



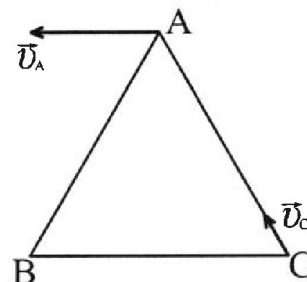
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент  $t = 0$  оказалось, что скорость  $\vec{v}_A$  точки A параллельна стороне BC и по величине равна  $v_A = 0,4$  м/с, а скорость  $\vec{v}_C$  вершины C направлена вдоль стороны CA. Длины сторон треугольника  $a = 0,2$  м.



1. Найдите модуль  $v_C$  скорости вершины C.

2. За какое время  $\tau$  пластина в системе центра масс совершит три оборота?

Пчела массой  $m = 100$  мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины B.

3. Найдите модуль  $R$  равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

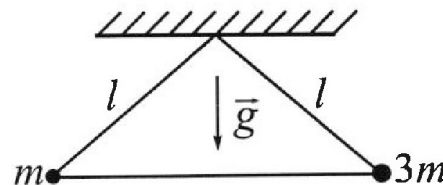
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте  $h = 8$  м фейерверк находился через  $\tau = 0,8$  с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту  $H$  поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью  $V_0 = 20$  м/с. Направление вектора  $\vec{V}_0$  скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние  $L_{\text{max}}$  между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами  $m = 0,1$  кг и  $3m$  подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины  $l$ , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины  $L = 1,6l$ . Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол  $\alpha$  с горизонтом образует вектор  $\vec{a}_1$  ускорения шарика массой  $m$  сразу после освобождения системы? В ответе укажите  $\sin \alpha$ .

2. Найдите модуль  $a_1$  ускорения шарика массой  $m$  сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

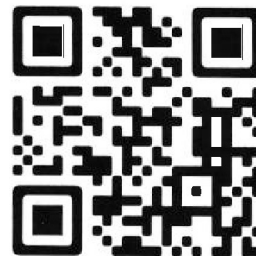
3. Найдите модуль  $T$  упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



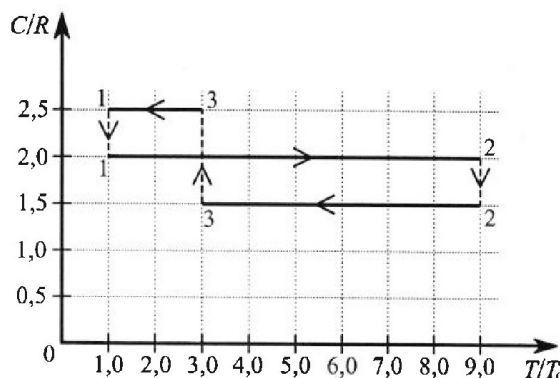
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

Вариант 10-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой  $\nu = 2$  моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче,  $T_0 = 300$  К.



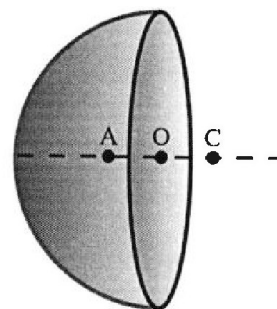
1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , здесь  $P_0, V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какое количество  $Q_1$  теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

3. На какую высоту  $H$  подъемник медленно переместит груз массой  $M = 150$  кг за  $N = 10$  циклов тепловой машины?

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, универсальная газовая постоянная  $R = 8,31$  Дж/(моль·К). Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд  $Q$ . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние  $R$ . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой  $m$ , заряд  $q$ . В точке О частица движется со скоростью  $V_0$ .



1. С какой скоростью  $V$  частица движется на большом по сравнению с  $R$  расстоянии от точки О? Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k$ . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость  $V_C$ , с которой частица движется в точке С. Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.

Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.



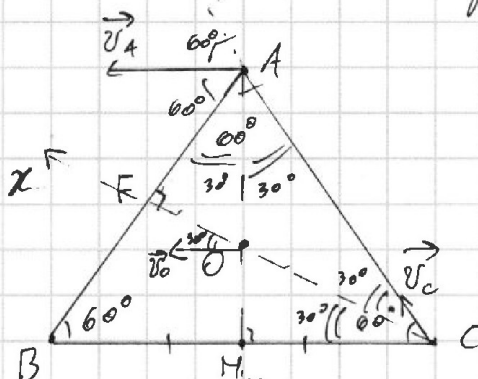
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1) Там смотрим



AC:  
В силу неразрывности пластины проекции  $\vec{v}_A$  и  $\vec{v}_C$  на AC равны

Из геометрических соотношений т.к.  $\triangle ABC$  — равносторонний получаем следующее равенство:

$$v_A \cdot \cos 60^\circ = v_C = v_O = v_A \cdot \cos 60^\circ = 0,4 \cdot \frac{1}{2} = 0,2 \text{ м/с}$$

2) Для равностороннего треугольника центр масс (точка O) будет являться точкой пересечения его высот (медиан, бис.) построим AN и CF — высоты, O — т. перес.

CF и AN  
Пусть  $\vec{v}_O$  — скорость центра масс  
Через CF и AN проведем ош x и y  
по аналогии с п.1:

$$v_{Ox} = v_{Cx} \Rightarrow v_{Ox} = v_C \cdot \cos 30^\circ$$

$$v_{Oy} = v_{Ay} = 0 \Rightarrow \vec{v}_O \text{ направл. парал. } \vec{v}_A \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{Ox} = v_O \cos 30^\circ \Rightarrow v_O \cos 30^\circ = v_C \cos 30^\circ \Rightarrow v_O = v_C$$

Перейдем в СО центра масс (СОУ М)

$\vec{v}_A$  — скорость т. A в СОУ М

$$\vec{v}'_A = \vec{v}_A - \vec{v}_O, \text{ т.к. } \vec{v}_O \uparrow \vec{v}_A, \text{ то } |\vec{v}'_A| = |\vec{v}_A| - |\vec{v}_O| =$$

$$= v_A - v_C = v_A (1 - \cos 60^\circ)$$

$\omega$  — угловая скорость вращающейся пластины в соупм

$$\omega = \frac{v'_A}{AO}$$

$$\text{Из геом. сообр. } AO = \frac{\sqrt{3}}{3} a = \frac{\sqrt{3}}{3} a \Rightarrow \omega = \frac{v_A (1 - \cos 60^\circ)}{\frac{\sqrt{3}}{3} a} =$$

$$= \frac{v_A (1 - \cos 60^\circ)}{a} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot (1 - \frac{1}{2})}{0,2} = \sqrt{3} \text{ с}^{-1}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$n - \text{кол-во оборотов} \quad n = 3$$

$$t = n \cdot \frac{2\pi R}{\omega} = n \cdot \frac{2\pi R}{\sqrt{3} \omega_A (1 - \cos 60^\circ)} = 3 \cdot \frac{2\pi \cdot 0,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,5)} =$$

$$= (2\sqrt{3} \pi) \text{ с}$$

3) ~~Найдем  $\vec{v}_B$  скорость т. В в ад. со по амплитуде с нулевыми:~~

в сои, м:

$a_B$  - ускорение т. В

$$a_B = \omega^2 \cdot BO = (\sqrt{3})^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,2^2 = 0,2 \cdot \sqrt{3} = \frac{\sqrt{3}}{5} \text{ м/с}^2$$

$$\text{из геом. сообр.: } BO = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} R = \frac{\sqrt{3}}{3} R = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,2$$

П.к. пластины толкнули, то по ходу движения центр масс движется без ускорения  $\Rightarrow$  сои, м - инерциальная со. Тогда и в ад. со падающая имеет ускорение  $\vec{a}_B$

по 2 закону Ньютона:

$$m \vec{a}_B = \vec{R} \Rightarrow m a_B = R \Rightarrow R = m a_B = 100 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\sqrt{3}}{5} =$$

$$= (2\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н})$$

Примечание: масса пчелы много меньше массы пластины, поэтому угловая скорость пластины до и после пощипывания пчелой остается постоянной.

Ответ: 1)  $0,2 \text{ м/с}$ ; 2)  $t = 2\sqrt{3} \pi \text{ с}$ ; 3)  $R = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-5} \text{ Н}$



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1) Пусть в начале фейерверк при бросе  
скорость  $\vec{v}_0$  ( $\vec{v}_0$  вертикальна по условию)  
за время  $\tau$ :

$$h = v_0'' \tau - \frac{g \tau^2}{2} \Rightarrow v_0'' = \frac{h}{\tau} + \frac{g \tau}{2} = \frac{8}{0,8} + \frac{10 \cdot 0,8}{2} = 10 + 4 = 14 \text{ м/с}$$

$t_1$  - время полета до достижения максимальной  
в максимальной точке траектории скорости  
равна 0:

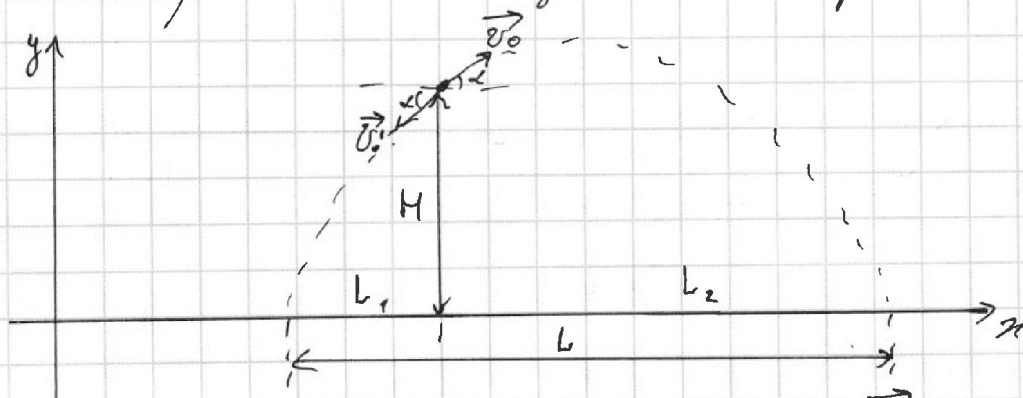
$$v_0'' - g t_1 = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0''}{g}$$

$$H = v_0'' t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = \frac{v_0''^2}{g} - \frac{v_0''^2}{2g} = \frac{v_0''^2}{2g} = \frac{14^2}{2 \cdot 10} = \frac{196}{20} = \frac{98}{10} = 9,8 \text{ м}$$

2) Пусть  $m$  - масса фейерверка,  $\vec{v}_0^1$  - скорость  
второго осколка  
тогда ЗСУ:

$$\vec{0} = \frac{m}{2} \vec{v}_0 + \frac{m}{2} \vec{v}_0^1 \Rightarrow \vec{v}_0^1 = -\vec{v}_0 - \text{векторы скорости осколков противоположны}$$

Пусть  $\vec{v}_0$  расположен под углом  $\alpha$  к  
горизонту, тогда  $\vec{v}_0^1$  расположен под углом  
 $-\alpha$  к горизонту.  
Рассмотрим по отдельности движение осколка.



Для груза со скоростью  $\vec{v}_0^1$ :

$$\begin{aligned} \text{Оу: } -H &= -v_0^1 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \quad (1) \\ \text{Ох: } L_1 &= v_0^1 \cos \alpha \cdot t_1 \quad (2) \end{aligned}$$

$t_1$  - время полета 1 ос.

$t_2$  - время полета 2 ос.



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Для описания со скоростью  $v_0$ :

$$Oy: -H = v_0 \sin \alpha t_2 - \frac{gt_2^2}{2} \quad (2)$$

$$Ox: L_2 = v_0 \cos \alpha t_2 \quad (4)$$

Из уравнений (1) и (2) имеем:

$$\begin{cases} H = v_0 \sin \alpha t_1 + \frac{gt_1^2}{2} & (5) \\ -H = v_0 \sin \alpha t_2 - \frac{gt_2^2}{2} & (6) \end{cases}$$

Сложим 2 уравнения:

$$0 = v_0 \sin \alpha (t_1 + t_2) + \frac{g}{2} (t_1 - t_2)(t_1 + t_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_1 - t_2 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

Вычтем из уравнения (3) y-иче (4):

$$L_1 - L_2 = v_0 \cos \alpha (t_1 - t_2) = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Добавим уравнение 6 на  $-\frac{t_1}{t_2}$  и сложим с y-иче 6:

$$H + \frac{t_1}{t_2} H = \frac{gt_1^2}{2} + \frac{gt_1 t_2}{2} \Rightarrow H \cdot \frac{t_1 + t_2}{t_2} = \frac{gt_1}{2} (t_1 + t_2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{2H}{g} = t_1 \cdot t_2$$

Умножим y-иче (3) на y-иче (4):

$$L_1 \cdot L_2 = v_0^2 \cos^2 \alpha \cdot t_1 \cdot t_2 = \frac{2H v_0^2 \cos^2 \alpha}{g}$$

$$\text{Заметим } L = L_1 + L_2 \Rightarrow L_1 - L_2 = L - 2L_2,$$

$$L_1 \cdot L_2 = L_2 \cdot (L - L_2) = L_2 \cdot L - L_2^2$$

$$L - 2L_2 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow L_2 = \frac{L}{2} - \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g}$$

Подставим из y-иче 5 y-иче 6:

$$2H = v_0 \sin \alpha (t_1 - t_2) + \frac{g(t_1^2 - t_2^2)}{2}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
3 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$t_1^2 + t_2^2 = (t_1 + t_2)^2 - 2t_1 t_2 = (t_1 + t_2)^2 - \frac{4H}{g}$$

$$4H = -2v_0 \sin \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} + \frac{2}{g} g ((t_1 + t_2)^2 - \frac{4H}{g})$$

$$8H = -\frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} + g(t_1 + t_2)^2$$

$$(t_1 + t_2)^2 = \frac{8H}{g} + \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2} \Rightarrow t_1 + t_2 = 2 \sqrt{\frac{H}{g} + \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2}} =$$

~~Заметим~~ ~~интересно~~:  $(t_1 + t_2)^2 = \frac{2}{g} \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2Hg}$

$$L = L_1 + L_2 = v_0 \cos \alpha (t_1 + t_2) = \frac{2v_0}{g} \cdot \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2Hg}$$

Перейдём в КИСО, связ. с телом, движущ. с ускорением  $\vec{g}$  в обл. СО  
В этой КИСО осколки летят по прямой, а поверхность земли - вверх с ускорением  $-\vec{g}$

В силу симметрии  $\vec{v}_0$  и  $\vec{v}_0'$  будут горизонтальны.  $\Rightarrow \alpha = 0^\circ \Rightarrow$

$$\Rightarrow L_{\max} = \frac{2v_0}{g} \cdot \cos 0^\circ \sqrt{v_0^2 \sin^2 0^\circ + 2Hg} =$$

$$= \frac{2v_0}{g} \sqrt{2Hg} = \frac{2 \cdot 20}{10} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 10} = 2 \cdot \sqrt{196} = 28 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $H = 9,8 \text{ м}$ ; 2)  $L_{\max} = 28 \text{ м}$





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  
☐2  
☐3  
☒4  
☐5  
☐6  
☐7  
☐СТРАНИЦА  
2 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\cos \alpha' = \frac{0.8^2 + 1.0^2 - 0.6^2}{2 \cdot 0.8 \cdot 1.0} = \frac{0.8^2 + 1.0^2 - 0.6^2}{2 \cdot 0.8 \cdot 1.0} = \frac{1.64 - 0.36}{1.6} = \frac{1.28}{1.6} = \frac{4}{5} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \alpha' = \cos \alpha' = \left(\frac{4}{5}\right) \Rightarrow \sin \alpha' = \sqrt{1 - \left(\frac{4}{5}\right)^2} = \frac{3}{5}$$

Норм. ускор.  $(a_{n1}, a_{n2})$  равны 0:

$$\begin{cases} a_{n1} = T_1 - m_1 \sin \alpha' - T \cos \alpha' \Rightarrow m_1 \sin \alpha' = T_1 - T \cos \alpha' & (1) \\ a_{n1} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_{n2} = T_2 - 3m_2 \sin \alpha' - T \cos \alpha' \Rightarrow 3m_2 \sin \alpha' = T_2 - T \cos \alpha' & (2) \\ a_{n2} = 0 \end{cases}$$

Условие ускорения равно  $(a_{t1} = a_{t2})$

$$\begin{cases} m a_{t1} = T \sin \alpha' - m_1 \cos \alpha' \\ 3m a_{t2} = -T \sin \alpha' + 3m_2 \cos \alpha' \Rightarrow \\ a_{t1} = a_{t2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow T \sin \alpha' - m_1 \cos \alpha' = m_1 \cos \alpha' - \frac{T}{3} \sin \alpha' \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{4}{3} T \sin \alpha' = 2m_1 \cos \alpha' \Rightarrow T = \frac{3}{2} \cdot \frac{\cos \alpha'}{\sin \alpha'} m_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{5} : \frac{3}{5} \cdot 0.1 \cdot 10 = \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} = \boxed{2 \text{ Н}}$$

У-мме (1):

$$m_1 \sin \alpha' = T_1 - T \cos \alpha' \Rightarrow T_1 = m_1 \sin \alpha' + T \cos \alpha' =$$

$$= 0.1 \cdot 10 \cdot \frac{3}{5} + 2 \cdot \frac{4}{5} = \frac{3}{5} + \frac{8}{5} = \frac{11}{5} = \boxed{2.2 \text{ Н}}$$

У-мме (2):

$$3m_2 \sin \alpha' = T_2 - T \cos \alpha' \Rightarrow T_2 = 3m_2 \sin \alpha' + T \cos \alpha' =$$

$$= 3 \cdot 0.1 \cdot 10 \cdot \frac{3}{5} + 2 \cdot \frac{4}{5} = \frac{9}{5} + \frac{8}{5} = \frac{17}{5} = \boxed{3.4 \text{ Н}}$$

Итак, максимальный момент времени:

(по 2 закону Ньютона)



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  
☐

2  
☐

3  
☒

4  
☐

5  
☐

6  
☐

7  
☐

СТРАНИЦА  
3 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$m\vec{a}_1 = \vec{T} + \vec{T}_1 + m\vec{g}$$

В проекции на ось, сонаправленную с  $\vec{a}_1$ :

$$-ma_1 = -T \cos 2 + T_1 \cdot \cos 90^\circ + mg \sin 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_1 = \frac{T}{m} \cos 2 - g \sin 2 = \frac{T}{m} \sin 2' - g \cos 2' = \frac{2}{0.1} \cdot \frac{3}{5} - 10 \cdot \frac{4}{5} =$$

$$= 12 - 8 = \boxed{4 \text{ м/с}^2}$$

Ответ: 1)  $\sin 2 = \frac{4}{5}$ ; 2)  $a_1 = 4 \text{ м/с}^2$ ; 3)  $T = 2 \text{ Н}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  
☐

2  
☐

3  
☐

4  
☒

5  
☐

6  
☐

7  
☐

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

✓ 4

1) При изобарном процессе  $c = \frac{5}{2} R \Rightarrow$

$\Rightarrow 3 \rightarrow 1$  - изобарный процесс  $\Rightarrow p_{31} = \text{const}$

При изохорном процессе  $c = \frac{3}{2} R \Rightarrow$

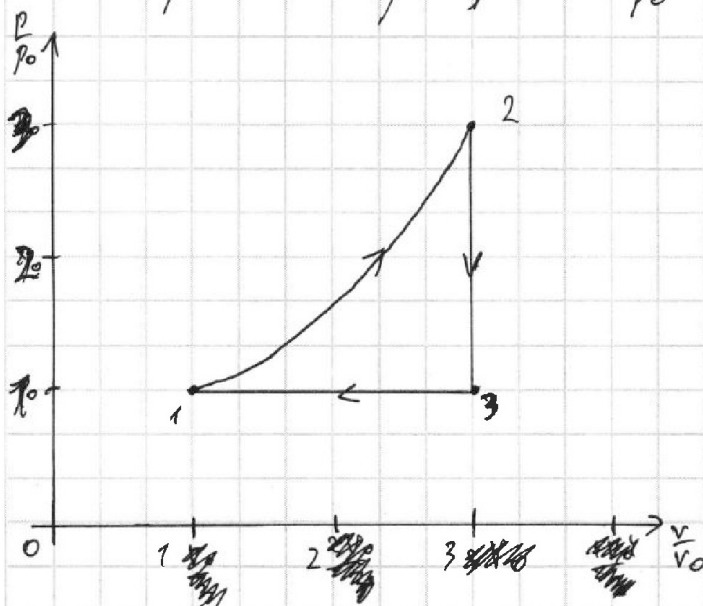
$\Rightarrow 2 \rightarrow 3$  - изохорный процесс  $\Rightarrow V_{23} = \text{const}$

$1 \rightarrow 2$  - политропный процесс

$$p_{31} = \text{const} \Rightarrow \frac{V_1}{V_3} = \frac{T_1}{T_3} = \frac{1}{3} \Rightarrow V_3 = 3V_1, p_0 = p_3$$

$$V_{23} = \text{const} \Rightarrow \frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{9}{3} = 3 \Rightarrow p_2 = 3p_3, V_3 = V_2$$

Построим график  $\frac{p}{p_0} \left( \frac{V}{V_0} \right)$ :



2) В процессе расширения  $1 \rightarrow 2$ :

$$\Delta U_{12} = \nu R \Delta T_{12}$$

$$pV = \nu RT \Rightarrow \nu R \Delta T_{12} = p_2 V_2 - p_1 V_1 = 9p_0 V_0 - p_0 V_0 = 8p_0 V_0$$

$$\Rightarrow \Delta T_{12} = \frac{8p_0 V_0}{\nu R}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  
☐

2  
☐

3  
☐

4  
☒

5  
☐

6  
☐

7  
☐

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$Q_{12} = C_{12} \cdot \Delta T_{12} = C_{12} \cdot \frac{8p_0 V_0}{\sqrt{R}}$$

В м. 1 по y-мало Менделеева-Клапейрона.  
 $p_0 V_0 = \sqrt{RT_0} \Rightarrow p_0 V_0 = \sqrt{RT_0} \Rightarrow$

$$\Rightarrow Q_{12} = C_{12} \cdot \frac{8\sqrt{RT_0}}{\sqrt{R}} = C_{12} \cdot 8T_0 = 8 \cdot 2R \cdot T_0 = 8 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 300 =$$

$$= 48 \cdot 831 = 38058 \text{ Дж} \approx \boxed{38 \text{ кДж}}$$

3) За цикл по 1 началу термодинамики:

$$A_{cy} = \Delta U_{cy} + Q_{cy}$$

$$\Delta U_{cy} = 0 \Rightarrow A_{cy} = Q_{cy} = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$$

$$Q_{23} = C_{23} \cdot \Delta T_{23} = \frac{3}{2}R \cdot (3T_0 - 9T_0) = -9RT_0$$

$$Q_{12} = Q_1 = 16RT_0$$

$$Q_{31} = C_{31} \cdot \Delta T_{31} = \frac{5}{2}R \cdot (T_0 - 3T_0) = -5RT_0$$

$$Q_{cy} = 16RT_0 - 9RT_0 - 5RT_0 = 2RT_0 \Rightarrow A_{cy} = 2RT_0$$

П.к. шиб половина работы цикла идёт на поднятие груза, то за  $N = 10$  циклов на подъём груза идёт  $A = N \cdot \frac{A_{cy}}{2} = NRT_0$ ,

$$A = Mgh \Rightarrow NRT_0 = Mgh \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M = \frac{NRT_0}{gh} = \frac{10 \cdot 8,31 \cdot 300}{10 \cdot 10} = \boxed{16,62 \text{ кг}}$$

Ответ: 2)  $Q \approx 38 \text{ кДж}$ ; 3)  $M = 16,62 \text{ кг}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1) По сфере равномерно распределены заряд  $Q$ . Каждая из точек создает в точке  $O$  потенциал равный:

$\Delta\varphi = \frac{k\Delta Q}{R}$ , тогда потенциал в точке  $O$  составит:

$$\varphi_0 = \sum \Delta\varphi = \sum \frac{k\Delta Q}{R} = \frac{k}{R} \sum \Delta Q = \frac{kQ}{R} \quad \text{— по принципу суперпозиции}$$

Потенциал при удалении на бесконечность заряд преобразует всю свою потенциальную энергию ( $E_n$ ) в кинетическую ( $E_{k0}$  — в начале,  $E_{k1}$  — в конце):  
по 3 с.з.:

$$\left. \begin{aligned} E_n + E_{k1} &= E_{k2} \\ E_{k1} &= \frac{mv_0^2}{2} \\ E_n &= \varphi_0 \cdot q = \frac{kQq}{R} \\ E_{k2} &= \frac{mv^2}{2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} + \frac{kQq}{R} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2kQq}{mR}}$$

2) Пусть в точке  $A$  потенциал равен  $\varphi_A$ , в точке  $C$  —  $\varphi_B$

Мысленно возьмем такую же полусферу и дополним её первой полусферой до сферы

Внутри сферы потенциалы равны

Тогда в силу симметрии и по принципу суперпозиции:



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

☐☐☐☐☒☐☐

СТРАНИЦА  
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$\varphi_A' = \varphi_A + \varphi_c$  - потенциал для точки A в сфере

$\varphi_O' = 2\varphi_O$  - потенциал для т. O в сфере

$\varphi_C' = \varphi_c + \varphi_A$  - потенциал для точки C в сфере

$$\varphi_A' = \varphi_O' = \varphi_C' \Rightarrow 2\varphi_O = \varphi_A + \varphi_c \Rightarrow \varphi_A - \varphi_O = \varphi_O - \varphi_c$$

Значит для полусферы разность потенциалов для точек AO и CO

равны (путь  $\varphi_A - \varphi_O = \varphi_O - \varphi_c = \Delta\varphi$ )

По ЗСЭ:

$$\Delta E_{\text{п}} = \Delta E_{\text{к}} \Rightarrow \frac{1}{2} m v_O^2 = (\varphi_A - \varphi_O) q = \Delta\varphi q$$

$$\frac{1}{2} m v_C^2 = \frac{1}{2} m v_O^2 + (\varphi_O - \varphi_c) q = \frac{1}{2} m v_O^2 + \Delta\varphi q \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_C = \sqrt{v_O^2 + \frac{2\Delta\varphi q}{m}}$$

$$\text{Ответ: } 1) v = \sqrt{v_O^2 + \frac{2kQq}{mR}}; 2) v_C = \sqrt{v_O^2 + \frac{2\Delta\varphi q}{m}}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$(v_0^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha + 2gh \cos^2 \alpha)' = v_0^2 \cdot (-2 \cos \alpha \sin \alpha) \cdot \sin^2 \alpha + v_0^2 \cos^2 \alpha \sin \alpha$$

$$(\cos^2 \alpha)' = -2 \cos \alpha \cdot \sin \alpha = -\sin 2\alpha$$

$$(\cos^2 \alpha (v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh))' = (v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh) \cdot (\sin 2\alpha) + \cos^2 \alpha \cdot (v_0^2 \sin 2\alpha) = 0$$

$$v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gh - v_0^2 \cos^2 \alpha = 0$$

$$\frac{2gh}{v_0^2} = \cos^2 \alpha$$

$$\frac{2 \cdot 10 \cdot 9,8}{20^2} = \frac{9,8}{20}$$

$$\cos^2 \alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$$

$$\frac{149}{200} = \cos^2 \alpha \quad \sin^2 \alpha = \frac{200^2 - 149^2}{200} = \frac{399.511}{200}$$

$$h = 14 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,8^2}{2} = 11,2 - \frac{6,4}{2} = 11,2 - 3,2 = 8 \text{ м}$$

$$t = \frac{14}{10} = 1,4$$

$$H = 14 \cdot 1,4 - \frac{10 \cdot 1,4^2}{2} = 19,6 - 5 \cdot 1,96 = 5 \cdot 1,96 = 9,80$$

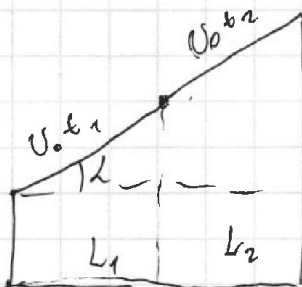
$$48 \cdot 48 = 2304$$

$$+ 144$$

$$366$$

$$380,58$$

$$380,58$$

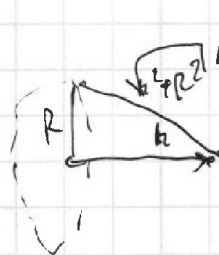


$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

$$g(t_2^2 - t_1^2) = v_0(t_1 + t_2) \sin 2\alpha$$

$$L = v_0(t_1 + t_2) \cos \alpha$$

$$q = \frac{kQ}{R}$$



$$L = g(t_2^2 - t_1^2) \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$q = \frac{kQ}{\sqrt{h^2 + R^2}}$$

$$q_A + q_C = 2q_0 \Rightarrow q_A - q_0 = q_0 - q_C$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$H = v_0 \sin \alpha t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$\frac{t_1}{t_2} H = -v_0 \sin \alpha t_1 + \frac{g t_1^2}{2}$$

$$H \cdot \frac{t_1 + t_2}{t_2} = \frac{g}{2} t_1 (t_2 + t_1) \Rightarrow t_1 t_2 = \frac{2H}{g}$$

$$L_1 \cdot L_2 = v_0^2 \cos^2 \alpha \cdot \frac{1}{2} t_1 t_2 = \frac{2H v_0^2 \cos^2 \alpha}{g}$$

$$C_V = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R$$

$$C_P = \frac{i+2}{2} R = \frac{5}{2} R$$

$$\gamma = \frac{C_V - C}{C_P - C}$$

$$\gamma = \frac{\frac{3}{2} R - C}{\frac{5}{2} R - C} = \frac{\frac{3}{2} - 2}{\frac{5}{2} - 2} = +2$$

$$L \cdot \beta = a$$

$$L \cdot \beta = b$$

$$\beta (\alpha + \beta) = b$$

$$\beta^2 + \alpha \beta - b = 0$$

$$\frac{g}{2} t_1^2 + v_0 \sin \alpha t_1 - H = 0$$

$$g t_1^2 + 2 v_0 \sin \alpha t_1 - 2H = 0$$

$$D_1 = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH$$

$$t_1 = \frac{-v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$\frac{g}{2} t_2^2 + v_0 \sin \alpha t_2 - H = 0$$

$$t_2 = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$t_1 + t_2 = \frac{2\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} \Rightarrow L = \frac{2gH}{g} \cos \alpha$$

$$= \frac{2v_0}{g} \cdot \cos \alpha \cdot \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}$$

$$(uv)' = u'v + uv'$$

$$-\sin \alpha \cdot \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} + \cos \alpha \cdot \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}} = 0$$

$$\frac{v_0^2 \sin^3 \alpha}{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}} - \frac{2gH \sin \alpha}{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}} + \frac{2v_0^2 \cos^2 \alpha}{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}} = 0$$

$$\frac{2gH}{v_0^2} = -\sin^3 \alpha + 2 \cos^2 \alpha \Rightarrow 3 \cos^2 \alpha - 1 = 0, 49 \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{1,49}{3}$$

$$h = v_0 r - \frac{g r^2}{2} \Rightarrow v_0 = \frac{h}{r} + \frac{g r}{2} = \frac{10,8}{0,8} + \frac{10 \cdot 0,8}{2} = 14$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{14^2}{20} = \frac{196}{20} = 9,8$$