

Теориядан қысқаша түсінік.

Газдарда, тұрақты көлемде өтетін процесстерді изохоралық процесс деп атайды. Газдағы изохоралық процесс, көлемі өзгермейтін жабық ыдыста жүргізіледі. Процесс кезінде газдың массасы мен молекулалық құрамы тұрақты болады. Осындай жағдайда газ температурасының өзгеруі газ қысымының өзгеруіне алып келеді.

Изохоралық процесс кезінде газ жұмыс атқармайды, сондықтан газ ішкі энергиясының өзгерісі тек жылу жұту немесе шығару арқылы жүреді. Идеал газ жағдайында изохоралық процессте жылудың барлығы газдың ішкі энергиясының артуына жұмсалады.

Идеал газдардағы изохоралық процессте газ қысымы Шарл заңына сәйкес абсолют температураға тура пропорционал болады. Изохоралық процесс мынадай теңдеумен өрнектеледі.

$$P = P_0 * \alpha * T \quad (1)$$

Мұнда газ қысымы – P , абсолют температурасы T – болған кезге сәйкес газ қысымы болады.

P_0 , температурасы 0°C болған кезге сәйкес газ қысымы, ал $\alpha = \frac{1}{273} \text{ K}^{-1}$ – газ қысымының температуралық коэффициенті.

Егер, температура Цельсий шкаласымен өлшенсе, қысымның температураға тәуелділігі төмендегідей көріністе болады:

$$P = P_0 (1 + \alpha t) \quad (2)$$

Осылайша, бірінші жағдайда экспериментальды нүктелер тура пропорционалды тәуелділікке сәйкес $P = kT$ графигінің үстінде, ал екінші жағдайда – сызықты тәуелділік графигінің үстінде жатуы керек, екі жағдайда да түзудің бұрыштық коэффициенті $k = \alpha P_0$ болады.

2. Өлшеулерді тіркейтін терезеге қайтыңыз және жоғарыда жазылған әдіспен тағы да 10-15 экспериментальды нүктелерді (газдың суу учаткасынан) өңдеу таблицасына қосыңыз.

3. График $P(t)$ ны салуға өтіңіз, бұл жерде (P, t) координаталары – тіркелген экспериментальды нүктелері тізіледі. Нүктелердің координата жазықтығында орналасуына талдау жасап және қысымның температураға қатысты тәуелділігіне болжам жасаңыз. Жоғары сол бұрыштағы тізімдегі түрлі функциялардан болжамға сәйкес келетінін таңдаңыз. // батырманы басыңыз – таңдалған типтегі функцияның ең дұрыс түрде экспериментальды нүктелерден өтуші графигі тұрғызылады, экранда осы функцияның теңдеуі пайда болады.

4. Алынған мәліметтерді координаталарда (қысым, абсолют температура) көрсетің, ол үшін «График $P(t)$ » ға өтіңіз. Алдыңғы пункттегіге ұқсатып теориялық тәуелділікке сәйкес келетін графикті құру керек.

5. Электронды есеп беруді құрастыру терезесін ашыңыз ол үшін 00 батырманы басыңыз. «Тышқан» ның оң батырмасын басып және «меню» ден «данные» немесе «обработка» пунктін таңдап, алынған өңдеу таблицасын және графигін отчетка көшіріп қойыңыз. Алынған нәтижелерге талдау жасап және қысымның температураға тәуелділігі қаншалықты газ заңдарына сәйкестігін есептеріңіздің қорытындысында көрсетіңіздер. Газ қысымының температуралық коэффициентінің мәнін отчетта көрсетіңіз.

6. Өлшеулерді тіркейтін терезеге қайтып келіңіз және газдың қызған учаткелеріне сәйкес нүктелерді маркермен ретімен белгілеп, осындай бірнеше нүктелердің қысым мен температурасының мәндерін жазып алыңыз. Бұл мәлімет өз – өзін тексерудің 3-ші сұрағы үшін керек.

Техника қауіпсіздігі бойынша нұсқаулар

1. Лабораториялық жұмысты орындаудан алдын лаборанттан инструктаж алыңыз.

2. «Физика» лабораторияларында, жұмыс істеудің жалпы техникалық қауіпсіздік ережелерін қолдану керек.

3. Қондырғылармен жұмыс істеуге, оның құрылысы мен және жұмыс істеу принципімен танысқан студенттерге ғана рұқсат етіледі.

4. Датчиктерді «ашу» және қондырғы элементтеріне соққы және күш салмақ түсіруге тыйым салынады.

5. Стол үстінде ыстық су тұрған кезде, айрықша абай болыңыз.

Бақылау сұрақтары.

1. Өлшеу нәтижелеріне суене отырып және резервуардың көлемін (250 мл) ескере, лаборатроиялық құрылғы ішіне қамалған газ массасын бағалаңыз.

2. Экспериментте дәл нәтижелер алу үшін, неліктен суу процессінің мүмкіндігінше жай жүру керектігін талап етілетінін түсіндіріңіз.

3. Газдың қызған кезіне сәйкес учаткедегі нүктелер изохоралық процесс теңдеуін қанағаттандыра ма? Егер қанағаттандырмаса не үшін?

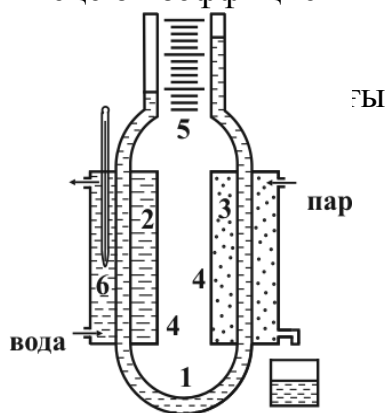
4. Тіркелген тәуелділікке резервуардың ішінде аз мөлшерде су болса, ол қалай әсер етер еді.

№4 зертханалық жұмыс Дюлонг және Пти әдісімен сұйықтың көлемдік кеңею коэффициентін анықтау

Керекті құрал-жабдық: Дюлонг және Пти аспабы, қайнатқыш, электр плиткасы, зерттелетін сұйықтық, термометр, химиялық шыны.

Теориядан қысқаша түсіндірме

Көлемдік кеңею коэффициентін анықтау үшін қыздыру кезінде сұйықтың көлемінің өзгеруін табу керек. Алайда, сұйықтың көлемінің өзгеруі оның кеңеюімен ғана емес, сонымен қатар қыздырылған кезде ыдыстың көлемінің өзгеруімен де түсіндіріледі, бұл формуланың көлемдік кеңею коэффициентін анықтауды қиындатады:



V_0 — 0°C температурада сұйықтың өзіндік

V — t температурасындағы сұйықтың көлемі .

1-сурет

Дюлонг мен Пти байланысқан тамырлардағы гетерогенді сұйықтықтардың тепе-теңдік заңына негізделген сұйықтың көлемдік кеңею коэффициентін анықтау әдісін ұсынды. Бұл әдіс зерттелетін сұйықтық бар тамырлардың кеңеюін ескермеуге мүмкіндік береді. Өздеріңіз білетіндей, байланысатын ыдыстардағы екі гетерогенді сұйықтықтың биіктігі осы сұйықтықтардың тығыздығына кері пропорционал және ыдыстардың диаметріне (көлеміне) тәуелді емес, яғни.

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}, (1)$$

Мұндағы h_1 және h_2 , ρ_1 және ρ_2 байланысатын ыдыстардың тізелеріндегі сұйықтықтардың биіктігі мен тығыздығы.

Егер ыдыс U - тәрізді (сурет. 1) сұйықтықты құйып, ыдыстың оң және сол жақ тізелерінде әртүрлі температураны сақтаңыз, содан кейін екі тіздегі сұйықтықтың тығыздығы бірдей болмайды, өйткені ол температураға байланысты:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \beta t}, (2)$$

мұндағы ρ_0 - 0 °С температурадағы тығыздық, ρ - t температурасындағы тығыздық, β - сұйықтықтың көлемдік кеңею коэффициенті.

(1) және (2) теңдеулерден сұйықтықтың көлемдік кеңею коэффициентін оңай табуға болады.

$$\beta = \frac{h_2 - h_1}{h_1 t_2 - h_2 t_1}$$

Көлемдік кеңею коэффициенті температураға тәуелді болғандықтан (шамалы болса да), Формула (3) бізге белгілі бір температура аралығындағы орташа мәнді береді.

Орнату сипаттамасы. Дюлонг және Пети құралы (сурет. 1) U-тәрізді түтік 1, ол зерттелетін сұйықтықпен толтырылады. 2 және 3 екі тізе де 4 шыны цилиндрлерге орналастырылған. Олардың біреуі арқылы қайнаған судан келетін қайнаған су буы, ал екіншісі арқылы ағын су шүмегінен ағып кетеді. Қыздырылған және қыздырылмаған тізелердегі сұйықтық биіктігінің айырмашылығы 5 мм шкала бойынша есептеледі. Салқындатқыш судың температурасы су ағынының кіреберісінде орналасқан 6 термометрмен өлшенеді. Бүкіл қондырғы штативке бекітілген.

Жұмыстың орындалу реті

1. Оң жақ цилиндрдің төменгі түтігінің астына бу конденсацияланған кезде пайда болатын суды ағызатын стакан қойыңыз.
2. Қайнаған суды желіге қосып, қайнаған судың буын оң жақ ыдыс арқылы, ал сол жақ арқылы суық су ағынын өткізіңіз. Бұл жағдайда суық судың кіреберістегі ыдысты 6 термометр оған түсетіндей етіп толтырғанына көз жеткізіңіз.
3. Оң жақ ыдыста бу пайда болғаннан кейін біраз уақыттан кейін h_1 және h_2 деңгейлерінің биіктігін және байланысатын ыдыстардың екі тізесіндегі сұйықтық деңгейінің айырмашылығын анықтаңыз.
4. Барометр арқылы p_a атмосфералық қысымын анықтаңыз.
5. 6 термометрден t_1 температурасын, t_2 температурасын — белгілі p_a қысымы үшін "судың қайнау температурасының атмосфералық қысымға тәуелділігі" кестесінен анықтаңыз.
6. Көлемді кеңейту коэффициентін анықтаңыз формула бойынша (3).
7. Өлшеу және есептеу нәтижелерін жазыңыз кесте:

№ п/п	h_1 , м	h_2 , м	t_1 , °С	t_2 , °С	Δh , м	p_a , мм рт. ст.	t_1 , °С
-------	-----------	-----------	------------	------------	----------------	--------------------	------------

8. Өлшеу қателіктерін есептеңіз.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Денелердің көлемдік кеңею механизмін түсіндіріңіз.
2. Денелердің көлемдік кеңею коэффициенті деп не аталады?
3. Сұйықтықтың көлемдік кеңею коэффициентін анықтауда қандай қиындықтар туындайды?
4. Байланысатын ыдыстардың заңдарын тұжырымдап, сұйықтықтардың көлемдік кеңею коэффициентін анықтау үшін жұмыс формуласын алыңыз.
5. Сұйықтықтың көлемдік кеңею коэффициентін анықтаудың басқа әдістерімен салыстырғанда Дюлонг пен Пти әдісінің артықшылығы неде?
6. Сұйықтықтың көлемдік кеңею коэффициентін анықтау әдістерін тізімдеңіз.
7. Заттың тығыздығы температураға қалай байланысты?
8. Кез келген температурада сұйықтық көлемін есептеу формуласын жазыңыз.
9. Дюлонг және РТИ көлемдік кеңею коэффициентін анықтау кезінде капиллярлық құбылыстар нәтижелердің дәлдігіне қалай әсер етеді?
10. Сұйықтықтардың көлемдік кеңею коэффициентін өлшеу нәтижелерінің қателіктерін есептеу формуласын шығарыңыз.

№5 зертханалық жұмыс

Қатты денелердің сызықтық ұлғаю коэффициентін анықтау.

Жұмыстың мақсаты: Қатты денелердің жылулық қасиеттерімен танысу және сызықтық ұлғаю коэффициентін анықтау.

Қажетті құрал-жабдықтар: ПТРР құралы, пробиркалар, зерттелетін қатты дене үлгілері, штангенциркуль, термометр, және барометр.

Теориядан қысқаша түсінік

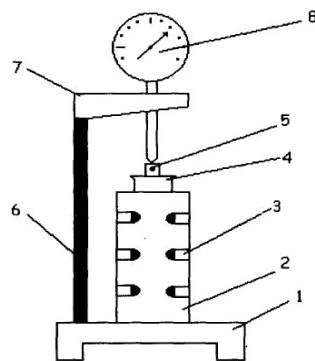
Физикада қатты денелер кристалл және аморф болып екіге бөлінеді. Кристалл денелер анизотропиялық қасиетке ие. Көптеген кристалл денелерде анизотропиялық ерекшеліктер айқын көрінбейді. Мұқият зер салып қарайтын болсақ, бұл денелердің майда, ретсіз қалыптасқан кристалшалардан тұратындығы байқалады. Сондықтан-да, бұл денелер поликристалдар деп аталады.

Кристалды құрылысы бар денелердің жылулық қасиеттері оның кристалдық торын құрайтын бөлшектердің (ион, атом, молекула) қозғалысының сипатына тәуелді. Бөлшектердің тербелмелі қозғалысы кристалдардағы жылулық қозғалыстардың негізгі түрі болып табылады. Қатты заттардың көпшілігі жылудан өзінің көлемін ұлғайтады. Олардың жылудан ұлғаю ерекшеліктері сыртқы әсерлер (қысым, температура т.б) бірдей болған жағдайларда тек материалына ғана тәуелді болады. Бұл ерекшеліктерді аңғару үшін көлемдік ұлғаю коэффициенті енгізілген. Қатты заттардың көлемдік ұлғаю коэффициентін тәжірибеде анықтаудан, олардың сызықтық ұлғаю коэффициентін табу қолайлы. Өйткені температураның жоғарылауына тәуелді түрде көлемнің ұлғаюымен қатар қатты дененің сызықтық (геометриялық) параметрлері де өзгереді.

Қатты денелердің температурасы артқан кезде олардың сызықтық өлшемдерінің ұлғаюы байқалады. Денелердің мұндай жылулық қасиеті ең алдымен олардың құрылысы (структурасы), кристалдық тордағы иондардың өзара әсерлесуі мен орнықты күйдің маңайында жасалатын жылулық тербелістерімен сипатталады. Дәлірек айтқанда, қатты дененің температурасы жоғарылаған кезде кристалдық тор түйіндерінде орналасқан иондар арасындағы тебілу күштерінің (F_0) шамасы олардың тартылу күштерінен (F_1) басым болып, ($F_0 \gg F_1$), нәтижеде қатты дене ұлғаяды. Айтылған осы қасиет сызықтық (α) және көлемдік (β) ұлғаю коэффициенттерімен сипатталады.

Қондырғының құрылымдық сипаттамасы.

Зерттелетін (5) қатты дене үлгісі (4) шыны пробиркадағы сумен бірге қыздырылады. Зерттеу қондырғысы (1) табаннан, оған бекітілген (2) - қауіпсіздік қорабынан және оның ішіндегі (3)-қыздырғыштан тұрады. Қыздырғыш ортасына ішіне зерттелетін үлгі денесі салынған суы бар пробирка орналасқан. Табанға (6)- тірек және оған (8)- индикаторды бекітетін



1-сурет

(7)-кронштейн орналасқан (ол ось арқылы 90° бұрышқа бұрыла алады). Үлгі денесінің сызықтық ұлғаюын осы индикатор арқылы анықтаймыз.

Қатты денелердің жылулық ұлғаю қасиеттері α -сызықтық ұлғаю коэффициентімен сипатталады, ол денені 1°C-ға қыздырғанда дененің қандай шамаға ұлғаятындығын көрсетеді:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L(t-t_0)} \quad (1)$$

мұндағы $\Delta t = t - t_0$ -дене температурасының өсімшесі (t_0 -бастапқы, ал t -қыздырылған кездегі температура); ΔL -дененің салыстырмалы ұзаруы ($\Delta L = L - L_0$, L_0 - дененің бастапқы, ал L -денені қыздырылғаннан кейінгі ұзындығы). Изотропты қатты денені қыздырған кезде оның сызықтық өлшемдері барлық бағыттарда бірдей өзгереді. Осыған байланысты, қатты дененің жылулық ұлғаюын β -көлемдік ұлғаю коэффициентімен сипаттауға болады:

$$\beta = \frac{V}{V_0(t-t_0)} \quad (2)$$

Мұндағы $\Delta V = V - V_0$ - дене көлемінің салыстырмалы ұлғаюы; V_0 — t_0 °С температурадағы, ал V - t °С температурадағы көлем. α және β шамаларының арасында мынадай байланыс бар:

$$\beta = 3\alpha \quad (3)$$

Дененің көлемі $V = m/\rho$ қатынасымен анықталатындығы белгілі (m -дененің массасы; ρ -тығыздығы). Олай болса, дененің көлемі өзгерген кезде оның тығыздығы да өзгереді. Дененің t_0 ° С температурадағы тығыздығы мынаған тең:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \beta(t-t_0)} \quad (4)$$

мұндағы ρ_0 -дененің t_0 температурадағы тығыздығы. Қыздырылған қатты денеде шамалары өте үлкен болып келетін серпімді күштер пайда болады. Мысалы, ұзындығы L_0 дене $\Delta t = t - t_0$ температураға дейін қыздырылсын. Онда ол

$$L = L_0 \pm \alpha L_0 (t-t_0) \quad \Delta L = \alpha L_0 (t-t_0)$$

шамаға ұлғаюы тиіс. Егер сығылған дене өзінің ұзындығын өзгертпейтін болса, онда денедегі пайда болатын кернеу:

$$H = \frac{F}{S} = E \frac{\Delta L}{L_0} = E \alpha (t-t_0)$$

болады, мұнда, E -Юнгмодулы. Осыған байланысты, денені екі ұшынан сығып тұрған тіреулерге түсетін қысым төмендегіше есептеледі:

$$F = E\alpha(t - t_0)S$$

Жұмысты орындау реті:

1. Зерттелетін үлгі денесінің бастапқы L_0 ұзындығын штангенциркульдің көмегімен 3 рет өлшеп, алынған нәтижелерді 1-кестеге жазамыз.
2. Пробирканың 3/4 бөлігіне су құйып, оның бастапқы t_0 , °C температурасы өлшенеді.
3. Су құйылған пробиркаға үлгі денесін сфералық ұшымен (дөңес ұшы) төмен қаратып салу қажет.
4. Пробирканы қыздырғышқа орналастырамыз.
5. Индикатордың штогын жоғары көтере отырып, оны үлгі денесінің ойыс ұшымен түйістіреміз.
6. Индикатор көрсеткішін нөлге қоямыз.
7. Қондырғы ток көзіне қосылады.
8. Пробиркадағы су қайнаған кезде зерттеліп жатқан үлгі денесінің (стерженнің) температурасы судың қайнау температурасына, яғни $t = 100 + 0,0375(H - 760)$ тең болады, мұндағы H - атмосфералық қысым, мұны барометрдің көрсетуінен жазып аламыз.
9. Осы кездегі индикатордың көрсетуін шкаланың бір бөлігінің құнына көбейту (шкала бөлігінің құны 0,01 мм) арқылы үлгі денесінің салыстырмалы ұзаруы ΔL – анықталады.
10. Үлгі денесінің сызықтық ұлғаю коэффициентін мына формуламен
$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0(T - T_0)}$$
 есептеп шығарамыз. мұндағы $T - T_0$ - абсолют температура ($T = 273,15 + t$)
11. Тәжірибені әрбір дене үлгісі үшін үш рет қайталаймыз.
12. Өлшеу және есептеулер нәтижелерін статистикалық жолмен өңдеу.

1-кесте

N	$L_0, \text{м}$	$T_0, \text{К}$	$T, \text{К}$	$\Delta L, \text{м}$	$\alpha, \text{К}^{-1}$
1					
2					
3					
.					
Орта мән					

Бақылау сұрақтары

1. Қатты денелердің түрлері, құрылысы мен қасиеттері.
2. Қатты денелердің жылулық қасиеттері, сызықтық және көлемдік ұлғаюы
3. Денелердің изотроптық және анизотропиялық қасиеттері.
4. Қатты денелердің кристал және аморф денелерге сипаттама?

№6 зертханалық жұмыс «Сұйықтықтың меншікті жылу сыйымдылығын анықтау»

Жұмыстың мақсаты: калориметриялық өлшеу әдістемесімен танысу, сұйықтықтың меншікті жылу сыйымдылығын калориметриялық тәсілмен эксперименттік анықтау.

Аспаптар мен керек-жарақтар: екі калориметр, екі қыздырғыш спираль, термометрлер, зерттелетін сұйықтық.

Қысқаша теориясы

Жылу құбылыстары, яғни денелерді жылытуға немесе салқындатуға байланысты құбылыстар молекулалық физикада өте маңызды. Мұндағы ең бастысы-жылу ұғымы. Қыздырылған дененің суықтан айырмашылығы, қыздырылған дененің молекулалары қарқынды және ретсіз қозғалады. Сондықтан жылуды денені құрайтын бөлшектердің (молекулалар, атомдар және т.б.) ретсіз (жылу) қозғалысының формасы деп атауға болады. Жылуды сандық түрде өлшейтін физикалық шама-бұл жылу мөлшері Q -дене қыздырғанда (немесе салқындатқанда) алатын (немесе беретін) энергия мөлшері. Бұл энергия мөлшері денені құрайтын молекулалардың хаотикалық (жылу) қозғалысының қарқындылығын арттыруға (немесе азайтуға) жұмсалады.

СИ - Джоуль жүйесіндегі жылу бірлігі. Калориядағы жылу мөлшерін өлшеуге рұқсат етіледі: $1 \text{ ккал} = 4,1868 \text{ Дж}$, $1 \text{ ккал} = 4186,8 \text{ Дж} = 4,1868 \text{ кДж}$, $1 \text{ Дж} = 0,239 \text{ кал}$.

А жұмысымен қатар жылу мөлшері дененің ішкі энергиясын өлшеу өлшемі болып табылады. Жылу алмасу кезінде дененің ішкі энергиясы дене молекулаларының қоршаған денелермен тікелей өзара әрекеттесуі (соқтығысуы) нәтижесінде өзгереді.

Қатаң түрде жылу сыйымдылығы dQ жылу мөлшерінің қатынасы ретінде анықталуы керек, денеге хабарланған, температураның өзгеруіне dT осы шамалардың шексіз аз өсуімен Дене 1 градусқа (1°C немесе 1°K) қызған кезде сіңірілетін жылу мөлшері жылу сыйымдылығы деп аталады, C . Зат массасының бірлігінің жылу сыйымдылығы меншікті жылу сыйымдылығы деп аталады, $C_{\text{мен}}$.

$$C = \frac{dQ}{dT}, \quad C_{\text{мен}} = \frac{1}{m} \cdot \frac{dQ}{dT} \quad (1)$$

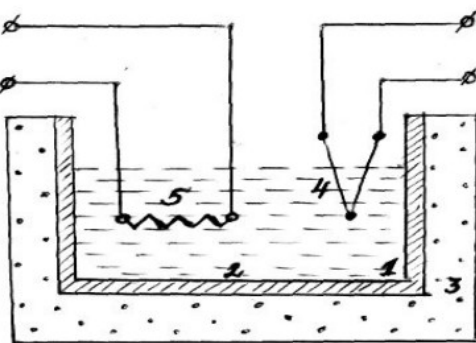
мұндағы m -дене салмағы. Жылу сыйымдылығының өлшемі Дж/К немесе кал / К. Меншікті жылу сыйымдылығының өлшемі Дж / кг×К немесе кал / кг×К.

Дененің жылу сыйымдылығын эксперименттік анықтау денеге берілген dQ жылу мөлшерін және оның температурасының сәйкес өзгеруін өлшеуге дейін азаяды dT . Дене салмағын біле отырып, формула бойынша меншікті жылуды есептеуге болады:

$$C_{\text{мен}} = \frac{1}{m} \cdot \frac{dQ}{dT} \quad (2)$$

Дене берген немесе алған жылу мөлшерін оның температурасын бір уақытта өлшей отырып тікелей өлшеу үшін арнайы құрылғылар-калориметрлер қолданылады. Калориметр физика-химиялық зерттеулердегі маңызды құрал болып табылады.

Ол тұрады (сурет.1): жұмыс капсуласынан (цилиндрден) 1 зерттелетін затпен 2 және сыртқы жылу оқшаулағыш қабықпен 3. 4 термометр де капсулаға орналастырылған және жылытқыш 5 (электр спиралы). Жылытқыш зерттелетін затқа dQ жылуының қатаң мөлшерленген мөлшерін енгізу үшін пайдаланылады, ал термометр заттың температурасының сәйкес өзгеруін өлшейді dT , калориметр жылытқыш шығаратын жылу қоршаған кеңістікте жоғалмай, тек зерттелетін денеге берілетіндей етіп реттелуі керек. Ол үшін капсула жылу өткізгіштігі төмен қабықпен қоршалған, ал жылудың шамалы жоғалуы арнайы әдістермен ескеріледі. Мұндай калориметр адиабатикалық деп аталады.



Сурет.1. Адиабаталық калориметрдің схемалық құрылғысы.

- 1-капсула,
- 2-зерттелетін зат,
- 3-жылу оқшаулағыш қабық,
- 4-термометр,
- 5-электр жылытқышы.

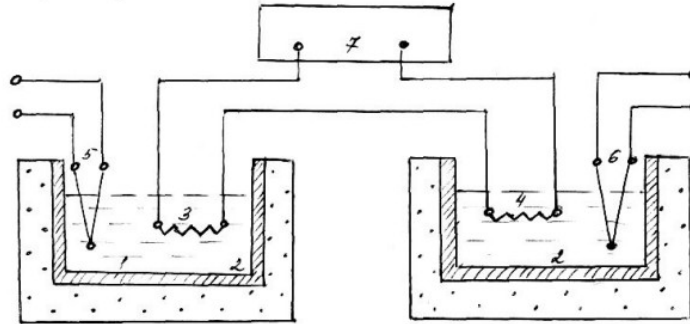
Зертханалық қондырғы және өлшеу әдістемесі

Бұл жұмыста сұйықтықтың меншікті жылу сыйымдылығы анықталады. Өлшеудің қарапайымдылығы мен дәлдігінің арқасында кең таралған дифференциалды әдіс қолданылады. Дифференциалды калориметрдің схемалық құрылғысы 2-суретте көрсетілген. Ол 1 және 2 бірдей екі алюминий шыныаяқтан (капсуладан) тұрады. 1-Капсула зерттелетін сұйықтықпен (глицерин, алкоголь, май және т.б.), ал 2 - капсула-анықтамалық затпен (тазартылған сумен) толтырылады. Әр капсулада 3 және 4 электр жылытқыштары және 5 және 6 термометрлері бар. Жылытқыштар- белгілі R кедергісі бар спиральды сымдар. Сұйықтықтарды қыздыру белгілі I шамасындағы тұрақты ток жылытқыштары арқылы біраз уақыт t арқылы жүзеге асырылады. Әрбір капсулада бөлінетін жылу мөлшері белгілі $Q = 0.24 I^2 R t$ формуласымен оңай анықталады. Бұл жылу сұйықтықты және капсуланың өзін жылытуға кетеді.

Егер m_1 және m_2 бірінші және екінші капсуладағы сұйықтықтардың массасы болса, ал C_1 және C_2 олардың меншікті жылу сыйымдылығы болса, онда сұйықтықты жылытуға жұмсалатын жылу мөлшері:

$$Q_1 = c_1 m_1 d T_1, Q_2 = c_2 m_2 d T_2 \quad (3)$$

мұндағы $d T_1, d T_2$ -сәйкесінше бірінші және екінші капсулалардағы сұйықтық температурасының өзгеруі.



Сурет. 2. Дифференциалды калориметрдің схемалық құрылымы.

1-зерттелетін сұйықтық капсуласы,
2-анықтамалық сұйықтық капсуласы,
3, 4-электр жылытқыштар, 5, 6 - термометрлер,
7-қуат көзі.

Капсулаларды жылытуға жұмсалған жылу мөлшерін есептеу оңай, егер капсулалардың массалары M және олардың меншікті жылу сыйымдылығы C белгілі болса, капсулалар бірдей болғандықтан, олардың массалары мен меншікті жылу сыйымдылығы бірдей. Қыздыру кезінде капсулалар құрамындағы сұйықтықпен бірдей температураны алады. Сондықтан бірінші капсула мен екінші капсуланы жылытуға жылу мөлшері жұмсалады.

$$Q_1 = C M d T_1 \text{ және } Q_2 = C M d T_2 \quad (4)$$

Тәжірибе барысында капсула жылытқыштары тізбектей қосылады және олар арқылы бірдей күш тогын бір уақытта өткізеді. Жылытқыштардың кедергісі бірдей болғандықтан, әр капсулада бірдей мөлшерде жылу бөлінеді. Бірінші капсулада ерекшеленеді:

$$Q_1^0 = Q_1 + Q_1' = c_1 m_1 d T_1 + C M d T_1 \quad (5)$$

Екінші капсулада ол ерекшеленеді:

$$Q_2^0 = Q_2 + Q_2' = c_2 m_2 d T_2 + C M d T_2 \quad (6)$$

Осы өрнектерді теңестіре отырып және қарапайым алгебралық түрлендірулер жасай отырып, біз 1-капсуладағы зерттелетін сұйықтықтың меншікті жылу сыйымдылығы үшін өрнек аламыз:

$$C_1 = \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} C_2 + \frac{M}{m_1} \left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \right) C_{Al} \quad (7)$$

Алынған өрнек зерттелетін сұйықтықтың меншікті жылу сыйымдылығын эксперименттік анықтау үшін қолданылады. Жоғарыда келтірілген формулаға сәйкес, әр капсулада бөлінетін жылу мөлшерін өлшеудің немесе

есептеудің қажеті жоқ, бірінші және екінші капсулалардағы ΔT_1 және ΔT_2 температурасының өзгеруін өлшеп, зерттелетін m_1 сұйықтығының, m_2 анықтамалық сұйықтығының және М калориметр капсуласының массаларын, сондай-ақ C_2 анықтамалық сұйықтығының меншікті жылу сыйымдылығын және С капсуласының затын білу жеткілікті.

Жұмыстың орындалу реті

1. Жұмыста орнатуды дайындаңыз. Ол үшін калориметр капсулаларының массаларын өлшеу арқылы өлшеу керек, зерттелетін сұйықтықтың белгілі мөлшерін 1 капсулаға құйыңыз (оның массасын өлшеу арқылы анықтауға болады), ал тазартылған судың белгілі мөлшерін 2 капсулаға құйыңыз. Содан кейін электр жылытқыштарын тізбектей қосыңыз және оларды қуат көзіне қосыңыз (көз желіге қосылмайды!). Сұйықтықтағы жылытқыштарды төмендетіңіз, секундомерді жұмысқа дайындаңыз. Сымдарды милливольтметрге қосыңыз. Бастапқы температураны өлшеңіз T_0 капсулаларда.
2. Қуат көзін қосыңыз, жылытқыш арқылы берілген токты орнатыңыз (2А немесе 3А) және сұйықтықтарды капсулаларда белгіленген уақыт ішінде қыздырыңыз (5 мин немесе 10 мин.). Осыдан кейін қуат көзін өшіріп, қыздырғаннан кейін T_1 және T_2 капсулаларындағы сұйықтықтардың температурасын өлшеңіз. Алынған нәтижелер өлшеу кестесіне енгізіледі.
3. Сұйықтықтармен салқындағаннан кейін, басқа Токтар мен қыздыру уақыттарын пайдаланып тәжірибені екі рет қайталаңыз. Алынған нәтижелер өлшеу кестесіне енгізіледі. Бастапқы өлшеу қателіктерін анықтаңыз.
4. m_2/m_1 және M/m_1 массаларының қатынасын есептеңіз, сонымен қатар $dT_2 = T_2 - T_0$ және $dT_1 = T_1 - T_0$, олардың қатынасын анықтаңыз dT_2 / dT_1 . Алынған деректерді есептеу кестесіне енгізіңіз. Анықтамалықтан анықтамалық сұйықтықтың меншікті жылу сыйымдылығын табыңыз C_2 және С капсуласының заттары, өлшеу кестесіне енгізіңіз.
5. (7) формуласын қолдана отырып, барлық үш тәжірибе үшін зерттелетін сұйықтықтың меншікті жылуын есептеңіз және арифметикалық орташа мәнді нақты мән ретінде алыңыз. Қажетті жылу сыйымдылығын өлшеу қателіктері мен есептеу қателіктерін анықтаңыз.

Бақылау сұрақтары

1. Заттың меншікті жылу сыйымдылығын анықтаңыз.
2. Заттың жылу сыйымдылығын анықтаудың қандай әдістерін білесіз?
3. Бұл жұмыста қандай өлшеу әдісі қолданылады?
4. Дифференциалды калориметр құрылғысын сипаттаңыз.
5. Өлшеу және есептеу тәртібін белгілеңіз.

6. Осы жұмыста өлшеу қателіктері мен есептеу қателіктері қалай анықталады?

Өлшем кестесінің ұсынылған түрі

Капсула	Молекула массасы M , кг	Сұйықтықтардың массасы		Бастапқы Температура $T_0, ^\circ C$	Соңғы Капсула температурасы	
		m_1 , кг	m_2 , кг		$T_1, ^\circ C$	$T_2, ^\circ C$
1						
2						

Бастапқы деректер кестесі

№	Зат капсулалар	Меншікті жылу сыйымдылығы капсулалар, C , Дж / кг $\times$ К	Зат анықтама лық сұйықтық тар	Меншікті жылу сыйымдылығы анықтамалық сұйықтықтар, C_2 , Дж / кг $\times$ К	Ток жылыт қыш, А	Уақыт жылыту, мин.
1					2	5
2					2,5	5
3					3	5

Бастапқы деректер кестесі

№	m_2/m_1	M/m_1	$\Delta T_2, ^\circ C$	$\Delta T_1, ^\circ C$	dT_2/dT_1	C_1 , Дж / кг $\times$ К
1						
2						
3						

Беттік керілу коэффициентін сақинаның сұйық бетінен ажырау әдісі бойынша анықтау.

Жұмыстың мақсаты: Сұйықтың беттік керілу құбылысын зерттеу, сұйықтың беттік керілу коэффициентін анықтаудың эксперименттік тәсілімен танысу.

Құрал – жабдықтар: Серіппеге ілініп штативке бекітілген жеңіл алюминий сақина, зеріттелінетін сұйық құйылған ыдыс, ұсақ гіртастар, штангенциркуль, сүзгіш қағаз.

Теориялық кіріспе

Бұл тәсіл сұйық бетіне жанасқан жұқа металл сақинаны осы беттен үзіп алу үшін, сұйық бетіне перпендикуляр бағытта түсірілген күштің шамасын өлшеуге негізделген. Сұйық денеге жұғады деп есептейміз. Сондықтан денені сұйық бетінен үзіп алған кезде біраз сұйық мөлшері онымен бірге ілесе көтеріледі. Содан барып сұйықтың еркін беті ұлғаяды. Осы беттің кішіреюге ұмтылуынан беттік керілу күші пайда болады. Егер денеге әсер ететін күштің шамасы сұйықтың беттік керілу күшіне тең болса, онда дене сұйық бетінен үзіледі. Сұйық бетіне жанасып тұрған сыртқы диаметрі D және ішкі диаметрі d сақиналарды қарастырайық. (1-сурет).

Сақинаны сұйық бетінен үзіп алу үшін, оған F күш түсіру керек. Сұйық бетінен көтерілер кезде сақина мен сұйық арасында қабыршақ пайда болады. Бұл қабыршақтың сыртқы беті сақинаның πD күшпен, ал ішкі беті оның πd күшпен төмен қарай тартады. Сақинаны ұстап тұрған осы күштердің қорытқы күшімізге тең:

$$\pi D + \pi d = \pi (D + d)$$

Мұндағы $D + d$ – қабыршақтың сақина мен жанасқан сыртқы және ішкі шекараларының жалпы ұзындығы. Сақина сұйық бетінен үзілген мезетте:

$$F = \pi (D + d)$$

Осыдан,

$$\alpha = \frac{F}{\pi (D + d)} \quad (1)$$

Егер сақина қабырғасының қалыңдығын h деп белгілесек, онда

$$d = D - 2h \quad (2)$$

(1) формуласын мына түрге өрнектеуге болады:

$$\alpha = \frac{F}{2\pi (D + d)} \quad (3)$$

Бұл формуладағы D , h және d штангенциркульмен өлшенетіндіктен, беттік керілу коэффициентін (α) анықтау, сақинаны сұйық бетінен үзіп алуға қажетті күшті (F) өлшеуге келіп тіріледі.

Қондырғының сипаттамасы:

Қондырғы (1-сурет) әлсіз спираль серіппеге (3) ілініп, шкала (2) сызылған штативке (1) бекітілген жеңіл алюминий сақинадан (4) тұрады. Ал қондырғыдағы жылжымалы тақтайша (5) штатив діңгегінің бойымен жоғары төмен еркін қозғала алады. Тақтайға зерттелінетін сұйық құйылған жайпақ ыдыс (6) қойылады. Ыдыстағы сұйық шайқалмау үшін, тақтайшаны штатив діңгегінің бойымен тиісті винтті (7) бұрау арқылы жайлап қозғалтуға болады. Бұл жайт әсіресе, серіппенің керілу сақинаны сұйық бетінен үзетін шамасын (F) жуықтағанда, яғни сақина үзілер алдында ерекше ескеріледі. Сақина серіппеге оның төменгі қырының жазықтығы сұйық бетіне горизонталь әрі параллель болатындай етіліп бекітіледі. Сұйық құйылған ыдысты, сақинамен сұйық беті жанасқанша (ілініскенше), сақинаға қарай жайлап көтеріп шкала бетінен көрсеткіштің орнын l_1 белгілеп аламыз. Содан кейін жылжымалы тақтайшаны жайлап төмен түсіреміз. Сонда сұйық жұққан сақина да серіппені соза төмен қарай түседі. Созылуы белгілі бір шамаға жеткенде, серіппе сақинаны сұйықтан үзіп алады. Сұйық құйылған ыдысты төмен түсіру кезінде көрсеткіштің қозғалысын жеті қадағалай отырып, оның сақина сұйық бетінен үзілген мезеттегі шкаладағы орнын (l_2) белгілеп аламыз. Сұйық бетінен сақинаны үзіп алатын күшті (F) анықтау үшін, серіппенің созылуын сақинаның үзілген мезеттегі орнына жеткенше серіппеге бір ұшына тесігі бар пластинкадан жасалған ұсақ гіртастар ілеміз. Демек, гіртастардың салмағы сақинаны үзіп алатын күшке тең ($F=P$) деп айтуға болады. Оны беттік керілу коэффициентін есептеуге арналған формула былай жазылады:

$$\alpha = \frac{P}{\pi} (D + d) \quad (4)$$

Бұл формула сақина материалына зерттелініп отырған сұйық жұғатын жағдайда, яғни сақина таза болғанда, яғни пайдаланады. Сондықтан сақинаны алдын ала жуып тазалау керек.

Жұмыстың орындалу тәртібі:

1. Жинақталған тәжірибе мәліметтері біртіндеп толтырылатын және өлшеу мен есептеу нәтижелері енгізілетін кесте сызылады.
2. Штангенциркульмен сақинаның ішкі және сыртқы диаметрі өлшенеді. Сақинаны штангенциркульмен майыстырып алмай өлшеп алу керек. Содан кейін ішкі және сыртқы диаметрдің орташа мәндері есептеледі.
3. Сақинаның бетін кірден, майдан тазарту керек.
4. Тәжірибенің басында және соңында сұйықтың температурасын өлшеп алу керек. Себебі α температураға сезімтал келеді.

5. Зерттелінетін сұйық құйылған ыдыс сақинаның астына орналастырылады. Сақинаның түп жағы сұйықтың бетімен жанасқанша сұйық құйылған ыдыс жоғары көтеріледі. Шкаланың бойынан көрсеткіштің орнын (1) белгілейміз.
6. Сақина сұйықтың бетінен үзілгенге дейін ыдыс тұрған тақтайшаны жайлап төмен түсіреміз. Ыдыс орналасқан тақтайшаны төмен түсіру кезінде көрсеткіш қозғалысын мұқият қадағалай отырып сақинаның сұйықтан үзілген мезеттегі орнын белгілеп (2) аламыз.
7. (4) мәнін анықтаймыз.
8. Сақинаны тазалап сүртіп, судан алып қоямыз және (5) тармақтардағы бақылауды үш рет қайталап, серіппе созылуының орташа мәнін есептейміз.
9. Серіппе қабыршақ үзілген мезеттегі көрсеткіштің орташа қалпына дейін $\alpha < l > \alpha$ созылғанша сақинаға гіртастар салынады.
10. Зерттеліп отырған сұйықтың тәжірибеде жүргізілген температурадағы беттік керілу коэффициентін (1)-ші формуламен есептейміз.
11. Беттік керілу коэффициентін α анықтағанда жіберілген абсолют және салыстырмалы қателерді мына формуламен анықтаймыз:

$$\frac{\Delta \alpha}{\alpha} = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta \pi}{\pi} + 2 \frac{\Delta D}{(D+d)}$$

№	D	d	$\frac{\Delta \alpha}{\alpha}$	$\frac{\Delta P}{P}$	$\varepsilon = \frac{\Delta \alpha}{\alpha} * 100 \%$	$\alpha_{\text{шын}} = \frac{\alpha}{\Delta \alpha}$
1						
2						
3						
Орта мәні						

Бақылау сұрақтары

1. Беттік керілу коэффициенті дегеніміз не? Оның физикалық мағынасы және СИ жүйесіндегі өлшем бірлігі.
2. Сұйықтың бетін ұлғайтқанда істелінетін жұмыс неге жұмсалады?
3. Сыртқы күштер әсер етпеген сұйық тамшысының пішіні неліктен шар тәріздес болады?

№8 зертханалық жұмыс

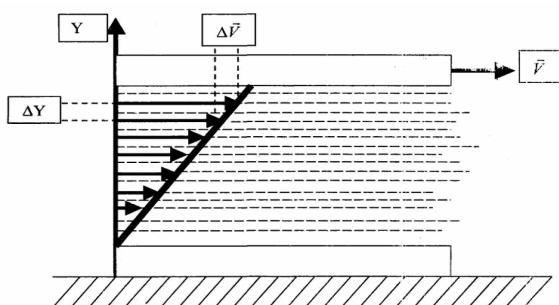
Сұйықтың тұтқырлық коэффициентін Стокс тәсілімен анықтау

Жұмыстың мақсаты: қарастырылып отырған нәсілдің теориясымен танысу, өлшеу әдістерін меңгеру және кейбір себептердің эксперимент нәтижесіне тигізетін ықпалына талдау жасау.

Қажетті құрал-жабдықтар: таянышқа орнатылып, ішіне зерттелетін сұйық құйылған цилиндр пішінді шыныыдыс, масштабты сызғыш, кішкене металл шарлар, секундөлшегіш.

Теориядан қысқаша түсінік

Тұтқырлық (ішкі үйкеліс) деп, аққыш денелердің (сұйық пен газдың) бір қабатынан екінші қабатына дененің орынауыстыруына кедергі жасайтын қасиетін айтамыз.



Сұйықтың жоғарғы және төменгі қапаттарын өзара параллель жазық екі пластина және ол сол сияқты жұқа қапаттардан тұрады деп қарастырайық. (1- сурет). Егер жоғары пластинаны, төменгі пластинаға қатысты солдан оңға қарай жылжытсақ, онда оған жабысқан сұйық молекулалары пластинамен бірге дәл сондай

жылдамдықпен қозғалады. Бұл молекулалар келесі қапаттың молекулаларын

1-сурет

іліестіреді де, процесс осылайша одан әрі жалғаса береді. Төменгі пластинаға жанасып жатқан молекулалар қабаты тыныштықта болады да, басқа қапаттар бірінің бетімен бірі сырғи отырып, орын ауыстырады. Төменгі қапаттан алыстаған сайын молекулалар қабатының жылдамдығы арта түседі. Сұйықтың тұтқырлығы жанасқан қапаттардың бір-біріне қарағанда ығысуына кедергі жасайтын күштің пайда болуы нәтижесінде байқалады. Бұл күштің табиғатын былай түсіндіруге болады: *әртүрлі жылдамдықпен қозғалған сұйық қапаттары бір-бірімен молекулалар ауысады*. Сонда жылдам қозғалатын қапаттағы молекулалар біраз қозғалыс мөлшерін баяу қозғалатын қапатқа береді. Ал баяу қозғалатын қапаттан шапшаң қозғалатын қапатқа өткен молекулалардың қозғалыс мөлшері артады. Соның нәтижесінде шапшаң қозғалатын молекулалар жылдамдығы баяулайды. Ал, ішкі үйкеліс күші сұйыққа баттарының қозғалу жылдамдықтарын теңестіруге тырысады. Сұйықтың тұтқырлығынан пайда болған кедергінің шамасы сұйық қапаттары жылдамдықтарының айырымына және олардың ара қашықтығына байланысты болады. Бір қапаттан екінші қапатқа өткен сұйық жылдамдығының өзгерісі артқан сайын, ішкі үйкелістің шамасы да артады. Сұйықтың көршілес екі қабатының жылдамдықтар айырымы сол қапаттардың жылдамдық бағытына түсірілген нормаль бойымен есептелінген ара қашықтығына ΔY қатынасының шегі:

$$\lim_{\Delta Y \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta V}{\Delta Y} \right) = \frac{dV}{dY}$$

Жылдамдық градиенті деп аталады.

Ламинарлық (құйынсыз) ағыста сұйықтың екі қабатының арасына әсер ететін ішкі үйкеліс күші олардың жанасу бетінің ауданы мен жылдамдық градиентіне тура пропорционал болады:

$$F = \eta \cdot S \left(\frac{dV}{dY} \right) \quad - \text{Ньютон формуласы} \quad (1)$$

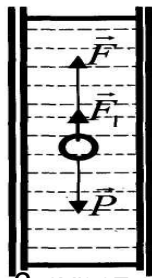
Мұндағы сұйықтың табиғатына және оның күйіне (мысалы температурасына) байланысты болатын шама η – ішкі үйкеліс коэффициенті немесе динамикалық тұтқырлық коэффициенті деп аталады.

Сұйықтың динамикалық тұтқырлығының, тығыздығына қатынасын кинематикалық тұтқырлық деп атаймыз: $\nu = \eta / \rho$

Егер (1) формуладан $dV/dY=1$ және $S=1$ деп алсақ, онда $\eta = F$. Яғни тұтқырлық, сан жағынан, бір-бірімен салыстырғанда жылдамдық градиенті бірге тең қозғалыстағы екі қабаттың жанасу бетінің әрбір бірлік ауданында пайда болатын ішкі кедергі күшіне тең. СИ жүйесінде тұтқырлық бірлігі үшін модулі 1 м/с жылдамдық градиенті 1м жана су бетінде 1Н ішкі үйкеліс күшін туғызатын тұтқырлық алынады. Бұл бірлік Паскаль-секунд (Па·с) деп аталады. Тұтқырлық коэффициенті температураға тәуелді. Сұйық пен газ үшін бұл тәуелділіктің елеулі айырмашылығы бар. Сұйық температурасы жоғарылаған сайын оның тұтқырлығы күрт азаяды. Газда керісінше, температура жоғарылаған сайын тұтқырлық коэффициенті артады. η коэффициентінің температураға байланысты бұлай өзгеруін сұйық пен газдың ішкі үйкеліс механизмінің әртүрлі болуынан деп түсіну қажет.

Кішкене шардың сұйық ішіндегі қозғалысы.

Сұйықтың тұтқырлық коэффициентін кішкене шардың тұтқыр ортадағы қозғалысы (Стокс тәсілі) бойынша анықтауға болады. Енді кішкене шардың тыныштықта тұрған тұтқыр сұйықтағы еркін түсуін қарастырайық (2-сурет). Бұл жағдайда оған үш күш әсер етеді:



2-сурет
шардың

$$P = mg \frac{\pi d^3 \rho g}{6} \quad (2)$$

Ауырлық күші:

мұндағы d – кішкене шардың диаметрі, P - кішкене

тығыздығы, g -еркін түсу үдеуі.

$$\text{Кері итеруші күш (Архимед заңы бойынша):} \quad F_1 = \frac{\pi d^3 \rho_1 g}{6} \quad (3)$$

мұндағы ρ_1 - сұйық тығыздығы.

Сұйық қабаттардың арасындағы ішкі үйкеліс күшінің әсерінен пайда болатын, қозғалысқа қарсы бағытталған күш кедергі күші. Кішкене шардың бетіне жанасып тұрған сұйық қабат оған жабысады да, шармен бірге сондай жылдамдықпен қозғалады. Шарға жақын, іргелес жатқан сұйық қабаттары да қозғалысқа келеді. Бірақ кішкене шардан алыстаған сайын, сұйық қабаттарының жылдамдығы азая береді. Сондықтан ортаның кедергі күшін есептегенде, сұйық пен кішкене шар арасындағы үйкелісті ескермей-ақ, сұйық қабаттарының арасындағы үйкелісті есепке алу керек. Тәжірибе ортаның кедергі күші дененің қозғалыс жылдамдығына, оның геометриялық пішініне, сызықтық өлшемдеріне, бетінің күйіне және ортаның тұтқырлығына байланысты болатынын көрсетеді. Егер кішкене шар жан-жаққа шексіз жайылып жатқан сұйық ішінде, ешқандай құйын тудырмай (түсу жылдамдығы аз кішкене шар) түсетін болса онда Стокстың есептеуі бойынша кедергі күші мынаған тең:

$$F = 3\pi * \eta * v * d \quad (4)$$

мұндағы η - сұйықтың тұтқырлық коэффициенті, v - кішкене шардың жылдамдығы, d - оның диаметрі.

Үш күш те вертикаль бойымен: ауырлық күші төмен, ал кері итеруші күш пен кедергі күші жоғары қарай бағытталған. (2 - сурет)

Бастапқы кезде кішкене шардың жылдамдығы арта түседі оның жылдамдығы артқан сайын кедергі күші де артады. Сәлден соң, ауырлық күшін (P), F және F_1 күштердің қосындысы теңгереді. Сол мезеттен бастап, барлық күштердің қорытқы күші нөлге теңеледі, яғни:

$$P - (F_1 + F) = 0 \quad (5)$$

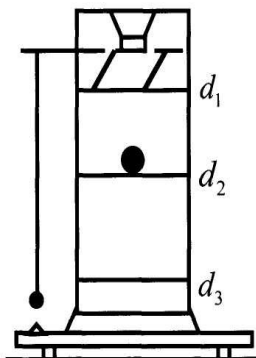
Әрі қарай кішкене шар $v = v_0$ жылдамдықпен бір қалыпты қозғалады. Мұндағы, тұтқырлық коэффициентін (5) формуладағы P, F_1 және F шамаларының мәндерін қойып төмендегіше табуымызға болады:

$$\frac{1}{6} \pi d^3 g \rho = 3\pi \eta v d + \frac{1}{6} \pi d^3 \rho_1 g \quad \text{немесе:}$$

$$\frac{1}{6} (\rho - \rho_1) \pi d^3 g = 3\pi \eta v d$$

бұдан:

$$\eta = (\rho - \rho_1) \frac{d^2 g}{(18v)}$$



Кішкене шардың жылдамдығын l / τ қатынасымен ауыстырсақ (мұндағы l - жол, τ - шардың бір қалыпты түсу уақыты), тұтқырлық коэффициентін есептеуге мүмкіндік беретін төмендегі өрнекті табамыз:

$$\eta = \frac{d^2 g \tau (\rho - \rho_1)}{(18l)} \quad (6)$$

Бұл формуланы диаметрі кішкене шар диаметрінен бірнеше есе үлкен цилиндр пішінді ыдыстың ортасы арқылы өтетін түзудің бойымен түскен кішкене шар үшін

ғана пайдалануға болады. Осы теңдіктің оң жағында тұрған физикалық шамаларды анықтап,

3-сурет тұтқырлық коэффициентін табуға болады.

Стокс тәсілімен сұйықтың тұтқырлық коэффициентін анықтауға арналған прибор ішіне зерттелетін сұйық (глицерин немесе кастор майы және т.б.) құйылған, таянышқа бекітілген цилиндр пішіндес ыдыстан тұрады (3-сурет). Реттеуіш бұрандалар мен тіктеуіштің көмегімен цилиндр пішіндес ыдыс вертикаль орналастырылады. Цилиндр сыртқы бетіне горизонталь сақина түрінде (d_1, d_2, d_3) үш белгі түсіріледі (1-екі белгінің ара қашықтығы).

Шар бір қалыпты қозғала бастайтын деңгей сұйық бетінен 5-8 см төменге сәйкес келеді. Лабораториялық жұмысты орындау үшін ұсақ болат немесе қорғасын шарлар пайдаланылады.

Жұмысты орындау реті.

1. Кішкене үш шардың диаметрі микрометр көмегінде анықталады. Әрқайсысының диаметрін әр түрлі бағыт бойынша үш рет өлшеп, оны 1-кестеге жазамыз.

2. Шарды сұйыққа жай ғана тастап, оның түсуі алдында бақылаушының көзі мен жоғарғы белгі бір горизонталь түзудің бойында орналасуына назар аудару қажет. Шар жоғарғы белгінің тұсынан өте берген кезде секундөлшегішті қосамыз. Сол мезетте, бақылауда дәл жоғарыдағыдай тәсілмен кішкене шардың екінші белгіден өтуін қадағалаймыз, секундөлшегішті тоқтатамыз. Шардың түсу уақытын кестеге жазамыз.

1- кесте

Шар	Шардың диаметрі (мм)	Шардың орташа диаметрі	Шардың түсу уақыты	Белгілердің ара қашықтығы	Тұтқырлық коэффициенті
		$D_{орт}, мм$	$\tau, с$	$l, м$	$\eta, Па \cdot с$
1					
2					
3					

3. Масштабты сызғыштың көмегімен белгілердің ара қашықтығы 1 мм-ге дейінгі дәлдікпен өлшенеді.

4. Егер бақылаушы шардың екінші белгіден өтетін мезгілін байқамай қалса, онда бақылауды одан әрі жалғастырып, секундөлшегішті үшінші белгіден өту уақытында тоқтату қажет.

5. Үшінші белгі осы жұмыста пайдаланылатын шардың шекті шамаларын өлшеу үшін де қажет. Шар бірінші және екінші белгіден өту уақытында бірінші секундөлшегіш, ал екінші және үшінші белгіден өтуінде екінші секундөлшегіш қосылып-тоқтатылады. Егер шардың d_1, d_2 және d_2, d_3

белгілері арасындағы жылдамдығы бірдей болса, онда өлшемдері осындай шарды пайдалануға болады. Ал, бұл шарт орындалмаса, онда өлшемдері кіші шар алу қажет.

Өлшеу нәтижелерін өңдеу үшін әрбір кішкене шардың тұтқырлық коэффициенті (6) формула көмегінде есептеледі. Соң бөлме температурасындағы тұтқырлық коэффициентінің тәжірибе үстіндегі орташа мәні есептеледі. Мұндағы ізделінетін сұйық, яғни глицерин немесе күнбағысмайы мен қорғасын тығыздықтарын қосымшадағы 2-3 кестелерден аламыз.

Бақылау сұрақтары:

1. Газдардағы тасымалдау заңы.
2. Стокс заңы.
3. Диффузия құбылысы.
4. Тұтқырлық коэффициентін формулада қорытып шығару.
5. Сұйықтардың ішкі үйкелісі.

№ 9 зертханалық жұмыс

Тамшыны санау әдісімен сұйықтың беттік керілу коэффициентін анықтау.

Жұмыстың мақсаты: тамшыны санау арқылы әр түрлі сұйықтардың беттік керілу коэффициенттерін анықтау.

Қажетті құрал-жабдықтар: шөлмекті 2 дана бюретка, 2 - дана стакан, зерттелетін сұйықтар: су, глицерин т.б сұйықтар.

Теориядан қысқаша түсінік



Сұйықтың беткі қабатында және белгілі бір көлем ішіндегі молекулалардың энергетикалық күйлері түрліше болады. Сұйық беті жиегінің ұзындық бірлігіне әсер ететін беттік керілу күші *беттік керілу коэффициенті* деп аталады. Оның өлшем бірлігі дин/см (1 дина = 10^{-5} Н). Беттік керілу коэффициентін анықтау үшін жиіішке вертикаль түтік ұшында тамшының түзілуі мен үзілуін пайдаланған жөн.

Бұл тәжірибеде тамшының үзілуіне әсер ететін күшті анықтау қажет. Егер сұйық вертикаль түтіктің төменгі ұшынан баяу ағатын болса, онда үзілу мезгілінде пішіні 1-суреттегідей тамшы түзіледі. Беттік керілу коэффициентін σ әрпімен белгілесек, онда беттік керілу күші мынаған тең:

$$f = 2\pi r \cdot \sigma$$

Мұндағы $2\pi r$ - үзілу уақытындағы тамшы мойнының периметрі. Тамшы үзілерде жібермей ұстап тұрушы беттік керілу күші сол тамшының ауырлық күшіне теңеледі.

$$P = 2\pi r \cdot \sigma \quad (1)$$

Бұдан,

$$\sigma = \frac{P}{2\pi r} = \frac{\frac{mg}{N}}{2\pi r} = \frac{mg}{2\pi r N} \quad (2)$$

Тамшы мойнының ұшы түтік ұшының радиусынан біршама кіші болады. Түтік ұшы радиусына нықтау өте қиын. Сондықтан радиусты анықтау қажет болмайтын мынадай тәсіл пайдаланылады.

Айталық, кез-келген бір V көлемде белгілі бір сұйықтың n_1 тамшысы және дәл сондай көлемде екінші бір сұйықтың n_2 тамшысы болсын. Олардың меншікті салмақтарын d_1 және d_2 дейік. Сонда:

$$n_1 P_1 = d_1 V \quad n_2 P_2 = d_2 V \quad (3)$$

(3) P_1 мен P_2 -ні 1-ші өрнек арқылы өрнектесек онда (3) - орнына мынадай теңдік жазуға болады:

$$n_1 \cdot 2\pi r \cdot \sigma_1 = d_1 \cdot V \quad n_2 \cdot 2\pi r \cdot \sigma_2 = d_2 \cdot V \quad (4)$$

Бұдан:

$$V = \frac{n_1 2\pi r \sigma_1}{d_1} \quad V = \frac{n_2 2\pi r \sigma_2}{d_2}$$

Осыған орай:

$$\frac{n_1 2\pi r \sigma_1}{d_1} = \frac{n_2 2\pi r \sigma_2}{d_2} \quad (5)$$

сонда,

$$\text{жақтары да өзара тең} \quad \frac{n_1 \cdot \sigma_1}{d_1} = \frac{n_2 \cdot \sigma_2}{d_2}$$

болады.

Егер сұйықтардың меншікті салмақтары белгілі болса және көлемдері бірдей екі сұйықтың біреуінің беттік керілу коэффициенті белгілі болса, онда екінші сұйықтың беттік керілу коэффициентін анықтауға болады. Ол (5) теңдеу бойынша, мынаған тең болады:

$$\sigma_2 = \frac{n_1 \cdot \sigma_1 \cdot d_2}{d_1 \cdot n_2} \quad (6)$$

мұндағы, $d_1 = \rho_1 g$ -судың меншікті салмағы

ал $d_2 = \rho_2 g$ глицериннің(зерттелетін сұйықтың) меншікті салмағы

Меншікті салмақтың өлшем бірлігі $[d] = \text{н/м}^3$

ρ_1 және ρ_2 – су мен глицериннің бөлме температурасындағы тығыздықтары $[\rho] = \text{кг / м}^3$

σ_1 – судың бөлме температурасындағы беттік керілу коэффициенті:

$[\sigma_1] = \text{Н/м}$

Жұмысты орындау реті:

Бюреткалардың біріне беттік керілу коэффициенті мен меншікті салмағы белгілі сұйық (су) құйылады.

Екінші бюреткаға зерттелетін сұйық құйылады. Сұйықты баяу тамшылата ағызып, белгілі бір көлемге сәйкес тамшы санын санап аламыз (мұны алдымен белгілі сұйық үшін, сонан соң екінші белгісіз сұйық үшін жасау қажет).

Тәжірибені әрбір сұйық үшін, 5 реттен қайталаймыз.

n_1 мен n_2 –нің орташа мәндерін және кестеден d_1 мен d_2 мөлшерін тауып (6)-формула бойынша беттік керілу коэффициентін есептейміз. Δn_1 мен Δn_2 – орташа абсолютті қателерді анықтай отырып орташа абсолюттік қате $\Delta \sigma$ мен орташа салыстырмалы қатені- ε анықтау қажет.

$$\varepsilon = \frac{\Delta \sigma}{\sigma} \cdot 100\%$$

Бұл жұмысты жасау үстінде есептеу формулаларына қажетті тұрақтылар мен сан мәндерді қосымшадағы кестелерді пайдалана отырып табамыз.

Өлшеу нәтижелерін төмендегі 1-кестеге жазамыз:

1- кесте

N	n_1	n_2	Δn_1	Δn_2	$\sigma_1, \text{Н/м}$	$\sigma_2, \text{Н/м}$	$\Delta \sigma / \sigma \cdot 100\%$
Орта Мәні							

Бақылау сұрақтары.

1. Беттік керілу күші, беттік керілу коэффициенті дегеніміз не ?
2. Беттік керілу коэффициентінің өлшем бірлігі қандай?
3. Беттік керілу коэффициенті сұйықтың тығыздығына тәуелдіме?

№10 зертханалық жұмыс

Ассман психрометрi көмегімен ауаның ылғалдылығын анықтау.

Жұмыстың мақсаты: ауа ылғалдылығын зерттеу және оны анықтау.

Қажетті құрал-жабдықтар: гигрометр, психрометр, термометр (0 - 100° С дейінгі) эфир, резенке су бүріккіш.

Теориядан қысқаша түсінік.

1 м³ ауадағы, су буының мөлшері (граммдарда) абсолют ылғалдылық деп аталады.

Дальтон заңы бойынша газ қоспасының қысымы, сол қоспаны құраушы жеке газдардың қысымдарынан тұрады. Осыған орай, атмосфералық қысымда ауадағы бу қысымының да үлесі болады. Ол қысым немесе су буының серпімділігі ауаның абсолют ылғалдылығын да сипаттайды (мм. сын. бағ-да) Егер, абсолют ылғалдылықты 1 – деп белгілесек, онда:

$$lh_{гг}/м^3 = \frac{1,06}{1+\alpha t} * lh_m \quad \text{мм. сын. бағ.}$$

Мұндағы, 1 г/м³ - өлшем бірлігіндегі абсолют ылғалдылық, ал 1 мм. Сын. бағ - сынап бағанасы бірлігіндегі абсолют ылғалдылық.

Бұл теңдеу олар арасындағы байланысты көрсетеді. $t^0 = 16,5^0 \text{C}$ болғанда, теңдеудегі 1 – ауаның ұлғаю температуралық коэффициенті $\alpha = 0,00366$ болса:

$$\frac{1,06}{1+\alpha t} = 1 \quad \text{сонда} \quad lh_{гг}/м^3 = l \quad \text{мм.сын.бағ.}$$

Осыны ескеретін болсақ температураның кіші мәндеріндегі г/м³ өлшемдегі абсолют ылғалдылық сан мәні бойынша ауадағы будың мм. сын. бағ. өлшеміндегі серпімділігінен айырмашылығы өте аз болады.

Берілген температурадағы 1м³ ауаны қанықтырушы будың граммдардағы мөлшері максимал ылғалдылық-(Е) деп аталады.

Ауаның ылғалдылық дәрежесін анықтау үшін ондағы су буы қаныққан күйге жақын немесе қанықпаған екендігін білу маңызды. Осы мақсатта салыстырмалы ылғалдылық ұғымы еңгізілген.

Ауадағы абсолют ылғалдылықтың - l, берілген температурадағы максимал ылғалдылыққа қатынасына тең пайызбен өрнектелетін шаманы ауаның салыстырмалы ылғалдылығы - f деп атайды.

$$f = \frac{l}{E} * 100 \% \quad \text{немесе} \quad f = \frac{P}{P_k} * 100 \% \quad (1)$$

мұндағы: P – ауадағы су буының қысымы, ал P_к – қаныққан бу қысымы. Атмосфералық ауаның салыстырмалы ылғалдылығы неғұрлым аз болса соғұрлым әр түрлі су қоймаларындағы, өсімдіктердегі, адам организміндегі судың булануы жылдам жүреді.

Салыстырмалы ылғалдылық тек ауадағы су буының мөлшеріне ғана емес, сондай – ақ температураға да байланысты. Егер ауадағы су буының мөлшері өзгермесе, онда температура төмендегенде салыстырмалы ылғалдылық артады. Бұл ауаның температурасы

төмендеген сайын, су буының қанығуға жақын болатындығының белгісі. Температура шық нүктесі деп аталатын нүктеге жеткен кезде бу қанығады, яғни $p = p_k$. Одан әрі салқындау будың жартылай конденсациялануына әкеледі. Егер ауаның температурасы шық нүктесінен сәл төмен болса, бу конденсациялана бастайды: тұман түсіп және әр түрлі нәрселерде шық тамшылары пайда болады. Бұл жағдайда судың булану және будың конденсациялану процесі бірдей қарқында өтеді.

Бу (газ) қаныққан күйге өткендегі, ал салыстырмалы ылғалдылығы 100% - ға тең болған кездегі температураны - шық нүктесі деп атайды.

Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы гигрометр және Ассман психрометрі құралдарының көмегінде екі әдіспен анықталады, ал оны, есептеу үшін белгілі бір температурадағы p_k - қаныққан бу қысымының кестелік мәндері пайдаланылады.

Ол үшін: 1) ауаның температурасын өлшеп, кесте бойынша осы температураға сәйкес келетін қаныққан будың қысымын табу қажет.

2) шық нүктесін анықтап, кесте көмегінде ауадағы су буының қысымы анықталады.

3) (1) - формула бойынша ауаның салыстырмалы ылғалдылығы есептеледі.

1. Ауа ылғалдылығын гигрометр көмегінде (шық нүктесін анықтау әдісімен) табу.

Ауадағы су буының шық нүктесін анықтау үшін Ламбрехтің конденсациялық гигрометрін пайдаланамыз. Ол негізінен беткі қабырғасы жылтыр, металл Р-резервуардан тұрады. (1-сурет)

Жұмысты орындау реті.

1. Гигрометр сақинасы мен жылтыр қабырғасын тазалап, камераға термометр түйіні батып тұратындай мөлшерде эфир құямыз.

2. Ауа температурасын- t өлшеп, жазып аламыз.

3. Медициналық бүріккіштің көмегімен эфир арқылы ауа ағынын үрлей отырып, камера қабырғасының жылтыр беті, сақина бетімен салыстыра бақылауға алынады. Шық пайда боуымен термометрдің - T_1 , көрсеткішін жазып алып, үрлеуді тоқтатамыз, сондай-ақ камераның жылтыр бетін бақылауды жалғастырамыз да, ондағы эфирдің толық жоғалу сәтіне сәйкес- T_2 температурасын жазып аламыз.

Шық нүктесі осы екі температуралардың орташа мәні ретінде анықталады:

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

4. Қосымшадағы кестенің көмегінде T -температураға сәйкес қаныққан су буының серпімділігін анықтаймыз. Бұл шама 1 –абсолют ылғалдылыққа тең болады.

5. Тағы да сол кестенің көмегінде, $t^{\circ}C$ - ортаның температурасына сәйкес қаныққан су буының серпімділігі-Е анықталады.

6. $f = \frac{l}{E} * 100\%$ формуласы көмегінде ауаның салыстырмалы ылғалдылығы есептеледі.

Өлшеулер 5-реттен аз болмауы тиіс және алынған нәтижелер төмендегі кестеге енгізілуі қажет.

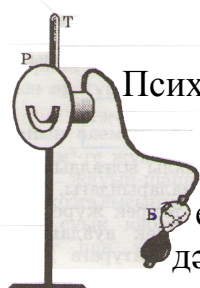
Кесте 1

Тәжіриб е реті	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	t (°C)	l (мм.сын.бағ.)	E (мм.сын.бағ.)	f (%)	Δf
1							
2							
3							
4							
5							
Орташа мәні							

f – тің мәнін $f = \bar{f} \pm \Delta \bar{f}$ көрінісінде жазыңыз.

2. Ауаның ылғалдылығын Ассман психрометрi көмегінде анықтау.

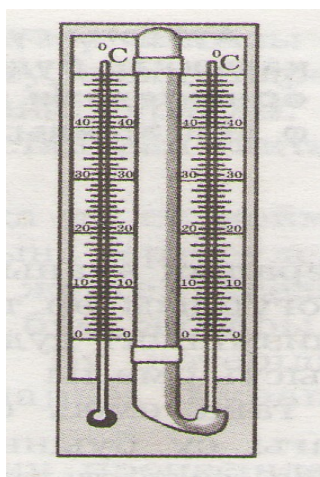
Ауаның ылғалдылығын жылдам анықтау үшін, көп жағдайларда психрометрлерді қолданады. (2-сурет). Психрометр бірдей екі термометрден тұратын құрал.



Жұмыс үстінде олардың біреуі-кұрғақ күйде болса, екіншісінің ұшы дистилденген сумен ылғалдандырылған дәкемен оралады. Дәкедегі судың булануынан термометрлердің көрсеткіші әр түрлі болады.

Психрометрдегі судың булануы, құрал қорабының жоғарысында орналасқан желдеткіш көмегіндегі ауа ағынымен үдей түседі.

Термометрлер көрсеткіштерінің айырмашылығы бәтестің булану қарқындылығына яғни, қоршаған ауаның ылғалдылығына тәуелді.



Жұмысты орындау реті.

Психрометрдің көмегінде сулап (бәтес суды сорып алған соң, онда артық су қалмағандығын қадағалау қажет), оны вертикаль күйде бақылаушының тыныс алуы әсер етпейтіндей қашықтықта ұстап тұрамыз.

2. Желдеткіштің серіппелі механизмі жұмысқа түсіріліп, термометр көрсеткіші бақылауға алынады.

3. Термометрлер көрсеткіші тұрақталғаннан соң, оны жазып аламыз.

4. Ауаның абсолют ылғалдылығы төмендегі психрометрлік - **Ренью формуласы** көмегінде анықталады.

$$l = E_1 - \alpha(t - t_1) * H \quad (2)$$

мұндағы: t - құрғақ термометрдегі температура

t_1 - «ылғал» термометрдегі температура.

E_1 - кесте бойынша t_1 - температурадағы қаныққан су буының серпімділігі

H - лабораториядағы барометрлік қысым

α - әрбір психрометр үшін тәжірибе жүзінде анықталушы және ауаның қозғалыс жылдамдығының функциясы болып табылатын психрометрлік коэффициент. Бұл жұмыста оның мәнін төмендегідей етіп алуымызға болады:

- ауа тұрақтылығы шағын бөлмелер үшін $\alpha = 0,0011,3$ град⁻¹.

- ауасы аздап қозғалыста болатын үлкен, бөлмелер үшін $\alpha = 0,001$.

$$f = \frac{l}{E} * 100\%$$

5. формуласы көмегінде ауаның салыстырмалы ылғалдылығы анықталады;

мұнда: 1-жоғарыдағы анықталған ауаның абсолют ылғалдылығы ал E -қоршаған ауа температурасындағы - t , қаныққан су буының серпімділігі.

6. Өлшеулер 5-реттен аз болмауы тиіс және алынған нәтижелер төмендегі кестеге енгізілуі қажет.

Кесте 2

Тәжірибе реті	E_1 мм. сын. бағ.	t (°C)	t_1 (°C)	l (мм.сын.бағ.)	E (мм.сын.бағ.)	f %	Δl	Δf
1								
2								
3								
4								
5								
Орташа мәні								

Бақылау сұрақтары:

1. Абсолют және салыстырмалы ылғалдылық дегеніміз не?
2. Абсолют ылғалдылықтың бірліктері және олар арасындағы байланыс.
3. Шық нүктесі
4. Гигрометр мен психрометрдің құрылысы
5. Ауа ылғалдылығын гигрометр көмегінде анықтау.
6. Ауа ылғалдылығын психрометр көмегінде анықтау.

№11 зертханалық жұмыс

Ауаның жылу сыймдылығының қатынасын анықтау

Мақсаты: Тасымал құбылыстар және олардың өту шарттарымен танысу; Тасымал коэффициентін анықтап, оны молекула-кинетикалық теория негізімен алынған мәнімен салыстыру.

Тасымал құбылыстар-массаның (диффузия), энергияның (жылу өткізгіштік) және молекулалардың, импульстің (ішкі үйкеліс және динамикалық тұтқырлық) тасымалы нәтижесінде тепе-теңдіктің орнығу процесін айтады.

Бұл процестер тепе-теңсіз жүйелерде, яғни жүйеде тығыздық градиенті dp/dx , температура градиенті dT/dx және бөлшектердің жылдамдық градиенті du/dx , болған жағдайда молекулалардың жылулық қозғалысы салдарынан орындалады.

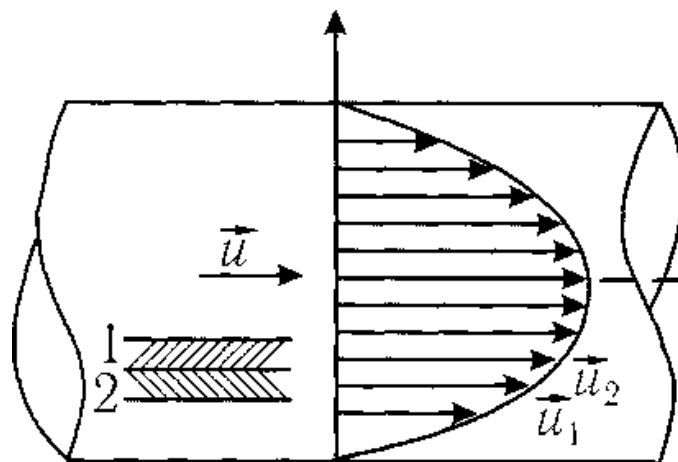


Рис. 1

Тұтқырлық құбылысы кезінде ағынның жылдамырақ қозғалатын бөлігінен баяуырақ қозғалатын бөлігіне импульстің тасымалдануы орын алады. Сұйықтың немесе газдың тасымалдануы кезінде (мысалы, түтікше ішімен) оның қабаттарының жылдамдықтары әртүрлі болады: ламинарлы ағыс кезіндегі жылдамдықтардың бір ось бойымен таралуы 1-суретте келтірілген (тілше ұзындығы сол бөліктегі жылдамдық шамасын көрсетеді). Бұл құбылыстың орын алуы бейберекет (хаосты) жылулық қозғалыстағы молекулалар бір қабаттан екінші қабатқа өтуі мен басқа молекулалармен үздіксіз соқтығысуы салдарынан импульстерімен алмасуы нәтижесінде болады. 2-қабаттың молекулалары 1-қабатқа өткенде өзінің бағытталған қозғалысының $m_0 \bar{u}_2$, импульсін тасымалдайды, ал 2-қабатқа импульсі төмендеу $m_0 \bar{u}_1$ молекулалар өтеді. Нәтижесінде 2-қабат сәл тежеледі, ал 1-қабат үдей түседі. Тәжірибелер көрсеткендей бір қабаттан екінші қабатқа S бет арқылы берілетін dp импульс жылдамдық градиентіне, S бет ауданы және dt тасымал уақытына тура пропорционал болады:

$$dp = -\eta \frac{du}{dx} S dt.$$

Нәтижесінде қабаттар арасында ішкі үйкеліс күші (Ньютон заңы) пайда болады:

$$F = \left| \frac{d\vec{p}}{dt} \right| = \eta \frac{du}{dx} S, (1)$$

мұндағы η – ортаның тұтқырлық коэффициенті.

Идеал газ үшін тұтқырлық коэффициенті:

$$\eta = \frac{1}{3} \lambda \nu \rho. (2)$$

Молекулалардың еркін жүру жолының орташа ұзындығы:

$$\lambda = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi d^2 P}, (3)$$

мұндағы $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ – Больцман тұрақтысы,

d – молекулалардың эффективті диаметрі (ауа үшін $d \cong 4 \cdot 10^{-10} \text{ м}$),

T, P – сәйкесінше газдың температурасы мен қысымы.

Молекулалардың жылулық қозғалысының орташа жылдамдығы:

$$\nu = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}, (4)$$

Мұндағы: $R = 8,31 \text{ Дж/моль К}$ – универсаль газ тұрақтысы

M – бір моль газдың массасы (ауа үшін $M = 28,9 \text{ г/моль}$).

Идеал газ күйінің теңдеуінен газдың тығыздығы

$$\rho = \frac{PM}{RT}. (5)$$

Ламинарлы ағысы кезінде радиусы r және ұзындығы L түтікше арқылы t уақыт ішінде ағып өтетін газ немесе сұйықтың көлемі:

$$V = \frac{1}{\eta} \frac{\pi r^4}{8L} \Delta P \cdot t, (6)$$

мұндағы ΔP – капилляр ұштарындағы қысымдар айырмасы.

Ағынғы нормаль S бет арқылы тасымалданатын dQ/dt жылу ағыны тасымал бағытындағы dT/dx температура градиентіне тәуелді (Фурье заңы) болады:

$$q = dQ/dt = -\lambda S \frac{dT}{dx}, (7)$$

Мұндағы λ – идеал газ үшін жылуөткізгіштік коэффициенті

$$\lambda = \frac{1}{3} \rho \lambda \nu C_v (8)$$

Мұндағы $C_v = iR/2M$ – тұрақты қысымдағы меншікті жылу сыйымдылығы, i – число степеней свободы молекулы газа.

№ 12 зертханалық жұмыс Ауаның тұтқырлығын анықтау

Жұмыстың мақсаты: Клеман-Дезорм әдісімен жылу сыйымдылықтарының қатынасын анықтауда газдарда өтетін процесті зерттеу және ауа үшін жылу сыйымдылықтарының қатынасын $(\frac{C_p}{C_v})$ өлшеу.

Қажетті құрал-жабдықтар: су манометрінен, компрессордан, секундомерден, шыны баллоннан тұратын қондырғы.

Теориядан түсінік **Термодинамиканың бірінші бастамасы**

Идеал газдың температурасы dT –ға өзгергенде оның ішкі энергиясының өзгерісі:

$$dU = 0,5 i \nu R dT \quad (1)$$

Мұндағы i –молекулалардың еркіндік дәрежесінің саны –молекулалардың орнын анықтайтын тәуелсіз координаттар саны: егер идеал газ біратомды болса $i=3$; егер идеал газ екіатомды болса $i=5$; егер идеал газ үш немесе көпатомды болса $i=6$.

m/M – зат мөлшері деп аталады.

Заттың мольдік жылу сыйымдылығы (C) деп бір моль газ заттың температурасын $1K$ -ге арттыру үшін оған берілген жылу мөлшерінің шамасын айтады.

$$C = \frac{dQ}{\nu dT}$$

Егер газды тұрақты көлемде ($V = \text{const}$, изохоралық процесс) қыздыратын болсақ, онда оған берілген жылудың барлығы оның ішкі энергиясын арттыруға ($dQ_v = dU$) жұмсалады, сондықтан тұрақты көлемдегі газдың жылу сыйымдылығы:

$$C_v = \frac{1}{2} R i. \quad (2)$$

Егер газды тұрақты қысымда ($P = \text{const}$, изобаралық процесс) қыздырсақ, онда берілген жылу оның ішкі энергиясын өзгертуге және жұмыс жасауға жұмсалады, 1 моль газды осы жағдайларда $1K$ -ге қыздыру үшін ұлғаю жұмысы универсал газ тұрақтысына (R) тең болады, олай болса тұрақты қысымдағы газдың жылу сыйымдылығы мына өрнеппен анықталады.

$$C_p = C_v + R = \frac{i+2}{2} R. \quad (3)$$

Тұрақты қысымдағы (C_p) және тұрақты көлемдегі (C_v) жылу сыйымдылықтардың қатынасы:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i}. \quad (4)$$

Адиабаталық процесс деп қоршаған ортамен жылу алмасусыз өтетін процессті айтады, яғни $\Delta Q = 0$. Сонда адиабаталық процесс үшін термодинамиканың 1-ші бастамасы:

$$dU = -A$$

немесе

$$\frac{m}{M} \frac{i}{2} R dT = -P dV$$

Мұнда : егер газ температурасы төмендегенде ($\Delta T < 0$) адиабаталық ұлғаю ($dV > 0$), ал газ температурасы жоғарыласа ($\Delta T > 0$) онда адиабаталық сығылу ($dV < 0$) процесі жүзеге асады.

Адиабаталық процесті сипаттайтын теңдеу Пуассон теңдеуі болып табылады :

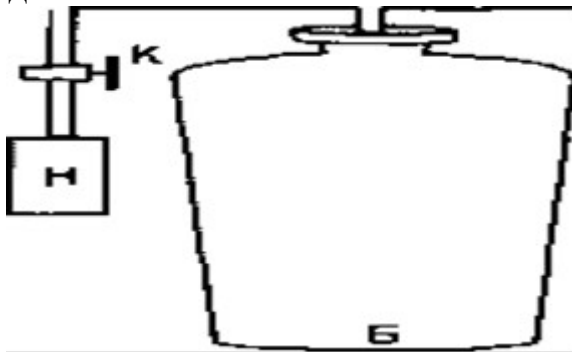
$$PV^\gamma = \text{const.} \quad (5)$$

Изотермиялық процестің теңдеуі (Бойль-Мариотт заңы)

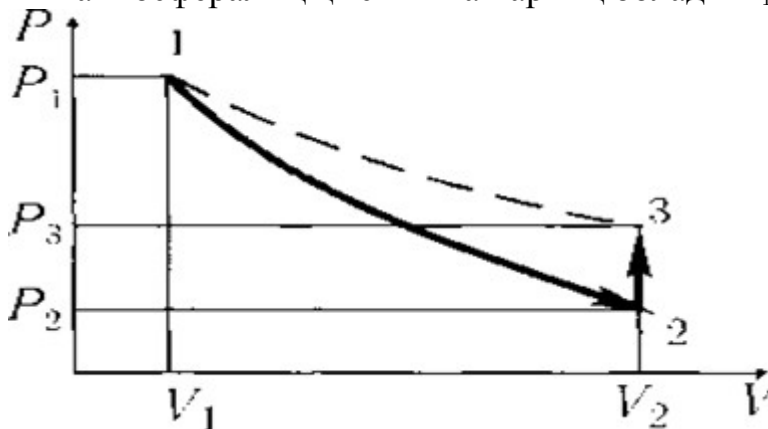
$$PV = \text{const.} \quad (6)$$

Қондырғының сипаттамасы және өлшеу әдісі

Өлшеу жұмыстары Б үлкен шыны баллоннан, Н компрессордан және М сулы манометрден тұратын 1-ші суретте көрсетілген қондырғының көмегімен жүзеге асады. Баллонда компрессормен К краны қосады, K_0 краны баллонды атмосферамен қосады. Клеман және Дезорм (1819ж) әдісіне жақын тәсіл тізбекті түрде адиабаталық және изохоралық процесстерді кеше отырып 1 күйден 2-ші күйге көшетін қандай да бір массалы газдың параметрлерін оқып үйренуге негізделген.



Бұл процестер P-V диаграммасында (2-сурет) сәйкесінше 1-2 және 2-3 қисықтарымен берілген. Баллонға ауа үрлеп, оны қоршаған ортамен жылулық тепе-теңдік орныққанға дейін ұстасақ, онда газдың бастапқы (1) күйіндегі параметрлері P_1, V_1, T_1 және баллондағы газдың температурасы сәйкес келеді, ал қысымы атмосфералық қысымнан артық болады $P_1 = P_0 + P'$.



K_0 кранды ашқаннан кейін баллондағы ауа 2 –ші күйге көшеді. Бұл кезде баллон ішіндегі ауа қысымы атмосфералық қысымға дейін төмендейді ($P_2 = P_0$). Баллон ішінде қалған ауаның массасы 1-күйдегі баллонның көлеміне дейін ұлғаяды және V_2 көлем алады. Бұл кезде баллонда қалған ауаның

температурасы төмендейді. Газ тез ұлғайған жағдайда оның баллон қабырғасы арқылы қоршаған ортамен жылу алмасуын ескермей 1-2 процесті адиабаталық процесс деп санауға болады.

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma = P_0 V_2^\gamma (7)$$

K_0 кранды жапқаннан кейін баллондағы адиабаталық ұлғаю нәтижесінде салықындаған ауа қоршаған ортаның температурасына дейін тұрақты көлемде (2-3 процесс) $V_2 = V_3$ қызады ($T_3 = T_1$). Соның салдарынан баллон ішіндегі ауаның қысымы $P_3 = P_2 + P''$ дейін артады.

Ауаның артық қысымдары (P' және P'') U тәрізді манометрдегі тығыздығы ρ судың деңгейлерінің айырмасымен өлшенеді.

$$7. \quad P' = \rho g H; P'' = \rho g h,$$

Мұндағы H және h сәйкесінше 1-ші және 2-ші күйдегі манометрлердің көрсетуі.

Сонда ,

$$8. \quad P_1 = P_0 + \rho g H, P_3 = P_0 + \rho g h \quad (8)$$

1-ші және 3-ші күйлерде ауа изотермаға жататындықтан :

$$P_1 V_1 = P_3 V_3. \quad (9)$$

7-ші және 9-шы өрнектерден көлемдердің қатынасынан құтылсақ.

$$\frac{P_1}{P_0} = \zeta$$

P_1 және P_2 қысымдарды P_0 қысым арқылы 8.8 ескере отырып өрнектеп, логарифмдесек

$$9. \quad \ln \left(1 + \frac{\rho g h}{P_0} \zeta \right) = \gamma \zeta \zeta$$

$X \ll 1$ болған жағдайда $\ln(1+x) = x$ екендігін ескерсек, келесі түрдегі жұмысшы өрнекті алуға болады.

$$\gamma = \frac{H}{H-h}. \quad (10)$$

Сонымен ауаның жылусыйымдылықтарының қатынасын анықтау үшін (1-2-3) процесі жүзеге асып, газдың сәйкесінше 1 және 3 күйлеріндегі манометрдің көрсетулерін H және h өлшеп алса жеткілікті.

Бірақ , орнықты адиабаталық процесті іске асыру қиын : газ өте тез ұлғайған жағдайдағы процесс орнықты емес, себебі: газдың температурасы мен қысымы көлем бойыншы теңесіп үлгермейді. Адиабаталық процесті баяу іске асыру үшін баллонды қоршаған ортадан жылулық оқшаулау қажет. Біз пайдаланатын қондырғыда газдың t ұлғаю уақыты ішінде оған жылу беріледі. Сондықтан изохорлық қыздыру кезінде ауа қысымы азырыяқ көтеріледі, яғни үесептеу үшін қажет. h' шамасы $h' < h$ кіші болады. Газдың ұлғаю уақытын арттырған сайын h' мәні төмендейді және $t \rightarrow \infty$ болған жағдайда нольге ұмтылады (1-3 изотермиялық ұлғаю). Тәжірибелер көрсеткендей

$$10. \quad h' = h e^{-at}.$$

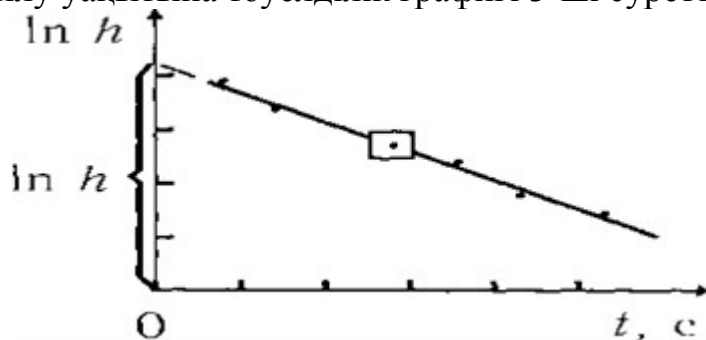
Осы функцияны логарифмдесек, келесідей тәуелділік аламыз.

$$11. \quad \ln h' = \ln h - at, \quad (11)$$

Мұндағы: a -қондырғының тұрақтысы

t - баллон атмосферамен жалғанған кезде өтетін процестің уақыты.

Баллондағы ауаның артық қысымының шекті мәнінің, оның атмосферамен қосылу уақытына тәуелділік графигі 3-ші суретте көрсетілген.



Эксперименттің нәтижелері бойынша график тұрғызып, тәжірибелік түзуді $t=0$ дейін экстраполяциялау арқылы $\ln h$ мәнін анықтауға болады және сол арқылы 10-шы формуладағы үлесітеу үшін қажетті h –тың мәнін анықтауға болады.

1-ші тапсырма. Газдардағы изопроцесті оқып үйрену.

Өлшеулер жүргізу алдында жылусыйымдылықтардың қатынасын анықтау үшін қажет болатын процесті оқып үйрену керек және 1-ші кестедегі келтірілген сипаттамалармен танысуыңыз керек.

1. K_0 кранын жауып, K кранын ашып компрессорды басып, ұстап тұру арқылы баллонға 210...220 мм сынбағ. дейін артық қысым пайда болатындай ауа үрленіз.

2. K кранын жауып баллондағы қысым орныққанға дейін 2-3 минут күтіңіз, бұл ауаның 1-ші күйіне сәйкес келеді. (2-ші графикке қараңыз) H -ты жазып алыңыз.

3. K_0 кранын ашып баллонды атмосферамен жалғап, ондағы қысым теңгергенге дейін K_0 кранын жабыңыз, газдың бұл кездегі күйі 2-ші графиктегі 2-ші нүктеге сәйкес келеді.

4. Баллондағы қысым орнығатын 3-ші күйге жеткенге дейін 2-3 минут күтіп h' мәнін жазып алыңыз.

2-ші тапсырма. Жылусыйымдылықтардың қатынасын анықтау.

1. 1-ші тапсырманың 1,2 пункттерінде сипатталғандай баллонның ішінде H артық қысым тудырыңдар.

2. K_0 кранын ашып, бір мезгілде секундомерді қосып, баллонды атмосферамен жалғаңыз. 5 с бойы K_0 кранды ашық күйде ұстап, оны қайта жабыңыз.

3. Баллондағы қысым орныққанға дейін 2-3 минут күтіп, манометрдің h' көрсетуін жазып алыңыз.

4. Баллонды атмосферамен әртүрлі уақыт ($t=10,15,20,25$ с) қосу арқылы тәжірибені бірнеше рет қайталаңыз. Барлық тәжірибелерде H -тың бастапқы мәні бірдей болуы шарт. Барлық қлшеулердің нәтижелерін 2-ші кестеге толтырыңыз.

5. $\ln h'$ мәнін табыңыз. $\ln h'$ - t координатасына тәжірибелік нүктелерді салыңыз.

6. Алынған түзуді ($t=0$) ордината осьтерімен қиылысқанға дейін түсіріңіз. $\ln h$ шамасын анықтаңыз (3-ші суретке қараңыз).

7. Анықталған $\ln h$ мәні бойынша h -тың мәнін тауып, 10-шы формуланың көмегімен үмәнін есептеңіз.

8. 4-ші өрнекті пайдаланып, ауаны негізінен 2 атомды молекулалардан тұрады деп есептеп, жылу сыйымдылықтардың қатынасының теориялық мәнін ү есептеңіз.

9. Эксперимент нәтижесінде алынған және 4-ші формула көмегімен, теориялық жолмен алынған шамаларды салыстырыңыз және жұмыс бойынша қорытынды жасаңыз.

Бақылау сұрақтары.

1. а) дененің жылу сыйымдылығы; б) газдың меншікті жылу сыйымдылығы; в) газдың молярлық жылу сыйымдылығы дегеніміз не? Олардың өлшем бірліктері қандай?

2. Бұл жылу сыйымдылықтыр неге тәуелді болады?

3. Ауа үшін тұрақты көлемдегі C_v және тұрақты қысымдағы C_p молярлық жылу сыйымдылықтардың шамасы неге тең? $C_p > C_v$ болуының себебін түсіндір.

4. Қандай жылу сыйымдылықтар үшін $C_p = \frac{i+2}{2} R$, $C_p = C_v + R$ қатынастары орынды?

5. Молекулалардың еркіндік жәрежесінің саны дегеніміз не?

6. Адиабаталық көрсеткіштің мәні : а) 2 атомды идеал газ үшін; б) 3 атомды немесе көп атомды идеал газ үшін.

7. Бір атомды немесе екі атомды газдың қайсысы үшін адиабатаның графигі тіктеу болады?

8. Адиабаталық процесс үшін термодинамиканың 1-ші бастамасын жазыңыз.

9. Қандай процесстер $PV = \text{const}$; $PV^\gamma = \text{const}$ өрнектермен сипатталады?

10. а) адиабаталық ұлғаю кезінде; б) адиабаталық сығылу кезінде газдың температурасы мен қысымы қалай өзгереді ?

11. 2-ші суреттегі диаграммада баллондағы ауаның қандай күйлері көрсетілген? А) бөлме температурасындағы ; б) атмосфералық қысымдағы.

12. Баллонда ауаның артық қысымы болған кезде, K_2 қранды ашқанда қандай процесс жүзеге асады?

13. Тәжірибенің барысында адиабаталық ұлғаюдан кейін қандай процесс жүзеге асады?

14. Жұмыста адиабаталық көрсеткішті есептейтін өрнекті есептеу үшін қандай шамаларды өлшеп алу қажет?

15. Жылу сыйымдылықтарының қатынасының мәнін қандай өрнеппен анықтайды : а) тәжірибелік ; б) теориялық.

№13 зертханалық жұмыс

Ауаның молярлық массасын анықтау.

Жұмыстың мақсаты: Ауаның молярлық массасының сандық мәнін сорғылау әдісімен тәжірибеде анықтау; атмосфералық қысымдағы ауа тығыздығын анықтау.

Қажет құрал-жабдықтар : Ауаның молярлық массасын анықтау үшін кондырғы, таразы ВК – 150, түтікшесі және бұрандасы бар шөлмек.

Теориядан қысқаша т түсінік.

Барлық нақты газдар идеал газға жақын болып келеді. Қарапайым жағдайда бөлме температурасында және атмосфералық қысымда жеткілікті ауаның дәлдік дәрежесінде идеал газ деп санауға болады және оған Клапейрон-Менделеевтің теңдеуін қолдануға болады:

$$P V = \frac{m}{\mu} R T \quad (1)$$

P - қысым, V -көлем, T - абсолюттік температура, m - газ массасы, μ - газдың мольдік массасы, R - газ моліне келтірілген газ тұрақтысын көрсететін эмбебап газ тұрақтысы.

Универсал R Авагадро заңынан шығады, оған сәйкес барлық идеал газдардың мольдері бірдей қысымда және температурада бірдей көлемге ие болады. Қалыпты жағдайда ($T=273,16 \text{ K}$, $p_0=1,3013 \cdot 10^5 \text{ Па}=1 \text{ атм}=760 \text{ мм рт.ст.}$) кез келген газдардың молі $V_0=22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ көлемді алады, сәйкесінше универсал газ тұрақтысы СИ жүйесінде тұрақты болып табылады

$$R = \frac{p_0 V_0}{T_0} = 8,314 \frac{\text{Дж}}{(\text{моль} \cdot \text{K})} \quad (2)$$

Сонымен, универсал газ тұрақтысы R тұрақты қысымда газды бір градусқа бір молге қыздырғанда кеңею жұмысына тең.

Клапейрон-Менделеев теңдеуі арқылы R анықтау үшін қысымды, көлемді, температураны және газ массасын өлшеу қажет. Егер алғашқы үш өлшем оңай өзгерсе онда газ массасын дәл өлшеу қиындау болып табылады. Ол үшін газ тола ыдысты өлшеп, кейін одан ауаны сорып алып қайта өлшеу қажет. Ыдыстан ауаның толық шығуы міндетті емес, ыдыстағы ауаның салмағын өзгерткен жеткілікті болып табылады.

Егер көлемі белгілі V ыдыста салмағы m_1 ауа болса атмосфералық қысымда және температурада T . Ыдыстан ауаның бір бөлігін тұрақты температурада сорып аламыз, онда қысым $p_2 (p_1 > p_2)$, ал масса - $m_2 (m_1 > m_2)$ болады. Клапейрон-Менделеев теңдеуін былай жазуға болады

$$\Delta p \cdot V = \frac{\Delta m}{\mu} RT. \quad (3)$$

Мұндағы $\Delta p = p_1 - p_2$ және $\Delta m = m_1 - m_2$.

Бұдан универсал газ тұрақтысы үшін теңдеуді аламыз

$$R = \frac{\mu V (p_1 - p_2)}{T (m_1 - m_2)}, \quad (4)$$

мұндағы $\mu = 28,9 \cdot 10^{-3}$ кг/моль – ауаның молдік массасы.

Клапейрон-Менделеев теңдеуі газдың тағыда бір қасиетін анықтауға мүмкіндік береді. Атмосфералық қысымдағы және бөлме температурасындағы ауаның тығыздығы өрнек бойынша есептеледі

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{p_1 \mu}{RT} \quad (5)$$



1-сурет

Қондырғы сипаттамасы. Қондырғы үстел үстінде тұратын типтегі құрылым, ол құрылғылар 1, пластик шөлмекті қақпақтан 2 тұрады, олар ВК-150 барлық типтерінде орнатылған. Құрылғы блогы қорапты құрылым болып табылады. Онда вакуумметр орнатылған – атмосфералықтан қысымды өлшеу үшін құрылғы, компрессор – газды сорып алу үшін қондырғы. Блоктың беткі бетіне басқару органдары, қоршаған ортаның температурасын

өлшеу үшін термометр орнатылған. Жасыл түйме компрессорды қосқанда қысқа мерзімде басу үшін қызмет етеді. Құрылғы блогының артқы панелінде екі енгізгіш орнатылған. Бір енгізушісі 220 вольт сымды енізуге арналса, екіншісі пластикалық енгізгіш арқылы пластикалық шөлмектен ауаны сорып алу үшін жұмсақ түтікше енгізіледі. Артқы панелдің СГ-5 оймасы арқылы үш электродты температура датчигі қосылады. Пластикалық шөлмек таразыда орналастырылып және хомут көмегімен вакумды түтікшелі компрессормен қосылған. Көтергіш ауаның келуін тоқтату үшін қызмет етеді. Қосалқы шөлмек түтікке қажет болады.

Назар аударыңыз! Жұмысты бастамас бұрын жұмыс тәртібімен толық танысыңыз алдын ала кестені дайындаңыз. Ұзақ жұмыс жасаған кезде компрессор қызады және оны суыту үшін біршама уақыт қажет болады, бұл зертханалық жұмысты орындаудың кешігуіне әкеледі. Электрондық таразы ВК – 150 жоғары дәл және көп функциялы құрал болып табылады. Кез келген түймелерді *ОЙЛАНБАСТАН БАСА БЕРУГЕ БОЛМАЙДЫ*, бұл таразының жұмысын бұзуға алып келуі мүмкін.

1. Қондырғыны және электрондық таразыны желіге қосу.
2. Таразы дисплейін ON:OFF түймелері арқылы қосу. Таразы дисплейінде салмақ мәнін нөлге қойып, дисплейінде 0.00 g мән пайда болғанда таразы жұмысқа дайын болады.
3. Шөлмектің көк кранын жабу. Шөлмекті таразыға ұқыптап орнату қажет. Тәжірибе кезінде шөлмекті таразыда қозғалтпау қажет. Кестеге шөлмек салмағын ауамен жазып алу керек (m_0+m_1).
4. Қондырғы компрессорын тумблермен «ON» басып қосып, жасыл түймені басып колбадағы ауаны сорып алу қажет. Манометр қысымдардың айырмашылығын P_1 - P_2 көрсетеді, мұндағы P_1 –атмосфералық қысым, P_2 –шөлмектегі ауа қысымы. Мәндерді кестеге толтыру қажет.
5. Электродық таразы бойынша шөлмектің қалған ауамен салмағын анықтау қажет (m_0+m_2).

6. Кранды ұқыптап ашу қажет. Шөлмекті орнынан қозғалтпауға тырысыңыз!

7. Пункт 3 рет қайталаңыз, баллонан ауаны $P_1 - P_2 = 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ қысымға дейін сорып алу қажет. Берілген қысым үшін колбаның ауамен салмағын анықтау қажет ($m_0 + m_2$).

8. Зертханадағы ауа температурасын өлшеу қажет.

9. Жұмыс аяқталғанда шөлмекті электрондық таразыдан алу қажет. Таразыны сөндіру, зертханалық қондырғыны «OFF» тоқтан ажырату қажет.

Өлшеу нәтижелерін өңдеу. 1. Әр бір жүргізілген өлшеуге сорып алынған ауаның салмағын анықтау қажет ($m_1 + m_2$).

2. Монометр көрсеткішін түзету коэффициентіне көбейту қажет $k=1,4$, ол құрылғының құрылымдық ерекшеліктерін сипаттайды.

3. Өрнек (4) бойынша универсал газ тұрақтысын анықтау қажет. Атмосфералық қысымдағы колбадағы ауа көлемі колба көлеміне тең $V = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, ауаның молдік салмағы $\mu = 28,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$.

4. Өрнек (5) бойынша атмосфералық қысымда және бөлме температурасында ауа тығыздығын есептеу қажет. Атмосфералық қысым барометрмен анықталады, ол зертханада орналасқан. Алынған мәндерді кесте мәндерімен салыстыру қажет.

5. Универсал газ тұрақтысының орташа мәнін табу қажет.

6. Сенімді аралықтың жартылай енін Стьюдент өрнегі арқылы есептеу қажет

$$\Delta R = t_{p,n} \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (R - R_i)^2}$$

7. Соңғы нәтижелерді сенімді деңгейін $p = 0,95$ көрсетумен $R = \bar{R} \pm \Delta R$ түрде жазу қажет.

Кесте

$T = ^\circ\text{K}$, $V = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, $\mu = 28,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, $P_1 = \text{Па}$.

№	$P \cdot k \cdot (P_1 -$	(	$(m_0 + m_2), \text{ кг}$	(	$R,$	$(\bar{R} - R_i)$	2
---	--------------------------	---	---------------------------	---	------	-------------------	---

	P_1	$P_2 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$m_0 + m_1$, кг		$m_1 + m_2$, кг г	$\frac{Дж}{\text{моль} \cdot К}$		

Бақылау сұрақтары

1. Идеал газ дегеніміз не? Идеал газ күйінің теңдейін жазыңыз.
2. Барлық изопроцестерді атаңыз. Барлық изопроцестер үшін газ заңдарын құрып және сәйкес теңдеуді жазыңыз.
3. Клапейрон-Менделеева теңдеуін жазыңыз.
4. Газ қысымы дегеніміз не? Газ қысымының өлшем бірлігі .қысым $P = 560 \text{ мм рт. ст. паскальда}$, физикалық атмосферада, барада қысым неге тең ?
5. Температураға анықтама беріңіз .
6. Авогадро заңын және әмбебап газ тұрақтысының физикалық мәнін түсіндіріңіз.

№14 зертханалық жұмыс

Қалайының балқу және кристалдану құбылысын анықтау.

Жұмыс мақсаты: бірінші түрдегі фазалық ауысуымен танысып, қыздыру және балқыту диаграммасын алып, сондай-ақ қалайының салқындату және кристаллизациясы, қалайы балқу нүктесін анықтап, қалайы қыздыру және балқыту кезінде бойындағы өзгерісті анықтау.

Жабдық: Құрылғы, ол аспаптық блоктан тұрады және басқару элементімен жалпы сөреге қойылған жұмыс элементінің бірлігінен тұрады, сынақ материалы - қалайы, жылытқыш және температура датчигі бар.

Қысқаша теориялық түсінік.

Зат - агрегацияның белгілі бір күйдегі фазалары деп аталатын бірнеше тұрақты күйде болуы мүмкін. Фаза - біртекті химиялық және физикалық күйдегі жүйе немесе беткі бөлікпен шектелген жүйелердің бір бөлігі.

Термодинамикалық тепе-теңдік кезінде жүйенің біркелкі күйі болуы мүмкін, онда ол фаза - сұйық, қатты және газға дейін бұзылады. Олардың тепе-теңдік тіршілігі фазалық тепе-теңдік деп аталады. Су, мұз және бу - бір заттың түрлі фазаларының таныс мысалы бола алады.

Фазалардың температура мен қысым өзгеруімен бір-біріне өту процесі фазалық түрлену деп аталады.

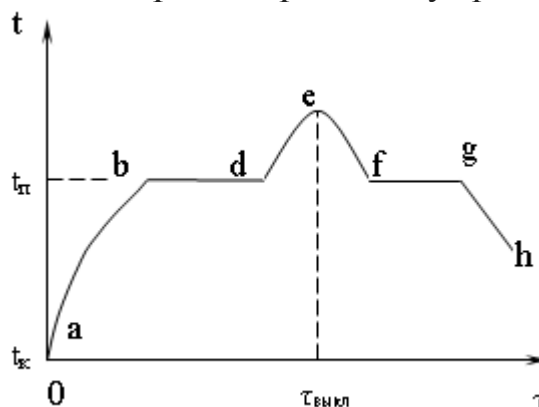
Белгілі бір температурада және қысымда бір фазадан екіншісіне ауысу белгілі бір жылу мөлшерін шығару немесе жұту арқылы жүреді. Бірінші түрдегі фазалық ауысулар - субстанцияның тығыздығы, нақты және молярлық көлемі, компоненттердің шоғырлануы кезеңдерде өзгертін фазалық түрлендірулер.

Бірінші түрдегі фазалық ауысудың ең жиі кездесетін мысалдары: балқу және кристалдану, булану және конденсациясы, сублимация и десублимация. Еріту - заттың кристалдық күйден сұйықтыққа өтуі. Температурада m кг-ні еріту үшін Q жылу мөлшерін қатты затына жеткізу керек.

Кристаллизация сұйықтықтың қатты күйге көшу процесі болып табылады. Кристалдану үшін тепе-теңдік күйінен температура ауытқуымен ерекшеленетін аса суыту қажет. Екінші ретті фазаның өтуі кезінде тығыздық пен ішкі энергия өзгермейді, сондықтан мұндай фазалық ауысу көзге көрінбеуі мүмкін. Температура мен қысымға қатысты туындылары тәжірибе алған : жылу қуаты, жылу кеңейту коэффициенті, әр түрлі сезімталдықтар және т.б.

Жоғарыда айтылғандай, заттың қасиеттерінің күрт өзгеруі температураның және қысымның өзгеруімен білдіреді. Шын мәнінде, жүйе бойынша әрекет ете отырып, біз бұл мәндерді емес, оның көлемін және жалпы ішкі энергиясын өзгерте аламыз. Бұл өзгеріс үнемі біршама жылдамдықпен жүреді, яғни тығыздықтағы немесе нақты ішкі энергиядағы барлық алшақты «жабу» үшін бізге белгілі бір уақыт керек. Осы уақыт ішінде фазалық ауысу заттың барлық көлемінде дереу пайда болмайды, бірақ бірте-бірте пайда болады. Бұл жағдайда бірінші саты фазасының өтуі кезінде фазалық ауысу жылуы (өтпелі жылу) деп аталатын энергияның белгілі бір

мөлшерін босатады. Фазалық өтуді тоқтатпау үшін бұл жылуды үздіксіз алып тастау (немесе беру) немесе жүйеде жұмыс істеу арқылы оны өтеу қажет.



4-сурет - Металды салқындату және кристаллизациялау, сондай-ақ қыздыру және балқыту схемасы

Бірінші түрдегі фазалық ауысудың негізгі ерекшеліктерін қарастырып, қыздыру мен балқыту сызбасын, сондай-ақ металды салқындату және кристаллизациясын талдаңыз. 1. Мұнда τ абсциссада жазылған уақыт және ординатадағы үлгі температурасы t , t_k - бастапқы (бөлме) температурасы.

Металл температурасы алдымен тез көтеріледі, содан кейін баяу (ab аумағында). Температура неғұрлым жоғары болған сайын, қоршаған кеңістіктегі жылуды жоғалту неғұрлым көп болса, қоршаған ортада сондықтан жылытудың баяулауы байқалады.

Белгілі бір температурада, балқыту процесі t_n басталады, және ол қанша уақыт өткен сайын, температура өзгермейді. Графика - көлденең сызық - bd сегменті пайда болады. Бұл кезде изотермиялық балқу орын алады және денеге берілетін барлық жылу оның кристалдық торын бұзады. Балқу процесі аяқталған кезде сұйық фаза пайда болады, оның температурасы көтеріледі (de аймағы). Уақыттың қандай да бір нүктесінде $\tau_{\text{выкл}}$ сұйықты қыздыруды тоқтатып, оны салқындатуды бастаңыз, онда қисық төмендейді (ef аймағы).

Температура t_n дейін төмендеген кезде, кристалдану процесі басталады.

Бұл процесс өтудің жасырын жылуын шығару арқылы жүзеге асырылады. Сұйық фазаның атомдары мен молекулалары кристалдық торды құраған кезде, металл температурасы өзгермейді. Диаграммада екінші тікелей көлденең сызық пайда болады (fg аймағы). Металлдың энтропиясының ығысуын a күйінен d күйіне өтуін байқаймыз (4сурет). Ол қыздырылған кезде энтропиядағы өзгерістердің сомасы ретінде анықталады (ab аймағы) және балқу (bd аймағы):

$$\Delta S = \int_a^b dS + \int_b^d dS \quad (1)$$

Энтропия - бұл функция, энергияның қайтымсыз шашырауын анықтау шарасы. Жүйелік тәртіпсіздік шаралары.

Өйткені кері үрдістердің бойында энтропиядағы қарапайым өзгеріс

$$dS = \frac{\delta Q}{T}, (2)$$

δQ -жылудың шексіз аз саны, денеге жеткізілген.

(1) өрнегін (2) алмастырғаннан кейін біз аламыз

$$\Delta S = \int_a^b \frac{\delta Q_{ab}}{T} + \int_b^d \frac{\delta Q_{bd}}{T_n} = \int_a^b \frac{\delta Q_{ab}}{T} + \frac{Q_{bd}}{T_n} (3)$$

T_n абсолютті балқу нүктесі болып табылады.

$\delta Q_{ab} = cm dT$ және $Q_{ab} = \lambda m$ қарастыратын болсақ онда (3)тен

$$\Delta S = cm \ln \frac{T_n}{T_k} + \frac{\lambda m}{T_n} (4)$$

Формуладағы (4) екі терминнің де оң екендігін атап өтеміз. Бұл, тиісінше, жылу және балқу кезіндегі молекулалардың жылдамдықтарында (бірінші кезеңде) және координаттардағы (екінші кезеңде) бұзылу дәрежесінің артуымен байланысты.



2-сурет



3-сурет

Құрылғыға сипаттама:

Құрылғы реттелетін қуат көзінен (2-суретті қараңыз) және қыздыру элементінен тұрады (3-суретті қараңыз).

Қуат көзінің алдыңғы жағында орналасқан

1. Трансформатордың қуат қосқышы.
2. Индикатор шамы қосылған жағдай
3. Таймердің қуат қосқышы.
4. **Вольтметрлік тұрақты кернеу**
5. **Амперметрлік тұрақты ток**
6. Сандық таймер.
7. Тиристордың кернеу реттегіші

Корпус ішінде орналасқан

1. Айнымалы ток трансформаторы, 220/30 вольт, 1000 ватт.
2. Түзеткіш көпір 50А, 600 вольт.
3. Тиристордың кернеу реттегіші.
4. Вольтметрлік түзеткіш көпір
5. Электролиттік конденсатор 1000мкф*65 вольт.

Орындау тәртібі.

1. «НАГРЕВ» потенциометрдің және түйіншектерді ең бастапқы мәніне дейін жеткізіңіз.
2. Орнатуды электр желісіне қосып, «СЕТЬ» қосқышын қосыңыз.

Сандық секундомерді қосылулы тұрғанына көз жеткізіңіз.

3. Мұны істеу үшін бірінші «MODE» пернесін (немесе осы пернені қайта-қайта басу арқылы) басу арқылы секундомерді жұмыс режиміне ауыстырыңыз, секундомердің жоғарғы бөлігінде «SUN», «FRI», «SAT» жазуларының жыпылықтауы бар.

Осыдан кейін барлық сандық индикаторлар нөлді бөлектеуі керек. Үшінші «DATE / UP» пернесін басу арқылы секундомерді бастаңыз және қысқа уақыттан кейін сол пернені басу арқылы оны тоқтатыңыз. «AL-T / SET» екінші пернесін басу арқылы, секундомерді нөлге теңестіруге болады.

4. Үлгіні жылытуды жүзеге асыратын түйінді қосу үшін қосқышты(нагрев) пайдалану. Содан кейін, вольтметр және амперметр нөлдік көрсеткіштер береді.

5. Бөлме температурасын өлшеңіз t_k . Нәтиже кесте 1-де жазылады (бастапқы) $\tau = 0$. 1-кесте - Өлшеу нәтижелері

U, В	J, А	τ , мин	0	1	2	...
		t , °C				

6. Жылытқышты қосып, секундомерді қосыңыз(екеуін бірге). Мұны бір уақытта жасау үшін: а) «Нагрев» потенциометрінің тұтқасын максимумға сәйкес келетін орынға бұраңыз;
б) секундомердің астындағы үшінші «DATE / UP» пернесін басыңыз.

7. Вольтметрдің және амперметрдің көрсеткіштерін 1-кестеде жазыңыз.

8.Әр минут сайын қалайы температурасын өлшеңіз. Өлшеу нәтижелері 1-кестеде жаз.

9. Қызу (және тиісті өлшеулер) қалайы температурасы тұрақты мәнге жеткенше орындалады, содан кейін көбейе бастайды. Шамамен жылыту уақыты (20-22) мин.

10. Жылытқышты дөңгелекті бастапқы орнына жылжытыңыз(сөндіру). Қалақшаны салқындату кезінде ұқсас өлшемдерді жалғастырыңыз, сол кестеде көрсетілген нәтижелерге назар аударыңыз.

11. Қыздырғышты өшіргеннен кейін 10 минут өткеннен кейін орнатуды «СЕТЬ» қосқышымен қосыңыз.

12. Алынған мәліметтерге сәйкес, t (τ) тәуелділігін анықтаңыз. Бұл жағдайда мынаны ескеріңіз:

а) Координаттардың шығу тегі (0,0) графаға орналастырылуы міндетті емес;

б) Жақсы масштабта стандартты парақтың жартысынан көбі көрнекі график береді;

в) Эксперименталдық нүктелер нақты және айқын бейнеленеді;

г) нүктелердің құрылысын түсіндіретін сызықтар мен белгілер болмауы керек.

13. Графиктің «сөрелеріне» сәйкес келетін tn_1 , tn_2 температуралық мәндерін табу үшін салынған қисықтан, Орташа құны бойынша қалайы балқу нүктесін табыңыз. Алынған tn мәнін кесте мәнімен салыстырыңыз.

14. Формуланы (4) пайдаланып қалайы қыздыру және балқыту кезінде энтропия өзгерісін есептеңіз. Бұл жағдайда қалайы массасы $m = 150$ г, нақты жылу сыйымдылығы $c = 230$ Дж / (кг · К) және $\sigma = 5.9 \cdot 10^4$ J / кг-ның ерекше қызуын ескеру керек.

15. Қорытынды жасаңыз.

Бақлау сұрақтары

1. Фаза дегеніміз не?

2. Бірінші түрдегі фазалық көшу. Мысалдар

3.Екінші түрдегі фазалық көшу. Бірінші түрдегі фазалық ауысуымен оның айырмашылығы.

4. Балқудың және булардың нақты қызуы қандай?

5. Өткелдің өтпелі жылуы деген не?

6. Жылыту және балқыту диаграммасы деп аталатын, сондай-ақ салқындату және кристаллизация деген не?

7. Қыздыру, балқыту, салқындату, кристалдану кезінде үлгінің барлық нүктелерінде температура бірдей болуы мүмкін бе?

8. Кристаллизация орталықтары деген не?

9. Энтропия дегеніміз не? Оның физикалық мағынасы қандай?

10.Энтропиядағы өзгерістерді анықтайтын формуланы шығарыңыз (4).

1. Павленко Ю.Г. Физика. М.:Новая волна. 2010.-719с.
2. Павленко Ю.Г. Начало физики: Учебник / Ю.Г.Павленко.-4-е изд., стереотип. – М.:Издательство «Экзамен»,2009. – 862с.
3. Фен Дж. Машины. Энергия. Энтропия. М.: Мир, 2010.