

56-я олимпиада по физике школьников Эстонии

17 января 2009 года. Районный тур. Задачи гимназии

1. (МАЛЕНЬКИЙ ПРИНЦ) Маленький принц живёт на сферическом астероиде В-612. Гуляя по нему, маленький принц обратил внимание, что чем быстрее он ходит, тем легче становится. Когда маленький принц бежал вдоль экватора астероида со скоростью $v = 6$ м/с, то стал невесомым и начал парить над поверхностью астероида. Чему равен радиус астероида R ? Предполагаем, что астероид не вращается. Плотность астероида $\rho = 5200$ кг/м³, гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ м³/(кг·с²). (6 б.)

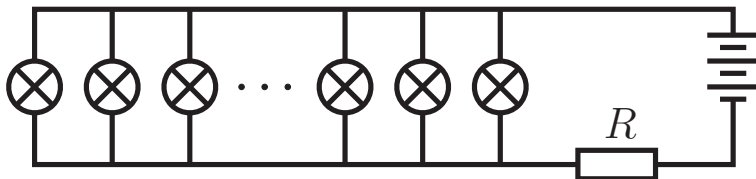
2. (СНАРЯД) Вылетевший из пушки снаряд (массой M) в верхней точки своей траектории при помощи некоторого внутреннего механизма распадается на две равные половины (каждая массой $M/2$) так, что одна из частей падает двигаясь по прежней траектории обратно к пушке. На каком расстоянии от пушки приземлится вторая половина? Проекция точки распада на поверхность земли находится на расстоянии L от пушки. (6 б.)

3. (ТЕРМОС) В термосе, теплоизолированном от окружающих объектов, находится $m_1 = 300$ г воды при температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$. К ней добавляют $m_2 = 600$ г воды при температуре $t_2 = 80^\circ\text{C}$. После установления теплового равновесия измерили температуру воды T_1 . Следующий раз в том же сосуде было сначала $m_2 = 600$ г воды при температуре $t_2 = 80^\circ\text{C}$, к которой добавили $m_1 = 300$ г воды при температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Теперь после установления теплового равновесия измерили температуру воды $T_2 = T_1 + 2^\circ\text{C}$. Чему равна удельная теплоёмкость материала термоса? Масса пустого термоса $m = 140$ г, удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·C). (6 б.)

4. (ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВЕЧИ) Для изготовления рождественского украшения Стас достал 10 лампочек от карманного фонаря (номинальное напряжение 3 В, мощность 0,6 Вт) и выпрямитель с клеммовым напряжением 5 В. После этого он составил схему, изображённую на рисунке.

а) Каким должно быть сопротивление резистора R , чтобы напряжение на лампочках не превышало номинального?

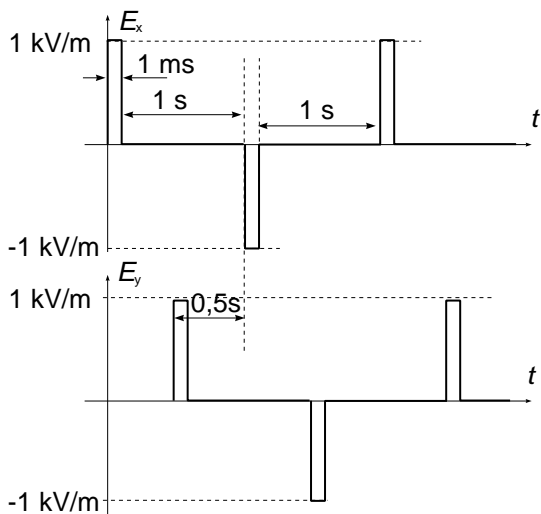
b) При включении схемы Стас обнаружил, что лампочки горят менее ярко, чем он ожидал. Выяснилось, что клеммовое напряжение опустилось при нагрузке до 4 В, а напряжение на лампочках до 2,3 В. Каким нужно выбрать значение сопротивления R , чтобы лампочки горели с нормальной яркостью? (8 б.)



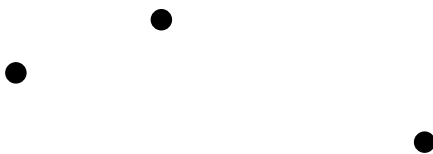
5. (АВТОМОБИЛЬ) Автомобиль ускоряется так, что колёса скользят. В некоторый момент скорость автомобиля v , угловая скорость ведущих колёс ω и радиус r . Если предположить, что мощность мотора уходит только на движение автомобиля и скольжение ведущих колёс, то чему равен коэффициент полезного действия? (10 б.)

6. (ДВИЖУЩИЙСЯ ЗАРЯД) Заряженная частица с отношением заряда и массы $q/m = 1$ Кл/кг находится изначально в покое. Затем она начинает двигаться под воздействием импульсов электрического поля, действующих в направлении осей x и y . Зависимость соответствующих компонент E_x и E_y электрического поля от времени приведена на графике, см. следующую страницу (масштаб графика некорректен, следует руководствоваться данными на графике числами для импульса продолжительностью $\tau = 1$ мс, амплитудой $E_0 = 1$ кВ/м и периодом $T = 2$ с). Изобразите траекторию частицы и найдите её среднюю скорость (при изображении траектории и вычислениях можно считать изменения за промежуток времени $\tau = 1$ мс мгновенными). (10 б.)

7. (СТЕКЛЯННЫЙ КУБ) Четыре грани стеклянного куба покрашены в чёрный цвет так, что непокрашенные грани расположены рядом (имеют общее ребро). Каким должен быть показатель преломления стекла n , чтобы и непокрашенные грани казались чёрными (независимо от того, с какой стороны на них смотреть)? (10 б.)



8. (ЗЕРКАЛА) Если расположить два плоских зеркала так, что их плоскости образуют угол $\alpha < 180^\circ$, а отражающие поверхности друг напротив друга, то от расположенных между зеркалами вещей может возникнуть несколько изображений: в дополнение к отражениям ещё отражения отражений и т.д. На рисунке изображены два отражения источника света S и одно отражение отражения в виде сверху (т.е. в направлении линии пересечения поверхностей зеркал). Найти при помощи построения места расположения зеркал и источника света. (10 б.)



9. (ТРУБА) Оцените, какая была бы скорость дыма при выходе из трубы, если сопротивлением воздуха (т.е. сопротивлением, вызванным турбулентным движением) в трубе и в дымоходе печи пренебречь. Высота трубы (измеренная от основания трубы, куда входит поступающий из печи тёплый воздух) равна $h = 10$ м, а средняя температура воздуха $t = 80^\circ\text{C}$. Считать, что заслонка печи и основание трубы находятся на одной высоте. Температура наружного воздуха $t_0 = 0^\circ\text{C}$. (12 б.)

10. (ЛУННЫЙ КАБЕЛЬ) Предположим, что Земля и Луна соединены при помощи прямого однородного радиального кабеля.

a) Во сколько раз сила тяжести, оказываемая на кабель со стороны Земли больше, чем со стороны Луны? (4 б.)

b) Расположенное на поверхности Земли крепление кабеля в вертикальном направлении на него силы не оказывает. Как высоко от поверхности Луны находится точка, в которой недостаточно прочный кабель поломался бы? (8 б.)

Небесные тела будем считать неподвижными. Радиус Земли $r_M = 6370$ км, радиус Луны $r_K = 1740$ км, масса Земли $m_M = 5,97 \cdot 10^{24}$ кг, масса Луны $m_K = 7,35 \cdot 10^{22}$ кг, расстояние между центрами небесных тел $D = 3,80 \cdot 10^5$ км.

Вспомогательная формула. Если бы Земля притягивала кабель одна, а расстояние его концов до центра Земли были a и b , то на него действовала бы сила тяжести $Gm_M\lambda\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right)$.
(Всего 12 б.)

Е1. (РЕЗИНКА) Найти плотность гайки. *Оборудование:* резинка, гайка из неизвестного материала, штатив, линейка, стакан с водой. Оценивание погрешности не требуется. (10 б.)

Е2. (ГАЛЬВАНОМЕТР) Найти, скольким амперам соответствует максимальное значение шкалы гальванометра, если вольтметр используют как амперметр. *Оборудование:* вольтметр, резистор с сопротивлением $R = 7,5 \text{ к}\Omega$, свежая цинково-угольная батарейка (внутреннее сопротивление менее 30Ω), соединительные провода. Оценивание погрешности не требуется. (10 б.)

Можно решать все предложенные задачи. В зачёт идут 5 теоретических и 1 экспериментальная задачи, получившие наибольшее количество баллов. При решении экспериментальной задачи можно пользоваться лишь указанным в задаче оборудованием. Время решения 5 часов.