

ФИО _____

группа _____

1А	2А	3А	4А	5А	6А	Оценка

1 зад.	2 зад.	Σ

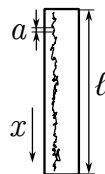
Подпись преп. _____

ПИСЬМЕННЫЙ ЭКЗАМЕН ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

10 июня 2024 г.

Вариант А

- 1А.** (1,5) Теплопроводность металлов при низких температурах подчиняется закону $\kappa = \alpha T$, где α — некоторая константа. Металлический стержень длиной L и площадью сечения S заключён в теплоизолирующую оболочку, на левом его конце поддерживается температура T_0 , а на правом — $T_1 > T_0$. Найдите поток тепла Q в сторону холодного конца стержня.
- 2А.** (1,5) Молекула газа смещается за некоторое время t от своего первоначального положения на расстояние $r_1 = 10$ см, испытав большое число столкновений $N \gg 1$. Давление газа изотермически изменяют, и за то же время t молекула смещается на $r_2 = 5$ см. Определите отношение N_1/N_2 числа испытанных ей столкновений в первом и втором случаях.
- 3А.** (2) Вещество в баллоне углекислотного огнетушителя находится в критическом состоянии при температуре $T_0 = 304$ К. Пренебрегая кинетической энергией струи, оцените температуру газа T_1 в раструбе огнетушителя. Газ в баллоне считать подчиняющимся модели Ван-дер-Ваальса, а на выходе из раструба — идеальным. Теплоёмкость CO_2 принять равной $C_V = \frac{7}{2}R$. Возможность фазовых переходов (образование твёрдой углекислоты) не рассматривать.
- 4А.** (2) Уравнение состояния моля некоторого вещества с постоянной теплоёмкостью $C_V = 3R$ есть $PV = R(T + \theta)$, где константа $\theta > 0$. Найдите относительное изменение давления P_2/P_1 в равновесном адиабатическом процессе, если температура выросла от $T_1 = \theta$ до $T_2 = 3\theta$.
- 5А.** (2) Электроны в полупроводниковых гетероструктурах можно рассматривать как двумерный идеальный газ. В начале координат создаётся небольшое облако электронов с максвелловским распределением по скоростям при температуре $T = 10$ К, и они разлетаются по плоскости во все стороны без взаимодействия. Найдите, как плотность потока электронов $j(r)$ зависит от расстояния r до начала координат в момент времени t . Вычислите расстояние r_{\max} , на котором $j(r)$ достигает максимума при $t = 1$ нс. Масса электрона $m = 9 \cdot 10^{-31}$ кг.
- 6А.** (2,5) Резиновая полоса растянута вдоль оси x до некоторой длины ℓ при температуре T . Молекулы резины моделируются как расположенные вдоль всей полосы одномерные цепочки из $N \gg 1$ звеньев длины a . Каждое звено может находиться в одном из двух состояний: ориентировано либо вдоль оси x , либо противоположно ей. Внутренняя энергия резины от конфигурации звеньев не зависит (звенья не взаимодействуют). Найдите в этой модели силу натяжения $f(\ell, T)$ молекулы резины. Длина полосы много меньше максимальной: $\ell \ll Na$.



Указание: сначала вычислите энтропию резины.

ФИО _____

группа _____

1Б	2Б	3Б	4Б	5Б	6Б	Оценка

1 зад.	2 зад.	Σ

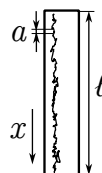
Подпись преп. _____

ПИСЬМЕННЫЙ ЭКЗАМЕН ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

10 июня 2024 г.

Вариант Б

- 1Б.** (1,5) Теплопроводность диэлектриков при низких температурах подчиняется закону $\kappa = \beta T^3$, где β — некоторая константа. Диэлектрический стержень длиной L и площадью сечения S заключён в теплоизолирующую оболочку. На его левом конце поддерживается температура T_0 , на правом — $T_1 > T_0$. Найдите поток тепла Q в сторону холодного конца стержня.
- 2Б.** (1,5) Молекула газа смещается на некоторое расстояние r , претерпевая при этом $N \gg 1$ столкновений с другими молекулами. Давление газа изотермически понижают в 5 раз. Во сколько раз изменится число столкновений молекулы при смещении её на то же расстояние r ?
- 3Б.** (2) Баллон пневматического пылеочистителя заполнен тетрафторэтаном ($\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$, $\mu = 102$ г/моль). Температура газа в баллоне $T_0 = 300$ К, плотность $\rho_0 = 25$ кг/м³. Пренебрегая кинетической энергией газовой струи, оцените её температуру T_1 на выходе из узкого канала распылителя. Газ в баллоне считать подчиняющимся модели Ван-дер-Ваальса, а на выходе из канала — идеальным. Известны критические параметры газа: $T_k = 374$ К, $\rho_k = 50$ кг/м³. Удельная теплоёмкость газа $c_p = 0,82$ Дж/(г · К).
- 4Б.** (2) Состояние некоторого слабонеидеального одноатомного газа описывается уравнением $(P + \frac{a}{v^3})v = RT$, где v — молярный объём. Определите изменение температуры газа ΔT в результате неравновесного расширения моля газа в пустоту от объёма V_0 до $V_1 = 2V_0$ в теплоизолированном сосуде.
- 5Б.** (2) На оси длинного вакуумированного цилиндра радиусом $r = 1$ см натянута тонкая проволока, на которой адсорбированы молекулы воды. После пропускания через проволоку короткого импульса тока эти молекулы разлетаются во все стороны без столкновений с максвелловским распределением по скоростям, соответствующим температуре $T = 500$ К. Найдите, как давление на стенку $P(t)$ зависит от времени, и вычислите, через какое время t_{\max} оно достигнет максимума.
- 6Б.** (2,5) Резиновая полоса растянута вдоль оси x до некоторой длины ℓ при температуре T . Молекулы резины моделируются как расположенные вдоль всей полосы одномерные цепочки из $N \gg 1$ звеньев длины a . Каждое звено может находиться в одном из двух состояний: ориентировано либо вдоль оси x , либо противоположно ей. Внутренняя энергия резины от конфигурации звеньев не зависит (звенья не взаимодействуют). Найдите в этой модели работу, которую нужно совершить в расчёте на одну молекулу, чтобы изотермически растянуть резину вдвое. Длина полосы много меньше максимальной: $\ell \ll Na$.



Указание: сначала вычислите энтропию резины.