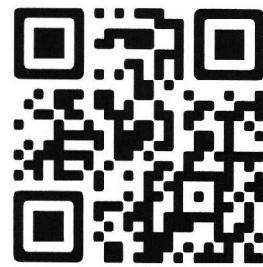




**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 10-04

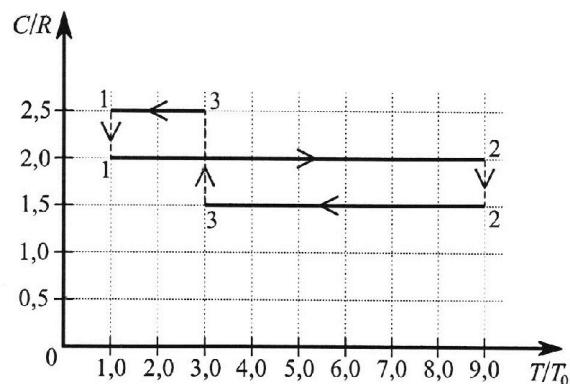
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $v = 5$ моль однотипного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300\text{ K}$.

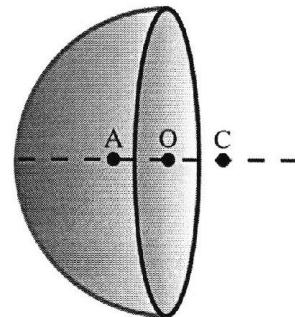
- Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, где P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400\text{ kg}$ за $N = 20$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10\text{ m/c}^2$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31\text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$. 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 .



- Найдите скорость V_O частицы в точке О. Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
- 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.



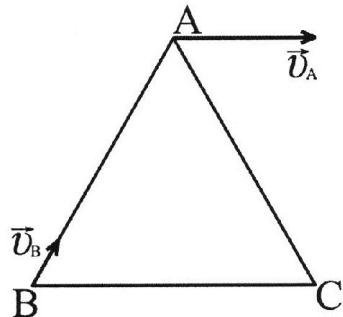
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

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



1. Найдите модуль v_A скорости вершины А.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершил один оборот?

Пчела массой $m = 120 \text{ мг}$ прилетает и садится на пластину вблизи вершины С.

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

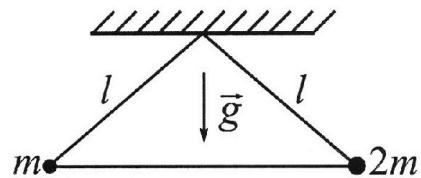
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 20 \text{ м/с}$. 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 $m = 90 \text{ г}$ и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарики скреплены с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Системудерживают так, что шарики находятся 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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.

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

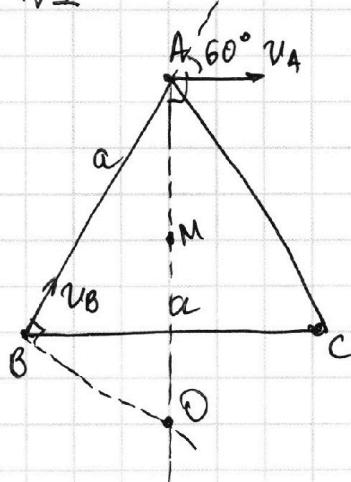
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

N1



$$I) \quad v_B = 0,4 \text{ м/с}, \quad v_A - ?$$

1) проекц. v_B на $AB =$ проекц. v_A на $AB \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_B = v_A \cdot \cos 60$$

$$v_B = \frac{v_A}{2} \Rightarrow \boxed{v_A = 2v_B = 0,8 \text{ м/с}}$$

II) i) Найдём угловую ск-ть вращ. А относительно.

центра скоростей (T.O.)

$$\angle BAO = 30^\circ \Rightarrow AO = l, \quad l \cdot \cos 30 = a, \quad l = \frac{a}{\cos 30} = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}}{3} a =$$

$\cancel{w} = \frac{2\sqrt{3}}{3} a \cancel{v_A}$

$$\angle BAO = 30^\circ \Rightarrow OB = a \cdot \tan 30 = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$w = \frac{v_B}{OB} = \sqrt{3} \frac{v_B}{a}$$

ii) Уч. ск-ть вращ. Т.б. тангенциальная отн. модуль

точки $\Rightarrow w \rightarrow$ уч. ск-ть вращ. отн. Т. М

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

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

III) i) Пластина гб-ся по плоскости поб-ти \Rightarrow она гб-ся

без ускорения \Rightarrow CO $v_{cm} = \text{const}$ (внешн. сил нет)



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

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) Т.к. $m <$ массы пластины, то наше тело никак не повлияет на звёзды пластины

3) Перейдём в COУШ. (она инерц. \Rightarrow сила тяжести осталась). Всегда $\omega \vec{m}$ звёзды по окр. вокруг т.М существоует



$$2r \cos 30^\circ = a \Rightarrow \sqrt{3}r = a, r = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$R_E = m \cdot \omega^2 r = m \cdot 3 \frac{\omega^2}{a^2} \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} =$$

$$= \sqrt{3} m \cdot \frac{\omega^2}{a} = \sqrt{3} \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,16}{0,4} M =$$

$$= \sqrt{3} \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 M = \sqrt{3} \cdot 48 \cdot 10^{-3} M = 48\sqrt{3} M$$

$N = mg \Rightarrow$ их не учитывали

$$\boxed{R = \sqrt{3} \frac{m \omega^2}{a} = 48\sqrt{3} M}$$



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 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
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!

I) N_2 $M - ?$ $h = 14,2 \text{ м}$ $v = 6 \text{ м/с}$

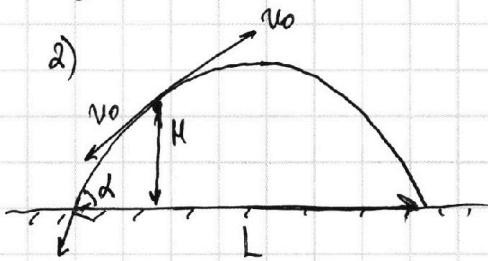
Запишем ЗСГ: $mgh + \frac{mv^2}{2} = mgM$

$$M = h + \frac{v^2}{2g} = 14,2 + \frac{36}{2 \cdot 10} \quad M = 14,2 + \frac{18}{10} \text{ м} = 14,2 + 1,8 \text{ м} = 16 \text{ м}$$

$$\boxed{M = h + \frac{v^2}{2g} = 16 \text{ м}}$$

II) 1) Т.к. ма высоте M ск-то ~~зар~~ финальная = 0, то

из векторного ЗСИ ~~найд~~ ск-то 2-го осколка $\vec{v}_2 = -\vec{v}_0$



$$\frac{mv_0^2}{2} + mgM = \frac{mv^2}{2}$$

$$v_0^2 + 2gM = v^2$$

$$3) L = v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}. 2 \sin \alpha \cos \alpha = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha = \max \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$4) L_{\max} = \frac{v_0^2}{g} = \frac{v_0^2 + 2gM}{g} = \frac{v_0^2}{g} + 2M =$$

$$= \frac{v_0^2}{g} + 2h + \frac{v^2}{g} = 2h + \frac{v_0^2 + v^2}{g} = \frac{400}{10} + 2 \cdot 16 \text{ м} = 40 + 32 \text{ м} = 72 \text{ м}$$

$$\boxed{L_{\max} = 2h + \frac{v_0^2 + v^2}{g} = 72 \text{ м}}$$



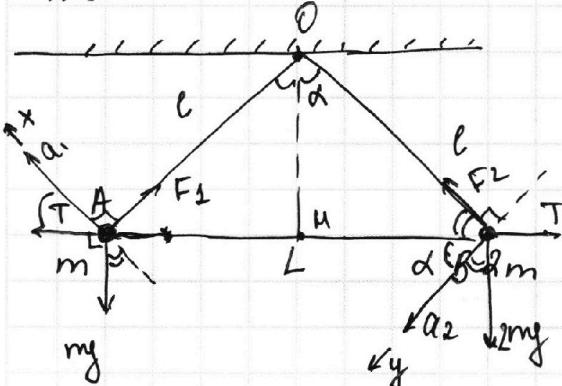
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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!

N3



Тангенциальное ускорение (см рис)

$$\sin \alpha = \frac{L}{2l} = \frac{0,8l}{l}$$

I) шарикам будут давлена по окружностям OA и OB. Внач.

момент сил-то шариков = 0 \Rightarrow

\Rightarrow у 2^й шарика есть только

$$\sin \alpha = \frac{l}{2l} = 0,8$$

$$\sin \alpha = 0,8$$

II) i) Пусть стержень пребывает на угле $d\varphi$.

$$v_1 = a_1 dt \quad v_2 = a_2 dt$$

$$v_1 \cdot \cos(d\varphi + d\varphi_1) = v_2 \cdot \cos(d\varphi + d\varphi_2)$$

$$v_1 \cos \alpha - v_1 \sin \alpha \cdot d\varphi_1 = v_2 \cos \alpha - v_2 \sin \alpha \cdot d\varphi_2 \quad \Rightarrow$$

второй порядок малости ($d\varphi, d\varphi_i$)

$$\Rightarrow v_1 = v_2 \Rightarrow a_1 = a_2 \text{ в начальный момент времени.}$$

2) find 1 шарика II зк на Ox:

$$(1) ma_1 = T \cos \alpha - m g \sin \alpha; \quad a_2 = \frac{T}{m} \cos \alpha - g \sin \alpha$$

II зк find 2 шарика на Oy:

$$a_2 = \frac{g \sin \alpha}{3} = \frac{8}{3} M/C^2$$

$$(2) 2ma_2 = 2mg \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$(1) + (2): 3ma_2 = mg \sin \alpha \Rightarrow a_2 = \frac{g \sin \alpha}{3} = \frac{8}{30} g = \\ = 8/3 M/C^2$$



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 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!

$$\text{III}) \quad a_2 \cdot m a_2 = T \cos \alpha - m g \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T \cos \alpha = m(a_2 + g \sin \alpha)$$

$$\sin \alpha = 0,8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \cos \alpha = 0,6, \quad \tan \alpha =$$

$$\cos \alpha \cdot T = m \left(\frac{g \sin \alpha}{3} + g \sin \alpha \right) =$$
$$= \frac{4}{3} m g \sin \alpha \Rightarrow T = \frac{4}{3} m g \tan \alpha = \frac{16}{9} m g =$$

$$= \frac{16}{9} \cdot 0,09 \cdot 10 \text{ H} = 16 \cdot 0,1 \text{ H} = 1,6 \text{ H}$$

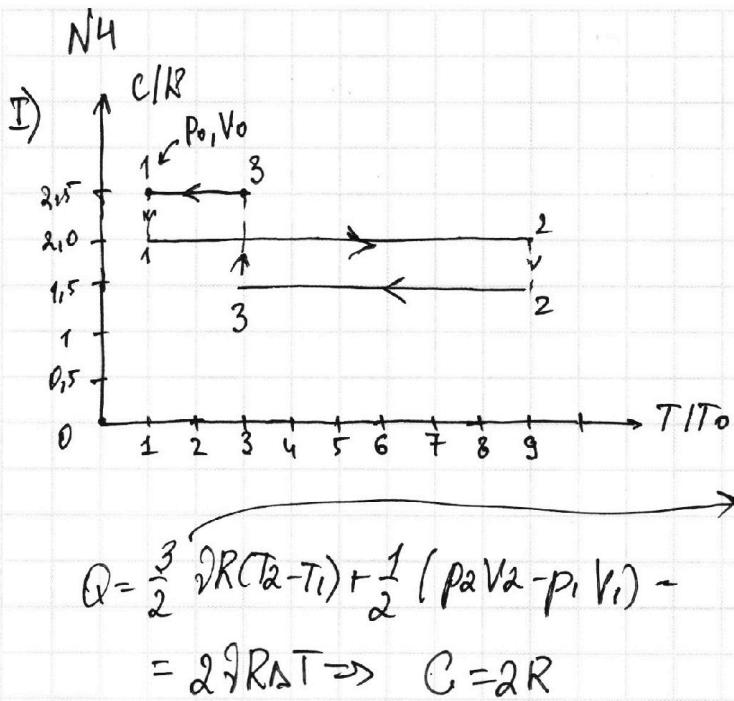
$$\boxed{T = \frac{4}{3} m g \tan \alpha = 1,6 \text{ H}}$$

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**.

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

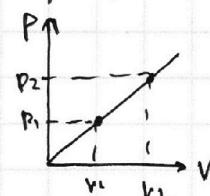
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!



1) $C = 1,5R = \frac{3}{2}R \rightarrow$ изобарический

изотермический
 $C = 2R \rightarrow$ изохорический
 $p(V)$



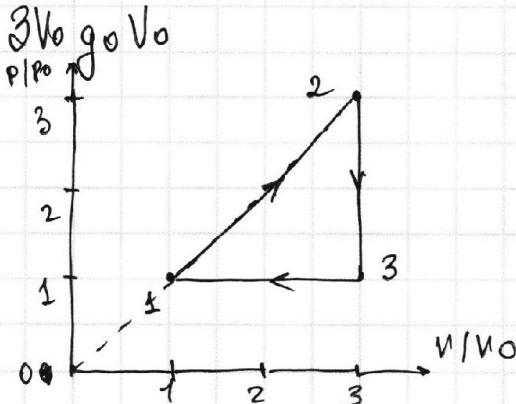
$C = \frac{5}{2}R = 2,5R \rightarrow$ изобарический

2) $p_0 V_0 = \partial R T_0$, $p_2 V_2 = 9 \partial R T_0$, $1 \rightarrow 2 \rightarrow$ изохорический

$p(V) \Rightarrow p_2 = 3p_0$, $V_2 = 3V_0$

3) $2 \rightarrow 3 \rightarrow$ изотермический $\Rightarrow V = 3V_0$, давление уменьшилось от $3p_0$ до p_0

4) $3 \rightarrow 1 \rightarrow$ изобарический, $p = p_0$, объем уменьшился от $3V_0$ до 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**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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!

II)

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot 2\rho_0 \cdot 2V_0 = 2\rho_0 V_0$$

$$\rho_0 V_0 = 2VRT_0$$

$$A_1 = 2VRT_0 = 2 \cdot 5 \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ дж} = 10 \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ дж} =$$

$$= 83,1 \cdot 300 \text{ дж} = 831 \cdot 3 \cdot 10 \text{ дж} = 24930 \text{ дж} = 24,93 \text{ кдж}$$

$$\text{III) } MgM = \frac{1}{2} \cdot N \cdot A_1 \Rightarrow M = \frac{NA_1}{2Mg} = \frac{N \cdot 2VRT_0}{2Mg} = \frac{NVRT_0}{Mg}$$

$$M = \frac{2 \cdot 24930}{2 \cdot 400 \cdot 10} = 62,325 \text{ м}$$

$$A_1 = 2VRT_0 = 24,93 \text{ кдж}$$

$$M = \frac{NVRT_0}{Mg} = 62,325 \text{ м}$$

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**.

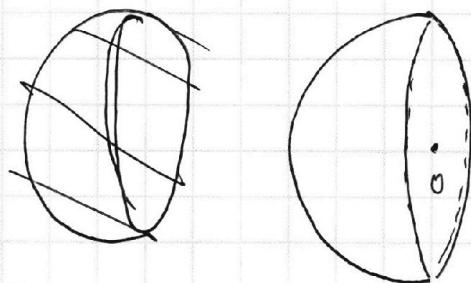
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!

I) №5

1) К → энергия частицы на бесконечности ($\varphi_{\infty} = 0$)

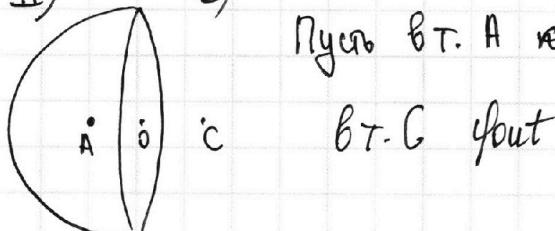


$\varphi_0 = \frac{kQ}{R}$ (разделяем сферу на шашечные заряды и суммируем)

$$2) \varphi_0 \cdot q + \frac{m v_0^2}{2} = K ; \quad \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{mv_0^2}{2} = K$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = K - \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} ; \quad v_0^2 = \frac{2K}{m} - \frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 m R} \Rightarrow \\ \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2K}{m} - \frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 m R}}$$

II)



Пусть ВТ. А → полусфера согл. потенциал φ_{in} ,

ВТ. Г → ост



$\varphi_A = \varphi_{C\Phi} - \varphi_{out}$, где $\varphi_{C\Phi} \rightarrow$ потенциал внутри масой сферы: \bigcirc^{2Q} , $\varphi_{C\Phi} = \frac{2kQ}{R}$



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**.

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

$$2) q \cdot \varphi_{in} \xleftarrow{Задача A} = K \Rightarrow \varphi_{in} = \frac{K}{q} = \varphi_A$$

$$\varphi_{out} = \varphi_{COP} - \varphi_{in} = \frac{2kQ}{R} - \frac{K}{q} = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R} - \frac{K}{q} = \varphi_C$$

$$3) \varphi_A \cdot q = \frac{mv_c^2}{2} + \varphi_C \cdot q \xleftarrow{Задача из ABC}$$

$$q(\varphi_A - \varphi_C) = \frac{mv_c^2}{2}; q \left(\frac{K}{q} + \frac{K}{q} - \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R} \right) = \frac{mv_c^2}{2}$$

$$2K - \frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 R} = \frac{mv_c^2}{2} \rightarrow \boxed{v_c = \sqrt{\frac{4K}{m} - \frac{Qq}{\pi\epsilon_0 m R}}}$$



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

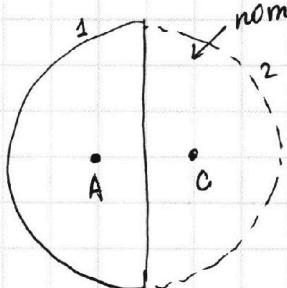
5

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!



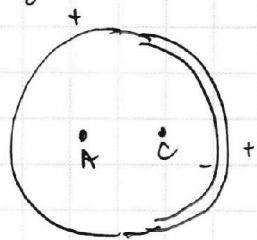
$$\varphi_A = \varphi_{1A} + \varphi_{2A}$$

$$\varphi_C = \varphi_{2C} + \varphi_{1C}$$

$$\varphi_A = \varphi_C$$

Черновик

~~Формулы для φ_{in} и φ_{out}~~



~~Формулы для~~

$$\varphi_A = \varphi_{in}$$

$$\varphi_A = \varphi_{C\varphi} - \varphi_{out}$$

$$\varphi_C = \varphi_{C\varphi} - \varphi_{in}$$