



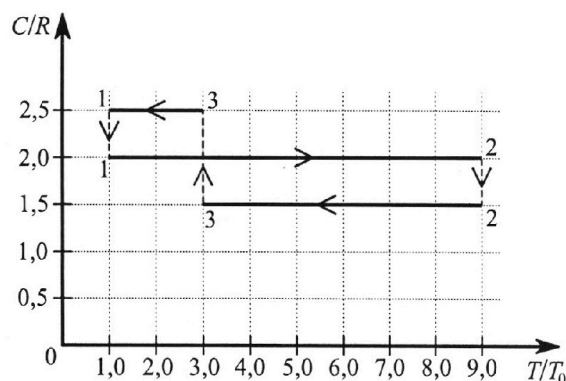
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

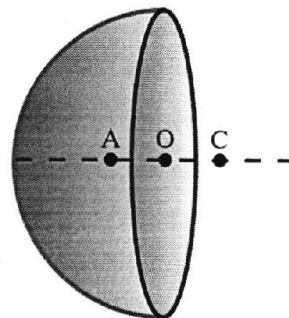


4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой $\nu = 5$ моль одноатомного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче, $T_0 = 300 \text{ K}$.



1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.
2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?
3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400 \text{ кг}$ за $N = 20$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$, универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$. Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.

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



1. Найдите скорость V_O частицы в точке О. Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
 2. Найдите скорость V_C частицы в точке С. Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.
- Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.



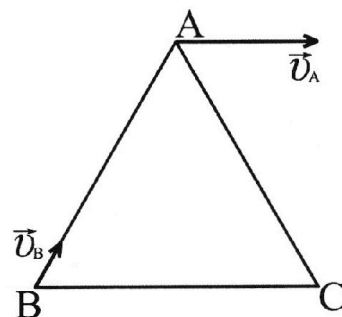
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Вырезанную из однородного листа металла пластину в форме равностороннего треугольника ABC (см. рис.) положили на гладкую горизонтальную плоскость и толкнули. Пластина пришла в движение. В момент $t=0$ оказалось, что скорость $\vec{v}_B$ вершины B направлена вдоль стороны BA и по величине равна $v_B = 0,4$ м/с, а скорость $\vec{v}_A$ точки A параллельна стороне BC. Длины сторон треугольника $a = 0,4$ м.



1. Найдите модуль v_A скорости вершины A.

2. За какое время τ пластина в системе центра масс совершит один оборот?

Пчела массой $m = 120$ мг прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.

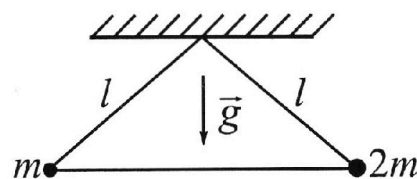
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

1. На какой высоте H разорвался фейерверк, если известно, что на высоте $h = 14,2$ м фейерверк летел со скоростью $V = 6$ м/с? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте H фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью $V_0 = 20$ м/с. Направление вектора $\vec{V}_0$ скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

2. Найдите максимальное расстояние L_{MAX} между осколками после падения осколков на горизонтальную площадку.

3. Два шарика с массами $m = 90$ г и $2m$ подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины l , прикрепленных к одной точке потолка. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарик находится на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол α с горизонтом образует вектор $\vec{a}_2$ ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы? В ответе укажите $\sin \alpha$.

2. Найдите модуль a_2 ускорения шарика массой $2m$ сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

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



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

1
☒

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
1 из 3

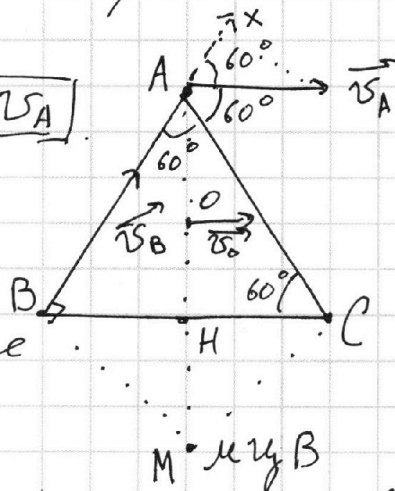
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача 1.

Запишем условие твердого тела для отрезка АВ.
А именно, $v_{Bx} = v_{Ax}$ (ак. рк.), т.к. эта же секущая расстояние АВ не меняется во вращении.

$$\begin{cases} v_{Bx} = v_B \\ v_{Ax} = v_A \cos 60^\circ = \frac{1}{2} v_A \end{cases} \Rightarrow \boxed{2v_B = v_A}$$

$$v_A = 2 \cdot 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



По теории о мгновенном центре вращения, все точки пластины в рассматриваемый момент вращаются вокруг МЦВ, (в том числе и центр масс) с постоянной одинаковой угловой скоростью. Найдём из геометрии и соотношений об МЦВ скорость движения центра масс О пластины.

$$\triangle ABM: \angle BAM = 30^\circ; AB = a \Rightarrow AM = \frac{a}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}a}{3}$$

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

$$OM = AM - AO = \frac{\sqrt{3}}{3} a$$



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
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!

$$w = \frac{v_A}{AM} = \frac{v_0}{OM} \Rightarrow v_0 = \frac{OM}{AM} v_A = \frac{1}{2} v_A = v_B = 0,4 \frac{м}{с}$$

Тогда скорость м. А в С.О. Ц. М. равна $v_{A0} = v_A - v_0$

$v_{A0} = v_B$ (Из рисунка следует, что $\vec{v}_A$ и $\vec{v}_0$ сонаправлены)

Условная скор-ть Ц. М. в С.О. м. А в С.О. Ц. М.

равна $\frac{v_{A0}}{HO} = \frac{v_B}{\sqrt{3}/3a} = \frac{\sqrt{3} v_B}{a} = w_{A0}$

пачный оборот

Тогда $\varphi = 2\tilde{\kappa} = w_{A0} \tilde{\tau} \Rightarrow \tilde{\tau} = \frac{2\tilde{\kappa}}{w_{A0}} = \frac{2\tilde{\kappa} a}{\sqrt{3} v_B}$

$$\tilde{\tau} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4 м}{\frac{1,43}{\sqrt{3}} \cdot 0,4 \frac{м}{с}} \approx 2 \cdot 1,8 с = 3,6 с$$

П.к. ~~м. С~~ ^{плана} сидит в м. С, её скорость и ускорения равны скорости и ускорению м. С.

$$\begin{array}{r} 3,14 \\ \times 1,43 \\ \hline 1298 \\ 1258 \\ \hline 4486 \\ \times 1,43 \\ \hline 6318 \\ 6282 \\ \hline 4486 \\ \times 1,43 \\ \hline 6318 \\ 6282 \\ \hline 4486 \end{array}$$

Скор-ть м. Ц. М. ускорение м. С $\frac{A_C}{\tilde{\tau}}$ мы можем найти перейдя в С.О. Ц. М.

$$\frac{A_C}{\tilde{\tau}} = w_{C0}^2 \tilde{\tau} = w_{A0}^2 \cdot OC = \frac{3 v_B^2}{a^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} a = \frac{\sqrt{3} v_B^2}{a}$$



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!

По 2-му закону Н. $R = m a_c = \frac{\sqrt{3} m v_B^2}{a}$

С.О. Ц. М. является И.С.О., т.к. Ц. М. движется с постоянной скоростью, и ускорение т. С в лабораторной С.О. равно ускорению в С.О. Ц. М.

$$R = \frac{\sqrt{3} \cdot 120 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot 0,4^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{0,4 \text{ м}} = 48\sqrt{3} \text{ Н} \cdot 10^{-6} \approx 83 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$

Ответ: $v_A = 2 v_B \approx 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $\tau = \frac{2\pi a \sqrt{3}}{3 v_B} \approx 3,6 \text{ с}$;

$$R = \frac{\sqrt{3} m v_B^2}{a} \approx 83 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$



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 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!

Задача 2:

П.к. фейерверк летит вертикально, то ^{на} ~~максимальной~~ высоте его скорость будет равна нулю. Запишем ЗСЭ:

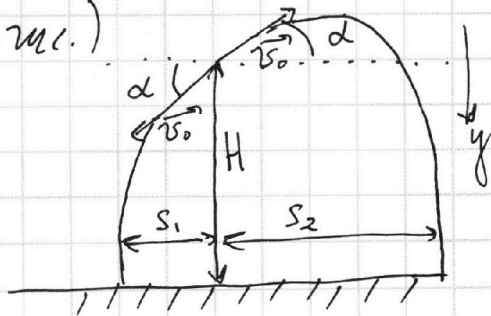
$$E_{k0} + E_{п0} = E_k + E_p$$

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = 0 + mgH \Rightarrow H = \frac{v^2 + 2gh}{2g} = \frac{v^2}{2g} + h.$$

$$H = \frac{36 \frac{m^2}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{m}{c^2}} + 14,2 m = 1,8 m + 14,2 m = 16 m$$

В момент разрыва суммарный импульс $\vec{P}$ фейерверка равен $\vec{P} = 0$; Тогда по ЗСЭ:

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 = 0 \\ \vec{P}_2 = m \vec{v}_0 \\ \vec{P}_1 = m \vec{v}_1 \end{array} \right\} \Rightarrow \vec{v}_1 = -\vec{v}_0 \Rightarrow \begin{array}{l} \text{первый} \\ \text{второй} \end{array} \text{осколок} \\ \text{полетит в обратном направле-} \\ \text{нии к напр-ю движения второго} \\ \text{с той же скоростью } \vec{v}_0. \text{ (см. рис.)}$$





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!

Найдем, при каком α ~~888~~ $L = S_1 + S_2$ максимално.

$$S_1 = v_0 \cos \alpha t_1$$

$$t_1 = \frac{v_{1y} - v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$v_{1y} = \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} - \text{скор-ть отскока } \overset{\text{на } 0 \text{ в } y}{\text{у земли}}$$

$$S_1 = \frac{v_0 \cos \alpha}{g} (\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} - v_0 \sin \alpha)$$

$$S_2 = \frac{v_0 \cos \alpha t_2}{g}; \quad t_2 = \frac{v_{2y} - (-v_0 \sin \alpha)}{g}; \quad v_{2y} = v_{1y}$$

$$S_2 = \frac{v_0 \cos \alpha}{g} (\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} + v_0 \sin \alpha)$$

$$L = S_1 + S_2 = \frac{2v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} \quad | \cdot g$$

$$gL = 2v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 + 2gH - v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad | ^2$$

$$(gL)^2 = 4v_0^2 (v_0^2 + 2gH) \cos^2 \alpha - 4v_0^4 \cos^4 \alpha$$



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
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!

$$4v_0^4 \cos^4 \alpha - 4v_0^2(v_0^2 + 2gH) \cos^2 \alpha + (gL)^2 = 0$$

Мы получим биквадратное ур-е отн. $\cos^2 \alpha$.

Запишем его D , кот. должен быть ≥ 0

$$D = 16v_0^4(v_0^2 + 2gH)^2 - 16v_0^4(gL)^2 \geq 0$$

$$g^2 L^2 \leq (v_0^2 + 2gH)^2$$

$$L \leq \frac{v_0^2 + 2gH}{g}. \text{ Значит, } L_{\max} = \frac{v_0^2 + 2gH}{g}.$$

$$L_{\max} = \frac{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} + 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 16 \text{ м}}{10 \text{ м/с}^2} = 72 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } H = \frac{v_0^2}{2g} + h = 16 \text{ м}; L_{\max} = \frac{v_0^2 + 2gH}{g} = 72 \text{ м}$$



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.

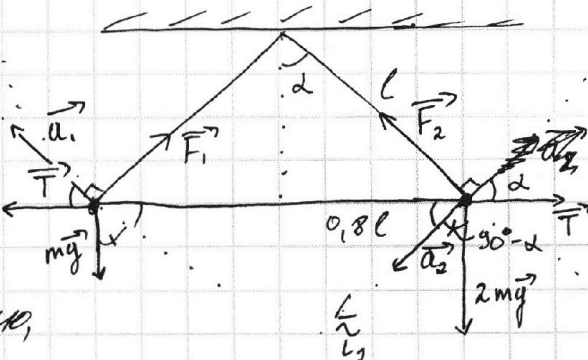
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Задача 3:

Установим шнур, действующий на оба шарика. По к. к. $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_2$ ними остаются натянутыми, а кол. скор-ть шариков равна нулю, в кол. момент они не будут иметь тан. нормального ускорения (соп. с нитью), а будут иметь только тангенциальное ускорение (перпендикулярное нити). Из рисунка видно, что $\sin \alpha = 0,8$



Первый шарик будет двигаться с ускорением $\vec{a}_1$ под тем же углом к горизонту (и. р. к.). В кол. момент шарик соприкасается со стержнем, и значит, к нити можно применить условие его нерастяжимости $\vec{a}_{1x} = \vec{a}_{2x}$ (в кол. момент точки стержня, соприкасающиеся с шариками, должны двигаться с одинаковыми ускорениями, чтобы расстояние между ними (длина стержня) не изменилось)



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!

Так же из того, что стержень лёгкий следует, что от силы, действующие на шарик T равны, и равнодействующая всех сил $\vec{R}$ на стержень в проекции на ось x равна $R_x = m_{ст} a_{ст}$.
В м.к. $m_{ст} \rightarrow 0$; $R_x \rightarrow 0$, и $\vec{T}_1 = -\vec{T}_2$.

Запишем 2-й закон Н. для обоих шариков в проекциях на ось $\vec{\tau}_1$ и $\vec{\tau}_2$ (см. рис.)

$$\tau_1: T \cos \alpha - mg \cos(90^\circ - \alpha) = ma,$$

$$T \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma$$

$$\tau_2: 2mg \cos(90^\circ - \alpha) - T \cos \alpha = 2ma$$

$$\begin{cases} 2mg \sin \alpha - T \cos \alpha = 2ma \\ T \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma \end{cases} \Rightarrow mg \sin \alpha = 3ma$$

$$a = \frac{g \sin \alpha}{3}$$

$$a = \frac{10 \frac{m}{c^2} \cdot 0,8}{3} = \frac{8}{3} \frac{m}{c^2} \approx 2,67 \frac{m}{c^2}$$



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
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!

$$T \cos \alpha = ma + mg \sin \alpha = 4ma$$

$$\sin \alpha = 0,8 \Rightarrow \cos \alpha = 0,6 \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{4}{3}$$

$$T = \frac{4ma}{\cos \alpha} = \frac{4g \sin \alpha}{3 \cos \alpha} = mg \cdot \frac{4}{3} \operatorname{tg} \alpha$$

$$T = 90 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{16}{9} = 1,6 \text{ Н}$$

$$\text{Ответ: } \sin \alpha = 0,8; a = \frac{g \sin \alpha}{3} \approx 2,67 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; T = \frac{4}{3} \operatorname{tg} \alpha mg = 1,6 \text{ Н}$$



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 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!

Задача 4:

В камере из процессов 1-2; 2-3; 3-1 теплоёмкости газа постоянны. Это значит, что каждый из процессов - политропический, т.е. удовлетворяет условию $pV^n = \text{const}$, где $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$, где

C - мол. теплоёмкость; C_p - мол. теплоёмкость в изобарном процессе; C_v - мол. теплоёмкость в изохорном процессе.

$$\begin{cases} C_p = \frac{5}{2}R \\ C_v = \frac{3}{2}R \end{cases} \text{ (одн. газ)} \Rightarrow \begin{cases} \text{процесс 3-1 - изобарный;} \\ \text{процесс 2-3 - изохорный} \end{cases}$$

Для процесса 1-2 $C = 2R$, и $n = \frac{2R - \frac{5}{2}R}{2R - \frac{3}{2}R} = -1$, т.е. $\frac{p}{V} = \text{const}$, и давление линейно растёт с температурой.

В т. 1 $p = p_0$; $V = V_0$

В т. 3 $p = p_0$ (изобара); $V = 3V_0$ ($p_3 V_3 = \nu R T_3 = 3 \nu R T_0$)

В т. 2 $V = 3V_0$ (изохора); $p = 3p_0$ ($p_1 V_1 = \nu R T_1 = \nu R T_0$)
($p_2 V_2 = \nu R T_2 = 9 \nu R T_0$)

Из описанных выше соотношений построим график цикла в координатах $p(V)$



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.

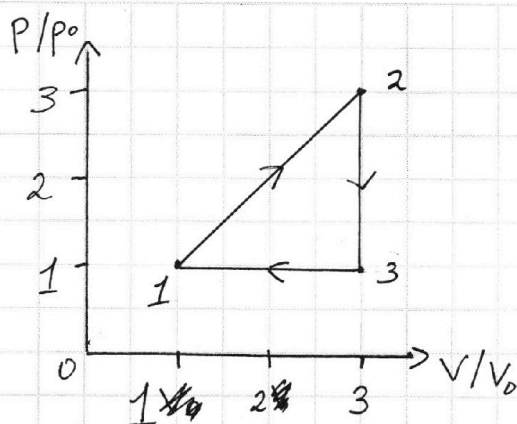
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Работа газа A_1 за цикл есть площадь под циклом 1-2-3 в координатах $p(V)$



$$A_1 = 2p_0 \cdot 2V_0 \cdot \frac{1}{2} = 2p_0V_0$$

$$p_0V_0 = \nu R T_0 \text{ (ур-е Менделеева-Клапейрона)}$$

$$A_1 = 2\nu R T_0$$

$$A_1 = 2 \cdot 5 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} = 24930 \text{ Дж}$$

Работа по подъёму груза ^{за N циклов} равна A полезной работе газа за эти же N циклов.

$$A = MgH = NA_1 \Rightarrow H = \frac{NA_1}{Mg} = \frac{2\nu R T_0 N}{Mg}$$

$$H = \frac{20 \cdot 24930 \text{ Дж}}{400 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{2493}{20} \text{ м} = 124,65 \text{ м} \approx 125 \text{ м}$$

Ответ: 1.14 м.с; $A = 2\nu R T_0 = 24930 \text{ Дж}$; $H = \frac{2\nu R T_0 N}{Mg} \approx 125 \text{ м}$



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!

Задача 5.

Во время своего движения частица обладает двумя энергиями — кинетической W_k и потенциальной W_{π} взаимодействия со сферой. В м. А $W_{kA}=0$ ($v_A=0$), а на удалении от сферы $W_{\pi\infty}\rightarrow 0$, т. к. частица и сфера не ощущают взаимодействия на больших расстояниях друг от друга.

Запишем потенциал, создаваемый сферой в м. О

$$d\varphi_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dQ}{R} \Rightarrow \varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

Потенциальная энергия частицы в м. О равна $W_{\pi_0} = q\varphi_0 = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}$

Запишем ЗСЭ:

$$W_{\pi\infty} + W_{k\infty} = W_{\pi_0} + W_{k_0}$$

$$0 + K = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = K - \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$v_0 = \sqrt{\left(2K - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R}\right) \frac{1}{m}}$$



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
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!

Для решения второго пункта нам нужно найти потенциал в т. С φ_c

Представим "наломки" на имеющуюся уже полусферу такую же, но с другой стороны.

В результате мы получили целую сферу зарядом $2Q$

По принципу суперпозиции



потенциалов потенциал т. С в целой сфере

φ_c' равен сумме потенциалов, создаваемых полусферами в отдельности $\varphi_{c1} = \varphi_c$ и φ_{c2}

φ_{c2} - потенциал т. С в "фантомной" неоможенной полусфере 2, в В ней т. С симметрична т. А в полусфере 1, т.е. $\varphi_{c2} = \varphi_A$

φ_c' - потенциал всей сферы (потенциал внутри нее постоянен из-за отсутствия поля вне).

$$\varphi_c' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2Q}{R} = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R}$$



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
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!

Знова запишем ЗС $\Rightarrow$:

$$W_{\text{ПА}} + W_{\text{КА}} = W_{\text{П}\infty} + W_{\text{К}\infty}$$
$$q\varphi_A + 0 = 0 + K \Rightarrow \varphi_A = \frac{K}{q}$$

$$\varphi'_C = \varphi_A + \varphi_C; \quad \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R} = \frac{K}{q} + \varphi_C \Rightarrow \varphi_C = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 R} - \frac{K}{q}$$

ЗС $\Rightarrow$:

$$W_{\text{П}\infty} + W_{\text{К}\infty} = W_{\text{ПС}} + W_{\text{КС}}$$

$$K = q\varphi_C + \frac{m v_C^2}{2}$$

$$K = \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R} - \cancel{K} + \frac{m v_C^2}{2}$$

$$\frac{m v_C^2}{2} = 2K - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R}$$

$$v_C = \sqrt{\left(2K - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R}\right) \frac{2}{m}}$$

$$\text{Ответ: } v_0 = \sqrt{\left(2K - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R}\right) \frac{1}{m}}; \quad v_C = \sqrt{\left(2K - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R}\right) \frac{2}{m}}$$



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.

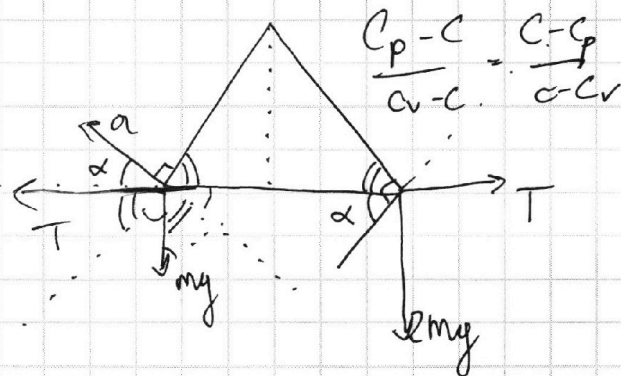
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ 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!

$$pV^n = \text{const}$$

$$pV^{-n}$$



$$\begin{cases} T \cos \alpha - mg \sin \alpha = ma \\ 2mg \sin \alpha - T \cos \alpha = 2ma \end{cases}$$

$$\frac{8}{3}$$

$$mg \sin \alpha = 3ma$$

$$6ma - T \cos \alpha = 2ma$$

$$T = \frac{4ma}{\cos \alpha}$$

$$T = \frac{4 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 8}{0.8} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 8}{0.8} = 16 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 1.6$$

$$\begin{array}{r} 8 \overline{) 3} \\ -6 \\ \hline 20 \\ -18 \\ \hline 20 \\ -18 \\ \hline 20 \end{array}$$

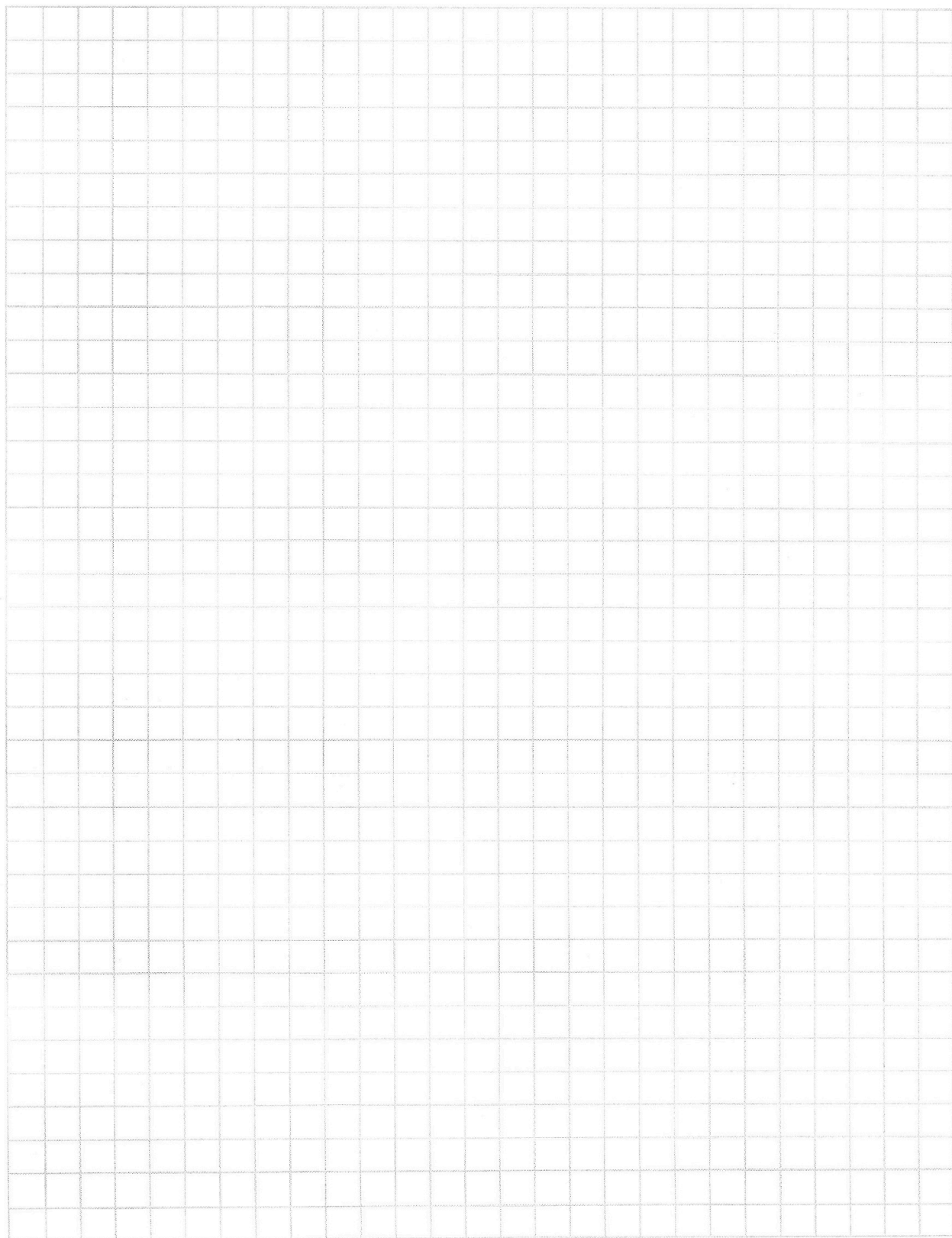


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!





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!

$$v_x v_y = a = v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}$$

$$a^2 = \cancel{v_0^2 \cos^2 \alpha} \frac{v_0^4 \sin^2 \alpha}{2} + 2v_0^2 gH \cos^2 \alpha$$

$$a' = 0 = \frac{\cancel{v_0^2} \sin 2\alpha \cdot \cancel{v_0^2}}{\cancel{v_0^2}} + \cancel{2v_0^2} gH \cdot 2 \cos^2 \alpha$$

$$\cancel{1} \cos \alpha = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{2gH} = \frac{v_0^2 \cdot \cancel{\sin \alpha} \cos \alpha}{2gH}$$

$$\sin \alpha = \frac{gH}{v_0^2}$$

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

$$a = \frac{\cancel{v_0}}{\cancel{v_0}} \sqrt{v_0^2 - (gH)^2} \cdot \sqrt{\frac{2gH(gH)^2}{v_0^2} + 2gH}$$

$$a = v_0 \sqrt{\frac{v_0^4 - (gH)^2}{v_0^4}} \cdot \sqrt{\frac{(gH)^2}{v_0^2} + 2gH} =$$

$$= \frac{\sqrt{v_0^4 - (gH)^2}}{v_0^2} \cdot \sqrt{(gH)^2 + 2gH v_0^2} = \sqrt{\quad}$$



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!

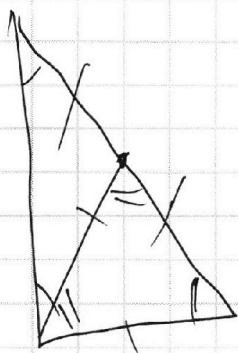
$$L = \frac{2v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$gL = 2v_0 \cos \alpha \sqrt{v_0^2 + 2gH - v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$g^2 L^2 = 4v_0^2 \cos^2 \alpha (v_0^2 + 2gH) - 4v_0^4 \cos^4 \alpha$$

$$D = 16v_0^4 \cos^2 \alpha (v_0^2 + 2gH)^2 - 16v_0^8 \cos^4 \alpha \geq 0$$

$$gL = v_0^2 + 2gH$$



$$\frac{v}{L} = \frac{2v_0}{\sqrt{3}} \cdot \frac{0,4}{0,4}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 173 \\ \times 3 \\ \hline 519 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 6,28 \mid 1,73 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \quad 1 \\ 1090 \quad 173 \\ \times 6 \\ \hline 1038 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 628 \mid 173 \\ - 519 \mid 3,630 \\ \hline 1090 \\ - 1038 \\ \hline 520 \\ - 519 \\ \hline 10 \end{array}$$



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!

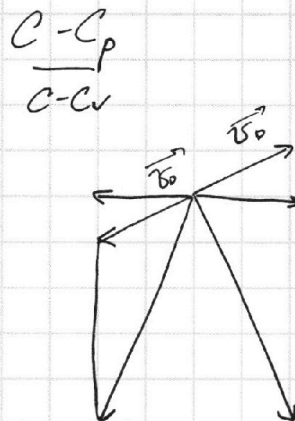
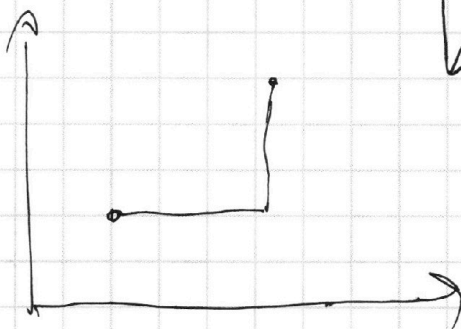
~~1234~~ $n=0$ тогда $n = \frac{C-C_p}{C-C_v} = 0$

$$C=C_v$$

$$n=$$

$$2 \cdot 5 \cdot 300 \cdot 8,31 =$$
$$= 3.000 \cdot 8,31$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 8,31 \\ \hline 300 \\ + 2490 \\ \hline 24930 \end{array}$$
$$24930 \cdot 3.000$$
$$\times 8,31$$



~~24930~~

20

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 3 \\ \hline 2493 \end{array}$$

$$1600 \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{array}{r} 2493 \overline{) 2} \\ - 24 \\ \hline 09 \\ - 8 \\ \hline 13 \\ - 12 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$124,65$$

$$\begin{array}{r} 2493 \overline{) 2} \\ - 2 \\ \hline 04 \\ - 4 \\ \hline 09813 \end{array}$$
$$124,65$$



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!

$$\begin{array}{r} 25 \\ 48 \\ \times 1,73 \\ \hline 1144 \\ 3360 \\ + 4800 \\ \hline 83,041 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 20 \\ \hline 320 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 31 \\ 1410 \\ \times 5 \\ \hline 865 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 52 \\ 173 \\ \times 7 \\ \hline 1211 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 52 \\ 173 \\ \times 8 \\ \hline 1384 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10 \\ 1410 \\ - 1384 \\ \hline 26 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 173 \\ \times 16 \\ \hline 2768 \end{array}$$

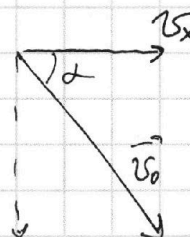
$$\begin{array}{r} 10 \\ 1410 \\ - 1211 \\ \hline 199 \end{array}$$

$$L = 25 \cdot \frac{25 \times 25}{8}$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 0,4 \\ \hline 48 \\ 52 \\ 173 \\ \times 48 \\ \hline 1384 \\ + 6920 \\ \hline 83,04 \end{array}$$

$$K = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$2gh = v^2$$



$$20 \cdot 18 = 36$$

$$\frac{9Q}{2m_0} - K + \frac{m v_0^2}{2} = K$$

$$R = \frac{v_{A0}^2}{A_0} \cdot m = m \cdot \frac{v_{B0}^2}{a} \sqrt{3}$$

$$R = \frac{120 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot 0,4 \cdot 0,4}{0,4} \cdot \sqrt{3} = 48 \sqrt{3} \cdot 10^{-6}$$