ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНА-МИКИ II

Домашнее задание

2.33. $\Delta U = \frac{1}{\gamma-1}\Delta(pV) = \frac{1}{\gamma-1}\left(p_2V_2 - p_2V_2\cdot\frac{T_1}{T_2}\right) = \frac{p_2V_2}{\gamma-1}\left(1-\frac{T_1}{T_2}\right) = -A$

2.41. $\Delta U = \frac{1}{\gamma-1}\Delta pV = \frac{p}{1-\gamma}\Delta V$, $A = p\Delta V$, $\Delta Q = \Delta U + \Delta A = \frac{\gamma}{\gamma-1}p\Delta V$

2.42. $\Delta U = \nu C_V\Delta T = 0$, $A = \nu RT\ln\frac{V_2}{V_1} = p_1V_1\ln\frac{V_2}{V_1} = Q$

2.43. $Q = \nu C_p\Delta T \Rightarrow C_p = \frac{Q}{\nu\Delta T}$, $\gamma = \frac{C_p}{C_p-R} = \frac{Q}{Q-\nu R\Delta T}$, $\Delta U = \frac{\Delta pV}{\gamma-1} = \frac{Q}{\gamma} = Q-\nu R\Delta T$

$A = Q - \Delta U = \nu R\Delta T$

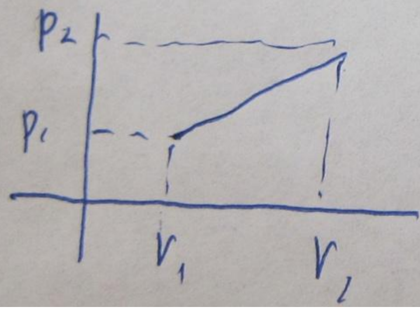
2.44. а) $\Delta U = \nu R\Delta T = 0$, б) $A = p\Delta V = \nu R\Delta T$, в) $Q = A$

2.54. а) $C \neq const \Rightarrow$ нет, б) $A = Q - \Delta U = \int_{T_1}^{T_2} C\,dT - \nu C_V\Delta T$

2.65. а) $p = \alpha V + V_0$ — политропа только если $V_0 = 0$, тогда $pV^{-1} = \alpha$.

$Q = \Delta U + A = \frac{1}{\gamma-1}\Delta pV + \frac{p_1+p_2}{2}\Delta V$

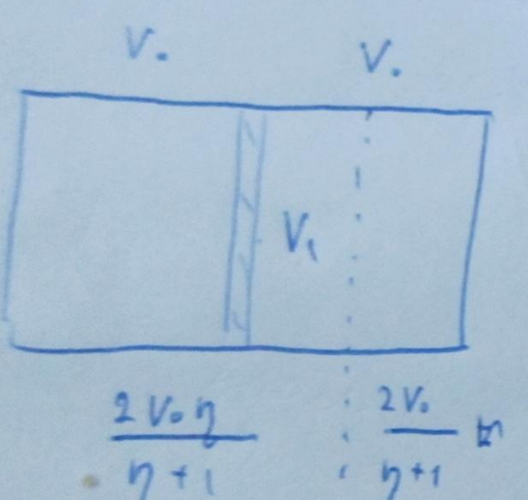
б)



Проверочная работа

6.35. Внутри закрытого с обоих концов горизонтального цилиндра находится легкоподвижный поршень. Первоначально поршень делит цилиндр на две равные части, каждая объемом V_0, в которых находится идеальный газ одинаковой температуры и под одним и тем же давлением p_0. Какую работу необходимо совершить, чтобы, медленно двигая поршень, изотермически увеличить объем одной части газа в η раз по сравнению с объемом другой части?

6.35. Внутри закрытого с обоих концов горизонтального цилиндра находится легкоподвижный поршень. Первоначально поршень делит цилиндр на две равные части, каждая объемом V_0, в которых находится идеальный газ одинаковой температуры и под одним и тем же давлением p_0. Какую работу необходимо совершить, чтобы, медленно двигая поршень, изотермически увеличить объем одной части газа в η раз по сравнению с объемом другой части?



$$A = \int_0^{V_1} \frac{p_0V_0}{V_0-V}\,dV - \int_0^{V_1} \frac{p_0V_0}{V_0+V}\,dV = p_0V_0\left[-\ln(V_0-V) - \ln(V_0+V)\right]_0^{V_1}$$

$$= -p_0V_0 \ln(V_0^2-V^2)\Big|_0^{V_1} = -p_0V_0 \ln\frac{V_0^2-V_1^2}{V_0^2}$$

$$V_1 = V_0 - \frac{2V_0}{\eta+1} = \frac{\eta-1}{\eta+1}V_0$$

$$A = -p_0V_0 \ln\left(1-\left(\frac{\eta-1}{\eta+1}\right)^2\right) = pV_0 \ln\frac{(\eta+1)^2}{4\eta}$$

6.30. Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на $\Delta T = 72$ К, сообщив ему количество тепла $Q = 1{,}60$ кДж. Найти приращение его внутренней энергии и величину $\gamma = C_p/C_V$.

- Повторяет С 2.43 из домашнего задания

6.30. Один моль некоторого идеального газа изобарически нагрели на $\Delta T = 72$ К, сообщив ему количество тепла $Q = 1{,}60$ кДж. Найти приращение его внутренней энергии и величину $\gamma = C_p/C_V$.

$Q = \nu C_p \Delta T \Rightarrow C_p = \frac{Q}{\nu \Delta T}$, $\gamma = \frac{C_p}{C_p - R} = \frac{Q}{Q - \nu R \Delta T}$, $\Delta U = \frac{\Delta p V}{\gamma - 1} = \frac{Q}{\gamma} = Q - \nu R \Delta T$

$A = Q - \Delta U = \nu R \Delta T$

6.32. Вычислить γ для газовой смеси, состоящей из $\nu_1 = 2{,}0$ моль кислорода и $\nu_1 = 3{,}0$ моль углекислого газа. Газы считать идеальными.

6.32. Вычислить γ для газовой смеси, состоящей из $\nu_1 = 2{,}0$ моль кислорода и $\nu_1 = 3{,}0$ моль углекислого газа. Газы считать идеальными.

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{\left[\nu_1\left(\frac{i_1}{2}+1\right)+\nu_2\left(\frac{i_2}{2}+1\right)\right]R}{\left(\nu_1\frac{i_1}{2}+\nu_2\frac{i_2}{2}\right)R}$$

6.34. В вертикальном цилиндре под невесомым поршнем находится один моль некоторого идеального газа при температуре T. Пространство над поршнем сообщается с атмосферой. Какую работу необходимо совершить, чтобы, медленно поднимая поршень, изотермически увеличить объем газа под ним в n раз? Трения нет.

6.34. В вертикальном цилиндре под невесомым поршнем находится один моль некоторого идеального газа при температуре T. Пространство над поршнем сообщается с атмосферой. Какую работу необходимо совершить, чтобы, медленно поднимая поршень, изотермически увеличить объем газа под ним в n раз? Трения нет.

$$A = -\nu RT \ln\frac{V_2}{V_1} + p\Delta V = p(nV - V) - \nu RT \ln n$$

$$= \nu RT(n - 1 - \ln n)$$

6.38. Некоторую массу азота сжали в $\eta = 5{,}0$ раз (по объему) один раз адиабатически, другой раз изотермически. Начальное состояние газа в обоих случаях одинаково. Найти отношение соответствующих работ, затраченных на сжатие.

6.38. Некоторую массу азота сжали в $\eta = 5{,}0$ раз (по объему) один раз адиабатически, другой раз изотермически. Начальное состояние газа в обоих случаях одинаково. Найти отношение соответствующих работ, затраченных на сжатие.

$$A_T = \nu RT \ln \eta, \quad A_S = \int_{V_0}^{\eta V_0} p\,dV = p_0 V_0^{\gamma} \int_{V_0}^{\eta V_0} \frac{dV}{V^{\gamma}} =$$

$$= \frac{p_0 V_0^{\gamma}}{1-\gamma} \left[V^{1-\gamma} \right]_{V_0}^{\eta V_0} = \frac{p_0 V_0^{\gamma}}{\gamma - 1} \left[V_0^{1-\gamma} \left(\eta^{1-\gamma} - 1 \right) \right] =$$

$$= \frac{p_0 V_0}{\gamma - 1} \left(\eta^{\gamma - 1} - 1 \right)$$

Уравнение политропы

$$\nu c\, dT = \nu c_v\, dT + p\, dV$$

$$\nu (c_v - c)\, dT + p\, dV = 0$$

$$pV = \nu R T \Rightarrow \nu\, dT = \frac{p\, dV + V\, dp}{R}$$

$$(c_v - c)(p\, dV + V\, dp) + R p\, dV = 0$$

$$(c_v + R - c)\, p\, dV + (c_v - c)\, V\, dp = 0$$

$$c_p = c_v + R$$

$$(c_p - c)\frac{dV}{V} + (c_v - c)\frac{dp}{p} = 0$$

(1)

$$\frac{c_p - c}{c_v - c}\frac{dV}{V} + \frac{dp}{p} = 0 \quad \Big| \int_{p_0, V_0}^{p, V}$$

$$\frac{c_p - c}{c_v - c}\ln V + \ln p = \frac{c_p - c}{c_v - c}\ln V_0 + \ln p_0$$

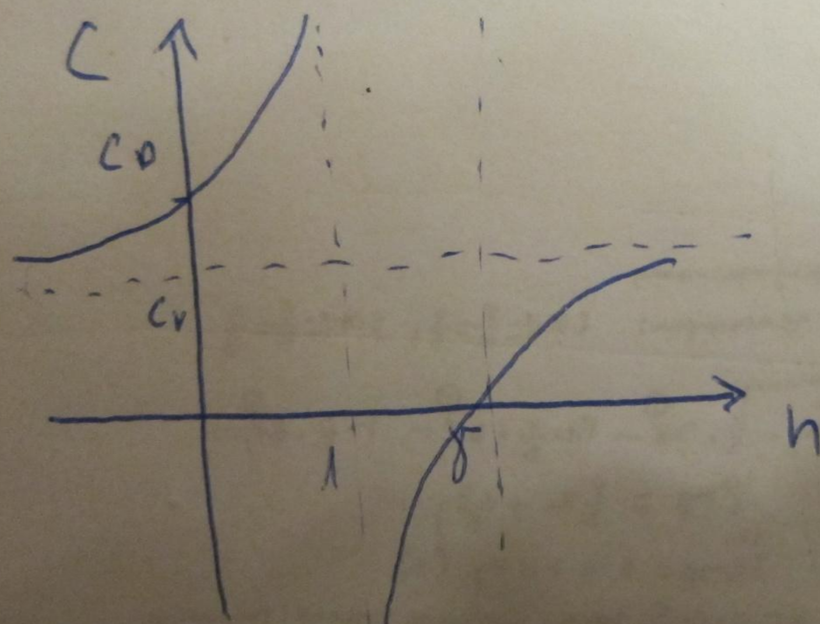
$$V^n p = V_0^n p_0$$

$$n = \frac{c_p - c}{c_v - c}$$

$n(c - c_v) = c - c_p, \quad c(n-1) = n c_v - c_p =$

$= n c_v - (c_v + R) = (n-1)c_v - R; \quad c = c_v - \frac{R}{n-1} = \frac{R}{\gamma - 1} - \frac{R}{n-1}$

$c \leq 0$, при $n \in [1, \gamma]$



6.42. Объем моля идеального газа с показателем адиабаты γ изменяют по закону $V = a/T$, где a — постоянная. Найти количество тепла, полученное газом в этом процессе, если его температура испытала приращение ΔT.

6.42. Объем моля идеального газа с показателем адиабаты γ изменяют по закону $V = a/T$, где a — постоянная. Найти количество тепла, полученное газом в этом процессе, если его температура испытала приращение ΔT.

$$pV = \nu RT \Big|_{T = a/V} = \nu R \frac{a}{V} \Rightarrow pV^2 = \nu R a$$

$$n = 2 \Rightarrow \frac{C_p - C}{C_V - C} = 2, \quad 2C_V - 2C = C_p - C$$

$$C = 2C_V - C_p = C_V - R \Rightarrow Q = C\Delta T = (C_V - R)\Delta T$$

б) уравнение процесса в ...

6.49. Один моль идеального газа с показателем адиабаты γ совершает процесс, при котором его давление $p \propto T^{\alpha}$, где α — постоянная. Найти:

а) работу, которую произведет газ, если его температура испытает приращение ΔT;

б) молярную теплоемкость газа в этом процессе; при каком значении α теплоемкость будет отрицательной?

б) уравнение процесса в переменных ...

6.49. Один моль идеального газа с показателем адиабаты γ совершает процесс, при котором его давление $p \propto T^{\alpha}$, где α — постоянная. Найти:

а) работу, которую произведет газ, если его температура испытает приращение ΔT;

б) молярную теплоемкость газа в этом процессе; при каком значении α теплоемкость будет отрицательной?

$p \sim T^{\alpha}$, $T \sim p^{1/\alpha}$. $pV = \nu RT\big|_{T = cp^{1/\alpha}} = \nu R c p^{1/\alpha}$

$p^{1-1/\alpha} V = \nu R c$, $p V^{\frac{\alpha}{\alpha-1}} = (\nu R c)^{\frac{\alpha}{\alpha-1}}$, $n = \frac{\alpha}{\alpha-1}$

$c = C_V - \dfrac{R}{\frac{\alpha}{\alpha-1} - 1} = C_V - (\alpha-1)R = C_V + (1-\alpha)R$

$Q \equiv c\Delta T = [C_V + (1-\alpha)R]\Delta T = C_V \Delta T + A$

$A = (1-\alpha)R\Delta T$