

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  $10 \text{ м/с}^2$ . В ответе величину ускорения укажите в  $\text{м/с}^2$  десятичной дробью, округлив до сотых долей, без единицы измерения.

Ответ: 5,55

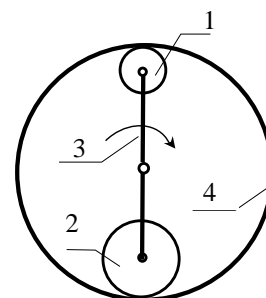
**ЗАДАЧА 2.2.**

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.**

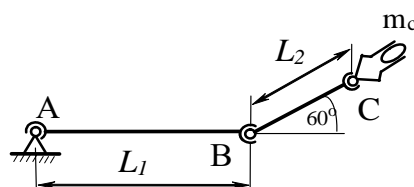
В планетарной зубчатой передаче шестерни 1 и 2 приводятся в движение кривошипом 3, ось вращения которого совпадает с осью неподвижного колеса 4. Число зубьев шестерён:  $Z_1 = 15$ ,  $Z_2 = 25$ , а число зубьев колеса  $Z_4 = 75$ . Найдите число оборотов шестерни 2 за время, когда шестерня 1 сделает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



Ответ: 6

**ЗАДАЧА 4.2.**

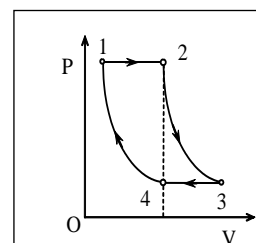
Найдите момент сил приводов в шарнире А механизма робота –манипулятора, находящегося в равновесии, когда первое звено расположено горизонтально, а второе звено поднято под углом  $60^\circ$  к горизонту. Масса объекта манипулирования вместе с механизмом захвата, сосредоточенного в точке С,  $m_c = 20 \text{ кг}$ . 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  $10 \text{ м/с}^2$ . 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

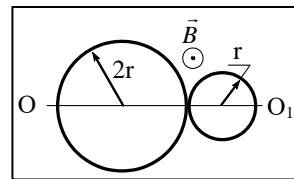
**ЗАДАЧА 6.2.**

Одноатомный идеальный газ участвует в процессе, для которого внутренняя энергия  $U$  газа пропорциональна квадрату его давления  $U = \alpha \cdot P^2$ , где  $\alpha$  - 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  $180^\circ$ . Между пересекающимися на рисунке проводами электрический контакт отсутствует. В ответе величину заряда укажите в Кулонах десятичной дробью с точностью до сотых без единицы измерения.

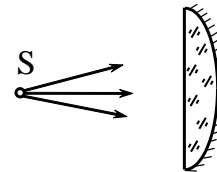


Ответ: 3,14

**ЗАДАЧА 8.2.**

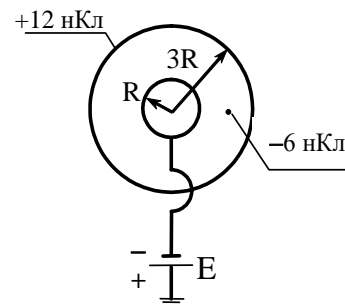
Плоско-выпуклая линза с радиусом кривизны  $R = 50$  см имеет оптическую силу  $D = 1$  дптр. Найдите оптическую силу этой линзы, если посеребрить её сферическую поверхность. Свет падает на не посеребрённую поверхность. В ответе оптическую силу укажите в диоптриях целым числом без единицы измерения.

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:  $a_\tau = 5,55 \text{ м/с}^2$ .

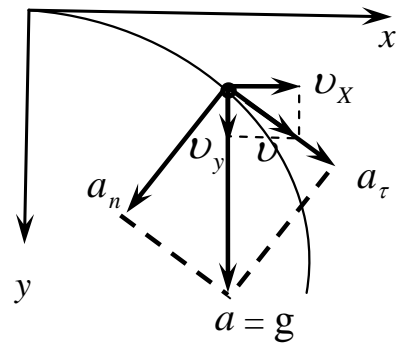
Так как горизонтальная составляющая скорости камня постоянна, то горизонтальная составляющая ускорения равна нулю. Поэтому полное ускорение камня всё время направлено вертикально вниз и равно ускорению силы тяжести. Таким образом,  $a = g = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$ . Из рисунка видно, что

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

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  $\ell$ , 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  $\ell$ : ;  $n_2 = \frac{3u}{v+3u} N$

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  $\varphi$  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 .

Тогда  $\varphi = \left( \frac{z_4}{z_1} - 1 \right) k \cdot 2\pi$ . Отсюда  $k = \frac{\varphi}{\left( \frac{z_4}{z_1} - 1 \right) 2\pi}$ . 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 оборотов кривошипа  $k = \frac{2\pi \cdot n_1}{\left( \frac{z_4}{z_1} - 1 \right) 2\pi} = \frac{n_1}{\left( \frac{z_4}{z_1} - 1 \right)}$ . По условию  $n_1 = 12$ , 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:  $M_A = 511 \text{ Нм}$ .

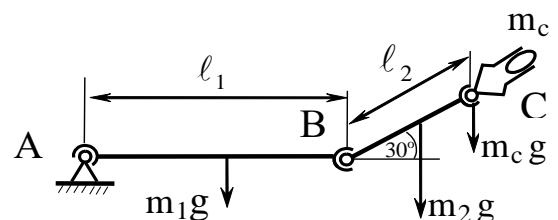
Чтобы робот манипулятор находился в равновесии, необходимо равенство нулю суммы моментов всех сил, действующих на звенья манипулятора.

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

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

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

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



$$M_A = 511 \text{ Нм}$$

**ЗАДАЧА 5.** (10 баллов)

Ответ:  $\boxed{\frac{V_3}{V_1} = 4}$ .

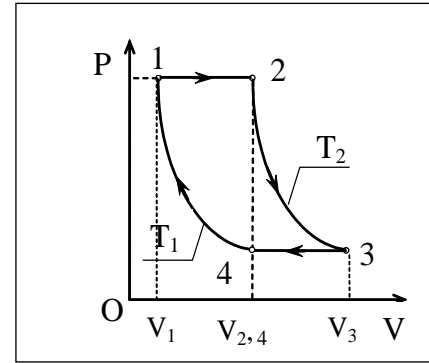
Так как для изобары  $T$  пропорциональна  $V$ , то, используя обозначения, приведенные на рисунке, запишем:

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

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

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

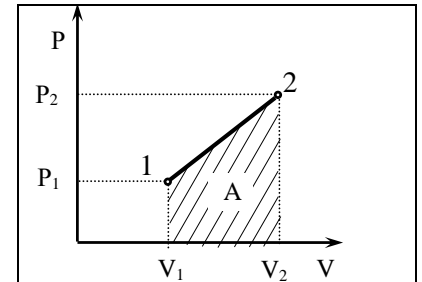
линейно зависит от его объема, или  $V = \frac{2\alpha}{3} p$ . Работа, совершаемая газом при его расширении, равна площади под прямой, изображающей процесс на  $PV$ -диаграмме.

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

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

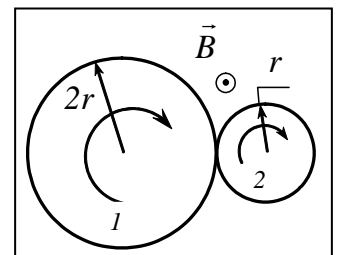
**ЗАДАЧА 7.** (15 баллов)

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

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

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

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



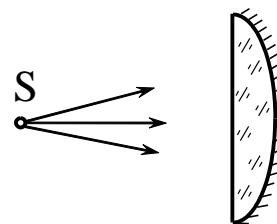
**ЗАДАЧА 8.** (15 баллов)

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,

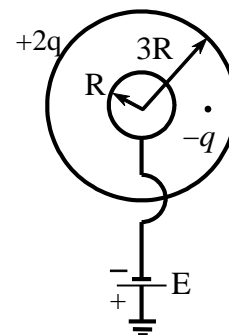
**ЗАДАЧА 9.** (16 баллов)

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



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА**  
**ОТБОРОЧНЫЙ ТУР ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ–2021-2022»**  
**ФИЗИКА**  
**Вариант № 4**

**ЗАДАЧА 1.4.**

На некоторой высоте  $h$  над поверхностью Земли ускорение свободного падения тела составляет 64% от ускорения свободного падения на поверхности Земли. Какую долю при этом составляет высота  $h$  от радиуса Земли? Ответ дайте десятичной дробью, округлив её до сотых.

Ответ: 0,25

**ЗАДАЧА 2.4.**

На столе стоит сосуд с жидкостью, в боковой поверхности которого имеется малое отверстие, расположенное на расстоянии  $h_1 = 25$  см от дна сосуда. Какой высоты  $h$  в сантиметрах надо поддерживать уровень жидкости в сосуде, чтобы струя жидкости, вытекая из отверстия, падала на стол на расстоянии  $L = 40$  см от стенки сосуда по горизонтали. Жидкость считать идеальной (силами вязкого трения пренебречь). В ответе высоту укажите в сантиметрах целым числом без указания единицы измерения.

Ответ: 41

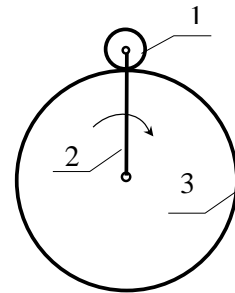
**ЗАДАЧА 3.4.**

Струя воды, площадь сечения которой  $S = 6 \text{ см}^2$ , ударяется о стену под углом  $\alpha = 60^\circ$  к нормали и упруго отскакивает от стены без потери скорости. Найдите силу, действующую на стену со стороны струи, если известно, что скорость течения воды в струе  $v = 10 \text{ м/с}$ . Плотность воды  $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$ . В ответе укажите значение силы в Ньютонах целым числом.

Ответ: 60

**ЗАДАЧА 4.4.**

В планетарной зубчатой передаче шестерня 1 приводится в движение кривошипом 2, ось вращения которого совпадает с осью неподвижного колеса 3. Число зубьев шестерни  $Z_1 = 20$ , а число зубьев колеса  $Z_3 = 100$ . Найдите число оборотов кривошипа за время, когда шестерня 1 сделает 18 оборотов. В ответе укажите число оборотов целым числом.

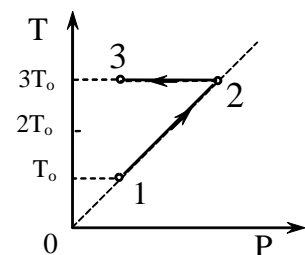


Ответ: 3

**ЗАДАЧА 5.4.**

Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3, где  $T_0 = 100 \text{ К}$ . На участке 2–3 при постоянной температуре к газу подводят 2,5 кДж теплоты. Найдите отношение работы  $A_{123}$ , совершаемой газом в ходе процесса, к количеству поглощённой газом теплоты  $Q_{123}$ . В ответе отношение укажите десятичной дробью с точностью до десятых долей.

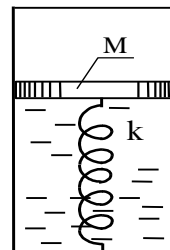
Ответ: 0,5



**ЗАДАЧА 6.4.**

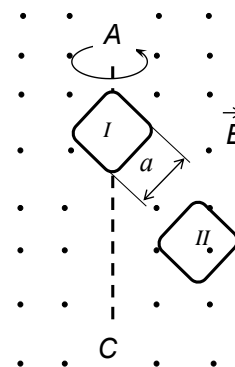
Замкнутый, вертикально расположенный цилиндрический сосуд сечением  $S = 20 \text{ см}^2$ , разделён поршнем массы  $M = 1 \text{ кг}$  на две части. Нижняя часть цилиндра под поршнем целиком заполнена водой при начальной температуре  $t_0 = 0^\circ \text{C}$ ; над поршнем – вакуум. Поршень связан с нижним основанием цилиндра пружиной жесткости  $k = 30 \text{ Н/м}$ . Вначале пружина не деформирована. Определите массу  $m$  пара под поршнем при нагревании воды до температуры  $t = 100^\circ \text{C}$ . Трением, массой пружины и её объёмом пренебречь. В ответе укажите массу пара в граммах десятичной дробью с точностью до десятых без единицы измерения.

Ответ: 7,4

**ЗАДАЧА 7.4.**

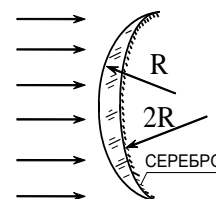
В однородном магнитном поле с индукцией  $B$ , вокруг оси  $AC$  вращаются с одинаковой частотой две одинаковые квадратные рамки I и II. Найдите отношение амплитудного значения ЭДС индукции, генерируемой в рамке I, к амплитудному значению ЭДС индукции, генерируемой в рамке II. В ответе укажите отношение целым числом.

Ответ: 1

**ЗАДАЧА 8.4.**

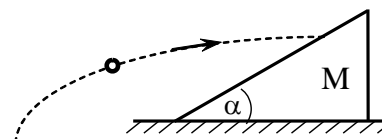
Линза имеет радиусы кривизны  $R$  и  $2R$ . Когда заднюю поверхность линзы посеребрили, её оптическая сила стала равной нулю. Найдите показатель преломления стекла, из которого сделана линза. Свет падает на не посеребрённую поверхность. В ответе значение показателя преломления укажите целым числом.

Ответ: 2

**ЗАДАЧА 9.4**

На гладкой горизонтальной поверхности массивной плиты покоится клин массы  $M = 1 \text{ кг}$  с углом наклона  $\alpha = 30^\circ$ . Клин плотно прилегает к поверхности плиты. Летящий по параболической траектории шар ударяется о гладкую наклонную поверхность клина, причём в момент удара его скорость направлена горизонтально (удар абсолютно упругий). В результате клин начинает двигаться по плите. Найдите массу  $m$  шара, при которой он через некоторое время попадает в ту же самую точку на клине, от которой отскочил. В ответе массу шара укажите целым числом без единицы измерения.

Ответ: 2





МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ–2021-2022»  
ОТБОРОЧНЫЙ ТУР  
РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 4.

**ЗАДАЧА 1.** (8 баллов)

Ответ: 0,25.

$$g = G \frac{M_3}{R_3^2} \text{ — на поверхности Земли.}$$

$$a = G \frac{M_3}{(R_3+h)^2}, \quad a = 0,64g, \quad \text{следовательно,} \quad \frac{a}{g} = 0,64$$

$$\frac{a}{g} = \frac{G \frac{M_3}{(R_3+h)^2}}{G \frac{M_3}{R_3^2}} = \frac{R_3^2}{(R_3+h)^2} = 0,64. \quad \text{Следовательно,} \quad \frac{R_3}{(R_3+h)} = 0,8$$

$$0,8R_3 + 0,8h = R_3. \quad 0,8h = 0,2R_3.$$

Отсюда найдём, какую долю составляет высота  $h$  от радиуса Земли

$$\frac{h}{R_3} = \frac{0,2}{0,8} = 0,25$$

**ЗАДАЧА 2.** (8 баллов)

Ответ:  $H = 41$  см

Скорость вытекания струи жидкости по закону Бернулли

$$U = \sqrt{2g(H-h)}. \quad (1)$$

Время падения струи на горизонтальную поверхность

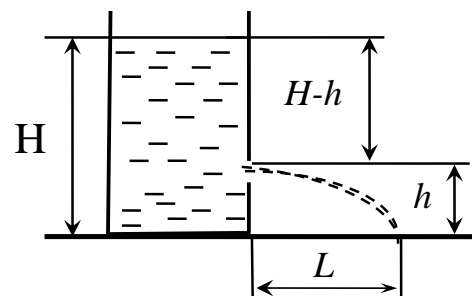
$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (2)$$

$$\text{Дальность полёта струи } L = v \cdot t \quad (3)$$

Подставляя (1) и (2) в (3), получим

$$L = v \cdot t = \sqrt{2g(H-h)} \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2\sqrt{Hh-h^2} \quad \text{или} \quad \frac{L}{2} = \sqrt{Hh-h^2} \quad \text{или}$$

$$\left(\frac{L}{2}\right)^2 = Hh-h^2. \quad \text{Откуда} \quad H = \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + h^2}{h} = \frac{\left(\frac{40}{2}\right)^2 + 25^2}{25} = 41 \text{ см}$$



**ЗАДАЧА 3.** (8 баллов)

Ответ:  $F = 2\rho \cdot S v^2 \cos 60^\circ = 86,4 \text{ Н}$ .

$$\Delta p_x = F \Delta t, \quad \Delta p_x = 2m v \cos \alpha, \quad \text{где} \quad m = \rho S v \Delta t, \quad \text{тогда}$$

$$\Delta p_x = 2\rho S v^2 \Delta t \cos \alpha.$$

$$F \Delta t = 2\rho S v^2 \Delta t \cos \alpha, \quad F = 2\rho \cdot S v^2 \cos 60^\circ; \quad F = 2 \cdot 1,0 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 10^{-4} \cdot 12^2 \cdot 0,5 = 86,4 \text{ Н}.$$

**ЗАДАЧА 4** (10 баллов)

Ответ:  $n_2 = 3$ .

Угол поворота  $\varphi$  шестерни 1 за время  $t$  равен  $\varphi = \left(\frac{R}{r_1} - 1\right)\omega \cdot t$ , где  $\omega$  - угловая

скорость кривошипа 2. Отношение  $\frac{R}{r_1} = \frac{z_3}{z_1}$ , где  $R$  и  $z_3$  - радиус и число зубьев кривошипа 2. Отношение  $\frac{R}{r_1} = \frac{z_3}{z_1}$ , где  $R$  и  $z_3$  - радиус и число зубьев кривошипа 2.

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

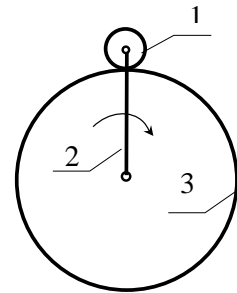
Тогда  $\varphi = \left(\frac{z_3}{z_1} + 1\right)k \cdot 2\pi$ . Отсюда

$$k = \frac{\varphi}{\left(\frac{z_3}{z_1} + 1\right)2\pi}$$

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

$$k = \frac{2\pi \cdot n_1}{\left(\frac{z_3}{z_1} + 1\right)2\pi} = \frac{n_1}{\left(\frac{z_3}{z_1} + 1\right)}$$

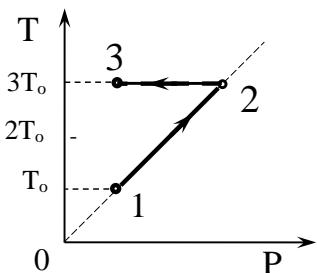
По условию  $n_1 = 18$ , тогда число оборотов кривошипа  $k = \frac{18}{\frac{100}{20} + 1} = 3$ .



**ЗАДАЧА 5** (10 баллов)

Ответ:  $\frac{A_{123}}{Q_{123}} \approx 0,5$ .

Согласно первому закону термодинамики  $Q_{123} = \Delta U_{123} + A_{123}$ , где  $A_{123} = A_{12} + A_{23}$  и  $\Delta U_{123} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23}$ . В изохорном процессе  $A_{12} = 0$ , а в изотермическом процессе  $\Delta U_{23} = 0$ . Поэтому  $Q_{123} = \Delta U_{12} + A_{23}$  и  $A_{123} = A_{23}$ . При переходе  $2 \rightarrow 3$ :  $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = A_{23}$ . Следовательно,  $Q_{123} = \Delta U_{12} + Q_{23}$ .



Изменение внутренней энергии газа при переходе  $1 \rightarrow 2$ :  $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R \Delta T_{12}$ . Поскольку

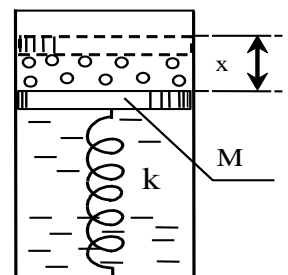
$$\Delta T_{12} = 2T_0, \text{ то } \Delta U_{12} = 3\nu RT_0. \text{ Поэтому: } Q_{123} = 3\nu RT_0 + Q_{23}. \quad \frac{A_{123}}{Q_{123}} = \frac{Q_{23}}{3\nu RT_0 + Q_{23}} \approx 0,5,$$

**ЗАДАЧА 6** (10 баллов)

Ответ:  $m = 7,4 \text{ г}$ .

При температуре  $0^\circ \text{C}$  давление насыщенных паров воды пренебрежимо мало, и в исходном состоянии системы поршень лежит на поверхности воды - его вес компенсирован реакцией опоры воды. При нагревании до  $100^\circ \text{C}$  часть воды испарится, пружина растянется под действием силы давления насыщенного пара, равной  $p_n S$ . Смещение поршня определяет величину деформации пружины  $x$ .

Запишем условие равновесия поршня в этом состоянии:



$$p_H S = Mg + kx, \quad \text{откуда} \quad x = \frac{p_H S - Mg}{k}.$$

Определить массу пара можно, исходя из уравнения состояния идеального газа (уравнения

$$\text{Клапейрона-Менделеева) } p_H S \cdot x = \frac{m}{\mu} RT.$$

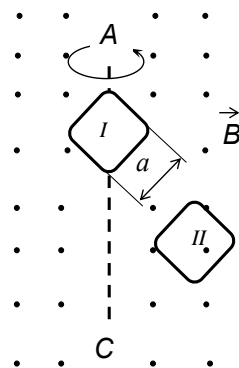
Учитывая, что давление насыщенного пара при температуре равно нормальному атмосферному давлению  $p_0$  (условие кипения воды) и что абсолютная термодинамическая температура воды  $T = t + 273$ , получим

$$m = \frac{p_0 \mu S}{R(t + 273)} \frac{(p_0 S - Mg)}{k} = 7,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 7,4 \text{ г}.$$

### ЗАДАЧА 7. (15 баллов)

Ответ: 1

Поток магнитной индукции сквозь обе рамки одинаковый, так как их площади равны. Частота вращения обеих рамок вокруг оси AC тоже одинаковая, поэтому в каждой из них возникает одинаковая по величине ЭДС индукции. И, как следствие, амплитудные значения ЭДС индукции, возникающей в каждой рамке, тоже равны. Следовательно, отношение этих амплитудных значений равно 1.



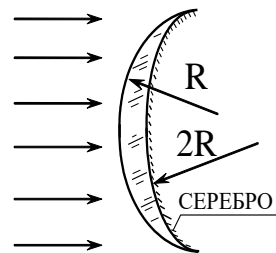
### ЗАДАЧА 8. (15 баллов)

Ответ:  $n = 2$ .

Так как свет проходит через линзу, отражается от её задней поверхности и опять проходит через линзу, то  $D = 2D_1 + D_2$ , где  $D_1$  — оптическая сила линзы, а  $D_2$  — выпуклого зеркала, образованного её задней поверхностью. Поскольку

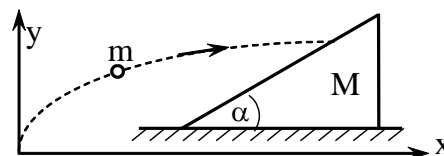
$$D_1 = (n-1) \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{2R} \right) = \frac{(n-1)}{2R}; \quad D_2 = -\frac{2}{2R} = -\frac{1}{R}, \quad \text{то}$$

$$D = 2D_1 + D_2 = \frac{2(n-1)}{2R} - \frac{1}{R} = \frac{n-2}{R}, \quad \text{и так как } D = 0, \quad \text{то } n = 2.$$



### ЗАДАЧА 9. (16 баллов)

Ответ:  $m = 2M = 2 \text{ кг}$ .



Пусть  $v_0$  — скорость шара в момент удара, а его масса  $m$ .

Т. к. трение между клином и плитой отсутствует, то вдоль оси  $x$  выполняется закон сохранения импульса:  $mv_0 = (m+M)v_x$ , где  $v_x$  — горизонтальная составляющая скорости шара после столкновения, равная скорости клина (в противоположном случае шар не упадёт в ту же точку).

$$\text{Закон сохранения энергии: } \frac{mv_0^2}{2} = \frac{(m+M)v_x^2}{2} + \frac{m}{2}v_y^2 \quad (2), \quad \text{где}$$

$v_y$  — вертикальная составляющая скорости шара после столкновения с клином. Пусть за время удара  $\Delta t$  шарика о клин между ними действовала сила, среднее значение которой равно  $F$ . Тогда в проекциях на координатные оси уравнение второго закона Ньютона для обоих тел будет иметь вид:

$$mv_y = F\Delta t \cos \alpha, \quad (3)$$

$$Mv_x = F\Delta t \sin \alpha \quad (4).$$

Из-за отсутствия трения сила  $\vec{F}$  направлена перпендикулярно поверхности клина. Исключив  $F\Delta t$

из (3) и (4), получим выражение  $\frac{m v_y}{M v_x} = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$ , откуда

$$v_y = \frac{M}{m} v_x \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}. \quad (5)$$

Подставим  $v_y$  в (2) и преобразуем полученное выражение:

$$m^2 v_o^2 = \frac{m^2 \sin^2 \alpha + mM \sin^2 \alpha + M^2 \cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} v_x^2 \quad (6).$$

Возведя (1) в квадрат и поделив его на (6), найдём соотношение:

$$\frac{m}{M} = \frac{\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} = 2.$$

Отсюда  $m = 2M = 2 \text{ кг}$ .

