

**Первый (отборочный) этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету
«Физика», осень 2017 г.**

Вариант № 3

ЗАДАЧА 1.

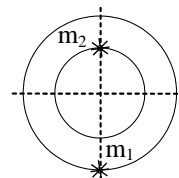
Снаряд вылетает из ствола с угловой скоростью вращения $\omega = 2 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ сделав внутри ствола $n = 2$ оборота. Длина ствола $\ell = 2,0 \text{ м}$. Считая движение снаряда в стволе равноускоренным, найдите скорость снаряда в момент вылета.

ЗАДАЧА 2.

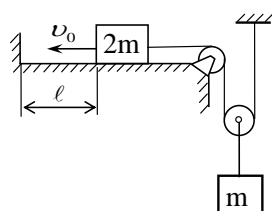
Самолёт совершает вираж, двигаясь по окружности радиуса $R = 4 \text{ км}$ на одной и той же высоте. Определите с какой постоянной скоростью движется самолёт, если плоскость крыла самолёта наклонена к горизонтальной плоскости под постоянным углом $\alpha = 30^\circ$.

ЗАДАЧА 3.

Массы двух звезд равны $m_1 = 1,5 \text{ т}$ и $m_2 = 2,5 \text{ т}$, расстояние между ними равно ℓ . Найдите период T обращения этих звезд по круговым орбитам вокруг их общего центра.



ЗАДАЧА 4



В системе, изображённой на рисунке, груз m висит на подвижном блоке, а груз $2m$ лежит на горизонтальной плоскости. В начальный момент груз $2m$ находится на расстоянии ℓ от вертикальной стенки и движется к ней со скоростью v_0 и ударяется об неё. Считая удар груза о стенку абсолютно неупругим, определите максимальную высоту H , на которую поднимется груз m от начального положения. Нить считать нерастяжимой. Трением и массой нити и блоков пренебречь.

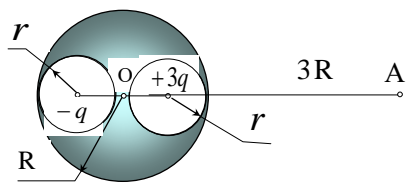
ЗАДАЧА 5.

Две свинцовые пули, массы которых $2m$ и m , летящие со скоростями v и $2v$ во взаимно перпендикулярных направлениях, испытали абсолютно неупругий удар. Найдите количество теплоты, которое выделится в результате этого удара.

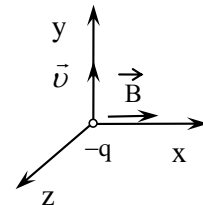
ЗАДАЧА 6.

Рабочим веществом идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно, являются два моля идеального одноатомного газа. КПД цикла известен и равен η . Определите температуру холодильника, если работа, которую совершает газ при адиабатическом расширении, равна A .

ЗАДАЧА 7.

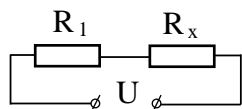


Внутри незаряженного металлического шара радиусом R имеются две сферические полости радиусами $r < 0,5R$, расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре O шара. В центре одной полости поместили отрицательный заряд $-q$, а затем в центре другой – положительный заряд $+3q$. Найдите модуль и направление вектора напряжённости \vec{E} электростатического поля в точке A , находящейся на расстоянии, равном $3R$ от центра O шара на линии, соединяющей центры полостей.



ЗАДАЧА 8.

Отрицательно заряженная частица движется с постоянной скоростью \vec{v} вдоль оси y в стационарном однородном электромагнитном поле. Определите модуль и направление вектора напряжённости электрического поля \vec{E} , если вектор магнитной индукции \vec{B} направлен вдоль оси x .



ЗАДАЧА 9.

Сопротивления $R_1 = 10$ Ом и изменяемое сопротивление R_x подключены к источнику постоянного напряжения $U = 10$ В. Найдите значение сопротивления R_x , при котором на нём выделяется максимальная тепловая мощность, и значение этой мощности.

ЗАДАЧА 10.

Из тонкого провода сделано кольцо радиуса R . По кольцу течет ток с известной плотностью тока j , а перпендикулярно плоскости кольца возбуждено однородное магнитное поле. Определите индукцию магнитного поля, разрывающего кольцо, если разрыв провода происходит, когда механическое напряжение в любом его сечении достигает значения σ_{\max} . Магнитным полем тока пренебречь.

Решение варианта № 3

ЗАДАЧА 1.

Ответ:
$$v_{\max} = \frac{\ell \omega_{\max}}{2\pi \cdot n} \approx 318 \text{ м/с}.$$

Для равноускоренного вращательного движения

$$\varphi = \frac{1}{2} \omega_{\max} \tau, \text{ откуда } \tau = \frac{2\varphi}{\omega_{\max}}$$

Здесь τ - время движения снаряда в стволе пушки.

Аналогично, для равноускоренного движения скорость снаряда $\ell = \frac{1}{2} v_{\max} \tau$, откуда

$$v_{\max} = \frac{2\ell}{\tau} = \frac{\ell \omega_{\max}}{2\pi \cdot n} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \approx 318 \text{ м/с}.$$

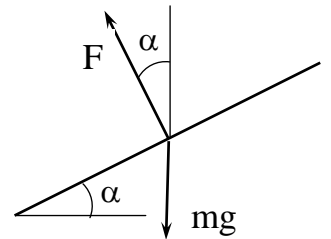
ЗАДАЧА 2.

Ответ:
$$v = \sqrt{Rg \cdot \operatorname{tg} \alpha} \approx 152 \text{ м/с (420 км/ч)}.$$

Из условия горизонтальности полёта $F \cos \alpha = mg$, откуда $F = \frac{mg}{\cos \alpha}$

- сила, действующая на крылья самолёта перпендикулярно их плоскости.

Используя второй закон Ньютона для движения по окружности радиуса



R , запишем $\frac{mv^2}{R} = F \sin \alpha$.

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{mg}{\cos \alpha} \sin \alpha = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad \frac{mv^2}{R} = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha, \text{ откуда } v = \sqrt{Rg \cdot \operatorname{tg} \alpha}.$$

$$v = \sqrt{4 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} \approx 152 \text{ м/с (420 км/ч)}$$

ЗАДАЧА 3.

Ответ:
$$T = \pi \ell \sqrt{\frac{\ell}{mG}}$$

ЗАДАЧА 4.

Ответ:
$$H = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{5}{18} \ell.$$

Используя закон сохранения энергии, получим:

$$H = \frac{\ell}{2} + \frac{v^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{5}{18} \ell.$$

где v - скорость груза массы m в момент удара о стенку.

ЗАДАЧА 5.

Ответ: $Q = \frac{5}{3} m v^2$

По закону сохранения импульса $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}$, где $p_1 = 2mv$, $p_2 = m \cdot 2v$,
 $p = (2m + m)u = 3mu$.

$$3m \cdot u = \sqrt{(2mv)^2 + (2mv)^2} = 2mv\sqrt{2}; \quad u = \frac{v2\sqrt{2}}{3}.$$

Суммарная кинетическая энергия до удара $E_1 = \frac{2mv^2}{2} + \frac{4mv^2}{2} = 3mv^2$,

Кинетическая энергия обеих пуль после удара $E_2 = \frac{2m+m}{2} u^2 = \frac{3m}{2} \frac{8v^2}{9} = \frac{4}{3} mv^2$.

Таким образом, количество теплоты, выделившееся при ударе, равно

$$Q = E_1 - E_2 = 3mv^2 - \frac{4}{3} mv^2 = \frac{5}{3} mv^2.$$

ЗАДАЧА 6.

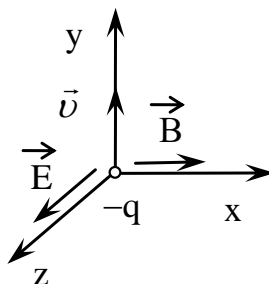
Ответ: $T_2 = \frac{(1-\eta)A}{3R\eta}$.

ЗАДАЧА 7.

Ответ: $E = \frac{q}{18\pi\epsilon_0 R^2}$. Вектор \vec{E} направлен от центра шара.

ЗАДАЧА 8.

Ответ: $E = v \cdot B$.



ЗАДАЧА 9.

Ответ: $R_x = 10 \text{ Ом}$; $P_{\max} = 2,5 \text{ Вт}$.

ЗАДАЧА 10.

Ответ: $B_{\max} = \frac{\sigma_{\max}}{j \cdot R}$.