

ФИО _____

группа _____

13	23	1A ₁	2A ₁	3A ₁	4A ₁	5A ₁	Σ	Оценка

Оценка = $\lceil \Sigma/2 \rceil$.

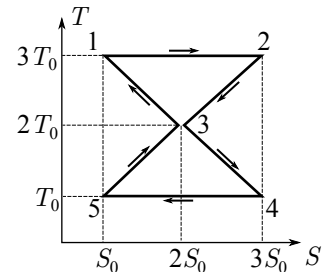
ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

10 июня 2016 г.

Вариант А₁

1A₁. (3) В вертикально расположенной пробирке высотой $H = 10$ см, заполненной воздухом при температуре $t = 11^\circ\text{C}$, равномерно распределены наночастицы пыли массой $m = 4 \cdot 10^{-17}$ г каждая. Их начальная концентрация составляет $n_0 = 10^8$ см⁻³. Найти концентрацию частиц n_1 в центре пробирки (на высоте $h = H/2$) после установления равновесия.

2A₁. (3) Тепловая машина работает по обратимому циклу 1–2–3–4–5–3–1, состоящему в координатах T – S из двух равнобедренных треугольников (см. рис.). Найти КПД цикла. Уравнение состояния рабочего тела неизвестно.



3A₁. (3) Найти изменение температуры ΔT кислорода в процессе Джоуля–Томсона, если начальная плотность газа равна $\rho_0 = 25$ кг/м³, конечная $\rho_1 = 1$ кг/м³. Использовать модель Ван-дер-Ваальса с параметрами $a = 0,14$ Дж · м³ · моль⁻², $b \approx 0$ и постоянной теплоёмкостью C_V . Начальная температура близка к комнатной.

4A₁. (4) Теплоизолированный сосуд, заполненный двухатомным газом, находится в космосе. В сосуде имеется отверстие, размеры которого много меньше длины свободного пробега, через которое газ медленно вытекает. Найти, во сколько раз изменится число частиц в сосуде N_1/N_0 к моменту, когда температура в нём уменьшится вдвое, $T_1 = T_0/2$.

5A₁. (4) Вода в количестве $m = 1$ кг и небольшой кусочек льда находятся в теплоизолированной оболочке под давлением $P_1 = 51$ атм. Давление медленно уменьшают до $P_2 = 1$ атм. Найти изменение объёма системы ΔV . Плотности воды и льда при атмосферном давлении равны соответственно $\rho_{\text{в}} = 1,0$ г/см³ и $\rho_{\text{л}} = 0,916$ г/см³; изотермический модуль всестороннего сжатия воды $K_{\text{в}} = 2,0 \cdot 10^4$ атм. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 335$ Дж/г, удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,18$ Дж/(г · К). Отличием C_P/C_V от единицы можно пренебречь.

6A₁. (4) Для защиты от радиоактивного инертного газа радона-220, выделяемого торий-содержащими отходами, их засыпают песком. Благодаря высокой радиоактивности, радон в процессе диффузии через песок в значительной степени распадается. Считая диффузию одномерной, определить коэффициент диффузии D радона в песке, если известно, что в стационарном состоянии на расстоянии $h = 20$ см от радиоактивного источника регистрируется в $\beta = 10^7$ раз меньше актов распада в секунду, чем на границе источника. Период полураспада радона-220 равен $T = 55,6$ с.

ФИО _____

группа _____

13	23	1A ₂	2A ₂	3A ₂	4A ₂	5A ₂	Σ	Оценка

Оценка = $\lceil \Sigma/2 \rceil$.

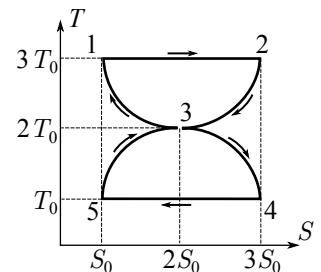
ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

10 июня 2016 г.

Вариант А₂

1A₂. (3) Водная суспензия содержит небольшое количество мелких капелек масла при температуре $t = 17^\circ\text{C}$. Плотность масла $\rho_1 = 0,9 \text{ г/см}^3$. При каком радиусе капель r отношение их минимальной и максимальной концентраций в пробирке высотой $h = 4 \text{ см}$ будет в равновесии составлять $n_{\min}/n_{\max} = 0,5$?

2A₂. (3) Тепловая машина работает по обратимому циклу 1–2–3–4–5–3–1, состоящему в координатах T – S из двух полуэллипсов (см. рис.). Найти КПД цикла. Уравнение состояния рабочего тела не известно. *Справка:* площадь эллипса с полуосями a и b равна $\Pi = \pi ab$.



3A₂. (3) Гелий под давлением $P_0 = 200 \text{ атм}$ подвергается дросселированию в область низкого давления $P_1 \ll P_0$. Начальный молярный объём газа равен $v_0 = 160 \text{ см}^3/\text{моль}$. Определить изменение температуры гелия ΔT , используя модель Ван-дер-Ваальса с параметрами $b = 24 \text{ см}^3/\text{моль}$ и $a = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot (\text{м}^3/\text{моль})^2$. *Указания:* в конечном состоянии газ считать идеальным; при расчётах можно воспользоваться тем, что $a/v_0^2 \ll P_0$.

4A₂. (4) Теплоизолированный сосуд, заполненный двухатомным газом, находится в космосе. В сосуде имеется отверстие, размеры которого много меньше длины свободного пробега, через которое газ медленно вытекает. Найти, во сколько раз изменится число частиц в сосуде N_1/N_0 к моменту, когда температура в нём уменьшится вдвое, $T_1 = T_0/2$.

5A₂. (4) Вода в количестве $m = 1 \text{ кг}$ и небольшой кусочек льда находятся в теплоизолированной оболочке под давлением $P_1 = 51 \text{ атм}$. Давление медленно уменьшают до $P_2 = 1 \text{ атм}$. Найти изменение объёма системы ΔV . Плотности воды и льда при атмосферном давлении равны соответственно $\rho_{\text{в}} = 1,0 \text{ г/см}^3$ и $\rho_{\text{л}} = 0,916 \text{ г/см}^3$; изотермический модуль всестороннего сжатия воды $K_{\text{в}} = 2,0 \cdot 10^4 \text{ атм}$. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 335 \text{ Дж/г}$, удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,18 \text{ Дж/(г} \cdot \text{К)}$. Отличием C_P/C_V от единицы можно пренебречь.

6A₂. (4) Для защиты от радиоактивного инертного газа радона-220, выделяемого торий-содержащими отходами, их засыпают песком. Благодаря высокой радиоактивности, радон в процессе диффузии через песок в значительной степени распадается. Считая диффузию одномерной, определить коэффициент диффузии D радона в песке, если известно, что в стационарном состоянии на расстоянии $h = 20 \text{ см}$ от радиоактивного источника регистрируется в $\beta = 10^7$ раз меньше актов распада в секунду, чем на границе источника. Период полураспада радона-220 равен $T = 55,6 \text{ с}$.

ФИО _____

группа _____

13	23	1Б ₁	2Б ₁	3Б ₁	4Б ₁	5Б ₁	Σ	Оценка

Оценка = $\lceil \Sigma/2 \rceil$.

ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

10 июня 2016 г.

Вариант Б₁

- 1Б₁.** (3) Определить число молекул N в кубическом сантиметре азота при нормальных условиях, имеющих модуль скорости v , меньший чем $v < \alpha v_p$, где v_p — наиболее вероятная скорость, $\alpha = 0,01$.
- 2Б₁.** (3) Неидеальный газ с неизвестным уравнением состояния служит рабочим телом в обратимом цикле, состоящем из 1) изотермического сжатия при температуре $T_1 = 300$ К, 2) адиабатического нагрева до температуры $T_2 = 500$ К, 3) политропического охлаждения. Найти КПД цикла η .
- 3Б₁.** (3) Моль углекислого газа, сжатый исходно до критической плотности $\rho_0 = \rho_k$ при температуре $T_0 = \frac{3}{2}T_k$ ($T_k = 304$ К — критическая температура), свободно расширяется в теплоизолированном сосуде объёма V_1 , так что объём газа увеличивается в $V_1/V_0 = 5$ раз. Используя модель Ван-дер-Ваальса, найти конечную температуру газа T_1 . Теплоёмкость $C_V \approx 3,6R$ считать постоянной.
- 4Б₁.** (4) В теплоизолированном сосуде, помещённом в вакуумную камеру, находится идеальный одноатомный газ с начальной температурой T_0 . В сосуде имеется отверстие, размеры которого много меньше длины свободного пробега, через которое газ медленно вытекает. Найти температуру T_1 газа в сосуде к моменту, когда концентрация газа в нём уменьшится вдвое, $n_1 = n_0/2$.
- 5Б₁.** (4) Лёд в количестве $m = 1$ кг находится в адиабатической оболочке при нормальных условиях. Внешнее давление медленно увеличивают до $P_2 = 100$ атм. Найти изменение объёма системы ΔV и работу A , которую необходимо для этого совершить. Плотности воды и льда при нормальных условиях равны соответственно $\rho_v = 1,0$ г/см³ и $\rho_l = 0,916$ г/см³; изотермическая сжимаемость льда $\beta_l = 1,18 \cdot 10^{-10}$ Па⁻¹. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 335$ Дж/г, удельная теплоёмкость льда $c_l = 2,11$ Дж/(г · К). Отличием C_P/C_V от единицы можно пренебречь.
- 6Б₁.** (4) Для защиты от радиоактивного инертного газа радона-220, выделяемого торийсодержащими отходами, их засыпают песком. Благодаря высокой радиоактивности радона, в процессе диффузии через песок он в значительной степени распадается. Приняв плотность потока частиц со стороны источника равной $j_0 = 10^5 \frac{\text{частиц}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$, найти установившуюся концентрацию радона n на расстоянии $h = 30$ см от источника. Коэффициент диффузии газа в песке равен $D = 0,02$ см²/с, диффузию считать одномерной. Вероятность распада атома радона-220 за время dt равна $dp = A dt$, где $A = 12,5 \cdot 10^{-3}$ с⁻¹.

ФИО _____

группа _____

13	23	1Б ₂	2Б ₂	3Б ₂	4Б ₂	5Б ₂	Σ	Оценка

Оценка = $\lceil \Sigma/2 \rceil$.

ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

10 июня 2016 г.

Вариант Б₂

- 1Б₂.** (3) Определить долю молекул атмосферного кислорода при температуре $t = 27^\circ\text{C}$, имеющих модуль скорости, меньший чем $v_0 = 1 \text{ м/с}$.
- 2Б₂.** (3) Вещество с неизвестным уравнением состояния, исходно находящееся при температуре $T_0 = 100 \text{ К}$, было последовательно подвергнуто нагреву в политропическом процессе с теплоемкостью $C = -10 \text{ Дж/К}$ до температуры $T_1 = 200 \text{ К}$, адиабатическому охлаждению до температуры T_0 и изотермическому расширению до исходного состояния. Найти работу A , совершенную над телом за цикл.
- 3Б₂.** (3) Аргон ($\mu = 40 \text{ г/моль}$), находящийся исходно в состоянии с плотностью $\rho_0 = 0,1\rho_{\text{к}}$, где $\rho_{\text{к}} = 0,5 \text{ г/см}^3$ — критическая плотность, свободно расширился в закрытом теплоизолированном сосуде фиксированного объёма, в результате чего плотность газа упала до $\rho_1 = \rho_0/2$, а температура изменилась на $\Delta T = -8 \text{ К}$. Используя модель Ван-дер-Ваальса, найти константы a и b .
- 4Б₂.** (4) В теплоизолированном сосуде, помещённом в вакуумную камеру, находится идеальный одноатомный газ с начальной температурой T_0 . В сосуде имеется отверстие, размеры которого много меньше длины свободного пробега, через которое газ медленно вытекает. Найти температуру T_1 газа в сосуде к моменту, когда концентрация газа в нём уменьшится вдвое, $n_1 = n_0/2$.
- 5Б₂.** (4) Лёд в количестве $m = 1 \text{ кг}$ находится в адиабатической оболочке при нормальных условиях. Внешнее давление медленно увеличивают до $P_2 = 100 \text{ атм}$. Найти изменение объёма системы ΔV и работу A , которую необходимо для этого совершить. Плотности воды и льда при нормальных условиях равны соответственно $\rho_{\text{в}} = 1,0 \text{ г/см}^3$ и $\rho_{\text{л}} = 0,916 \text{ г/см}^3$; изотермическая сжимаемость льда $\beta_{\text{л}} = 1,18 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 335 \text{ Дж/г}$, удельная теплоёмкость льда $c_{\text{л}} = 2,11 \text{ Дж/(г} \cdot \text{К)}$. Отличием C_P/C_V от единицы можно пренебречь.
- 6Б₂.** (4) Для защиты от радиоактивного инертного газа радона-220, выделяемого торий-содержащими отходами, их засыпают песком. Благодаря высокой радиоактивности радона, в процессе диффузии через песок он в значительной степени распадается. Приняв плотность потока частиц со стороны источника равной $j_0 = 10^5 \frac{\text{частиц}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$, найти установившуюся концентрацию радона n на расстоянии $h = 30 \text{ см}$ от источника. Коэффициент диффузии газа в песке равен $D = 0,02 \text{ см}^2/\text{с}$, диффузию считать одномерной. Вероятность распада атома радона-220 за время dt равна $dp = A dt$, где $A = 12,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$.