



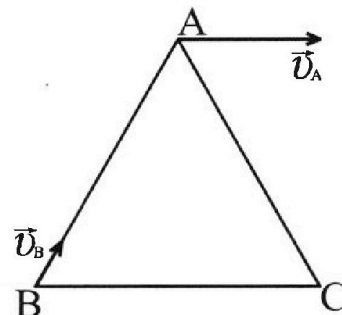
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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 τ 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.

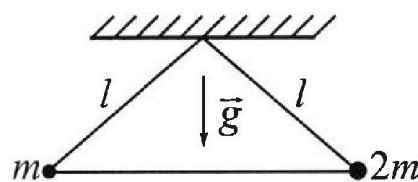
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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/с². 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_{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 α 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/с².

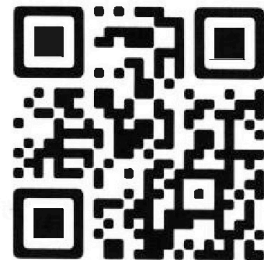
3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



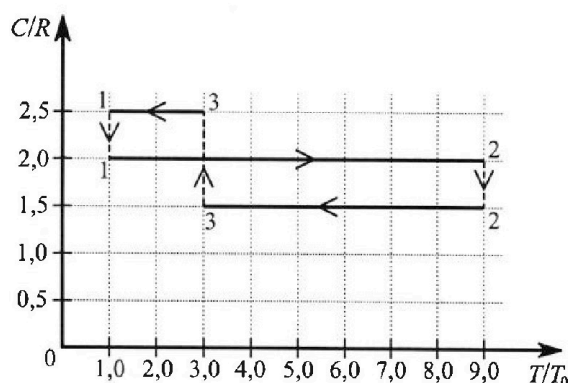
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-04

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.

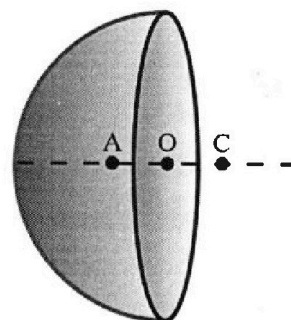


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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/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 . 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 ϵ_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.

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.

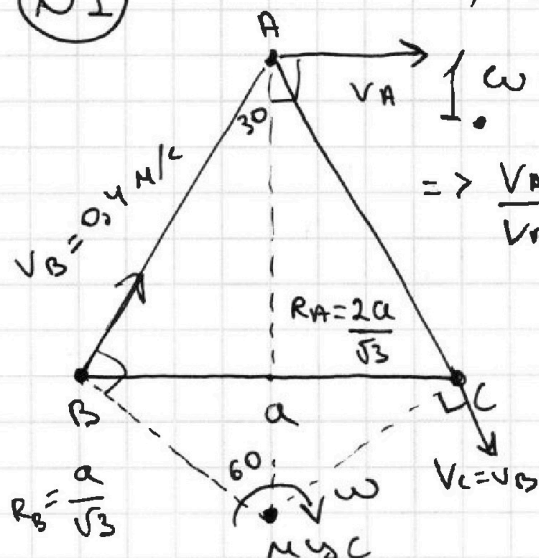
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

$$a = 0,4 \text{ м}, V_B = 0,4 \text{ м/с}$$

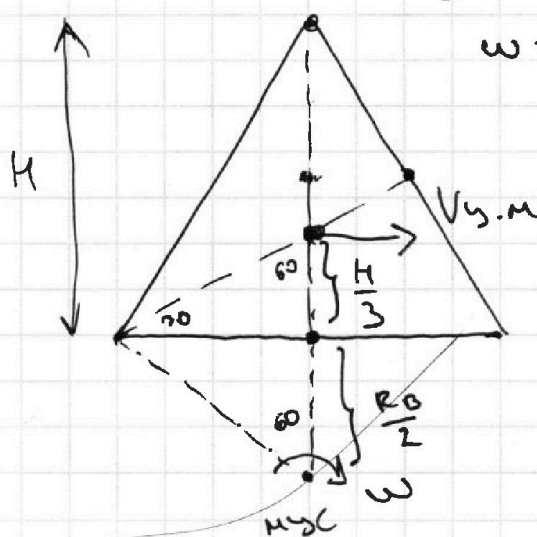
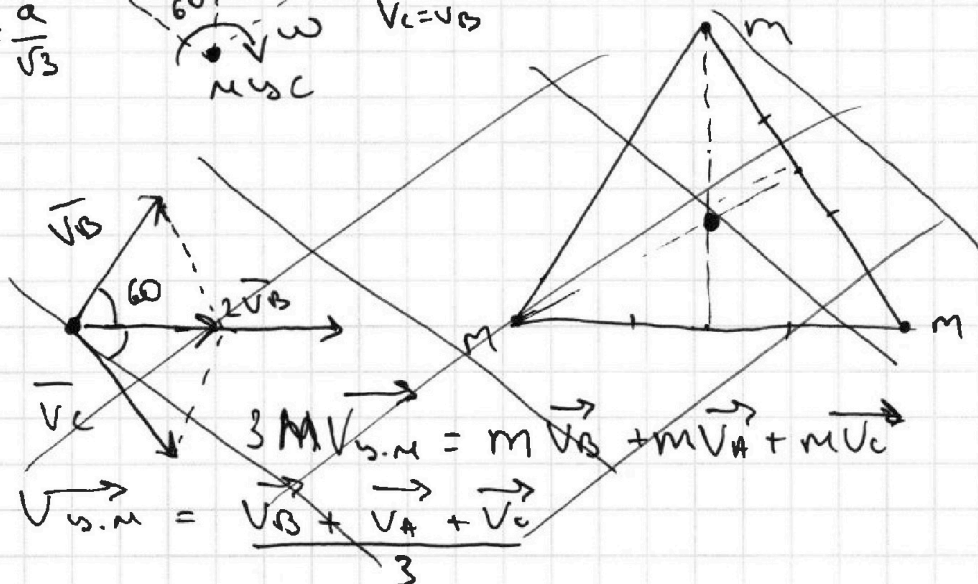


$$\omega = \frac{V_B}{R_B} = \frac{V_A}{R_A} \quad \frac{R_A}{R_B} = 2$$

$$\Rightarrow \frac{V_A}{V_B} = 2 \Rightarrow V_A = 2V_B = 0,8 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } V_A = 2V_B = 0,8 \text{ м/с}$$

2. τ - ?



$$\omega = \frac{V_{с.м.}}{\frac{H}{3} + \frac{R_0}{2}} = \frac{V_{с.м.}}{\frac{\sqrt{3}a}{2} + \frac{a}{2\sqrt{3}}} = \frac{\sqrt{3}V_{с.м.}}{a}$$

$$\omega = \frac{V_B \sqrt{3}}{a} \Rightarrow V_B = V_{с.м.}$$



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 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!

В со в.м:

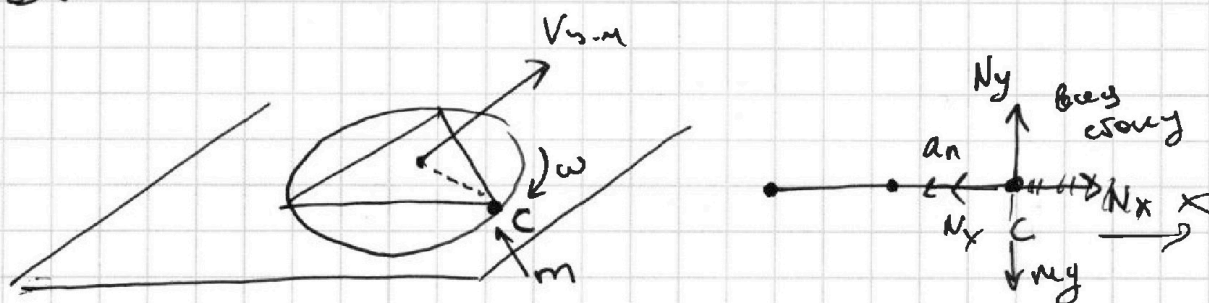
$$T = \frac{2\pi c}{\omega} = \frac{2\pi a}{v_B \sqrt{3}}$$

$$= \frac{2\pi}{\frac{\sqrt{3}}{0,4}} c$$

$$\omega = \frac{v_B \sqrt{3}}{a} = \frac{0,4 \text{ м/с} \cdot \sqrt{3}}{0,4 \text{ м}} = \sqrt{3} \text{ с}^{-1}$$

Ответ: $T = \frac{2\pi a}{v_B \sqrt{3}} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \text{ с}$

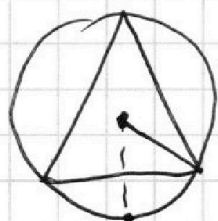
3.



2 3.т на ось y: $N_y = mg \Rightarrow \sum F_y = 0$

2 3.т на ось x: $N_x = ma_n = m\omega^2 R_c =$

$$= m \cdot \frac{3v_B^2}{a^2} \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}mv_B^2}{a} =$$



$$= \sqrt{3} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot$$

$$0,12 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \frac{\sqrt{3}}{c^2} \cdot \frac{0,4 \text{ м}}{\sqrt{3}} =$$

$$\sqrt{3} \cdot 12 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ Н} = 48\sqrt{3} \text{ мкН}$$

Ответ: $\sum F_x = N_x \Rightarrow F_{\text{равн.}} = \sum F_x + \sum F_y = \frac{\sqrt{3}mv_B^2}{a}$

$$F_{\text{равн.}} = \frac{\sqrt{3}mv_B^2}{a} = 48\sqrt{3} \text{ мкН} =$$

$$= m\omega^2 R_c$$

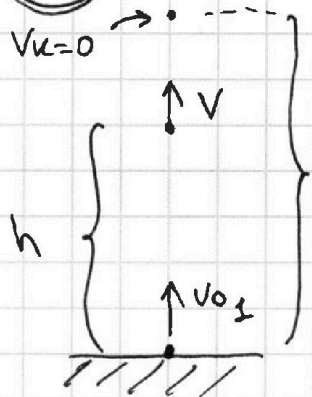


1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 1

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 Дано: $V = 6 \text{ м/с}$, $h = 14,2 \text{ м}$, $H = ?$



$$1. h = \frac{V_{01}^2 - V^2}{2g} \Rightarrow V_{01}^2 = 2gh + V^2$$

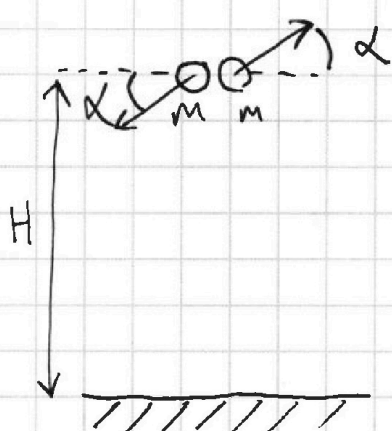
$$H = \frac{V_{01}^2 - 0}{2g} = \frac{2gh + V^2}{2g} = h + \frac{V^2}{2g}$$

$$= 14,2 \text{ м} + \frac{36 (\text{м/с})^2}{20 \text{ м/с}^2} = 14,2 \text{ м} + 1,8 \text{ м} =$$

$$= 16 \text{ м}$$

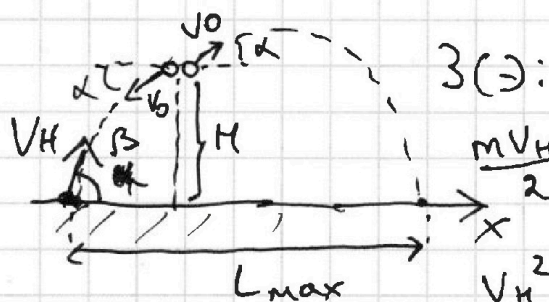
Ответ: $H = 16 \text{ м} = h + \frac{V^2}{2g}$

2. $V_0 = 20 \text{ м/с}$, $L_{\max} = ?$



$$3(\text{У}): 2m \cdot 0 = m \vec{V}_0 + m \vec{V}_1$$

$$\Rightarrow \vec{V}_1 = -\vec{V}_0 \quad |\vec{V}_1| = |\vec{V}_0|$$



3(Э):

$$\frac{m V_H^2}{2} = mgH + \frac{V_0^2 m}{2}$$

$$\Downarrow$$

$$V_H^2 = 2gH + V_0^2$$

$$L = V_{Hx} \cdot t_{\text{пол}} = V_{Hx} \cdot 2t_{\text{подъема}} = V_H \cos \beta \cdot \frac{2 V_H \sin \beta}{g} =$$

$$= \frac{2 V_H^2 \sin 2\beta}{g} \Rightarrow L_{\max} \text{ при } \sin 2\beta = \max$$

$$\max(\sin 2\beta) = 1 \text{ при } \beta = 45^\circ$$

$$\Rightarrow L_{\max} = \frac{V_H^2}{g} = \frac{2gH + V_0^2}{g} = 2H + \frac{V_0^2}{g} = 32 \text{ м} + \frac{400}{10} \text{ м} =$$

$$= 72 \text{ м} \quad \text{Ответ: } L_{\max} = 72 \text{ м}$$

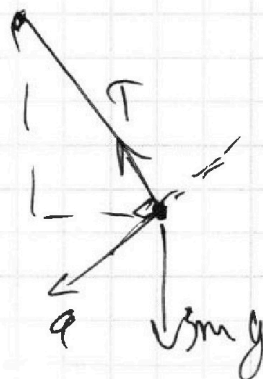


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 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!



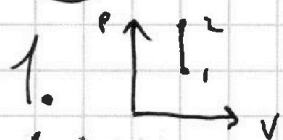


1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

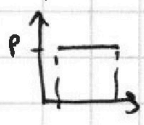
СТРАНИЦА
 1 из 1

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 $\nu = 5 \text{ моль}$, $i = 3$

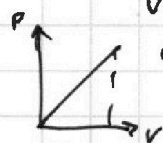


$$c_V \nu \Delta T = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow c_V = \frac{3}{2} R \Rightarrow 1-3 - \text{изобара}$$



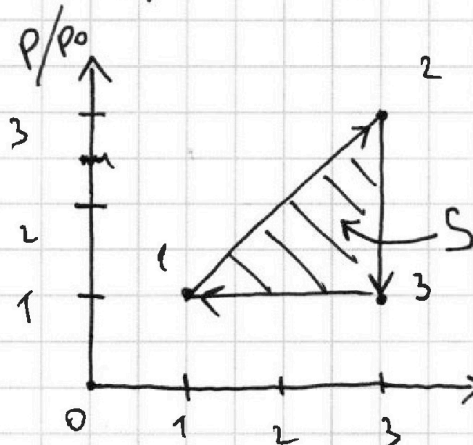
$$c_P \nu \Delta T = P \Delta V + \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \nu R \Delta T + \frac{3}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow c_P = \frac{5}{2} R$$

3-1 - изобара



$$c_P \nu \Delta T = \frac{P \Delta V}{2} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{\nu R \Delta T}{2} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T \Rightarrow c_P = 2 R$$

$$1-2 - P(V) = 2V$$



Законом Менделеева-Клапейрона:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{T_1} \Rightarrow 9 P_0 V_0 = P_1 V_1$$

$P_0 = 2 V_0$ $P_1 = 2 V_1$ $\Rightarrow 9 \cdot 2 V_0^2 = 2 V_1^2 \Rightarrow V_1 = 3 V_0$

$$\Rightarrow 9 \cdot 2 V_0^2 = 2 V_1^2 \Rightarrow V_1 = 3 V_0$$

$$P_1 = 3 P_0$$

Ответ

$$2. A_1 = S = \frac{2 P_0 \cdot 2 V_0}{n} = 2 P_0 V_0 = 2 \nu R T_0 =$$

$$= 2 \cdot 5 \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ Дж} = 831 \cdot 300 \text{ Дж}$$

$$831 \cdot 3 = 2400 + 93 = 2493$$

$$A_1 = 24930 \text{ Дж}$$

Ответ: $A_1 = 2 R \nu T_0 = 24930 \text{ Дж}$

$$- \frac{93}{1} \cdot \frac{1}{12,25}$$

$$3. H - ? M = 400 \text{ кг}, N = 20, \eta = 0,5$$

$$- \frac{13}{1} \cdot \frac{1}{20}$$

$$\text{ЗЧП ЗСЭ: } A_{\text{полезн}} = M g H \quad A_{\text{полезн}} = A_1 \eta \cdot N$$

$$\Rightarrow H = \frac{A_1 \eta N}{M g} = \frac{24930 \cdot \frac{1}{2} \cdot 20}{10 \cdot 400} = \frac{249,3}{4} = 60 + 2,325 = 62,325 \text{ м}$$

$$= 62,325 \text{ м}$$

Ответ: $M = \frac{A_1 \eta N}{M g} = 62,325 \text{ м}$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

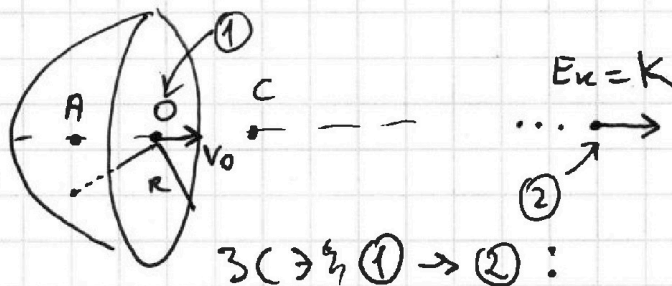
СТРАНИЦА
1 из 2

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!

(N5) Дано: Q, m, q, K

1. ϵ_0 , Дано: V_0 - ?

$$E_{\text{пот}} = \sum \frac{dq Q}{R \cdot 4\pi\epsilon_0} = \frac{Qq}{4\pi R \epsilon_0}$$



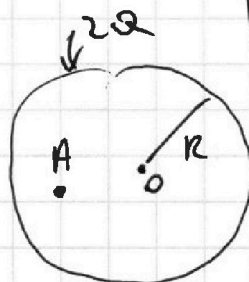
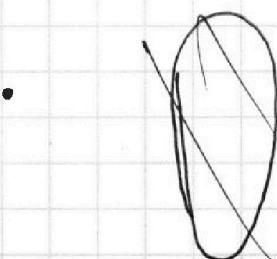
$$\frac{Qq}{4\pi R \epsilon_0} + \frac{mV_0^2}{2} = K$$

$$V_0^2 = \left(K - \frac{Qq}{4\pi R \epsilon_0} \right) \frac{2}{m} = \frac{\left(2K - \frac{Qq}{2\pi R \epsilon_0} \right)}{m}$$

$$V_0 = \sqrt{2K}$$

Ответ: $V_0 = \sqrt{\frac{2K - \frac{Qq}{2\pi R \epsilon_0}}{m}}$

2.



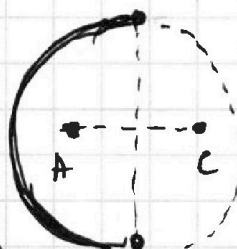
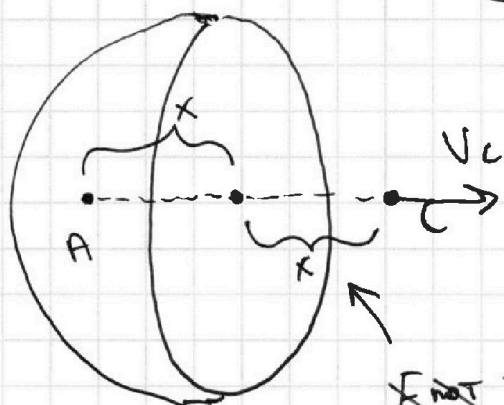
$$\varphi_{\text{внутри}} = \text{const} \Rightarrow \Delta \varphi = 0$$

$$\Delta E_{\text{пот}} = \Delta \varphi \cdot q = 0$$

$$\Rightarrow E_{\text{внутри}}^{\text{пот}} = \text{const}$$

$$\Rightarrow E_A^{\text{пот}} = E_0^{\text{пот}} = \frac{2Qq}{4\pi R \epsilon_0} = \frac{Qq}{2\pi R \epsilon_0}$$

В сфере,
заряды:
C 2Q.



$$E_A^{\text{пот}} = E_0^{\text{пот}} = E_A^{\text{пот}}$$



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.

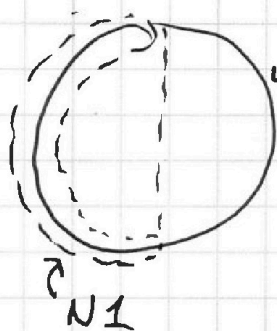
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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!

Пусть в точке A энергия вз. г и полусф. равна $E_A^{\text{пот}}$, а в точке C - $E_C^{\text{пот}}$

пусть в сфере поле равно. заряд. $2Q$ состоит из полусфер N1 и N2



Тогда $E_{A/2}^{\text{пот}} = E_{\text{от } N1}^{\text{пот}} + E_{\text{от } N2}^{\text{пот}}$

$$\Rightarrow E_{\text{внутри}}^{\text{пот}} = E_A^{\text{пот}} + E_{A \text{ от } N2}^{\text{пот}}$$

$$E_{A \text{ от } N2}^{\text{пот}} = E_{C \text{ от } N1}^{\text{пот}} = E_C^{\text{пот}}$$

$$\Rightarrow E_{\text{внутри}}^{\text{пот}} = E_A^{\text{пот}} + E_C^{\text{пот}}$$

$$\Rightarrow E_A^{\text{пот}} + E_C^{\text{пот}} = \frac{Qq}{2\pi R \epsilon_0}$$

3C2: (A) $\rightarrow \infty$: $E_A^{\text{пот}} = K \Rightarrow E_C^{\text{пот}} = \frac{Qq}{2\pi R \epsilon_0} - K$

3C3: (C) $\rightarrow \infty$: $E_C^{\text{пот}} + \frac{mV_C^2}{2} = K$

$$\Rightarrow \frac{mV_C^2}{2} = 2K - \frac{Qq}{2\pi R \epsilon_0} \Rightarrow V_C = \sqrt{\frac{4K - \frac{Qq}{\pi R \epsilon_0}}{m}}$$

Ответ: $V_C = \sqrt{\frac{4K - \frac{Qq}{\pi R \epsilon_0}}{m}}$

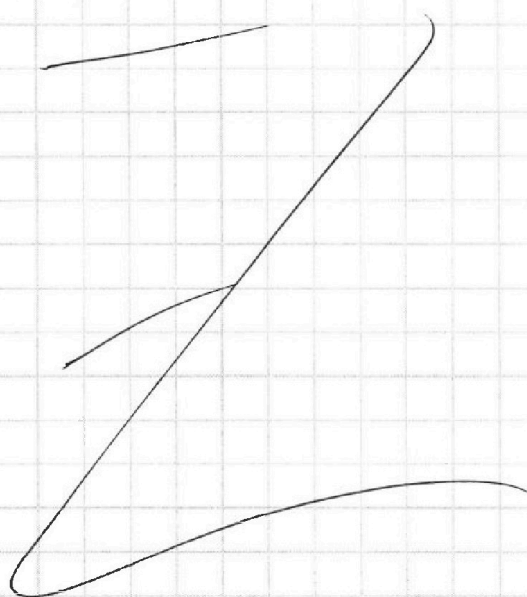


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

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!



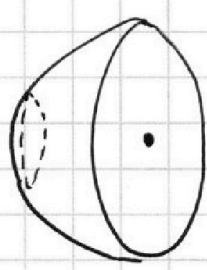


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$K = \frac{mv^2}{2} + \sum \frac{kQq}{r} = \frac{kQq}{R} = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R}$$

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

$E_1 + E_2 = \frac{kQq}{x}$

$E_1 = \frac{kQq}{R} + \frac{mv_0^2}{2}$

$\frac{kQq}{R} - E_1 + \frac{mv_0^2}{2} = k$

$K + E_c = \frac{mv_0^2}{2}$

$E_c + \frac{mv_0^2}{2} = K$

$\frac{2Qq}{24\pi\epsilon_0} - k + \frac{mv_0^2}{2} = k$

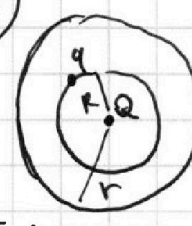
$(2k - \frac{Qq}{24\pi\epsilon_0}) \frac{2}{m}$

$E_1 = \frac{kqQ}{k} \quad E_2 = \frac{kqQ}{k}$

$\Delta E_{\text{пот}} = kqQ \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)$

$= \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{r}$

$E =$



$\varphi = \text{const} \Rightarrow E_{\text{пот}} - \text{конст}$

$E_{\text{пот}} = \Delta\varphi \cdot q$

$\varphi = \text{const} \Rightarrow E_{\text{пот}} - \text{конст}$



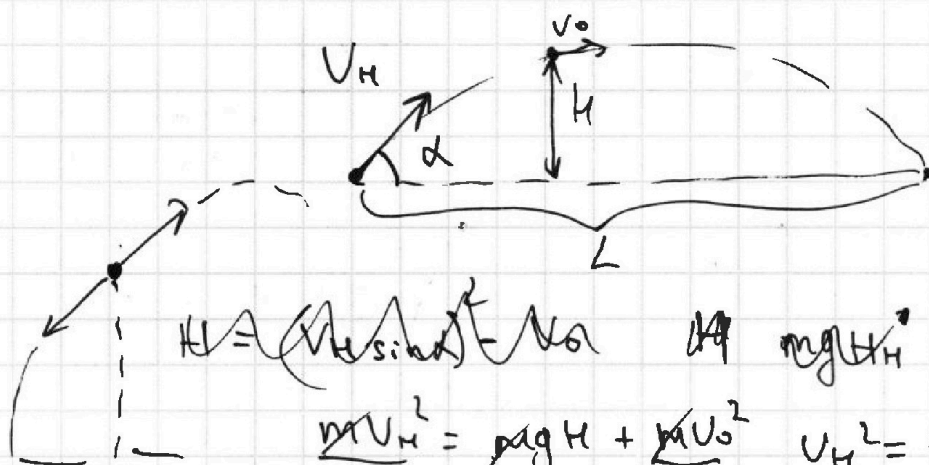


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$H = (v_H \sin \alpha) t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\frac{m v_H^2}{2} = m g H + \frac{m v_0^2}{2} \quad v_H^2 = 2 g H + v_0^2$$

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

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

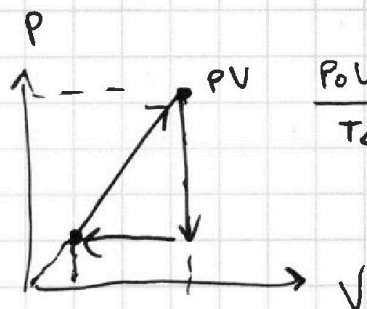
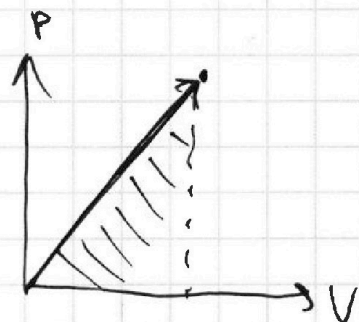
$$C_P = C_V + R = \frac{5R}{2}$$

$$C_{\Delta T} = \frac{P V}{2} + \frac{3}{2} R \Delta T$$

$$Q = A + U$$

$$C_{\Delta T} = \frac{P V}{2} + \frac{3}{2} R \Delta T$$

$$C = \frac{R}{2} \gamma \frac{3}{2}$$



$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P_1 V_1}{9 T_0} \Rightarrow P_1 V_1 = 9 P_0 V_0$$

$$P_0 = 2 V_0 \Rightarrow P_1 V_1^2 = 9 P_0 V_0^2$$

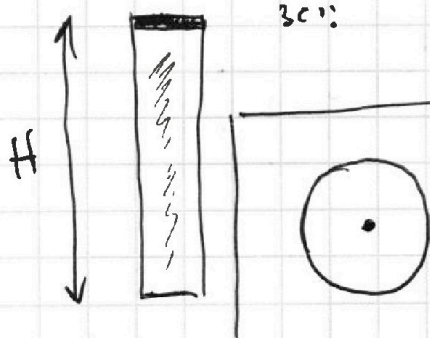
$$P_1 - 3 V_1 = \frac{3}{9} P_0 V_0$$

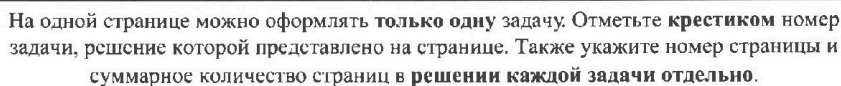
$$V_1 = 3 V_0$$

$$\frac{240 + 9,3}{4} = \frac{60 + 9,3}{4}$$

$$= 60 + 2,325$$

$$\begin{array}{r} 93 \overline{) 4} \\ - 8 \overline{) 23,25} \\ \hline 13 \\ - 12 \overline{) 10} \\ \hline 20 \end{array}$$





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!

