

**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

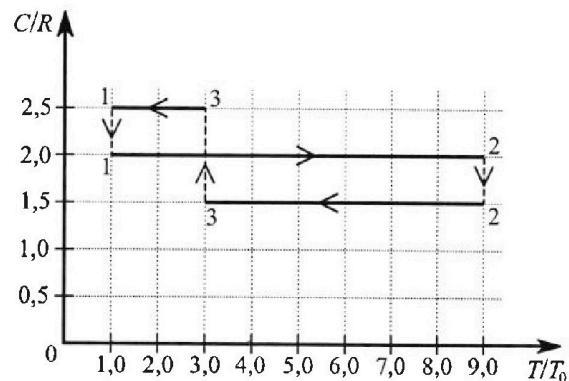
Вариант 10-03



*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.*

4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 1$ моль однотипного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 200 \text{ K}$.

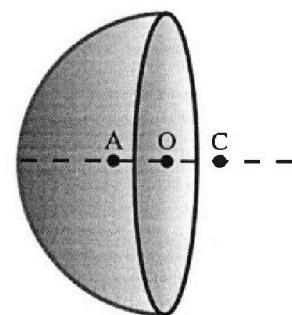
1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, где P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.



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 $M = 415 \text{ кг}$ за $N = 25$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль·К)}$. 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 кинетическая энергия частицы равна K .



1. С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Электрическая постоянная ϵ_0 . 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.



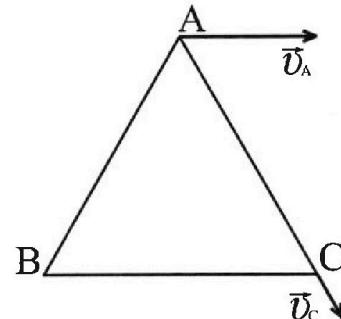
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

Вариант 10-03



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 $v_A = 0,6$ м/с, а скорость \vec{v}_C вершины C направлена вдоль стороны AC. Длины сторон треугольника $a = 0,3$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.
2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершил восемь оборотов? Пчела массой $m = 60$ 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.

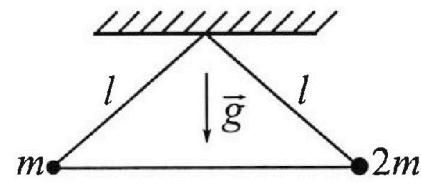
- 2.** Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 30$ м/с. Направление вектора \vec{V}_0 скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

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

3. Два шарика с массами $m = 200$ г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарики скреплены с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарики находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α 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/с².
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.

- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
1 из 2

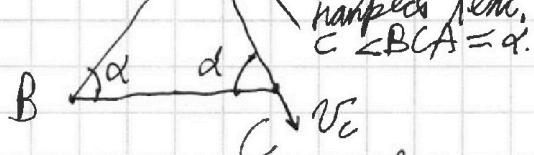
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача 1.

Дано: $v_A = 0,6 \text{ м/с}$; $\vec{v}_A \parallel BC$; $a = 0,3 \text{ м}$
 1) $v_c = ?$ 2) СОЛЖ: 80° . $\tau = ?$ 3) $m = 60 \text{ мк} < m_{\text{пл}}$. $R = ?$

Решение.

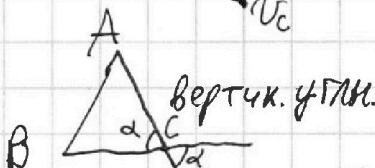
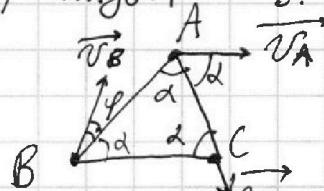
1) A \vec{v}_A $\vec{v}_c \parallel AC$ по ул.



$\alpha = 60^\circ$, т.к. $\triangle ABC$ равност.

(но ул.)

2) Найдём v_B . Рассл $\angle(\vec{v}_B; \vec{BA}) = \varphi$. Правило палочки:

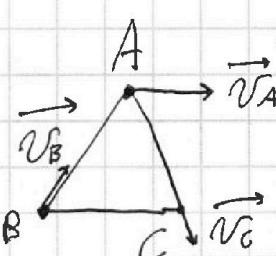


$$\begin{cases} v_B \cos \varphi = v_A \cos(180^\circ - 2\alpha) \\ v_B \cos(\varphi + \alpha) = v_c \cos \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_B \cos \varphi = \frac{1}{2} v_A \\ v_B \cos(\varphi + \alpha) = \frac{1}{4} v_A \end{cases}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\cos \varphi}{\cos(\varphi + \alpha)} = 2 \\ v_B = \frac{v_A}{2 \cos \varphi} \end{array} \right. \Rightarrow \varphi = 0^\circ; \cos \varphi = 1; \cos(\varphi + \alpha) = \frac{1}{2}; v_B = \frac{v_A}{2} = 0,3 \text{ м/с} \Rightarrow$$

$$\vec{v}_B \uparrow \uparrow \vec{BA} \quad v_B = v_c = \frac{1}{2} v_A$$



Рассл \vec{v}_0 - скорость центра масс.

Площадка ABC однород. (но ул.) \Rightarrow её центр в Т. О - точка л. медиан, бисс., высот, серед. л. Г. К. $\triangle ABC$ равност.

В СОЛЖ $\triangle ABC$

вращается вокруг π_0 ,

в этой СО: v_A, v_B, v_C - скорости точек A, B, C совр.



диск., высот, серед. л. Г. К. $\triangle ABC$ равност.



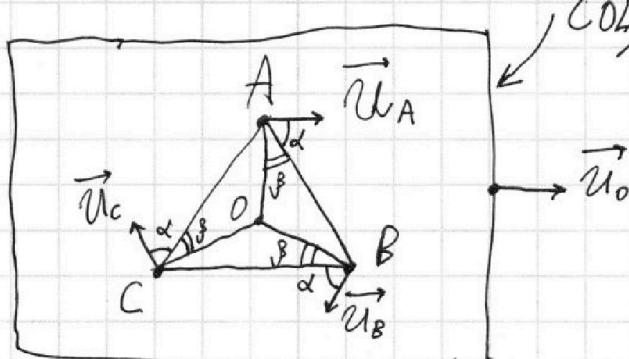
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$\vec{U}_A \perp OA, \vec{U}_B \perp OB, \vec{U}_C \perp OC.$$



$$\beta = 30^\circ \text{ (биссектр.),} \\ \Rightarrow 90^\circ - \beta = 60^\circ = \alpha.$$

$$\begin{cases} \vec{U}_A + \vec{U}_o = \vec{U}_A \\ \vec{U}_B + \vec{U}_o = \vec{U}_B \\ \vec{U}_C + \vec{U}_o = \vec{U}_C \end{cases}, \vec{U}_B$$

(3-й способ, вопрос)

$$\Rightarrow \vec{U}_o \uparrow \uparrow \vec{U}_A; \\ U_o = \frac{1}{2} \vec{U}_A$$

$$U_A = U_B = U_C = T_{\text{весь}} \text{, т.е.}$$

$$U_A = U_A - U_o = \frac{1}{2} U_A.$$

$$\Rightarrow U_A = U_B = U_C = \frac{1}{2} U_A = 0,3 \text{ м/с.}$$

$$r = OA = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{a^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \frac{2}{3} a \cdot \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{a}{\sqrt{3}}. \text{ (медиана}$$

\wedge в $\triangle OAB$ и \wedge в $\triangle OAC$; от вершин).

$$OA = OB = OC = r$$

Пусть w - угловая ск. флан. в СОУМ. пластины ABC.

$$w = \frac{U_A}{OA} = \frac{\frac{1}{2} U_A}{a} = \frac{\sqrt{3} U_A}{2a} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,6}{2 \cdot 0,3} \text{ рад/с} = \sqrt{3} \frac{\text{рад}}{c}.$$

$$(w = \sqrt{3} \text{ рад/с}) \approx 1,732 \text{ рад/с. } \delta \text{ оборот} \Rightarrow 8,2\pi \text{ рад}$$

$$\Rightarrow 16\pi \text{ рад. } w \tau = 16\pi \text{ рад. } \sqrt{3} \tau = 16\pi \text{ с.}$$

$$\boxed{\tau = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}}$$

$$3) \text{ СОУМ - ПСО, её скр. } \vec{U}_o = \vec{const}. \quad \text{ в СОУМ: } \begin{array}{l} \text{у пластины есть} \\ \text{только норм.} \\ \text{скр.} \end{array}$$

пчела, фиг, но окр. в постоянн. маг. пол. (Кор.) \Rightarrow

$$a = w^2 \cdot r. \Rightarrow R = m a. \quad R = m w^2 r.$$

$$R = 60 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot \frac{0,3}{\sqrt{3}} \text{ м} = 60 \cdot 0,3 \cdot \sqrt{3} \text{ мкН} = 18\sqrt{3} \text{ мкН.}$$

Ответ: 1) $U_C = 0,3 \text{ м/с};$ 2) $\tau = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \text{ с};$ 3) $R = 18\sqrt{3} \text{ мкН.}$

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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

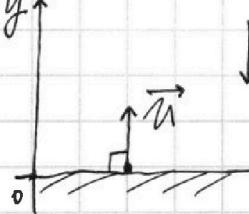
СТРАНИЦА
1 из 2

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!

Задача 2.

Дано: $h = 15 \text{ м}$, $T = 1 \text{ с}$. (без учета гравитации), $g = 10 \text{ м/с}^2$.
 * 1) $H = ?$ (макс. высота). 2) по макс. выс.: на 2 осколка равных масс; $V_0 = 30 \text{ м/с}$, расср. между оск. после падения: макс. $L_{\max} = ?$
 Решение.

Пусть нач. скорость фейер. = U .



$$h = U T - \frac{g T^2}{2}, \quad \text{или } U T = h + \frac{g T^2}{2}.$$

$$U = \frac{h}{T} + \frac{g T}{2}. \quad H = \frac{15}{1} \text{ м} + \frac{10 \cdot 1}{2} \text{ м} \Rightarrow$$

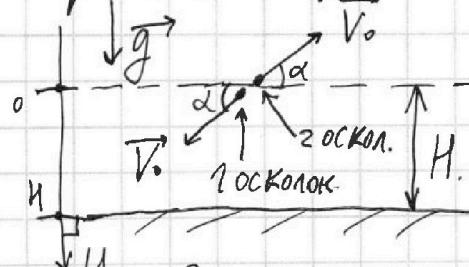
$$\boxed{U = 20 \text{ м/с}}$$

$$\exists C: \frac{m U^2}{2} = m g H, \quad H = \frac{U^2}{2g}. \quad H = \frac{20^2}{2 \cdot 10} \text{ м} = 20 \text{ м.}$$

$$\boxed{H = 20 \text{ м}}$$

2) На высоте H скорость фейер. = 0;
 в процессе взрыва вынуждены пороховых газов \Rightarrow силы тяжести (т.к. время взрыва очень мало) \Rightarrow перед ЗСУ, \Rightarrow скорости осколков направлены в противопол. стороны и их модули равны друг другу:

Пусть угол
между
вектором
и гориз.
напр. α .
 $0 < \alpha < 90^\circ$.



нам. скорости в
пр. на ось Y:

$$V_{1y} = V_0 \sin \alpha$$

$$V_{2y} = -V_0 \sin \alpha.$$

Пусть T_1, T_2 - времена полета 1 и 2 осколков соотв.

$$V_0 T + \frac{g T^2}{2} = H.$$

$$\frac{g}{2} \cdot T_1^2 + V_0 \sin \alpha \cdot T_1 - H = 0. \Rightarrow T_1 = \frac{\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} - V_0 \sin \alpha}{g}.$$

$$\frac{g T_2^2}{2} - V_0 \sin \alpha \cdot T_2 - H = 0. \Rightarrow T_2 = \frac{\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} + V_0 \sin \alpha}{g}$$

Пусть L_1, L_2 - расст. по гориз., ко-
торые прошли за вр. T_1 и T_2 соотв. Осколки 1 и 2
соотв.



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$g \perp$ гориз. \Rightarrow по гориз. движение равномерное;

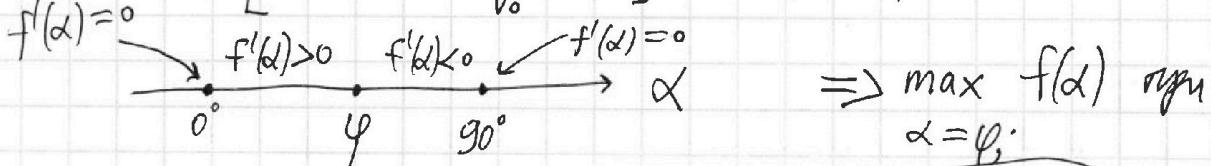
$$L_1 = V_0 \cos \alpha \cdot T_1; \quad L_2 = V_0 \cos \alpha \cdot T_2. \quad L - \text{расс. максимум} \\ \text{уравн. осоколками.} \quad L = L_1 + L_2 = V_0 (T_1 \cos \alpha + T_2 \cos \alpha) = \\ = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{1}{g} (\sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} \cdot 2) = \frac{2V_0}{g} \cos \alpha \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}. \\ L = \frac{2V_0}{g} \sqrt{\frac{V_0^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha}{4} + 2gH \cos^2 \alpha} = \frac{2V_0}{g} \sqrt{\frac{V_0^2 \sin^2 2\alpha}{4} + 2gH \cos^2 \alpha}.$$

Рисунок $f(\alpha) = \frac{V_0^2}{4} \sin^2 2\alpha + 2gH \cos^2 \alpha. \quad L_{\max}, \Rightarrow f(\alpha)_{\max}$.

$$f'(\alpha) = \frac{V_0^2}{4} \cdot 2 \sin 2\alpha \cdot 2 + 2gH \cdot 2 \cos \alpha \cdot (-\sin 2\alpha) = \\ = V_0^2 \sin 2\alpha \cdot \cos 2\alpha - 2gH \sin 2\alpha = \cancel{\sin 2\alpha} (V_0^2 \cos 2\alpha - 2gH). \quad \text{---} \\ \cancel{V_0^2 - 2gH} \cancel{2\alpha} \cancel{(900 - 100)} \cancel{m^2/c^2} \rightarrow 0. \quad \cancel{0 < \alpha < 90^\circ} \rightarrow \cancel{\sin 2\alpha > 0}.$$

$$\Rightarrow \sin 2\alpha (V_0^2 \cos 2\alpha - 2gH).$$

$$f'(\alpha) = 0: \begin{cases} \alpha = 0^\circ \\ \alpha = 90^\circ \\ \cos 2\alpha = \frac{2gH}{V_0^2} = \frac{4}{9} \end{cases} \Rightarrow \alpha = \psi.$$



$$\cos 2\alpha = \frac{4}{9}. \quad 2\cos^2 \alpha - 1 = \frac{4}{9}. \quad \text{---} \\ \Rightarrow \sin^2 \alpha = \frac{5}{18}.$$

$$L_{\max} = \frac{2V_0}{g} \sqrt{V_0^2 \cdot \frac{5}{18} \cdot \frac{13}{18} + 2gH \cdot \frac{13}{18}} = \frac{2V_0}{g} \sqrt{\frac{1}{18}(65.50 + 13.400)} \text{ m} =$$

$$= \frac{6}{3} \sqrt{\frac{1}{2} \cdot 50 (65 + 13.8)} \text{ m} = 2 \sqrt{125 \cdot 13 (5 + 8)} \text{ m} = 2.5 \cdot 13 \text{ m} = 130 \text{ m}.$$

Ответ: 1) $H = 20 \text{ m}; \quad 2) L_{\max} = 130 \text{ m}.$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
1 из 3

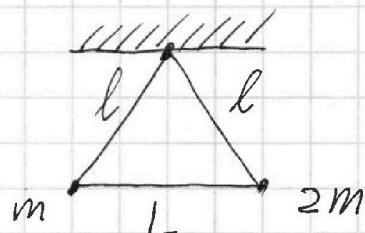
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача 3.

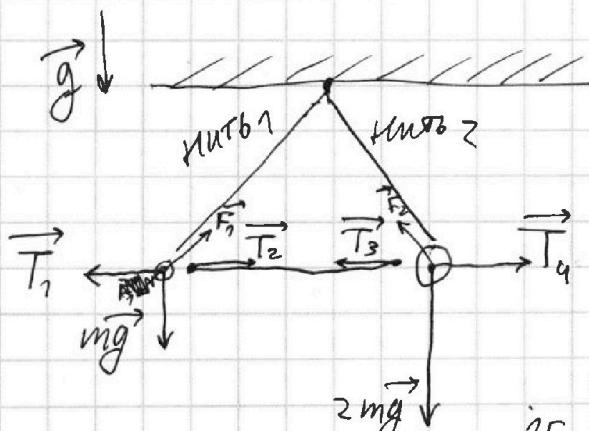
дано: шарыки $m = 200 \text{ г}$ и $2m$; $L = 1,2l$; $g = 10 \text{ м/с}^2$. $v_0 = 0$

1) $\alpha = ?$ $\angle(\text{гориз}, \vec{a}_1)$. 2) $a_1 = ?$ 3) $T = ?$
по тб: $\sin\alpha$

Решение.



Стержень лёгкий, его масса $\ll m \Rightarrow$ для него $\sum \vec{\text{сил}} = \vec{0}$, $\sum \vec{\text{моментов сил}} = \vec{0}$, т. е. сила, приложенная к стержню, равна нулю, т.к. вдоль него

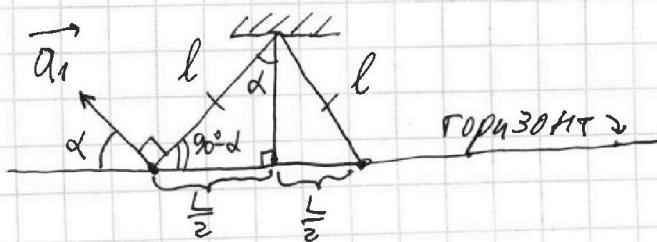


$$T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T.$$

F_1, F_2 - силы, действ. на $1 \text{ и } 2 \text{ м}$, соотв. со сторонами стержня.

Нормальное ускорение $\frac{v_{n1}^2}{l} = 0$, \Rightarrow шар 1 не отрывается от стержня, \Rightarrow шар 1

в начале движ. по окр., $\Rightarrow \vec{T}_1 \perp$ шар 1; \Rightarrow т.к. $(\vec{a}_1) = \frac{d\vec{v}_{n1}}{dt}$, то $\vec{a}_1 \perp$ шар 1. Шар 2 движется шаром 1 и стержнем.



$$\sin\alpha = \frac{L}{2l}$$

$$\sin\alpha = \frac{1,2l}{2l} = \frac{6}{10}$$

$$\sin\alpha = 0,6$$



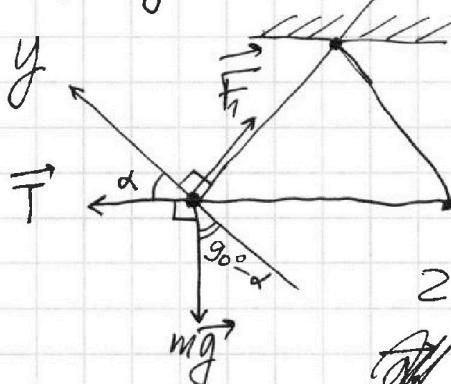
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

Начнём оси x' , y' .
 $x \perp y$.



\vec{mg} верх, вниз.
 \vec{T} по горизонтали влево
(т.к. в начале
стержень || горизонт.)
 F_1 вдоль линии от шара
к точке подвеса.

$$\text{ЗН: } \vec{a}_1 = \frac{\vec{T} + \vec{F} + \vec{mg}}{m}$$

$$\text{так } a_{1x} = 0, \quad a_{1y} = a_1; \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_1 = T \sin \alpha + mg \cos \alpha.$$

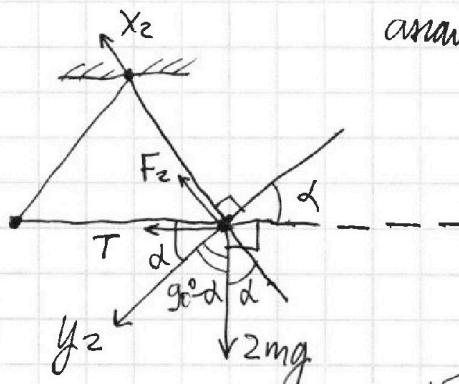
$$\Rightarrow a_1 = \frac{T}{m} \cos \alpha - g \sin \alpha$$

$$\begin{cases} F_1 = T \sin \alpha + mg \sin(90^\circ - \alpha) \\ a_1 = \frac{T \cos \alpha - mg \cos(90^\circ - \alpha)}{m} \end{cases}$$

2-й шаг:

$$a_{2x_2} = 0$$

$$a_{2y_2} = a_2$$

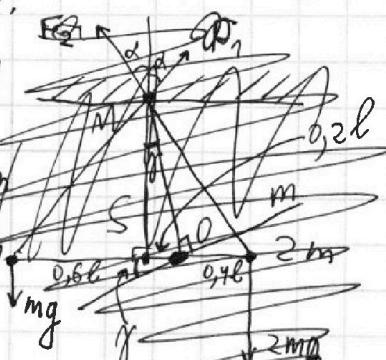


аналогично:

$$F_2 = 2mg \cos \alpha - T \sin \alpha$$

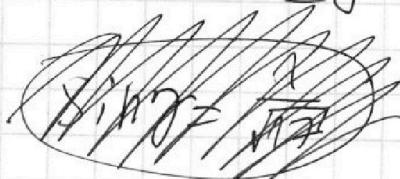
$$a_2 = \frac{T}{2m} \cos \alpha + \cancel{mg} \sin \alpha.$$

диаграмма в центре:
точка подвеса
составляет угол
с стержнем на
расстоянии $L = 0,4L$ от центра
и $\frac{3L}{4} = 0,8L$ от центра



где $\alpha = 60^\circ$
 $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$ $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$
 $0,2L = 0,2 \cdot \frac{L}{2} = \frac{L}{6}$
точка подвеса

сканер

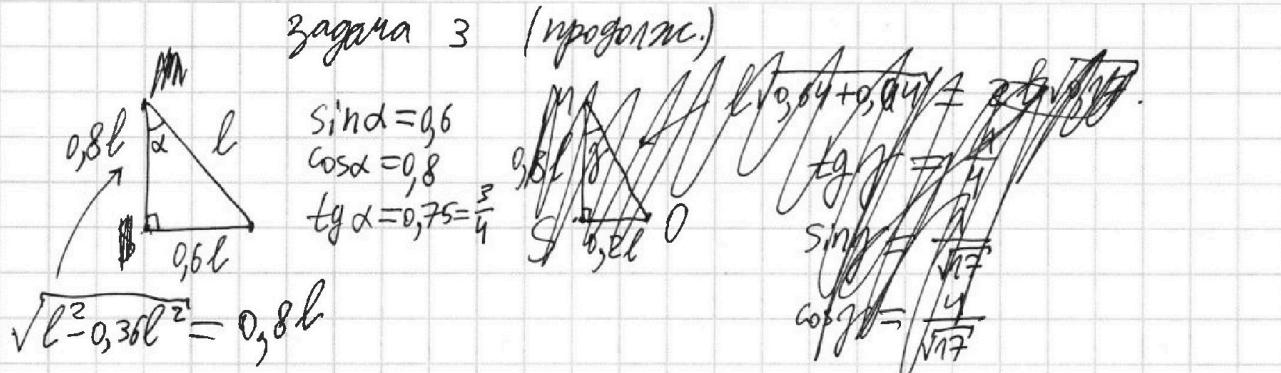




На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

СТРАНИЦА
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!



Сферическая фиг. как ег. цепь, т.к. он твердый;

$\Rightarrow a_1 = a_2$. (шарики 1 и 2 движутся с различными скор. по 1 окружности). $a_1 = a_2$.

$$\frac{T}{m} \cos \alpha - g \sin \alpha = \frac{T}{2m} \cos \alpha + g \sin \alpha.$$

$$\frac{T \cos \alpha}{m} \cdot \frac{1}{2} = 2g \sin \alpha.$$

$$T = \frac{4mg \sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$T = 4mg \tan \alpha.$$

$$T = 4 \cdot 0,2 \cdot 10 \cdot \frac{3}{4} H = 6 H.$$

$$a_1 = \frac{T}{m} \cos \alpha - g \sin \alpha = \frac{6}{0,2} \cdot 0,8 \frac{M}{c^2} - 10 \cdot 0,6 \frac{M}{c^2} = \\ = 24 \frac{M}{c^2} - 6 \frac{M}{c^2} = 18 \frac{M}{c^2}.$$

Ответ: 1) $\sin \alpha = 0,6$; 2) $a_1 = 18 \frac{M}{c^2}$; 3) $T = 6 H$.

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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

Задача 4.

$v=1 \text{ мол}, \text{ ид. } 1\text{-атм. газ}; \text{ цикл } 1-2-3-1; \text{ график } \frac{P}{R} \text{ от } T/T_0; T_0=200 \text{ К}; R=8,31 \text{ Дж/К мол}.$

1) Постр. график в коорд. $(P/P_0, V/V_0)$ P_0, V_0 - нач. давл., V обём газа. (V, P) .

2) $Q_1=?$ Кол-во тепл., подв. к газу в пр. расч. За 1 цикл.

3) $M=415 \text{ кг}, N=25; g=10 \text{ м/с}^2, H=?$

ид. 1-атм. газ: $U=\frac{3}{2}vRT, U-\text{Вн. Энерг}; T-\text{темпер.}$

Процесс 1-2: $C_{12}=2R=\text{const}; T_1=T_0, T_2=9T_0.$

$$C_{12} = \frac{dQ_{12}}{\partial T_{12}} = \frac{\Delta Q_{12}}{\partial T_{12}} = \frac{Q_{12}}{T_2 - T_1}.$$

$Q_{12} = vC_{12}(8T_0) = 2R \cdot v \cdot 8T_0 = 16vRT_0 > 0 - \text{ тепло подв.}$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}vR(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}vR \cdot 8T_0 = 12vRT_0$$

1HT: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} \Rightarrow A_{12} = 4vRT_0 > 0 - \text{ израсч.}$

Процесс 2-3: $C_{23}=1,5R=\text{const}; T_2=9T_0, T_3=3T_0.$

$$Q_{23} = vC_{23}(T_3 - T_2) = -v \cdot 1,5R \cdot 6T_0 = -9vRT_0 < 0 - \text{ тепло отдач.}$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2}vR(T_3 - T_2) = 1,5vR \cdot (-6T_0) = -9vRT_0.$$

1HT $\Rightarrow A_{23} = 0.$

Процесс 3-1: $C_{31}=2,5R=\text{const}; T_3=3T_0, T_1=T_0.$

$$Q_{31} = vC_{31}(T_1 - T_3) = 2,5vR(-2T_0) = -5vRT_0 \rightarrow \text{ тепло отдач.}$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}vR(T_1 - T_3) = -3vRT_0.$$

1HT $\Rightarrow A_{31} = -2vRT_0.$

Газ расч. в пр. 1-3, к нему в действие подв. тепло,

$$\Rightarrow Q_1 = Q_{12} = 16vRT_0 = 16 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200 \text{ Дж} =$$

$$= 32,831 \text{ Дж} = (3,8310 + 1662) \text{ Дж} = (24930 + 1662) \text{ Дж} =$$

$$= 26592 \text{ Дж.}$$



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.

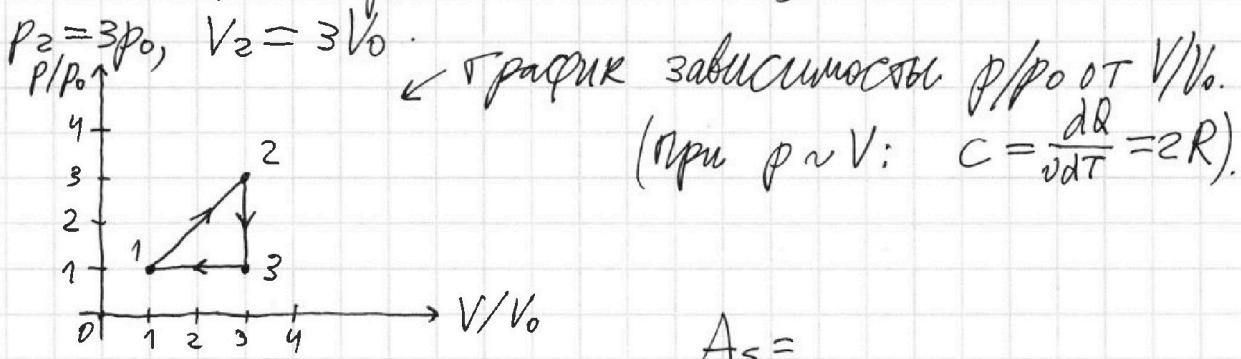
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$1-2: p \sim V; \quad 2-3: V = \text{const}; \quad 3-1: p = \text{const}.$$

УМК доказ. Т. 1: $p_0 V_0 = 2RT_0$.
Т. 2: $k_{p_0} k V_0 = g V R T_0 \quad \left\{ \Rightarrow K^* = 3.$



3) За 1 цикл газ совершил работу $A_{12} + A_{23} + A_{31}$.

$$A_{\Sigma} = 4V R T_0 + 0 - 2V R T_0 = 2V R T_0. \quad \text{За } N=25 \text{ циклов:}$$

$$A_{25} = N A_{\Sigma} = 2N V R T_0. \quad \text{Здесь для упрощения:}$$

$$MgH = A_{25} \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow H = \frac{2N V R T_0}{2Mg}.$$

$$H = \frac{2 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 831,200}{415 \cdot 10 \cdot 2} \quad M = \frac{831 \cdot 100}{830 \cdot 5 \cdot 2} \quad m = \left(1 + \frac{1}{830}\right) \cdot \frac{20}{2} \text{ м.}$$

$$H \approx 10 \text{ м.}$$

Ответ: 1) график выше; 2) $Q_1 = 16V R T_0 = 26592 \text{ Дж};$

$$3) H = \frac{N V R T_0}{Mg} \approx 10 \text{ м.}$$

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.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
1 из 4

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!

Задача 5.

Дано: полусфера; Q ; $\rho/0$, люб. точки голуб.) $= R$;
 $\{A; O; E\}$ оси симметрии; $V_A = 0$; $m; q$.

В т. О: кин, энерг. K ; E_0 . $V \ll C$.

1) $V = ?$ 2) $V_C = ?$; $AO = CO$.

1) Решение.

Густь о пот. энерг. буде на $r \rightarrow \infty$, где
 r - расст. до т. О. Найдём потенц. энерг.
 частицы в т. О: $\Pi_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{2Q}{R}$, т.к.
 q и Q однополярные,
 т.к. нач. частица
~~направлялась к~~
 полусф. на $r \gg R$
 $\Rightarrow q \cdot Q > 0$

Частицы в т. О: любая т. полусф.
 удалена от О на расст. R .

3) \exists две частицы: $K + \Pi_0 = K_\infty$, где K_∞ - кин.
 энерг. част. при $r \rightarrow +\infty$.

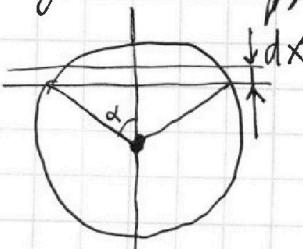
$\Pi_\infty = 0$, т.к. ~~если~~ $r \rightarrow +\infty$, то ~~энергии~~ расст.
 сильн., преподр. мало. $K_\infty = \frac{mv^2}{2}$.

$$K + \frac{2Q}{4\pi\varepsilon_0 R} = \frac{mv^2}{2}$$

$$\therefore V = \sqrt{\frac{2K}{m} + \frac{2Q}{2\pi\varepsilon_0 R m}}$$

2) Найдём потенц. энерг. частицы в т. А:

на оси колбца сим, дейсв. на част. со ст.
 полу сфере, напр. вдоль оси из-за
 симметрии. Разобьём сферу на колбца, толщ. каж-
 дого из которых равна dx .



(по призыватам, как
 на рисунке).

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 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА
2 из 4

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!

Diagram showing a charged ring of radius R^* and total charge Q . A small element of width dx is shown at angle φ from the vertical axis. The distance from the center to the element is $R^* \sin \varphi$.

Площадь тонкого кольца: $dS = 2\pi R^* dl = 2\pi R^* dx$.
 Площадь не зависит от местоположения кольца на сфере, сферы зар. равномерн., \Rightarrow поверхн. плотность заряда $\sigma = \frac{dQ}{dS} = \frac{Q}{S}$.

$S = 2\pi R^2 \Rightarrow dQ = \frac{Q}{2\pi R^2} \cdot 2\pi R^* dx = \frac{Q dx}{R}$.
 Рассмотрим кольцо, находящееся в расстоянии x от центра (если кольцо между т. 0 и т. A, то $x < 0$, в противном случае, $x > 0$).

$dF_y = dF$

Diagram showing a point charge q at position $A(x_0, 0)$ and a small charge element dq at position $(x, 0)$. The angle α is between the horizontal axis and the vector from the origin to dq .

$dF = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot q \cdot dq \cdot \frac{1}{x^2 + R^{*2}} \cdot \underbrace{\frac{x}{\sqrt{x^2 + R^{*2}}}}_{\cos\alpha}$

$dF = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot q \cdot \frac{Q dx}{R} \cdot \frac{1}{(\sqrt{x^2 + R^{*2}})^3}$

$(x+x_0)^2 + R^{*2} = R^2 \Rightarrow R^* = R - (x+x_0)^2$

Diagram showing a semi-infinite charged sheet of thickness $R - x_0$ and total charge Q , centered at the origin O . A small element of width dx is shown at distance x from the vertical axis.

$dF = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ}{R} \cdot \frac{dx}{(R^2 - 2xx_0 - x_0^2)^{3/2}}$

F_1 – сила, действ. со стороны части гиперф. тиже т. A,
 F_2 – сила, действ. со стороны части гиперф. выше т. A.

$F_1 = \int_0^{R-x_0} dF = \frac{+2Q}{4\pi\epsilon_0 R} \cdot \int_0^{R-x_0} (R^2 - x^2 - 2xx_0)^{-\frac{3}{2}} dx$



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 4

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!

$$\begin{aligned}
 & \left(\left(R^2 - x_0^2 - 2x x_0 \right)^{-\frac{1}{2}} \right)_x^1 = \\
 & = -\frac{1}{2} (R^2 - x_0^2 - 2x x_0)^{-\frac{3}{2}} \cdot (-2x_0) = x_0 (R^2 - x_0^2 - 2x x_0)^{-\frac{3}{2}} \\
 & \Rightarrow \left(\frac{1}{x_0} \cdot \left(R^2 - x_0^2 - 2x x_0 \right)^{-\frac{1}{2}} \right)_x^1 = \left(R^2 - x_0^2 - 2x x_0 \right)^{-\frac{3}{2}} \\
 & F_1 = \frac{+qQ}{4\pi\epsilon_0 R} \cdot \frac{1}{x_0} \left((R^2 - x_0^2 - 2x_0(R - x_0))^{-\frac{1}{2}} - (R^2 - x_0^2)^{-\frac{1}{2}} \right) = \\
 & = \cancel{\frac{+qQ}{4\pi\epsilon_0 R} \cdot \frac{1}{x_0} (R^2 - x_0^2 - 2x_0(R - x_0) + x_0^2 - R^2 + x_0^2)} \\
 & = \cancel{\frac{+qQ}{4\pi\epsilon_0 R} (x_0 - R)} = \frac{+qQ}{4\pi\epsilon_0 R} (R - x_0). \\
 & F_2 = \int_0^{x_0} dF = \int_0^{x_0} \frac{+qQ}{4\pi\epsilon_0 R} (R^2 - x^2 - 2x x_0)^{-\frac{3}{2}} dx \quad \text{=} \\
 & \quad \text{Diagram: A semicircular shell of radius } R^* \text{ centered at } x_0 \text{ on the } x\text{-axis. The shell has thickness } dx. \\
 & \quad (x_0 - x)^2 + R^*{}^2 = R^2 \\
 & \quad R^*{}^2 = R^2 - (x_0 - x)^2 \\
 & \quad x^2 + R^*{}^2 = R^2 + 2x x_0 - x_0^2
 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 R} \cdot \frac{1}{x_0} \left(\left(R^2 - x_0^2 + 2Rx_0 \right)^{-\frac{1}{2}} - \left(R^2 - x_0^2 \right)^{-\frac{1}{2}} \right).$$

$$F = F_1 - F_2 = \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 R} \cdot \frac{1}{x_0} \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 - 2Rx_0 + x_0^2}} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + x_0^2}} \right) =$$

$$= \frac{2Q}{4\pi\epsilon_0 R} \cdot \frac{1}{x_0} \left(\frac{1}{R - x_0} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + x_0^2}} \right).$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отмечьте 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 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА
ЧИЗ И

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!

$$Задача: W_A = W_0 = W_C; \quad W_i = K_i + \Pi_i;$$

$$\text{т. А: } K_A = 0; \Rightarrow W_A = \Pi_A.$$

$$W_0 = K + \Pi_0 = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R} + K.$$

$$\Pi_A = K + \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}.$$

$$K + \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R} = \Pi_C + \frac{mV_c^2}{2}$$

$$\Pi_C = \sum_i \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qQ_i}{r_i} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

$$\Pi_A$$

$$\text{Ответ: 1) } V = \sqrt{\frac{2K}{m}} + \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R m}$$

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
_ 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!