

Олимпиада «Высшая проба» проводится при поддержке Сбера, приветствуем участников соревнования!



Поздравляем – ты являешься участником заключительного этапа олимпиады по профилю «Физика». Сбер, как и ты, всегда стремится к амбициозным задачам и гениальным прорывам. Желаем тебе блистательной победы!

Время выполнения задания — 240 минут.

Приступая к выполнению заданий, вы подтверждаете, что профиль и класс заданий соответствуют сведениям, указанным вами при регистрации.

Пишите разборчиво. В работе не должно быть никаких пометок, не относящихся к ответам на вопросы. Если Вы не знаете ответа, ставьте прочерк. Проверяться будет как сам ответ в бланке, так и черновики, по которым будет восстанавливаться логика получения результата.

Максимальное количество баллов — 100.

Задача 1. (20 баллов) Юный экспериментатор Тоша играет в следующую игру. В кювету с водой опущена трубка квадратного сечения (сторона квадрата a). На трубке лежит колода игровых карт. Трубка выступает над водой на высоту h , вся трубка заполнена водой. Для того чтобы победить, Тоша должен, сдувая по какому-то количеству верхних карт, оставить на бутылке не больше 15 карт. При каких размерах игровой карты Тоша сможет победить? Плотность воды ρ , коэффициент поверхностного натяжения воды σ , масса одной карты m . Трение между картами мало, а между картой и бутылкой велико, поэтому, если верхние карты начали падать, они не уронят всю колоду. Стороны карт параллельны граням трубки.

Задача 2. (20 баллов) Радуга возникает при освещении белым солнечным светом множества водяных капель. Пусть луч белого света падает на каплю воды радиусом R . Известно, что красный луч наибольшей интенсивности, формирующий радугу, отклоняется на $138,0^\circ$ относительно падающего луча в то время, как фиолетовый луч наибольшей интенсивности отклоняется на $139,8^\circ$. При этом показатель преломления воды для света фиолетового цвета на 0,9% больше, чем для красного. Определите, на каком расстоянии от центра капли будет вновь образовываться белый свет. Считать, что вокруг капли воды находится воздух с показателем преломления 1.

Задача 3. (20 баллов) Юный экспериментатор Андрей натянул тонкую проводящую ленту длиной L и шириной b между двумя изоляторами. Лента натянута с силой T , её поверхностная плотность массы (масса на единицу площади) равна σ . Параллельно ленте на малом расстоянии d ($d \ll L, d \ll b$) Андрей расположил массивную металлическую плиту. Получившаяся система представляет собой плоский конденсатор с гибкой обкладкой.

Андрей обнаружил, что если подать на ленту и плиту постоянное напряжение U , то тон (частота основного тона) звучания ленты меняется. При некотором критическом напряжении U_{crit} лента перестаёт звучать, теряет устойчивость и прилипает к плите.

1. Найдите зависимость частоты основного тона колебаний ленты ν от напряжения U . Частота колебаний ленты без напряжения известна и равна ν_0 .
2. Найдите выражение для критического напряжения U_{crit} .

Указание. Краевыми эффектами, а также влиянием силы тяжести пренебречь. Считать, что амплитуда колебаний мала по сравнению с зазором d .

Задача 4. (20 баллов) В техническом задании на разработку теплового двигателя было сказано, что он должен работать по замкнутому термодинамическому циклу, состоящему из трех политропных процессов с молярными теплоёмкостями, равными $2R$, $2,5R$ и $3,5R$, с заданным КПД. Разработчики предполагали, что рабочее тело будет совершать положительную работу только в одном процессе из трех, а максимальная температура в цикле будет в 8 раз больше минимальной, но не зафиксировали это документально. Инженеры разработали двигатель с заданными процессами и КПД, но порядок процессов оказался иным, в результате чего рабочее тело совершало положительную работу в двух процессах из трех. Определите отношение максимальной и минимальной температур у разработанного инженерами двигателя, если в качестве рабочего тела использовали 1 моль гелия.

Задача 5. (20 баллов) Для демонстрации закона Ленца учитель физики принёс на урок вертикальную медную трубу и сильный неодимовый магнит. Труба имеет внутренний диаметр $D = 20$ мм и толщину стенок $h = 2$ мм. Магнит имеет форму таблетки, диаметр которой лишь немного меньше внутреннего диаметра трубы, так что он может свободно скользить внутри. Если бросить магнит внутрь вертикальной трубы, то он не падает с ускорением свободного падения, а довольно быстро достигает установившейся скорости и плавно опускается вниз.

Оцените порядок этой установившейся скорости.

Справочные данные: удельное сопротивление меди $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. Известно, что неодимовые магниты (сплав NdFeB) по своему составу состоят преимущественно из атомов железа. Остальные параметры, необходимые для решения, оцените самостоятельно, опираясь на здравый смысл и физическую интуицию.