

## 10 ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫС

## “ГАЗ ҚЫСЫМЫНЫҢ ТЕРМИЯЛЫҚ КОЭФФИЦИЕНТІН АНЫҚТАУ”

10.1 Жұмыстың мақсаты: идеал газ заңдарын оқып-үйрену және газдың термиялық қысымын анықтау

10.2 Шартты белгілер:

$t$  — термометр көрсетулері

$P$  — қысым

$\Delta h$  — манометр көрсетулері

$P_a$  — атмосфералық қысым

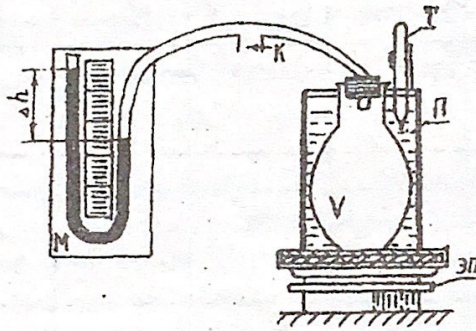
$\beta$  - газ қысымының термиялық коэффициенті

10.3 Құралдар мен материалдар

Изохоралық процестерді оқып үйренуге арналған құрал, термометр, электр пеші, сұйықтық манометр.

10.4 Құралдың құрылысы туралы мағлұматтар

Изохоралық процестерді оқып үйренуге арналған құрал 10.1 суретте көрсетілген. Белгіленулер:



10.1-сурет

$m$  — сұйықтық

$U$  — пішінді манометр

$K$  — шығарушы кран

$T$  — термометр

$V$  — газы бар жабық баллон

ЭП — электр пеші

П — су бар ыдыс

10.4.1 Қауіпсіздік ережелері

Құралдағы су мен газ (бу)  $90^{\circ}$ - $100^{\circ}$ С-ға дейін қыздырылады, сондықтан құралдың корпусы мен электр пеші тәжірибе соңында ыстық күйде болады. Қолды күйдіріп алмау үшін сақтықта болу керек және тәжірибе уақытында құралға жанасуға болмайды.

10.5 Теориялық мағлұматтар

Газдың берілген массасы үшін оның күйін анықтайтын қысым, көлем, температура шамаларын термодинамикалық параметрлер деп атайды. Олар

өзара газ күйінің теңдеуімен байланысты. Газ көлемі өзгермесе изохоралық процесс болып табылады. Бұл процесте газдың қысымы мен температурасы арасында байланыс бар. Идеал газ үшін изохоралық процестің теңдеуі келесідегідей формула түрінде жазылады:

$$P = P_0(1 + \beta t) \quad /10.1/$$

мұнда  $\beta [K^{-1}]$  - қысымның термиялық коэффициенті

10.5.1  $t_1$  температурасы үшін /10.1/. теңдеуі мынадай түрде болады:

$$P_1 = P_0(1 + \beta t_1) \quad /10.2/$$

Осыған ұқсас  $t_2$  температурасы үшін

$$P_2 = P_0(1 + \beta t_2) \quad /10.3/$$

/10.2/-ні /10.3/-ке бөліп, мынаны аламыз

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{1 + \beta t_1}{1 + \beta t_2}$$

Осыдан қысымның термиялық коэффициентін табамыз

$$\beta = \frac{P_1 - P_2}{t_2 P_1 - t_1 P_2} \quad /10.4/$$

/10.4/ формуласы  $\beta$  шамасын  $t_1 P_1$  екі нүкте арқылы бағалай анықтау үшін қолданылуы мүмкін.

10.5.2 Газ қысымының термиялық коэффициентін дәлірек анықтау үшін қысымды температураның бірқатар  $t_1$  мәндері үшін өлшеу керек, яғни басты  $t_1 P_1$  жиынынан  $t_2 P_2$ ,  $t_3 P_3$ , ... ,  $t_n P_n$  статистикалық бақылаулар таңдамаларын аламыз. Бақылаулардың осы жауаптарын жазықтықта нүктелер арқылы береміз.

$t$  және  $P$  мәндерінің арасында функциялық байланыс бар. Теориялық жарынан бұл байланыс сызықтық болып табылады.

$$P = P_0 + bt$$

$$b = P_0 \beta$$

мұнда:

$t_i P_i$  нүктелерінің түзуден тысқары жатуы өлшеу қателерінің және басқа да себептердің нәтижесі болып табылатын кездейсоқ ауытқулар болып табылады. Сызықтық регрессияның мақсаты тәжірибеде алынған  $t_i P_i$  нүктелері үшін жақсы өтетін түзуді іздеу. Түзу коэффициенттерін есептеу формулаларын қорытып шығару ең кіші квадраттар тәсілі бойынша жүзеге асырылады, ол тәсіл ординатор ауытқуларының квадраттарының қосындысының ең аз мәндерін қамтамасыз етеді.

$P_0$  тұрақты мүшесі және  $b$  регрессия коэффициенті мынадай формуламен есептеледі ( $A_1 B_1 C$ -жақшалардағы өрнектердің белгіленулері)

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n t_i P_i - n \langle t \rangle \langle P \rangle}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - n \langle t \rangle^2} = \frac{A}{B}$$

/10.6/

$$p_0 = \langle \bar{p} \rangle - b_{(t)} \quad /10.7/$$

мұнда  $\langle \bar{t} \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ ;  $\langle \bar{p} \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$  шамаларының орташа мәндері;  $t, P, n$  эксперименттік нүктелер саны. Бірақ сызықтық регрессия  $P_0$  және  $b$  коэффициенттерін есептеуді ғана қамтып қоймай, сонымен қатар есептеу нәтижелерінің статистикалық дұрыстығын зерттейді. Ол үшін  $r_n$  корреляция коэффициенті және Стюдент критеріі үшін  $t_s$  мәні мынадай формуламен есептеледі:

$$r^2 = \frac{\left( \sum_{i=1}^n p_i - n \langle \bar{t} \rangle \langle \bar{p} \rangle \right)^2}{\left( \sum_{i=1}^n t_i^2 - n \langle \bar{t} \rangle^2 \right) \left( \sum_{i=1}^n p_i^2 - n \langle \bar{p} \rangle^2 \right)} = \frac{A^2}{BC} \quad /10.8/$$

$$t_s = \frac{b}{S_b} \quad /10.9/$$

$$S_b = \frac{\left( \sum_{i=1}^n p_i^2 - n \langle \bar{p} \rangle^2 \right) - b \left( \sum_{i=1}^n t_i p_i - n \langle \bar{t} \rangle \langle \bar{p} \rangle \right)}{(n-2) \sum_{i=1}^n t_i^2 - n \langle \bar{t} \rangle^2} = \frac{C - bA}{(n-2)B} \quad /10.10/$$

мұнда  $S_b$ - $b$  регрессия коэффициентінің дисперсиясы болып табылады. Мәндері 0 және 1 арасында орналасқан,  $r^2$  мәні неғұрлым 1-ге жуық болған сайын  $P_0(t)$  тәуелділігі соғұрлым сызықтыққа жуық болады. Стюдент критеріі бойынша  $b=0$  гипотезасы тексеріледі. Бұл тексерісті біз жүргізбейміз, себебі  $b \neq 0$  деп есептейміз.

/п-2/ қателік дәрежесі үшін корреляция коэффициентінің статистикалық кестесінен  $r$ ,  $n-2$  сандық мәні табылады, ол есептеу нәтижесінде алынған  $r$  мәнінен кіші, болады. Осы қатыстан  $P$  қателік ықтималдығы анықталады. Газ қысымының термиялық коэффициентінің мәні және оның абсолюттік қателігі төмендегідей өрнектерден анықталады:

$$b = p_0 \beta \pm S_b; \beta = \frac{b \pm S_b}{p_0} \quad /10.11/$$

$$\beta = \left( \langle \bar{\beta} \rangle \right) \pm \Delta p = \left( \frac{b}{p_0} \pm \frac{S_b}{p_0} \right) \quad /10.12/$$

## 10.6 Жұмыс істеу тәртібі

### 10.6.1 Қолданылатын құрал туралы техникалық мәліметтерді

#### 19 кестесіне енгізу

#### Кесте 19

Құралдар	Өлшеу шегі	Бөлік құны	Құрал қателігі
Термометр			
Сұйықтық манометр			

10.6.1 М манометрі мен П ыдысындағы судың бар болуын тексереміз

10.6.2 К кранын ашып манометр иіндеріндегі су деңгейлерін теңестіреміз. Осы кезде баллон ішіндегі газ қысымы  $P_a$  атмосфералық қысымға теңеседі.

10.6.3 К кранды ашу керек

10.6.4  $t_1$  бастапқы температурасын өлшейміз. Оған  $P_1=P_a$  — қысымы сәйкес келеді

10.6.5 Электр пешін қосамыз. П ыдысындағы су ысиды, онымен бірге баллондағы газ да қызады. Газ қысымы өсе бастайды, осы қосымша қысым манометр иіндегі сұйық деңгейлерінің айырмасынан анықталады:

$$P = P_a + \Delta h \rho_{ж} g$$

10.6.6 Қыздыруды  $70^\circ-80^\circ$  С-қа дейін жүргіземіз және әрбір  $5^\circ\text{C}$  сайын манометр иіндегі сұйық деңгейлерінің айырмасын өлшейміз. Нәтижелерді 20- кестесіне енгізіп жазамыз /6-10 нүкте алынуы керек/.

10.6.7 Алынған  $t_i \dots P_i$  нүктелерді  $t/P$  координаталар торына түсіреміз.

10.6.8 Оқытушыдан нәтижелерді өңдеу схемасын анықтау керек. Оқытушы көрсетпеген жағдайда А схемасы бойынша жүргізіледі.

Кесте 20

Тәжірбие	$t_i, ^\circ\text{C}$	$\Delta h, \text{м}$	$P, \text{Па}$	$t_i^2$	$P_i^2$	$t_i^2 P_i^2$
	$\sum t_i$		$\sum P_i$	$\sum t_i^2$	$\sum P_i^2$	$\sum t_i^2 P_i^2$
	$\sum t \langle t \rangle$		$\langle P \rangle$			

Нәтижелерді өңдеудің А схемасы

10.6.A. 1 Еркінше таңдалып алынған  $t_1$  және  $t_2$  екі нүкте үшін /10.4/ бойынша қысымының термиялық коэффициентінің  $\beta$  сапалық мәнін есептейміз.

10.6.A.2 20 кестесін  $t_i^2, P_i^2, t_i^2 P_i^2$  мәндері үшін толтыру. Бағаналар бойынша қосындылар алу.  $\langle t \rangle$  және  $\langle P \rangle$  орташа мәндерін анықтау.

10.6.A.3 A, B, C мәндерін анықтау /10.6-10.8/

$$A = \sum t_i P_i - n \langle t \rangle \langle P \rangle$$

$$B = \sum t_i^2 - n \langle t \rangle^2$$

$$C = \sum P_i^2 - n \langle P \rangle^2$$

10.6.A.4 /10.6-10.10/ формулаларын қолданып  $b, P_0, S_b$  коэффициенттерінің мәндерін есептеу керек 10.6.A.5 /10.11/ формуласын қолданып газ қысымының термиялық коэффициентінің шамасын және оны

анықтаудағы қателікті есептейміз. 1 қосымшаны және  $\gamma^2$  мәнін қолданып  $P$  қателік ықималдығын анықтаймыз.

10.6.A.6  $P_0$  және  $\beta$  алынған мәндерін қолданып  $P = f(t)$  тәуелділігінің формуласын /10.1/ түрінде жазамыз. Осы формула бойынша қосымның ең шекті екі нүктедегі температуралар мәндерін есептейміз. Осы нүктелерді графикке салып, оларды түзумен қосамыз. Ол тузу эксперименттік нүктелерге сәйкес келеді, себебі ол сол нүктелерді сипаттайды. 10.6.A-7. 6.A.I и 6.A.4 пункттеріндегі термиялық коэффициенттерді есептеу нәтижелерін салыстырамыз. 10.6.10 пунктіне өтеміз.

Нәтижелерді өндеудің В схемасы

10.6.B.1 Эксперименттік  $i$  нүктелердің кез келген  $i+1$ , жұптар үшін /5.4/ формуласы бойынша қысымның термиялық коэффициентінің  $\beta_{i+4}$  мәндерін есептеу керек. Мәндерді 6.2-кестеге енгізіп жазу керек

10.6.B.2.  $\langle \beta \rangle$  орташа мәнін анықтаймыз

$$\beta = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \beta_{i,i+1}$$

шамасының қателігін бағалау керек.

10.6.B.3. Графикте эксперименттік нүктелер арқылы түзу сызық жүргізу керек. Оның ординаталар өсімен /қысымның өсі/ қиылысу нүктесі  $P_0=f(0)$  мәніне сәйкес келеді. Осы мәнді анықтау керек.

10.6.B.4. Изохоралық процестің теңдеуін /5.1/ түрінде жазу керек. 6.10. Есепті өндеп жазу  $P(t)$  тәуелділігіне және қысымының термиялық коэффициентіне байланысты қорытынды жасау. Нәтижелерді идеал газ үшін алынған теориялық мәндермен салыстыру.

10.7 Бастапқы мәндері

10.7.1 Атмосфералық қысым

10.7.2 Судың тығыздығы

10.7.3 Еркін түсу

$$P_0 = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$\rho_{\text{ж}} = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 9.81 \text{ м/с}^2$$

10.8 Нұсқаулар

Есептеу жұмыстарын ЭВМ көмегімен жүргізуге болады. ФОРТРАН үшін программа 2 қосымшада берілген. Алғашқы мәндер болып мыналар табылады: атмосфералық қысым-  $P_a'$  ауырлық күшінің үдеуі- $g$ , тәжірибелер саны- $N$ , температуралар массиві- $T$ , манометр иіндеріндегі биіктіктер айырмасының массиві — $\Pi$

Есептеу нәтижелері:  $P_0, b, r, S_b, \beta \mu \Delta \beta$

мәндері. Барлық есептеулер СИ жүйесінде жүргізіледі. Есептеу ЭВМ көмегімен жүргізілген жағдайда лабораториялық жұмыстың есебіндей 6.2. кестесінің орнына ЭВМ берілуін өткізуге болады.

10.9 Бақылау сұрақтары

10.9.1. Идеал газ күйінің теңдеуі

10.9.2 Идеал газ үшін изопроцестер/тендеулер, графиктер, жұмыс, жылу сыймдылық/.

10.9.3 Газдың кинетикалық теориясының негізгі тендеуі.

10.9.4 Температураның физикалық мағынасы.

10.9.5 Идеал газдың ішкі энергиясы.

10.9.6 Осы жұмыста идеал газ үшін изохоралық процесс зерттеледі деген тұжырым қаншалықты дәрежеде дұрыс болып табылады?