

Теориядан түсінік

Термодинамиканың бірінші бастамасы

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

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

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

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

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 жылусыйымдылығы:

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

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 жылусыйымдылығы мына өрнеппен анықталады.

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

Тұрақты қысымдағы (C_p) және тұрақты көлемдегі (C_v) жылусыйымдылықтардың 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 :

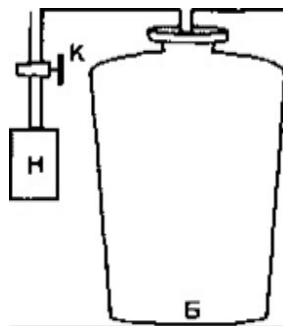
$$PV^\gamma = \text{const.} \quad (5)$$

Изотермиялық процестің теңдеуі (Бойль-Мариотт заңы)

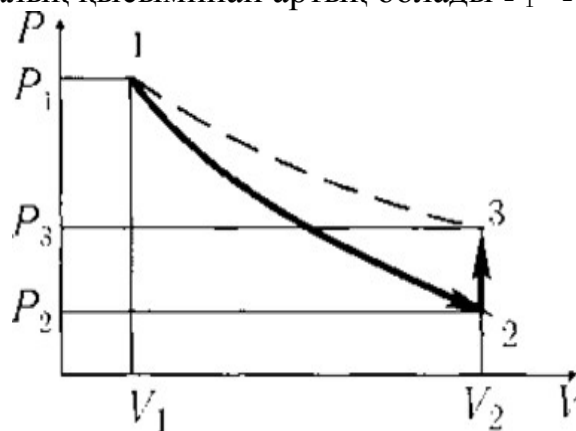
$$PV = \text{const.} \quad (6)$$

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 азырақ көтеріледі, яғни үлесітеу 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

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

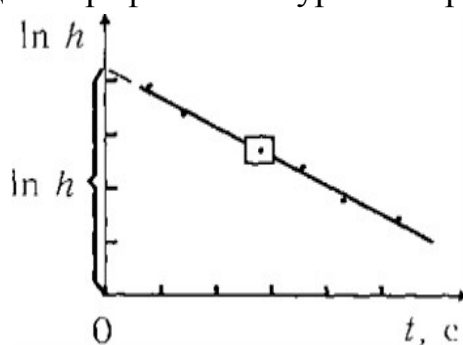
Осы функцияны логарифмдесек, келесідей тәуелділік аламыз.

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

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.



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