

ФИО _____

группа _____

1А	2А	3А	4А	5А	6А	Оценка

1 зад.	2 зад.	Σ

Подпись преп. _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

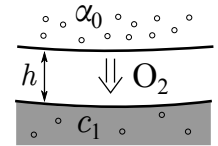
7 июня 2019 г.

Вариант А

- 1А.** (1,5) Энергия ионизации молекулярного кислорода равна $I = 12,1$ эВ. Оценить долю молекул при температуре $T = 10^4$ К, имеющих поступательную энергию, превосходящую I .

Указание: при $\alpha \gg 1$ справедлива оценка $\int_{\alpha}^{\infty} \sqrt{x} e^{-x} dx \approx \sqrt{\alpha} e^{-\alpha}$.

- 2А.** (1,5) В процессе дыхания организм человека извлекает кислород из воздуха и использует его для получения энергии при окислении органических молекул. Считая, что на один моль O_2 выделяется энергия $E = 470$ кДж/моль, а мощность, вырабатываемая человеком при активной физической нагрузке, составляет $W = 1$ кВт, оценить рабочую площадь поверхности его легких S . Мольную долю кислорода в воздухе внутри лёгких принять постоянной и равной $\alpha_0 = 0,14$, а концентрацию O_2 в крови — $c_1 = 2$ моль/м³. Толщина барьера между воздухом и кровью $h = 1$ мкм, коэффициент диффузии в нём $D = 10^{-7}$ см²/с.



- 3А.** (2) Два одинаковых сосуда, заполненные гелием общим количеством $\nu = 1$ моль, сообщаются отверстием, диаметр которого меньше длины свободного пробега. Температуры в сосудах исходно поддерживаются равными T_1 и $T_2 = 4T_1$. Найти температуру T , которая установится в системе в состоянии равновесия, если перестать поддерживать температуры сосудов и изолировать их от окружающей среды. Вычислить также результирующее изменение энтропии системы ΔS .
- 4А.** (2) Закрытый сосуд с жёсткими стенками полностью заполнен водой при нормальных условиях. После помещения сосуда в морозильную камеру и установления равновесия 10% воды превратилось в лёд. Найти температуру t в камере. Теплота плавления льда $q = 330$ Дж/г, начальная плотность воды $\rho_v = 1,0$ г/см³, сжимаемость воды $\beta_v = 4,8 \cdot 10^{-5}$ атм⁻¹, плотность образовавшегося льда $\rho_l = 0,92$ г/см³. Деформацией стенок пренебречь.
- 5А.** (2) При низких температурах ($T \rightarrow 0$) свободная энергия «электронного газа» в металлах в объёме V при температуре T даётся зависимостью $F = F_0 - \beta V^{2/3} T^2$, где F_0 и β — постоянные величины. Найти разность теплоёмкостей $C_P - C_V$ электронного газа как функцию V и T .
- 6А.** (3) Оценить, с какой относительной погрешностью $\varepsilon = \Delta c/c_0$ нужно измерять скорость звука в углекислом газе CO_2 , чтобы заметить отклонение от расчёта по модели идеального газа? Постоянные Ван-дер-Ваальса равны $a = 0,4$ Па · м⁶/моль² и $b = 4 \cdot 10^{-5}$ м³/моль. При температуре в лаборатории $t = 22,0$ °С плотность газа $\rho = 1,80$ кг/м³. Молярная масса $\mu = 44,0$ г/моль. Теплоёмкость CO_2 при постоянном объёме $C_V = 3,45R$.

*Просим студентов пройти опрос о качестве работы преподавателей кафедры —
— сайт МФТИ, раздел Кафедры общей физики*

ФИО _____

группа _____

1Б	2Б	3Б	4Б	5Б	6Б	Оценка

1 зад.	2 зад.	Σ

Подпись преп. _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

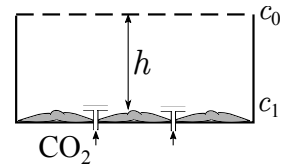
7 июня 2019 г.

Вариант Б

- 1Б.** (1,5) Энергия ионизации молекулярного азота равна $I = 15,6$ эВ. Оценить долю молекул при температуре $T = 10^4$ К, имеющих поступательную энергию, превосходящую I .

Указание: при $\alpha \gg 1$ справедлива оценка $\int_{\alpha}^{\infty} x^2 e^{-x^2} dx \approx \frac{\alpha}{2} e^{-\alpha^2}$.

- 2Б.** (1,5) Для поддержания процессов фотосинтеза растения в теплицах “подкармливают” углекислым газом. Газ подаётся на уровне почвы, где расположены листья растений, потребляющие его с интенсивностью $J = 5$ мг/(дм² · час). Массовая доля CO₂ над листьями поддерживается равной $c_1 = 0,4\%$. В воздухе над теплицей при открытых в её крыше форточках эта доля равна $c_0 = 0,04\%$. Оценить суточный расход Q [кг/сут] подаваемого в теплицу CO₂. Высота теплицы $h = 2$ м, площадь $S = 100$ м², суммарная площадь листьев $S_{\text{л}} = 1,5S$. Коэффициент диффузии CO₂ в воздухе $D = 0,2$ см²/с. Молярная масса воздуха $\mu_{\text{в}} = 29$ г/моль. Температура $t = 27$ °С постоянна по высоте. Конвекция отсутствует.



- 3Б.** (2) В сосуде объёмом $V = 1$ л находится азот N₂ под давлением $P = 1$ мбар. Сосуд имеет отверстие диаметром $d = 50$ мкм, выходящее в вакуум. Температура сосуда $T = 300$ К поддерживается постоянной. Какое количество теплоты Q будет подведено к содержимому сосуда к моменту, когда его покинет половина молекул? Какое время τ на это потребуется?
- 4Б.** (2) В закрытой колбе объёмом $V = 1$ л находится влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °С и относительной влажности $\varphi = 70\%$. Колбу охлаждают на $\Delta t = 15$ °С. Найти массу Δm сконденсировавшейся воды. Теплоту испарения принять равной $\Lambda = 44$ кДж/моль, давление в тройной точке воды $P_{\text{тр}} = 610$ Па.
- 5Б.** (2) При измерении скорости звука в углекислом газе CO₂ в сосуде, находящемся в атмосфере при комнатной температуре, имеется течь. Найдите минимальную мольную долю примеси воздуха α , присутствие которой в сосуде можно обнаружить экспериментально, если относительная погрешность измерений $\varepsilon = 1\%$. Воздух считать смесью двухатомных газов с молярной массой $\mu_{\text{в}} = 29$ г/моль. Показатель адиабаты для углекислого газа принять равным $\gamma_{\text{CO}_2} = 9/7$. Молярная масса $\mu_{\text{CO}_2} = 44$ г/моль.
- 6Б.** (3) В одной из моделей теплоёмкость C_V кристалла при низких температурах ($T \rightarrow 0$) равна $C_V = aVT^3$, где V — объём кристалла, a — постоянная величина. Изотермический модуль всестороннего сжатия равен K . Найти разность $C_P - C_V$ теплоёмкостей кристалла как функцию его объёма и температуры.

*Просим студентов пройти опрос о качестве работы преподавателей кафедры —
— сайт МФТИ, раздел Кафедры общей физики*