

61-я олимпиада по физике среди школьников Эстонии

1 марта 2014 года. Районный тур

Задачи гимназии (10–12-й класс)

1. (*ЛЕТАЮЩАЯ БУТЫЛКА*) В пол-литровой бутылке, во дне которой маленькое отверстие площадью S (см. рисунок), находится m грамм воды. У бутылки отвинчивают крышку, а затем бутылку бросают вверх с начальной скоростью v . С какой скоростью вода будет выливаться через дырку бутылки, когда та ещё движется вверх? С какой скоростью будет выливаться вода в момент падения? Обоснуйте. (4 б.)



2. (*ЧЕБУРАШКА И ОРЕХИ*) На крыше последнего вагона поезда сидит Чебурашка, который кидается орехами. Чебурашка бросает один орех горизонтально относительно земли в направлении, противоположном движению поезда, с начальной скоростью u . Одновременно он бросает и второй орех: также горизонтально относительно земли с начальной скоростью u , но перпендикулярно движению поезда. Поезд едет равномерно и прямолинейно со скоростью v , орехи бросают с высоты h относительно земли. Как далеко орехи приземлятся друг от друга? Сопротивлением воздуха пренебречь. (6 б.)

3. (*ПЕРИОД ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ*) Средними солнечными сутками, или в обычном смысле просто сутками, называют средний период, за который наблюдателю на Земле кажется, что Солнце делает на небе полный круг. Длина средних солнечных суток составляет 24 ч, т.е. 86 400 с. На совершение одного полного оборота вокруг Солнца у Земли уходит 365,256 средних солнечных суток. Направление вращения Земли вокруг своей оси совпадает с направлением обращения Земли вокруг Солнца. Найдите по этим данным период вращения Земли вокруг своей оси с точностью до секунды. (6 б.)

4. (*ЗАРЯДКА МОБИЛЬНОГО ТЕЛЕФОНА*) Изобретатели предло-

жили интересное устройство любителям походов для зарядки своего телефона. В подошву одного сапога вкладывают механизм, действующий амортизатором. Каждый раз когда наступают на пятку, превращают механическую работу при помощи маленького электрогенератора в электроэнергию. Предположим, что масса походника $m = 60$ кг, а при одном шаге подошва сжимается на $h = 5$ мм. Коэффициент полезного действия данного устройства $\eta = 0,2$. Средней длиной пары шагов походника, т.е. расстояние между наступаниями на одну и ту же пятку, будем считать $d = 1,5$ м. Теперь остаётся только присоединить телефон проводом, и зарядка аккумулятора может начинаться.

В обычном смартфоне используется литий-полимерный аккумулятор, работающий при напряжении $U = 3,7$ В. Полагайте, что если бы телефон работал на силе тока $I_k = 130$ мА, то аккумулятор продержался бы $T = 10$ часов. Вычислите, путь какой длины должен пройти походник, чтобы полностью зарядить пустой аккумулятор. (8 б.)

5. (ПРЫЖОК С ПАРАШЮТОМ) Юра массой $m = 60$ кг и его папа массой $M = 90$ кг решили совершить прыжок с парашютом. Им надели на спину одинаковые парашюты массой $m_v = 10$ кг и вытолкнули с самолёта. Оба парашюта раскрылись на одинаковой высоте h , после чего оба прыгуна за пренебрежимое время достигли постоянной скорости, с которой опустились до поверхности земли. У Юры спуск между раскрытием парашюта и приземлением занял $t = 110$ с. Какое время T ушло на это у его папы? Сила сопротивления воздуха на парашют пропорциональна квадрату скорости падения. Считайте, что сила сопротивления воздуха на самого прыгуна пренебрежимо мала. (8 б.)

6. (КОЛЬЦО) При помощи верёвки длины L к потолку привязано тонкое пластмассовое кольцо радиусом R , к которому в свою очередь прикреплена тяжёлая металлическая гайка. Гайка может скользить по кольцу. Коэффициент трения между кольцом и гайкой составляет μ . Витя хочет, проскальзывая гайку по кольцу, достичь ситуации, когда расстояние между гайкой и потолком будет как можно меньше, но система оставалась бы ещё в равновесии без внешнего воздействия. Найдите наименьшее расстояние h_{min} , которое Витя сможет достичь. Полагайте,

что масса кольца пренебрежимо мала по сравнению с гайкой. (8 б.)

7. (БРУСКИ) На брусок массы m_1 , расположенный на горизонтальном столе, кладут сверху другой брусок массой m_2 . Коэффициент трения покоя между двумя брусками равен μ_2 . Коэффициент трения скольжения между нижним бруском и поверхностью стола равен μ_1 . Найдите максимальную горизонтальную силу F , которой можно тянуть за нижний брусок так, что верхний брусок не будет скользить. (10 б.)

8. (ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ) В замкнутую электрическую цепь параллельно включены резистор сопротивлением $R = 100$ Ом, конденсатор ёмкостью $C = 200$ нФ, катушка с пренебрежимо малым активным сопротивлением и индуктивностью $L = 10$ мГн, а также подходящим образом соединённые идеальные измерительные приборы. В момент времени t_0 измерили силу тока через конденсатор $I = 300$ мА, а напряжение на катушке $U = 50$ В. Известно, что в момент измерения ток в катушке направлен из области с более высоким потенциалом в область с более низким потенциалом. Где было больше энергии в момент измерения t_0 : в катушке или в конденсаторе? (12 б.)

9. (СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ) Рассмотрим упрощённую модель системы отопления квартирнного дома. На каждом этаже двухэтажного здания по одной квартире. Квартиры будем считать полностью одинаковыми. Это значит, что крыша и полы хорошо теплоизолированы, и теплопотери происходят только через стены домов.

В подвале находится котёл, который нагревает воду до температуры $t_1 = 68$ °С. Вода движется в первую очередь на верхний этаж, где проходит через радиатор с 10 рёбрами. После этого воду проводят на нижний этаж, где она проходит радиатор с 11 рёбрами. После этого вода движется обратно в котёл, по достижению которого её температура $t_2 = 60$ °С. Будем полагать, что вода охлаждается лишь в радиаторах. Система отопления построена таким образом, чтобы в обеих квартирах была одинаковая температура t . Найдите t .

К сведению: теплопотери через какую-либо стенку пропорциональны её площади и разности температур внутри и снаружи стенки. Полагайте,

что при движении по радиатору температура воды уменьшается линейно относительно пройденного расстояния. (12 б.)

10. (ВОЗДУШНЫЙ ШАР) Костя хочет полететь на воздушном шаре, имеющем форму шара радиуса $r = 8,7$ м, массу вместе с пассажирами $M_0 = 390$ кг, и кроме этого в качестве горючего с собой $M_k = 20$ кг пропана. Сколько сможет продлиться полёт Кости на воздушном шаре?

Воздушный шар покрыт оболочкой, уменьшающей теплопроводность и тепловое излучение до пренебрежимых значений. В рабочем состоянии воздух просасывается через оболочку воздушного шара со скоростью $\lambda = 500$ г/с. Давление воздуха и температура на полётной высоте 100 кПа и $T_0 = 10^\circ\text{C}$. Удельная теплота сгорания пропана $k = 50$ МДж/кг. Средняя молярная масса воздуха $\mu = 29$ г/моль, а теплоёмкость при постоянном давлении $C_p = 1,0 \frac{\text{кДж}}{\text{к}\cdot\text{К}}$. Универсальная газовая постоянная $R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{к}\cdot\text{моль}}$. (12 б.)

Е1. (ПЛОТНОСТЬ ЖИДКОСТИ) Определите плотность жёлтой жидкости в жидкости, разделившейся на два слоя. Плотность более тяжёлой жидкости $\rho = 1,0$ г/см³. (10 б.)

Оборудование: Трубочка для питья, линейка, пробирка с жидкостью разделившейся на 2 слоя. *Примечание:* Жидкость, используемая в опыте, может испачкать одежду и бумагу.

Е2. (СПАГЕТТИ) Найдите момент силы, необходимый чтобы сломать соломинку спагетти, относительно точки слома. (12 б.)

Оборудование: Десять соломинок спагетти, линейка известной массы.

Можно решать все предложенные задачи. В зачет идут 5 теоретических и 1 экспериментальная задача, набравшие наибольшее количество баллов. При решении экспериментальной задачи можно пользоваться лишь указанным в задаче оборудованием.

Время решения — 5 часов.

Задачи и решения олимпиады находятся в интернете по адресу <http://www.teaduskool.ut.ee/olumpiaadid/fuusikaolumpiaad>