ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ БІРІНШІ БАСТАМАСЫ МЕН ИДЕАЛ ГАЗ КҮЙ ТЕҢДЕУІН ИЗОПАРАМЕТРЛІК ПРОЦЕСТЕРДІ СИПАТТАУ ҮШІН ҚОЛДАНУ

ИЗОТЕРМДІК ПРОЦЕСС

ИДЕАЛ ГАЗДЫҢ КӨЛЕМІНІҢ ИЗОТЕРМДІК ӨЗГЕРУІНДЕГІ ЖҰМЫС.

$$\int dA = \int p dV \qquad (1)$$

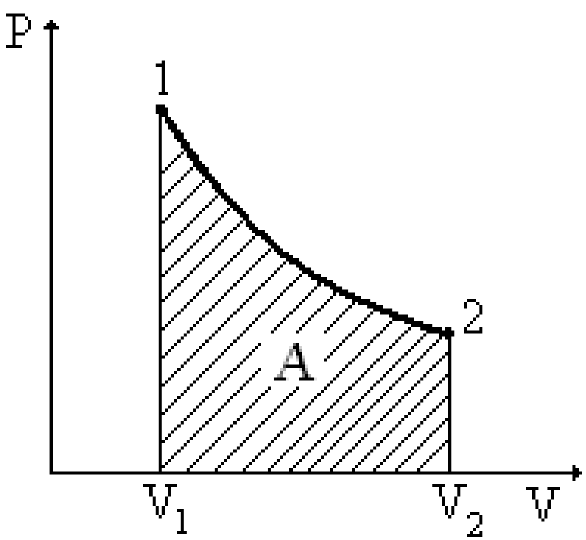
Бойль-Мариотт заңы бойынша изотермдік процесте көлем өзгергенде үздіксіз өзгереді

$$pV = RT = const \Longrightarrow p = \frac{RT}{V}$$

Көлем өзгергенде істелген жұмыс

$$A = \int_{1}^{2} dA = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} RT \frac{dV}{V} = RT \ln \frac{V_2}{V_1} \qquad (2)$$

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} \qquad (3)$$



Бойль-Мариотт заңы бойынша p_1/p_2 үшін

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2} \qquad (4)$$

ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ БІРІНШІ ЗАҢЫ ИЗОТЕРМДІК ПРОЦЕСС ҮШІН

Изотермдік процесте газдың ішкі энергиясы $dU = 0$

Термодинамиканың бірінші заңы изотермдік процесс үшін $Q = A,$

ИЗОТЕРМДІК ПРОЦЕСТЕГІ ЖЫЛУСЫЙЫМДЫЛЫҚ

$$C_T = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_T = \infty \qquad (5)$$

$$dT = 0 \qquad\qquad T = const$$

АДИАБАТТЫҚ ПРОЦЕСС

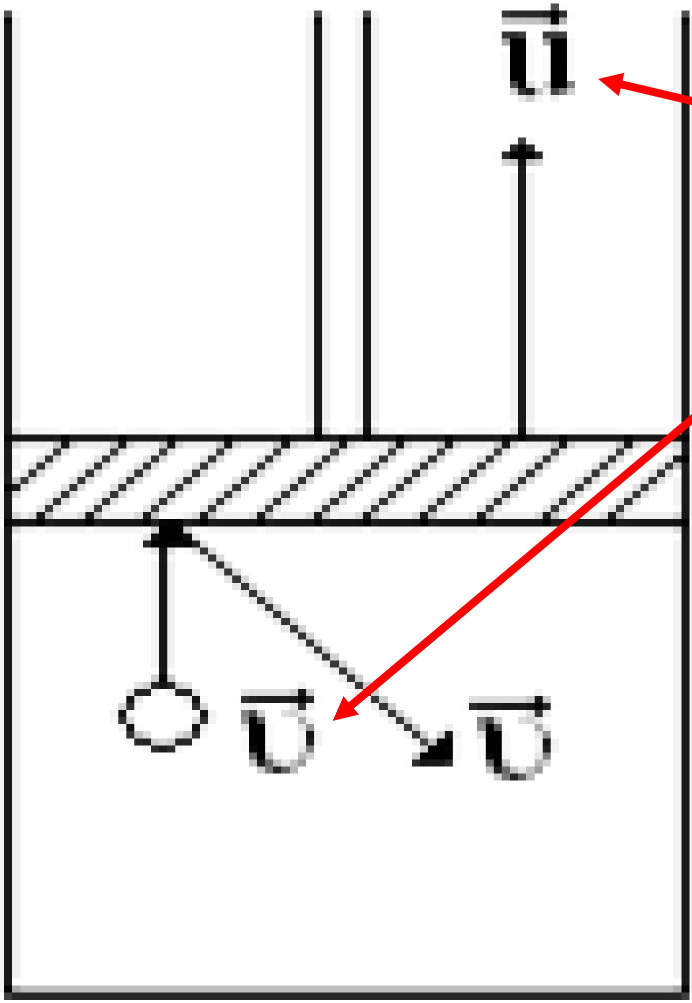
АДИАБАТТЫҚ ПРОЦЕСС ҮШІН ТЕРМОДИНАМИКАНЫҢ БІРІНШІ ЗАҢЫ

$$\boxed{dQ = pdV + C_V dT = 0} \Rightarrow \boxed{-pdV = C_V dT} \quad (6)$$

Газ жұмысты өзінің ішкі энергиясы есебінен істейді, сондықтан оның температурасы төмендейді

Ішкі энергиясының өзгеруі $\Delta U < 0$ Істелген жұмыс $A > 0$

Жұмыс сыртқы күштер есебінен істелгенде ішкі энергиясы өседі



Поршень жылдамдықпен жоғары көтерілгенде, газ ұлғаяды.

Молекуланың ыдыстың қабырғасына қатысты жылдамдығы

Поршеньге қатысты жылдамдығы

$$\left|\vec{\upsilon} - \vec{u}\right|$$

Соқтығысқан ыдыстың қабырғасына қатысты кері қайтқан молекуланың жылдамдығы

$$\upsilon - 2u$$

Молекулалардың орташа жылдамдығының кемуі, газдың температурасының төмендеуіне әкеледі.

Газ сығылғанда, поршень кері қайтқанда, температура өседі.

ПУАССОН ТЕҢДЕУІ
АДИАБАТТЫҚ ПРОЦЕСТЕГІ ГАЗ КҮЙІНІҢ ТЕҢДЕУІ

Адиабаттық процесте газдың қысымы мен көлемінің өзгерісі Бойль-Мариотт заңына бағынбайды. Бұл процесте температура өзгеріп отырады. Сондықтан:

$$C_V dT + pdV = 0 \qquad (7)$$

dT -ның өзгерісін анықтау қажет. $pV = RT$

Теңдеуді дифференциалдап

$$pdV + Vdp = RdT \Longrightarrow dT = \frac{pdV + Vdp}{R} \qquad (8)$$

(8) $\Rightarrow$ (7)

$$C_V \frac{pdV + Vdp}{R} + pdV = 0$$

$$\boxed{C_P - C_V = R}$$

$$C_V V dp + C_P p dV = 0 \qquad (9)$$

$$C_P / C_V = \gamma$$

$$\frac{dp}{p} + \gamma \frac{dV}{V} = 0 \qquad (10)$$

Егер γ тұрақты болса

$$\int \frac{dp}{p} + \gamma \int \frac{dV}{V} = 0$$

Бұл теңдеуді интегралдаймыз:

$$ln\, p + \gamma\, lnV = const \qquad (11)$$

$$\boxed{pV^{\gamma} = const} \qquad (12)$$

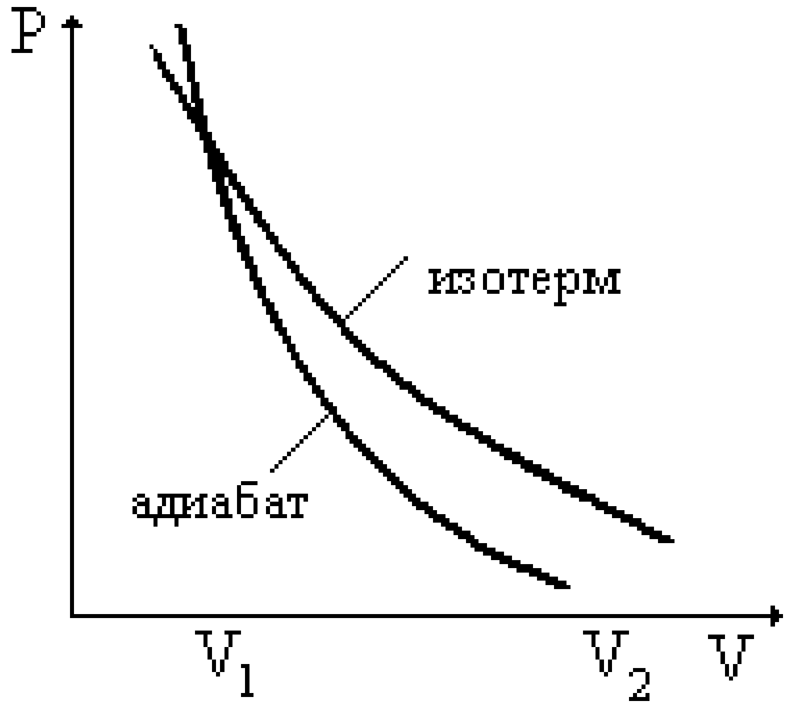
Пуассон теңдеуі немесе адиабаттық процестегі идеал газ күйінің теңдеуі

Адиабаттық көрсеткіш

$$\gamma = {C_P}/{C_V}$$

Интегралдау кезінде біз γ -ны тұрақты деп алдық. Шынында, нақты газдар үшін бұл дәл орындалмайды. C_P, C_V жылусыйымдылықтар нақты газда температура, қысым және көлем өзгергенде өзгеруі мүмкін

Сондықтан (12)-шы Пуассон теңдеуі белгілі қысым және көлем интервалында дәл орындалады. Ал (10)-шы дифференциалдық теңдеу әр жағдайда дәл болады.



$$p \sim 1/V^{\gamma}$$

Адиабаттық процестегі температура мен көлемнің арасындағы қатысты анықтайық

$$p = \frac{RT}{V}$$ (12)

$$pV^{\gamma} = \frac{RT}{V}V^{\gamma} = const$$ (13)

Немесе

$$TV^{\gamma-1} = const$$

Адиабаттық процесте қысым мен температураның байланысы

$$V = \frac{RT}{p} \qquad (12)$$

$$pV^{\gamma} = p\left(\frac{RT}{p}\right)^{\gamma} = const$$

Немесе

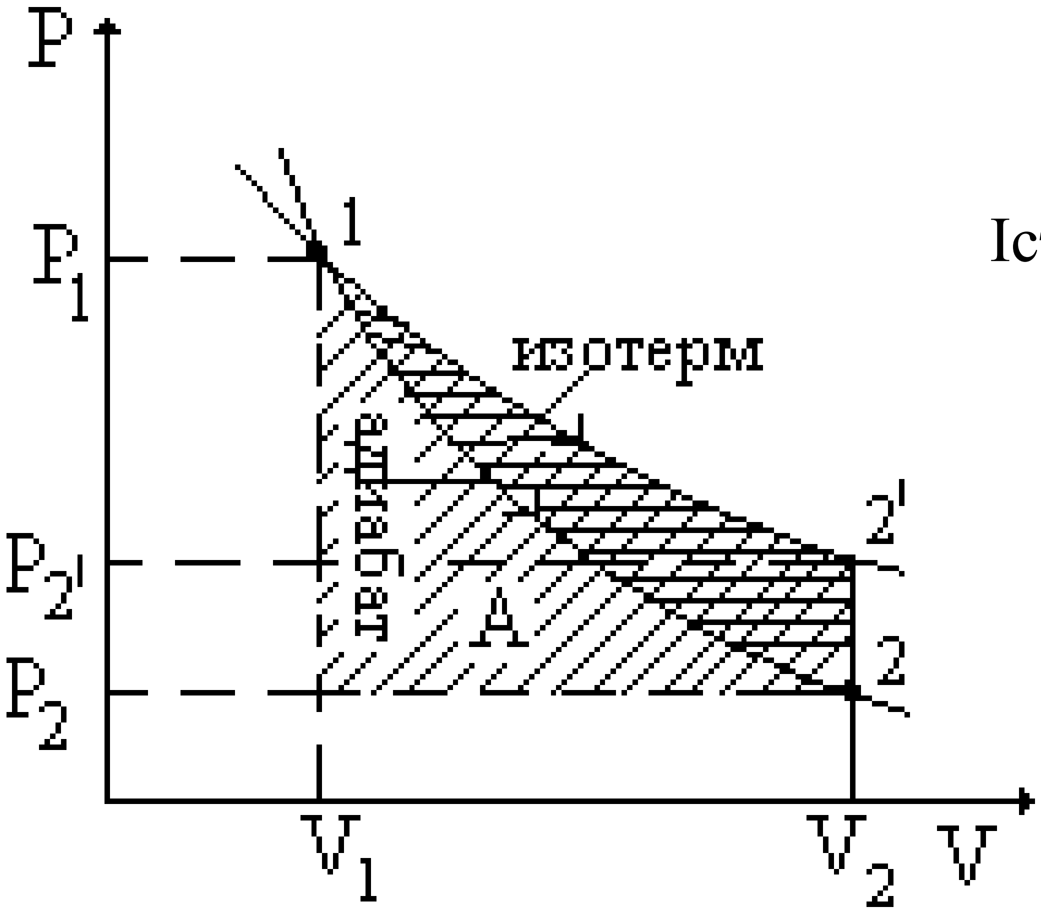
$$T^{\gamma} p^{1-\gamma} = const \qquad (14)$$

(14)-ті $1/\gamma$ дәрежесінде алсақ $$Tp^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = const \qquad (15)$$

(12), (13) және (15) теңдеулер адиабаттық процестегі газдың күйінің теңдеулері. (12)-ші теңдеу адиабаттық процесте идеал газдың қысымы мен көлемінің арасындағы байланысты, (13)-ші газдың температурасы мен көлемінің арасындағы байланысты, ал (15)-ші газдың температурасы мен қысымының арасындағы байланысты тағайындайды.

ИДЕАЛ ГАЗДЫҢ КӨЛЕМІНІҢ АДИАБАТТЫҚ ӨЗГЕРУІНДЕГІ ЖҰМЫС

Пуассон теңдеуін қолданып, адиабаттық ұлғайғандағы газ істеген жұмысты немесе газ адиабаттық сығылғандағы сыртқы күштер істеген жұмысты есептейік.



$V_1 \rightarrow V_2$ дейін ұлғайды

Істелінген жұмыс

$$dA = pdV$$

Пуассон теңдеуі бойынша

$$pV^{\gamma} = const$$

Бұл теңдеуді былай жазуға болады:

$$pV^{\gamma} = p_1 V_1^{\gamma}$$

бастапқы көлем

газдың бастапқы қысымы

Осыдан

$$p = \frac{p_1 V_1^{\gamma}}{V^{\gamma}}$$

Қысымның осы мәнін жұмысты анықтайтын өрнекке қоямыз

$$dA = p\,dV = \frac{p_1 V_1^{\gamma}}{V^{\gamma}}\,dV \qquad (16)$$

(16)-шы теңдеуді интегралдап, жұмысты табамыз:

$$A = p_1 V_1^{\gamma} \boxed{\int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^{\gamma}}}$$

$$\int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^{\gamma}} = \frac{1}{\gamma - 1}\left(\frac{1}{V_1^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_2^{\gamma-1}}\right)$$

$$A = \frac{p_1 V_1^{\gamma}}{\gamma - 1}\left(\frac{1}{V_1^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_2^{\gamma-1}}\right) = \frac{p_1 V_1^{\gamma}}{\gamma - 1} \cdot \frac{1}{V_1^{\gamma-1}}\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right]$$

Газдың бастапқы қысымы $p_1 = \frac{RT_1}{V_1}$

$$A = \frac{RT_1}{\gamma - 1}\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right] \qquad (17)$$

АДИАБАТТЫҚ ПРОЦЕСТЕГІ ЖЫЛУСЫЙЫМДЫЛЫҚ

$$dQ = 0 \quad C_{ад} = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_{ад} = \frac{0}{dT} = 0 \qquad (18)$$

ПОЛИТРОПТЫҚ ПРОЦЕСС

$$C = \frac{dQ}{dT}$$ немесе $$dQ = CdT \qquad (19)$$

Политроптық процестің жалпы күй теңдеуін анықтайық. Термодинамиканың бірінші бастамасы бойынша

$$dQ = CdT = C_V dT + pdV$$

$$\left(C - C_V\right)dT = pdV \qquad (20)$$

$$dT = \frac{pdV + Vdp}{R} = \frac{pdV + Vdp}{C_P - C_V}$$

Температураның өзгерісінің орнына (8)-ші өрнек бойынша

(20)

$$\frac{C - C_P}{C_P - C_V}\left(pdV + Vdp\right) = pdV$$

немесе

$$\frac{dP}{P} + \frac{C - C_P}{C - C_V}\frac{dV}{V} = 0$$

Бұл теңдеу келесі қарапайым түрлендірулерден кейін

$$\left(\frac{C - C_V}{C_P - C_V} - 1\right) pdV = -\frac{C - C_V}{C_P - C_V} Vdp$$

мына түрде жазылады:

$$\frac{C - C_P}{C_P - C_V}\frac{dV}{V} = -\frac{C - C_V}{C_P - C_V}\frac{dp}{p}$$

Осы теңдеуді интегралдасақ

$$ln\,P + \frac{C - C_P}{C - C_V} lnV = const \qquad (21)$$

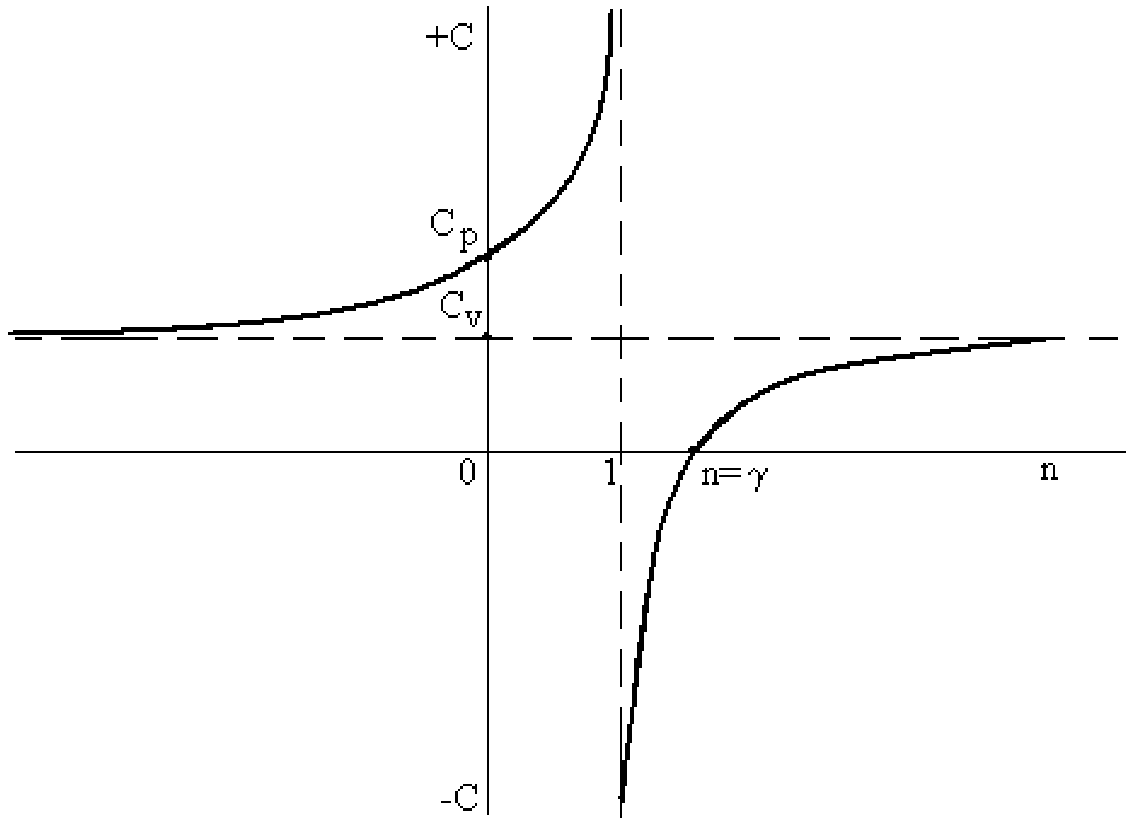
$$n = \frac{C - C_P}{C - C_V} \qquad C = C_V\left({n-\gamma}\big/{n-1} \right) \qquad (22)$$

(23)-шы теңдеуді потенциалдап

$$\boxed{pV^n = const} \qquad (23)$$

Политроп көрсеткіші (-∞) –тен (+∞)-ке дейінгі мәндерді қабылдай алады.

Политроптық процестегі газ күйінің теңдеуі немесе *политроп теңдеуі*



Политроп көрсеткіші, n	Жылусыйымдылық, C_x	Күй теңдеуі, $pV^n = const$	Изопроцесс
0 1 γ $\pm\infty$	C_p $\pm\infty$ 0 C_V	$p = const$ $pV = const$ $pV^\gamma = const$ $V = const$	Изобарлық Изотермдік Адиабаттық Изохоралық