

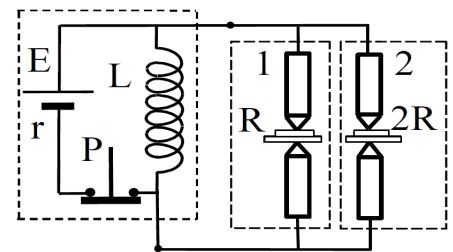
Олимпиада «Шаг в будущее» по физике

11 класс, 2021 год, вариант 2

1. Стандартный компакт-диск представляет собой залитую прозрачным пластиком тонкую металлическую пластинку диаметром $D = 12$ см, на которую штамповкой нанесено множество микроскопических углублений, в каждом из которых закодирован один бит информации. Какой объём информации в Мбайт можно записать на всей поверхности одной стороны диска, если для считывания информации используется лазер на нитриде галлия, излучающего свет с длиной волны $\lambda = 0,36$ мкм?

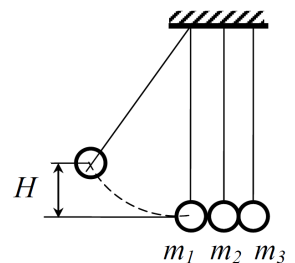
$$9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{2} = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 10^9}{2} = 4 \cdot 10^{12} = 4 \text{ Тбайт}$$

2. Аппарат для точечной сварки состоит из магнитного сверхпроводящего накопителя энергии с индуктивностью L , источника постоянного напряжения E с внутренним сопротивлением r и двух сварочных узлов 1 и 2. Считая, что сопротивления сварочных контактов 1 и 2 остаются постоянными в процессе сварки и равны R и $2R$, соответственно, определите количество теплоты, выделяющееся в узле 2 после размыкания реле P .



$$\frac{E^2 L}{2r} = Q$$

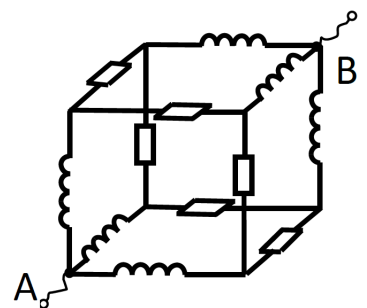
3. Три шара одинакового размера, но различных масс подвешены рядом на нитях одинаковой длины и соприкасаются. Шар массы $m_1 = 1,2$ кг отклоняют так, что он поднимается на высоту $H = 9$ см, и отпускают. На какую высоту h_2 поднимется шар m_2 , если после соударения первого шара со вторым, а второго с третьим, все три шара будут иметь одинаковые импульсы? Все соударения считать абсолютно упругими.



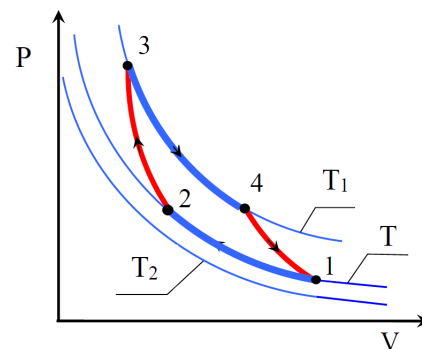
$$m_1 \sqrt{2gH} = m_2 \sqrt{2gh_2} = m_3 \sqrt{2gh_2} = 2m_2 \sqrt{2gh_2}$$

4. Из проводников изготовлен куб. В ребра куба встроены катушки с индуктивностью $L = 0,1$ Гн каждая и активные сопротивления $R = 24$ Ом каждое. К клеммам A и B подключен источник переменного напряжения с амплитудным значением $U_0 = 400$ В и циклической частотой $\omega = 300$ с $^{-1}$. Найдите действующее значение суммарного тока, протекающего в цепи AB .

$$I_{\text{eff}} \approx \sqrt{6} \cdot \frac{U_0}{R} \approx \frac{\sqrt{6} \cdot 400}{24} \approx 10 \text{ А}$$



5. Рабочее вещество тепловой машины совершает цикл Карно между изотермами T и T_1 ($T_1 > T$). Холодильником является резервуар, температура которого постоянна и равна $T_2 = 250$ К, ($T_2 < T$). Теплообмен между рабочим веществом и холодильником осуществляется посредством теплопроводности. Количество теплоты, отдаваемое в единицу времени холодильнику, $q = \alpha(T - T_2)$, где $\alpha = 1$ кВт/К. Теплообмен рабочего вещества с нагревателем происходит непосредственно при $T_1 = 640$ К. Полагая, что продолжительность изотермических процессов одинакова, а адиабатических очень мала, найдите температуру «холодной» изотермы T , при которой мощность N тепловой машины наибольшая. Определите наибольшую мощность тепловой машины.



$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \Rightarrow T = \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2} = \frac{640 \cdot 250}{640 + 250} \approx 170 \text{ К}$$

6. Пункты A и B расположены на расстоянии $L = 4$ км друг от друга. Из пункта A по направлению к пункту B выехал мотоциклист, который двигался с постоянной скоростью в течение всего времени движения. Одновременно навстречу этому первому мотоциклисту из пункта B с начальной скоростью $v_0 = 32$ м/с выехал второй мотоциклист, движущийся с постоянным ускорением $a = 0,2$ м/с², направленным всё время так же, как скорость первого мотоциклиста. Известно, что в пути мотоциклисты два раза обгоняли друг друга. В каких пределах лежит скорость первого мотоциклиста?

$$v_0 < v < \sqrt{v_0^2 + 2aL} \Rightarrow 32 < v < 40 \text{ м/с}$$

7. **Ситуационная задача.** Электромобиль — автомобиль, приводимый в движение одним или несколькими электродвигателями с питанием от аккумулятора.

Определите массу аккумуляторов, обеспечивающих электромобилю дальность хода без подзарядки, равную 400 км при постоянной скорости 108 км/ч, если суммарный КПД системы аккумулятор-двигатель-колеса составляет 0,75. Вся энергия аккумулятора затрачивается на работу двигателя электромобиля. Энергоемкость аккумуляторов составляет 50 (Вт · ч)/кг.

Коэффициент аэродинамического сопротивления электромобиля равен 0,3, площадь его поперечного сечения 2,5 м², масса без аккумулятора 800 кг. Удельная сила трения при качении колёс электромобиля 0,1 Н/кг.

Сила сопротивления воздуха определяется соотношением

$$F_{\text{сопр}} = C_x \rho_v \frac{v^2}{2} S,$$

где C_x — коэффициент аэродинамического сопротивления, ρ_v — плотность воздуха (1,2 кг/м³), v — скорость движения автомобиля, S — площадь поперечного сечения автомобиля.

$$m_{\text{аккумуляторы}} = \frac{W}{E} = \frac{P \cdot t}{E} = \frac{108 \cdot 400 \cdot 1000}{50 \cdot 0,75} \approx 1152000 \text{ кг}$$