



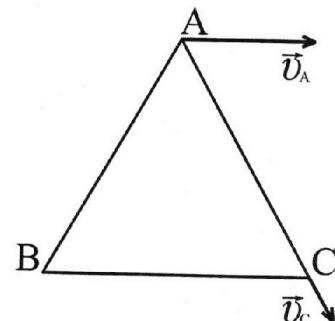
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершил восемь оборотов?

Пчела массой $m = 60 \text{ мг}$ 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 $h = 15 \text{ м}$ фейерверк находился через $\tau = 1 \text{ с}$ после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 30 \text{ м/с}$. 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 $m = 200 \text{ г}$ 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 $g = 10 \text{ м/с}^2$.

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

$$\begin{aligned} T &= 2.4T - 1.2mg = 0.8T + 1.2mg = ma \\ T &= 1.2mg - 0.8T = 2ma \end{aligned}$$



**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 $v=1$ моль однотомного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 200 \text{ K}$.

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

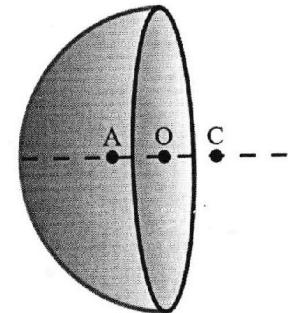
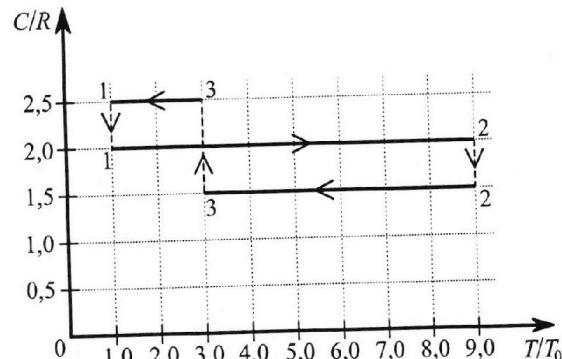
2. Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

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 A, O, C находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка O удалена от всех точек полусферы на расстояние R . Из точки A стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m , заряд q . В точке O кинетическая энергия частицы равна K .

- С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки O? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
- Найдите скорость V_C , с которой частица движется в точке C. Точки A и C находятся на неизвестных равных расстояниях от точки O.

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



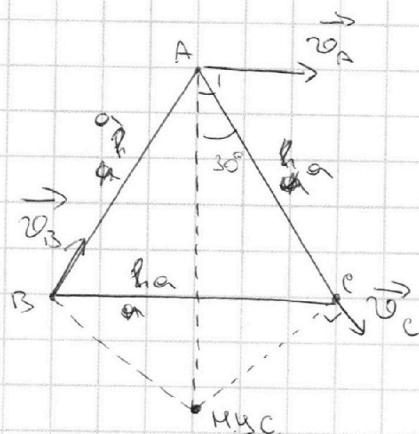


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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)



(1) Найдем мгновенный центр скоростей данной системы.

Для этого проведем первоначально векторам скоростей \vec{v}_A и \vec{v}_C . Их пересечение — мгновенный центр скоростей, т.к. в нём все скорости направлены первоначально, то есть

~~качение~~ — мгновенное движение по окружности

$$\text{расстояние от T.A до МУС} \frac{ha}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}ha}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}ha}{3}$$

$$\text{от T.C до МУС: } \frac{2\sqrt{3}ha}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}ha}{3}$$

$$\omega = \frac{\frac{v_A}{2\sqrt{3}ha}}{\frac{3}{3}} = \frac{\frac{v_C}{\sqrt{3}ha}}{\frac{3}{3}} \Rightarrow \boxed{\frac{v_A}{2} = v_C} \quad \boxed{v_C = 0,3 \frac{m}{s}}$$

$$\omega = \frac{\frac{3v_A}{2\sqrt{3}ha}}{\frac{3}{3}} = \frac{\frac{3 \cdot 0,6 \frac{m}{s}}{2\sqrt{3} \cdot 0,3m}}{\frac{3}{3}} = \frac{\sqrt{3}}{c}$$

$$(2) время одного оборота $t = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow$ 8 оборотов $\tau = \frac{16\pi}{\omega} =$$$

$$= \left[\frac{16\pi}{\sqrt{3}} \right] c = \tau$$

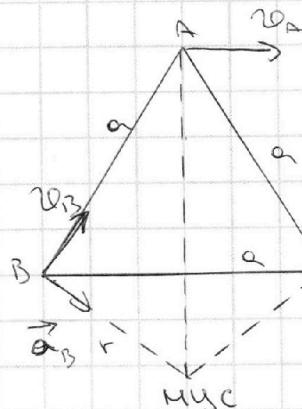


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



(3) Расстояние от МУС до точек B и C одинаково \Rightarrow

$$v_B = v_C = 0,3 \frac{m}{c} = \frac{v_A}{2}$$

На МУС действует центробежное ускорение

$$\vec{a}_B = \frac{v_B^2}{r}, \text{ где } r - \text{расстояние от } B \text{ до МУС.}$$

$$r = \frac{a}{\sqrt{3}} \Rightarrow \vec{a}_B = \frac{v_B^2 \sqrt{3}}{a} = \frac{(0,3 \frac{m}{c})^2 \sqrt{3}}{0,3 m} = \frac{3\sqrt{3}}{10} \frac{m}{c^2} = a_B$$

Значит суммарно на МУС действует сила

$$R = m \cdot \vec{a}_B = 60 \text{ кг} \cdot \frac{3\sqrt{3}}{10} \frac{m}{c^2} = 60 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{3\sqrt{3}}{10} H =$$

$$= \boxed{18\sqrt{3} \cdot 10^{-6} H = R}$$

$$\text{Ответ: (1)} v_c = \frac{v_a}{2} = 0,3 \frac{m}{c}$$

$$(2) \tilde{t} = \frac{32\pi \cdot a}{\sqrt{3} v_a} = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} c$$

$$(3) R = \frac{\sqrt{3} m v_a^2}{4 a} = 18\sqrt{3} \cdot 10^{-6} H$$



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.

- 1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

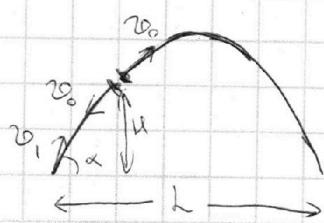
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

(2) (1) Пусть начальная скорость фейерверка около земли v_0 . Тогда:

$$h = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$\vartheta = \frac{1}{t} \left(h + \frac{g t^2}{2} \right) = \left[\frac{h}{t} + \frac{g t}{2} \right] = \frac{\frac{15}{8} \frac{m}{s}}{s} + \frac{\frac{10}{c^2} \cdot 1c}{2} = \boxed{\frac{20 \frac{m}{s}}{c} = 20}$$

(2) По закону сохранения ~~и~~ импульса скорости осеваков при разлёте равны по модулю и противоположны. Значит если поставить



рёбром траектории движение
свых осеваков, суммарно полу-
чится полное наработона.

Максимальная высота ~~и~~ фейерверка $H = \frac{v_0^2}{g}$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{\left(\frac{20}{c}\right)^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} = 20 \frac{m}{s} = H \Rightarrow \text{скорость около поверх-}
~~ности зем~~$$



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!

скорость около поверхности земли у обеих верол-

ков будет одинаковой v_1 :

$$\text{ЗСЭ: } \frac{mv_0^2}{2} + mgH = \frac{mv_1^2}{2} \Rightarrow v_1^2 = v_0^2 + 2gH$$

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2gH} = \sqrt{v^2 + v_0^2} = \sqrt{(20 \frac{m}{s})^2 + (30 \frac{m}{s})^2} =$$

$$= 10 \frac{m}{s} \cdot \sqrt{4+9} = 10\sqrt{13} \frac{m}{s} = v_1$$

Значит расчетные между осьюками

$$h = \frac{2v_1 \sin \alpha}{g}, v_1 \cos \alpha = \frac{v_1^2 \sin 2\alpha}{g} \rightarrow \max$$

Л будет максимальным при $\sin 2\alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ$

$$L_{\max} = \frac{v_1^2}{g} = \frac{1300 \frac{m^2}{s^2}}{10 \frac{m}{s^2}} = \boxed{130m = L_{\max}}$$

$$\text{Ответ: (1)} \quad L = \frac{h}{2} + \frac{g^2}{2} = 20 \frac{m}{s}$$

$$(2) \quad L_{\max} = \frac{v_1^2 + v_0^2}{g} = 130m$$

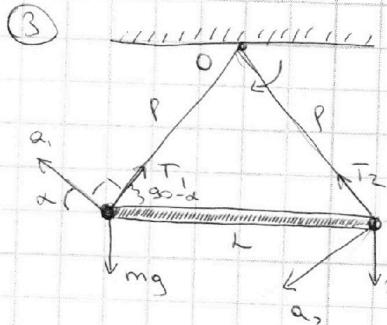


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



(3) В начальный момент система

качет вращаться относительно i. О.

Ускорение будет только так-
же центростремительное, т.к. скорость v

на начале равна 0 \Rightarrow центростремительное ускорение
равно 0. Значит a_1 направлено перпендикулярно
линии, соединяющей i . О и м.

$$\cos(30^\circ - \alpha) = \frac{L}{2R} = \sin \alpha = \frac{1,2R}{2R} = 0,6$$

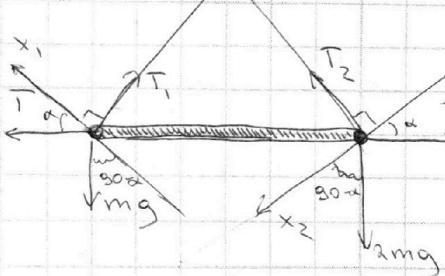
$$\boxed{\sin \alpha = 0,6} \Rightarrow \cos \alpha = 0,8$$

(2) и (3) Стебель невесомый легкий \Rightarrow сила на

него действует только вдоль его линии, иначе
он качает закручиваться.

две груза m 23Н на ось Ox_1 :

$$T \cos \alpha - m g \sin \alpha = m a_1$$



две груза $2m$ 23Н на ось Ox_2 :

$$2m g \sin \alpha - T \cos \alpha = 2m a_2$$



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!

$a_1 = a_2$, т.к. эти два груза связаны нитью
одинаковой длиной.

$$0,8T - 0,6mg = ma,$$

$$1,2mg - 0,8T = 2ma,$$

$$1,8mg = 3ma,$$

$$0,6mg = 3ma \Rightarrow a_1 = 0,2g \quad a_1 = 2 \frac{m}{c^2}$$

$$0,8T = m \cdot 0,2g + 0,6mg = 0,8mg$$

$$\boxed{T = mg} \quad \boxed{T = 2H}$$

$$\text{Ответ: (1) } \sin \alpha = \frac{L}{2r} = 0,6$$

$$(2) a_1 = 0,2g = 2 \frac{m}{c^2}$$

$$(3) T = mg = 2H$$



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!

④ (1) Процесс $2 \rightarrow 3$ имеет теплоемкость $3,5R = c_v \Rightarrow$

это процесс изохора

процесс $3 \rightarrow 1$ имеет теплоемкость $2,5R = c_p \Rightarrow$

это процесс изобары.

$$\text{тогда } p_0 V_0 = 2RT_0$$

$$p_3 V_3 = 2R \cdot 3T_0$$

~~$p_3 V_3 = 2R \cdot 3T_0$~~

$$\text{изобара} \Rightarrow p_3 = p_0 \Rightarrow V_3 = 3V_0$$

$$p_0 V_0 = 2RT_0$$

$$p_2 V_2 = 2R \cdot 9T_0$$

$$2 \rightarrow 3 \text{ изохора} \Rightarrow V_2 = V_3 = 3V_0 \Rightarrow p_2 = 3p_0$$

В процессе $1 \rightarrow 2$ теплоемкость $2R \Rightarrow$

небольшое начальное термодинамическое:

$$2R \Rightarrow dT = \frac{3}{2} dR dT + A_{\text{изог}} \Rightarrow A_{\text{изог}} = \frac{2R dT}{2} =$$

$$= \frac{pdV + Vdp}{2} = pdV = A_{\text{изог}} \Rightarrow Vdp = pdV \Rightarrow$$

$$\text{это значит } \frac{dp}{dV} = \frac{p}{V} = \frac{p_0}{V_0}$$

$$pV = 2RT \Rightarrow pdV + Vdp = 2RdT$$

т.к. $\frac{p}{V}$ начальное
 p_0 и V_0

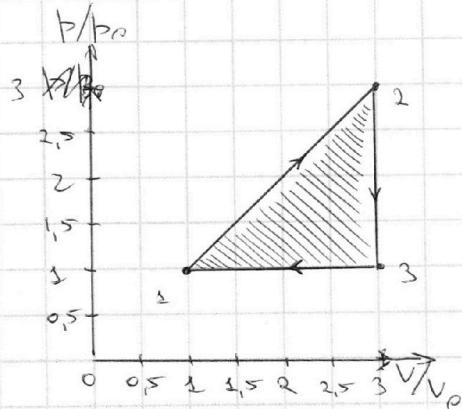


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



\rightarrow 2 - перенос, т.к.

$\frac{dp}{dV} = \frac{P_0}{V_0}$ \Rightarrow коэф. наклона
постоянен и равен $\frac{P_0}{V_0}$

(2) Термоизменение тела в процессе $1 \rightarrow 2$.

$$Q_1 = c_{12} \cdot \Delta T = 2R \cdot \Delta T = (gT_0 - T_0) = [16 \text{Дж} \cdot \text{К} = Q_1] =$$

$$= 16 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 200 \text{К} = 26592 \text{Дж} \approx [26,6 \text{кДж} = Q_1]$$

(3) Работа газа в цикле за один раз -

закраинные площадь на графике

$$A = \frac{1}{2} \cdot (3P_0 - P_0) \cdot (3V_0 - V_0) = 2P_0V_0 = 2 \cdot 2 \cdot R \cdot T_0 = 3324 \text{Дж}$$

Тогда за N циклов полезная работа ног-

$$A_n = \frac{1}{2} \cdot N \cdot A = 41550 \text{Дж}$$

$$A_n = MgH \Rightarrow H = \frac{A_n}{M \cdot g} = \frac{41550 \text{Дж}}{415 \text{кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \approx 10 \text{м}$$

Ответ: (1) перенос выше

$$[H \approx 10 \text{м}]$$

$$(2) Q_1 = 16 \text{Дж} \cdot \text{К} \approx 26,6 \text{кДж}$$

$$(3) H = \frac{N \cdot \text{Дж}}{M \cdot g} \approx 10 \text{м}$$



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**.

 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!

⑤(1) Потенциальная энергия в точке θ равна

$$\Phi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{R}, \text{ т.к. весь заряд распределен на}$$

расстоянии R от точки O . Тогда потенциальная энергия заряда q в точке θ $W_0 = \Phi_0 \cdot q = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R}$

Тогда получаем механическую энергию в т. θ

$$E = W_0 + K = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} + K$$

По закону сохранения энергии, ~~стремясь~~ и из бесконечности также не, а $\Phi_\infty = 0 \Rightarrow$ все энергия кинетическая.

$$\frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} + K = \frac{m\omega^2}{2} \Rightarrow \omega^2 = \frac{2Qq}{2\pi\epsilon_0 m R} + \frac{2K}{m} \Rightarrow$$

$$\boxed{\omega = \sqrt{\frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 m R} + \frac{2K}{m}}}$$



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.

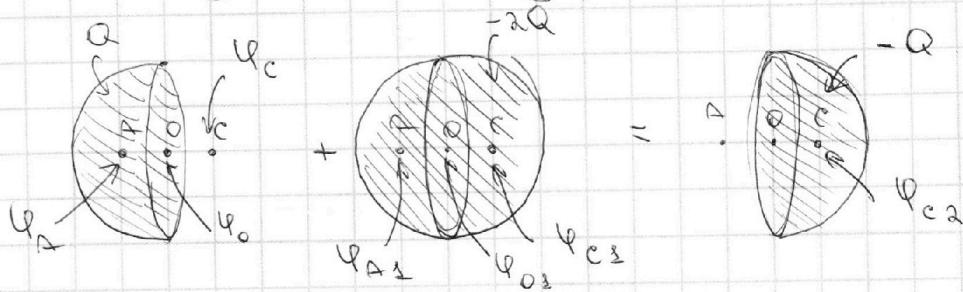
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input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

(2) ~~За~~ Вспомним, что где потенциала работает принцип суперпозиции. Тогда добавим поверх того, что имеем

(2) Вспомним, что где потенциала работает принцип суперпозиции. Тогда добавим в нашу систему сферу радиуса R с центром в г. О и распределением равномерно зарядом $(-2Q)$. Тогда на полусфере соответствие распределение заряда $(-Q)$. Тогда в итоге потенциал Φ_0



$$\text{Тогда в итоге } \Phi_{c2} = \Phi_c + \Phi_{c1} \Rightarrow \Phi_c = \Phi_{c2} - \Phi_{c1}$$

Также $\Phi_{c2} = -\Phi_A$, т.к. положение точки такое же,

также заряд полусфера противоположный.

$$\Phi_A = \Phi_{c1} = \Phi_{c2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{-2Q}{R} = \frac{-Q}{2\pi\epsilon_0 R}, \text{ т.к. поле внутри}$$

равномерно заряженной сферы $0 \Rightarrow$ потенциал однократный



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
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!

$$\varphi_c = -\varphi_A + \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R} = -\varphi_0 - \frac{k}{d} + \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R} = \varphi_c$$

$$\varphi_A \cdot d = \varphi_0 \cdot d + k \Rightarrow \varphi_A = \varphi_0 + \frac{k}{d}$$

ЗСЭ:

$$\varphi_0 \cdot d + k = \varphi_c \cdot d + \frac{m\omega_c^2}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{m\omega_c^2}{2} = k + (\varphi_0 - \varphi_c) d = k + \left(2\varphi_0 + \frac{k}{d} - \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R}\right) \cdot d =$$

$$= k + \frac{Qd}{2\pi\epsilon_0 R} + k - \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R} = 2k = \frac{m\omega_c^2}{2}$$

значит

$$\omega_c = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Ответ: (1) $\omega = \sqrt{\frac{Qd}{2\pi\epsilon_0 m R} + \frac{2k}{m}}$

(2) $\omega_c = \sqrt{\frac{k}{m}}$



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

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!