



Утверждаю:
Ректор университета

Б.А. Лёвин
2016г.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II

Олимпиада школьников «Паруса надежды» 2016-2017 учебный год

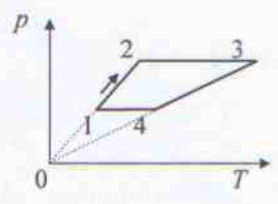
Отборочный этап (9-10 класс)

Вариант №1

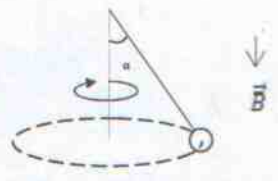
1. Какой угол с горизонтом составляет поверхность чая в стакане, стоящем на столике в вагоне скоростного поезда «Сапсан» Москва – Санкт-Петербург, если состав разгоняется за три минуты из состояния покоя до скорости 260 км/ч? Ответ выразить в радианах и округлить до сотых.

2. Проехав железнодорожный переезд, первые 200 м локомотив двигался с постоянной скоростью v , а затем тормозился с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. При какой скорости локомотива v время, прошедшее с момента пересечения им переезда до полной остановки, будет наименьшим? Ответ выразить в км/ч.

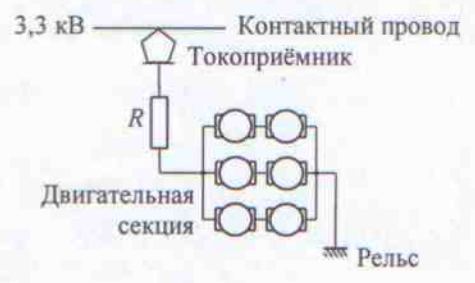
3. Параметры 3 молей одноатомного идеального газа меняются по циклу, изображённому на рисунке. В точках 1, 2 и 4 температура газа, соответственно, $T_1 = 400 \text{ К}$, $T_2 = 800 \text{ К}$, $T_4 = 1200 \text{ К}$. Рассчитайте работу, совершаемую газом за цикл. Ответ выразить в килоджоулях.



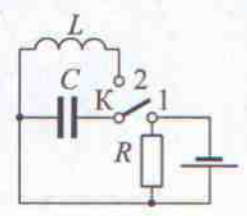
4. Небольшой шарик массой 10 г и зарядом 10 мкКл равномерно вращается в горизонтальной плоскости на невесомой диэлектрической нити длиной 50 см (см. рис.). В пространстве создано однородное магнитное поле индукцией 0,1 Тл, силовые линии которого направлены вертикально вниз. При движении нить образует с вертикалью угол 30° . Найти период обращения шарика. Ответ округлить до сотых.



5. В момент отправления поезда от станции последовательно с двигательной секцией электровоза (секция состоит из трёх параллельных групп попарно соединённых двигателей, см. рис.) вводится добавочное электрическое сопротивление R . Каким должно быть это сопротивление с тем, чтобы напряжение на каждом из двигателей не превысило максимально допустимого значения $U = 1 \text{ кВ}$? Напряжение в контактной сети равно $U_0 = 3,3 \text{ кВ}$; сопротивление обмотки каждого двигателя равно $R_0 = 2,6 \text{ Ом}$. Ответ округлить до десятых.



6. Батарея с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 20 Ом через сопротивление $R = 100 \text{ Ом}$ подключается к конденсатору $C = 1 \text{ мкФ}$ (при этом ключ K находится в положении 1). Спустя некоторое время ключ перебрасывается из положения 1 в положение 2. Найти максимальное значение силы тока в катушке индуктивности ($L = 10 \text{ мГн}$). Ответ выразить в миллиамперах.



7. Лягушонок Кузя попал в крынку из-под сметаны и под действием силы тяжести скользит по её дну сферической формы (радиусом 25 см), совершая малые колебания относительно вертикали. Для превращения остатков сметаны в масло необходимо 400 полных колебаний Кузи в крынке. Через какое время остатки сметаны превратятся в масло? Ответ представить в виде целого числа.



Утверждаю:

Ректор университета

Б.А. Лёвин

2016г.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II

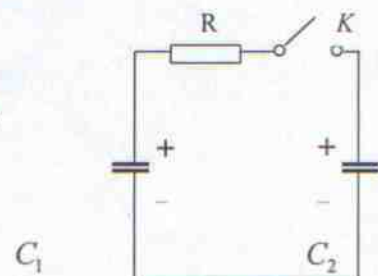
Олимпиада школьников «Паруса надежды» 2016-2017 учебный год

Отборочный этап

Вариант №2 (9-10 класс)

1. Тело, брошенное вертикально вверх с поверхности земли, побывало на некоторой высоте h через $t_1 = 1$ с и $t_2 = 4$ с от начала движения. Каково общее время полёта тела до падения его на землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.
2. Электровоз массой 20 т движется на подъём со скоростью 54 км/ч. Уклон дороги – 5 м на 1 км пути, при этом сила сопротивления движению электровоза составляет 0,02 от его веса. Электровоз получает ток от сети постоянного тока напряжением 3 кВ, к. п. д. его моторной секции равен 90 %. Найти силу тока, потребляемого электровозом при подъёме.
 $g=9.8\text{ м/с}^2$.
3. Скорость приближающегося поезда измеряют по показаниям вольтметра, включённого между рельсами. Определите скорость поезда, если вольтметр показывает $U = 1$ мВ. Расстояние между рельсами $l = 1,52$ м. Вертикальная составляющая магнитного поля Земли $B = 4 \cdot 10^{-5}$ Тл. Ответ выразить в м/с и округлить до десятых.
4. При торможении поезда в специальном цилиндре тормозной системы (его объём $V_1 = 12$ л) создаётся давление $p = 4$ атм. Для этого его соединяют с запасным резервуаром объёмом $V_2 = 40$ л, в котором всё время поддерживается высокое давление. Какое? Считать воздух идеальным газом. Атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па.
Ответ выразить в килопаскалях.
5. Неоновая лампочка включена в бытовую электросеть. Лампочка зажигается и гаснет при напряжении на электродах в два раза меньшем, чем амплитудное значение напряжения в сети. Во сколько раз продолжительность одной вспышки отличается от промежутка времени между вспышками?

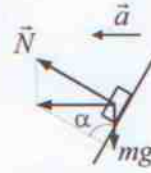
6. До замыкания ключа K конденсаторы с емкостями $C_1 = 1$ мкФ и $C_2 = 2$ мкФ были заряжены до напряжений 400 В и 100 В соответственно. Какая энергия выделится на резисторе R после замыкания ключа?
Ответ выразить в миллиджоулях.



7. В однородное магнитное поле с индукцией 10^{-2} Тл помещён соленоид диаметром 10 см. Ось соленоида параллельна линиям индукции магнитного поля. Соленоид поворачивается на 180° вокруг оси, перпендикулярной линиям индукции. Вычислите, какой заряд протекает при этом по соленоиду. Сечение проволоки, из которой изготовлен соленоид, 1 мм^2 , её удельное сопротивление $2 \cdot 10^{-8}$ Ом·м. Ответ выразить в милликулонах.

Краткие решения (Вариант №1)

1. Очевидно: $ma = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha$, причём $a = v/\Delta t$. Это означает:
 $\operatorname{tg} \alpha = v/(g\Delta t) \approx 260000/(3600 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 60) \approx 0,04$, или $\alpha \approx \underline{0,04 \text{ рад} \approx 2,3^\circ}$.



$$2. \begin{cases} t_1 = l_1/v \\ 0 = v - at_2 \\ t = t_1 + t_2 \end{cases} \Rightarrow t = l_1/v + v/a.$$

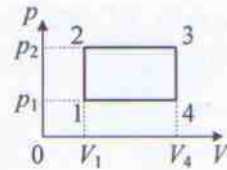
Минимуму функции $t(v)$ соответствует условие $\frac{\partial t}{\partial v} = -\frac{l_1}{v^2} + \frac{1}{a} = 0$, или

$$v = \sqrt{al} = 10 \text{ м/с} = \underline{36 \text{ км/ч}}.$$

3. Цикл в координатах $p - V$ имеет прямоугольника, площадь которого численно равна искомой работе.

$$\begin{cases} A = (p_2 - p_1)(V_4 - V_1) \\ p_1 V_1 = \nu RT_1 \\ p_2 V_1 = \nu RT_2 \Rightarrow p_2 = p_1(T_2/T_1 - 1) \\ p_1 V_4 = \nu RT_4 \Rightarrow V_4 = V_1(T_4/T_1 - 1) \end{cases}$$

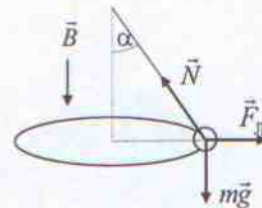
$$A = p_1(T_2/T_1 - 1)V_1(T_4/T_1 - 1) = \nu RT_1(T_2/T_1 - 1)(T_4/T_1 - 1) = \underline{20000 \text{ Дж} = 20 \text{ кДж}}$$



4. В момент, когда вектор скорости направлен на нас, сила \vec{F}_L направлена на вправо. Тогда записываем второй закон Ньютона для проекций сил:

$$F_L - N \sin \alpha = m v^2 / R$$

$$N \cos \alpha - mg = 0.$$



Кроме того: $R = l \sin \alpha$, $F_L = qvB$, $T = 2\pi R/v$.

Отсюда $m v^2 / R + qvB - mg \operatorname{tg} \alpha = 0$, или

$$v = \frac{-qB + \sqrt{q^2 B^2 + 4m^2 g \operatorname{tg} \alpha / R}}{2m/R}, \text{ а } T = \frac{4\pi m}{\sqrt{q^2 B^2 + 4m^2 g / (l \cdot \cos \alpha)} - qB}.$$

В итоге $T \approx \underline{1,32 \text{ с}}$.

5. Общее сопротивление цепи: $R_{\text{общ}} = \frac{2}{3} R_0 + R$; общая сила тока в ней $I_{\text{общ}} = U_0 / R_{\text{общ}}$. При этом через каждую секцию

идёт ток $I_{\text{секц}} = \frac{1}{3} I_{\text{общ}}$, а напряжение на каждом моторе $U = I_{\text{секц}} R_0$.

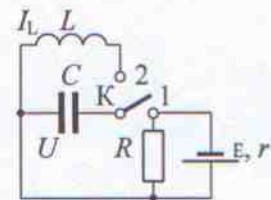
В итоге: $U = \frac{1}{3} R_0 U_0 (\frac{2}{3} R_0 + R)^{-1}$, или $R = \frac{R_0}{3} \left(\frac{U_0}{U} - 2 \right) \approx \underline{1,1 \text{ Ом}}$.

6.

$$\begin{cases} I = \varepsilon / (R + r) - \text{ключ в положении 1} \\ U = IR - \text{ключ в положении 1} \\ CU^2/2 = LI_L^2/2 - \text{ключ в положении 2.} \end{cases}$$

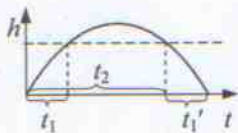
Решая систему, получаем, что

$$I_L = \sqrt{C/L} U = \sqrt{C/L} \varepsilon R / (R + r) = \sqrt{10^{-6} / (10 \cdot 10^{-3})} \cdot 6 \cdot 100 / (100 + 20) = 0,05 \text{ (А)} = \underline{50 \text{ (мА)}}.$$



$$7. \begin{cases} T = 2\pi \sqrt{R/g} \\ t = NT \end{cases} \Rightarrow t = 2\pi N \sqrt{R/g} = 2\pi \cdot 400 \sqrt{0,25/10} \approx \underline{397 \text{ с}}$$

1. Так как $t_1 = t_1'$ (см. рисунок),
то $t_{\text{общ}} = t_1' + t_2 = \underline{5 \text{ с}}$



2. $P_{\text{ПОЛЕЗН}} = F_{\text{ТЯГИ}} \nu$

$P_{\text{ПОЛЕЗН}} = \eta P_{\text{ЗАТР}}$

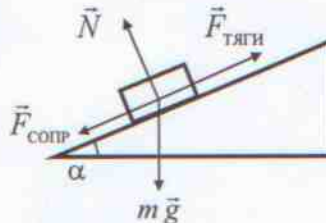
$P_{\text{ЗАТР}} = IU$

$F_{\text{ТЯГИ}} - F_{\text{СОПР}} - mg \sin \alpha = 0$

$N - mg \cos \alpha = 0$

$F_{\text{СОПР}} = kN$

$\sin \alpha = 5/1000 = 0,005$, а $\cos \alpha \approx 0,99999$.



$$I = \frac{mg(k\cos\alpha + \sin\alpha)\nu}{\eta U} = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 9,8 \cdot (0,02 + 0,005) \cdot 15}{0,9 \cdot 3000} = \underline{27,2 \text{ А}}$$

3. При движении колёсной пары в магнитном поле Земли возникает э.д.с. индукции:

$$\varepsilon = U = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = Bl\nu \Rightarrow \nu = \frac{U}{Bl} = \frac{10^{-3}}{4 \cdot 10^{-5} \cdot 1,52} \approx \underline{16,4 \text{ м/с}}$$

4. $p = p_2' + p_0' = \frac{p_2 V_2 + p_0 V_1}{V_1 + V_2}$, откуда

$$p_2 = \frac{p(V_1 + V_2) - p_0 V_1}{V_2} = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 52 - 10^5 \cdot 12}{40} = \underline{4,9 \cdot 10^5 \text{ Па} = 490 \text{ кПа}}$$



5. Условия переключения: $\pm 0,5A = A \cdot \sin(\omega t)$, или $t_1 = (\pi/6 + \pi n)/\omega$, $t_2 = (5\pi/6 + \pi k)/\omega$, $t_3 = (7\pi/6 + \pi m)/\omega$.

Продолжительность вспышки: $\tau_1 = t_2 - t_1 = (5\pi/6 - \pi/6)/\omega = 2\pi/(3\omega)$,

время между вспышками: $\tau_2 = t_3 - t_2 = (7\pi/6 - 5\pi/6)/\omega = \pi/(3\omega)$.

Таким образом, $\tau_1/\tau_2 = [2\pi/(3\omega)]/[\pi/(3\omega)] = 2 \Rightarrow \underline{\text{в 2 раза}}$

$$\begin{cases} W_1 + W_2 = C_1 U_1^2/2 + C_2 U_2^2/2 \\ q_1 = C_1 U_1 \\ q_2 = C_2 U_2 \\ q_3 = q_1 + q_2 \\ C_3 = C_1 + C_2 \\ W_3 = C_3 U_3^2/2 \end{cases}$$

Решая систему, получаем: $W_1 + W_2 - W_3 = C_1 U_1^2/2 + C_2 U_2^2/2 - \frac{(C_1 U_1 + C_2 U_2)^2}{2(C_1 + C_2)} =$

$$= \frac{C_1 C_2 (U_1 - U_2)^2}{2(C_1 + C_2)} = \frac{1 \cdot 2(400 - 100)^2}{2(1+2)} \cdot 10^{-6} = \underline{0,03 \text{ Дж} = 30 \text{ мДж}}$$

$$7. \begin{cases} |E| = |NBS(\cos 180^\circ - \cos 0^\circ)/\Delta t| \\ S = \pi d^2/4; \\ I = \epsilon/R \\ R = \rho l/S^* \\ Q = I\Delta t \\ l = \pi d N \\ I = \epsilon/R = 2NB\pi d^2 S^*/(4\Delta t \rho N \pi d) = BS^* d/(2\Delta t \rho). \end{cases}$$

$$Q = BS^* d/(2\rho) = \underline{0,025 \text{ Кл} = 25 \text{ мКл}}$$