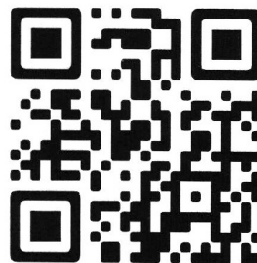




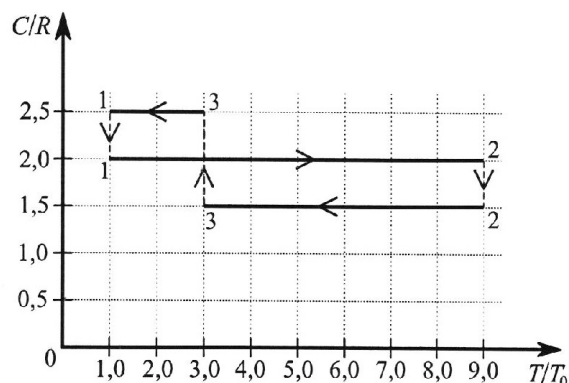
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 300 \text{ K}$.

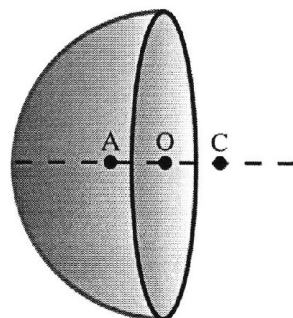


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400 \text{ кг}$ за $N = 20$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, 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 большем 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.

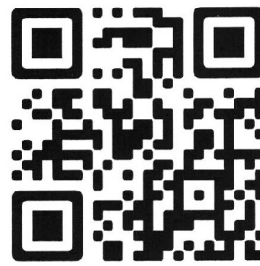
Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.



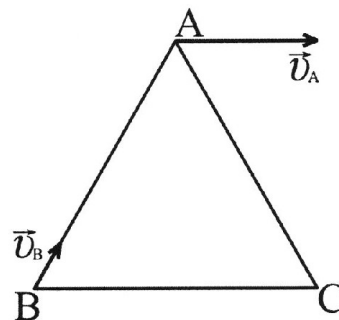
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

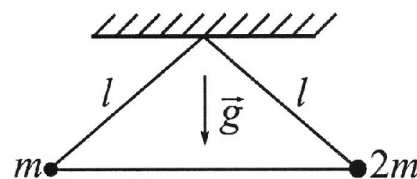
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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.



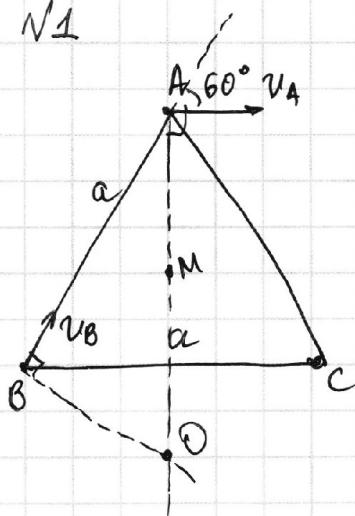
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



I) $v_B = 0,4 \text{ м/с}$, $v_A = ?$

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) 1) Найдём угловую ск-ть вращ. Δ отн. цент. скоростей (т.О.)

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

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

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

2) Уг. ск-ть вращ. тв. тела одинакова отн. любой точки $\Rightarrow \omega \rightarrow$ уг. ск-ть вращ. отн. т.О

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

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

III) 1) Пластина дв-ся по гладкой пов-ти $\Rightarrow$ она дв-ся без ускорения $\Rightarrow$ $\vec{v}_{\text{см}} = \text{const}$ $\leftarrow$ уг. инерциальная (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.

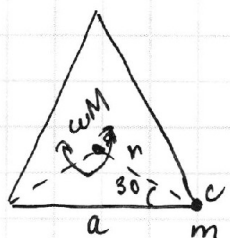
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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. $m \ll$ массы пластины, то наличие шпона никак не повышает на дв-е пластины

3) Перейдём в СО ш. ~~Внеш~~ (она инерц. $\Rightarrow$ сила такая же осталась). Внеш $a(m)$ дв-я по окр. вокруг Т.М с уг ск-то ω



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

$$R = m \cdot \omega^2 r = m \cdot 3 \frac{v_B^2}{a^2} \cdot \frac{a}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} m \cdot \frac{v_B^2}{a} = \sqrt{3} \cdot 120 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,16}{0,4} \text{ Н} =$$

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

$N = mg \Rightarrow$ их не учитываем

$$R = \sqrt{3} \frac{m v_B^2}{a} = 48\sqrt{3} \text{ мН}$$



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 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!

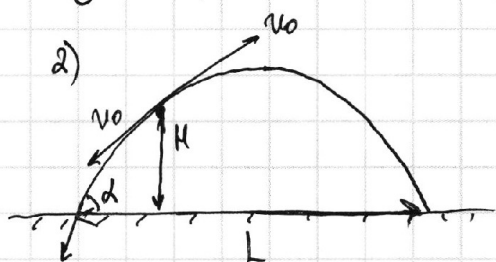
I) ^{N2} М-? $h=14,2\text{ м}$ $v=6\text{ м/с}$

Запишем ЗСЗ: $mg h + \frac{mv^2}{2} = mg H$

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

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

II) 1) Т.к. на высоте H ск-ть ~~гор~~ фейерверка $= 0$, то из векторной ЗСМ ~~напр~~ ск-ть 2-го осколка $\vec{v}_2 = -\vec{v}_0$



$$\frac{mv_0^2}{2} + mg H = \frac{mv^2}{2}$$

$$v_0^2 + 2g H = v^2$$

3) $L = v \cos \alpha \cdot \frac{2v \sin \alpha}{g} = \frac{v^2}{g} \cdot 2 \sin \alpha \cos \alpha = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha = \text{max} \Rightarrow \alpha = 45^\circ$

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

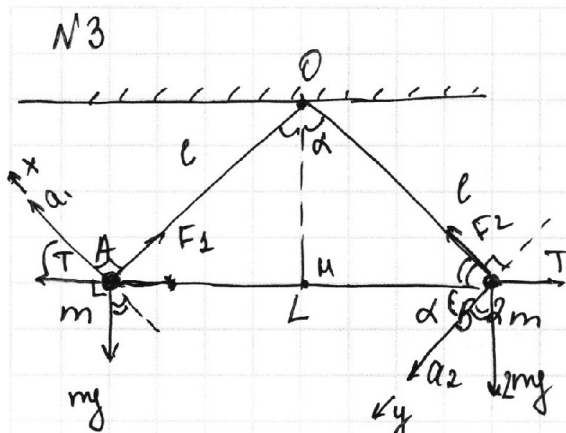
$L_{\text{max}} = 2h + \frac{v_0^2 + v^2}{g} = 72 \text{ м}$



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!



I) шарики будут дв-ся по окружностям OA и OB. Внат. момент ск-го шариков = 0 $\Rightarrow$ $\Rightarrow$ у 2-го шарика есть только

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

Тангенциальное ускорение (см рис)

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

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

II) 1) Пусть стержень повернулся на угол $d\varphi$.

$$v_1 = a_1 dt$$

$$v_2 = a_2 dt$$

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

углы, которые скорости шариков составляют со стержнем

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

второй порядок малости ($d\varphi$)

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

2) для 1 шарика II зк на Oх:

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

II зк для 2 шарика на Oy:

$$a_2 = \frac{g \sin \alpha}{3} = \frac{8}{3} \text{ м/с}^2$$

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

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



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!

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

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

$$\text{отд. } T = m \left(\frac{g \sin \alpha}{3} + g \sin \alpha \right) =$$

$$= \frac{4}{3} m g \sin \alpha \Rightarrow T = \frac{4}{3} m g \operatorname{tg} \alpha = \frac{16}{9} m g =$$

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

$$T = \frac{4}{3} m g \operatorname{tg} \alpha = 1,6 \text{ Н}$$

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

$$\Rightarrow \cos \alpha = 0,6; \operatorname{ctg} \alpha =$$

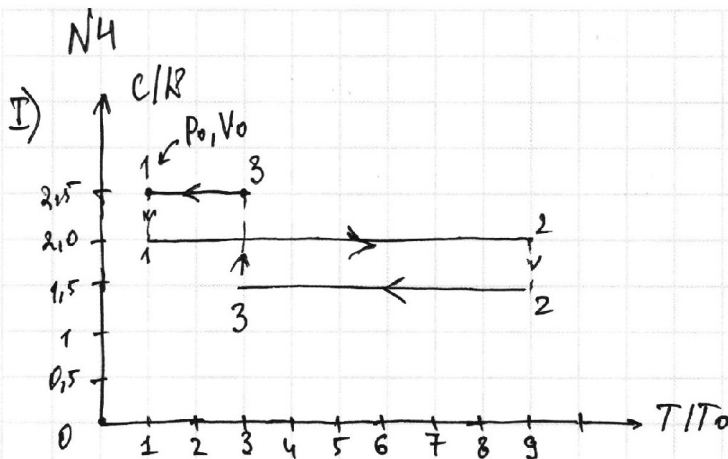
$$\operatorname{tg} \alpha = 8/6 = 4/3$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

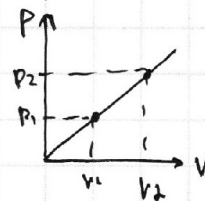
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



1) $C = 1.5R = \frac{3}{2}R \rightarrow$ ~~изобарный~~

изобарный. изохорный

$C = 2R \rightarrow$ линейный
 $p(V)$



$$Q = \frac{3}{2} 2R(T_2 - T_1) + \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) =$$

$$= 2 2R \Delta T \Rightarrow C = 2R$$

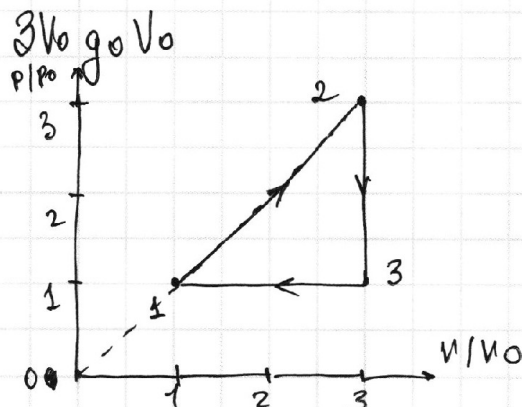
$C = \frac{5}{2}R = 2.5R \rightarrow$ изобарический

2) $p_0 V_0 = 2RT_0$, $p_2 V_2 = 2 2RT_0$, $1 \rightarrow 2 \rightarrow$ линейный

$p(V) \Rightarrow p_2 = 3p_0$, $V_2 = 2V_0$

3) $2 \rightarrow 3 \rightarrow$ изохорный $\Rightarrow V = 2V_0$, давление уменьш. от $3p_0$ до p_0

4) $3 \rightarrow 1 \rightarrow$ изобарный, $p = p_0$, объем уменьш. от $2V_0$ 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**.

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!

II)

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot 2V_0 = 2p_0 V_0$$

$$p_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$A_1 = 2\nu R T_0 = 2 \cdot 5 \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ Дж} = 10 \cdot 8,31 \cdot 300 \text{ Дж} =$$

$$= 831 \cdot 3 \cdot 10 \text{ Дж} = 831 \cdot 3 \cdot 10 \text{ Дж} = 24930 \text{ Дж} = 24,93 \text{ КДж}$$

III) $MgM = \frac{1}{2} \cdot N \cdot A_1 \Rightarrow M = \frac{NA_1}{2Mg} = \frac{N \cdot 2\nu R T_0}{2Mg} = \frac{N\nu R T_0}{Mg}$

$$M = \frac{20 \cdot 24930}{8 \cdot 400 \cdot 10} \quad M = 62,325 \text{ м}$$

$$A_1 = 2\nu R T_0 = 24,93 \text{ КДж}$$

$$M = \frac{N\nu R T_0}{Mg} = 62,325 \text{ м}$$



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.

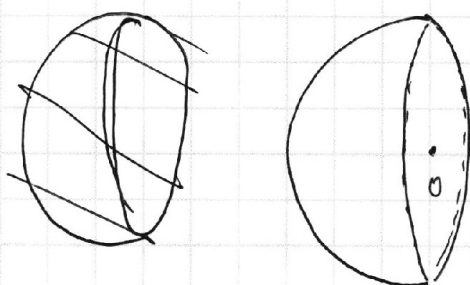
1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

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!

I) N5

1) $K \rightarrow$ энергии частицы на бесконечности ($\varphi_{\infty} = 0$)



$\varphi_0 = \frac{kQ}{R}$ (разбиваем сферу на маленькие заряды и сжимаем)

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

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

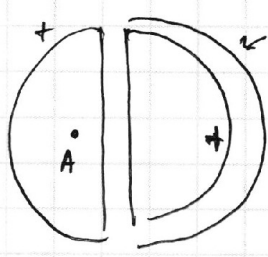
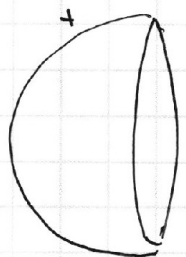
$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2K}{m} - \frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 mR}}$$

II)



1)

Пусть в т. А ~~на~~ полусфера созд. потенциал φ_{in} ,
 в т. С φ_{out}



← две маленькие полусферы зарядов $+Q$ и $-Q$
 с одной стороны $\varphi_A = \varphi_{in}$,
 с другой стороны

$\varphi_A = \varphi_{сф} - \varphi_{out}$, где $\varphi_{сф} \rightarrow$ потенциал внутри такой сферы:  $2Q$, $\varphi_{сф} = \frac{2kQ}{R}$



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**.

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!

$$2) \quad q \cdot \varphi_{in} \xleftarrow{\text{ЗСЗ } q \text{ в } T.A. \rightarrow \infty} = K \Rightarrow \varphi_{in} = \frac{K}{q} = \varphi_A$$

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

$$3) \quad \varphi_A \cdot q = \frac{mv_c^2}{2} + \varphi_c \cdot q \leftarrow \text{ЗСЗ из } A \text{ в } C$$

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

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



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
☐

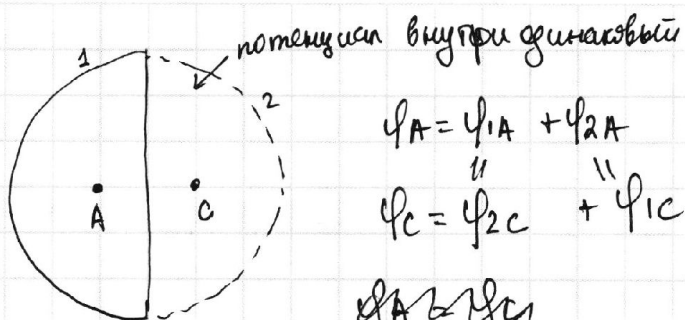
5
☐

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!

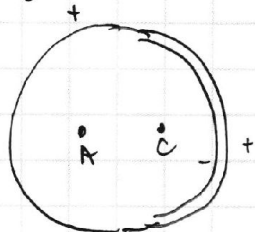


$$\varphi_A = \varphi_{1A} + \varphi_{2A}$$

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

$$\varphi_A \approx \varphi_C$$

~~$\varphi_A \approx \varphi_C$~~ φ_{in} φ_{out}



$$\varphi_A \approx \varphi_{in}$$

$$\varphi_A = \varphi_{сф} - \varphi_{out}$$

$$\varphi_C = \varphi_{сф} - \varphi_{in}$$

Черновик