

## Олимпиада «Высшая проба» по физике

11 класс, 2026 год

1. Юный экспериментатор Тоша играет в следующую игру. В кювету с водой опущена трубка квадратного сечения (сторона квадрата  $a$ ). На трубке лежит колода игральных 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 игральной карты Тоша сможет победить? Плотность воды  $\rho$ , коэффициент поверхностного натяжения воды  $\sigma$ , 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.

$$\left( \frac{m}{\rho a^2 h} + \frac{6m}{\rho a^2} + \sigma \right) \rho$$

2. 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.

$$r \approx 0,71R$$

3. 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  $\sigma$ . 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  $U_{\text{crit}}$  лента перестаёт звучать, теряет устойчивость и прилипает к плите.

- 1) Найдите зависимость частоты основного тона колебаний ленты  $\nu$  от напряжения  $U$ . Частота колебаний ленты без напряжения известна и равна  $\nu_0$ .
- 2) Найдите выражение для критического напряжения  $U_{\text{crit}}$ .

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

$$\frac{q^2}{P L} \wedge \frac{T}{P^2} = \nu_{\text{кр}} \Omega$$

4. В техническом задании на разработку теплового двигателя было сказано, что он должен работать по замкнутому термодинамическому циклу, состоящему из трёх 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 трёх, 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 трёх. Определите отношение максимальной и минимальной температур у разработанного инженерами двигателя, если в качестве рабочего тела использовали 1 моль гелия.

$$6\sqrt{9} \approx \frac{v_{\text{max}}}{v_{\text{min}}}$$

5. 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.

$$0,3 \text{ см/с} \approx 1 \text{ см/с}$$