



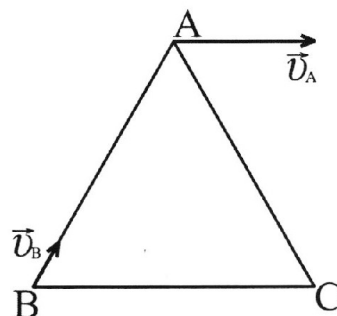
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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?

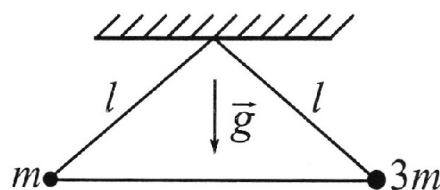
Пчела массой $m = 60$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

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. 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.



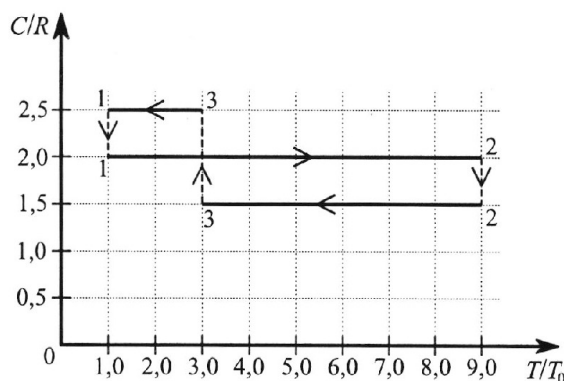
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 270$ К.

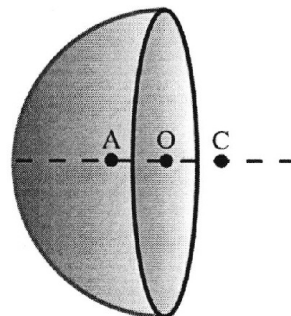


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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.



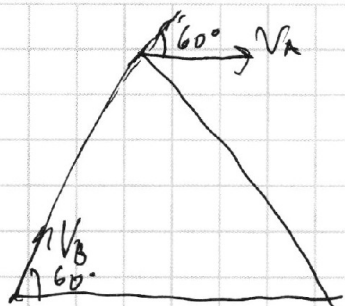
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.

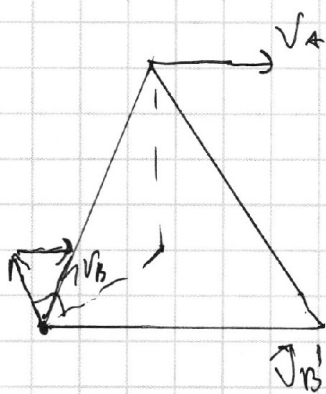


Т.к. стержень жесткий:

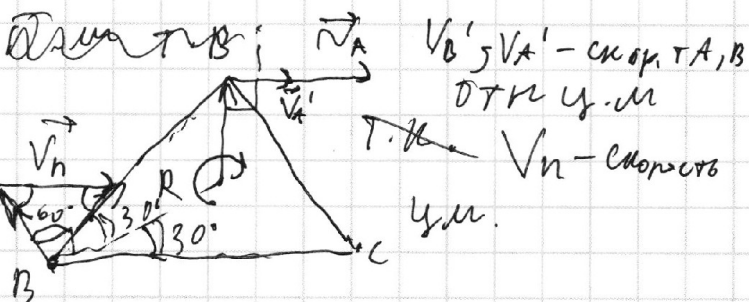
$$V_B = V_A \cos 60^\circ$$

$$V_B = V_A \cdot \frac{1}{2} = 0,4 \frac{м}{с}$$

2.

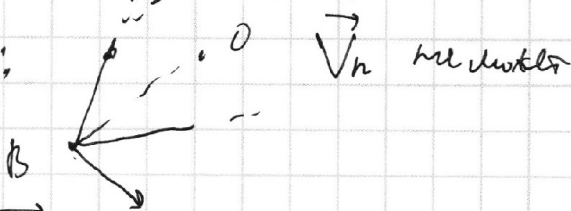


Центр масс движется поступательно:

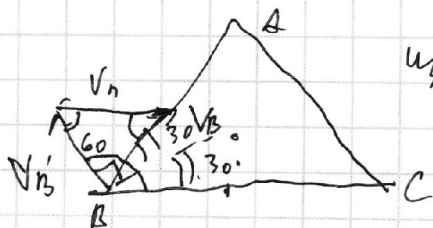


Т.к. $\vec{V}_A'$ сонаправлено с $\vec{V}_A$, то $\vec{V}_n$ перпендикулярно $\vec{V}_A$;

Если система отсчета Ц.м. будет брошена прямо по своей оси, то:



Тогда направление параллельно $\vec{V}_A \Rightarrow$ Значит система брошена по своей оси от Ц.м.



из геометрических соотношений

$$V_B' = V_B = 0,4 \frac{м}{с} \quad R \text{ (расстояние от Ц.м. до A, B, C)}$$

$$\frac{a}{\sin 60^\circ} = 2R \quad \frac{a}{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2} = R \quad R = \frac{a}{\sqrt{3}}$$



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
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!

$$R = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad T = 4T = 4 \cdot \frac{2\pi R}{v_{\text{н}}} = \frac{4 \cdot 2\pi \cdot a}{\sqrt{3} \cdot 0,4} \quad \text{с}$$

~~NC~~

3) $\vec{F} = m\vec{a}$ $a = \frac{v_c^2}{R}$ (v_c - ^{Т.С} скорость центра тяжести)

$$v_c = v_{\text{н}} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad |\vec{F}| = \frac{m v_c^2}{\frac{a}{\sqrt{3}}} = \frac{60 \cdot 10^{-3} \cdot 0,16 \sqrt{3}}{0,4}$$
$$F = 6 \cdot 10^{-2} \cdot 0,4 \sqrt{3} = \frac{6 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{3}}{100} = \frac{2,4 \sqrt{3}}{100} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Ответ: 1) $0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ 2) $\frac{8\pi}{\sqrt{3}}$ 3) $\frac{2,4 \sqrt{3}}{100}$



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!

$$L_{\max} = \frac{2}{g} \sqrt{\frac{2gH + V_0^2}{2}} \cdot V_0 \cos \alpha$$

$$L_{\max}^2 = \frac{4}{g^2} V_0^2 \cos^2 \alpha (2gH + V_0^2) - V_0^4 \cos^4 \alpha$$

$$L_{\max}^2 = \frac{4}{g^2} V_0^2 (2gH + V_0^2) \cos^2 \alpha - \frac{4}{g^2} V_0^4 \cos^4 \alpha$$

$$\frac{dL_{\max}^2}{d\alpha} = \frac{4}{g^2} V_0^2 (2gH + V_0^2) \cdot 2 \cos \alpha \cdot (-\sin \alpha) - \frac{4}{g^2} V_0^4 \cdot 2 \cdot \cos^3 \alpha \cdot (-\sin \alpha) = 0$$

$$\frac{4}{g^2} V_0^2 (2gH + V_0^2) = \frac{4}{g^2} V_0^4 \cos^2 \alpha$$

$$2gH + V_0^2 = 2 \cdot V_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{2gH + V_0^2}{2V_0^2}}$$

$$L_{\max} = \frac{2}{g} \sqrt{2gH + V_0^2 - \left(\frac{2gH + V_0^2}{2}\right)} \cdot V_0 \sqrt{\frac{2gH + V_0^2}{2V_0^2}}$$

$$L_{\max} = \frac{2}{g} \sqrt{\frac{2gH + V_0^2}{2}} \cdot \sqrt{\frac{2gH + V_0^2}{2}}$$

$$= \frac{2}{g} \cdot \frac{2gH + V_0^2}{2} = \frac{2gH + V_0^2}{g} = 2H + \frac{V_0^2}{g}$$

$$= 24 + \frac{256}{10} = 49,6 \text{ м}$$

Ответ: 1) 72 м 2) 49,6 м

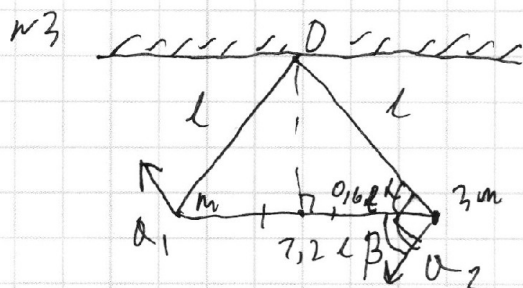


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

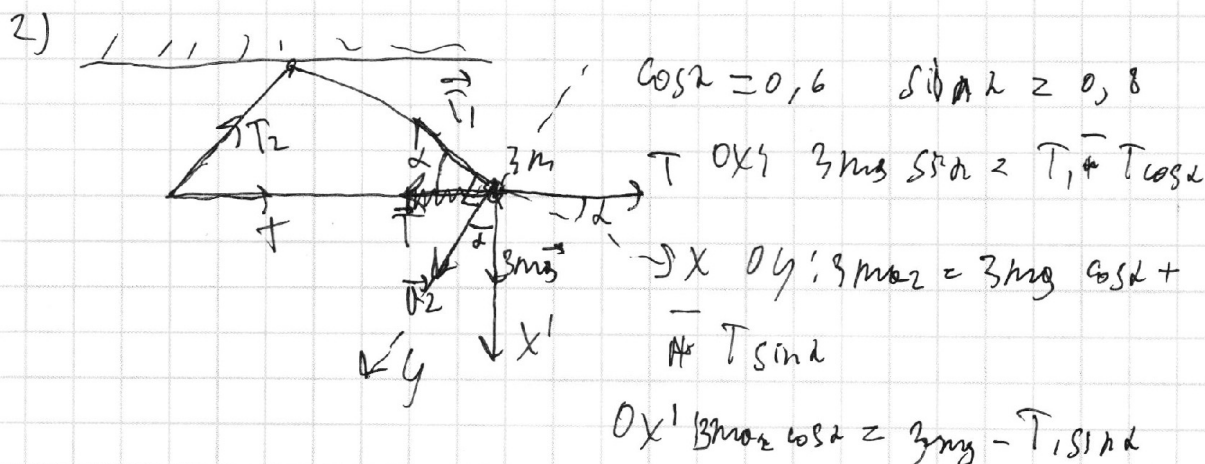


При отрывании груза может
3m будет двигаться по окружности
радиусом l и центр в A2

1) Груз стр. центр ≈ 0 и $V_0 = 0$ м/с, следовательно
будет только толчок. Центр, радиус l .

$$\cos \alpha = 0,6 \Rightarrow \sin \alpha = 0,8 \quad \text{и} \quad \cos \beta = \cos \alpha = 0,6$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$



$$\begin{cases} 3mg \sin \alpha = T_1 + T \cos \alpha \\ 3mg \cos \alpha = 3mg \cos \alpha + T \sin \alpha \\ 3mg \cos \alpha = 3mg - T_1 \sin \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_1 = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha \\ 3mg \cos \alpha = 3mg \cos \alpha + T \sin \alpha \\ 3mg \cos \alpha = 3mg - 3mg \sin^2 \alpha + T \sin \alpha \cos \alpha \end{cases}$$

$$T \sin \alpha = 3mg \cos \alpha - 3mg \cos \alpha \sin^2 \alpha$$

$$3mg \cos \alpha (1 - \sin^2 \alpha) = 3mg \cos \alpha$$



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!

$$T_1 = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$T_2 = 3mg \sin \alpha - T \cos \alpha$$

$$T_1 = 3mg \sin \alpha + T \cos \alpha$$

$$3mg \cos \alpha = 3mg \cos \alpha + T \sin \alpha$$

$$3mg \cos \alpha = 3mg \cos \alpha - T$$

$$3mg \cos \alpha = 3mg - 3mg \sin^2 \alpha - T \sin \alpha \cos \alpha$$

$$3mg \cos^2 \alpha = T \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\text{Отсюда } \alpha = \arcsin(0,6)$$



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!

$$1. C_3 = \frac{5}{2} R \quad C_3 \Delta T_3 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_3 + \nu R \Delta T_3$$

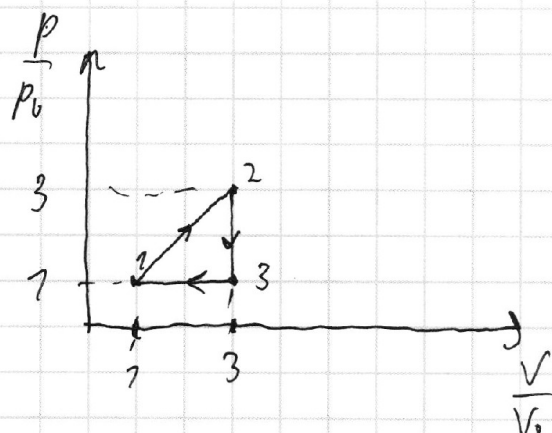
$$P_3 A_3 \nu R \Delta T_3 = 3 \rightarrow 1 - \text{узо-бона}$$

$$C_2 = \frac{5}{2} R \quad C_1 \nu R \Delta T_1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1 + \frac{1}{2} \nu R \Delta T_1$$

$$A_2 = \frac{1}{2} \nu R \Delta T_1 \Rightarrow 1 \rightarrow 2: P_2 \propto V$$

$$C_2 = \frac{3}{2} R \quad C_2 \nu R \Delta T_2 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_2 + 0 \quad A_2 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2 \rightarrow 3 - \text{узо-хора.}$$



$$P_0 V_0 = \nu R \frac{T_1}{T_0} \cdot T_0$$

$$P_3 V_3 = \nu R \frac{T_3}{T_0} \cdot T_0$$

$$\frac{P_3 V_3}{P_0 V_0} = \frac{T_3}{T_0} = 3$$

$$P_2 V_2 = \nu R \frac{T_2}{T_0} \cdot T_0 \quad V_2 = V_3 \quad P_1 = P_3$$

$$P_3 V_3 = \nu R \frac{T_3}{T_0} \cdot T_0 \quad \frac{P_2}{P_3} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{9}{3} = 3 \quad P_2 = 3 P_1$$

$$2. A_1 = Q_{12} - Q_{13} = \nu \cdot 2R \cdot 8T_0$$

$$A_{12} = Q_{12} - (Q_{23} + Q_{31}) = \nu \cdot 2R \cdot 8T_0 - \nu \cdot 1,5R \cdot 6T_0 -$$

$$- \nu \cdot 2,5R \cdot 2T_0 = \nu R T_0 (2 \cdot 8 - 1,5 \cdot 6 - 2,5 \cdot 2) =$$

$$= \nu R T_0 (16 - 9 - 5) = 2 \nu R T_0 = 2 \cdot 3 \cdot 8,37$$



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**.

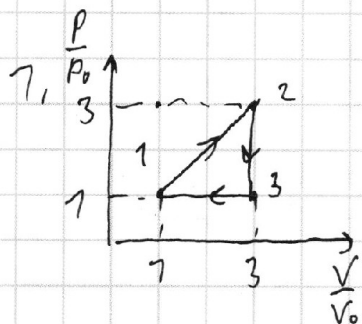
1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

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!

$$3, \quad 0,5 A_1 \cdot 15 = m g \quad m = \frac{8,5 \cdot 270 \cdot 0,25}{250 \cdot 10} =$$
$$= \frac{3 \sqrt{RT_0}}{500} = \frac{g \cdot R \cdot 270}{500} = \frac{81,3 R}{50} = \frac{243}{50} R$$

Ответ:



$$2, \quad 6 R \cdot 270 R$$

$$3, \quad \frac{243}{50} \cdot 8,31 \quad m$$



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
☒

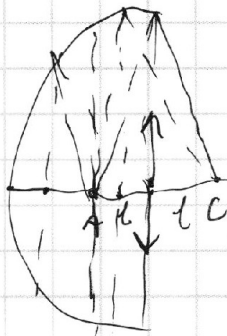
6
☐

7
☐

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!

$$1. \frac{mV^2}{2} = W_A = W_0 + \frac{mV_0^2}{2}$$



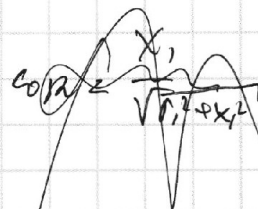
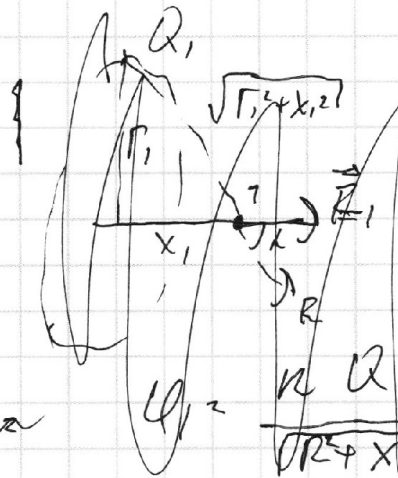
$$W_0 = \varphi_0 \cdot q$$

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

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

$$V_0^2 = V^2 - \frac{2kQq}{mR}$$

2.



$$\varphi_C = k \Delta Q$$

$$\varphi_C = \frac{k \cdot 2Q}{R} - \varphi_A$$

$$\varphi_{CQ} = \frac{k \cdot 2Qq}{R} - \varphi_A q$$

$$W_A = \varphi_A q$$

т.к. сам симметрично нулю поля точки с 6

дополнить до нуля то потенциал ТС равен нулю

$\varphi =$ - потенциал, т.е. отн. разбав сферы (он равен φ_A из-за симметрии)



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!

$$W_c = \frac{2kQq}{R}$$

$$q_L (16 \text{ зарядов}) = \frac{2kQq}{R} \quad (12Q, \text{ т.к. } 16Q - \text{ это заряды с зарядом } Q)$$

$$W_c = \frac{2kQq}{R} - 4Aq \quad 4Aq = W_A = \frac{mV^2}{2}$$

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{2kQq}{R}$$

$$\frac{mV^2}{2} = W_c + \frac{mV_c^2}{2}$$

$$\frac{2mV^2}{2} = \frac{2kQq}{R} + \frac{mV_c^2}{2}$$

$$2mV^2 - \frac{4kQq}{R} = mV_c^2$$

$$2V^2 - \frac{4kQq}{mR} = V_c^2$$

$$\text{Ответ: } 1. \sqrt{V^2 - \frac{2kQq}{mR}}$$

$$2. \sqrt{2V^2 - \frac{4kQq}{mR}}$$



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!

$$V_{max} = \sqrt{\frac{2}{g} V_0 \cos \alpha \sqrt{(2gH + V_0^2 \sin^2 \alpha) - V_0^2 \cos^2 \alpha}}$$

$$(L_{max})^2 = \left(\frac{2}{g^2} V_0^2 \right) \cos^2 \alpha \cdot \left((2gH + V_0^2 \sin^2 \alpha) - V_0^2 \cos^2 \alpha \right)$$

$$(L_{max})^2 = \frac{4}{g^2} V_0^2 (2gH + V_0^2 \sin^2 \alpha) \cos^2 \alpha - V_0^2 \cos^4 \alpha$$

$$L_{max}^2 = \frac{4}{g^2} V_0^2 (2gH + V_0^2 \sin^2 \alpha) \cos^2 \alpha - V_0^2 \cos^4 \alpha = C$$

$$L_{max}^2 = C \cdot \cos^2 \alpha - V_0^2 \cos^4 \alpha$$

$$\frac{dL_{max}^2}{d\alpha} = C \cdot 2 \cos \alpha \cdot (-\sin \alpha) - V_0^2 \cdot 4 \cos^3 \alpha \cdot (-\sin \alpha) = 0$$

$$C \cdot 2 \cos \alpha \cdot (-\sin \alpha) + 4 V_0^2 \cos^3 \alpha \sin \alpha = 0$$

$$2C \cos \alpha \sin \alpha = 4 V_0^2 \cos^3 \alpha \sin \alpha$$

$$C = 2 V_0^2 \cos^2 \alpha$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{C}{2 V_0^2}}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{2}{g^2} (2gH + V_0^2 \sin^2 \alpha)}$$

$$L_{max}^2 = \frac{4}{g^2} V_0^2 \cos^2 \alpha \cdot (2gH + V_0^2 \sin^2 \alpha) - \frac{4}{g^2} V_0^4 \cos^4 \alpha$$

$$C = \frac{4}{g^2} V_0^2 (2gH + V_0^2 \sin^2 \alpha)$$

$$\frac{d(L_{max}^2)}{d\alpha} = 2 C \cos \alpha (-\sin \alpha) - \frac{4}{g^2} V_0^4 \cdot 4 \cos^3 \alpha (-\sin \alpha) = 0$$

$$2C \cos \alpha \sin \alpha = \frac{4}{g^2} V_0^4 \cos^3 \alpha \sin \alpha$$

$$C = \frac{8}{g^2} V_0^4 \cos^2 \alpha$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{g^2 C}{8 V_0^4}} = \sqrt{\frac{1}{2} \frac{2gH + V_0^2 \sin^2 \alpha}{V_0^2}}$$



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
__ ИЗ __

Если отмечено болес 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!

