ayi'rmasi'ni'n' birinshi h_1 ha'm ekinshi h_2 ma'nisleri tabi'ladi'. Ta'jiriybe keminde on ret ta'kirarlansi'n. Ali'ng'an na'tiyjeler kestege jazi'lsi'n.

Qatar sani'	h_1	h_2	γ	$\Delta\gamma$	$\Delta\gamma/\gamma_{\text{ort.}}$
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
Ortasha					

Jumi'sti' ori'nlaw ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

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

1. Sali'sti'rmali' ha'm mollik ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i' degenimiz ne?
2. s_p ha'm s_v shamalari'ni'n' tiykarg'i' ayi'rmashi'li'g'i' nede?
3. Hawa molekulari' neshe atomnan ibarat ha'm molekulardag'i' atomlar sani'na baylani'sli' s_p/s_v qatnasi'ni'n' shaması' o'zgere me?
4. Jumi'sti' ori'nlawda I ballong'a hawa tolti'rami'z. II ballondag'i' hawani' o'jire temperaturag'a shekem suwi'tami'z, III ballondag'i' hawani' K krani'n ashi'p shi'g'arami'z, IV ballondag'i' hawani'n' o'jire temperaturasi'na shekem qi'zi'wi'n ku'temiz. Usi'lar qanday prosessler ha'm qalay a'melge asi'ri'ladi'?
5. Ideal gaz ushi'n, eger molekulari'din' erkinlik da'rejesinin' sani' belgili bolsa, s_r/s_v qatnasti' ta'jiriybede o'lshemesten esaplawg'a bola ma ha'm qanday jol menen?
6. s_p ha'm s_v gazdi'n' ishki energiyasi' menen baylani'si' bar ma?
7. s_p/s_v qatnasi'n argon, azot, suw puwi' gazlari' ushi'n esaplan'i'z.

11-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Suwdi'n' puwlani'wi'ni'n' jasi'ri'n ji'lli'li'g'i'n ani'qlaw

Kerekli a'bablar: Ishinde suwi' bar ha'm awzi' tu'tikshe menen ta'miyinlengen kolba, elektropolitka: termometr, ta'rezi, kalorimetr, i'di's.

Eger biz suwdi' plitkani'n' u'stine qoysaq waqi'tti'n' o'tiwi menen oni'n' temperaturasi' artadi' ha'm normal atmosfera basi'mi'nda temperatura 100°S g'a jetkende suw qaynaydi'. Mine usi' temperaturadan baslap suw plitkadan ji'lli'li'q ali'wi'na qaramastan oni'n' temperaturasi' o'zgermeydi, yag'ni'y ali'ni'p ati'rg'an ji'lli'li'q jasi'ri'n tu'rde joyi'li'p ati'rg'anday boli'p ko'rinedi. Haqi'yqati'nda, suw qaynag'annan keyin oni'n' plitkadan alatug'i'n ji'lli'li'g'i' suwdi'n' belgili bir mug'dari'ni'n' puwg'a aynali'wi'na sarplanadi'. Demek suwdi' puwg'a aylandi'ri'w ushi'n belgili bir mug'darda ji'lli'li'q talap etiledi eken.

Suyi'qli'qti'n' puwlani'wi'ni'n' sali'sti'rmali' jasi'ri'n ji'lli'li'g'i' dep oni'n' birlik massasi'n suyi'qli'q temperaturasi'ndag'i' puwg'a aylandi'ri'w ushi'n kerek bolg'an ji'lli'li'q mug'dari'na ayti'ladi' ha'm $\text{kal}/(\text{g}\cdot\text{grad})$ yamasa $\text{kkal}/(\text{kg}\cdot\text{grad})$ birliklerinde o'lshenedi.

Suyi'qli'q puwg'a aylang'anda qansha ji'lli'li'q talap etilse, kerisinshe puw suyi'qli'qqa aylang'anda sonsha ji'lli'li'q bo'linip shi'g'adi'.

Bizin' bul jumi'stag'i' tiykarg'i' wazi'ypami'z qaynap turg'an suwdi' puwg'a aylandi'ri'w ushi'n qansha ji'lli'li'q mug'dari'ni'n' talap etiletug'i'nli'g'i'n ta'jiriybede ani'qlawdan ibarat.

Ta'jiriybenin' tiykarg'i' mazmuni':

Meyli bizge massasi' m bolg'an i'di'sti'n' ishinde temperaturasi' t_1 massasi' m_1 bolg'an suw berilgen bolsi'n. Eger usi' suwdi'n' ishinde t_3 temperaturadi' qaynap turg'an suwdi'n' m_p massali' puwi'n jibersek oni'n' massasi'da ha'm temperaturasi'da artadi'. Suwdi'n' massasi' m_3 ($m_3 = m_1 + m_2$), al temperaturasi' t_2 bolsi'n. Na'tiyjede suwdi'n' i'di's penen birliktegi temperaturasi' t_1 den t_2 ge shekem artadi'. Buni'n' ushi'n kerek bolg'an ji'lli'li'q mug'dari' Q_1 to'mendegi ten'likten ani'qlanadi'.

$$Q_1 = cm(t_2 - t_1) + c_1m_1(t_2 - t_1). \quad (1)$$

Bul an'latpadag'i' c ha'm c_1 arqali' sa'ykes i'di'sti'n' ha'm suwdi'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'qlari' belgilengen.

Endi, bul ji'lli'li'qti' qaydan aladi'?

Birinshiden m_2 massali' puw t_3 temperaturadag'i' suwg'a aylang'anda

$$Q_2 = m_2 \cdot r \quad (2)$$

mug'dardag'i' ji'lli'li'q bo'lip shi'g'aradi'. Bul an'latpadag'i' r puwlani'wdi'n' menshikli jasi'ri'n ji'lli'li'g'i'.

Ekinshiden puwdan payda bolg'an m_2 massali' suw t_3 temperaturag'a shekem suwi'ydi'. Buni'n' na'tiyjesinde tag'i'da

$$Q_3 = c_1m_2(t_3 - t_2) \quad (3)$$

mug'dardag'i' ji'lli'li'q bo'linip shi'g'adi'.

Ji'lli'li'q baylani'si'ni'n' ni'zami'na muwapi'q $Q_1 = Q_2 + Q_3$ ten'ligi ori'nlanadi'. Bul an'latpag'a (1)-, (2)- ha'm (3)-ten'lemelerden sa'ykes ma'nislerdi qoyi'p

$$cm(t_2 - t_1) + c_1m_1(t_2 - t_1) = m_2r + c_1m_2(t_3 - t_2)$$

an'latpasi'n alami'z. Bunnan

$$r = [(cm + c_1m_1)(t_2 - t_1) - c_1m_2(t_3 - t_2)]/m_2 \quad (4)$$

an'latpasi' kelip shi'g'adi'. Mine usi' formula suw puwi'ni'n' menshikli jasi'ri'n ji'lli'li'g'i'n ani'qlaw formulasi' boli'p tabi'ladi'.

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

Ta'jiriybe o'tkeriletug'i'n quri'lma 1-su'wrette ko'rsetilgen K kalorimetrin' ishindegi bos ha'm qurg'aq stakandi' ali'p oni'n' massasi'n ta'rezide o'lshep alami'z ha'm m arqali' belgileymiz. Kalorimetr stakani'ni'n' ishine jarti'si'nday taza suw

Jumi'sti' ori'nlaw ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

1. Ne ushi'n si'rttan ji'lli'li'q beriliwine qaramastan suw qaynag'annan keyin oni'n temperaturasi' o'zgermeydi?
2. Puwlani'wdi'n' jasi'ri'n' ji'lli'li'g'i' dep nege aytami'z?
3. Ta'jiriybede ani'qlang'an suwdi'n' puwlani'wi'ni'n' sali'sti'rmali' jasi'ri'n' ji'lli'li'g'i'nan paydalana oti'ri'p 100 gramm suwdi'n' toli'g'i' menen puwg'a aylandi'ri'w ushi'n qansha ji'lli'li'q sarplanatug'i'nli'g'i'n' ani'qlan'i'z.

12-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Gazlerdin' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'qlari'ni'n' qatnasi'n turg'i'n ses tolqi'ni' usi'li' ja'rdeminde ani'qlaw

Kerekli a'sbaplar: 1) ushlari'nda telefonlar ornalasti'ri'lg'an eki truba, 2) ZG-2A tipindegi ses generatori', 3) EO-4 tipindegi ossillograf, 4) millivoltmetr.

Bul jumi'sti'n' maqseti sestin' hawadag'i' tezligin turg'i'n tolqi'n usi'li' menen ani'qlap, ses tezliginin' temperaturag'a g'a'rezligin izertlew ha'm sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'qlari'ni'n' qatnasi'n ani'qlaw.

Teoriyalı'q ko'rsetpe. Tutas ortalı'qta boyli'q tolqi'nlardı'n' taralı'w tezligi

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

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Bul jerde E arqali' ortalı'qti'n' YUng moduli, ρ arqali' ortalı'qti'n' ti'g'i'zli'g'i' belgilengen.

Akustikalı'q tolqi'nlardı'n' taralı'wi'n' adiabatalı'q prosess dep esaplaw mu'mkinshiliginen ses tezliginin' formulasi'n

$$v = \sqrt{\gamma \frac{p}{\rho}}$$

tu'rinde jazi'w mu'mkin (bul formulani' Laplas formulasi' dep ataydi'). Bul an'latpada $\gamma = s_p/s_v$ arqali' gazdin' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'qlari'ni'n' qatnasi', r arqali' gazdi'n' basi'mi' belgilengen.

Sestin' tezligi gazdin' temperaturasi'na baylani'sli'. Haqi'yqatdan da

$$\rho = \rho_0 / (1 + \alpha t) \quad (1)$$

an'latpasi' ori'n aladi'. Bul jerde ρ_0 arqali' gazdin' 0°S dag'i' ti'g'i'zli'g'i', t arqali' $^\circ\text{S}$ shkalasi'ndag'i' temperatura, α arqali' gazdin' ken'eyiw koeffisienti belgilengen ($\alpha = 0,004$). Sonli'qtan,

$$\vartheta_t = \sqrt{\gamma \frac{p}{\rho} (1 + \alpha t)} = \vartheta_0 \sqrt{1 + 0,004t}. \quad (2)$$

tarqali'p ati'rg'an tolqi'n trubani'n' jabi'q ushi'nan shag'i'li'sqanda truba ishinde turg'i'n tolqi'nlar payda boladi', bunda ji'lj'i'wlardi'n' bo'listiriliwi

$$y = 2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \cos \omega t$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde beriledi. Bul jerde A arqali' terbelisler amplitudasi', ω arqali' jiyiligi, λ arqali' tarqali'p ati'rg'an tolqi'nni'n' uzi'nli'g'i', x arqali' ortali'qtag'i' noqatlardi'n' orni'n' ani'qlawshi' koordinata belgilengen.

Eger shag'i'li'sqanda energiya jumsalmasa, trubani'n' jabi'q ushi'nda ha'mme waqi't ji'li'si'w tu'yini payda boladi'. Eki qon'si'las tu'yin yaki eki pikler (du'n'likler) arasi'ndag'i' arali'q tarali'p ati'rg'an tolqi'n uzi'nli'g'i' A ni'n' yari'mi'na ten'.

Qozi'w jiyiligin o'zgerti'w ushi'n truba boylap pu'tin san menen ko'rsetilgen yari'm tolqi'nlar jaylasqanda jabi'q truba ishinde turg'i'n tolqi'nlar payda etemiz. Ses tezligi

$$v_t = \lambda v \quad (3)$$

formulasi' ja'rdeminde ani'qlanadi', bul jerde λ arqali' tolqi'n uzi'nli'g'i', v arqali' hawa bag'anasi'ni'n' menshikli terbelislerinin' jiyiligi boli'p, ol ma'jbu'riy terbelislerdin' jiyiligine ten'.

Biraq $\lambda = 2l/n$ (bul jerde $n = 1, 2, 3, \dots, k$) pu'tin trubani'n' uzi'nli'g'i'nda qansha yari'm tolqi'n jaylasi'wi'n ko'rsetedi.

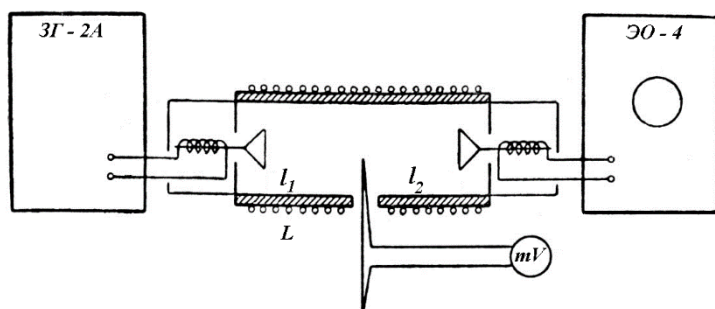
Solay etip, sestini' tezligi to'mendegidey ani'qlanadi':

$$v = \frac{2l v_n}{n} \quad (4)$$

n sani' terbeliwshi sistemani'n' turg'i'n tolqi'nlar payda bolatug'i'n eki izbe-iz jag'dayi'n baqlawdan to'mendegidey etip tabi'ladi':

$$v_t = \frac{2l v_n}{n} = \frac{2l v_{n+1}}{n+1}, \quad v_n(n+1) = v_{n+1}n, \quad n = \frac{v_n}{v_{n+1} - v_n} \quad (5)$$

Quri'lmani'n' du'zilisi. Quri'lma birewi terbelislerdi jetkerip beretug'i'n, ekinshisi jetkerip bermeytug'i'n eki trubadan, ses diapozoni'ndag'i' ZG-2A generatordan, EO-4 ossillograf ha'm millivoltmetrli termoparadan ibarat (1-su'wret). Ha'r bir trubani'n' ushlari'na T_1 ha'm T_2 telefonlar ornati'lg'an, olardan biri terbelislerdi qozdi'radi', al ekinshisi terbelislerdi qabi'llaydi'.



1-su'wret.

Gazlardi'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'li'qlari'ni'n' qatnasi'n turg'i'n ses tolqi'ni' usi'li' ja'rdeminde ani'qlaw ushi'n arnalg'an du'zilistin' sxemasi'.

Jetkerip bermeytug'i'n trubani'n' ishindegı gaz temperaturasi'n o'zgertiwshi L qı'zdi'rg'i'sh si'mi' menen oralg'an. Bul oram 120 volt kernewli o'zgermeli toq ko'zine jalg'anadi'. Temperatura millivoltmetrge jalg'ang'an termoparani'n' ja'rdeminde o'lshenedi. T_1 telefonda terbelisler ZG-2A generatori' ja'rdeminde payda etiledi. Signaldi' T_2 telefoni' qabi'l etedi ha'm oni' ossillografg'a jetkerip beredi.

1-tapsi'rma

Ses tezligin jetkerip bermeytug'i'n trubadag'i' turg'i'n tolqi'nlar usi'li' menen tabi'w ha'm ses tezliginin' temperaturag'a g'a'rezligin u'yreniw

O'lshewge tayarli'q ko'riw. Eksperimentalli'q du'zilis 1-su'wrette sxema tu'rinde ko'rsetilgen. Sxema boyi'nsha kerekli bolg'an a'sbap-u'skenelerdi jalg'aw bari'si'nda o'tkizgishlerdin' ekranlari'ni'n' jerge jalg'ang'anli'g'i'na itibar beriw kerek.

Ossillograf ha'm generator o'zgermeli toq deregine tutasti'ri'ladi'. Biraz qı'zg'annan keyin (buni'n' ushi'n 5 minut shaması'nda waqi't talap etiledi) generator jiyiliginin' noli ani'qlanadi': generatori'n' «rasstroyka» ha'm «ustanovka shastoti» limblari' nolge qoyi'ladi', shi'g'i'w kernewin tuwri'lap on' ta'reptegi (kernew maksimum bolatug'i'n) en' shetkisine qoyi'ladi'. Keyin «ustanovka nulya» limbasi'n a'ste-aqi'ri'nli'q penen aylandi'ri'p, kernewdin' maksimum boli'wi'na erisiledi. Bul jag'dayda voltmeter strelkasi' nolde (yamasa nolge jaqi'n ori'nda) jaylasadi'.

O'lshewler. Generatori'n' jiyiligin 1000 nan 3000 gs (gers) shaması'na shekem o'zgertip jabi'q trubada turg'i'n tolqi'nlar izli-izinen payda etiledi. Ossillograf ekрани'nda ko'rinetug'i'n elektr terbelisleri amplitudasi' birden arti'p ketiwi turg'i'n tolqi'nlardı'n' payda bolg'anli'g'i'n bildiredi. Turg'i'n tolqi'nlar payda bolg'andag'i' jiyilik keminde u'sh ret o'lshenedi ha'm olardi'n' ortashasi' ali'nadi'. (4)- ha'm (5)- formulalarg'a sa'ykes sestin' tezligi esaplap tabi'ladi'. Sestin' 0°S temperaturadag'i' tezliginin' ma'nisin tabi'w ushi'n (2)-formulag'a sa'ykes du'zeti'w kirgiziledi.

Ses tezliginin' temperaturag'a baylani'sli'li'g'i'n ani'qlaw ushi'n qı'zdi'rg'i'sh elektr tog'i' ko'zine tutasti'ri'ladi' ha'm temperaturani' $10\text{--}20^{\circ}\text{S}$ g'a joqari'lati'p, usi' temperaturadag'i' sestin' tezligi joqari'da ko'rsetilgen usi'l menen ani'qlanadi'. Ali'ng'an mag'li'wmatlar tiykari'nda ses tezliginin' temperaturag'a g'a'rezliginin' grafigi si'zi'ladi'.

Gazdi (hawani') 120°S dan joqari' temperaturag'a shekem qı'zdi'ri'wg'a bolmaydi'. Sebebi bunday joqari' temperaturalarda telefonlardı'n' magnitleri a'dette magnitsizlenedi.

2-tapsi'rma

Ses tezligin jetkerip beretug'i'n trubadag'i' turg'i'n tolqi'nlar usi'li' menen tabi'w

O'lshewge tayarli'q ko'riw 1-usi'ldag'i' tayarli'q ko'riw menen birdey.

O'lshewler. Generatori'n' jiyiligi belgilenedi ha'm trubani' uzayti'p, oni'n' turg'i'n tolqi'nlar payda bolatug'i'n izbe-iz kelgen eki jag'dayi' arasi'ndag'i' qashi'qli'q ani'qlanadi'. Ha'r bir o'lshewdi keminde u'sh ret ori'nlaw ha'm ali'ng'an na'tiyjelerdin'

ortasha ma'nisin ali'w kerek. Jiyilikti 1000 nan 2000 gs shamasi'na shekem o'zgertip, bir neshe jiyilikler ushi'n turg'i'n tolqi'nlardi'n' uzi'nli'qlari' ani'qlanadi'. Tolqi'n uzi'nli'g'i'n o'lshegennen keyin sestin' tezligi (3)-formulag'a sa'ykes ani'qlanadi'.

3-tapsi'rma

Hawa ushi'n $\gamma = c_p/c_v$ qatnasi'n ani'qlaw

Ses tezliginin' tabi'lg'an ma'nisinen ha'm (1)-formuladan (Laplas formulasi'nan) paydalani'p, $\gamma = c_p/c_v$ qatnasi' tabi'ladi'. p atmosfera basi'mi' barometrdin' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Hawani'n' atmosfera basi'mi'ndag'i' ρ ti'g'i'zli'g'i' kestelerden ali'nadi'. O'lshe'w qa'teligin esaplawda jiyiliklerdin' ko'rsetilgen intervali'nda o'lshe'w qa'tesi a'sbap ko'rsetkishlerinin' 3 - 5 prosentini quraytug'i'nli'g'i'n itibarg'a ali'w kerek.

Jumi'sti' ori'nlaw ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

1. Turg'i'n tolqi'nlar degenimiz ne ha'm turg'i'n tolqi'nlardi' qalayi'nsha payda etiwge boladi'?
2. Mollik ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i' degenimiz ne? Sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i' degenimiz ne?
3. Ne ushi'n $\gamma = c_p/c_v$ shamasi' turaqli' ha'm bul qatnas molekuladag'i' atomlar sani'na baylani'sli'?
4. Boyli'q tolqi'n degenimiz ne ha'm ol qalay tarqaladi'?
5. Ne ushi'n sestin' tarqali'w tezligi ortalı'qti'n' serpimligine baylani'sli'?
6. Ses terbelislerinin' gazlerde tarqali'wi'n adiabatalı'q prosess dep esaplawg'a qanday fizikali'q tiykarlar bar?

13-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Muzdi'n' eriw ji'lli'li'g'i'n ani'qlaw

Kerekli a'sbaplar: 1) kalorimetr, 2) termometr, 3) qizdi'ri'lg'an suw, 4) muz, 5) ta'rezi.

Kristalli'q deneler belgili bir eriw temperaturasi'na iye. Al amorf deneler bolsa belgili bir eriw temperaturasi'na iye emes. Sonli'qtan kristalli'q denelerdin' belgili bir eriw temperaturasi'na iye boli'wi' amorf denelerden tiykarg'i' ayi'rmashi'li'g'i' boli'p tabi'ladi'. Bazi' bir temperaturada kristalli'q dene eriy baslaydi'. I'di'sti'n' ishinde kristalli'q dene de, oni'n' eritpesi de eriw temperaturasi'nda termodinamikali'q ten' salmaqli'qta tura aladi' (sistemani'n' ishindegi barli'q noqatlarda temperatura birdey ma'niske iye bolg'anda termodinamikali'q ten' salmaqli'qti'n' ju'zege keletug'i'nli'g'i'n atap o'temiz). Kristalli'q dene ha'm oni'n' eritpesinen turatug'i'n sistemasi'ni'n' temperaturasi' kristalli'q dene toli'q erip bolg'ansha (yag'ni'y suyiqli'qqa toli'q aylani'p bolg'ansha) o'zgermeydi. Eger to'men temperaturali' ori'nnan ishinde muzi' bar suwdi' ji'lli' jaydi'n' ishine ali'p barsaq muz toli'q erip

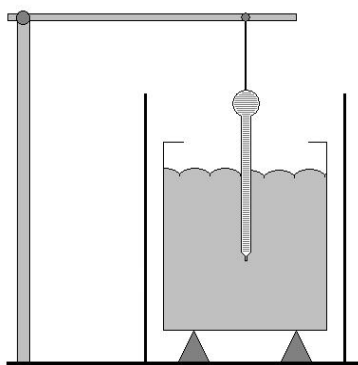
bolg'ansha suvdi'n' temperaturasi' o'zgermeydi ha'm 0°S shamasi'na ten' boladi'. Suv ha'm muzdan ibarat sistema si'rttan ji'lli'li'q aladi', na'tiyjede muzdi'n' mug'dari' kemeyedi ha'm soni'n' saldari'nan temperatura o'zgermey qaladi'. Si'rttan ji'lli'li'q berilgenligi sebepli muz-suv sistemasi'ni'n' ishki energiyasi' artadi'. Demek massalari' birdey bolg'an suvdi'n' ishki energiyasi' muzdi'n' ishki energiyasi'nan u'lken degen so'z.

Sistemani'n' ishki energiyasi' oni' du'ziwshi molekulalardi'n' ta'rtipsiz qozg'ali'si'ni'n' kinetikali'q energiyalari' menen olardi'n' o'z-ara ta'sirlesiwini'n' potensial energiyalari'ni'n' qosi'ndi'si'na ten' ekenligi ma'lim. Ta'rtipsiz ji'lli'li'q qozg'ali'slari'na sa'ykes keliwshi molekulalardi'n' kinetikali'q energiyasi' tek g'ana temperaturag'a baylani'sli'. Demek termodinamikali'q ten' salmaqli'qta turg'an muz ha'm suv molekulalari'ni'n' kinetikali'q energiyalari' o'z-ara ten'. Sebebi ekewi ushi'n da temperatura birdey ma'niske iye (0°C). Demek muz ha'm suvdi'n' ishki energiyalari'ni'n' ha'r qi'yli' boli'wi' muzdi'n' bir birine sali'sti'rg'nada ta'rtpiqli jaylasqan molekulalari'ni'n' potensial energiyalari'ni'n' suvdi'n' ta'rtipsiz jaylasqan molekulalari'ni'n' potensial energiyalari'nan kishi boli'wi' menen baylani'sli' eken.

Muzdi'n' bir birlik massasi'n o'zinin' eriw temperaturasi'nda suwg'a aylandi'ri'w ushi'n kerek bolg'an ji'lli'li'q mug'dari'na oni'n' sali'sti'rmali' eriw ji'lli'li'g'i' dep ataladi'. Sali'sti'rmali' eriw ji'lli'li'g'i' kal/g yamasa kkal/kg birliklerinde o'lshenedi. Eger kerisinshe suv muzg'a aylanatug'i'n bolsa tap usi'nday ji'lli'li'q bo'lip shi'g'ari'ladi'. Muzdi'n' sali'sti'rmali' eriw ji'lli'li'g'i'n kalorimetr ja'rdeminde ani'qlawg'a boladi'.

Buni'n' ushi'n kalorimetrge belgili massadag'i' ha'm temperaturadag'i' suv quyi'p, oni'n' ishine massasi' belgili, eriy baslag'an muzdi' salami'z. Keyin muz toli'q erip bolg'ansha ku'tip, erip bolg'annan bir neshe minuttan keyin suv belgili bir temperaturag'a iye boladi'. Energiyani'n' saqlani'w ni'zami'n eske ala oti'ri'p ji'lli'li'q balani'si'ni'n' ten'lemesin du'zip, bunnan muzdi'n' sali'sti'rmali' eriw ji'lli'li'g'i'n ani'qlaymi'z.

Biz bul prosessti bir neshe etaplarg'a bo'lip en' uli'wma jag'daydi' ko'remiz.



1-su'wret.

Muzdi'n' eriw ji'lli'li'g'i'n ani'qlaw ushi'n qollani'latug'i'n a'sbapti'n' du'zilisini'n' sxemasi'.

1. Meyli muzdi'n' da'slepki temperaturasi' 0°C dan to'men ha'm oni' t_3 arkali' beligeyik. Onda muz t_3 temperaturadan 0°C g'a qi'zg'ansha Q_1 mug'dari'nda ji'lli'li'q aladi':

$$Q_1 = c_0 m_2 t_3 \quad (1)$$

shamasi'na ten' boladi'. Bunda m_2 arqali' muzdi'n' massasi', al c_0 arqali' oni'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i' belgilengen.

2. Massasi' m_2 ge ten' muzdi'n' 0°S da toli'q erip boli'wi' ushi'n

$$Q_2 = \lambda m_2 \quad (2)$$

mug'dari'ndag'i' ji'lli'li'q aladi'. Bul an'latpadag'i' λ muzdi'n' sali'sti'rmali' eriw ji'lli'li'g'i'.

3. Muzdan payda bolg'an suwdi'n' temperaturasi' 0°C dan t_2 ge shekem ko'teriledi. Suwdi'n' temperaturasi'n t_2 ge shekem ko'teriw ushi'n

$$Q_3 = c_1 m_2 t_2 \quad (3)$$

mug'dari'ndag'i' ji'lli'li'q beriledi. Bul an'latpada c_1 arqali' suwdi'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i' belgilengen.

Muzdi' qi'zdi'ri'w, 0°C temperaturada mujdi' toli'q suwg'a aylandi'ri'w payda bolg'an suwdi' t_2 ge shekem qi'zdi'ri'w ushi'n

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = m_2(c_0 t_3 + \lambda + c_1 t_2) \quad (4)$$

mug'dari'ndag'i' ji'lli'li'q kerek boladi'.

Bul ji'lli'li'qlardi' kalorimetr o'zinin' ishine quyi'lg'an suwdan aladi'. Na'tiyjede suwdi'n' temperaturasi' kalorimetr menen birlikte da'slepki t_1 temperaturadan t_2 ge shekem o'zgeredi.

4. Massasi' m_2 bolg'an suwdi'n' temperaturasi' t_1 den t_2 ge shekem o'zgergende

$$Q_4 = c_1 m_1 (t_1 - t_2) \quad (5)$$

mug'dari'ndag'i' ji'lli'li'q beredi.

5. Massasi' m bolg'an kalorimetr din' temperaturasi' t_1 den t_2 ge shekem o'zgergende

$$Q_5 = cm(t_1 - t_2) \quad (6)$$

ji'lli'li'g'i'n beredi. Bunda c arqali' kalorimetr din' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i' belgilengen.

Solay etip berilgen ji'lli'li'q to'mendegi formulani'n' ja'rdeminde ani'qlanadi':

$$Q_4 + Q_5 = (c_1 m_1 + cm)(t_1 - t_2). \quad (7)$$

Energiyani'n' saqlani'w ni'zami'na muwapi'q ali'ng'an ji'lli'li'q, berilgen ji'lli'li'qqa ten'. Demek (4)- ha'm (7)-ten'liklerden to'mendegiler kelip shi'g'adi':

$$m_2(c_0 t_3 + \lambda + c_1 t_2) = (c_1 m_1 + cm)(t_1 - t_2).$$

Bunnan

$$\lambda = \frac{(c_1 m_1 + c m)(t_1 - t_2) - m_2(c_0 t_3 + c_1 t_2)}{m_2}$$

ten'ligin alami'z.

Eger eriy baslag'an muzdi' alsaq, onda oni'n' temperaturasi' $t_3 = 0^\circ\text{C}$ shamasi'na ten' boladi'. Onda muzdi'n' sali'sti'rmali' eriw ji'lli'li'g'i'n' ani'qlaw formulasi' to'mendegishe boladi':

$$\lambda = \frac{(c_1 m_1 + c m)(t_1 - t_2) - m_2 c_1 t_2}{m_2}. \quad (8)$$

Jumi'sti' ori'nlaw ta'rtibi

Jumi'sqa arnalg'an u'skene 1-su'wrette ko'rsetilgen.

1. Kalorimetrin' ishki i'di'si'n ta'rezide o'lsheymiz ha'm massasi'n m arqali' belgileymiz. Bunnan keyin usi' i'di'sqa $2/3$ mug'dari'nda ji'lli' suw quyi'p ta'rezide o'lsheymiz ha'm ani'qlang'an massani' M arqali' belgileymiz. Demek quyi'lg'an suwdi'n' massasi' $m_1 = M - m$ shamasi'na ten' boladi'.

2. Suwi' bar ishki i'di'sti' kalorimetrge ornalasti'ri'p (kalorimetrin' si'rtqi' i'di'si'ni'n' ishine ornalasti'ri'p) termometr ja'rdeminde suwdi'n' temperaturasi'n o'lshep, oni' t_1 arqali' belgileymiz. Keyin eriy baslag'an bir bo'lek muz ali'p, muzdi'n' si'rti'ndag'i' erigen suwdi' sori'g'i'sh penen qurg'ati'p kalorimetrge salami'z. Muzli' suwdi' termometr ja'rdeminde aralasti'ra oti'ri'p muzdi'n' toli'q erip boli'wi'n ku'temiz. Muz erip bolg'annan keyin suw belgili bir temperaturag'a shekem qi'zadi'. Bul aqi'rg'i' temperaturani' t_2 arqali' belgileymiz.

3. Ishki i'di'sti' suwi' menen ta'rezide ja'ne bir o'lshep, tabi'lg'an massani' M_1 arqali' belgileymiz. Na'tiyjede erigen muzdi'n' massasi' bolg'an $m_2 = M_1 - M$ shamasi'n ani'qlaymi'z.

Ta'jiriybede m, m_1, m_2, t_1 ha'm t_2 shamalari' ani'qlang'annan keyin (8)-formuladan λ shamasi'ni'n' ma'nisin esaplaymi'z..

Ta'jiriybe keminde 5 ret o'tkeriledi ha'm ali'ng'an na'tiyjeler to'mendegi kestege jazi'ladi'.

Nº	m	m_1	m_2	t_1	t_2	t_3	λ	$\Delta\lambda$	$\Delta\lambda/\lambda_{\text{ort}}, \%$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									
ortasha									

Jumi'sti' ori'nlaw ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

1. Eriw ha'm qati'w prosesslerin tu'sindirini'z.
2. Ne ushi'n kristall deneler erigende temperatura turaqli' boladi'?
3. Muzli' suw 0°S temperaturag'a iye. Eger massalari' ten'dey muz ha'm suw alsaq, qaysi'si'ni'n' ishki energiyasi' (energiya zapasi') ko'birek boladi' ha'm sebebi nede?
4. Kristall denenin' sali'sti'rmali' eriw ji'lli'li'g'i' degenimiz ne?

5. Si'rtqi' ortalig' penen ji'lli'li'q almaspaytug'i'n ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i' 0 ge ten' i'di'sti'n' ishinde 20°C temperaturadag'i' 500 g suw bar. Ol temperaturasi' 10°C bolg'an neshe gramm muzdi' erite aladi'?

6. O'jiredagi 27°C temperaturadag'i' 100 g qorg'asi'ndi' eritiw ushi'n qansha ji'lli'li'q kerek? ($c = 0,03 \text{ kl/g}$, $t = 327^\circ\text{C}$)

7. Temperaturasi' 500°C bolg'an 100 g alyuminiy untag'i' 0°C temperaturadag'i' 100 g muz benen aralasti'ri'ldi'. Keyingi temperaturani' tabi'n'i'z. $c = 0,22 \text{ kal/g}$.

14-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Metallardi'n' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i'n salqi'nlati'w usi'li' menen tabi'w

Kerekli bolg'an a'sbap-u'skeneler: 1) a'sbap, 2) metall u'lgileri ji'ynag'i', 3) sekundomer, 4) millimetrli qag'az.

Teoriyalig' ko'rsetpeler. Temperaturasi' a'tiraptag'i' ortalig' qti'n' temperaturasi'nan joqari' bolg'an metaldi'n' (metall bo'leginin') temperaturasi' to'menleydi (Temperaturasi' a'tiraptag'i' ortalig' qti'n' temperaturasi'nan joqari' bolg'an qa'legen zatti'n' temperaturasi'ni'n' to'menleytug'i'nli'g'i'n ba'rshege ma'lim).

Temperaturasi' ortalig' qti'n' temperaturasi'nan joqari' bolg'an metaldi'n' (yag'ni'y kesip ali'ng'an metall bo'leginin') bazi' bir kishi Δt waqi'ti' ishinde jog'altatug'i'n ji'lli'li'q mug'dari' to'mendegi an'latpa tu'rinde jazi'ladi'

$$q\Delta t = - \int \rho \frac{\partial T}{\partial t} dV \Delta t. \quad (1)$$

Bul an'latpada s arqali' metaldi'n' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i', ρ arqali' oni'n' ti'g'i'zli'g'i', al T arqali' temperatura belgilengen. (1)-an'latpadag'i' integral metall iyelep turg'an ko'lem boyi'nsha ali'nadi'. Temperaturani' metall bo'leginin' barli'q noqatlari'nda birdey dep qabi'l etemiz. Sebebi biz o'lshevlardi o'tkeriw ushi'n kishi o'lshemlerge iye bolg'an metall bo'leklerin ha'm oni'n' ji'lli'li'qti' jaqsi' o'tkizetug'i'nli'g'i'n esapqa alami'z. Nyutonni'n' ni'zami'na tiykarlani'p q ji'lli'li'q mug'dari'n to'mendegidey tu'rde an'lati'w mu'mkin

$$q\Delta t = \int \alpha (T - T_0) dS \Delta t. \quad (2)$$

Bul formulada T_0 arqali' metall bo'legi a'tirapi'ndag'i' ortalig' qti'n' temperaturasi', α arqali' ji'lli'li'q beriw koeffisienti belgilengen. (2)-an'latpada integral metall bo'leginin' uli'wma beti boyi'nsha esaplanadi'.

(1)- menen (2)- ni sali'sti'ri'p, to'mendegini jazami'z:

$$- \int c_p \frac{\partial T}{\partial t} dV = \int \alpha (T - T_0) dS. \quad (3)$$

$\partial T/\partial t$, s ha'm ρ shamalari' metall bo'legi iyelegan ko'lemnin' noqatlari'ni'n' koordinatalari'na, α , T ha'm T_0 shamalari'ni'n' metall bo'leginin' betinin' noqatlari'ni'n' koordinatalari'na baylani'sli' emes ekenligin esapqa ali'p to'mendegi qatnasti' jazami'z:

$$-c\rho \frac{\partial T}{\partial t} V = \alpha(T - T_0)S. \quad (4)$$

Bul an'latpada V arqali' metall bo'leginin' ko'lemi, S arqali' oni'n' betinin' toli'q maydani' belgilengen. (4)-formulani' to'mendegidey tu'rde jazi'w mu'mkin:

$$\frac{\partial(T - T_0)}{T - T_0} = \frac{\alpha S}{cm} \partial t. \quad (5)$$

(5)-an'latpada $m = \rho V$ arqali' u'lginin' massasi' belgilengen. Minus belgisi temperatura t ni'n' arti'wi' menen metall bo'leginin' temperaturasi'ni'n' to'menleytug'i'nli'g'i'n ko'rsetedi. (5)-formulani' integrallasaq, to'mendegi an'latpani' alami'z:

$$T - T_0 = (T_m - T_0)e^{-\frac{\alpha S}{cm}t}. \quad (6)$$

(5)-formulani' integrallag'anda $\alpha S/cm$ shamasi'n temperaturag'a baylani'sli' emes dep esaplag'an edik. Bul jag'day $T - T_0$ temperaturalar ayi'rmasi'ni'n' ma'nisleri ju'da' kishi bolg'anda g'ana duri's boladi'.

(6)-formulani' logarifmlep to'mendegini tabami'z:

$$\ln(T - T_0) = -\frac{\alpha S}{cm}t + \ln(T_m - T_0). \quad (7)$$

(7)-an'latpa tuwri' si'zi'qti'n' ten'lemesi boli'p tabi'ladi'. ($\alpha S/cm$) shamasi' tuwri' si'zi'q penen waqi't ko'sheri arasi'ndag'i' mu'yeshtin' tangensine ten'.

Ta'jiriybeden u'lgi temperaturasi'ni'n' ha'r qi'yli' waqi'tlardag'i' ma'nislerin ani'qlap, $T - T_0$ shamalari'ni'n' logarifmin ali'w ha'm millimetrli qag'azg'a logarifmlerdin' waqi'tqa baylani'si' grafigin sog'i'w kerek. Natural logarifmler orni'na onli'q logarifmlerdi de paydalani'w mu'mkin. Oni'n' ushi'n logarifmlik si'zg'i'shtan, kalkulyatrolardan yamasa kompyuterden paydalani'w kerek. Bunday jag'dayda (7)-ten'lik boyi'nsha ali'ng'an tuwri' si'zi'qti'n' waqi't ko'sherine qi'yali'g'i' mu'yeshinin' tangensi natural logarifmlerdi qollani'lg'andag'i'dan 2,3 ese kishi boladi'. Biraq bul wazi'ypada tangenslerdin' ma'nisleri emes, al olardi'n' qatnasi'n tabi'w talap etilgenlikten onli'q logarifmlerdin' qollani'li'wi' aqi'rg'i' na'tiyjege ta'sir etpeydi.

Eki u'lgi ushi'n (7)-an'latpag'a sa'ykes grafiklerdi du'zemiz ha'm bul grafikler boyi'nsha tangenslerdin' ma'nislerin ani'qlaymi'z. Olardi'n' qatnasi'n k arqali' belgileymiz:

$$k = \frac{c_2}{c_1} \cdot \frac{m_2}{m_1}, \quad (8)$$

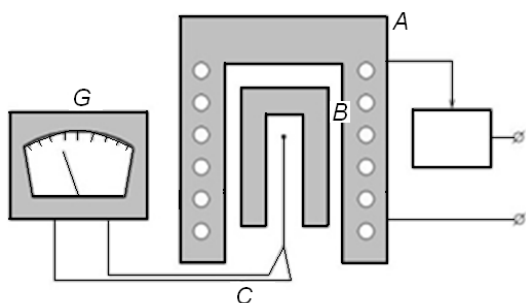
$$c_1 = \frac{c_2}{k} \cdot \frac{m_2}{m_1}. \quad (9)$$

α ha'm S shamalari'ni'n' ma'nisleri sol temperaturalar intervallari'nda eki u'lgi ushi'n da birdey dep alami'z.

A'sbapti'n' du'zilisi ha'm o'lshevwler. O'lshevwler ushi'n paydalani'latug'i'n a'sbapti'n' sxemasi' 1-su'wrette ko'rsetilgen. A elektr qi'zdi'rg'i'shi' eki bag'i'tlawshi' sterjenge ornati'li'p, ol sterjenler boyi' menen to'menge ha'm joqari'g'a ji'lj'i'y aladi' (su'wrette sterjenler ko'rsetilmegen). B u'lgisi bir ta'repi oyi'lg'an (kanal qi'li'ng'an) silindr boli'p, oni'n' uzi'nli'g'i' 30 mm ha'm diametri 5 mm metall bo'legindegi kanal'g'a shiyshe tu'tikshe kirgiziledi. Shiyshe tu'tikshenin' ishinen S termoparani'n' si'mlari' o'tkizilgen. Termoparani'n' ushlari' G galvanometrge jalg'ang'an. U'lginin' temperaturasi' galvanometr'din' shkalasi'ni'n' ko'rsetiwi boyi'nsha qadag'alanadi'. Galvanometr'din' ko'rsetiwi menen termoparani'n' da'nekerlengen jerinin' temperaturasi' arasi'ndag'i' baylani'sti' sa'wlelendiretug'i'n (berilgen termopara ushi'n millivoltlerdi gradusqa aylandi'ratug'i'n) arnawli' tu'rdegi keste yamasa grafik bar.

Ta'jiriybenin' basi'nda qi'zdi'rg'i'sh bag'i'tlawshi' sterjenler boylap to'menge tu'sirilip, metall bo'legi qi'zdi'rg'i'shti'n' ishine toli'q kirgiziliwi kerek. Bunnan keyin qi'zdi'rg'i'sh elektr tog'i' dereğine tutasti'ri'ladi'.

Metall bo'legi 550—600°S temperaturag'a shekem qi'zdi'ri'lg'annan keyin qi'zdi'rg'i'sh joqari'g'a tez ko'terilip, vintler menen qati'ri'ladi'. Ji'lli'li'q berilgen u'lgi hawada (hawani'n' temperaturasi' T_0 arqali' belgilenedi) 100°S temperaturadan to'men temperaturalar'g'a shekem salqi'nlati'ladi'. Waqi'tti' sekundomer ja'rdeminde ani'qlap ha'r bir 10 sekunda metall bo'leginin' temperaturasi'n galvanometr shkalasi'ni'n' ko'rsetiwine qarap jazi'p barami'z.



1-su'wret.

U'sh metall bo'leginin' (mi's, alyuminiy ha'm temir) ha'r biri ushi'n temperaturani'n' ta'jiriybeden ali'ng'an bir neshe ma'nislerine qarap, to'mendegi keste du'ziledi:

Qatar sani'	t, sek	$T - T_0, ^\circ\text{S}$	$\log(T - T_0)$

--	--	--	--

Bunnan keyin millimetrli qag'az betinde log ($T - T_0$) ha'm t lardi' koordinata ko'sheri si'pati'nda ali'p u'sh metall bo'lek ushi'n grafikler si'zi'ladi'. Jasalg'an grafikler vertikal si'zi'qlar menen bo'limlarga aji'rati'li'p, grafiktin' bo'limleri og'an sa'ykes boli'wi' kerek. Bunday bo'limlerden ha'r birinin' waqi't ko'sherine qi'yali'q mu'yeshinin' tangensi ani'qlanadi'. Temir menen alyuminiydin' ji'lli'li'q si'yi'mli'qlari' (9)-formulani'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Mi'sti'n' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i'ni'n' ma'nisi kestede keltirilgen. Bunnan keyin alyuminiy menen temirdin' ji'lli'li'q si'yi'mli'qlari'ni'n' temperaturag'a g'a'rezliginin' grafikleri si'zi'ladi'.

Ta'jiriybeler na'tiyjelerin qayta islewdi kompyuterlerdin' ja'rdeminde a'melge asi'ri'w usi'ni'ladi'.

15-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Suyi'qli'qti'n' bet keriw koeffisientin oni'n' kapillyar tu'tikshede ko'teriliw biyikligi boyi'nsha tabi'w

Kerekli a'sbaplar ha'm materiallar: 1) katetometr, 2) ha'r qi'yili' diametrlerge iye kapillyar tu'tiksheler, 3) kapillyar tu'tikshelerdi uslaytug'i'n qi'sqi'shlar, 4) suyi'qli'q quyi'latug'i'n stakan, 5) distillyasiyalang'an suw, 6) ag'ashtan islengen ultan, 7) millimetrli masshtab, 8) a'sbap.

Teoriyalı'q bo'limi. Bet keriw ku'shi suyi'qli'q molekulari'ni'n' o'z-ara tarti'li'si'wi' na'tiyjesinde payda boladi'. Sonli'qtan bet keriw ku'shi suyi'qli'qti'n' betin qa'legen i'qti'yarli' si'zi'q boyi'nsha ekige aji'rati'w ushi'n kerek bolg'an ku'sh boli'p tabi'ladi'. Bul ku'shtin' shaması, suyi'qli'qti'n' betine ju'rgizilgen sol i'qti'yarli' si'zi'qti'n' uzi'nli'g'i'na proporsional:

$$f = \alpha l. \quad (1)$$

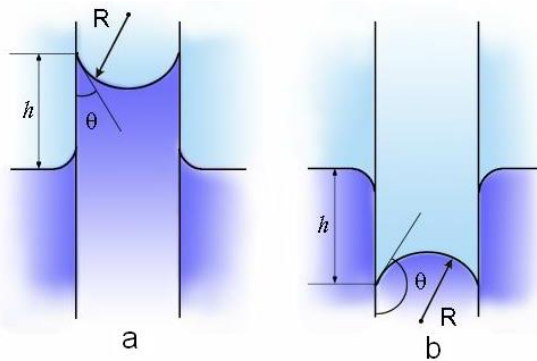
Bul an'latpadag'i' α koeffisienti suyi'qli'q betinin' birlik uzi'nli'g'i'na ta'sir etetug'i'n bet keriw ku'shine ten' boli'p, ol bet keriw koeffisienti dep ataladi. Bet keriw (bet kerimi) koeffisienti dn/sm yamasa mG/mm birliklerinde o'lshenedi.

Suyi'qli'q betinin' i'di's diywali'na tiyip turg'an jiyegi iymek formag'a iye bolatug'i'nli'g'i' ma'lim. Bet keriw ku'shleri bunday bette qanday da bir qosi'msha qubi'li'sti'n' ju'zege keliwine sebep boladi'. Suyi'qli'q tu'tikshe diywali'na jug'atug'i'n bolsa (i'g'allaytug'i'n bolsa), onda tu'tikshe ishindegı suyi'qli'qti'n' beti oyi's sferali'q bet, al juqpaytug'i'n bolsa do'n'es sferali'q bet ta'rizli boladi'. Bul jag'day 1-su'wrette keltirilgen. Tu'tikshe ishindegı sferali'q bettin' maydani' tegis betke sali'sti'rg'anda u'lken, al suyi'qli'qti'n' bet keriw ku'shi sferali'q bettin' maydani'n kishireytiwge ti'ri'sadi'. Demek oyi's betti tegislewge ha'reket etetug'i'n joqari' qaray bag'i'tlang'an ku'sh ta'sir etse, onda bul ku'sh do'n'es betke to'men (suyi'qli'q ishindegı) bag'i'tlang'an boladi'. Demek oyi's betke joqari' qaray bag'i'tlang'an qosi'msha basi'm ta'sir etse, do'n'es betke to'men qaray bag'i'tlang'an ku'sh (basi'm) ta'sir etedi. Solay etip suyi'qli'q betinin' iymekligi qosi'msha basi'm payda etedi eken.

Eger bet sferali'q bolsa, qosi'msha basi'mni'n' shamasin bi'layi'nsha jazami'z:

$$\Delta p = 2\alpha/R. \quad (2)$$

Bul an'latpada R arqali' bettin' iymeklik radiusi' belgilengen. Suyi'qli'q betinin' iymekligi sebepli payda bolg'an qosi'msha basi'm suyi'qli'qti'n' kapillyar tu'tikshelerde ko'teriliwine (bul i'g'allawshi' suyi'qli'qlarda) ha'm to'menlewine (i'g'allamaytug'i'n suyi'qli'qlarda) sebep boladi'. Kapillyarda suyi'qli'qti'n' ko'teriliwi (to'menlewi) qubi'li'si'nda suyi'qli'q bag'anasi'ni'n' gidrostatikali'q basi'mi' menen bettin' iymekliginen payda bolg'an qosi'msha basi'm ten' salmaqli'q halg'a boladi'.



1-su'wret.

Jug'atug'i'n suyi'qli'qti'n' kapillyar tu'tikshe boyi'nsha ko'teriliwi (a su'wret) ha'm juqpaytug'i'n suyi'qli'qti'n' (b su'wret) kapillyar tu'tikshede do'n'es sferali'q betti payda etiw. R arqali' bettin' iymeklik radiusi' belgilengen.

Eger suyi'qli'q tu'tikshe diywali'n i'g'allaytug'ni' bolsa, onda R iymeklik radiusi' tu'tikshenin' ishki radiusi' r ge ten' boladi'. Bunday jag'dayda:

$$\Delta p = 2\alpha/r = \rho gh. \quad (3)$$

Bul an'latpada ρ arqali' suyi'qli'qti'n' ti'g'i'zli'g'i', h arqali' suyi'qli'qti'n' ko'teriliw biyikligi, g arqali' erkin tu'siw tezleniwi belgilengen. Solay etip, kapillyardi'n' radiusi'n, suyi'qli'qti'n' ti'g'i'zli'g'i'n ha'm oni'n' kapillyardag'i' ko'teriliw biyikligin ani'qlap, bet keriw koeffisienti bolg'an α shamasin (3)-formula boyi'nsha tabi'w mu'mkin eken.

Katetometr di ta'riyiplew. O'lshew mu'mkin bolmaytug'i'n ob'ektlerde vertikal arali'qlardi' o'lshew ushi'n katetometrler qolani'ladi'.

Bul jumi'sta qollani'latug'i'n KM-10 katetometr din' du'zilisi 2-su'wrette ko'rsetilgen. U'sh ayaqli' ornati'lg'an metall silindrde ishi gewek vertikal 2- polat truba-kolonna jen'il aylanadi' ha'm 1- vint ja'rdeminde qati'ri'ladi'.

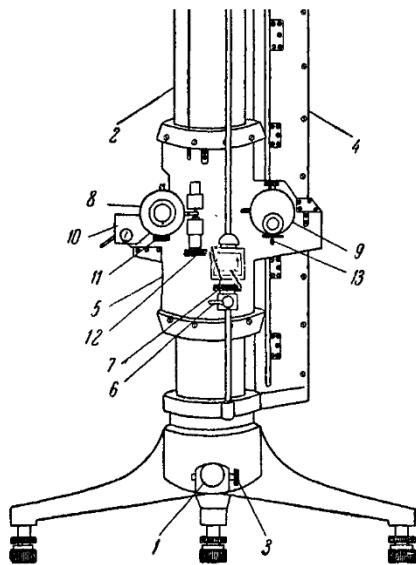
Truba ju'da' kishi mu'yeshlerge 3-vint arqali' buri'ladi' (bunda 1-vint qati'ri'p qoyi'lg'an boli'wi' kerek).

Kolonnag'a vertikal shiyshe shkalasi' 4-qursaw ornati'lg'an. Bul shkala kolonna ko'sherine parallel jaylasqan. SHkalani' elektr lamposhkasi' jaqti'landi'ri'p turadi'.

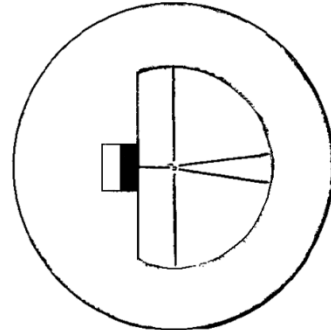
Kolonna boyi'nsha joqari'g'a ha'm to'menge 5-karetka ji'lji'y aladi'. Bul karetka kolonna ishinde turg'an tros arqali' ten'lestirilgen. Karetka kerekli jag'dayda 6-vint arqali' qati'ri'ladi'. 6-vint qati'ri'li'p qoyi'lg'an jag'dayda karetka ko'rsetkishin az g'ana o'zgerti'w ushi'n 7-maxovikten paydalanami'z.

Karetkag'a 8 ko'riw trubasi', 10 aspa a'sbap ha'm 9 o'lshew mikroskopi' ornati'lg'an. Mikroskopti'n' spiral okulyar mikrometri bar. Ko'riw trubasi'ni'n'

prizmalari', aspa a'sbap juqa rezinasi'ni'n' su'wretlemesin trubani'n' ko'riw maydani'na tuwi'rlaydi'. Trubani'n' ko'riw maydani' 2-su'wrette su'wretlengen.



2-su'wret.
KM-10 katetometri.



3-su'wret.

Maydanni'n' qarag'a boyalmag'an kishi bo'liminde (ha'r qi'yl'i to'rtmu'yeshlikde) aspa a'sbap juqa rezinasi' yari'mi'ni'n' konturlari' ko'rinip turi'pti'. Ko'riw maydani'ni'n' basqa bo'liminde trubani' ko'riw ob'ekti'nde to'rt tuwri' si'zi'q ko'rinip turi'pti'. Eger truba gorizontall ornati'lg'an bolsa, juqa rezina yari'mi'ni'n' konturlari' u'ziliksiz si'zi'q payda etedi. Eger truba gorizontall bolmasa, juqa rezina yari'mi'ni'n' konturlari' bir-birine qarap ji'li'sadi' (3-su'wrette ko'rsetilgen).

Truba ob'ektdin' noqati'na ani'q tu'sirilip, sol noqat gorizontall si'zi'q qa'ddinde boli'p, bir noqatdan shi'g'i'wshi' eki tuwri' si'zi'q arasi'nda jatatug'i'n boli'wi' kerek (4-su'wret). Bul tuwri' si'zi'qlardi' ani'q ko'rsetiw ushi'n trubani'n' okulyari' buri'ladi' (ani'q ko'riw ushi'n buri'w kerek). Truba ob'ektki' 11 vint arqali' fokuslenadi' (2-su'wrette ko'rsetilgen). Mikroskopti'n' ko'riw maydani'nda trubali' karetkani'n' vertikal ji'li'wi'n 0,0002 mm ge shekem da'llikte tabi'wg'a imkaniyat beretug'i'n u'sh shkala (5-su'wrette ko'rsetilgen) boladi'.

Millimetrdin' onnan bir bo'legi eki qi'zi'l vertikal si'zi'q ko'rinishidagi shkaladan tabi'ladi'. Bul shkalani'n' joqari'dan to'menge qarati'p jazi'lg'an 0 den 10 g'a shekem (mayda sanlar) bo'limlari bar.

Pu'tin millimetrler sani'n iri shtrix qasi'nda turg'an san ko'rsetedi. Iri shtrix birinshi shkalani'n' nolinshi ha'm oni'nshi' bo'limlari arasi'nda turadi'. Millimetrdin' ju'zden bir ha'm mi'n'nan bir u'leslari, ko'z benen shamalag'anda on mi'n'nan bir u'leslari joqari'dagi' shen'ber ta'rizli shkaladan ani'qlanadi', bunda birinshi shkala u'stinde turg'an ko'rsetkishten paydalani'ladi'. Millimetrdin' u'leslerin tabi'w ushi'n 13 maxovikten (2-su'wrette ko'rsetilgen) paydalanami'z. Oni' to'mennen joqari'g'a qarag'anda saat strelkasi' boyi'nsha aylandi'ri'p, spiraldi'n' birinshi orami' millimetrlerdin' pu'tin sani'n ko'rsetiwshi shtrix si'zi'g'i'na tu'siriledi. Bul shtrix spiraldi'n' qos oramlari' arasi'nda eki vertikal qi'zi'l si'zi'q ortasi'nda simmetriyalig' jag'daydi' iyelewi tiyis. Eger shen'ber formasi'nda shkala da'slep nolge (13-maxovikti buri'p) keltirilgen bolsa, shtrixi' ornati'p bolg'annan keyin joqarg'i' shkaladan

millimetrdin' ju'zden bir ha'm mi'n'nan bir u'leslerin tabi'w mu'mkin. Bul u'lesler millimetrdin' pu'tin ha'm onnan bir u'leslerine qosi'li'wi' kerek.

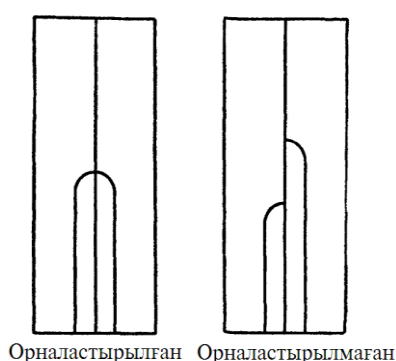
5-su'wrette sanaq 12,2725 mm mug'dari'n beriw u'sh shkala boyi'nsha esaplaw mi'sal retinde ko'rsetemiz. O'lsheplerdi ori'nlaw ushi'n katetometrдин' kolonnasi' da'l vertikal ornati'lg'an boli'wi' kerek. Buni'n' ushi'n u'sh ayaqti'n' vintleri tawlanadi' ha'm bul a'sbapti' montajlaw isleri o'tkeriledi. Bunnan keyin bul islerdi qaytadan ori'nlawg'a bolmaydi' (u'sh ayaqti'n' vintlerin qozg'amaw kerek).

Trubani' gorizont bag'i'ti'ndag'i' halg'a keltiriw ushi'n 12-vint (2-su'wrette ko'rsetilgen) tawlanadi'. Karetka qanday jag'dayda bolsada (ol ji'lji'ydi', kolonna aylandi'ri'ladi') trubani'n' gorizont jag'dayda qali'wi' (juqa rezina yari'mlari'ni'n' konturlari' u'zliksiz yari'm shen'berdi payda etiw kerek) sha'rt.

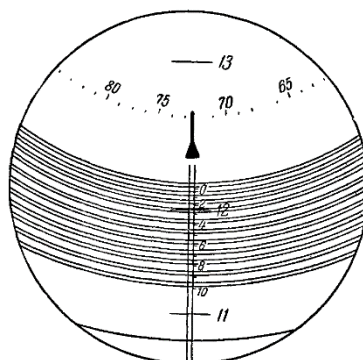
Kishi arali'qta ji'lji'w mexanizmlerinen (mikrometrlik vintlerden) baqlaw noqati' jiplerinin' kesisiw noqati' jaqi'n bolg'anda paydalani'w lazi'm. SHkalani'n' shi'rag'i'n jag'ami'z keyin sanaq na'tiyjeleri tabi'ladi'. O'lshegen uzi'nli'q sanaq na'tiyjelerinin' ayi'rmasi'na ten' boladi'.

O'lshew waqti'nda to'mendegilerge: 1) trubani' qaytadan fokuslemesten o'lshewge, 2) trubani'n' gorizontalli'g'i' boyi'nsha qali'wi'na, 3) o'lshew na'tiyjesi ha'r bir noqat ushi'n keminde u'sh retten tabi'li'wi'na qarap turi'w kerek.

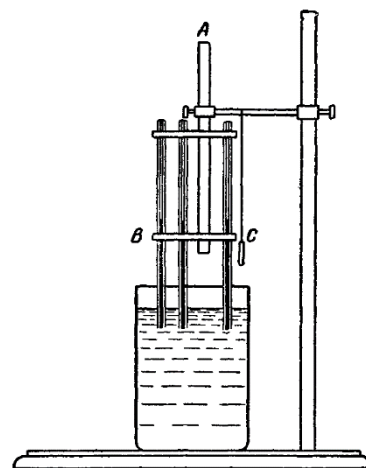
A'sbapti'n' katetometrди sog'i'p shi'g'arg'an zavod ta'repinen berilgen ta'riypi menen tani'si'p shi'g'i'wg'a ken'es beremiz.



4-su'wret.



5-su'wret.



6-su'wret.

O'lshepler. Qollani'latug'i'n u'sh kapillyar tu'tikshelerдин' ishki diametrlerinin' MIR-1 tipindegi o'lshew mikroskopi' menen, suyi'qli'qti'n' tu'tikshelerde ko'teriliw biyiklikleri KM-10 katetometri menen o'lsheenedi. Katetometr menen o'lshewdin' da'lliktin' da'rejesi qanday boli'wi'n studenttin' o'zi bahalawi' kerek.

Qollani'wdan aldi'n kapillyar tu'tiksheler tazalap juwi'ladi'. Buni'n' ushi'n da'slep kaliy dixromatni'n' eritpesinde, ku'kert kislotasi'nda, bunnan keyin distillyasiyalang'an suw ha'm spirt penen juwi'ladi'. Tu'tikshelerdi ji'lli' hawada keptiredi. Keyin tu'tiksheler shtativtin' tutqi'shi'na birimlep qati'ri'li'p, olardi'n' ishki diametrleri o'lshewshi mikroskop ja'rdeminde puxtali'q penen o'lsheenedi (tu'tikshenin' ko'sheri mikroskop ko'sherine perpendikulyar turi'wi', tu'tikshenin' bir tekli jaqti'landi'ri'lg'an boli'wi' kerek). Ha'r bir tu'tikshenin' ishki diametrin oni'n'

ha'r qi'yli' kesimlerinde keminde u'sh retten o'lshevw kerek. Tabi'lg'an na'tiyjelerdin' ortasha arifmetikali'q ma'nisi ali'nadi'.

Eger tu'tikshenin' ha'r qi'yli' kesimleridegi ishki diametrlerinin' ortasha ma'nisi bir-birinen ko'p ayi'rmashi'li'qqa iye bolsa tu'tiksheler silindrlilik formag'a iye bolmaydi'. Soni'n' ushi'n bunday kapillyarli'q tu'tiksheler ta'jiriybeler o'tkeriw ushi'n jaramsi'z boli'p tabi'ladi'. Eger ishki diametrlerinin' ortasha ma'nisleri arasi'ndag'i' ayi'rmashi'li'q o'lshevwlerde jiberiletug'i'n qa'teliklerden arti'q bolmasa olardi'n' ortasha arifmetikali'q ma'nisi tabi'ladi' ha'm bul ma'nis silindr formasi'ndag'i' kapillyar tu'tikshe diametrinin' haqi'yqi'y ma'nisi dep qabi'l qi'li'nadi'. Diametrlerdi o'lshep bolg'annan son' ha'r qi'yli' ishki diametrli tu'tiksheler uli'wma AV tutqi'shqa qati'ri'li'p qoyi'ladi' (6-su'wret). Olar aspa a'sbapqa qarap vertikal ornati'li'p stakandag'i' distillyasiyalang'an suwg'a ta'jiriybege kereginen 2—3 sm arti'q bati'ri'ladi'. Tutiksheler kanallari'ni'n' diyuallari' suw menen ju'da' i'g'allani'wi' ushi'n olardi' usi' jag'dayda bir neshe minut qaldi'ri'ladi'. Keyin tu'tikshelerdi ko'terip, qaytadan tutqi'shqa bekkemlep, olardag'i' menisktin' biyikligi (pik) katetometr quri'lmasi'nda belgilenedi (ha'r bir tu'tikshedegi meniskdin' jag'dayi'n bildiriwshi sang'a (o'lshevw na'tiyjesine) kanal radiusini'n' $1/3$ bo'legine ten' biyiklikti, yag'ni'y meniskke tiyisli du'zetiwdi qosi'w kerek). Tu'tiksheler ja'ne de teren'irek bati'ri'ladi' ha'm bir neshe minut o'tkennen keyin ko'terip menisktin' biyikligi (pik) tabi'ladi'. O'lshevwlerdi keminde u'sh ret ta'kirarlag'annan son' bet keriw koeffisientinin' ma'nisin esaplaw kerek.

Biz menisk dep qatti' denenin' beti menen tiyisken ori'ndag'i' suyi'qli'qti'n' iymeygen (mayi'sqan) erkin betin tu'sinemiz. Al optikada bolsa menisk dep eki sferali'q betler menen shegaralang'an do'n'es etip iymeygen (yamasa oyi's tu'rde iymeygen) linzag'a aytadi'.

Esaplawlar. Eger tu'tiksheler ju'da' taza bolg'an jag'dayda usi' tu'tikshelerdegi suyi'qli'qlardi'n' biyiklikleri birdey boli'wi' kerek. Biyikliklerdi h_1 , h_2 ha'm h_3 arqali', tu'tiksheler kanallari'ni'n' radiuslari'n r_1 , r_2 ha'm r_3 arqali' belgileymiz. Onda:

$$\alpha = \frac{r_1 h_1}{2} \rho g = \frac{r_2 h_2}{2} \rho g = \frac{r_3 h_3}{2} \rho g.$$

Bunnan

$$h_1 - h_2 = \frac{2\alpha}{\rho g r_1} - \frac{2\alpha}{\rho g r_2}$$

ha'm

$$h_1 - h_3 = \frac{2\alpha}{\rho g r_1} - \frac{2\alpha}{\rho g r_3}$$

formulalari'n alami'z. Demek

$$\alpha = \frac{r_1 r_2}{2(r_2 - r_1)} (h_1 - h_2) \rho g = \frac{r_1 r_3}{2(r_3 - r_1)} (h_1 - h_3) \rho g.$$

Bul ten'liklerge r_1 , r_2 , r_3 , h_1 , h_2 , h_3 shamalari'n o'lshevwlerden tabi'lg'an ma'nislerin qoyi'p ha'm ρ ni'n' baqlaw temperaturasi'ndag'i' ma'nisin kestden (kitapti'n' aqi'ri'na qaran'i'z) ali'p α koeffisientinin' ma'nisin tabami'z.

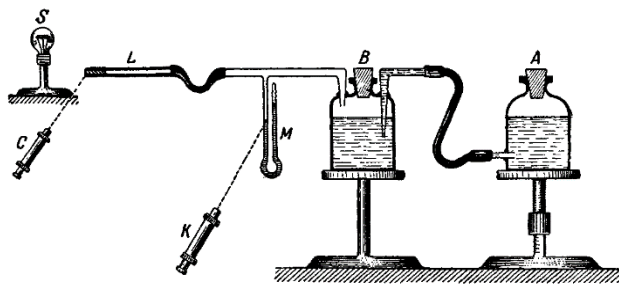
16-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Bet keriw koefisientin gorizontall kapillyar ja'rdeminde ani'qlaw

Kerekli a'sbap ha'm materiallar: 1) quri'lma, 2) izertlenetug'i'n suyi'qli'q quyi'lg'an eki stakan, 3) eki kapillyar.

Jumi'sti'n' teoriyali'q bo'limin 15-sanli' jumi'stan oqi'wdi' usi'ni's etemiz.

Usi'ldi' ha'm quri'lmani' ta'riyiplew. Eger gorizontall ornati'lg'an kapillyarg'a oni'n' diywallari'n i'g'allawshi' (jug'i'wshi') izertleniletug'i'n suyi'qli'qti'n' bir tamshi'si' kirgizilse, onda suyi'qli'q bag'anasi'ni'n' eki ushi'nda payda bolg'an eki menisk de oyi's boladi'. Bir ta'repindegi basi'mdi' joqari'lati'p bag'anani' kapillyardi'n' aqi'ri'na shekem jetkizip ha'm olardi'n' bir ushi'ndag'i' meniskti tegis etiw mu'mkin. Suyi'qli'q bag'anasi'ni'n' eki ta'repindegi basi'mlar ayi'rmasi'n U formasi'na iye manometr ja'rdeminde o'lshew mu'mkin. Manometrdegi suyi'qli'q bag'anasi' biyikliklerinin' ayi'rmasi'n katetometr yamasa gorizont tag'i'ti'nda ornati'lg'an mikroskopti'n' ja'rdeminde o'lshenedi.



1-su'wret.

Bet keriw koefisientin gorizontall kapillyar ja'rdeminde ani'qlaw ushi'n qollani'latug'i'n du'zilistin' sxemasi'.

Bul jag'dayda bet keriw koefisienti α to'mendegi formulani'n' ja'rdeminde esaplanadi':

$$\alpha = \frac{r}{2} \rho gh. \quad (1)$$

Bul an'latpada r arqali' kapillyardi'n' radiusi', g arqali' erkin tu'siw tezleniwi, h arqali' manometrdegi suyi'qli'q qa'ddilerinin' ayi'rmasi', ρ arqali' manometrdegi suyi'qli'qti'n' ti'g'i'zli'g'i' belgilengen.

Suwli' A i'di'si'n (1-su'wret) qozg'ali'wshi' stol ja'rdeminde joqari'g'a ko'terip yamasa to'menge tu'sirip, basi'mdi' o'zgartiw mu'mkin; A i'di'si' suwli' B i'di'sqa sifon ja'rdeminde jalg'asti'ri'lg'an. V i'di'sti'n' joqarg'i' bo'limine L kapillyari' ha'm M manometri biriktirilgen. Menisk tegis bolatug'i'n awhalg'a sa'ykes keliwshi A i'di'si'ni'n' awhali'n ani'qlaw ushi'n L kapillyardi'n' ushi'n S lamposhkasi' menen jaqti'landi'ri'p S mikroskopi' qollani'ladi'. Suyi'qli'qti'n' beti tegis bolg'an jag'dayda menisk bir tegis jaqti'landi'ri'ladi'.

Kapillyardi'n' ushlari' puqta tegislengen ha'm suyi'qli'q bag'anasi' kapillyardi'n' ushi'na qaray aqqanda oni'n' usi' ushi'ni'n' qurg'aq boli'wi'ni'n' ta'miyinleniwi sha'rt.

Manometrge quyi'lg'an suwdi'n' ti'g'i'zli'g'i'n bir birlikke ten' dep ali'w mu'mkin. Kapillyar radiusi'ni'n' ma'nisi paydalani'li'p ati'rg'an a'sbapti'n' turaqli'si' si'pati'nda ko'rsetip qoyi'ladi' yamasa oni' o'lshevw arqali' ani'qlaydi'.

Bet kerimin ani'qlawdi'n' bul usi'li'n shiysheni toli'q i'g'allawshi' suyi'qli'qlardi'n' bet kerimi koeffisientin tabi'w ushi'n g'ana qollanadi'. Bul usi'l ju'da' a'piwayi' usi'l boli'p tabi'ladi' ha'm oni'n' ja'rdeminde ali'ng'an na'tiyjeler duri's boli'p shi'g'adi' ha'm ju'da' az mug'dardag'i' suyi'qli'qti'n' da bet keriw koeffisientin tabi'w mu'mkin.

O'lshevwler. Bul jumi'sta toluol menen suw izertleniledi. Bet keriminin' ma'nisin mu'mkin bolg'ani'nsha ani'q tabi'w ushi'n o'lshevwler keminde eki kapillyar tu'tikshenin' ja'rdeminde ori'nlanadi'. Izertlenilip ati'rg'an suyi'qli'qlardi'n' tamshi'lari'n kapillyarlardi'n' ishine kirgiziw ushi'n kapillyarlardi'n' o'zi i'di's ishindeg'i' suyi'qli'qqa bati'ri'ladi'. Bunnan keyin kapillyarlar rezinka tu'tikshe ja'rdeminde manometr'din' ushi'na izbe-izlik penen tutasti'ri'ladi'. Tiykarg'i' wazi'ypa kapillyardi'n' ushi'ni'n' bir tegis jaqti'landi'ri'li'wi'n ko'riwden ibarat. Bul A i'di'si'n vertikal bag'i'tta ko'teriw yamasa tu'siriw menen a'melge asi'ri'ladi'. Usi' momentte U ta'rizli monometr'degi suyi'qli'qtardi'n' biyikliklerinin' (qa'ddilerinin') ayi'rmasi'n katetometr yamasa gorizon bag'i'ti'nda qoyi'lg'an K mikroskopi' ja'rdeminde o'lshevw kerek. A i'di'si'n to'menge ji'lj'i'ti'w joli' menen suyi'qli'q bag'anasi' kapillyari'ni'n' ortasi'na ko'shiriledi. Bunnan keyin izertlenip ati'rg'an suyi'qli'q bag'anasi' qaytadan kapillyardi'n' ushi'na ali'p kelinesi ha'm monometr bag'analari'ndag'i' biyiklikler ayi'rmasi'n o'lshevwler kaytalanadi'. O'lshevwlerdi ha'r bir kapillyar ushi'n keminde u'sh ret ta'kirarlanadi' ha'm o'lshevwler na'tiyjelerinin' ortasha arifmetikali'q ma'nisi ali'nadi'.

Jumi'sti' ori'nlaw ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

1. Jumi'sti' ori'nlaw ta'rtibi.
2. Bet keriw ku'shi qalay payda boladi'? Keriw ku'shi menen basi'w ku'shinin' ayi'rmasi' nelerden ibarat?
3. Bet keriw koeffisienti degenimiz ne?
4. Laplas basi'mi' qalay payda boladi' ha'm oni'n' ma'nisi qanday fizikali'q faktorlarga baylani'sli'?
5. Ne ushi'n taza shiyshenin' betine tami'zi'lg'an suw jayi'li'p ketedi, al si'nap tamshi' hali'nda qaladi'?
6. Ishine si'nap quyi'lg'an i'di'sqa diametri 1 mm bolg'an shiyshe tu'tikshe tu'sirilgen. Si'nap shiysheni toli'q i'g'allamaydi' dep esaplansi'n. Tu'tikshe ishindeg'i' si'nap bag'anasi'ni'n' biyikligi menen i'di'stag'i' si'napti'n' qa'ddi arasi'ndag'i' ayi'rma tabi'lsi'n. Esaplaw ushi'n za'ru'rli bolg'an fizikali'q shamalar kitapti'n' aqi'ri'ndag'i' kestelerden ali'nadi'.

17-sanli' laboratoriyali'q jumi's

Hawani'n' i'g'alli'g'i'n o'lshevw

Teoriyali'q bo'lim. Atmosfera qurami'nda barli'q waqi'tta da qandayda bir mug'darda suw puwlari' boladi'. Hawadag'a puwdi'n' mug'dari' absolyut ma'nisi

boyi'nsha da, toyi'ni'w da'rejesi boyi'nsha da o'zgeriwi mu'mkin. Hawada suw puwlari'ni'n' boli'wi' (yamasa hawani'n' i'g'alli'g'i') bir qatar shamalar menen o'lshenedi. Olardi'n' qatari'na absolyut i'g'alli'q, maksimali'q i'g'alli'q, sali'sti'rmali' i'g'alli'q ha'm shi'q noqati' kiredi.

A'melde hawani'n' i'g'alli'g'i'n' ani'qlaw ushi'n psixrometrler ha'm gigrometrler dep atalatug'i'n' a'sbaplar paydalani'ladi' (1- ha'm 2-su'wretlerde ko'rsetilgen).

Absolyut i'g'alli'q dep 1 m³ hawadag'i' suw puwi'ni'n' massasi' menen an'lati'lg'an mug'dari'na ayti'ladi'. Demek absolyut i'g'alli'q suw puwlari'ni'n' ti'g'i'zli'g'i' boyi'nsha ani'qlanadi' eken. Puwdi'n' ti'g'i'zli'g'i' menen basi'mi' bir birine proporsional bolg'anli'qtan meteorologiyada a'dette absolyut i'g'alli'qti' suw puwlari'ni'n' ti'g'i'zli'g'i' menen emes, al oni'n' mm si'nap basi'mi'nda o'lsheydi.

Temperatura 0°S ha'm basi'm 760 mm si'nap bag'anasi'ni'n' basi'mi'nday bolg'anda 1 m³ qurg'aq hawani'n' salmag'i' 1293 grammg'a ten'. Temperatura t°S ha'm basi'm r mm si'nap bag'anasi'ni'n' basi'mi' menen o'lshengende 1 m³ hawani'n' salmag'i' ushi'n Klapayron ten'lemesine tiykarlani'p

$$\frac{1293}{1 + \alpha t} \cdot \frac{p}{760} \Gamma$$

an'latpasi'n jaza alami'z. Bul an'latpada $\alpha = 1/273$ arqali' hawani'n' ken'eyiw koeffisienti belgilengen. Birdey temperaturada ha'm birdey basi'mda suw puwi'ni'n' ti'g'i'zli'g'i'ni'n' hawani'n' ti'g'i'zli'g'i'na qatnasi' 0,622 shamasina ten'. Suw puwlari' ushi'n Klapayron ten'lemesini qollani'p (bul toyi'ni'wg'a ele jetpegen puwlar ushi'n duri's) 1 m³ suw puwi'ni'n' salmag'i' ushi'n

$$q = \frac{1293 \cdot 0,622}{760} \cdot \frac{p}{1 + \alpha t} = 1,06 \frac{p}{1 + \alpha t} \quad (1)$$

formulasi'n alami'z. Bul an'latpada q arqali' ko'lem 1 m³ bolg'an suw puwi'ni'n' salmag'i' belgilengen.

Suw puwlari'ni'n' serpimligi (parsiali'q basi'mi') belgili bolg'an jag'daylarda (1)-formulani' paydalani'p hawani'n' absolyut i'g'i'lli'g'i'n' tabi'w mu'mkin.

(1)-formuladan t shamasini'n' kishi ma'nislerinde absolyut i'g'alli'qti'n' sanli'q ma'nisi q di'n' suw puwlari'ni'n' serpimligi p dan ju'da' az shamag'a ayi'rmag'a iye bolatug'i'ni'li'g'i' ko'rinip tur. Sonli'qtan absolyut i'g'i'lli'q dep suw puwlari'ni'n' serpimligin ataw ha'm oni' mm si'nap bag'anasi'ni'n' basi'mi'nda beriw qabi'l etilgen.

Sali'sti'rmali' i'g'alli'q

$$r = \frac{p}{P} \cdot 100\% \quad (2)$$

formulasi'ni'n' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Bunda P arqali' temperatura t shamasina ten' bolg'andag'i' ken'islikti tolti'ri'p turg'an puwdi'n' serpimligi belgilengen. Demek sali'sti'rmali' i'g'alli'li'q hawani'n' suw puwi'na qansha da'rejede toyi'ng'anli'g'i'n' bildiredi eken.

Hawani'n' i'g'alli'g'i' shi'q noqati'n tabi'w usi'li' menen yamasa psixrometr usi'li' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Hawani'n' i'g'alli'g'i'n' ani'qlaw ushi'n eki usi'ldi'

qollang'anda da usi' kitapshag'a qosi'mshalar tu'rinde kirgizilgen mag'li'wmatlardan paydalani'w kerek.

1-tapsi'rma

Hawani'n' i'g'alli'g'i'n shi'q noqati' boyi'nsha ani'qlaw

Kerekli a'sbap ha'm materiallar: 1) termometrli gigrometr, 2) ku'kirt efiri, 3) rezinadan islengen armurt ta'rizli u'rlegish (grusha, qaraqalpaq tilinde almurt).

A'sbapti'n' ta'riyiplemesi ha'm o'lshewler. SHi'q noqati' dep hawadag'i' suw puwlari' toyi'ng'an suw puwlari'na aylanatug'i'n temperaturag'a aytami'z. Demek shi'q noqati'nda hawadag'i' suw puwlari' salqi'n betlerde kondensasiyalana baslaydi' degen so'z.

En' a'piwayi' kondensasiyalı'q gigrometrler qatari'na Lambrext gigrometri kiredi. Bul a'sbap (3-su'wret) ultang'a ornati'lg'an silindr formasi'ndag'i' A metall i'di'stan ibarat. I'di'sti'n' bir qaptali' polirovkalang'an boli'p, ol ji'lli'li'q o'tkizbeytug'i'n materialg'a bektilgen tap sonday V saqi'ynasi' menen qorshalg'an. I'di'sti'n' bir S san'lag'i', eki B ha'm E patrubogi' bar. I'di'sqa S san'laqtan ku'kirt efiri quyi'ladi'. Bunnan keyin san'laqqa termometr ornati'lg'an ti'g'i'n ti'g'i'ladi'. D patrubokka grushali' rezina shlang kiygizilip, bul shlangdan efir arqali' hawa basi'mi' tu'siriledi. Efir puwi'na aralasqan hawa E patrubok arqali' shi'g'adi'. (Efir puwi' o'jirege shi'g'i'p ketpesligi ushi'n E patrubokdan shi'qqan hawani' suwli' i'di's arqali' o'tkiziw kerek).



1-su'wret. Strelkali' gigrometrdin' su'wreti. Bul a'sbap hawani'n' sali'sti'rmali' i'g'alli'g'i'n prosentlerde o'lsheydi.



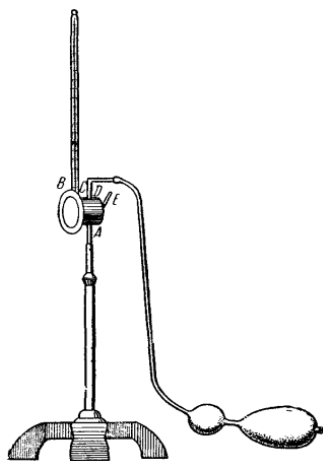
2-su'wret. O'jire ishindegı temperaturani' ha'm sali'sti'rmali' i'g'alli'qti' da'l o'lsheyitug'i'n psixometrlik VIT-1 termometr-gigrometri.

Efir arqali' hawa o'tkende ol puwlanadi', na'tiyjede temperaturasi' to'menleydi, i'di's salqi'nlaydi'. Na'tiyjede i'di'sti'n' tegislengen ta'repinde qorshag'an hawadag'i' suw puwlari'ni'n' kondensasiyasi'ni'n' saldari'nan shi'q (tamshi') payda bola baslaydi'. A'sbapti' tegislengen ta'repi menen saqi'ynani' puqtali'q penen jaqti'landi'ratug'i'nday etip ornati'w kerek. SHi'qti'n' payda boli'wi'n tegislengen

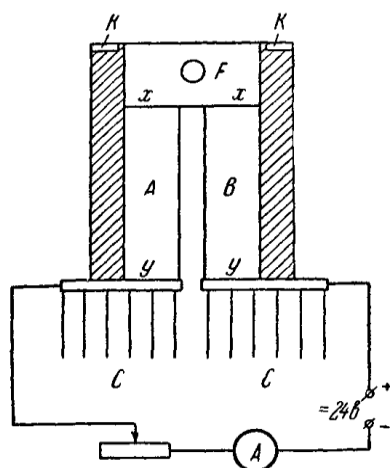
ta'reptin' (saqi'ynag'a sali'sti'rg'anda) gu'ngirtleniwine (qarawi'ti'wi'na) qarap biliwge boladi'.

A'sbapti'n' tegislengen ta'repi qarawi'ta baslag'an t_1 temperaturani' termometrge qarap imkaniyati' bari'nsha da'l ani'qlaw kerek. Hawa ag'i'mi'n kemeytiw arqali' shi'q jog'alatug'i'n t_2 temperatura belgilenedi. t_1 ha'm t_2 temperaturalari' keminde u'sh ret o'lishenedi. Tabi'lg'an shamalardi'n' ortasha ma'nisin t_{sh} shi'q noqati' dep qabi'l etiledi. Jumi'sti' oroi'nlap ati'rg'an studenttin' dem ali'wi'ni'n' a'tirapi'ndag'i' i'g'alli'qqa ta'sir etetug'i'nli'g'i'ni'n' aldi'n ali'w kerek.

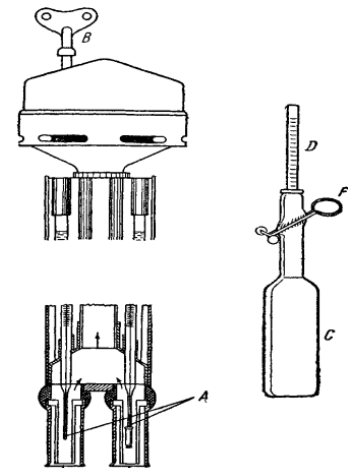
Ha'r qi'yli' temperaturalardag'i' suwdi'n' toyi'ng'an puwi'ni'n' basi'mi' menen ti'g'i'zli'g'i' arasi'ndag'i' baylani'slar keltirilgen kestden paydalani'ladi' (usi' kitapti'n' aqi'ri'nda arnawli' keste berilgen). Usi' kestden paydalani'p ha'm t_{sh} shamasi'ni'n' ma'nisi boyi'nsha i'g'alli'qti'n' absolyut shamasi', o'jire temperaturasi'ni'n' ma'nisi t g'a baylani'sli' toi'ng'an suw puwlari'ni'n' basi'mi' ani'qlanadi'. Bul shamalardi' bilgen halda sali'sti'rmali' i'g'alli'q (2)-formulani'n' ja'rdeminde esaplanadi'.



3-su'wret. Lambrext gigrometri.



4-su'wret. Elektr gigrometrinin' sxemasi'.



5-su'wret. Standart aspirasiyalı'q psixrometrin' sxemasi'.

2- tapsi'rma

I'g'alli'qti' elektr gigrometri ja'rdeminde shi'q noqati' boyi'nsha ani'qlaw

Elektr gigrometrinin' islew prinsipi Lambrext gigrometrinin' islew prinsipi menen birdey. Elektr gigrometrinin' o'zgesheligi sonnan ibarat, bul jag'dayda temperaturani'n' to'menlewi efirdin' puwlani'wi'ni'n' na'tiyjesinde emes, al yari'm o'tkizgishlerdegi Pelte effektine baylani'sli' to'menleydi.

Elektr gigrometrinin' sxemasi' 4-su'wrette keltirilgen. Oni'n' shi'nji'ri'na eki A ha'm V yari'm o'tkizgish element jalg'ang'an. Shi'nji'rdan toq o'tip turg'anda elementlerdin' bir x ushlari'nda ji'lli'li'q juti'ladi', sol waqi'tta ekinshi y ushlari'nda ji'lli'li'q bo'linip shi'g'adi'. Bul ushlardi'n' temperaturalari'n to'menletiw ushi'n S radiatorlar biriktirilgen. Salqi'nlati'latug'i'n ta'repke F mi's silindri biriktirilip, og'an termometr ornati'w ushi'n arnalg'an tesik tesilgen.

x ushlari' shi'nji'rdag'i' tokti'n' belgili bir bag'i'ti'nda suwi'ydi'. Soni'n' ushi'n a'sbapti'n' kiriw klemmalari'na, shtekkerlerge ha'm rezetkag'a «+» ha'm «-» belgileri qoyil'g'an boladi'. A'sbap tarmaqqa qa'te (polyuslari' almasti'ri'li'p) jalg'ang'anda A ha'm V yari'm o'tkizgishlerdin' x ushlari'nda ji'lli'li'q juti'lmaydi', al kerisinshe bo'lip shi'g'ari'ladi'. Na'tiyjede a'sbapti'n' buzi'li'p qali'wi' mu'mkin. A'sbap shi'nji'ri'na ampermetr jalg'ang'an. Bul shi'nji'ri'ndag'i' toqti'n' shaması' 15 amperden aspawı' kerek.

Termoelement penen birge silindr ji'lli'li'q o'tkizbeytug'i'n qap ishine sali'ng'an. Mi's silindrdin' tiykarg'i' ta'repi tegislengen, ashi'q ha'm og'an a'tiraptag'i' hawa tikkeley tiyip turadi'. Qaptal beti a'tirapi'na tegis K saqi'yna kiydirilgen. Bul saqi'yna salqi'lati'latug'i'n silindrdin' ji'lli'li'q o'tkermeytug'i'n material menen izolyasiyalang'an.

A'sbapti' paydalani'wdan aldi'n tegis betlerge qaptal ta'repinen tu'siw mu'yeshi 90° qa jaqi'n bolg'an jaqti'li'q tu'siriliwi kerek. Bunnan keyin jalg'anatug'i'n shtekkerlerdin' belgileri tekserip ko'riledi. A'sbap kernewi 24 voltli turaqli' toq deregine jalg'anadi'.

Mi's blokti'n' temperaturasi' to'menlegende oni'n' polirovkalang'an betinde a'tiraptag'i' hawada bolg'an suw puwi'lari'ni'n' kondensasiyalani'wi'ni'n' aqi'betinde shi'q payda boladi'. SHi'q payda bolatug'i'n temperatura termometr ja'rdeminde keminde 0,5° da'llikde o'lsheniwi kerek. Bul temperaturada suwdi'n' toyi'ng'an puwi'ni'n' basi'mi' hawadag'i' puwdi'n' parsial basi'mi'na ten' boladi'.

SHi'q payda bolatug'i'n temperaturag'a jetip barg'anda a'sbapti' shi'nji'rdan aji'rati'w kerek. Ta'biyyi ji'lli'li'q almasi'wi' na'tiyjesinde mi's silindr qi'zadi'. Na'tiyjede shi'q jog'aladi'. Silindr betindegi shi'qti'n' jog'ali'w momenti de termometrge qarap esapqa ali'nadi'. SHi'q payda boli'w ha'm jog'ali'w temperaturalari'n keminde u'sh ret o'lshew kerek. Tabi'lg'an na'tiyjelerdin' ortasha t_{sh} ma'nisi ali'nadi'.

Toyi'ng'an puw basi'mi'ni'n' t_{sh} ha'm t temperaturalarg'a sa'ykes keliwshi r ha'm R ma'nisleri kestelerden tabi'ladi'. r shama absolyut i'g'alli'qti'n' mm si'nap bag'anasi'ndag'i' izlenip ati'rg'an shamadan ibarat.

$r = (r/R) \cdot 100\%$ qatnasi' [(2)-formulag'a qaran'i'z] sali'sti'rmali' i'g'alli'qti' ani'qlaydi'.

3-tapsi'rma

Hawani'n' i'g'alli'g'i'n psixrometr ja'rdeminde ani'qlaw

Kerekli a'sbap: aspiratorli' standart psixrometr.

Teoriyali'q bo'lim. Psixrometr usi'li' hawa i'g'alli'g'i'n o'lshewde ju'da' ko'p qollani'ladi'. Oni'n' tiykarg'i' mazmuni' to'mendegidey: eki birdey termometr birdey hawa ag'i'mi'nda turg'an bolsi'n. Sonli'qtan bul termometrlerdin' ko'rsetiwi de birdey boli'wi' kerek. Eger termometrlerden birewinin' baloni'na i'g'al batist orap qoyil'g'an bolsa, onda termometrlar birdey temperaturani' ko'rsetpeydi. Batisttegi suwdi'n' puwlani'wi' sebepli, «i'g'al» termometr qurg'aq termometrge qarag'anda to'menirek temperaturani' ko'rsetedi. A'tiraptag'i' hawani'n' i'g'alli'g'i' qansha az bolsa puwlani'w sonsha tezirek boladi' ha'm i'g'al termometr sonshama to'men temperaturani' ko'rsetedi. Eki termometr ko'rsetken temperaturalar ayi'rmasi'

hawani'n' i'g'alli'g'i'n xarakterleydi. Puwlani'w rejimi turaqli' bolg'anda i'g'al termometr turaqli' temperaturani' ko'rsetedi. Usi' waqi'tta si'rttan termometrge berilip ati'rg'an Q_1 ji'lli'li'q mug'dari'ni'n' shamasi' termometr ballonshasi'ni'n' betinen suwdi'n' puwlani'wi' ushi'n jumsalatug'i'n Q_2 ji'lli'li'q ji'lli'li'q mug'dari'na ten' boladi'.

Nyuton ni'zami' boyi'nsha waqi't birligi ushi'n

$$Q_1 = a(t - t_1)S_1. \quad (3)$$

formulasi'n jaza alami'z. Bul jerde $t - t_1$ arqali' temperaturalarini'n' en' u'lken ayi'rmasi', S_1 arqali' termometr ballonshasi'ni'n' beti, a arqali' proporsionalli'q koeffisient belgilengen.

Dalton ni'zami' boyi'nsha waqi't birligi ishindegil puwlani'w

$$M = \frac{CS_2(p_{bi} - p)}{H}$$

an'latpasi' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Bul an'latpada M puwlang'an suwdi'n' massasi', S_2 arqali' puwlandi'ri'wshi' bettin' maydani', H arqali' hawani'n' basi'mi', p_i arqali' puwlani'wshi' suyi'qli'qti'n' temperaturasi'ndag'i' (yag'ni'y t_1 temperaturasi'ndag'i') toyi'ni'wshi' suw puwi'ni'n' serpimligi belgilengen. p arqali' hawadag'i' suw puwi'ni'n' serpimligi, al S arqali' hawa ag'i'mi'ni'n' tezligne baylani'sli' bolg'an proporsionalli'q koeffisient belgilengen.

Q_2 ji'lli'li'q mug'dari'n to'mendegi tu'rde jazi'w mu'mkin:

$$Q_2 = Mr = \frac{C_r S_2 (p_{bi} - p)}{H}. \quad (4)$$

Bul an'latpada r arqali' suwdi'n' puwlani'wi'ni'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'g'i' (puwlani'wdi'n' jasi'ri'n ji'lli'li'g'i') belgilengen.

$Q_1 = Q_2$ ha'm $S_1 = S_2$ sha'rtleri ori'nlang'anda

$$\frac{Cr(p_{bi} - p)}{H} = a(t - t_1)$$

ten'ligi ori'n aladi'. Bunnan

$$p = p_i - A(t - t_1)H. \quad (5)$$

Bul an'latpada $A = \alpha/Sr$ — qollani'li'p ati'rg'an a'sbap turaqli'si'. Bul turaqli'ni'n' ma'nisi tiykari'nan ag'i'mni'n' tezligne baylani'sli' boli'p, oni'n' san shamasini' ta'jiriybeni o'tkeriw bari'si'nda tabi'ladi'.

A'sbapti'n' ta'riyiplemesi ha'm o'lshevwler. Bul jumi'sta qollani'latug'i'n aspiratorli' standart psixrometrin' du'zilisi 5-su'wrette ko'rsetilgen. Birdey bolg'an eki A arnawli' termometrlar ko'rinip turi'pti'. On' ta'reptegi termometrdin' ballonshasi'na batist oralg'an. Aspiratordi'n' V gildi menen tawlap aylandi'ri'latug'i'n prujinali' ventilyatori' bar.

Hawa ag'i'mlari'ni'n' (tezligi 2,5 m/sek) joli' strelkalar menen ko'rsetilgen balonlardan o'tkennen keyin eki ag'i'm qosi'li'p ketedi. A'sbapti'n' qi'zi'p ketiwinin' aldi'n ali'w ushi'n oni'n' metall bo'limleri nikellenedi.

Batistti D pipetkag'a iye S rezinka u'rlewshi (grusha) ja'rdeminde i'g'allanadi'. Balonsha distillyasiyalang'na suwg'a tolti'ri'ladi'. U'rlewshini azg'ana qi'sqanda pipetkadag'i' suw ko'teriledi (biraq pipetkani'n' ushi'nan 1 sm den artpawi' kerek). Suwdi'n' qa'dinin' bul shamasi' F qi'sqi'shti'n' ja'rdeminde saqlani'p turi'ladi'. Bunnan keyin u'lken puxtali'q penen pipetkani' batistke yamasa siylege aparadi' ha'm oni' i'g'allaydi'. Bunnan keyin qi'sqi'shti' ashi'p ondag'i' suwdi' u'rlewshige qaytari'p tu'siredi. I'g'allaw waqti'nda suwdi'n' ekinshi termometrge ha'm trubani'n' ishki betine tu'spewine di'qqat awdari'w sha'rt. Keyin gilt V ni'n' ja'rdeminde ventilyatordi' aylani'sqa keltirip, termometrlerdin' ko'rsetiwlerin baqlaymi'z. Bir kansha waqi'ttan keyin olar turaqli' temperaturalaradi' ko'rsetedi ha'm temperaturalaradi'n' usi' ma'nislerin da'pterge jazi'p alami'z. O'lshe'w bari'si'nda ventilyatordi'n' u'zliksiz islep turi'wi' kerek. Termometrlerdin' ko'rsetiwlerin $\pm 0,1^0$ shamasina shekemgi da'llikte jazi'p ali'w talap etiledi.

Absolyut i'g'alli'q aspiratorli standart psixrometr ja'rdeminde to'mendegi formulani'n' ja'rdeminde ani'qlanadi':

$$p = p_i - 0,000662(t - t_1)H. \quad (6)$$

p_i shamasi' usi' kitapti'n' aqi'ri'nda keltirilgen arnawli' kestden ali'nadi'. Barometrlilik basi'm barometrge qarap ani'qlanadi'. Berilgen temperaturadag'i' toyi'ng'an suw puwi'ni'n' basi'mi' kestden ali'nadi'. H o'jire ishindeg'i' hawani'n' basi'mi' barometr'din' ja'rdeminde ani'qlanadi'. Biz karap ati'rg'an jag'dayda iymek si'zi'qlar tu'rinde si'zi'lg'an arnawli' nomogrammalardan paydalang'an qolayli'. Bul nomogrammalardi' paydalang'anda t ha'm t_1 temperaturalarini' bile oti'ri'p sali'sti'rmali' i'g'alli'q mug'dari'n esaplaw joli' menen tez ani'qlaydi'.

Jumi'sti' ori'nlaw ushi'n paydalani'latug'i'n nomogrammada boyi'nsha sali'sti'rmali' i'g'alli'q vertikal tuwri' si'zi'qlar («qurg'aq» termometr temperaturasi') menen qi'ya tuwri' si'zi'qlari'ni'n' («i'g'al» termometr temperaturasi') kesisiw noqati' si'pati'nda ani'qlanadi'.

O'lshe'w na'tiyjelerin shi'q noqati' usi'li' menen tabi'lg'an na'tiyjelerge sali'sti'ri'p ko'riw kerek.

Jumi'sti' ori'nlaw ta'rtibi

1. V giltti 5-6 ret tawlap, ventilyator isletiledi ha'm termometr'din' ko'rsetiwi baqlanadi'.

2. Termometrlerdin' ko'rsetiwlerin 4-5 minuttan keyin jazi'p aladi'. Bul waqi't ishinde a'sbapti'n' ventilyatori' bir tegis islep turi'wi' kerek.

3. Atmosfera basi'mi' H barometr'din' ko'rsetiwi boyi'nsha jazi'p ali'nadi'.

4. «I'g'al» termometr ko'rsetip turg'an t_i temperaturada toyi'ng'an puw basi'mi' p_i kestden ali'nadi'.

5. Hawani'n' absolyut i'g'alli'g'i' (8)-formula ja'rdeminde ani'qlanadi'.

6. Eger psixrometr turaqli'si' ($a/s\lambda$) belgisiz bolsa, (9)-formula ja'rdeminde psixrometr turaqli'si' esaplanadi'.

7. Hawani'n' sali'sti'rmali' i'g'alli'g'i' $B = (p/p_m) \cdot 100 \%$ ten'ligi ja'rdeminde esaplanadi'.

№	H, mm si'nap bag'anasi' basi'mi'nda	t, °C	t ₁ , °C	Absolyut ha'm sali'sti'rmali' i'g'alli'g'		
				p _i , mm si'nap bag'anasi'	%	
					Esaplaw	Psixrometrlik kesteden

Jumi'sti' islew ha'm tapsi'ri'w ushi'n sorawlar

1. Atmosferali'q basi'm degenimiz ne? Hawani'n' absolyut ha'm sali'sti'rmali' i'g'alli'g'i' degenimiz ne?

2. Toyi'ng'an puwdi'n' basi'mi' degenimiz ne ha'm oni'n' shaması' qanday fizikali'q shamalg'a baylani'sli'?

3. Absolyut i'g'alli'qti' o'zgertpey hawani'n' temperaturasi' to'menlegende psixrometr termometrleri qalay o'zgeredi?

4. Normal jag'daydag'i' 1 m³ suw puwi'ni'n' massasi'n grammlarda esaplap ko'rsetin'iz.

5. Lambrext gigrometri degenimiz ne ha'm oni'n' quri'li'si' qanday?

Kesteler

Birliklerdin' xali'q arali'q sistemasi'

SHama	O'lishem birligi	Birliklerdin' qi'sqasha belgileniwi		Tuwi'ndi' birliklerdin' o'lishemleri
		qaraqal-paqsha	Lati'n yamasa grekshe	
Tiykarg'i'i birlikler				
Uzi'nli'q	Metr	m	m	-
Massa	Kilogramm	kg	kg	-
Waqi't	Sekund	sek	s	-
Elektr tog'i'ni'n' ku'shi	Amper	a	A	-
Termodinamikali'q temperatura	Kelvin gradusi'	⁰ K	⁰ K	-
Jaqtı'li'q ku'shi	SHam	sham	sd	-
Qosi'msha birlikler				
Tegis mu'yesh	Radian	rad	rad	-
Denelik mu'yesh	Steradian	ster	sr	-
Tuwi'ndi' birlikler				
Maydan	Kvadrat metr	m ²	m ²	(1 m) ²
Ko'lem	Kub metr	m ³	m ³	(1 m) ³
Jiyilik	Gers	gs	Hz	1:1 sek
Ti'g'i'zli'q (ko'lemlik massa)	Kub metrdegi kilogramm	kg/m ³	kg/m ³	(1 kg):(1 m) ³
Tezlik	Sekundi'na metr	m/sek	m/s	(1 m):(1 sek)
Mu'yeshlik tezlik	Sekundi'na radian	rad/sek	rad/s	(1 rad):(1 sek)

Tezleniw	Kvadrat sekundtag'i' metr	m/sek ²	m/s ²	(1 m):(1 sek) ²
Mu'yeshlik tezleniw	Kvadrat sekundtag'i' radian	rad/sek ²	rad/s ²	(1 rad):(1 sek) ²
Ku'sh	Nyuton	n	N	(1 kg)·(1 m):(1 sek) ²
Basi'm (mexanikali'q kernew)	Kvadrat metrdegi Nyuton	n/m ²	N/m ²	(1 n):(1 m) ²
Dinamikali'q jabi'sqaqli'q	Kvadrat metrdegi Nyuton-sekund	n·sek/m ²	N·s/m ²	(1 n)·(1 sek):(1 m) ²
Kinematikali'q jabi'sqaqli'q	Sekundi'na kvadrat metr	m ² /sek	m ² /s	(1 m) ² :(1 sek)
Jumi's, energiya, ji'lli'li'q mug'dari'	Djoule	dj	J	(1 N)·(1 m)
Quwatli'q	Vatt	vt	W	(1 dj):(1 sek)

Tiykarg'i' fizikali'q konstantalar ha'm birlikler

Fizikali'q turaqli'ni'n' atamasi'	Belgileniwi ha'm SGS sistemasi'ndag'i' san ma'nisi	SI sistemasi'ndag'i' san ma'nisi
Vakkumdegi jaqti'li'qti'n' tezligi.	$s = 2,998 \cdot 10^{10} \text{ sm/s}$	$299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Gravitasiyali'q turaqli'	$G = 6,6720 \cdot 10^{-8} \text{ sm}^3/(\text{g} \cdot \text{s}^2)$	$6,674\,28(67) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Avagadro sani'.	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$6,022\,141\,79(30) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Loshmidt sani'.	$n_0 = 2,69 \cdot 10^{19} \text{ sm}^{-3}$	
Universalli'q gaz turaqli'si'.	$R = 8,314 \text{ dj}/(\text{grad} \cdot \text{mol})$	$8,314\,472(15) \text{ Dj} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
Gazdin' standart ko'lemi.	$V_0 = 22,42 \text{ l/mol}$	
Bolsman turaqli'si'.	$k = 1,38 \cdot 10^{-16} \text{ erg/grad}$	$1,380\,6504(24) \cdot 10^{-23} \text{ Dj} \cdot \text{K}^{-1}$
Qozg'ali's mug'dari' momentinin' kvanti' h.	$\hbar = 1,054 \cdot 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{s}$	$1,054\,571\,628(53) \cdot 10^{-34} \text{ Dj} \cdot \text{s}$
Plank turaqli'si' $h = 2\pi\hbar$	$6,626\,075\,5(40) \cdot 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{s}$	$6,626\,075\,5(40) \cdot 10^{-34} \text{ Dj} \cdot \text{s}$
Elementar zaryad.	$e = 4,80 \cdot 10^{-10} \text{ SGSE}(q)$	$1,602\,176\,487(40) \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$
Elektronni'n' sali'sti'rmali' zaryadi'.	$\frac{e}{m} = 5,273 \cdot 10^{17} \text{ SGSE}(q)/\text{g}$	
Faradey sani'.	$F = 96520 \text{ k}/(\text{g} \cdot \text{ekv})$	$96\,485,3399(24) \text{ Kl} \cdot \text{mol}^{-1}$
Stefan-Bolsman turaqli'si'.	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-12} \text{ vt}/(\text{sm}^2 \cdot \text{grad}^4)$	$5,670\,400(40) \cdot 10^{-8} \text{ Vt} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
Vinnin' awi'si'w ni'zami'ni'n' turaqli'si'.	$b_\omega = \frac{\omega_m}{T} = 3,69 \cdot 10^{11} \text{ rad}/(\text{s} \cdot \text{grad})$ $b_\lambda = \lambda_m T = 0,29 \text{ sm} \cdot \text{grad}$	
Ridberg turaqli'si'.	$R_\infty = \frac{m_e e^4}{4\pi\hbar^3 s} = 109737,31 \text{ sm}^{-1}$	$109\,677,585\,685\,27(73) \text{ sm}^{-1}$
Birinshi Bor radiusi'.	$r_1 = \frac{\hbar^2}{m_e e^2} = 0,529 \cdot 10^{-8} \text{ sm}$	$0,529\,177\,208\,59(36) \cdot 10^{-10} \text{ m}$
Vodorod atomi'ndag'i' elektronni'n' baylani's energiyasi'.	$E = \frac{m_e e^4}{2\hbar^2} = 13,59 \text{ ev}$	
Kompton tolqi'n uzi'nli'g'i': Elektron ushi'n		

Proton ushi'n	$\Lambda_e = \frac{2\pi\hbar}{m_e s} = 2,426 \cdot 10^{-10} \text{ sm}$ $\Lambda_p = \frac{2\pi\hbar}{m_p s} = 1,321 \cdot 10^{-13} \text{ sm}$	
Elektronni'n' klassikali'q radiusi'.	$r_e = \frac{e^2}{m_e s^2} = 2,82 \cdot 10^{-13} \text{ sm}$	
Tomson shashi'rawi'ni'n' kese-kesimi.	$\sigma_T = \frac{8\pi}{3} r_e^2 = 6,65 \cdot 10^{-25} \text{ sm}^2$	
Juqa quri'li's turaqli'si'.	$\alpha = \frac{e^2}{\hbar s} = \frac{1}{137}$	$7,297\ 352\ 5376(50) \times 10^{-3}$
Bor magnetoni'.	$\mu_B = \frac{eh}{2m_e s} = 0,927 \cdot 10^{-20} \text{ erg/e}$	$927,400\ 915(23) \times 10^{-26} \text{ Dj} \cdot \text{Tl}^{-1}$
YAdroli'q magneton	$\mu_y = \frac{eh}{2m_p s} = 5,05 \cdot 10^{-24} \text{ erg/e}$	$5,050\ 783\ 24(13) \times 10^{-27} \text{ Dj} \cdot \text{Tl}^{-1}$
Massani'n' jan'a birligi.	$1e = 1,660 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 931,44 \text{ Mev}$	$1,660\ 538\ 782(83) \times 10^{-27} \text{ kg}$

Geypara birlikler arasi'ndag'i' qatnaslar

$1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ sm}$	$1 \text{ dj} = 10^7 \text{ erg}$	$1 \text{ k} = 3 \cdot 10^9 \text{ SGSE}$
$1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ sm}^2$	$1 \text{ ev} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ erg}$	$1 \text{ a} = 3 \cdot 10^9 \text{ SGSE}$
$1 \text{ fermi} = 10^{-13} \text{ sm}$	$1 \text{ kal} = 4,18 \text{ dj}$	$1 \text{ v} = 1/300 \text{ SGSE}$
$1 \text{ ji'l} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$	$1 \text{ atm} = 1,014 \cdot 10^6 \text{ din/sm}^2$	$1 \text{ om} = \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \text{ SGSE}$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-16} \text{ erg/grad} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Dj/grad} = 0,862 \cdot 10^{-4} \text{ ev/grad}.$$

$$1 \text{ eV} = 1,602\ 177\ 33(49) \cdot 10^{-12} \text{ erg} = 1,602\ 177\ 33(49) \cdot 10^{-19} \text{ Dj}.$$

$$1 \text{ Dj} = 6,25 \cdot 10^{18} \text{ eV}.$$

$$h = 4,1437 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}.$$

$$\hbar = 0,65875 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}.$$

$$1 \text{ g} = 5,6 \cdot 10^{32} \text{ eV} = 5,5 \cdot 10^{23} \text{ GeV}.$$

Barometrdin' ko'rsetken shamalari'n 0°S g'a keltiriv

0°S temperaturada duri's bolg'an H biyikligindagi barometrdin' ko'rsetiwi boyi'nsha temperatura t^0 shamasin'an $(0,000182 - \beta) \cdot Ht$ ni' ali'p taslag'andag'i' shamalar. Masshtabi'n' ken'eyiw (latun ushi'n) koeffisineti β shamasini'n' ma'nisi 0,000019 g'a ten' dep ali'ng'an. Bul shama shiyshe masshtab ushi'n 0,008 t g'a shekem u'lkeytiliwi kerek (son'g'i' bag'anag'a qaran'i'z).

Millimetrlerdegi o'lshengen biyiklik H												0,008 × t
t°S	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780	
1	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,01
2	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,02
3	0,33	0,34	0,34	0,35	0,34	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38	0,02
4	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51	0,03
5	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,04
6	0,67	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,05
7	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,06
8	0,89	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,98	0,99	1,00	1,02	0,06

9	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,10	1,11	1,13	1,14	0,07
10	1,11	1,12	1,14	1,16	1,17	1,19	1,21	1,22	1,24	1,26	1,27	0,08
11	1,22	1,24	1,26	1,27	1,29	1,31	1,33	1,34	1,36	1,38	1,40	0,09
12	1,33	1,35	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53	0,10
13	1,44	1,46	1,48	1,50	1,53	1,55	1,57	1,59	1,61	1,63	1,65	0,11
14	1,55	1,57	1,60	1,62	1,64	1,67	1,69	1,71	1,73	1,76	1,78	0,11
15	1,66	1,69	1,71	1,74	1,76	1,78	1,81	1,83	1,86	1,88	1,91	0,12
16	1,77	1,80	1,83	1,85	1,88	1,90	1,93	1,96	1,98	2,01	2,03	0,13
17	1,88	1,91	1,94	1,97	2,00	2,02	2,05	2,08	2,11	2,13	2,16	0,14
18	2,00	2,02	2,05	2,08	2,11	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29	0,14
19	2,11	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29	2,32	2,35	2,38	2,42	0,15
20	2,22	2,25	2,28	2,31	2,35	2,38	2,41	2,45	2,48	2,51	2,54	0,15
21	2,33	2,36	2,40	2,43	2,46	2,50	2,53	2,57	2,60	2,64	2,67	0,17
22	2,44	2,47	2,51	2,55	2,58	2,62	2,65	2,69	2,73	2,76	2,80	0,18
23	2,55	2,69	2,62	2,66	2,70	2,74	2,77	2,81	2,85	2,89	2,92	0,18
24	2,66	2,70	2,74	2,78	2,82	2,86	2,89	2,93	2,97	3,01	3,05	0,19
25	2,77	2,81	2,85	2,89	2,93	2,97	3,02	3,06	3,10	3,14	3,18	0,20
26	2,88	2,92	2,97	3,01	3,05	3,09	3,14	3,18	3,22	3,26	3,31	0,21
27	2,99	3,04	3,08	3,12	3,17	3,21	3,26	3,30	3,34	3,39	3,43	0,22
28	3,10	3,15	3,19	3,24	3,29	3,33	3,38	3,42	3,47	3,51	3,56	0,22
29	3,21	3,26	3,31	3,36	3,40	3,45	3,50	3,55	3,59	3,64	3,69	0,23
30	3,33	3,37	3,42	3,47	3,52	3,57	3,62	3,67	3,72	3,77	3,81	0,24
31	3,44	3,49	3,54	3,59	3,64	3,69	3,74	3,79	3,84	3,89	3,94	0,25
32	3,55	3,60	3,65	3,70	3,76	3,81	3,86	3,91	3,96	4,02	4,07	0,26
33	3,66	3,71	3,77	3,82	3,87	3,93	3,98	4,03	4,09	4,14	4,20	0,26
34	3,77	3,82	3,88	3,93	3,99	4,05	4,10	4,16	4,21	4,27	4,32	0,27
35	3,88	3,94	3,99	4,05	4,11	4,16	4,22	4,28	4,34	4,39	4,44	0,28

Barometrdin' ko'rsetiwine kapillyarli'qqa baylani'sli' qosi'latug'i'n du'zetiw

(Du'zetiwler millimetrlerde berilgen, bul du'zetiwdi o'lshengen biyiklikke qosi'w
kerek)

Millimetrlerdegi trubkani'n' diametri	Millimetrlerdegi menisktin' biyikligi							
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,9
4	0,83	1,22	1,54	1,98	2,37	-	-	-
5	0,47	0,65	0,86	1,19	1,45	1,80	-	-
6	0,27	0,41	0,56	0,78	0,98	1,21	1,43	-
7	0,18	0,28	0,40	0,53	0,67	0,82	0,97	1,13
8	-	0,20	0,29	0,38	0,46	0,56	0,65	0,77
9	-	0,15	0,21	0,28	0,33	0,40	0,46	0,52
10	-	-	0,15	0,20	0,25	0,29	0,33	0,37
11	-	-	0,10	0,14	0,18	0,21	0,24	0,27
12	-	-	0,07	0,10	0,13	0,15	0,18	0,19
13	-	-	0,04	0,07	0,10	0,12	0,13	0,14

Ha'r qi'yli' temperaturalardag'i' qurg'aq hawani'n' ti'g'i'zli'g'i'

Temperatura t^0 ha'm basi'm si'nap bag'anasi'ni'n' H millimetrindegi qurg'aq hawani'n' ti'g'i'zli'g'i' δ to'mendegi formulani'n' ja'rdeminde esaplanadi':

$$\delta = \frac{0,0012932}{1 + 0,00367 \cdot t} \cdot \frac{H}{760}$$

t^0, S	Millimetrlerdegi H								
	700	710	720	730	740	750	760	770	780
0	1191	1208	1225	1242	1259	1276	1293	1310	1327
1	1187	1204	1221	1238	1255	1272	1288	1305	1322
2	1182	1199	1216	1233	1250	1267	1284	1300	1318
3	1178	1195	1212	1229	1245	1262	1279	1296	1313
4	1174	1191	1207	1224	1241	1258	1274	1291	1308
5	1170	1186	1203	1220	1236	1253	1270	1287	1303
6	1165	1182	1199	1215	1232	1249	1265	1282	1299
7	1161	1178	1194	1211	1228	1244	1261	1277	1294
8	1157	1174	1190	1207	1223	1240	1256	1273	1289
9	1153	1169	1186	1202	1219	1235	1252	1268	1285
10	1149	1165	1182	1198	1215	1231	1247	1264	1280
11	1245	1161	1178	1194	1210	1227	1243	1259	1276
12	1141	1157	1173	1190	1206	1222	1239	1255	1271
13	1137	1153	1169	1186	1202	1218	1234	1251	1267
14	1133	1149	1165	1181	1198	1214	1230	1246	1262
15	1129	1145	1161	1177	1193	1210	1226	1242	1258
16	1125	1141	1157	1173	1189	1205	1221	1238	1254
17	1121	1137	1153	1169	1185	1201	1217	1233	1249
18	1117	1133	1149	1165	1181	1197	1203	1229	1245
19	1113	1129	1145	1161	1177	1193	1209	1225	1241
20	1110	1126	1141	1157	1173	1189	1205	1221	1236
21	1106	1122	1137	1153	1169	1185	1201	1216	1232
22	1102	1118	1134	1149	1165	1181	1197	1212	1228
23	1098	1114	1130	1145	1161	1177	1193	1208	1224
24	1095	1110	1126	1142	1157	1173	1189	1204	1220
25	1091	1107	1122	1138	1153	1169	1185	1200	1216
26	1087	1103	1118	1134	1149	1165	1181	1196	1212
27	1084	1099	1115	1130	1146	1161	1177	1192	1208
28	1080	1096	1107	1123	1138	1153	1169	1184	1200
29	1077	1092	1107	1123	1138	1153	1169	1184	1200
30	1073	1088	1104	1119	1134	1150	1165	1180	1196

Ha'r qi'yli' temperaturalardag'i' suwdi'n' toyi'ng'an puwi'ni'n' basi'mi' menen ti'g'i'zli'g'i'

$t, ^\circ C$	p, mm si'nap bag'anasi'nda	1 m ³ puwdi'n' grammlarda berilgen massasi'	$t, ^\circ C$	p, mm si'nap bag'anasi'nda	1 m ³ puwdi'n' grammlarda berilgen massasi'
-10	1,95	2,14	22	19,83	19,4
-8	2,32	2,54	24	22,38	21,8
-6	2,76	2,99	26	25,21	24,4
-4	3,28	3,51	28	28,35	27,2

-2	3,88	4,13	30	31,82	30,3
0	4,58	4,84	32	35,66	33,9
2	5,29	5,60	34	39,90	37,6
4	6,10	6,40	36	44,56	41,8
6	7,01	7,3	38	49,69	46,3
8	8,05	8,3	40	55,32	51,2
10	9,21	9,4	50	92,5	83,0
12	10,52	10,7	60	149,4	130
14	11,99	12,1	70	233,7	198
16	13,63	13,6	80	355,1	293
18	15,48	15,4	90	525,8	500
20	17,54	17,3	100	760,0	598

Suwdi'n' ha'r qi'yli' temperaturalardag'i' ti'g'i'zli'g'i'

t, °C	Ti'g'i'zli'q, g/sm ³	t, °C	Ti'g'i'zli'q, g/sm ³	t, °C	Ti'g'i'zli'q, g/sm ³
0	0,99987	12	0,99952	24	0,99732
1	0,99993	13	0,99940	25	0,99707
2	0,99997	14	0,99927	26	0,99681
3	0,99999	15	0,99913	27	0,99654
4	1,00000	16	0,99897	28	0,99626
5	0,99999	17	0,99880	29	0,99597
6	0,99997	18	0,99862	30	0,99567
7	0,99993	19	0,99843	31	0,99537
8	0,99988	20	0,99823	32	0,99505
9	0,99981	21	0,99802	33	0,99472
10	0,99973	22	0,99780	34	0,99440
11	0,99963	23	0,99757	35	0,99406

Bazi' bir suyi'qli'qlardi'n' ti'g'i'zli'g'i'

Atamasi'	Ximiyali'q formulasi'	t, °C	Ti'g'i'zli'q, g/sm ³
Amil spirti	S ₅ H ₁₂ O	0	0,815
Anilin	S ₆ H ₇ N	0	1,015
Aseton	S ₃ H ₆ O	20	0,792
Benzol	S ₆ H ₆	20	0,879
Suw	H ₂ O	4	1,000
Gliserin	S ₃ H ₅ (OH) ₃	0	1,260
Kerosin		0	0,8
Neft		0	0,80
Benzin		0	0,70
Ksilol	S ₆ H ₄ (SN ₃) ₂	18	0,85
Metil spirti	SH ₄ O	0	0,792
Nitrobenzol	S ₆ H ₅ O ₂ N	18	1,21
Si'nap	Hg	0	13,596
Ku'kirt (etil) efiri	S ₄ H ₁₀ O	0	0,716

Ku'kirtli uglerod	SS ₂	0	1,263
Skipidar	S ₁₀ H ₁₀	16	0,858
Toluol	S ₇ H ₅	18	0,87
Sirke kislotasi'	SH ₃ SOOH	18	1,049
Xloroform	SHSl ₃	18	1,483
Etil spirti	S ₂ H ₆ O	0	0,789

Bazi' bir qatti' denelerdin' ti'g'i'zli'qlari'

Atamasi'	Ti'g'i'zli'q, g/sm ³	Atamasi'	Ti'g'i'zli'q, g/sm ³
Alyuminiy	2,5889	Qalayi'	7,29
Germaniy	5,323	Qorg'asi'n	11,336
Kremniy	2,33	Gu'mis	10,78682
Muz	0,9	Polat	7,8
Mi's	8,96	Xrom	7,19
Nixrom	8,4	Si'nap	13,5461
Alti'n	19,32	Temir	7,874
Titan	4,505	Uran	19,040

Bazi' bir gazlerdin' ti'g'i'zli'qlari'

(normal atmosfera basi'mi'nda)

Azot	0,012506	Hawa	0,0129
Vodorod	0,0009	Kislrod	0,0143
Xlor	0,03214	Ozon	0,02144
SO ₂	0,01977	SO	0,0125

Zatlardi'n' ji'lli'li'q qa'siyetleri

Zat	Sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i', kJ/(kg·K)	Eriw temperaturasi', °C	Eriwdin' sali'sti'rmali' ji'lli'li'g'i', kJ/kg
Qatti' deneler			
Alyuminiy	0,89	660	380
Muz	2,1	0	334
Mi's	0,38	1083	214
Qalayi'	0,23	232	59
Qorg'asi'n	0,13	327	23
Gu'mis	0,23	961	87
Polat	0,46	1400	82
Suyi'qli'qlar			
Suw	4,19	100	2,3
Si'nap	0,14	357	0,29
Spirt	2,4	78	0,85

Gazlerdin' ji'lli'li'q qa'siyetleri

Atamasi'	Turaqli' basi'mdag'i' sali'sti'rmali' ji'lli'li'q si'yi'mli'g'i', kDj/(kg·K)	Normal basi'mdag'i' kondensasiya temperaturasi'
Azot	1,05	-196
Vodorod	14,3	-253
Hawa	1,01	-
Geliy	5,29	-269
Kislorod	0,913	-183

Suyi'qli'qlardi'n' 20°C temperaturadag'i' bet kerimi koeffisientleri, mN/m

Suw	73	Su't	46
Benzin	21	Spirt	22
Kerosin	24	Neft	30
Sabi'nni'n' eritpesi	40	Si'nap	510

Jani'lg'i'ni'n' jani'wi'ni'n' sali'sti'rmali' ji'lli'li'g'i'

Benzin	44	Porox	3,8
Ag'ash	10	Spirt	29
Dizel jani'lg'i'si'	42	Reaktiv samoletlar ushi'n jani'lg'i'	43
Tas ko'mir	29	SHa'rtli jani'lg'i'	29
Kerosin	46		

Toy'ng'an suw puwi'ni'n' basi'mi' p menen ti'g'i'zli'g'i' ρ ni'n' temperaturadan g'a'rezligi

t, °C	p, kPa	ρ, g/m ³	t, °C	p, kPa	ρ, g/m ³
-5	0,40	3,2	11	1,33	10,0
0	0,61	4,8	12	1,40	10,7
1	0,65	5,2	13	1,49	11,4
2	0,71	5,6	14	1,60	12,1
3	0,76	6,0	15	1,71	12,8
4	0,81	6,4	16	1,81	13,6
5	0,88	6,8	17	1,93	14,5
6	0,93	7,3	18	2,07	15,4
7	1,0	7,8	19	2,20	16,3

8	1,06	8,3	20	2,33	17,3
9	1,14	8,8	25	3,17	23,0
10	1,23	9,4	50	12,3	83,0

Paydalani'lg'an a'debiyatlar dizimi

1. E.N.Nazirov, Z. A. Xudoybergenova, «Mexanika va molekulali'q fizikadan amaliy mashg'ulotlar», «Wzbekiston». Tashkent, 2001.
2. Rukovodstvo k laboratorni'm zanyatiam po fizike. Pod redaksiy L.L.Goldina. «Nauka». Moskva. 1973. 688 s.
3. V.I.Iveronova. Fizikadan praktikum «Mexanika va molekulali'q fizika», «Wqituvshi». Tashkent, 1979. 380 s.
4. M. Xaydarova, U. Nazarov «Fizikadan laboratoriya ishlari», Tashkent, «Wqituvshi» 1989.
5. Laboratorni'y praktikum po fizike. Pod redaksiy V.N.Aleksandrova. Moskva. 2010. 124 s.
6. A.K. Kikoin, I.K.Kikoin. «Molekulali'q fizika», Tashkent. «Wqituvshi», 1978.
7. T.Saidmurodov, M.Vahabov. «Molekulali'q fizikadan praktikum», Tashkent. «Wqituvshi», 1987. 158 b.
8. V.I.Agapov, G. V. Maksyutin, Laboratorni'y praktikum po fizike, Moskva, Vi'sshaya shkola, 1982. 335 s.
9. Laboratorni'y praktikum po obşey fizike. Pod redaksiy E.M.Gershenzona i N. N. Malova. Moskva, Prosveщenie, 1985. 352 s.
11. Aleksandrov V.N., Biryukov S.V., Vasileva I.A. i dr. Laboratorni'y praktikum po obşey i eksperimentalnoy fizike. Pod redaksiy Gershenzona E.M. i Mansurova A.N. Izdatelstvo «Akademiya». Moskva. 2004. 464 s.