



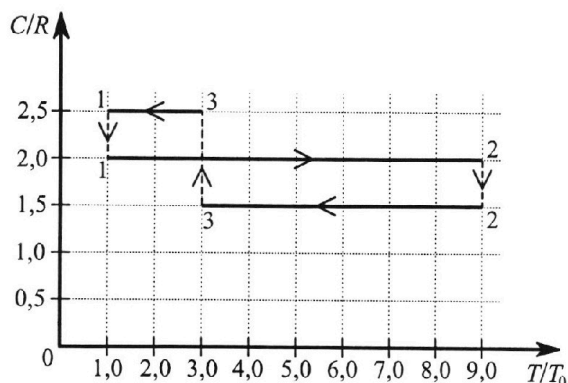
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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 одноатомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 200$ К.

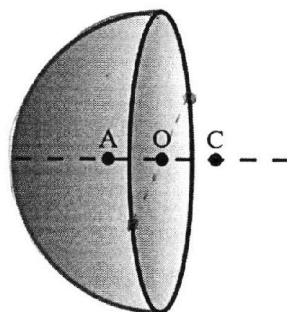


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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 $M = 415$ кг за $N = 25$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², 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 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.



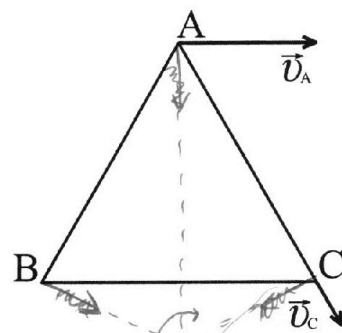
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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 совершит 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.

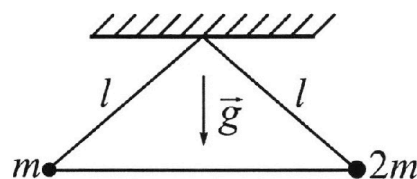
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

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. Шарiki скреплены с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарiki 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.



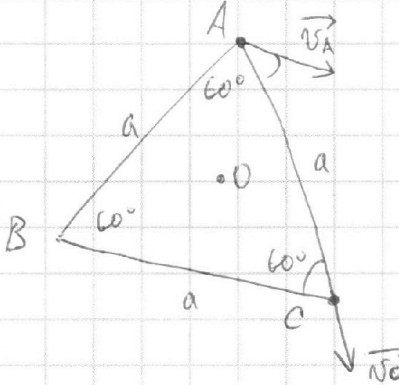
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

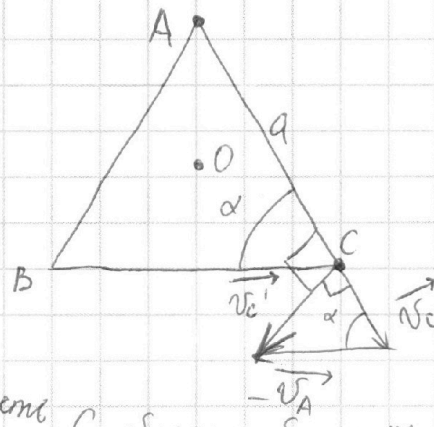
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

111.



Перейдем в с.о. А:



в с.о. А скорость C обязана быть перпендикулярной AC, т.к. пластинка не растягивалась.

Тогда: $v_C = v_A \cdot \cos \alpha = v_A \cdot \cos(60^\circ) = \frac{v_A}{2} = \frac{0,6}{2} = 0,3 \text{ м/с}$

~~Угловая скорость~~ Угловая скорость вращения пластинки не зависит от выбора ИСО $\Rightarrow$ найдем ω в с.о. А, в с.о. центра масс она будет такой же.

$\omega a = v_C' = v_A \cdot \sin \alpha \Rightarrow \omega = \frac{v_A \sin \alpha}{a} =$

$= \frac{0,6 \cdot \sqrt{3}/2}{0,3} = \sqrt{3} \text{ 1/с}$

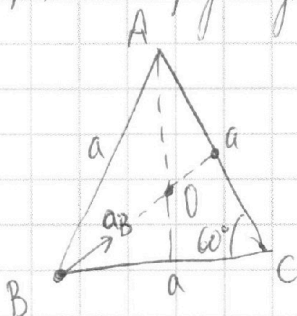
$n = 8$ — кол-во оборотов.

$\omega t = 2\pi \cdot n \Rightarrow t = \frac{2\pi n}{\omega} =$

$= \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 8}{\sqrt{3}} = \frac{16 \cdot 3,14}{\sqrt{3}} \text{ с} = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}$

$R = m a_B$, a_B — ускорение точки В в с.о. земли.

Ускорение точки В направлено к центру вращения, т.е. к центру масс. О — центр масс треугольника, он расположен в его геометр. центре, т.к. тр-уг. однородный.



$a_B = \omega^2 \cdot \frac{2}{3} (a \cdot \sin 60^\circ) = \omega^2 \cdot a \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}$

$R = m \cdot \omega^2 a \frac{\sqrt{3}}{3} = m a \cdot \frac{3\sqrt{3}}{3} = \sqrt{3} m a =$
 $= \sqrt{3} \cdot 60 \cdot 10^{-6} \cdot 0,3 = \sqrt{3} \cdot 18 \cdot 10^{-6} = 18\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$



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

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!

Ответ: $\tau = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \text{ с} = \frac{16 \cdot 3,14}{\sqrt{3}} \text{ с}$

$R = 18\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ Н}$



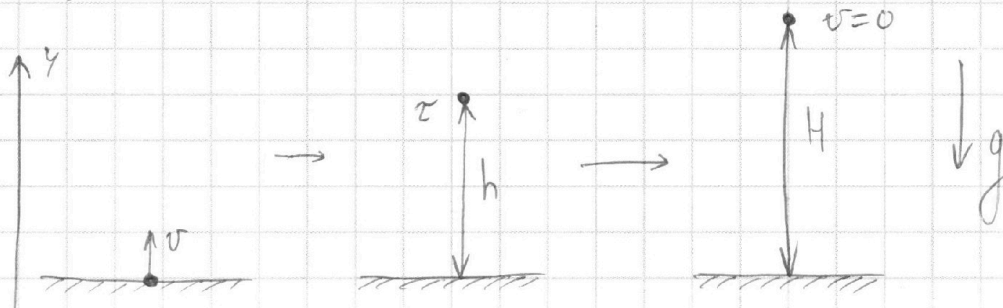
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

№2.



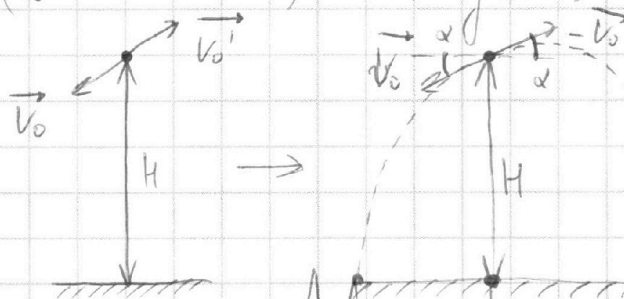
$$h = v\tau - \frac{g\tau^2}{2} \Rightarrow v = \frac{h}{\tau} + \frac{g\tau}{2}$$

max высота $H \Rightarrow$ скорости на этой высоте равны нулю

$$Oy: H = \frac{v^2 + 0^2}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{h}{\tau} + \frac{g\tau}{2} \right)^2 = \frac{1}{2 \cdot 10} \left(\frac{15}{1} + \frac{10 \cdot 1}{2} \right)^2 = \frac{1}{20} \cdot (15 + 5)^2 = \frac{1}{20} \cdot 20^2 = 20 \text{ м}$$

Фейерверк на высоте H разбивается на 2 осколка. Его скорости в этот момент равны нулю. ~~Осколки~~ одинаковой массы $\Rightarrow$ в соответствии с 3-им законом сохранения импульса после разрыва их скорости будут равны по модулю и противоположны по направлению:

$$\left(\frac{m}{2} \vec{v}_0 + \frac{m}{2} \vec{v}_0' \right) + 0 = m g dt \Rightarrow \vec{v}_0 = -\vec{v}_0'$$



~~Векторная линия движения~~
~~зависит от времени, поэтому~~
~~нельзя~~

Пунктирная линия обозначает траекторию оскоков. П.к. $\vec{v}_0' = -\vec{v}_0$, можно считать, что вся пунктирная линия — парабола, потому что траектория полета в поле

силы тяжести имеет св-во обратимости. ~~наоборот~~

Для нахождения max L буду использовать то, пролетающее из A в B , и удовлетворяющее тому, что на высоте H его скорость будет v_0 .



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
☐

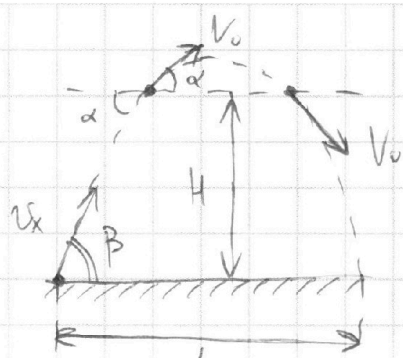
5
☐

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!



из ЗСЭ: $\frac{v_x^2}{2} - \left(\frac{v_0^2}{2} + gH \right) = 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow v_x^2 = v_0^2 + 2gH \Rightarrow v_x = \sqrt{v_0^2 + 2gH}$
 $v_x - \text{const, не зависит от изм. параметров.} \Rightarrow$
 ~~$\Rightarrow \text{max } L \text{ при } \beta =$~~

$$L = v_x \cos \beta \left(\frac{2v_x \sin \beta}{g} \right) =$$

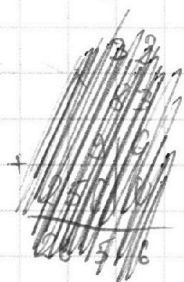
$$= \frac{2v_x^2}{g} \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta \Rightarrow \frac{v_x^2}{g} \cdot \sin(2\beta) \Rightarrow \text{max } L \text{ при}$$

$$\sin(2\beta) = 1 \Rightarrow 2\beta = 90^\circ \Rightarrow \beta = 45^\circ$$

$$\text{max } L_{\text{max}} = \frac{v_x^2}{g} \cdot 1 = \frac{v_x^2}{g} = \frac{v_0^2 + 2gH}{g} = \frac{v_0^2}{g} + 2H =$$

$$= \frac{30^2}{10} + 2 \cdot 20 = 90 + 40 = 130 \text{ м}$$

Ответ: $H = 20 \text{ м}$
 $L_{\text{max}} = 130 \text{ м}$



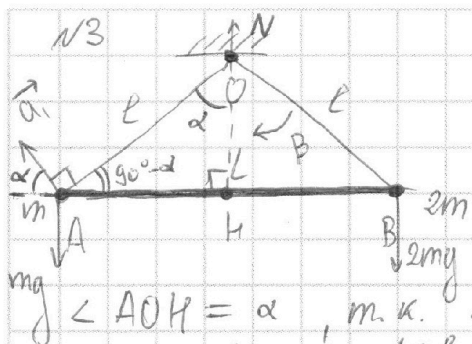


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



$\vec{a} \perp AO$, т.к. скорости A равны нулю $\Rightarrow$ т. A имеет только тангенциальное, ~~братство~~ ~~начиная~~ вращательное движение $\vec{a}$.

$\angle AOH = \alpha$, т.к. $\angle OAH = 90^\circ - \alpha$. H - высота $\triangle AOB$

$$\sin \alpha = \frac{L}{2L} = \frac{1,2L}{2L} = 0,6$$

Определим угловое ускорение системы β ~~в~~ β относ. т. O, к-ая неподв.

т. O: $J\beta = \sum M \Rightarrow \beta = \frac{\sum M}{J}$ - для системы $\triangle AOB$

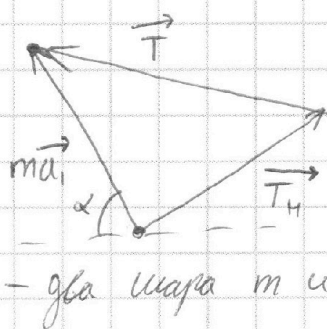
$$\sum M = 2mg \cdot \frac{L}{2} - mg \cdot \frac{L}{2} + N \cdot 0 = \frac{mgL}{2}$$

$$J = 2mL^2 + mL^2 = 3mL^2$$

$$\beta = \frac{mgL}{2 \cdot 3mL^2} = \frac{gL}{6L^2} = \frac{g \cdot 1,2L}{6 \cdot L^2} = \frac{1,2g}{6L} = \frac{g}{5L}$$

$$a_i = \beta \cdot L = \frac{g}{5}$$

Векторный 234:

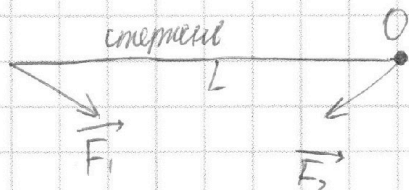


$\vec{T}_H$ - сила натяга нити,
Стержень невесом $\Rightarrow \sum M = 0$ - сумма моментов всех сил на стержне отн. лоб. точки
 $\sum \vec{F} = 0$ - сумма ~~всех~~ ~~всех~~ сил на стержне

На стержень действуют только 2 силы -

- два шара m и 2m.

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0 \Rightarrow \vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$



т. O: $\vec{F}_1$ должна быть направлена вдоль стержня, чтобы $M_i = 0 \Rightarrow$ силы на стержне направлены вдоль него, если силы две.



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!

Это означает, что вектором $\vec{T}$ горизонтальна.

$$T = \frac{ma_i}{\cos \alpha} = \frac{mg}{5 \cos \alpha} = \frac{mg}{5 \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{200 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{4} = 50 \cdot 10^{-2} = \boxed{0,5 \text{ Н}}$$

~~Решение~~ Ответ: $\sin \alpha = 0,6$
 $a_i = g/5$
 $T = 0,5 \text{ Н}$



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!

N_4

~~Исходные данные: изохорный процесс: C_V~~
~~Исходные данные: изохорный процесс: $C_V = \frac{3}{2}R$~~
~~Исходные данные: изохорный процесс: $C_V = \frac{3}{2}R$~~

1-ое начало ТД: $\delta Q = dU + \delta A \Rightarrow C dT = \frac{3}{2}VRdT + p dV \Rightarrow$
 $\Rightarrow \frac{C}{T} = \frac{3}{2}R + p \frac{dV}{T}$ 3-й Менгел. - Кларкер: $pV = \nu RT \Rightarrow$
 $p dV + V dp = \nu R dT \Rightarrow \frac{C}{T} = \frac{3}{2}R + \frac{p dV}{p dV + V dp} =$
 $= \frac{3}{2}R + R \cdot \frac{p dV}{p dV + V dp} = \frac{3}{2}R \left(\frac{1}{1 + \frac{V}{p} \frac{dp}{dV}} \right)$
 $dp = 0 \Rightarrow \frac{C_p}{T} = \frac{3}{2}R \left(\frac{1}{1 + 0} \right) = \frac{5}{2}R$ процесс 3-1
 $dV = 0 \Rightarrow \frac{C_V}{T} = R \left(\frac{1}{1 + 0} \right) = \frac{3}{2}R$ процесс 2-3
 Если $\frac{C}{VR} = 2$, то $\frac{3}{2} + \frac{1}{1 + \frac{V}{p} \frac{dp}{dV}} = 2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow 1 + \frac{V}{p} \frac{dp}{dV} = 2 \Rightarrow \frac{V}{p} \frac{dp}{dV} = 1 \Rightarrow \frac{V}{p} = \frac{dV}{dp}$
 - прямая, выходящая из нуля на $p(V)$ процесс 1-2
 $p_1 = p_0, V_1 = V_0, p_0 V_0 = \nu RT_0$
 $\frac{V_1}{V_3} = \frac{T_1}{T_3} \Rightarrow \frac{V_1}{V_3} = \frac{1}{3} \Rightarrow V_3 = 3V_0$; $p_3 = p_0$
 $\frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{T_3} \Rightarrow p_2 = p_3 \cdot \frac{T_2}{T_3} = p_0 \cdot 3 = 3p_0$
 $p_2 V_2 = \nu RT_2 \Rightarrow V_2 = \frac{\nu R \cdot 9T_0}{p_2} = \frac{p_0 V_0 \cdot 9}{3p_0} = 3V_0$
 Строим график $\left(\frac{p}{p_0} \right) \left(\frac{V}{V_0} \right)$

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
☒

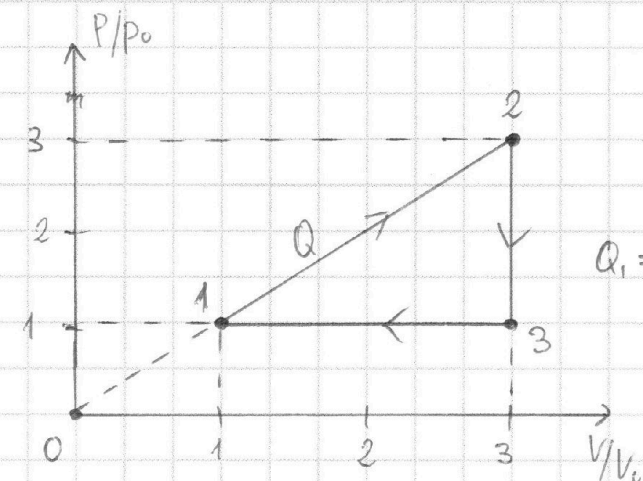
5
☐

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!



← 2 задачи

1-2

Расширение: ~~1-2-3~~

$$Q_1 = Q_{12}$$

$$Q_1 = Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} =$$

$$= U_2 - U_1 + A_{12} =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + A_{12} =$$

$$= \frac{3}{2} \nu R \cdot 8 T_0 + (V_2 - V_1) \cdot \frac{P_1 + P_2}{2} =$$

$$= 12 \nu R T_0 + 2 V_0 \cdot 2 P_0 = 12 \nu R T_0 + 4 P_0 V_0 = 16 \nu R T_0 =$$

$$= 16 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200 = 16 \cdot 8,31 \cdot 200 = 3200 \cdot 8,31 = 320 \cdot 83,1 = 32 \cdot 831 \approx$$

$$\approx 32 \cdot 830 = 26560 = \boxed{26,6 \text{ кДж}}$$

площадь цикла на P(V)

$$A_1 = \frac{1}{2} (V_3 - V_1) (P_2 - P_3) =$$

$$A_1 - \text{работа газа за цикл} \\ = \frac{1}{2} \cdot 2 V_0 \cdot 2 P_0 = 2 P_0 V_0 = 2 \nu R T_0$$

$$A_1' = \frac{A_1}{2} = \nu R T_0 - \text{полезная работа двигателя}$$

303: $MgH = N \cdot A_1' = N \nu R T_0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow H = \frac{N \nu R T_0}{Mg} = \frac{25 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200}{45 \cdot 10} =$$

$$= \frac{25 \cdot 8,31 \cdot 2}{4,5} = \frac{5 \cdot 8,31}{4,5} \approx \frac{5 \cdot 8,31}{8,31} =$$

$$= \boxed{10 \text{ м}}$$

Ответ: $Q_1 = 26,6 \text{ кДж}$
 $H = 10 \text{ м}$



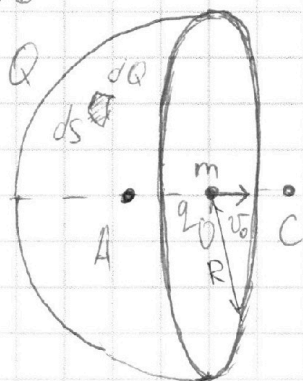
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 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!

N5



Найду пот. энергию взаимодействия в т. O.

Все точки сферы равноудалены от O $\Rightarrow$ ~~сфера заряжена равномерно~~
~~пот. энергия распределена равномерно по всей пов-ти сферы.~~

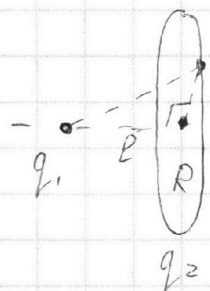
~~Рассмотрю~~ Рассмотрим малую площадку dS :

$$\delta E_n = k \frac{dQ q}{R} \Rightarrow E_n = k \frac{q}{R} \int dQ = k \frac{q Q}{R} = \frac{q Q}{4\pi \epsilon_0 R}$$

ЗСЭ: $\frac{mv^2}{2} + E_{пк} - (k + E_n) = A_{внеш} = 0$, т.к. силы, кроме кулоновских пренебрежимо малы. $E_{пк} = 0$, т.к. ~~расстояние~~ конечное расстояние $\gg R$.

$$\frac{mv^2}{2} = k + E_n = k + \frac{q Q}{4\pi \epsilon_0 R} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2}{m} \left(k + \frac{q Q}{4\pi \epsilon_0 R} \right)}$$

Рассмотрю тонкое кольцо и точеч. заряд на его оси

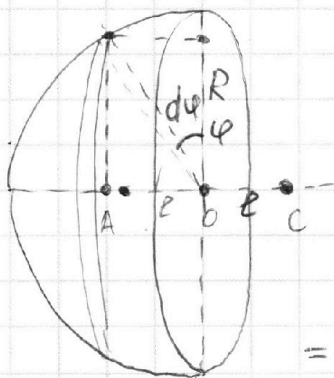


$$E_n = \int k \frac{q dq}{R^2 + l^2} = \frac{k q Q}{R^2 + l^2}$$

$$E_n = \frac{k q Q}{R^2 + l^2}$$

Теперь попробую разбить сферу на кольца, и посчитать пот. энергию.

Кольца буду определять, используя φ .



$$\delta E_n = k q \cdot Q \cdot \frac{R d\varphi \cdot 2\pi \cdot R \cdot \cos \varphi}{2\pi R^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{(R \cos \varphi)^2 + (R \sin \varphi - l)^2}}$$

$$= k q Q \cdot d\varphi \cos \varphi \cdot \frac{R \sin \varphi - l}{R^2 \cos^2 \varphi + (R \sin \varphi - l)^2} =$$



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
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!

~~$$kqQ \frac{d\cos\varphi}{R^2 - 2lR\sin\varphi + l^2}$$

$$kqQ \frac{d\cos\varphi}{R^2 - 2lR\sin\varphi + l^2}$$~~

E_1 - энергия взаимодействия в м. А.

$$\text{ЗСЭ: } k + E_n - E_1 = 0 \Rightarrow E_1 = k + \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}$$

E_2 - ~~энергия~~ энергия взаимодействия в м. С.

$$\text{ЗСЭ: } E_2 + \frac{mv_0^2}{2} - E_1 = 0 \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = E_1 - E_2$$

$$\Rightarrow kqQ d\varphi \cos\varphi \cdot \frac{1}{\sqrt{(R\cos\varphi)^2 + (R\sin\varphi - l)^2}}$$

$$= kqQ d\varphi \cos\varphi \cdot \frac{1}{\sqrt{R^2 - 2lR\sin\varphi + l^2}}$$

$$= kqQ \cdot \frac{d\varphi \cos\varphi}{\sqrt{R^2 - 2lR\sin\varphi + l^2}} \quad d(\sin\varphi) = d\varphi \cos\varphi$$

$$\Rightarrow \delta E_n = kqQ \cdot \frac{d(\sin\varphi)}{\sqrt{R^2 - 2lR\sin\varphi + l^2}} = - \frac{kqQ}{2lR} \cdot \frac{d(R^2 - 2lR\sin\varphi + l^2)}{\sqrt{R^2 - 2lR\sin\varphi + l^2}}$$

$$E_n' = - \frac{kqQ}{2lR} \int_{\pi/2}^0 \frac{d(R^2 - 2lR\sin\varphi + l^2)}{\sqrt{R^2 - 2lR\sin\varphi + l^2}} =$$

$$= - \frac{kqQ}{2lR} \cdot \left(\sqrt{R^2 - 2lR\sin(\pi/2) + l^2} - \sqrt{R^2 - 0 + l^2} \right) =$$

$$= - \frac{kqQ}{2lR} \left(\sqrt{R^2 - l^2} - \sqrt{R^2 + l^2} \right) = \frac{kqQ}{2lR} \left(\sqrt{R^2 + l^2} - R + l \right)$$

R

$E_n'(l)$



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!

$$E_1 - E_2 = \frac{kqQ}{2\ell R} (\sqrt{R^2 + \ell^2} - R + \ell) + \frac{kqQ}{2\ell R} (\sqrt{R^2 + \ell^2} - R - \ell) =$$
$$= \frac{kqQ}{2\ell R} (2\sqrt{R^2 + \ell^2} - 2R) = \frac{kqQ}{\ell R} (\sqrt{R^2 + \ell^2} - R)$$

$$V_c = \sqrt{\frac{2}{m}} \cdot \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 \ell R} (\sqrt{R^2 + \ell^2} - R)$$



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
☐

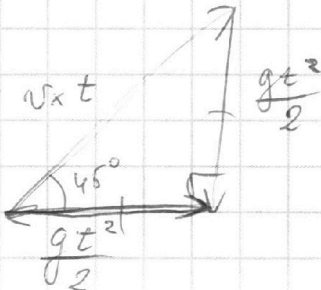
5
☐

6
☐

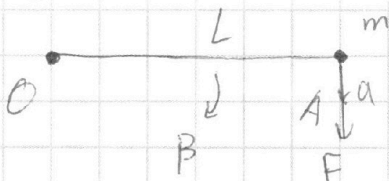
7
☐

СТРАНИЦА
__ 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!



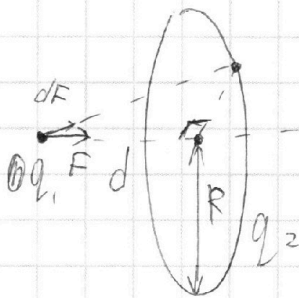
$$\frac{gt\sqrt{2}}{2} = v_x \Rightarrow t = \frac{2v_x}{\sqrt{2}g} = \frac{\sqrt{2}v_x}{g}$$
$$\frac{gt^2}{2} = \frac{g}{2} \cdot \frac{2v_x^2}{g^2} = \frac{v_x^2}{g}$$



$$a = \frac{F}{m} \quad a = \beta L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{F}{mL}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{F \cdot L}{mL^2} \Rightarrow \beta = \frac{F}{mL}$$



$$F = \int k \frac{dq_2 q_1}{R^2 + d^2} \cdot \frac{d}{\sqrt{R^2 + d^2}} = k \frac{q_1 q_2}{(R^2 + d^2)^{3/2}} d$$

$$F = k q_1 q_2 \cdot \frac{d}{(R^2 + d^2)^{3/2}}$$

$$E_n = \int k \frac{dq_2 q_1}{\sqrt{R^2 + d^2}} \cdot \frac{d}{\sqrt{R^2 + d^2}} = k q_1 q_2 \cdot \frac{d}{R^2 + d^2}$$

$$\delta E_n = k q_1 dq_2 \cdot \frac{d}{R^2 + d^2}$$

$$dq_2 = q_2 \quad dq_2 \sim R$$
$$dq_2 = kR \Rightarrow q_2 = kR$$