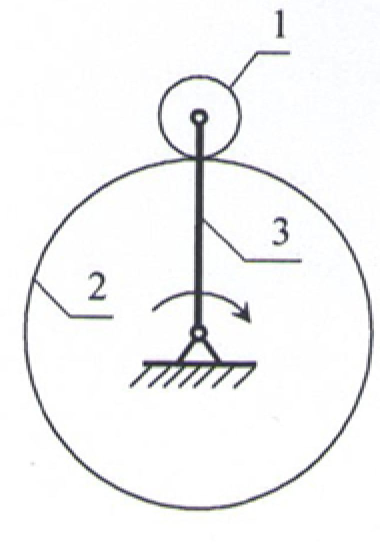
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП АКАДЕМИЧЕСКОГО СОРЕВНОВАНИЯ «ПРОФЕССОР Н.Е. ЖУКОВСКИЙ» ОЛИМПИАДЫ «ШАГ В БУДУЩЕЕ» ПО КОМПЛЕКСУ ПРЕДМЕТОВ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ» ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРЕДМЕТ «ФИЗИКА»

РЕШЕНИЕ ТИПОВОГО ВАРИАНТА

ЗАДАЧА 1. (8 баллов)



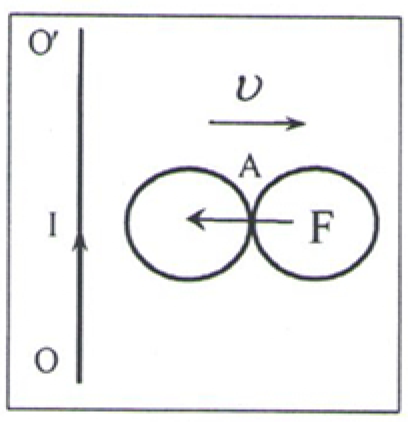
Ответ: $\boxed{n = \left(\frac{z_2}{z_1} + 1\right) \cdot k = 6}$.

Угол поворота φ колеса 1 за время t $\varphi = \left(\frac{R}{r} + 1\right)\omega \cdot t$, где ω - угловая скорость кривошипа. Отношение $\frac{R}{r} = \frac{z_2}{z_1}$. Так как $\omega\ t = k \cdot 2\pi$, где k – число оборотов кривошипа. По условию k = 1, тогда $\omega\ t = 1 \cdot 2\pi$, следовательно, число оборотов колеса 1

$$n = \frac{\varphi}{2\pi} = \left(\frac{R}{r} + 1\right) \cdot k = \left(\frac{z_2}{z_1} + 1\right) \cdot k = \left(\frac{90}{18} + 1\right) \cdot 1 = 6 .$$

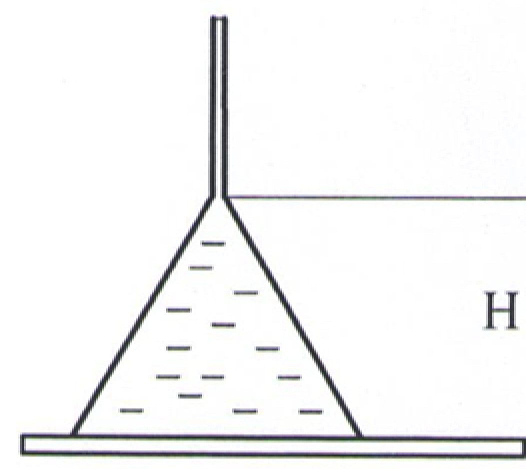
ЗАДАЧА 2. (8 баллов)

Ответ:



ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{m = \frac{2}{3}\pi\rho R^2 H}$.



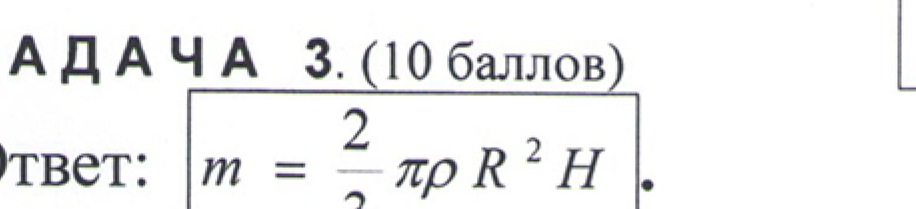
Воронку приподнимает результирующая вертикальных составляющих сил давления жидкости на стенки воронки. В тот момент, когда жидкость начинает вытекать из-под воронки, нижний край воронки перестаёт давить на стол. А это значит, что в этот момент вся сила, действующая на стол,- это сила давления столба воды высотой H на площадь нижнего края воронки. Итак, в момент отрыва

$$mg + \rho g V = \rho g H \pi R^2 \quad (1),$$

где $V = \frac{1}{3}\pi R^2 H$. И из (1) находим $m = \frac{2}{3}\pi\rho R^2 H$

ЗАДАЧА 4. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{E_1 = \frac{4}{27} m \upsilon_o^2}$.



1. Используя законы сохранения импульса, получим скорость бруска после удара $\upsilon = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}\upsilon_O = \frac{2m}{m + 2m}\upsilon_O = \frac{2}{3}\upsilon_O$

2. Кинетическая энергия бруска

$$E = \frac{m_2 \upsilon^2}{2} = \frac{2m}{2} \cdot \left(\frac{2}{3}\upsilon_O\right)^2 = \frac{4}{9} m \upsilon_O^2 . \quad \textbf{(1)}$$

3. Обозначим максимальную энергию деформации пружин $E_1 = \frac{k_1 x_1^2}{2} =$ и $E_2 = \frac{k_2 x_2^2}{2}$.

Тогда $E = E_1 + E_2$ **(2)**

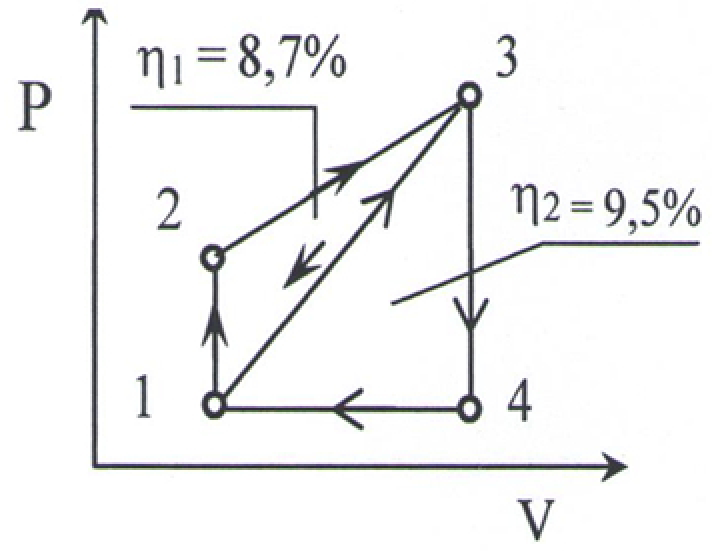
4. Так как массами пружин пренебрегаем, то сила упругих деформаций в произвольном сечении пружин остается постоянной: $k_1 x_1 = k_2 x_2$, следовательно, $\frac{x_1}{x_2} = \frac{k_2}{k_1}$ **(3).**

5. Найдём отношение $\dfrac{E_1}{E_2} = \dfrac{k_1 x_1^{\,2}}{k_2 x_2^{\,2}}$; используя (2), получим $\dfrac{E_1}{E_2} = \dfrac{k_1 k_2^{\,2}}{k_2 k_1^{\,2}} = \dfrac{k_2}{k_1}$, откуда $E_1 = E_2 \dfrac{k_2}{k_1}$.

Подставляя E из (1), получим $E_1 = E \dfrac{k_2}{k_1 + k_2} = \dfrac{4}{9} m\upsilon_o^{\,2} \dfrac{k}{2k + k} = \dfrac{4}{27} m\upsilon_o^{\,2}$. $E_1 = \dfrac{4}{27} m\upsilon_o^{\,2}$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{\eta = \eta_1 + \eta_2(1-\eta_1) = 0{,}17 = 17\%}$.



1) Для цикла 1-2-3-1 : $\eta_1 = \dfrac{A_1}{Q_1} = \dfrac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \dfrac{Q_2}{Q_1}$;

где A_1- полезная работа цикла 1-2-3-1, Q_1 и Q_2 - теплота, подводимая и отводимая в этом цикле, откуда $A_1 = \eta_1 Q_1$; и $Q_2 = Q_1(1-\eta_1)$.

2) Для цикла 1-3-4-1 : $\eta_2 = \dfrac{A_2}{Q_2}$; откуда

$A_2 = \eta_2 Q_2 = \eta_2 Q_1(1-\eta_1)$; и $Q_2 = Q_1(1-\eta_1)$,

где A_2 –полезная работа цикла 1-3-4-1 , а Q_2 - теплота, подводимая в этом цикле.

3) Для цикла 1-2-3-4-1 : $\eta = \dfrac{A_1 + A_2}{Q_1} = \dfrac{\eta_1 Q_1 + \eta_2 Q_1(1-\eta_1)}{Q_1}$; $\eta = \eta_1 + \eta_2(1-\eta_1)$.

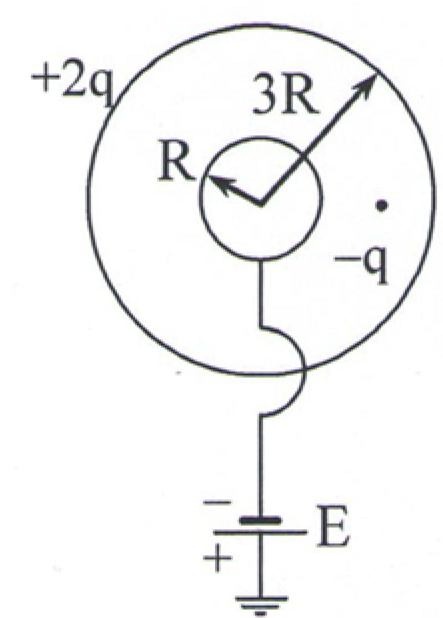
Либо $\eta = \eta_2 + \eta_1(1-\eta_2)$.

Подставив числовые значения, получим

$\eta = \eta_1 + \eta_2(1-\eta_1) = 0{,}087 + 0{,}095(1-0{,}087) = 0{,}17 = 17\%$.

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{Q = -\left(4\pi\varepsilon_o RE + \dfrac{1}{6}q\right)}$.



Согласно принципу суперпозиции , потенциал внутренней сферы равен

$\varphi = -E = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_o R} - \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_o \cdot 2R} + \dfrac{2q}{4\pi\varepsilon_o 3R}$, откуда находим искомый заряд

внутренней сферы $\boxed{Q = -\left(4\pi\varepsilon_o RE + \dfrac{1}{6}q\right)}$.

З А Д А Ч А 7. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{\nu = \dfrac{\omega}{2\pi} = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g}{A}\cdot\dfrac{n-1}{n+1}} = 1{,}1\ \text{Гц}}$.

Груз совершает колебания в вертикальном направлении. Запишем второй закон Ньютона для груза в крайнем верхнем и нижнем положениях с учетом того, что ускорение груза направлено к положению равновесия

$-ma = N_1 - mg$ (1) $ma = N_2 - mg$ (2), где $a = a_{\max} = A\omega^2$

Найдем отношение N_2 к N_1.

$\dfrac{N_2}{N_1} = \dfrac{a+g}{a-g} = n$. Следовательно, $a = \dfrac{n-1}{n+1} g$, т.е. $A\omega^2 = \dfrac{n-1}{n+1} g$ (3)

Из (3) находим циклическую частоту колебаний $\omega = \sqrt{\dfrac{g}{A}\cdot\dfrac{n-1}{n+1}}$

Искомая частота колебаний при $n = 2$, $A = 6{,}8$ см.

$\nu = \dfrac{\omega}{2\pi} = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g}{A}\cdot\dfrac{n-1}{n+1}} = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{10}{0{,}068}\,\dfrac{2-1}{2+1}} = 1{,}1\ \text{Гц}$

З А Д А Ч А 8. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{\lambda = \dfrac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{1,6 \cdot 10^{-19}\left(4,47 + 4,4\right)} = 1,4 \cdot 10^{-7}\text{ м}}$.

ЗАДАЧА 9. (12 баллов).

Ответ: $\boxed{E = \sqrt{4rP_{\max}} = 15 \quad B}$.

Мощность, выделяемая на реостате, равна произведению напряжения на реостате и силы тока $P = I \cdot U$. Напряжение на реостате $U = I \cdot R = E - I \cdot r$, где E – ЭДС источника тока, r – внутреннее сопротивление источника.

$P = I \cdot (E - I \cdot r)$.Мощность зависит от силы тока, которая, в свою очередь, зависит от сопротивления реостата. Чтобы определить максимальное значение функции, найдём производную мощности по силе тока и приравняем её нулю: $P' = (IE - I^2 r)' = E - 2Ir = 0$, откуда значение силы тока, соответствующее максимальной мощности $I_{\max} = \dfrac{E}{2r}$. Сравним полученное выражение с формулой закона Ома для замкнутой цепи $I = \dfrac{E}{R + r}$. То есть $\dfrac{E}{2r} = \dfrac{E}{R + r}$, значит $2r = R + r$, откуда $R = r$. Таким образом, максимальная мощность достигается при равенстве внешнего сопротивления сопротивлению внутреннему.

Максимальная мощность $P_{\max} = \dfrac{E}{2r}\left(E - \dfrac{E}{2r}r\right) = \dfrac{E^2}{4r}$. Отсюда ЭДС источника

$E = \sqrt{4rP_{\max}} = 15 \quad B$.

ЗАДАЧА 10. (12 баллов)

Ответ: $\boxed{F = \dfrac{81m^2 RT}{pSM_{П}}}$.

При сгорании в одну секунду массы m водорода получается масса $m_1 = \nu\mu_{П} = \dfrac{18}{2}m = 9m$ водяного пара. Если площадь сечения выходного отверстия сопла двигателя равна S, а скорость газа, выходящего из сопла равна υ, то объём пара, выбрасываемого из сопла двигателя за 1 с, равен $V = \upsilon \cdot S$. Масса этого объёма пара равна $m_1 = \rho\upsilon S$, где ρ -плотность пара. Отсюда $\upsilon = \dfrac{m_1}{\rho S} = \dfrac{9m}{\rho S}$.

Из уравнения Клапейрона-Менделеева $pV = \dfrac{m_1}{\mu_{П}}RT$ или $p\upsilon S = \dfrac{m_1}{\mu_{П}}RT$; $p\dfrac{m_1}{\rho S}S = \dfrac{m_1}{\mu_{П}}RT$;

$p\mu_{П} = \rho RT$; откуда $\rho = \dfrac{p\mu_{П}}{RT}$. За время Δt из сопла ракеты выбрасывается масса пара $m_1\Delta t$ с импульсом $m_1\Delta t \cdot \upsilon$, тогда на газ действует сила $F_1 = \dfrac{m_1\Delta t \cdot \upsilon}{\Delta t} = m_1 \cdot \upsilon$. Такая же по модулю сила, но направленная в противоположную сторону, действует на двигатель. Полная сила, действующая на двигатель (сила тяги двигателя), равна сумме реактивной силы -– F_1 и силы статического давления $F_2 = \rho \cdot S$, т.е. $F = m_1\upsilon + \rho \cdot S \approx \rho\upsilon^2 S = \dfrac{81m^2 RT}{pS\mu_{П}}$. Так как давление газа, выходящего из сопла, мало, то второй член в выражении для силы тяги мал и при расчётах им можно пренебречь $F = \dfrac{81m^2 RT}{pS\mu_{П}}$.