

ФИО \_\_\_\_\_

группа \_\_\_\_\_

1А	2А	3А	4А	5А	Σ	Оценка

1 зад.	2 зад.	Итого

Макс. за задачу 1 балл. Оценка = [2Σ].

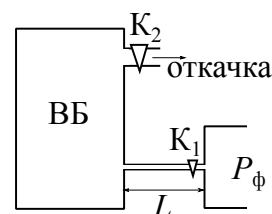
## ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

14 июня 2017 г.

### Вариант А

- 1А.** При определённых условиях электроны в тонком слое у поверхности полупроводника могут рассматриваться как двумерный идеальный газ. Вычислить относительную среднеквадратичную флуктуацию скорости электрона в такой системе.
- 2А.** Состояние некоторого неидеального газа аппроксимируется уравнением  $PV = R(T + \theta)$ , где  $\theta = 30$  К. Найти изменение внутренней энергии  $\Delta U$  и количество подведённой теплоты  $Q$  при изотермическом расширении 1 моля газа от объёма  $V_0$  до  $V_1 = 3V_0$ . Температура газа  $T = 270$  К.
- 3А.** Закрытый сосуд объёмом  $V = 1,0$  л заполнен насыщенным водяным паром при температуре  $t_1 = 110^\circ\text{C}$  и давлении  $P_1 = 1,43$  атм. Сосуд охлаждают так, что давление в нём уменьшается до  $P_2 = 1,0$  атм. Найти массу воды  $m_{\text{ж}}$ , сконденсировавшейся в жидкую фазу, и количество теплоты  $Q$ , отведённое от содержимого сосуда. Теплоту парообразования  $\Lambda = 2260$  Дж/г считать постоянной, пар считать идеальным газом.

- 4А.** Высоковакуумный баллон (ВБ) соединён капилляром через кран  $K_1$  с форвакуумной частью установки, в которой поддерживается давление воздуха  $P_\Phi = 10^{-2}$  торр (см. рис.). Предельное давление в баллоне при закрытом  $K_1$  составляет  $P_0 = 10^{-4}$  торр. Проводятся два опыта, в которых останавливается откачка (перекрывается  $K_2$ ) и измеряется время  $\tau$ , в течение которого давление возрастет от  $P_0$  до  $4P_0$ . В первом опыте кран  $K_1$  был закрыт, и измеренное время оказалось равно  $\tau_1 = 25$  с. Во втором опыте кран  $K_1$  открыли одновременно с прекращением откачки, и время нарастания давления составило  $\tau_2 = 10$  с. Определить по этим данным радиус капилляра  $r$ . Объём баллона  $V_{\text{ВБ}} = 1,6$  л, длина капилляра  $L = 70$  мм, температура системы  $t = 20^\circ\text{C}$ . Принять, что интенсивность натекания воздуха из-за течей и десорбции не зависит от давления в баллоне.



- 5А.** Ионы солей иттербия имеют спин  $s = 7/2$ . Во внешнем магнитном поле  $B$  энергия иона зависит от ориентации спина и может принимать значения  $E_m = m\mu B$ , где  $\mu$  — известная константа, и  $m = -s, -s + 1, \dots, s - 1, s$ . Найти изменение энтропии  $\Delta S$  и количество теплоты  $Q$ , поглощаемое 1 молеми соли при её квазистатическом изотермическом размагничивании от очень большого ( $B_0 \gg k_B T / \mu$ ) до нулевого поля ( $B_1 = 0$ ) при температуре  $T$ . Взаимодействием ионов между собой пренебречь.

ФИО \_\_\_\_\_

группа \_\_\_\_\_

1Б	2Б	3Б	4Б	5Б	Σ	Оценка

1 зад.	2 зад.	Итого

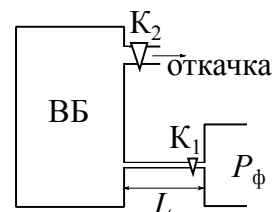
Макс. за задачу 1 балл. Оценка = [2Σ].

## ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

14 июня 2017 г.

### Вариант Б

- 1Б.** При определенных условиях электроны в тонком слое у поверхности полупроводника могут рассматриваться как двумерный идеальный газ. Вычислить среднеквадратичную флуктуацию кинетической энергии электрона в такой системе при температуре  $T$ .
- 2Б.** Состояние моля одноатомного неидеального газа аппроксимируется уравнением  $PV = RT \left(1 + \frac{\theta}{T}\right)$ , где  $\theta = 30$  К. Найти изменение внутренней энергии  $\Delta U$  и количество подведённой теплоты  $Q$  при изобарном нагревании газа от  $T_0 = 270$  К до  $T_1 = 300$  К.
- 3Б.** В закрытом сосуде фиксированного объёма содержится вода и её насыщенный пар при температуре  $t_0 = 100^\circ\text{C}$ . Суммарная масса содержимого  $m = 18$  мг, причём объём жидкой фазы мал по сравнению с объёмом сосуда. Сосуд нагревают до тех пор, пока вся жидкость полностью не испарится, в результате чего давление в нём увеличивается до  $P_1 = 2$  атм. Найти конечную температуру  $T_1$  сосуда и изменение внутренней энергии  $\Delta U$  его содержимого. Теплоту парообразования  $\Lambda = 40,5$  кДж/моль принять постоянной, пар считать идеальным газом.
- 4Б.** Высоковакуумный баллон (ВБ) соединён капилляром через кран  $K_1$  с форвакуумной частью установки, в которой поддерживается давление воздуха  $P_\phi = 5 \cdot 10^{-3}$  мбар (см. рис.). При закрытом  $K_1$  в баллоне достигается предельное давление  $P_0 = 5 \cdot 10^{-5}$  мбар. Если остановить откачку (перекрыть  $K_2$ ), то наблюдается линейный рост давления в баллоне со временем по закону  $P(t) = P_0 \cdot (1 + \beta_1 t)$ , где  $\beta_1 = 0,20$  с $^{-1}$ . Если же одновременно с прекращением откачки открыть кран  $K_1$ , то давление будет расти по такому же закону, но с коэффициентом  $\beta_2 = 0,32$  с $^{-1}$ . Определить объём высоковакуумного баллона  $V_{\text{ВБ}}$ . Длина капилляра  $L = 64$  мм, его диаметр  $d = 0,9$  мм, температура системы  $T = 300$  К.



- 5Б.** Известно, что молекула  $\text{H}_2$  имеет две модификации — параводород и ортоводород, которые в отсутствие специальных катализаторов не переходят друг в друга. Вращательная энергия молекулы определяется как  $E_l = k_B \theta l(l+1)$ , где  $\theta$  — константа, причём для параводорода возможны только чётные значения  $l = 0, 2, \dots$ , а для ортоводорода — только нечётные  $l = 1, 3, \dots$ . Число состояний молекулы с заданным значением  $E_l$  равно  $n_l = (2l+1)(2s+1)$ , где  $s$  — спин ядер, составляющих молекулу, равный  $s = 0$  для пара- и  $s = 1$  для ортоводорода. В термостате фиксированного объёма с малой температурой  $T \ll \theta$  исходно находился 1 моль ортоводорода. После введения катализатора водород пришёл к равновесному состоянию. Найти изменение энтропии газа  $\Delta S$  и тепло  $Q$ , переданное термостату.