

ФИО \_\_\_\_\_

группа \_\_\_\_\_

| 1А | 2А | 3А | 4А | 5А | Σ | Оценка |
|----|----|----|----|----|---|--------|
|    |    |    |    |    |   |        |

Максимум за задачу — 3 очка. Таблица соответствия:

| Σ      | 0    | 1-4 | 5     | 6-7 | 8   | 9 | 10 | 11  | 12-14 | 15 |
|--------|------|-----|-------|-----|-----|---|----|-----|-------|----|
| Оценка | 1    | 2   | 3     | 4   | 5   | 6 | 7  | 8   | 9     | 10 |
|        | неуд |     | удовл |     | хор |   |    | отл |       |    |

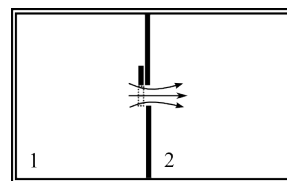
## ПИСЬМЕННЫЙ ЭКЗАМЕН ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

9 июня 2015 г.

### Вариант А

**1А.** Первоначально покоившийся тонкостенный цилиндр радиуса  $a = 1$  м приводят во вращение с угловой скоростью  $\omega = 20$  рад/с вокруг оси цилиндра. С окружающей атмосферой цилиндр сообщается через небольшие отверстия на оси. На сколько процентов увеличится в итоге количество вещества внутри цилиндра? Температура воздуха  $T = 300$  К.

**2А.** Сосуд разделён перегородкой на две равные части, стенки сосуда и перегородка теплоизолирующие. В левой части (см. рис.) находится идеальный двухатомный газ при температуре  $T_0 = 350$  К, правая откачана до высокого вакуума. В некоторый момент в перегородке открывают небольшое отверстие, превосходящее по размеру длину свободного пробега газа в левой части. Когда давление слева падает на 10% от исходного, отверстие снова перекрывают. Через некоторое время в каждой половине сосуда устанавливается равновесие. Определить конечные температуры газов слева  $T_1$  и справа  $T_2$ . Принять, что процессы, проходящие в пределах левой части сосуда, можно считать квазистатическими.



**3А.** Моль гелия охлаждается от начальной температуры  $T_0$  в процессе с теплоёмкостью, зависящей от температуры по линейному закону  $C(T) = 2RT/T_0$ . Процесс останавливают, когда объём газа достигает минимума. Найти изменение энтропии газа  $\Delta S$  в процессе и отношение конечного объёма газа к начальному  $V_1/V_0$ . Газ считать идеальным.

**4А.** В материале стержня из натуральной резины при облучении происходит выделение тепла с интенсивностью  $q = 3 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>3</sup>. Температура на поверхности стержня вдали от его концов поддерживается равной  $T_1 = 300$  К. Стержень имеет круглое сечение радиуса  $R = 3$  см. Определить температуру на оси стержня  $T_0$ . Коэффициент теплопроводности резины в рабочем диапазоне температур можно описать формулой  $\kappa = aT + bT^3$ , где  $a = 7 \cdot 10^{-5}$  Вт/(м·К<sup>2</sup>) и  $b = 5 \cdot 10^{-9}$  Вт/(м·К<sup>4</sup>).

**5А.** Вытянутая микрочастица длиной  $L$  и массой  $m$  плавает на поверхности жидкости при температуре  $T$ . Оценить по порядку величины время, за которое частица развернётся на  $360^\circ$  из-за вращательного броуновского движения, считая известным эффективное время  $\tau_{\text{св}}$  свободного «пробега» (поворота) частицы.

*Указание:* броуновское вращательное движение, представляющее собой хаотическое вращение частицы под действием молекул среды, может быть описано как одномерное случайное блуждание, в котором в роли координаты смещения выступает угол поворота.

ФИО \_\_\_\_\_

группа \_\_\_\_\_

| 1Б | 2Б | 3Б | 4Б | 5Б | Σ | Оценка |
|----|----|----|----|----|---|--------|
|    |    |    |    |    |   |        |

Максимум за задачу — 3 очка. Таблица соответствия:

| Σ      | 0    | 1-4 | 5     | 6-7 | 8   | 9 | 10 | 11  | 12-14 | 15 |
|--------|------|-----|-------|-----|-----|---|----|-----|-------|----|
| Оценка | 1    | 2   | 3     | 4   | 5   | 6 | 7  | 8   | 9     | 10 |
|        | неуд |     | удовл |     | хор |   |    | отл |       |    |

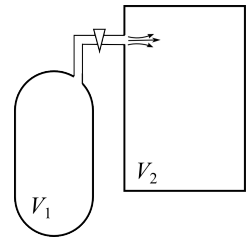
## ПИСЬМЕННЫЙ ЭКЗАМЕН ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

9 июня 2015 г.

Вариант Б

**1Б.** Тонкостенный цилиндр радиуса  $a = 1$  м и высоты  $h = 1$  м вращается с некоторой постоянной угловой скоростью вокруг своей оси. С окружающей атмосферой цилиндр сообщается через небольшие отверстия на оси. Атмосферное давление  $P_0 = 10^5$  Па, температура  $T_0 = 273$  К. После остановки вращения и установления равновесия масса газа в цилиндре уменьшается на  $\delta m = 15$  г. Найти угловую скорость вращения цилиндра.

**2Б.** В газовом баллоне объёмом  $V_1 = 100$  л находится одноатомный идеальный газ под давлением  $P_0 = 50$  атм при начальной температуре  $T_0 = 300$  К. Баллон подключают к предварительно откачанной экспериментальной установке объёмом  $V_2 = 200$  л и на короткое время открывают соединительный кран. Когда давление в баллоне падает до  $P_1 = 45$  атм, кран перекрывают. Найти конечные давление  $P_2$  и температуру  $T_2$  газа в установке после завершения процессов установления равновесия. Стенки баллона и установки теплоизолирующие, теплопередачей через соединительный кран пренебречь. Принять, что процессы, проходящие в баллоне, можно считать квазистатическими.



**3Б.** Моль азота охлаждается от начальной температуры  $T_0$  в процессе с теплоемкостью, зависящей от температуры по линейному закону  $C(T) = 3RT/T_0$ . В результате работа газа оказалась равной нулю. Определить изменение энтропии газа  $\Delta S$  и найти отношение конечного объема к начальному  $V_1/V_0$ . Газ считать идеальным, вкладом колебательной степени свободы в теплоемкость  $C_V$  азота пренебречь.

**4Б.** Стержни ядерного реактора изготовлены из диоксида тория  $\text{ThO}_2$ . В рабочем режиме в стержне выделяется тепло с интенсивностью  $q = 10^8$  Вт/м<sup>3</sup>, и температура поверхности стержня вдали от его концов равна  $T_1 = 700$  К. Коэффициент теплопроводности диоксида тория в рабочем диапазоне температур убывает по закону  $\kappa = \kappa_0 \Theta/T$ , где  $\Theta = 1000$  К, а  $\kappa_0 = 3,3$  Вт/(м·К). Стержни имеют круглое сечение радиуса  $R = 1$  см. Определить температуру на оси стержня  $T_0$ .

**5Б.** Вытянутая микрочастица плавает на поверхности жидкости при температуре  $T$ . Оценить по порядку величины время, за которое частица развернется на  $180^\circ$  из-за вращательного броуновского движения, если известно, что при приложении постоянного момента сил  $M$  перпендикулярно оси частицы она приобрела бы угловую скорость  $\omega = \beta M$ , где  $\beta$  — известная константа.

*Указание:* броуновское вращательное движение, представляющее собой хаотическое вращение частицы под действием молекул среды, аналогично поступательному одномерному броуновскому движению, в котором в роли координаты смещения выступает угол поворота.