



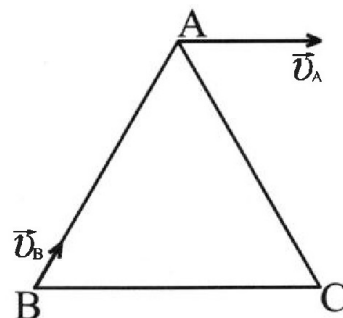
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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?

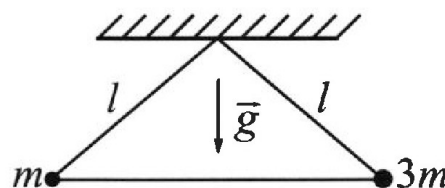
Пчела массой $m = 60$ мг летит и садится на пластину вблизи вершины C.

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. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



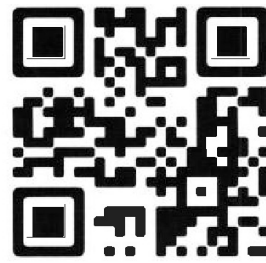
1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.
2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $3m$ сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².
3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



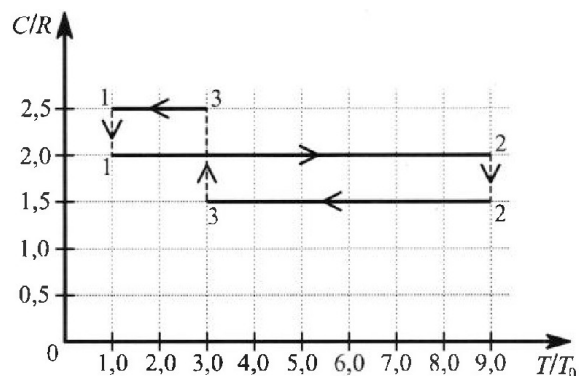
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 270 \text{ K}$.

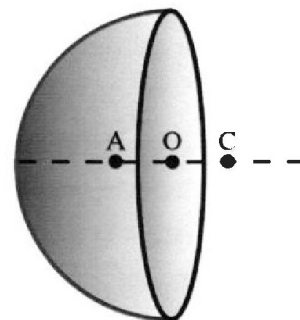


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 250 \text{ кг}$ за $N = 15$ 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 большом 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.



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!

Дано:

$$v_A = 0,8 \text{ м/с}$$

$$a = 0,4 \text{ м.}$$

$$1) v_B = ?$$

$$2) \tau = ? (\text{н.})$$

$$3) R = ? (\text{н.})$$

Найдём v_B через мгновенный центр скоростей. Для этого проведём перпендикуляры из начал векторов скорости.

Так как в данный момент происходит вращение пластины вокруг точки O , $\frac{v_B}{BO} = \frac{v_A}{AO}$.

$$\text{Из геометрии } AO = AH + HO = \frac{a\sqrt{3}}{2} + \frac{a}{2\sqrt{3}} = \frac{2a \cdot 3 + 2a}{4\sqrt{3}} = \frac{2a}{\sqrt{3}};$$

$$BO = \frac{a \cdot 2}{2 \cdot \sqrt{3}} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$v_B = \frac{BO \cdot v_A}{AO} = \frac{a \cdot v_A \cdot \sqrt{3}}{\sqrt{3} \cdot 2a} = \frac{v_A}{2} = 0,4 \text{ м/с.}$$

2) Перейдём в CO - центр масс. В нашем случае он находится на AH так что $AO' = \frac{2}{3}$ (где O' - центр масс)

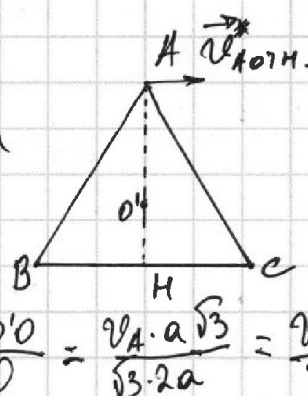
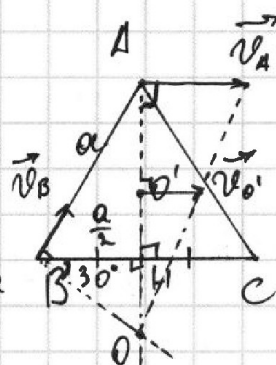
$\frac{AO'}{O'H} = \frac{1}{2}$. Из предыдущего рисунка видно, что $v_{O'}$ направлен вправо и равен $\frac{v_A \cdot O'O}{AO} = \frac{v_A \cdot a\sqrt{3}}{\sqrt{3} \cdot 2a} = \frac{v_A}{2} = 0,4 \text{ м/с.}$

Так как в CO - центр масс происходит лишь вращение относительно точки O' нам достаточно знать $v_{Aотн.}$ $v_{Aотн.} = 0,4 \text{ м/с.}$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \frac{a\sqrt{3}}{3}}{0,4 \text{ м/с}} = \frac{2\pi \cdot 0,4 \text{ м} \cdot \sqrt{3}}{0,4 \text{ м/с} \cdot 3} = \frac{2}{\sqrt{3}} \pi; \tau = 4T = \frac{8\pi}{\sqrt{3}} = 14,8 \text{ с.}$$

3) На пластину действуют 3 силы есть одно ускорение - центростремительное. Из II з.Н. Равнодействующая сил R создаёт это ускорение и равна ma . В CO - центре есть скорость, которую можно разложить на вращательную и поступательную. В CO - центр скорости есть только вращательная скорость т.к. $v_{пер} = v_{поступ.}$ Так как $AO' = CO'$ $v_{Aотн.}$ и $v_{Oотн.}$ равны по модулю. Тогда $R = 0,06 \text{ м} \cdot \frac{0,4 \text{ м/с}^2}{\frac{a\sqrt{3}}{3}} = 40,8 \text{ Н.}$

Ответ: 1) $v_B = 0,4 \text{ м/с}$; 2) $\tau = 14,8 \text{ с}$; 3) $R = 40,8 \text{ Н.}$





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!

Дано:

$$h = 11,2 \text{ м}$$

$$V = 4 \text{ м/с}$$

1) $H = ?$

$$V_0 = 16 \text{ м/с}$$

$$\cancel{V_0 = 4 \text{ м/с}}$$

2) $L_{\text{max}} = ?$

1) Запишем ЗСЭ для фрейерверка:

$$mgh + \frac{mV^2}{2} = mgH$$

$$H = \frac{gh + \frac{V^2}{2}}{g} = 12 \text{ м.}$$

2) Очевидно что в момент разрыва фрейерверка скорости его осколков противоположно направлены и равны. (Это следует из ЗСЭ и того что их массы равны).

В таком случае максимальная ~~длина~~ дальность разлёта осколков достигается когда их скорости направлены горизонтально.

Тогда из кинематики их время падения можно узнать из формулы $H = \frac{gt^2}{2}$; $t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 12}{9.8}} \approx 1,54 \text{ с.}$

$$\text{Значит } L_{\text{max}} = 2 \cdot t \cdot V_0 = 49,28 \text{ м}$$

Ответ: 1) $H = 12 \text{ м}$; 2) $L_{\text{max}} = 49 \text{ м.}$



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.



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!

Дано:

$$m = 80 \text{ г}$$

L

$$L = 1,2 \text{ л}$$

$$1) \sin \alpha = ?$$

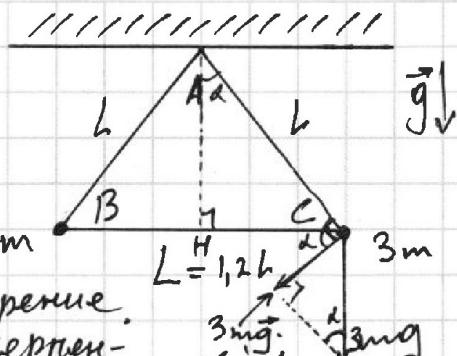
$$2) a_2 = ?$$

$$3) T = ?$$

1) Обозначим вершины треугольника буквами А, В, С.

В начальный момент времени скорость шарика массой $3m$ равна нулю, значит у него m

есть только тангенциальное ускорение. Оно будет направлено вниз, перпендикулярно АС, т.к. его создаёт сила $3mg$.



В треугольнике ABC проведём высоту AH, тогда $\angle ACH = \alpha$.

Ясно, что $CH = 0,6L$, тогда $\sin \alpha = \frac{CH}{AC} = \frac{0,6L}{L} = 0,6$.

2) В начальный момент времени вектор силы $3mg$ перпендикулярен BC, но не перпендикулярен AC, значит сила создающая ускорение a_2 направлена перпендикулярно AC и из рисунка равна $3mg \sin \alpha$. Тогда $a_2 = \frac{3mg \sin \alpha}{m} = 3g \sin \alpha = 6 \text{ м/с}^2$. $a_2 = g \sin \alpha = 6 \text{ м/с}^2$

3) Из сказанного в пункте 2 следует, что $T = 0$ в начальный момент времени.

Ответ: 1) $\sin \alpha = 0,6$; 2) $a_2 = 6 \text{ м/с}^2$; 3) $T = 0$.



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
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!

Дано:
 $i=3$
 $\nu=3$
 $T_0=240\text{ K}$

1) Построить график $(P/P_0, V/V_0)$

2) $A_1=?$

$M=250\text{ г}$
 $\nu=15$

~~Найти A_1~~

3) $H=?$

Из графика видно, что

$$C_{1-2}=2R; C_{2-3}=1,5R; C_{3-1}=2,5R$$

Для идеального одноатомного газа знаем, что $C_p = \frac{5}{2}R, C_v = \frac{3}{2}R$, где C_p и C_v - теплоемкости в изобарном и изохорном процессах.

Значит процесс 2-3 - изохорный, а 3-1 - изобарный.

Запишем уравнение политроты $PV^\gamma = \text{const}$

$\gamma = \frac{C - C_p}{C - C_v}$; Подставив вместо C C_{1-2} , получим

$$\gamma = \frac{2R - 2,5R}{2R - 1,5R} = \frac{-0,5R}{0,5R} = -1$$

Значит процесс 1-2 можно описать уравнением $P \cdot V^{-1} = \text{const}$. Получим что процесс 1-2 - процесс обратной пропорциональности.

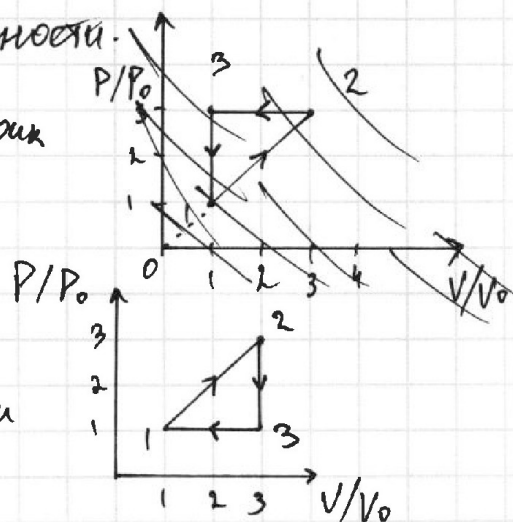
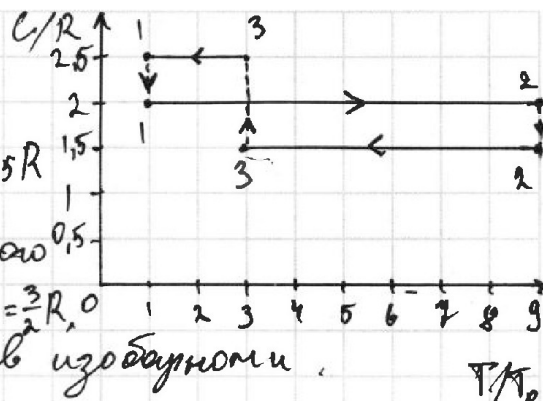
Тогда в координатах $(P/P_0, V/V_0)$ график выглядит так.

2) Работу цикла можно найти

2) Работу цикла 1-2-3-1 можно найти как площадь, ограниченную циклом.

Тогда $A_1 = \frac{2P_0 \cdot 2V_0}{2} = 2P_0V_0$; произведение P_0V_0 можно заменить на νRT_0 (по уравнению Менделеева Клапейрона $P_0V_0 = \nu RT_0$)

$$A_1 = 2\nu RT_0 = 13462,2 \text{ Дж}$$





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
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) Так как подъёмник поднимает груз медленно (без ускорения) а ~~значит с~~ ~~пост~~, скорость груза не меняется.

Запишем закон об изменении кинетической энергии

$$\Sigma A_{\text{внеш}} = \Delta E_{\text{кин.}}$$

$$-mgH + A_{\text{из}} \cdot \eta \stackrel{!}{=} 0$$

$$mgH = A_{\text{из}} \cdot \eta \cdot 0,5$$

$$H = \frac{A_{\text{из}} \cdot \eta \cdot 0,5}{m \cdot g} \approx 40,4 \text{ м.}$$

Мы делаем работу тепловой машины на 0,5 т.к. Только половина работы газа преобразуется в полезную работу подъёмника.

Ответ: 2) $A_1 = 13462,2 \text{ Дж}$; 3) $H = 40,4 \text{ м.}$



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
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!

Дано:

Q
 O - центр
полюс сферы

R

m, q

V

$AO = OC$

ϵ

1) $V_0 = ?$

2) $V_c = ?$

1) Рассмотрим сферу из диэлектрика радиусом R , равномерно заряженную зарядом Q . (рис. 2.)

Нам надо найти потенциал в её центре O по принципу суперпозиции.

$$\varphi_0 = \sum \frac{\Delta q \cdot k}{R} = \frac{k}{R} \cdot \sum \Delta q = \frac{kQ}{R}$$

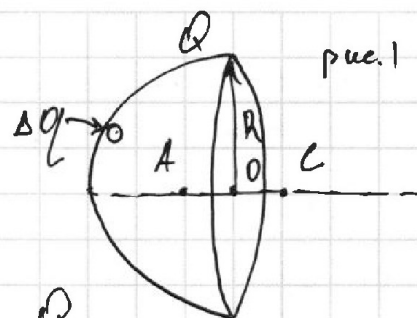


рис. 1

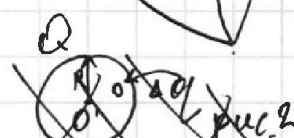


рис. 2

Теперь обратимся

2) Рассмотрим небольшой фрагмент полусферы, имеющий заряд Δq . Найдём потенциал создаваемый сферой в точке O .

$$\varphi_0 = \sum \frac{k \Delta q}{R} = \frac{k}{R} \cdot \sum \Delta q = \frac{kQ}{R} \quad (\text{по принципу суперпозиции})$$

(где Δq - заряд фрагмента сферы)

Запишем закон сохранения энергии для полетения частицы в точке O и для полетения при котором расстояние $d \gg R$, где d - расстояние от точки O до частицы

$$\left(\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} \right) + kq \left(\varphi_d \cdot q - \varphi_0 \cdot q \right) = 0 \quad ; \varphi_d \text{ в знаменателе}$$

будет d , которое намного больше R , в таком случае можно сказать, что множитель $\varphi_d \cdot q$ стремится к нулю, а значит им можно пренебречь. Получим следующее уравнение:

$$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} - \frac{kq \cdot Q}{R} = 0$$

$$\text{Откуда } V_0 = \sqrt{V^2 - \frac{kq \cdot Q \cdot 2}{m \cdot R}}$$



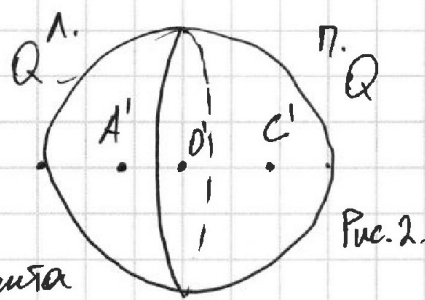
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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) Рассмотрим систему из двух полусфер, составленных из двух диэлектрических полукругов. Назначим их левая и правая (Л. и П.).



Тогда исходя из решения первого пункта и симметрии $\varphi_0' = \frac{2kQ}{R} = 2\varphi_0$

Из-за того что ~~потенциал~~ внутри сферы нет напряженности $\varphi_A = \varphi_0' = \varphi_C$ (где φ_A и φ_C - потенциал в точках A' и C' соответственно)

Распишем чему равны потенциалы в точках A', O' и C'.

$$\varphi_{A'Л} + \varphi_{A'П} = 2\varphi_0 = \varphi_{C'Л} + \varphi_{C'П}.$$

Ввиду симметрии $\varphi_{A'Л} = \varphi_{C'П}$ и $\varphi_{A'П} = \varphi_{C'Л} = \varphi_{\Pi}$

Получим следующее:

$$\varphi_{\Pi} + \varphi_{\Pi} = 2\varphi_0 = \varphi_{\Pi} + \varphi_{\Lambda}$$

$\varphi_{\Pi} = 2\varphi_0 - \varphi_{\Lambda}$; $\varphi_{C'Л} = 2\varphi_0 - \varphi_{A'Л}$; Здесь $\varphi_{C'Л}$ - потенциал создаваемый левой полусферой в точке C', $\varphi_{A'Л}$ - потенциал создаваемый левой полусферой в точке A'. Возвращаясь

к рис. 1 получим $\varphi_C = 2\varphi_0 - \varphi_A$. ①

Найдем φ_A из ЗСЭ для точек O и A.

$$\frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} + q \cdot \varphi_0 - q \cdot \varphi_A = 0 \quad ; \quad V_A = 0 \text{ (по усл.)}$$

$$\frac{mV_0^2}{2} + \frac{kq \cdot Q}{R} = q \cdot \varphi_A$$



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!

Откуда получим, что $\varphi_A = \frac{mv^2}{2q} - \frac{2kQ}{R}$.

Подставим значения в уравнение ①.

$$\varphi_C = \frac{2kQ}{R} - \frac{mv^2}{2q} + \frac{2kQ}{R} = \frac{4kQ}{R} - \frac{mv^2}{2q}$$

Запишем ЗСЭ для частицы в точке А и в точке С.

$$\varphi_C q - \varphi_A \cdot q + \frac{mv_C^2}{2} = 0$$

$$V_C = \sqrt{\frac{(\varphi_A \cdot q - \varphi_C \cdot q) \cdot 2}{m}}$$

$$V_C = \sqrt{\frac{2V^2}{q} - \frac{12kQ}{mR}}$$

$$\text{Ответ: } V_0 = \sqrt{V^2 - \frac{kq \cdot Q \cdot 2}{mR}} ; V_C = \sqrt{\frac{2V^2}{q} - \frac{12kQ}{mR}}$$



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!

$$\frac{a}{2\sqrt{3}} + \frac{a\sqrt{3}}{6} = \frac{6a + 6a}{12\sqrt{3}} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{9,06 \cdot 10 \cdot \sqrt{3}}{100 \cdot 94} = \frac{6 \cdot 10 \cdot 1,4}{100 \cdot 10 \cdot 2} = \frac{408}{10000} = 40,8 \text{ мм}$$

$$11,2 + \frac{16}{10,2} = 12$$

$$\sqrt{2,4} \approx 1,54$$

$$15^2 = 225$$
$$16^2 = 256$$

$$C_p = \frac{5}{2} R; 2,5$$

$$C_v = \frac{3}{2} R; 1,5$$

$$C_a = \frac{4}{2} R; 2$$

$$\frac{C_p - C}{C_v - C} = 1,5$$

$$2,5 - C = 2,25 - 1,5C$$
$$0,5C$$

$$\frac{C_p - C}{C - C_v} = 1,5$$

$$C - C_p = 1,5C - 1,5C_v$$
$$C - C_v$$

$$-0,5C = C_p - 1,5C_v$$

$$C = 3C_v - 2C_p = 4,5$$

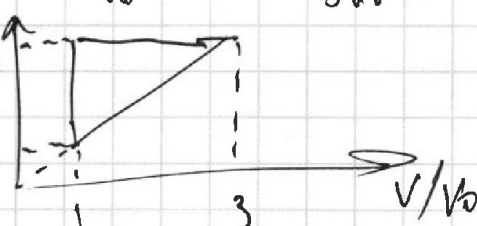
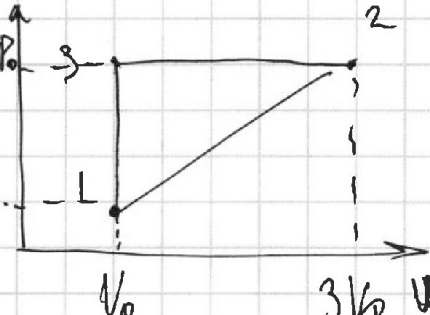
$$P \cdot V^{\gamma} = \text{const}$$

$$3 \cdot 8,31 \cdot 240 = P_0$$

$$2243,4$$

$$6731,1$$

$$13462,2$$



$$P V^{\gamma} = \text{const}$$

$$\gamma = \frac{C - C_p}{C - C_v} = \frac{2 - 2,5}{2 - 1,5} = \frac{-0,5}{0,5} = -1$$

$$\frac{13462,2 \cdot 15^3}{2 \cdot 10 \cdot 250} = 40,4 \text{ м}$$



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
__ ИЗ __

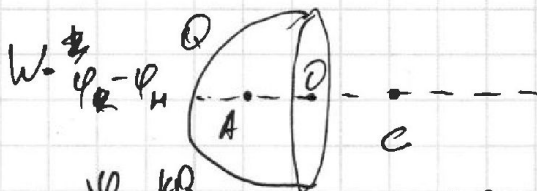
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$\varphi_0 = \frac{kQq}{R}$

$\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = \left(-\frac{kQq}{R} \right) \cdot \frac{2}{m}$

$V^2 - V_0^2 = \frac{kq \cdot Q \cdot 2}{m \cdot R}$

$V_0 = \sqrt{V^2 - \frac{kqQ \cdot 2}{mR}}$



$\varphi_0 = \frac{kQ}{2R}$

$\frac{mV_0^2}{2} + \frac{kQ}{2R} = \frac{mV^2}{2}$

$RmV_0^2 + kQ = mV^2 \cdot R$

$V_0 = \sqrt{\frac{mV^2 \cdot R - kQ}{Rm}} = \sqrt{V^2 - \frac{kQ}{Rm}}$

A: $0 + W_{\text{эл}A}$

B: $\frac{mV_0^2}{2} + W_{\text{эл}B}$

C: $\frac{mV_0^2}{2} + W_{\text{эл}C}$

$mV_0^2 \cdot R + kq \cdot Q \cdot 2 = q \cdot R \cdot 2 \cdot \varphi_A$

$\varphi_A = \frac{mV_0^2 \cdot R}{q \cdot R \cdot 2} + \frac{kq \cdot Q \cdot 2}{q \cdot R \cdot 2} =$

$= \frac{m \cdot \left(V^2 - \frac{kq \cdot Q \cdot 2}{mR} \right)}{q \cdot 2} + \frac{kQ}{R} =$

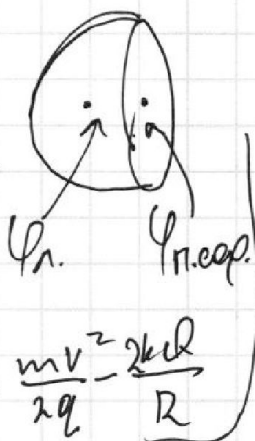
$= \frac{mV^2}{2q} - \frac{m \cdot k \cdot Q \cdot 2}{q \cdot 2 \cdot m \cdot R} + \frac{kQ}{R} \Rightarrow \varphi_A = \frac{mV^2}{2q} - \frac{2kQ}{R}$

$\left(\frac{mV^2}{q} - \frac{6kQ}{R} \right) \frac{2}{m} = \frac{2V^2}{q} - \frac{12kQ}{mR}$

$\varphi_{\text{пер}} = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2}$

$\varphi_A + \varphi_B = 2\varphi_{\text{пер}} = \varphi_B + \varphi_C$

$\varphi_B = 2\varphi_{\text{пер}} - \varphi_A$



$\left(\frac{mV^2}{2q} - \frac{2kQ}{R} - \frac{4kQ}{R} \right) \frac{2}{m} =$