



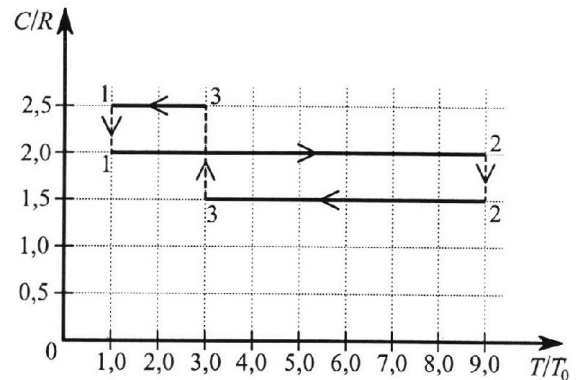
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой  $\nu = 5$  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.

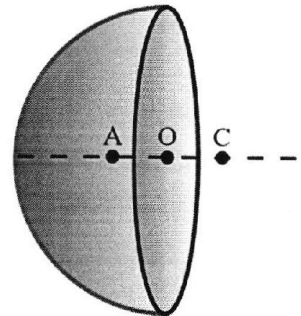


1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , здесь  $P_0, V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу  $A_1$  газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту  $H$  подъемник медленно переместит груз массой  $M = 400$  кг за  $N = 20$  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  $q$ . Частица движется по прямой АС и на большом по сравнению с  $R$  расстоянии от точки О кинетическая энергия частицы равна  $K$ .



1. Найдите скорость  $V_O$  частицы в точке О. Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость  $V_C$  частицы 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.



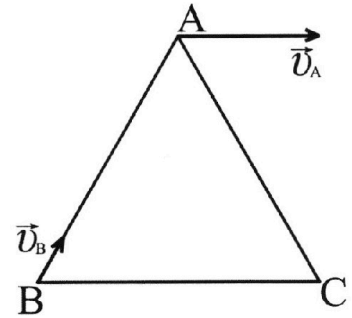
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 10-04

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  $\vec{v}_B$  вершины B направлена вдоль стороны BA и по величине равна  $v_B = 0,4$  м/с, а скорость  $\vec{v}_A$  точки A параллельна стороне BC. Длины сторон треугольника  $a = 0,4$  м.



1. Найдите модуль  $v_A$  скорости вершины A.

2. За какое время  $\tau$  пластина в системе центра масс совершит один оборот?

Пчела массой  $m = 120$  мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

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

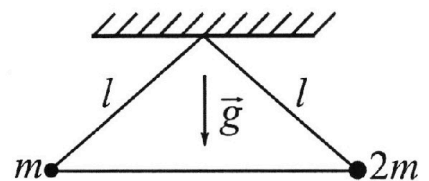
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте  $H$  разорвался фейерверк, если известно, что на высоте  $h = 14,2$  м фейерверк летел со скоростью  $V = 6$  м/с? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте  $H$  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  $m = 90$  г и  $2m$  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  $\vec{a}_2$  ускорения шарика массой  $2m$  сразу после освобождения системы? В ответе укажите  $\sin \alpha$ .

2. Найдите модуль  $a_2$  ускорения шарика массой  $2m$  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.



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**.



2

3

4

5

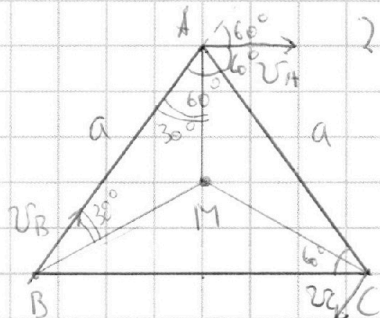
6

7

СТРАНИЦА

1 из 9

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!



Угол между  $v_A$  и  $AC$  и  $\angle ACB$  равен как и при вращении. Тогда угол между  $v_A$  и  $AB$  равен  $60^\circ$ . Проекция

скоростей  $v_A$  и  $v_B$  на сторону  $AB$  равны т.к. пластина

$$\text{плоская} \Rightarrow v_B = v_A \cos 60^\circ \Rightarrow v_A = \frac{v_B}{\cos 60^\circ} = 2v_B = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Пластина однородна  $\Rightarrow$  её центр масс находится на пересечении медиан т.е. в точке  $M$ . Видим, что  $\triangle AMB \sim \triangle BMC \Rightarrow$

$$\Rightarrow 2 \cdot AM \cdot \cos 30^\circ = a \Rightarrow AM = \frac{a}{2 \cos 30^\circ} = \frac{0,4 \text{ м}}{2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{0,4 \text{ м}}{\sqrt{3}} = \frac{4\sqrt{3}}{3} \text{ м}$$

Заметим, что  $v_A \perp AM$ . Длина окружности, по которой будет двигаться т. А равна  $\ell = 2\pi AM = \frac{8\pi\sqrt{3}}{3} \text{ м}$ .  $\ell = v_A T \Rightarrow$

$$\Rightarrow T = \frac{\ell}{v_A} = \frac{8\pi\sqrt{3}}{3 \cdot 0,8} = \frac{\pi\sqrt{3}}{3} \text{ с. После этого длины вершины C}$$

села в т. А. т.к. по условию масса плиты много меньше массы пластины, то центр масс системы находится на пластине, а значит что система так и продолжает вращение вокруг т. М

$CM = AM \Rightarrow v_C = v_A$ . По IIЗН:  $F = ma$ ; где нашей задачи  $R = ma$ , где

$a$  - центростремительное ускорение. Плита движется по окружности  $\Rightarrow$  на неё действует

$$\text{центростремительное ускорение} \Rightarrow a = \frac{v^2}{R} = \frac{v_A^2}{AM} \Rightarrow R = ma = \frac{mv_A^2}{AM} =$$

$$= \frac{120 \text{ кг} \cdot 0,8^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{0,4\sqrt{3} \text{ м}} = \frac{120 \cdot 1,6\sqrt{3}}{1000} \text{ Н} = \frac{192\sqrt{3}}{1000} \text{ Н} = 0,192\sqrt{3} \text{ Н}$$

$$\text{Ответ: } v_A = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}; T = \frac{\pi\sqrt{3}}{3} \text{ с}; R = 0,192\sqrt{3} \text{ Н}$$



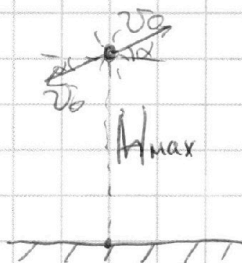


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
3 из 9

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!



На фотодверку не действует сила сопр. воздуха и можно мгновенно считать  $\Rightarrow$  на протяжении всего полёта можно использовать ЗСЭ. Запишем его для точки с высотой  $h$  и для максимальной высоты  $H_{\max}$ :

$$\Rightarrow gh + \frac{v^2}{2} = gH_{\max} \Rightarrow H_{\max} = h + \frac{v^2}{2g} = 14,2 \text{ м} + \frac{36}{20} = 14,2 \text{ м} + 1,8 \text{ м} = 16 \text{ м}.$$

Из ЗСЭ вытекает что скорость полёта с одинаковыми по модулю скоростями  $v_0$  и одинаковым углом к горизонту (см. рис.)

т.е. углы одинаковы. Время падения объекта, летящего вниз равно  $t_H$ ; летящего вверх  $-t_B$ ;  $L = v_0 \cos \alpha (t_H + t_B)$ . При этом:

$$\begin{cases} H_{\max} + v_0 \sin \alpha t_B = g \frac{t_B^2}{2} \\ H_{\max} - v_0 \sin \alpha t_H = g \frac{t_H^2}{2} \end{cases}$$

Вычтем из верхнего нижнее, получим:

$$v_0 \sin \alpha (t_B + t_H) = \frac{g}{2} (t_B^2 - t_H^2) \Rightarrow v_0 \sin \alpha = \frac{g}{2} (t_B - t_H)$$

Приведем систему к виду квадратного уравнения:

$$\begin{cases} g t_B^2 - 2 v_0 \sin \alpha t_B - 2 H_{\max} = 0 \\ g t_H^2 + 2 v_0 \sin \alpha t_H - 2 H_{\max} = 0 \end{cases}$$

Решим их, выдрав везде положительный корень, т.е. отрицательный корень это малое время если канат не перешел через.

$$t_B = \frac{2 v_0 \sin \alpha + \sqrt{4 v_0^2 \sin^2 \alpha + 8 g H_{\max}}}{2 g}$$

$$t_H = \frac{-2 v_0 \sin \alpha + \sqrt{4 v_0^2 \sin^2 \alpha + 8 g H_{\max}}}{2 g}$$

$$\Rightarrow t_B + t_H = \frac{\sqrt{4 v_0^2 \sin^2 \alpha + 8 g H_{\max}}}{g}$$

$$= \frac{2 \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2 g H_{\max}}}{g} = \frac{2 \sqrt{v_0^2 + 2 g H_{\max} - v_0^2 \cos^2 \alpha}}{g}$$

Страница 1 из 2  
продолжение на стр. 9



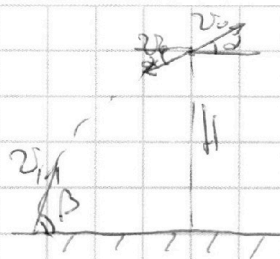


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА  
9 из 9

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!



Заметим, что траектория полета  
основков - окружность.

$$3(\text{Д}): \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + mgh \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} =$$

$$= \sqrt{400 + 2 \cdot 10 \cdot 6} = \sqrt{720} \text{ м/с. Оса построения не зависит}$$

от угла  $\alpha$ . Но  $v_1 \cos \beta = v_0 \cos \alpha$ , т.к. горизонтальная скорость не изм.

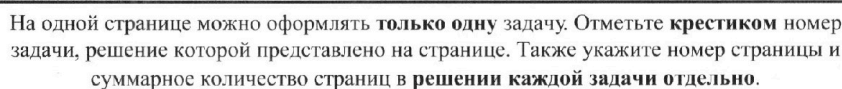
Максимальная дальность при  $\beta = 45^\circ \Rightarrow \cos \beta = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow \sqrt{720} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 20 \cos \alpha \Rightarrow$

$$\Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sqrt{1440}}{40} = \frac{3\sqrt{10}}{40} = \frac{3\sqrt{10}}{40} = \frac{3}{\sqrt{10}} < 1 \Rightarrow \text{такого угла нет.}$$

$$L_{\max} = \frac{v_1^2 \cdot \sin 2\beta}{g} = \frac{v_1^2}{g}, \text{ т.к. } \beta = 45^\circ \Rightarrow L_{\max} = \frac{v_1^2}{g} = \frac{720}{10} = 72 \text{ м.}$$

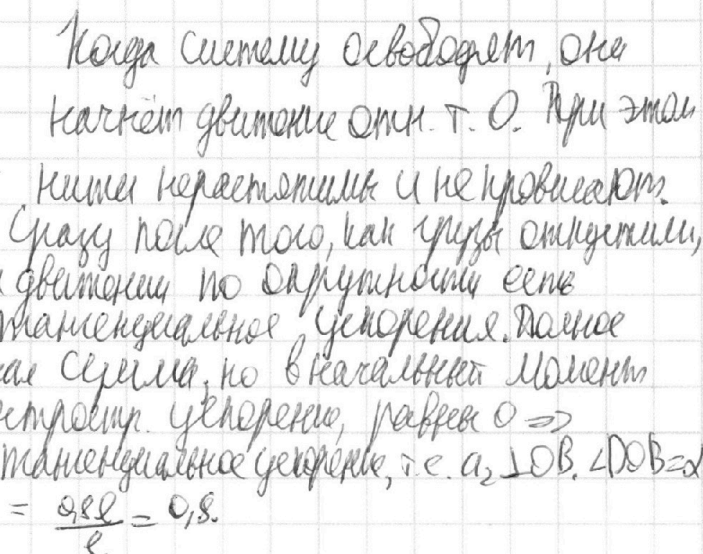
Ответ:  $H=6\text{ м}$ ;  $L_{\max}=72\text{ м}$ .

Страница 2 из 2



СТРАНИЦА  
8 ИЗ 9

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!



ил скорость равна 0. При движении по окружности есть  
 центростремительное и тангенциальное ускорения. Полное  
 ускорение — ил векторная сумма, но в данный момент  
 скорость, а значит и центростр. ускорение, равно 0  $\Rightarrow$   
 полное ускорение есть тангенциальное ускорение, т.е.  $a_2 \perp OB$ .  $\angle DOB = \alpha$   
 из тригоном.  $\sin \alpha = \sin \angle DOB = \frac{OED}{R} = 0,8$ .

Зарисуем IIЗН где шарика масса  $m$  в проекциях осей:  $(T, \perp x)$   
 $ma_x = T \sin \alpha - mg \cos(90^\circ - \alpha)$  т.е.  $ma_x = T \cos \alpha - mg \sin \alpha$

Задача II3H для шарика массой  $2m$  в пределе на ось:  $(T_2 \perp y)$

$$2ma_{2y} = -T \cos \alpha + 2mg \cos(90^\circ - \alpha) \quad \text{i.e.} \quad 2ma_{2y} = -T \cos \alpha + 2mg \sin \alpha.$$

При этом  $a_2y = a_2$ ;  $a_1y = a_1$  и  $a_1 = a_2$  т.к.  $O B = O A$  и  $a_1 \perp O A$ ;  $a_2 \perp O B$ .  
 Получаем систему:

$$\begin{cases} ma_2 = T \cos \alpha - mg \sin \alpha \text{ ①} \\ 2ma_2 = -T \cos \alpha + 2mg \sin \alpha \text{ ②} \end{cases}$$
 Сложим эти уравнения, получим:

$$3ma_2 = mg \sin \alpha \Rightarrow a_2 = \frac{g \sin \alpha}{3} = \frac{10 \cdot 0,8}{3} = \frac{8}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Regelmaße 2. Mo 6 (1):  $\frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{3} = T \cdot \cos \alpha - m \cdot g \cdot \sin \alpha \Rightarrow$

$$\Rightarrow T \cos \alpha = \frac{4mg \sin \alpha}{3} \Rightarrow T = \frac{4mg \tan \alpha}{3} = \frac{4 \cdot 0,09 \text{ k} \cdot \frac{10 \text{ m}}{0} \cdot \frac{0,8}{0,6} =$$

$$= \frac{4}{3} \cdot 0,9 \cdot \frac{41}{3} = \frac{16}{9} \cdot \frac{91}{10} = 1,61.$$

Gegeben:  $\sin \alpha = 0,8$ ;  $q_2 = \frac{8}{3} \frac{M}{a}$ ;  $T = 1,6 \text{ h}$



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  
 7 из 9

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!

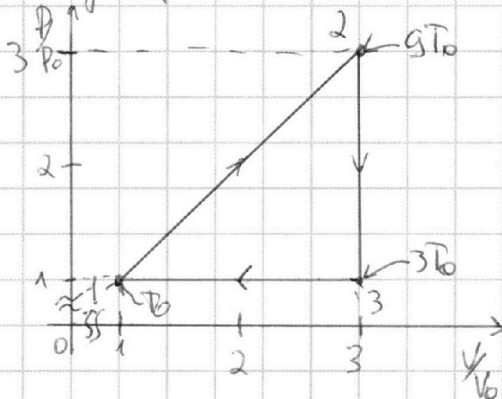
Т.к. газ одноатомный, то  $i=3$ .  $C_V = \frac{i}{2} R = \frac{3}{2} R$  — теплоёмкость изохора

$C_P = \frac{i+2}{2} R = \frac{5}{2} R$  — теплоёмкость изобара  $\Rightarrow$  процесс 1-3 изобара;

процесс 2-3 изохора. При этом в процессе 1-2  $PV^{\gamma} = \text{const}$ , т.е.

$\frac{P}{V} = \text{const}$ , значит на  $PV$  диаграмме это линия. Процесс 3-4 —

изобарическое сжатие, т.к. к ней температура падает. Процесс 2-3 — изохорическое повышение давления, т.к. температура к ней тоже падает.



Давление падает в Т.2 в 3 раза больше, чем в точке 1, т.к.  $P_0 V_0 = P_2 V_0$ ;  $3P_0 \cdot 3V_0 = 9P_0 V_0$ . Температура в Т. 3-3V из условия.

Работа газа за цикл — площадь под графиком.

$$A_1 = \frac{1}{2} (3P_0 - P_0) \cdot (3V_0 - V_0) = 2P_0 V_0; \text{ но } P_0 V_0 = P_2 V_0$$

$$\text{по условию} \Rightarrow A_1 = 2P_2 V_0 = 2 \cdot 5 \cdot 8,31 \cdot 300 = 24930 \text{ Дж.}$$

За  $N$  циклов общая работа газа составит

$$N A_1; \text{ из условия } \eta N A_1 = M g H, \text{ где } \eta = 50\% \Rightarrow H = \frac{\eta N A_1}{M g} = \frac{0,5 \cdot 20 \cdot 24930}{400 \cdot 10}$$

$$= \frac{24930 \cdot 10}{400} = \frac{2493}{40} \text{ м} = \frac{2400 + 93}{40} \text{ м} = 62 \frac{13}{40} \text{ м} = 62,325 \text{ м.}$$

Ответ:  $A_1 = 24930 \text{ Дж}$ ;  $H = 62,325 \text{ м}$ .



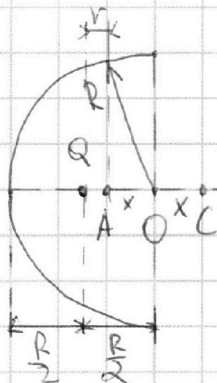


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
5 из 9

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!



Заметим, что ~~на~~ однородно заряженную полуциркулю можно "стать" до того, как заряд так, как показано на рисунке. При этом данный факт выполняем где все ток, данный заряд. Тогда  $E_{пот} + E_{кин} = 0$  const.

$$E_{потA} + E_{кинA} = E_{потB} + E_{кинB} \quad \text{также } \Delta E_{пот} = -\Delta \phi$$

т.е.  $A_{полA} = K$  т.к.  $E_{кинA} = 0$  по  $K$

$$A_{полA} = \frac{kqQ}{r} \Rightarrow \frac{kqQ}{r} = K \Rightarrow r = \frac{kqQ}{K}; \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow r = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 K}$$

при этом  $x+r = \frac{R}{2} \Rightarrow x = \frac{R}{2} - r = \frac{R}{2} - \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 K}$ . Заметим  $\Delta \phi$  длет. 0.

$$E_{потA} + E_{кинA} = E_{потO} + E_{кинO} \Rightarrow E_{кинO} = A_{полA} - 0 = \frac{kqQ}{r} - \frac{kqQ}{\frac{R}{2}} =$$

$$= \frac{kqQ}{r} - \frac{2kqQ}{R} = k - \frac{2qQ}{4\pi\epsilon_0 R} = k - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R} = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = \frac{2k - \frac{qQ}{\pi\epsilon_0 R}}{m}$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2k - \frac{qQ}{\pi\epsilon_0 R}}{m}}$$

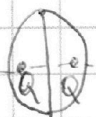
Аналогично для точки C.  $E_{потA} + E_{кинA} = E_{потC} + E_{кинC}$

$$A_{полA \rightarrow C} = E_{кинC} \quad \text{т.е.} \quad \frac{mv_C^2}{2} = \frac{kqQ}{r} - \frac{kqQ}{\frac{R}{2} + x} = k - \frac{kqQ}{R - \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 K}}$$

$$= k - \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R - \frac{qQ}{K}} \Rightarrow v_C^2 = \frac{2k - \frac{2qQ}{4\pi\epsilon_0 R - \frac{qQ}{K}}}{m} \Rightarrow v_C = \sqrt{\frac{2k - \frac{2qQ}{4\pi\epsilon_0 R - \frac{qQ}{K}}}{m}}$$

Ответ:  $v_0 = \sqrt{\frac{2k - \frac{qQ}{\pi\epsilon_0 R}}{m}}; \quad v_C = \sqrt{\frac{2k - \frac{2qQ}{4\pi\epsilon_0 R - \frac{qQ}{K}}}{m}}$ .

P.S. из симметрии точка, где до потерь можно "стать" сфера концы, на крайних AC. Если мы будем 2 полуциркули и соединим, как полукруг на рисунке. То мы получим сферу, а где любой точки внутри сферы напряженность равна 0, по принципу суперпозиции мы можем представить весь заряд сферы как 2 заряда Q





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 9

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!

$$\frac{64}{40} = \frac{16}{10} = 1.6$$

$$\begin{array}{r} \times 120 \\ 16 \\ \hline 1920 \end{array}$$

$$gt_B^2 - 2V_0 \sin \alpha t_B - 2H_{\max} = 0$$

$$D = \sqrt{4V_0^2 \sin^2 \alpha + 8gH_{\max}}$$

$$t_B = \frac{2V_0 \sin \alpha + \sqrt{4V_0^2 \sin^2 \alpha + 8gH_{\max}}}{2g}$$

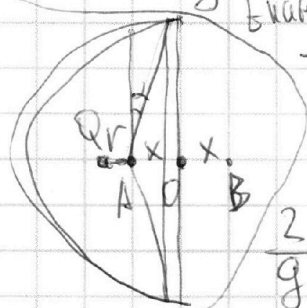
$$gt_H^2 + 2V_0 \sin \alpha t_H - 2H_{\max} = 0$$

$$D = \sqrt{4V_0^2 \sin^2 \alpha + 8gH_{\max}}$$

$$\begin{cases} H + V_0 \sin \alpha t_B = \frac{gt_B^2}{2} \\ H - V_0 \sin \alpha t_H = \frac{gt_H^2}{2} \end{cases}$$

$$V_0 \sin \alpha (t_B + t_H) = \frac{g}{2} (t_B^2 - t_H^2) \text{ т.е. } V_0 \sin \alpha = \frac{g}{2} (t_B - t_H) \quad t_H = \frac{2V_0 \sin \alpha + \sqrt{4V_0^2 \sin^2 \alpha + 8gH}}{g}$$

$$\left( \frac{2V_0 \cos \alpha}{g} \sqrt{V_0^2 + 2gH - V_0^2 \cos^2 \alpha} \right) = -\frac{2V_0 \sin \alpha}{g} + \frac{1}{\sqrt{V_0^2 + 2gH - V_0^2 \cos^2 \alpha}} \quad \frac{2g}{V_0 \sin \alpha} = 0$$



$$t_{\text{max}} + t_{\text{rot}} = \cos \alpha$$

$$-\Delta \text{rot} = \Delta \text{max} (V_0^2 \cos^2 \alpha) = 2V_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$\cos^2 \alpha (\cos \alpha \cos \alpha) = \sin^2 \alpha$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$$

$$\frac{2}{g} = \frac{V_0 \sin \alpha}{\sqrt{V_0^2 + 2gH - V_0^2 \cos^2 \alpha}}$$

$$L = \frac{2V_0}{g} \sqrt{\frac{15V_0^2 - 32gH}{15V_0^2}}$$

$$3200 + 6 \cdot 320 = 4 \sqrt{\dots} = V_0 g \sin \alpha$$

$$3200 = 3200 + 1800 + 120 = 5120$$

$$16(V_0^2 + 2gH - 2gH + V_0^2 \sin^2 \alpha) = V_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$\frac{320 \cdot 16}{15 \cdot 400} = \frac{5120}{6000} \Rightarrow 32gH = 15V_0^2 \sin^2 \alpha$$

$$4 \cdot \sqrt{\frac{880}{10000}}$$

$$\frac{62 \cdot 10 \cdot 16}{15 \cdot 3} = \frac{62 \cdot 32}{3}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{32gH}{15V_0^2}$$

$$1 - \cos^2 \alpha = \frac{32gH}{15V_0^2} \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{15V_0^2 - 32gH}{15V_0^2}$$

$$V_0^2 + 2gH - \frac{15V_0^2 - 32gH}{15} = 2V_0^2 + 2gH - \frac{15V_0^2}{15}$$

$$\frac{88}{600} = \frac{22}{150} = \frac{11}{75}$$

$$620 + 62 = 682$$

$$\times 682$$



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

4 из 9

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!

Поскольку  $L = \frac{2v_0 \cos \alpha}{g} \sqrt{v_0^2 + 2gh - v_0^2 \cos^2 \alpha}$ . Возьмем производную и приравняем её к нулю, получим  $-\frac{2v_0 \sin \alpha}{g} + \frac{2v_0^2 \sin \alpha}{2\sqrt{v_0^2 + 2gh - v_0^2 \cos^2 \alpha}} = 0$

После всех преобразований получим  $16(v_0^2 \sin^2 \alpha - 2gh) = 2v_0^2 \sin \alpha$ .

Отсюда  $\sin^2 \alpha = \frac{32gh}{15v_0^2} \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{15v_0^2 - 32gh}{15v_0^2}$ . Подставим в  $L$ , тогда

$$L_{\max} = \frac{2v_0}{g} \sqrt{1 - \frac{32gh}{15v_0^2}} \sqrt{\frac{62}{15}gh} = 4 \sqrt{\frac{88}{600}} \sqrt{\frac{62 \cdot 32}{3}} \text{ м} = 4 \sqrt{\frac{88 \cdot 62 \cdot 32}{600 \cdot 3}} \text{ м}$$

$$= 4 \sqrt{\frac{11 \cdot 62 \cdot 32}{75 \cdot 3}} \text{ м} = 4 \sqrt{\frac{21824}{225}} \text{ м} = \frac{4}{15} \sqrt{21824} \text{ м}$$

Ответ:  $H = 16 \text{ м}$ ;

Страница 2 из 2



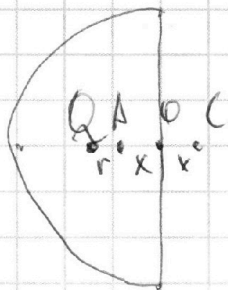


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
6 из 9

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!



$$r+x=\frac{R}{2}$$

$$\frac{3}{2}R \quad \frac{5}{2}R$$

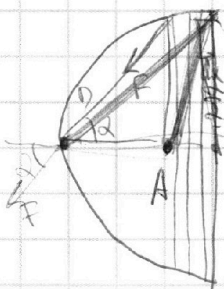
$$E_{пот1} + E_{кин1} = E_{пот2} + E_{кин2}$$

$$2R \cdot \frac{5}{2}R - \frac{2R - \frac{5}{2}R}{\frac{5}{2}R} = \frac{0,5R}{0,5R}$$

$$A_{пот2} + E_{кин2} = E_{кин2} = l$$

$$A_{пот2} = k \quad \frac{kqQ}{r} = k \Rightarrow r = \frac{kqQ}{k}$$

$$\left[ \frac{P}{V} = \cos \alpha \right]$$

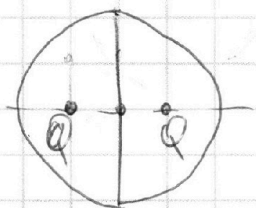


$$\sigma = \frac{Q}{2\pi R^2} \quad F = \int dx \cdot k \sin \alpha \cdot R \sin \alpha =$$

$$= \frac{Q}{2\pi R^2} \cdot dx \cdot 2\pi R \sin \alpha = \frac{Q dx \sin \alpha}{R}$$

$$\int F_x = \frac{Q dx \sin \alpha}{R}$$

$$\left[ \frac{kqQ dx \sin \alpha}{R^3} \right] = dF_v$$



$$(\cos^2 \alpha) \quad Q \cos^2 \alpha \Big|_{45^\circ}^{90^\circ} = Q - \frac{Q}{2} = \frac{Q}{2}$$

$$\int F_x dx$$

$$\frac{2kqQ}{R} = k$$

$$\frac{682}{32}$$

$$\frac{21824}{375}$$

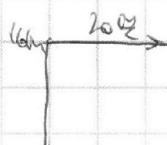
$$13,25 = 26 + 6,5 = 32,5$$

$$\frac{1364}{2046}$$

$$\frac{140 \cdot 4}{15} = 40M$$

$$\frac{yR}{2} = 16 \quad t = \sqrt{32}$$

$$S = 40\sqrt{32}$$





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!

