

ФИЗИКА
 Вариант № 2

ЗАДАЧА 1.2.

Камень брошен горизонтально со скоростью 15 м/с. Найдите тангенциальное ускорение камня через 1 с после начала движения. Сопротивление воздуха не учитывать. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . В ответе величину ускорения укажите в м/с^2 десятичной дробью, округлив до сотых долей, без единицы измерения.

Ответ: 5,55

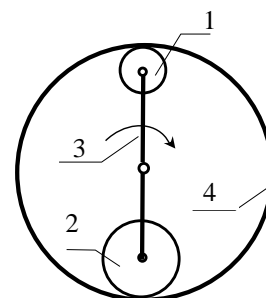
ЗАДАЧА 2.2.

Спускаясь по неподвижному эскалатору в метро, человек насчитал 100 ступенек. Когда он спускался по движущемуся вниз эскалатору со скоростью v относительно эскалатора, то насчитал 50 ступенек. Сколько ступенек он насчитает, если будет двигаться в ту же сторону со скоростью относительно эскалатора втрое большей, то есть $3v$? . Ответ укажите целым числом.

Ответ: 75

ЗАДАЧА 3.2.

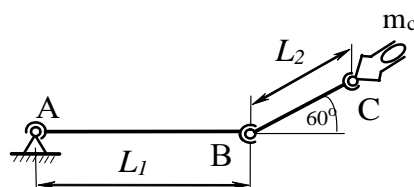
В планетарной зубчатой передаче шестерни 1 и 2 приводятся в движение кривошипом 3, ось вращения которого совпадает с осью неподвижного колеса 4. Число зубьев шестерён: $Z_1 = 15$, $Z_2 = 25$, а число зубьев колеса $Z_4 = 75$. Найдите число оборотов шестерни 2 за время, когда шестерня 1 сделает 12 оборотов. В ответе укажите число оборотов целым числом.



Ответ: 6

ЗАДАЧА 4.2.

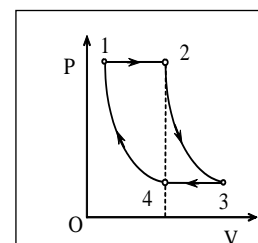
Найдите момент сил приводов в шарнире А механизма робота –манипулятора, находящегося в равновесии, когда первое звено расположено горизонтально, а второе звено поднято под углом 60° к горизонту. Масса объекта манипулирования вместе с механизмом захвата, сосредоточенного в точке С, $m_c = 20 \text{ кг}$. Длины звеньев: $L_1 = 1 \text{ м}$; $L_2 = 0,4 \text{ м}$. Звенья однородные и их массы соответственно равны $m_1 = 40 \text{ кг}$; $m_2 = 20 \text{ кг}$. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . В ответе величину модуля момента сил укажите в Ньютон-метрах целым числом.



Ответ: 660

ЗАДАЧА 5.2.

На диаграмме зависимости давления P от объема V для некоторой массы идеального газа две изотермы пересекаются двумя изобарами в точках 1,2,3,4. Найдите отношение объема газа в точке 3 (V_3) к объёму газа в точке 1 (V_1), если отношение температур газа в этих точках $T_3/T_1 = 2$. Объёмы газа в точках 2 и 4 одинаковые.



Ответ: 4

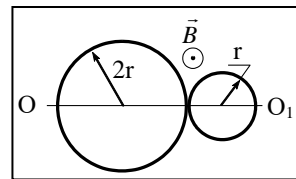
ЗАДАЧА 6.2.

Одноатомный идеальный газ участвует в процессе, для которого внутренняя энергия U газа пропорциональна квадрату его давления $U = \alpha \cdot P^2$, где α - постоянная. Найдите количество теплоты Q в Джоулях, полученное газом в таком процессе, если известна работа $A = 200$ Дж, совершенная газом в этом процессе. В ответе количество теплоты укажите в Джоулях целым числом без единицы измерения.

Ответ: 800

ЗАДАЧА 7.2.

Проволочное кольцо, общим сопротивлением $R = 6$ Ом, свернули в плоский замкнутый контур в виде восьмёрки, состоящий из двух окружностей радиусами $r = 1$ м и $2r = 2$ м. Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл, направленной перпендикулярно плоскости контура. Найдите заряд, который протечёт через поперечное сечение провода при повороте контура вокруг оси симметрии OO_1 на 180° . Между пересекающимися на рисунке проводами электрический контакт отсутствует. В ответе величину заряда укажите в Кулонах десятичной дробью с точностью до сотых без единицы измерения.

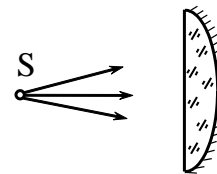


Ответ: 3,14

ЗАДАЧА 8.2.

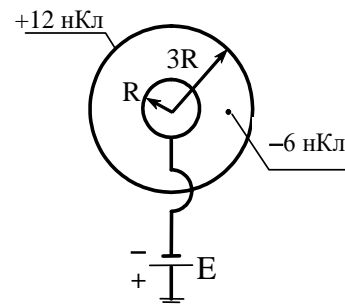
Плоско-выпуклая линза с радиусом кривизны $R = 50$ см имеет оптическую силу $D = 1$ дптр. Найдите оптическую силу этой линзы, если посеребрить её сферическую поверхность. Свет падает на не посеребрённую поверхность. В ответе оптическую силу укажите в диоптриях целым числом без единицы измерения.

Ответ: 6

**ЗАДАЧА 9.2.**

В системе, состоящей из двух концентрических проводящих сфер радиусами $R = 1$ м и $3R = 3$ м, внутренняя сфера соединена с землей через источник ЭДС, равной $E = 9$ В. Заряд внешней сферы равен $+12$ нКл. На расстоянии $2R = 2$ м от центра системы находится точечный заряд -6 нКл. Определите знак и величину заряда внутренней сферы. Потенциал земли принять равным нулю. В ответе укажите величину заряда в нано-Кулонах целым числом без единицы измерения, а перед числом поставьте знак заряда.

Ответ: - 2



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ–2021-2022»
ОТБОРОЧНЫЙ ТУР
РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 2

ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

Ответ: $a_\tau = 5,55 \text{ м/с}^2$.

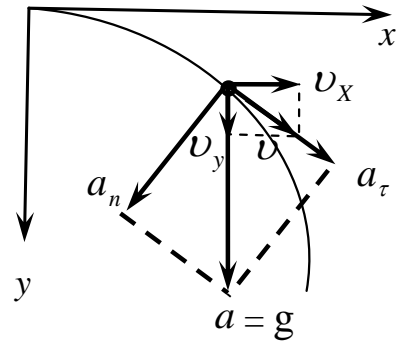
Так как горизонтальная составляющая скорости камня постоянна, то горизонтальная составляющая ускорения равна нулю. Поэтому полное ускорение камня всё время направлено вертикально вниз и равно ускорению силы тяжести. Таким образом, $a = g = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$. Из рисунка видно, что

$$\cos \varphi = \frac{v_x}{v} = \frac{a_n}{a} = \frac{a_n}{g}; \quad \sin \varphi = \frac{v_y}{v} = \frac{a_\tau}{a} = \frac{a_\tau}{g}.$$

Отсюда $a_\tau = \frac{v_y}{v} = \frac{g^2 t}{\sqrt{v_x^2 + g^2 t^2}}; \quad a_n = \frac{v_x}{v} = \frac{g v_x}{\sqrt{v_x^2 + g^2 t^2}}.$

Подставляя числовые значения, получим

$$a_\tau = \frac{g^2 t}{\sqrt{v_x^2 + g^2 t^2}} = \frac{10^2 \cdot 1}{\sqrt{15^2 + 10^2 \cdot 1}} = \frac{100}{\sqrt{325}} = \frac{100}{18,028} = 5,55 \text{ м/с}^2.$$



ЗАДАЧА 2. (8 баллов)

Ответ: 75 ступенек.

Обозначим длину эскалатора ℓ , число ступеней N , скорость человека относительно эскалатора u , скорость эскалатора v .

Время спуска человека по неподвижному эскалатору $t = \frac{\ell}{u}$; по движущемуся эскалатору,

спускаясь со скоростью u : $t_1 = \frac{\ell}{v+u}$; по движущемуся эскалатору, спускаясь со скоростью

$3u$: $t_2 = \frac{\ell}{v+3u}.$

Путь, пройденный по эскалатору, $S_1 = ut_1 = u \frac{\ell}{v+u}.$

Число ступенек на единицу длины эскалатора $n = \frac{N}{\ell}.$

Тогда $n_1 = \frac{N}{\ell} S_1 = \frac{N}{\ell} u \frac{\ell}{v+u}, \quad n_2 = \frac{N}{\ell} S_2 = \frac{N}{\ell} 3u \frac{\ell}{v+3u}$

Перепишем без ℓ : ; $n_2 = \frac{3u}{v+3u} N$

Решим эту систему: $\frac{u+v}{u} = \frac{N}{n_1}$ или $\begin{cases} 1 + \frac{v}{u} = \frac{N}{n_1} \\ 1 + \frac{v}{3u} = \frac{N}{n_2} \end{cases}$

Из первого уравнения находим $\frac{v}{u} = \frac{N}{n_1} - 1 = \frac{N - n_1}{n_1}$ и подставим во второе.

$$\frac{v}{3u} = \frac{N}{n_2} - 1; \quad ; \quad \frac{v}{u} = \left(\frac{N}{n_2} - 1 \right) \cdot 3 = \frac{3N}{n_2} - 3. \quad \text{Тогда} \quad \frac{3N}{n_2} - 3 = \frac{N - n_1}{n_1} .$$

$$\frac{3N}{n_2} = \frac{N - n_1}{n_1} + 3 = \frac{N + 2n_1}{n_1} . \text{ Отсюда найдём количество ступенек } n_2, \text{ которые насчитает}$$

человек, если будет двигаться в ту же сторону со скоростью относительно эскалатора, втрое большей.

$$n_2 = \frac{3N \cdot n_1}{N + 2n_1} = \frac{3 \cdot 100}{100 + 2 \cdot 50} = 75 \text{ ступенек} .$$

ЗАДАЧА 3. (8 баллов)

Ответ: 6 оборотов

Угол поворота φ шестерни 1 за время t равен

$$\varphi = \left(\frac{R}{r_1} - 1 \right) \omega \cdot t, \quad \text{где } \omega - \text{угловая скорость кривошипа 3.}$$

Отношение $\frac{R}{r_1} = \frac{z_4}{z_1}$, где R и z_4 - радиус и число зубьев колеса 4;

r_1 и z_1 радиус и число зубьев шестерни 1. $\omega t = k \cdot 2\pi$, где k - число оборотов кривошипа .

$$\text{Тогда } \varphi = \left(\frac{z_4}{z_1} - 1 \right) k \cdot 2\pi . \text{ Отсюда } k = \frac{\varphi}{\left(\frac{z_4}{z_1} - 1 \right) 2\pi} . \text{ Учитывая, что угол поворота шестерни}$$

1 за время t равен $\varphi = 2\pi \cdot n_1$, где n_1 - количество оборотов шестерни 1 за время t , найдём число

$$\text{оборотов кривошипа } k = \frac{2\pi \cdot n_1}{\left(\frac{z_4}{z_1} - 1 \right) 2\pi} = \frac{n_1}{\left(\frac{z_4}{z_1} - 1 \right)} . \text{ По условию } n_1 = 12, \text{ тогда число оборотов}$$

$$\text{кривошипа } k = \frac{12}{\frac{15}{12} - 1} = 3 .$$

Теперь определим число оборотов шестерни 2 за время, когда кривошип 3 сделает 3 оборота.

$$2\pi \cdot n_2 = \left(\frac{z_4}{z_2} - 1 \right) \cdot 2\pi \cdot 3 ; \quad n_2 = \left(\frac{z_4}{z_2} - 1 \right) \cdot 3 = \left(\frac{75}{25} - 1 \right) \cdot 3 = 6 \text{ оборотов} .$$

ЗАДАЧА 4. (10 баллов)

Ответ: $M_A = 511 \text{ Нм}$.

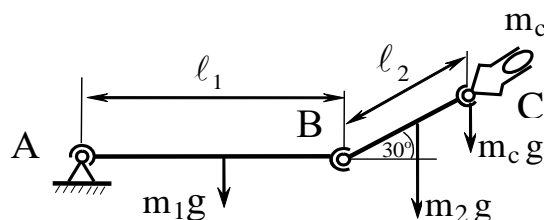
Чтобы робот манипулятор находился в равновесии, необходимо равенство нулю суммы моментов всех сил, действующих на звенья манипулятора.

$$\sum M_A(F_i) = 0 .$$

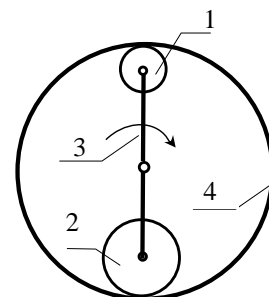
$$M_A = m_1 g \frac{\ell_1}{2} + m_2 g \left(\ell_1 + \frac{\ell_2}{2} \cos \alpha \right) + m_c g (\ell_1 + \ell_2 \cos \alpha)$$

$$M_A = 9,8 \left[35 \cdot \frac{0,7}{2} + 25 \left(0,7 + \frac{0,5 \sqrt{3}}{2} \right) + 15 \left(0,7 + 0,5 \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right];$$

$$= 9,8(12,25 + 22,9 + 16,99) = 9,8 \cdot 52,14 = 511 \text{ Нм}$$



$$M_A = 511 \text{ Нм}$$



ЗАДАЧА 5. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{\frac{V_3}{V_1} = 4}$.

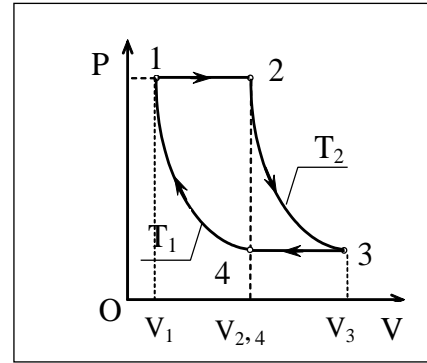
Так как для изобары T пропорциональна V , то, используя обозначения, приведенные на рисунке, запишем:

Для изобары 1-2, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_{2,4}}{V_1}$ (1).

Для изобары 3-4, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_3}{V_{2,4}}$ (2).

Перемножив (1) и (2), получим $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{V_3}{V_1}}$.

Так как $\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_1}$, то $\frac{T_3}{T_1} = \sqrt{\frac{V_3}{V_1}} = 2$. Значит $\frac{V_3}{V_1} = 4$.

**ЗАДАЧА 6.** (10 баллов)

Ответ: $Q = 800$ Дж.

Внутренняя энергия одноатомного газа $U = \frac{3}{2} \nu RT$. Но $pV = \nu RT$.

Тогда, учитывая данную в условии задачи зависимость внутренней энергии газа от давления ($U = \alpha \cdot p^2$), запишем

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV = \alpha p^2. \text{ И уравнение данного процесса перепишем}$$

в виде $p = \frac{3}{2\alpha} V$, то есть в заданном процессе давление газа

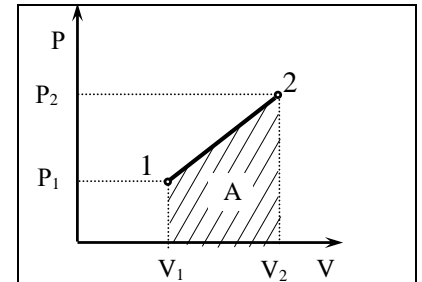
линейно зависит от его объема, или $V = \frac{2\alpha}{3} p$. Работа, совершаемая газом при его расширении, равна площади под прямой, изображающей процесс на PV -диаграмме.

$$A = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_2 - V_1) = \frac{1}{3} \alpha (p_1 + p_2) (p_2 - p_1) = \frac{1}{3} \alpha (p_2^2 - p_1^2)$$

Изменение внутренней энергии $\Delta U = \alpha (p_2^2 - p_1^2)$.

$$Q = \Delta U + A = \alpha (p_2^2 - p_1^2) + \frac{1}{3} \alpha (p_2^2 - p_1^2) = 4 \frac{1}{3} \alpha (p_2^2 - p_1^2) = 4A.$$

Подставив $A = 200$ Дж, найдём $Q = 800$ Дж

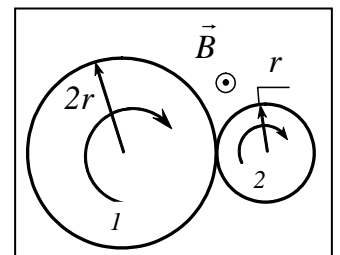
**ЗАДАЧА 7.** (15 баллов)

Ответ: $\boxed{q = \frac{6\pi r^2 B}{R}}$.

$$q = \frac{\Delta\Phi_1 - \Delta\Phi_2}{R} = \frac{S_1 - S_2}{R} \Delta B, \text{ где } \Delta\Phi_1 \text{ и } \Delta\Phi_2 - \text{изменения магнитных}$$

потоков через поверхность большого и малого кругов; $\Delta B = 2B$

$$q = \frac{S_1 - S_2}{R} \Delta B = \frac{\pi(2r)^2 - \pi r^2}{R} \cdot 2B = \frac{6\pi r^2 B}{R} \dots$$



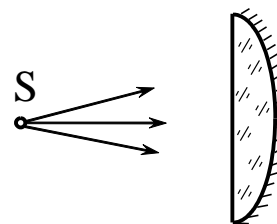
ЗАДАЧА 8. (15 баллов)

Ответ: $D = 6$ дптр.

Если посеребрить сферическую поверхность, то

$D = D_1 + D_2 + D_1 = 2D_1 + D_2$, где D_1 — оптическая сила линзы, а D_2 — вогнутого зеркала, образованного посеребрённой поверхностью. Так как

$D_1 = 1$ дптр, а $D_2 = \frac{2}{R} = \frac{2}{0,5} = 4 \text{ дптр}$, то $D = 6$ дптр,

**ЗАДАЧА 9.** (16 баллов)

Ответ: $Q = -\left(4\pi\epsilon_0 RE + \frac{1}{6}q\right)$

Согласно принципу суперпозиции, потенциал внутренней сферы равен

$\varphi = -E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot 2R} + \frac{2q}{4\pi\epsilon_0 3R}$, откуда находим искомый заряд

внутренней сферы $Q = -\left(4\pi\epsilon_0 RE + \frac{1}{6}q\right)$

