

## 67-я олимпиада по физике школьников Эстонии

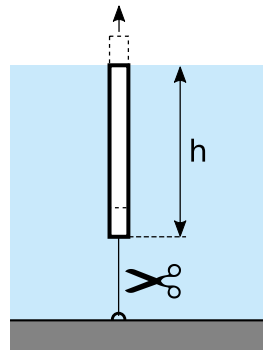
18 января 2020 г. Региональный тур.

Задачи гимназии (10 - 12 класс)

**1. (САУНА)** Иван и Пётр сидели в сауне, когда Иван подбавил на горячую каменку холодной воды температурой  $10^\circ\text{C}$ . Пётр заявил, что таким образом Иван остудит каменку и что вместо холодной воды стоит подбавлять горячую температурой  $60^\circ\text{C}$ . Иван же ему ответил, что между холодной и горячей водой в данном случае нет особой разницы (разница в охлаждении каменки меньше 10%). На сколько градусов уменьшится температура каменки в обоих случаях, если на неё подбавить  $V = 200\text{ см}^3$  воды? Прав ли Иван? Плотность воды  $\rho = 1000\text{ кг/м}^3$ , удельная теплоёмкость  $c_v = 4200\text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$  и удельная теплота парообразования  $L = 2300\text{ кДж/кг}$ . Удельная теплоёмкость камней каменки  $c_k = 700\text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$  и масса  $M = 100\text{ кг}$ . Можно предполагать, что каменка достаточно горячая, чтобы вода с неё полностью испарялась. (6 б.)

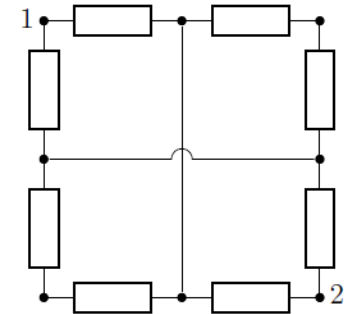
**2. (КАРУСЕЛЬ)** Костя идёт в парк развлечений и замечает вращающуюся карусель. Карусель представляет собой круглый горизонтальный диск, с краёв которого на цепях свисают пассажиры. Костя замечает, что при вращении карусели на максимальной скорости цепи образуют с вертикалью угол  $\theta = 60^\circ$ . Найдите линейную скорость пассажиров, когда карусель вращается с максимальной скоростью. Сколько оборотов в минуту делает карусель вращаясь с этой скоростью? Радиус диска карусели  $R = 10\text{ м}$ , длина цепей  $l = 2\text{ м}$ , ускорение свободного падения  $g = 9,8\text{ м/с}^2$ . Вес цепей пренебрежимо мал. (8 б.)

**3. (ПРЫГАЮЩИЙ ЦИЛИНДР)** Тонкий полый цилиндр прикреплен ниткой ко дну заполненного водой бассейна так, как показано на рисунке. Верхний конец цилиндра дотрагивается до поверхности воды. Нитку перерезают и цилиндр начинает двигаться вверх, выпрыгивая из воды. Какова наибольшая высота от поверхности воды, на которую поднимется нижний конец цилиндра? Предполагайте, что в момент полного выхода цилиндра из воды 50% кинетической



энергии цилиндра теряется из-за взаимодействия цилиндра и поверхности воды. Другими силами сопротивления окружающей среды можно пренебречь. Масса цилиндра  $m = 30\text{ г}$ , радиус  $r = 1\text{ см}$  и высота  $h = 0,5\text{ м}$ . Плотность воды  $\rho_v = 1000\text{ кг/м}^3$ . (8 б.)

**4. (ЭЛЕКТРОКВАДРАТ)** Найдите сопротивление между точками 1 и 2 (см. рисунок). Сопротивление всех резисторов равно  $R$ . (8 б.)

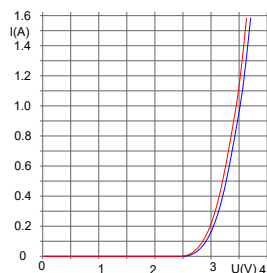


**5. (ПЛАНЕР)** Планер подняли на высоту  $h = 2000\text{ м}$  в безветренную погоду пропеллерным самолётом при помощи буксирного троса, после чего трос отпустили. В результате этого планер начал двигаться в направлении земной поверхности с постоянной скоростью. Какова максимальная дальность полёта планера от точки отпускания вдоль земли? Масса планера вместе с пилотом была  $m = 500\text{ кг}$ . Перед отпусанием во время горизонтального полёта с постоянной скоростью натяжение буксирного троса было  $T = 120\text{ Н}$  (трос также был горизонтален). Ускорение свободного падения  $g = 9,8\text{ м/с}^2$ . Можно предполагать, что отношение действующих на планер аэродинамической подъёмной силы и силы сопротивления воздуха  $F_L/F_D$  одинаково во время буксирования и свободного движения. Аэродинамическая сила подъёма  $F_L$  по определению направлена перпендикулярно вектору скорости самолёта по отношению к воздуху, а сила сопротивления воздуха  $F_D$  — вдоль. (8 б.)

**6. (ЧАСЫ)** У настенных часов есть минутная и секундная стрелки, которые весят соответственно  $m_1 = 5\text{ г}$  и  $m_2 = 25\text{ г}$ , длины которых соответственно  $L_1 = 15\text{ см}$  и  $L_2 = 10\text{ см}$  и концы которых закреплены в центре часов. Источник тока часов садится и ровно в шесть часов выдает ток с максимальной силой  $I = 1\text{ мА}$  при напряжении  $V = 5\text{ В}$ . Механическая энергия движения стрелок получается из электрической с коэффициентом полезного действия  $\eta = 0,3$ . Найдите время, когда часы остановятся, с точностью до минуты. (10 б.)

7. (СНОВА В БАНИЮ!) В парилке сауны температура воздуха составляет  $t_0 = 80^\circ\text{C}$ , а объём парилки —  $V = 10\text{ м}^3$ . На каменку подбросили  $m = 200\text{ г}$  воды, которая за несколько секунд вся испарилась. На сколько изменилась температура воздуха в парилке? Предполагать, что возникший пар полностью смешался с воздухом в парилке, а давление в парилке оставалось равным внешнему давлению воздуха благодаря движению воздуха через щель под дверью. Давление воздуха  $p_0 = 1 \cdot 10^5\text{ Па}$ , молярная масса воды  $\mu_w = 18\text{ г/моль}$ , молярная теплоёмкость воздуха при постоянном объёме  $c_a = \frac{5}{3}R$ , а молярная теплоёмкость водяного пара при постоянном объёме  $c_w = 2R$ . (10 б.)

8. (ДИОДЫ) При производстве диодов их параметры колеблются в заметных пределах. Пусть у нас имеются два световых диода, напряжения которых различаются при одинаковом токе на 2%; вольт-амперная характеристика этих диодов приведена на рисунке красной и синей кривой. Диоды питают при помощи источника постоянного тока, исходящий ток которого остаётся постоянно равным  $I_0 = 2,7\text{ А}$  до тех пор, пока исходящее напряжение не превышает 4 В. Диоды параллельно присоединяют к клеммам источника тока. На сколько процентов различаются их потребляемые мощности? (10 б.)



9. (ЗАРЯДЫ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ) Область пространства  $y \geq f(x)$  заполняет однородное магнитное поле с индукцией  $B$  в направлении оси  $z$ . Обладающие разными скоростями частицы, носящие положительные и отрицательные заряды, движутся параллельно оси  $y$  и входят в магнитное поле в точке  $x = y = 0$ . Покидая область магнитного поля, вектор скорости всех частиц повернулся на один и тот же угол  $\alpha$  по часовой стрелке независимо от заряда, массы и скорости. Набросайте траектории движения частиц и найдите функцию  $f(x)$ . (12 б.)

10. (ТЕЛЕСКОП) Даны 4 одинаковых тонких выпуклых линзы с фокусными расстояниями  $f$ , а также труба длиной  $12f$ , внутренний диаметр которой совпадает с внешним диаметром линз. Найдите максимальное увеличение телескопа, который можно построить из этих компонентов. Приложите оптическую схему. (12 б.)

Примечание: Телескоп — это оптическое устройство, входящие и выходящие лучи которого параллельные. Увеличением телескопа называют угловое увеличение  $\beta = \alpha_2/\alpha_1$ , где  $\alpha_1$  — угол, под которым видит наблюдатель предмет без телескопа, а  $\alpha_2$  — угол, под которым видно изображение предмета в телескопе. (Например, в случае двух линз  $\beta = f_1/f_2$ .)

Е1. (ЦЕНТР МАСС) Определите высоту центра масс пластикового стаканчика от поверхности стола. (10 б.)

Оборудование: Пластиковая кофейная чашка, лист бумаги А4, линейка.

Е2. (РАБОЧАЯ ТЕМПЕРАТУРА ЛАМПОЧКИ ФОНАРИКА) Определите температуру нити накаливания горящей лампочки карманного фонарика. Температурный коэффициент удельного сопротивления вольфрама  $\alpha = 0,0044\text{ 1/К}$ . Тепловым расширением нити накаливания пренебречь. (12 б.)

Оборудование: Лампочка карманного фонарика, батарейка, соединительные провода (4 шт.), мультиметр. Примечание: Предполагайте, что для удельного сопротивления выполняется формула  $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$ , где  $t$  — температура в градусах Цельсия,  $\rho_0$  — удельное сопротивление материала при температуре  $0^\circ\text{C}$ , а  $\alpha$  — температурный коэффициент удельного сопротивления.

Каждый участник может решать все предложенные задачи. В зачёт идут 5 теоретических и одна экспериментальная задача, набравшие наибольшее количество баллов. При решении экспериментальной задачи можно пользоваться лишь указанным в задаче оборудованием. Оценка погрешности измерения не требуется.  
Время решения 5 часов.

Задачи и решения олимпиады по физике находятся по адресу

<http://efo.fyysika.ee>

Присоединяйтесь к нашей страничке в Facebook

[www.facebook.com/fyysikaolympiad](http://www.facebook.com/fyysikaolympiad)