



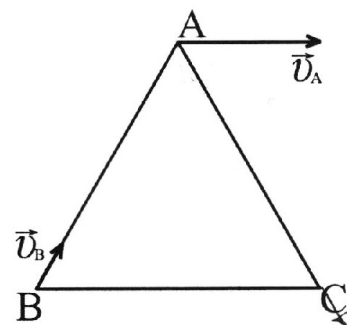
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-02

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 $v_A = 0,8$ м/с, а скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_B скорости вершины B.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит четыре оборота?

Пчела массой $m = 60$ 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.

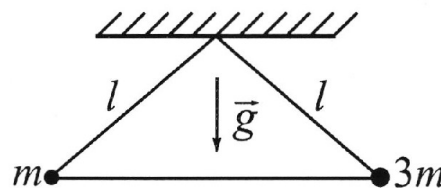
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 11,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 4$ 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 $V_0 = 16$ 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 $m = 80$ г и $3m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарика скреплены с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарика находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $3m$ 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.



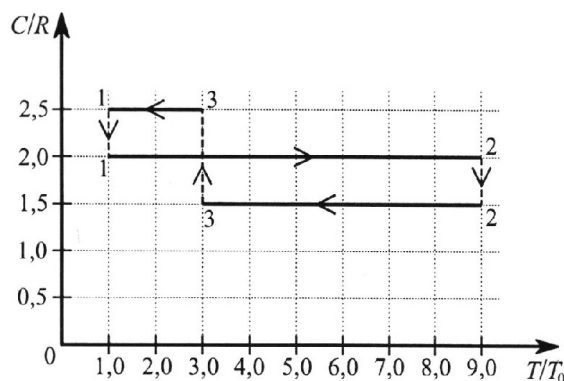
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 3$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 270$ К.

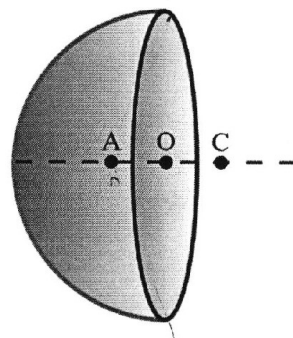


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250$ кг за $N = 15$ 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.

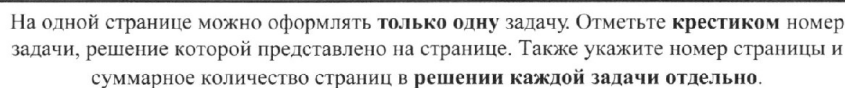
5. По поверхности закреплённой диэлектрической полусферы однородно распределен заряд Q . Точки А, О, С находятся на оси симметрии (см. рис.). Точка О удалена от всех точек полусферы на расстояние R . Из точки А стартовала с нулевой начальной скоростью частица, масса которой m , заряд q . Частица движется по прямой АС и на большем по сравнению с R расстоянии от точки О скорость частицы равна V . Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость V_C частицы в точке С.

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



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!**



1) Для треугольника равнобедренный $\rightarrow$
ва. его углы равны 60°

2) Трайду изповенкуно со врауенил:
катериу перенукуздрот и венуфран
спороний, мени самоти погути
погу перасаченил $\odot$, когау ми и явиеко

3) Так как $BO \parallel AC \Rightarrow \angle AOB = \angle ACB = 90^\circ$ и $\angle ABO = \angle AOC = 60^\circ$
и $\angle AOC = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$

3.2) $BK = KC$ и.и. AK - сумма и разность векторов BK и CK
 $\Rightarrow BK = KC = 9/2$

$$3.3) \Rightarrow \cos 30^\circ = \frac{BK}{BO} \xrightarrow{\text{im } \triangle BKO} BO = \frac{BK}{\cos 30^\circ} = \frac{2BK}{\sqrt{3}} = \frac{2\sqrt{3}BK}{3}$$

$$3.4) \quad \cos 30^\circ = \frac{AO}{AB} \Rightarrow AO = \frac{AB}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}AB}{3}$$

4) Чатгу ушово сароси браунди тик мнов ос
браун: (Азга)

$$W_2 = \frac{V_A}{A_0} = \frac{3 V_A}{2 \sqrt{3} A_0} = \frac{\sqrt{3} V_A}{2 a}$$

4.1) Искомая кривая при условии, что стороны AB и BC равны: $(BC = \frac{a}{2})$

$$I_{B2} = I_{B1} = \frac{\sqrt{3} V_m}{2\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{\pi}{2} = \frac{\sqrt{3} V_m}{\pi \cdot 2} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ A}$$

5) Угол α между $\vec{a}$ и $\vec{b}$ равен $\arccos \frac{1}{\sqrt{2}}$.

$$K_O - \text{dřív} : K_C \approx K_B \quad \text{a} \quad O_K \approx O_B \Rightarrow \Delta K_O C = \Delta K_O B \Rightarrow$$

$\angle KCO = \angle KBO = 30^\circ$ — это стороны $\vec{OC}$ или направление вдоль линии AC
так $\angle OCA = 90^\circ$, так все стороны перпендикулярны оси z



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

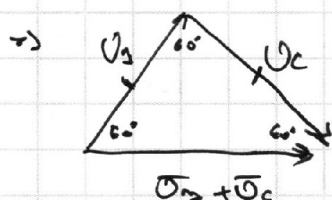
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

6) $OC \perp BO \Rightarrow V_C = \omega OC = \omega OB = V_B = 0,4 \text{ м/с}$

7) Найти скорости в с.о. земли масс:

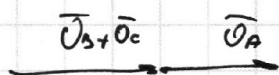
~~масс~~ $\vec{V}_A, \vec{V}_B, \vec{V}_C =$ (массы шаров можно считать равными массе m шаров A, B и C) $\Rightarrow$

$$3m \vec{V}_{\text{ц.м.}} = \frac{m\vec{V}_A + m\vec{V}_B + m\vec{V}_C}{3} \Rightarrow \vec{V}_{\text{ц.м.}} = \frac{\vec{V}_A + \vec{V}_B + \vec{V}_C}{3}$$



$\Rightarrow |\vec{V}_B + \vec{V}_C| = |\vec{V}_A|$ и т.д. равносторонний треугольник

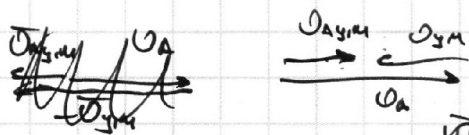
$$|\vec{V}_B + \vec{V}_C + \vec{V}_A| = |\vec{V}_A| + |\vec{V}_B| = 0,3 + 0,4 = 1,2 \text{ м/с}$$



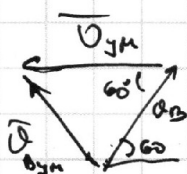
$\Rightarrow |\vec{V}_{\text{ц.м.}}| = \frac{|\vec{V}_B + \vec{V}_C + \vec{V}_A|}{3} = \frac{1,2}{3} = 0,4 \text{ м/с}$

8) Найти скорости в с.о. земли масс и найти скорости точек A, B и C :

8.1) $|\vec{V}_{A, \text{ц.м.}}| = |\vec{V}_A| - |\vec{V}_{\text{ц.м.}}| = 0,3 - 0,4 = 0,4 \text{ м/с}$



8.2)

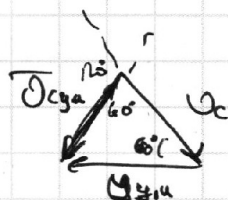


$$|\vec{V}_{B, \text{ц.м.}}|^2 = |\vec{V}_B|^2 + |\vec{V}_{\text{ц.м.}}|^2 - 2|\vec{V}_B||\vec{V}_{\text{ц.м.}}|\cos 60^\circ = 0,16 + 0,16 - 2 \cdot 0,2 \cdot 0,4 \cdot \frac{1}{2} = 0,16 - 0,08 = 0,08$$

и т.д. $\angle(\vec{V}_{B, \text{ц.м.}}, \vec{V}_B) = 60^\circ$ (по к. кр.)

и $|\vec{V}_{B, \text{ц.м.}}| = |\vec{V}_B| \Rightarrow \angle(\vec{V}_{B, \text{ц.м.}}, \vec{V}_B) = 60^\circ$ (по к. кр.)

8.3)



$|\vec{V}_C| = |\vec{V}_{\text{ц.м.}}| \Rightarrow |\vec{V}_{C, \text{ц.м.}}| = |\vec{V}_C| = |\vec{V}_{\text{ц.м.}}|$

и т.д. $\angle(\vec{V}_{C, \text{ц.м.}}, \vec{V}_{\text{ц.м.}}) = 60^\circ$ (по к. кр.)



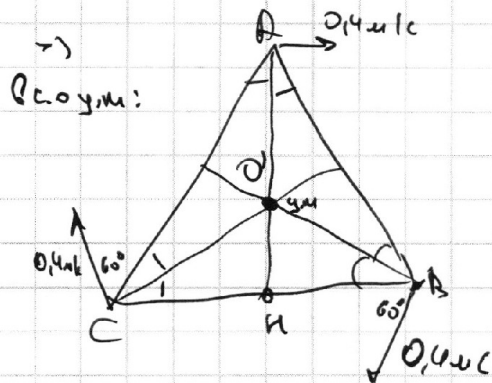
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

8) Центр масс треугольника находится на высоте на расстоянии



9.1) Высота равна высоте /

высоты / медианы равнобедренного

треугольника: $(AC = AB = CB = a)$

$$\sin 60^\circ = \frac{AH}{AC} \Rightarrow AH = AC \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} a$$

9.2) Высота на расстоянии делится в соотношении 2:1 от

$$\text{Вершина} \Rightarrow \frac{AO'}{O'H} = \frac{2}{1} \Rightarrow AO' = 2O'H$$

$$\Rightarrow AO' + \frac{AO'}{2} = AH \Rightarrow \frac{3}{2} AO' = AH \Rightarrow AO' = AH \cdot \frac{2}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2} a \cdot \frac{2}{3} = \frac{\sqrt{3}}{3} a$$

9.3) Заметим, что все скорости направлены под углом 30° к линии центра масс на эти $CO' = O'B = O'A$ и $(\vec{v}_{A, \text{ц.м.}}) / (\vec{v}_{B, \text{ц.м.}})$

$$\Rightarrow \omega = \frac{(\vec{v}_{A, \text{ц.м.}})}{AO'} = \frac{0.4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}}{\frac{\sqrt{3}}{3}} = \frac{0.4 \sqrt{3}}{0.4} = \sqrt{3}$$

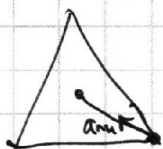
$$\Rightarrow 2\pi \cdot 4 = \omega T \Rightarrow T = \frac{2\pi \cdot 4}{\omega} = \frac{8\pi}{\sqrt{3}}$$

6) 1.50 Тисакина (данный элемент времени

движения по окружности с $\vec{v}_{\text{ц.м.}}$ на вращающейся

с угловой скоростью ω он движется с $\vec{v}_{\text{ц.м.}}$ и

вращается с угловой ω направленной к центру масс треугольника ($m_{\text{ц.м.}} \ll m_{\text{т.п.}} \Rightarrow$ скорость не считаем)



$$R = O'A = \frac{\sqrt{3}}{3} a \Rightarrow R \approx m_{\text{т.п.}} \cdot a \approx 0.0024 \sqrt{3} \text{ м} \approx \frac{60}{1000 \cdot 10} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{5.88 \cdot 0.4}{10.000} = \frac{2.35}{10.000} = 0.000235 \text{ м} \Rightarrow R \approx 0.0024 \sqrt{3} \text{ м}$$



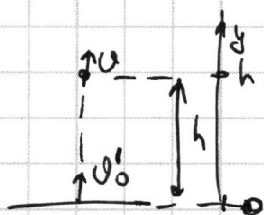


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



1) Запишу зависимость координата фреерверка от времени полета t на Oy :

$$y = v_0' t - \frac{g t^2}{2}$$

2) Пусть масса фреерверка m , запишу закон сохранения энергии (фреерверк запуском вертикального вектора скорости направляет вдоль Oy): (Каждому $y=0$ точку энергии $(v_0'$ - скорость в начале) пишу за 0):

$$\frac{m v_0'^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + m g h$$

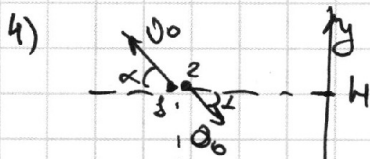
$$\Rightarrow v_0'^2 = v^2 + 2 g h \Rightarrow v_0' = \sqrt{v^2 + 2 g h} = \sqrt{16 + 20 \cdot 11,2} =$$

$$= \sqrt{16 + 224} = \sqrt{240} = 4\sqrt{15} \text{ м/с}$$

3) Найду высоту разрыва фреерверка (Этот разрыв в вертикальном направлении, когда со скоростью движется) $\Rightarrow$

$$Oy: v_0' - g t \Rightarrow O_y = 0 \Rightarrow g t = v_0' \Rightarrow t = \frac{v_0'}{g}$$

$$\Rightarrow H = v_0' t - \frac{g t^2}{2} = \frac{v_0'^2}{g} - \frac{v_0'^2}{2g} = \frac{v_0'^2}{2g} = \frac{240}{20} = 12 \text{ м}$$



4.1) И.к. во время $y=H$ $O_y=0 \Rightarrow$ сумма импульсов двух осколков после равен 0 $\Rightarrow$ и.к. удар масс взлом молекулы покоится $\Rightarrow$ скорости осколков будут равны и противоположно направлены

5) Запишу y_1 для на Ox и Oy для каждого осколка:

$$y_1 = H - v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x_1 = v_0 \cos \alpha t$$

$$y_2 = H - v_0 \sin \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x_2 = v_0 \cos \alpha t$$



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!

6) Рассмотрим путь кини равно баки макс.

при падении, когда L_x - проекция $\vec{v} \times \vec{r}$ равен 0
вертикаль где равно основна!

$$1: H + v_0 t_1 \sin \alpha - \frac{gt_1^2}{2} = 0 \Rightarrow \frac{gt_1^2}{2} - v_0 t_1 \sin \alpha - H = 0$$

$$D = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} \quad \begin{array}{l} \text{один время} \\ \text{век не инт.} \\ \text{(момент в прошлом)} \end{array}$$

$$2: H - v_0 t_2 \sin \alpha - \frac{gt_2^2}{2} = 0 \Rightarrow \frac{gt_2^2}{2} + v_0 t_2 \sin \alpha - H = 0$$

$$D = v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH \Rightarrow t_2 = \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} - v_0 \sin \alpha}{g} \quad \begin{array}{l} \text{один время} \\ \text{на не инт.} \\ \text{момент в будущем} \end{array}$$

$$\Rightarrow L_{x1} = v_0 \cos \alpha t_1$$

$$L_{x2} = v_0 \cos \alpha t_2$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow L &= L_{x1} + L_{x2} = v_0 \cos \alpha (t_1 + t_2) = v_0 \cos \alpha \left(\frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} + \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} - v_0 \sin \alpha}{g} \right) \\ &= \frac{2v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} = \frac{2v_0}{g} \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha + 2gH \cos^2 \alpha} \end{aligned}$$

7) чтобы L было максимальным корень под радикалом
максимальным $\Rightarrow$

$$Q = \sqrt{v_0^2 (1 - \cos^2 \alpha) \cos^2 \alpha + 2gH \cos^2 \alpha} = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha - v_0^2 \cos^4 \alpha + 2gH \cos^2 \alpha}$$

$$\Rightarrow (Q)' = 0 \Rightarrow -2v_0^2 \cos^2 \alpha \sin \alpha + 4v_0^2 \cos^2 \alpha \sin \alpha - 4gH \cos \alpha \sin \alpha = 0$$

$$2v_0^2 + 4gH = 4v_0^2 \cos^2 \alpha \Rightarrow \cos^2 \alpha = \frac{v_0^2 + 2gH}{2v_0^2}$$

$$\Rightarrow L_{\max} = \frac{2v_0}{g} \sqrt{\frac{v_0^2 + 2gH}{2} - \frac{(v_0^2 + 2gH)^2}{4v_0^2} + 2gH \left(\frac{v_0^2 + 2gH}{2v_0^2} \right)}$$

$$= \frac{2v_0}{g} \sqrt{\frac{2v_0^4 + 4gHv_0^2 - v_0^4 - 4gHv_0^2 + 4g^2H^2 + 4gHv_0^2 + 8g^2H^2}{4v_0^2}} = \frac{\sqrt{v_0^4 + 4gHv_0^2 + 4g^2H^2}}{g}$$

$$= \frac{v_0^2 + 2gH}{g} = \frac{16^2 + 20 \cdot 12}{10} = \frac{256 + 240}{10} = \frac{496}{10} = 49,6 \text{ м}$$

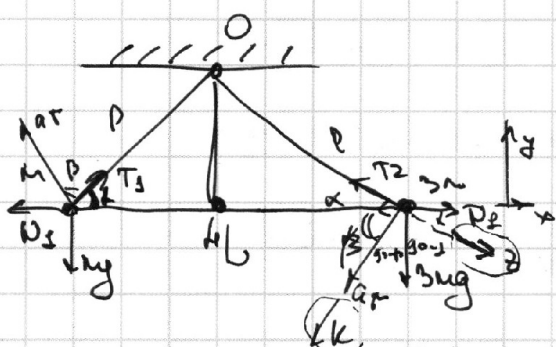


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 5

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!



$$L = 1,2P$$

1) Скорость перемещения по его ускорению равно 0, а значит все криволинейное движение по окружности $a_{\text{норм}} = 0 \Rightarrow a_{\text{з}} = 0 \Rightarrow \Sigma F_{\text{а}} = 0$

2) Запишем н. косинусов для треугольника и найдем $\angle$:

$$P^2 + L^2 - 2PL \cos \angle = P^2$$

$$2PL \cos \angle = L^2$$

$$\cos \angle = \frac{L}{2P}$$

$$\cos \angle = \frac{1,2P}{2P} = 0,6 \Rightarrow \sin \angle = \sqrt{1 - 0,36} = 0,8$$

~~3) Запишем уравнение движения по оси x:~~
 ~~$T_2 \cos \angle = T_3 \cos \angle$ $\Rightarrow T_2 = T_3$~~

2) Запишем, что после отбрасывания в шар перешли 4 н. косинусов. Все конструкции элементов только качание вращаются относительно оси O, т.к. скорости точек вращающихся масс равны 0 $\Rightarrow$ у нас будет только максимальная компонента ускорения

компонента ускорения $\sin \angle$ и $\cos \angle$ будут направлено перпендикулярно

$\Rightarrow$ скорости у нас $\beta = 90^\circ \Rightarrow \sin \beta = \cos \beta = 0,6$
3) запишем уравнение на ось z:
 $N_1 \cos \angle + 3mg \sin \angle = T_2$; на ось K:
 $3ma_{\text{норм}} = 3mg \sin \angle - N_1 \sin \angle$





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.

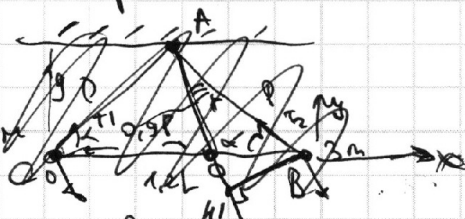
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

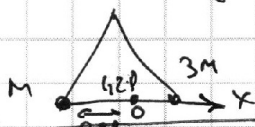
4) Угол α центр масс системы шаров m_1, m_2, m_3 сферический

шаров:



$$\Rightarrow \frac{3m_1 \cdot 1,2P + m_2 \cdot 0}{4m_1} = 0,3P$$

O - точка центра масс



5) Задача, что на систему из шаров сферический

шаров действует какое-то сила в направлении A и что

поиски шаров $\Rightarrow$ центр масс будет находиться на

на систему не действует внешняя сила $\Rightarrow$

AO - ось вращения где находится центр масс

$$3m\vec{a} = 3m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{T}_2 \quad \text{Закон Ньютона для центра масс}$$

6) Опущу перпендикуляр из точки B на AO; $\angle BAO$

7) М. синусов для $\triangle AOB$:

$$\frac{\sin \alpha}{AO} = \frac{\sin \beta}{OB} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{OB}{AO} \sin \beta$$

н. косинус для $\triangle AOB$:

$$AO = \sqrt{OB^2 + AB^2 - 2OB \cdot AB \cos \alpha} = \sqrt{0,09P^2 + P^2 - \frac{12}{10} \cdot P \cdot \frac{0,8}{10} P} =$$

$$= P \cdot \sqrt{1,09 - 0,96} = \sqrt{0,13} P \Rightarrow \sin \alpha = \frac{0,3P}{\sqrt{0,13} P} \cdot 0,8 = \frac{0,24}{\sqrt{0,13}}$$



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 4

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!

0 1) Газ одноатомный $\rightarrow i = 3$

1.1) Газу сообщено количество теплоты при изобарном процессе:

$$Q = p_0 (V_2 - V_1) + \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$p = \frac{\nu R T_1}{V_1} \quad p = \frac{\nu R T_2}{V_2} \Rightarrow V_1 = \frac{\nu R T_1}{p_0} \quad V_2 = \frac{\nu R T_2}{p_0}$$

$$\Rightarrow Q = p_0 \left(\frac{\nu R T_2 - \nu R T_1}{p_0} \right) + \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) =$$

$$= \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow Q = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow C_p = \frac{5}{2} R$$

$\Rightarrow$ одноатомный газ при $p = \text{const}$ $C_p = \frac{5}{2} R \Rightarrow 3 \rightarrow 1$ изобара
м.к. $C_p = \frac{5}{2} R$

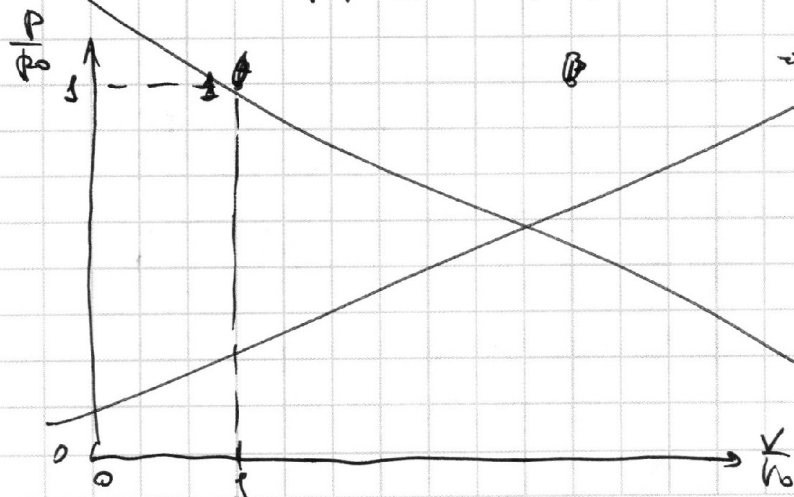
2) Газу сообщено количество теплоты при изохорном процессе:

$$\Rightarrow p_1 = \frac{\nu R T_1}{V_0} \quad p_2 = \frac{\nu R T_2}{V_0} \Rightarrow T_1 = \frac{p_1 V_0}{\nu R} \quad T_2 = \frac{p_2 V_0}{\nu R}$$

$$\Rightarrow Q = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + 0 \Rightarrow Q = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow C_v = \frac{3}{2} R$$

$\Rightarrow$ одноатомный газ при $V = \text{const}$ $C_v = \frac{3}{2} R \Rightarrow 2 \rightarrow 3$ изохора
м.к. $C_v = \frac{3}{2} R$

3) Термический график в координатах $\frac{p}{p_0}$ vs $\frac{V}{V_0}$:



$\Rightarrow$ из графика видно, что
3 $\rightarrow$ 1 - изоб. $p = \text{const}$
2 $\rightarrow$ 3 - изох. $V = \text{const}$

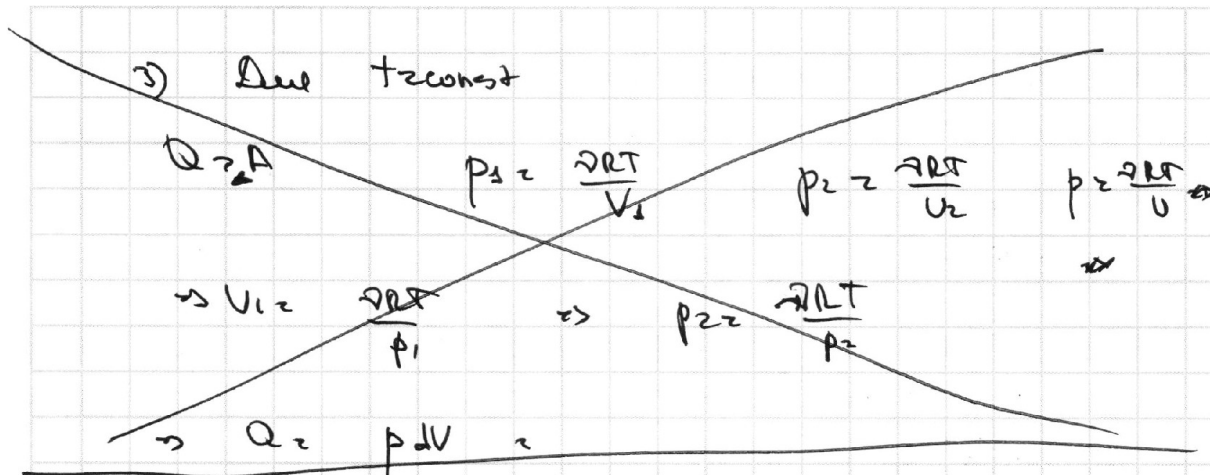


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

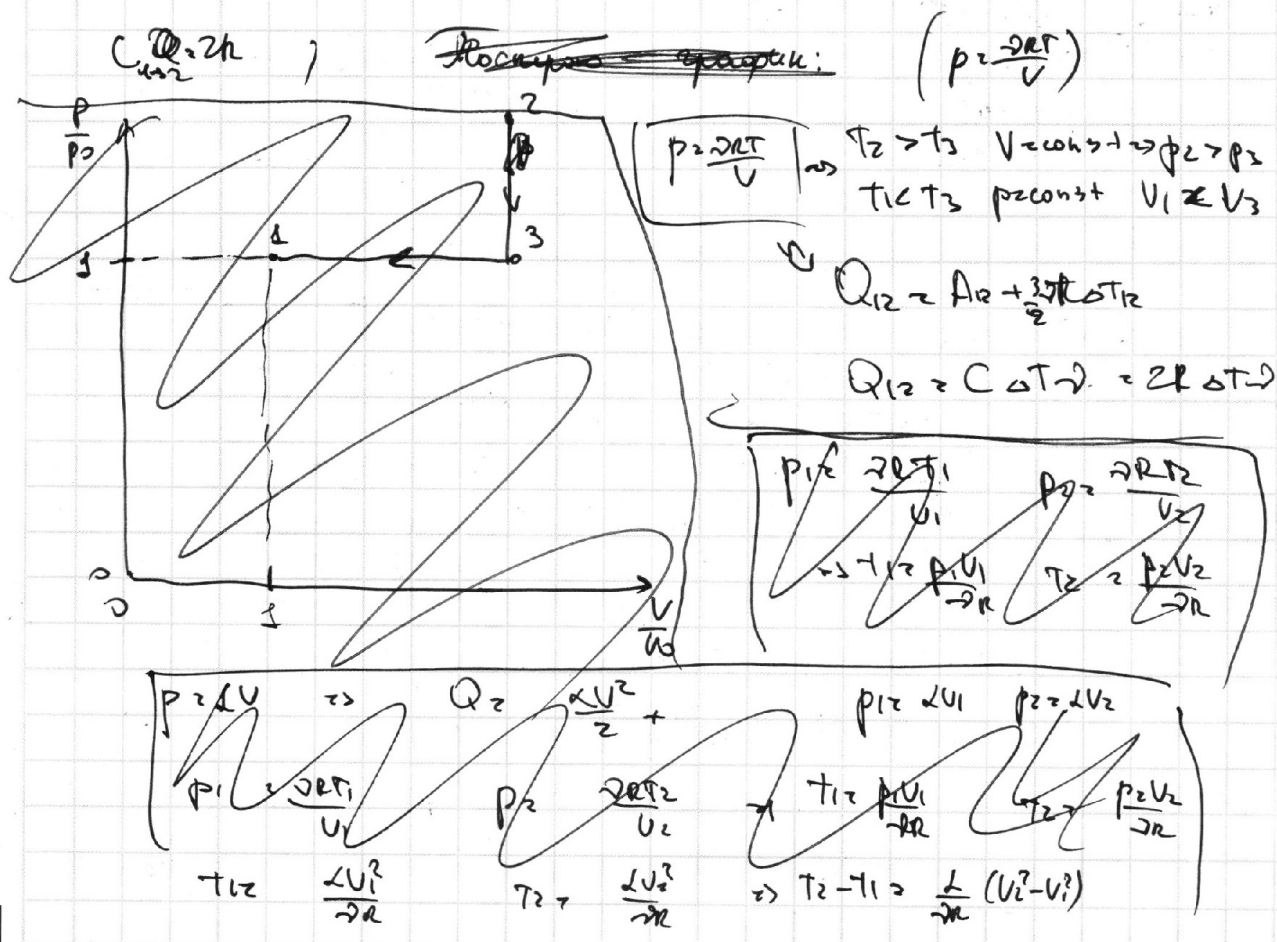
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 4

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) Из графика видно, что процесс $3 \rightarrow 1$ это изобара, а $2 \rightarrow 3$ это изохора (ср. $p_2 = p_3$, а $V_2 = V_3$), когда же процесс $1 \rightarrow 2$ процесс сменной длины





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
4 из 4

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!

8) ~~Вопрос~~ $A_{\text{изл}} = \frac{A_{\text{успл}}}{2} = \frac{A}{2} \rightarrow$

$\Rightarrow$ Используя закон сохранения энергии для груза или
(Δh — высота подъема груза)

$$\frac{A}{2} \cdot \eta = M g \Delta h \rightarrow \Delta h = \frac{A \eta}{2 M g}$$

$$\begin{array}{r} 13462,2 \\ \cdot 3 \\ \hline 40386,6 \end{array}$$

$$\Rightarrow \Delta h = \frac{13462,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 280 \cdot 10} = \frac{13462,2 \cdot 3}{1000} = \frac{40386,6}{1000} = 40,3866 \text{ м}$$

$$\Rightarrow \Delta h \approx 40,4 \text{ м}$$

Ответ: $A = 13462,2 \text{ Дж}$ $\Delta h \approx 40,4 \text{ м}$



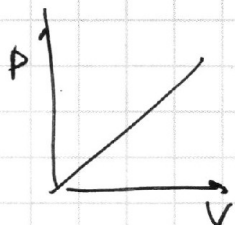
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 4

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) Другой график $p(V)$ или $p(T)$:



$$p = 2V \Rightarrow p_1 = 2V_1 = \frac{2RT_1}{V_1}$$

$$\Rightarrow T_1 = \frac{2V_1^2}{2R} \Rightarrow T_2 = \frac{2V_2^2}{2R}$$

$$\Rightarrow Q = \int_{V_1}^{V_2} p dV + \frac{3}{2} 2R(T_2 - T_1) = \frac{2(V_2^2 - V_1^2)}{2} + \frac{3}{2} 2R(T_2 - T_1)$$

$$\Rightarrow (T_2 - T_1) = \frac{1}{2R} (V_2^2 - V_1^2) \Rightarrow V_2^2 - V_1^2 = \frac{2R(T_2 - T_1)}{1}$$

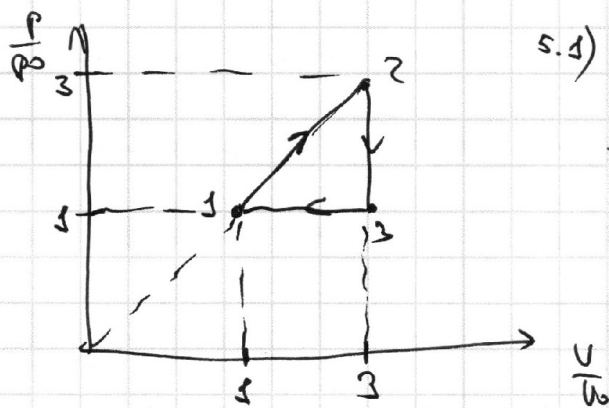
$$\Rightarrow Q = \frac{1}{2} \cdot \frac{2R(T_2 - T_1)}{1} + \frac{3}{2} 2R(T_2 - T_1) = 2R(T_2 - T_1) \Rightarrow$$

$C = 2R$ искомая зависимость $p = 2V \Rightarrow 1 \Rightarrow 2$

или зависимость $p = 2V$

4986
820

5) Восстановить график:



$$5.1) p_1 = p_0; p_3 = p_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_1 = p_0 = \frac{2RT_0}{V_1}$$

$$p_3 = \frac{2R(3T_0)}{V_3}$$

$$\Rightarrow V_3 = \frac{3V_1 p_0}{p_0}$$

$$V_1 = \frac{2RT_0}{p_0}$$

$$V_3 = \frac{3V_1 p_0}{p_0}$$

$$\frac{3V_1 p_0}{p_0} \Rightarrow V_3 = 3V_1$$

$$5.2) V_3 = V_2 \quad p_2 = \frac{2R(3T_0)}{V_2}$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{3 \cdot 2RT_0}{V_2} = 3p_0 \Rightarrow \text{работа газа} = \text{энтальпия}$$

$$\Rightarrow A = \frac{(3V_0 - V_0)(3p_0 - p_0)}{2} = 2p_0 V_0 = 2 \cdot 2RT_0 = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270 = 49,86$$

$$= 13462,2 \text{ Дж}$$

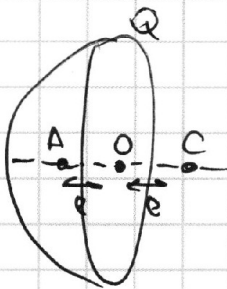


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

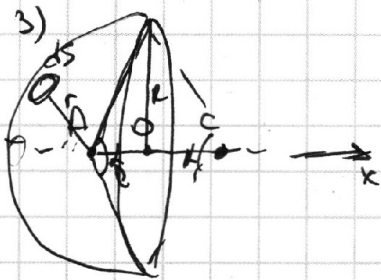


1) Пусть потенциал сферы в точке O: от точки O на поверхности сферы равноудалены на расстоянии R $\Rightarrow$

$\varphi_O = k \frac{Q}{R}$ (на поверхности сферы или внутри на расстоянии R от центра)

2) Если взять Голлман расклевываем по сфер с R потенциал можно считать равным 0 $\Rightarrow$ закон сохранения энергии заряда в точке O и в точке B ($R \gg R$)

$$\Rightarrow \varphi_O \cdot q + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \varphi_O = \sqrt{v^2 - \frac{2\varphi_O q}{m}} \\ = \sqrt{v^2 - \frac{2q}{m} k \frac{Q}{R}} = \sqrt{v^2 - \frac{2kqQ}{mR}}$$



3) Скорость в точке A $\geq 0 \Rightarrow$ ЗСЭ при m B и A:

$$\frac{mv^2}{2} = \varphi_A \cdot q \rightarrow \varphi_A = \frac{mv^2}{2q}$$

3.2) Скорость в точке C найти из ЗСЭ при m C и B:

$$\frac{mv^2}{2} = \varphi_B q + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow \varphi_B = \sqrt{v^2 - \frac{2\varphi_B q}{m}}$$

4) $dE_x = k \frac{z dS}{r^2} \cos \alpha = k z dR$ - где dR - элемент длины $dR = \frac{R \cos \alpha}{r^2}$; z - координата заряда $z = \frac{dQ}{dS} = \frac{Q}{4\pi R^2}$

5) Пусть найдем потенциал в центре A, где $AO = R$:

$$E_{x_A} = k z dR \Rightarrow E_{x_A} = k z dR = k \frac{Q}{4\pi R^2} \cdot (2\pi R) \cdot R$$

6) Аналогично найти напряженность в точке C:

$$E_{x_C} = k z dR = k \frac{Q}{4\pi R^2} (2)$$



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!

$$4) \varphi_A = E_{AD} R = k \frac{Q}{2\pi R^2}$$

$$7) L = \frac{dSx}{R^2} = \frac{\pi R^2}{R^2}$$

$$\Rightarrow E_A = k \frac{Q}{2\pi R^2} \left(2x - \frac{x R^2}{R^2} \right) =$$

$$= k \frac{Q}{2R^2} \left(2 - \frac{R^2}{R^2} \right)$$

$$E_{xc} = k \frac{Q}{2\pi R^2} \cdot \frac{\pi R^2}{R^2} = k \frac{Q}{2\pi R^2}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \varphi_A &= \varphi_0 + \int_0^R E_{xc} dR = \varphi_0 + \int_0^R k \frac{Q}{2R^2} \left(2 - \frac{R^2}{R^2} \right) dR = \\ &= \frac{2kQ}{R^2} - \int_0^R \frac{kQ}{2R^2} dR = \end{aligned}$$

7.1) $\Rightarrow E_{xc} + E_{xc} = \frac{kQ}{R^2}$ для любого расстояния R
 $\varphi_c + \varphi_A = \varphi_0 \Rightarrow 3C$ выбрав мкн
мкн взяв на себя на себя мкн на сам мкн от графика
заком графиковую сумму

$$\varphi_0 = k \frac{Q}{R} \quad \varphi_A = \frac{m v^2}{2q} \quad \Rightarrow \varphi_c = \varphi_0 - \varphi_A = k \frac{Q}{R} - \frac{m v^2}{2q}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \varphi_c &= \sqrt{v^2 - \frac{2q}{k} \left(\frac{kQ}{R} - \frac{m v^2}{2q} \right)} = \sqrt{v^2 - \frac{2kQq}{mR} + v^2} = \\ &= \sqrt{2 \left(v^2 - \frac{kQq}{mR} \right)} \end{aligned}$$

$$\text{Ответ: } \varphi_0 = \sqrt{v^2 - \frac{2kQq}{mR}}; \quad \varphi_c = \sqrt{2 \left(v^2 - \frac{kQq}{mR} \right)}$$