

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		

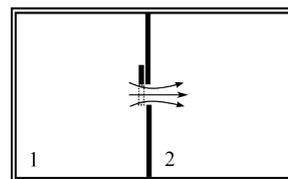
ПИСЬМЕННЫЙ ЭКЗАМЕН ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

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 ΔS 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/м³. 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·К²) и $b = 5 \cdot 10^{-9}$ Вт/(м·К⁴).

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° из-за вращательного броуновского движения, считая известным эффективное время $\tau_{св}$ 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		

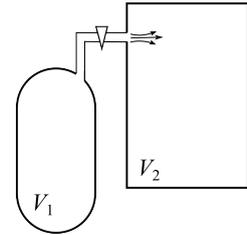
ПИСЬМЕННЫЙ ЭКЗАМЕН ПО ТЕРМОДИНАМИКЕ И МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ

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 ΔS 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 ThO_2 . В рабочем режиме в стержне выделяется тепло с интенсивностью $q = 10^8$ Вт/м³, 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° 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 β — 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.