



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 10-05

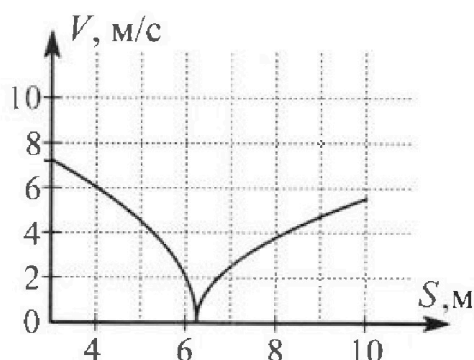
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от пройденного пути представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой.

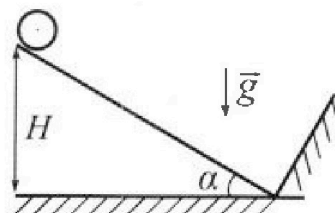
Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

1. Найдите ускорение a , с которым шайба движется до остановки.



Во втором опыте однородный обруч скатывается с той же наклонной плоскости без проскальзывания (см. рис.). Начальная скорость нулевая. После вертикального перемещения на $H = 1,6 \text{ м}$ обруч сталкивается с гладкой стенкой.

2. С какой по величине скоростью V движется центр обруча сразу после абсолютно упругого соударения с гладкой стенкой?
3. Найдите перемещение L обруча при дальнейшем движении к тому моменту, когда скорость центра обруча станет равной нулю.



В системе центра масс угловое ускорение обруча при скольжении $\left| \frac{\Delta \omega}{\Delta t} \right| = \frac{\mu g \cos \alpha}{R}$. Коэффициенты трения скольжения шайбы и обруча по наклонной плоскости одинаковы. Радиус обруча $R \ll H$. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

5. Вблизи центра квадратной пластины площадью $S = 1 \text{ м}^2$, по которой однородно распределен заряд $Q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, закреплен шарик, заряд которого $q = 1,77 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$. Масса пластины $M = 5 \text{ кг}$, масса шарика $m = 1 \text{ г}$. Расстояние d от шарика до пластины таково, что $d \ll 1 \text{ м}$.

1. Найдите кулоновскую силу F_1 , с которой заряд пластины действует на заряд шарика.
2. Найдите гравитационную силу F_2 , с которой пластина действует на шарик.

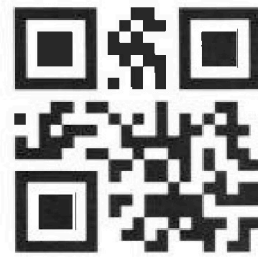
Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$. Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2)$.



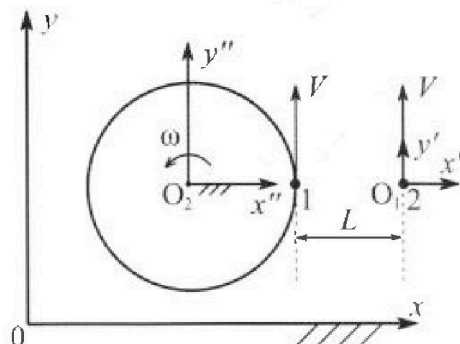
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 10-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Два школьника опытным путем изучают механику: первый сидит на краю равномерно вращающейся с периодом $T = 6,3$ с карусели, второй едет по прямой на велосипеде (см. рис.) и оба наблюдают друг за другом. В лабораторной системе отсчета xOy скорости школьников одинаковы по модулю и равны $V = 2$ м/с. Все движения происходят в одной горизонтальной плоскости. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



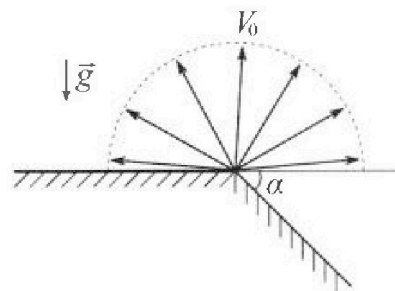
1. На сколько δ процентов вес первого школьника больше веса второго школьника?

Указание: считайте, что $(1+x)^n \approx 1+n \cdot x$ при $x \ll 1$.

В некий момент времени школьники оказались в положении максимального сближения (см. рис.) на расстоянии $L=5$ м. Вектор скорости $\vec{V}$ каждого школьника в этот момент показан на рисунке к задаче.

2. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}_1$ первого школьника в подвижной системе отсчета $x'O_1y'$, связанной со вторым школьником. Система отсчета $x'O_1y'$ движется поступательно относительно лабораторной системы xOy .
3. Найдите в этот момент скорость $\vec{U}_2$ второго школьника во вращающейся системе отсчета $x''O_2y''$, связанной с первым школьником. Точка O_2 – начало вращающейся системы отсчета. В ответе укажите модуль и направление вектора $\vec{U}_2$.

2. Плоская поверхность склона образует с горизонтом угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.). У вершины склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшая продолжительность полета осколка, упавшего на склон, $T = 9$ с. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.



1. Найдите начальную скорость V_0 осколков.
2. Найдите модуль S перемещения за время полета осколка, упавшего на склон через $T = 9$ с после старта.
3. На каком максимальном расстоянии $S_{\max}$ от точки старта один из осколков упадет на склон?

3. В процессе расширения одноатомного идеального газа среднее число соударений атомов газа со стенками в расчете на единицу площади за единицу времени остается постоянным. Газ совершает работу $A = U_0$, здесь $U_0 = 3$ кДж — внутренняя энергия газа в начальном состоянии.

1. Во сколько n раз увеличивается объем газа в процессе расширения?
2. Какое количество Q теплоты подведено к газу в процессе?



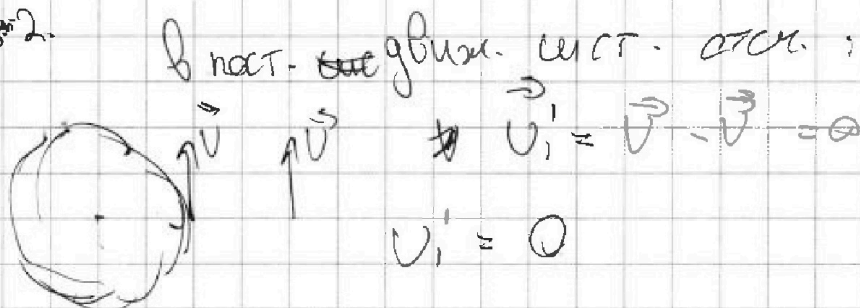
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!

рис. 2.



$$\vec{v} \uparrow \downarrow \vec{v} \Rightarrow v' = 0$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$v = \omega R$$

в вращающ. сист. отсчета.

$$v = \omega R$$



$$\vec{v} = \vec{v}_2 + \omega(R+L)$$



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 6

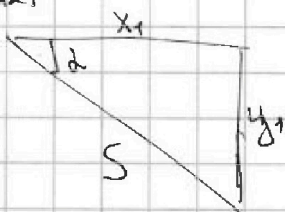
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$t = \frac{2V_0 \operatorname{tg} \alpha}{g} \cos \beta + \frac{2V_0}{g} \sin \beta$$
$$t_{\max} = t(\beta_1) = \frac{2V_0 \operatorname{tg} \alpha}{g} \cos \beta_1 + \frac{2V_0}{g} \sin \beta_1 =$$
$$= \frac{2V_0}{g} (\operatorname{tg} \alpha \cos \beta_1 + \sin \beta_1) = \frac{2V_0}{g} \left(\frac{3}{4} \cdot \frac{3}{5} + \frac{4}{5} \right) =$$
$$= \frac{2V_0}{g} \left(\frac{9}{20} + \frac{16}{20} \right) = \frac{2V_0}{g} \cdot \frac{25}{20} = \frac{25}{10} \frac{V_0}{g}$$
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{0,6}{0,8} = \frac{3}{4}$$

$$T = t_{\max} = \frac{25}{10} \frac{V_0}{g} = \frac{5}{2} \frac{V_0}{g}$$

$$V_0 = \frac{2}{5} g T = \frac{2}{5} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot g = 36 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2. пункт



~~Х = S \cos \alpha~~
 $x_1 = S \cos \alpha$

$$x_1 = V_0 T \cos \beta_1 = \frac{2}{5} g T \cdot T \cdot \frac{3}{5} =$$

$$= \frac{6}{25} g T^2$$

$$S = \frac{x_1}{\cos \alpha} = \frac{\frac{6}{25} g T^2}{0,8} = \frac{6 g T^2}{25 \cdot 0,8} = \frac{6 g T^2}{5 \cdot 4} =$$

$$= \frac{3}{10} g T^2 = \frac{3}{10} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot g^2 = \frac{3}{10} \cdot 10 \cdot 89 \text{ м} =$$

$$= 3 \cdot 89 \text{ м} = 267 \text{ м}$$



1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
4 из 6

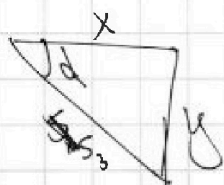
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

3. пункт) $x = v_0 t \cos \beta$ $\Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \beta}$

$$y = v_0 t \sin \beta - \frac{g t^2}{2}$$

$$y = v_0 \sin \beta \cdot \frac{x}{v_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2 \beta} =$$

$$= x \operatorname{tg} \beta - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$



$$\frac{-y}{x} = \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow y = -x \operatorname{tg} \alpha$$

$$-x \operatorname{tg} \alpha = x \operatorname{tg} \beta - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} \quad | : x$$

$$-\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{tg} \beta = -\frac{g x}{2 v_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$x = \frac{2 v_0^2 \cos^2 \beta}{g} (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)$$

$$\sin(\alpha + \beta) = 2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$S_3 = \frac{x}{\cos \alpha}$$

$$S_3 = \frac{2 v_0^2 \cos^2 \beta}{g \cos \alpha} (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta) = \frac{2 v_0^2 \operatorname{tg} \alpha}{g \cos \alpha} \cos^2 \beta +$$

$$+ \frac{2 v_0^2}{g \cos \alpha} \cos^2 \beta \cdot \frac{\sin \beta}{\cos \beta} = \frac{2 v_0^2 \operatorname{tg} \alpha}{g \cos \alpha} \cos^2 \beta + \frac{2 v_0^2}{g \cos \alpha} \sin \beta \cos \beta$$

$$S_3 = \frac{2 v_0^2 \operatorname{tg} \alpha}{g \cos \alpha} \cos^2 \beta + \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} \sin(2\beta)$$

$$S_3 = S_{\max} \text{ при } \beta = \beta_3 \quad \text{и} \quad \frac{dS_3}{d\beta} = 0$$

$$0 = \frac{dS_3}{d\beta} = \frac{2 v_0^2 \operatorname{tg} \alpha}{g \cos \alpha} (\cos^2 \beta)' + \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} (\sin(2\beta))' = \frac{2 v_0^2 \operatorname{tg} \alpha}{g \cos \alpha} 2 \cos \beta \cdot$$

$$\cdot (\cos \beta)' + \frac{v_0^2}{g \cos \alpha} \cdot \cos(2\beta) \cdot 2 = \frac{2 v_0^2 \operatorname{tg} \alpha}{g \cos \alpha} 2 \cos \beta \cdot (-\sin \beta) +$$

$$+ \frac{2 v_0^2}{g \cos \alpha} \cos(2\beta)$$



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.

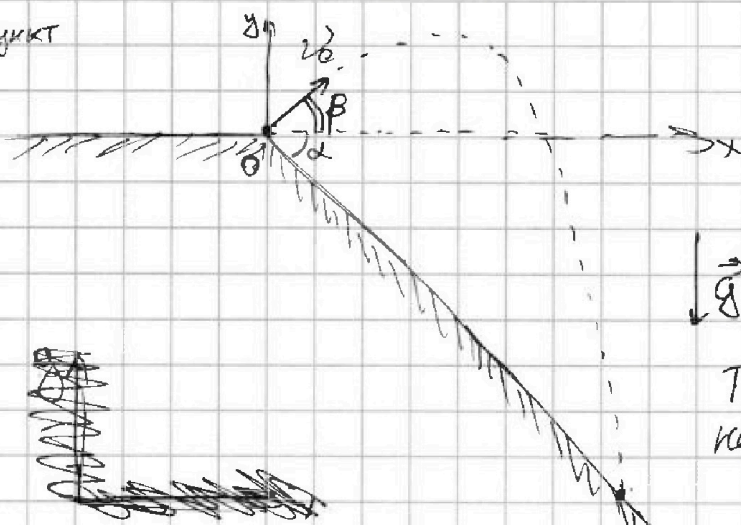


СТРАНИЦА

1 из 6

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 пункт

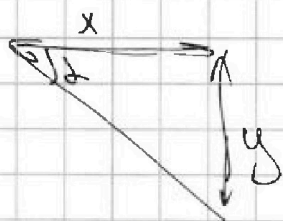


из кинематики

$$x = v_0 t \cos \beta$$

$$y = v_0 t \sin \beta - \frac{gt^2}{2}$$

Т.к. околлок упал на склон, то



Т.к. $x > 0$
 $y < 0$ $\Rightarrow$ то из трезн.

$$\frac{-y}{x} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\frac{-v_0 t \sin \beta + \frac{gt^2}{2}}{v_0 t \cos \beta} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$-\frac{v_0 t \sin \beta}{v_0 t \cos \beta} + \frac{gt^2}{2v_0 t \cos \beta} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$-\operatorname{tg} \beta + \frac{gt}{2v_0 \cos \beta} = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\frac{gt}{2v_0 \cos \beta} = \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta$$

$$t = \frac{2v_0 \cos \beta}{g} \left(\operatorname{tg} \alpha + \frac{\sin \beta}{\cos \beta} \right)$$

$$L = \frac{2v_0}{g} \operatorname{tg} \alpha \cos \beta + \frac{2v_0}{g} \sin \beta$$



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 6

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 β , t - максимум

$$\frac{dt}{d\beta} = 0 \quad | \Rightarrow \quad \frac{dt}{d\beta} = \frac{2v_0 \operatorname{tg} \alpha}{g} \cdot (\cos \beta)' + \frac{2v_0}{g} (\sin \beta)'$$

при $\beta = \beta_1$
 $0 =$

$$0 = \frac{2v_0 \operatorname{tg} \alpha}{g} \cdot (-\sin \beta_1) + \frac{2v_0}{g} \cos \beta_1$$

$$\frac{2v_0 \operatorname{tg} \alpha}{g} \sin \beta_1 = \frac{2v_0}{g} \cos \beta_1 \quad | : \frac{2v_0}{g}$$

$$\operatorname{tg} \alpha \sin \beta_1 = \cos \beta_1$$

$$\operatorname{ctg} \beta_1 = \operatorname{tg} \alpha$$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \operatorname{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{0,8}{0,6} = \frac{4}{3}$$

$t = \max$ при $\beta = \beta_1$

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{4}{3} \Rightarrow \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{4}{3}; \quad \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{16}{9}$$

$$\frac{1 - \cos^2 \beta_1}{\cos^2 \beta_1} = \frac{16}{9}$$

$$9 - 9 \cos^2 \beta_1 = 16 \cos^2 \beta_1$$

$$9 = 25 \cos^2 \beta_1$$

$$\cos^2 \beta_1 = \frac{9}{25}$$

$$\cos \beta_1 = \frac{3}{5}$$

$$\sin \beta_1 = \operatorname{tg} \beta_1 \cdot \cos \beta_1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{3}{5} = \frac{4}{5}$$

то же.

$$\sin \alpha = 0,8$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} =$$

$$= \sqrt{1 - 0,64} = \sqrt{0,36} =$$

$$= 0,6$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{4}{3}$$



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
6 ИЗ 6

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!

$$\operatorname{tg} \beta_3 = \frac{1}{2}$$

$$\frac{\sin^2 \beta_3}{\cos^2 \beta_3} = \operatorname{tg}^2 \beta_3 = \frac{1}{4}$$

$$\frac{1 - \cos^2 \beta_3}{\cos^2 \beta_3} = \frac{1}{4}$$

$$4 - 4\cos^2 \beta_3 = \cos^2 \beta_3$$

$$4 = 5\cos^2 \beta_3$$

$$\Rightarrow \cos^2 \beta_3 = \frac{4}{5}$$

$$\cos \beta_3 = \frac{2}{\sqrt{5}}$$

$$S_{\max} = S_3(\beta_3) = \frac{2V_0^2 \cos^2 \beta_3}{g \cos \alpha} (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta_3) =$$

$$= \frac{2V_0^2 \cdot \frac{4}{5}}{g \cdot 0,8} \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{2} \right) = \frac{2V_0^2 \cdot \frac{4}{5}}{g \cdot \frac{4}{5}} \left(\frac{3}{4} + \frac{2}{4} \right) =$$

$$= \frac{2V_0^2}{g} \cdot \frac{5}{4} = \frac{V_0^2}{g} \cdot \frac{5}{2} = \frac{(\frac{2}{5}gT)^2}{g} \cdot \frac{5}{2} = \frac{4g^2T^2}{25g} \cdot \frac{5}{2} =$$

$$= \frac{2gT^2}{5} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 9^2}{5} \text{ м} = 4 \cdot 81 \text{ м} = \underline{\underline{324 \text{ м}}}$$



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
5 ИЗ 6

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!

$$Q = -\frac{2V_0^2 \tan \alpha}{g \cos \alpha} \cdot 2 \sin \beta_3 \cos \beta_3 + \frac{2V_0^2}{g \cos \alpha} \cos(2\beta_3) \quad \bigg| : \frac{2V_0^2}{g \cos \alpha}$$

$$-\tan \alpha \cdot \sin(2\beta_3) + \cos(2\beta_3) = 0$$

$$\tan \alpha \sin(2\beta_3) = \cos(2\beta_3) \quad \bigg| : \cos(2\beta_3) \Rightarrow \cot \alpha = \tan(2\beta_3)$$

$$\tan(2\beta_3) = \cot \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{0.8}{0.6} = \frac{4}{3}$$

$$\tan(2\beta_3) = \frac{\sin 2\beta_3}{\cos 2\beta_3}$$

$$\cos(2\beta_3) = \cos^2 \beta_3 - \sin^2 \beta_3$$

$$\sin(2\beta_3) = 2 \sin \beta_3 \cos \beta_3$$

$$\frac{2 \sin \beta_3 \cos \beta_3}{\cos^2 \beta_3 - \sin^2 \beta_3} = \frac{4}{3}$$

$$6 \sin \beta_3 \cos \beta_3 = 4 \cos^2 \beta_3 - 4 \sin^2 \beta_3 \quad \bigg| : \cos^2 \beta_3$$

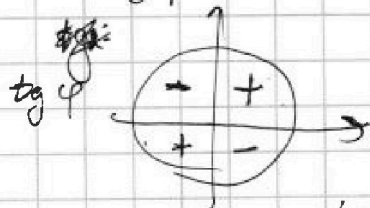
$$6 \tan \beta_3 = 4 - 4 \tan^2 \beta_3$$

$$2 \tan^2 \beta_3 + 3 \tan \beta_3 - 2 = 0$$

Решим кв. ур-е:

$$D = 9 - 4 \cdot 2 \cdot (-2) = 9 + 16 = 25 = 5^2$$

$$\tan \beta_3 = \frac{-3 \pm 5}{4} \quad \begin{cases} \frac{2}{4} = \frac{1}{2} \\ \frac{-8}{4} = -2 \end{cases}$$



т.к. секанс угла не может быть отрицательным, то угол β_3 должен лежать в I четверти:

$$\tan \beta_3 = \frac{1}{2}$$



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

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!

d - среднее число соударений атомов газа со стенками. в расч. на единицу площади в единицу времени

$$d \sim n \cdot V_{\text{ср}}$$

n - концентрация

$$n = \frac{N_A}{V}$$

V - объем

$$V_{\text{ср}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

$d = \text{const}$ по укл

$$\frac{N_A}{V} \cdot \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \text{const} ; \underbrace{V : N_A : R : \mu}_{\text{const}}$$

$$\frac{\sqrt{T}}{V} = \text{const} \quad \text{или} \quad \frac{T}{V^2} = \text{const}$$

уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT \quad | \Rightarrow \quad T = \frac{pV}{\nu R}$$

$$\frac{pV}{\nu R V^2} = \text{const} \quad | \quad \nu R = \text{const}$$

$$\frac{p}{V} = \text{const}$$

процесс : $p \sim V$
($T \sim V^2$)



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

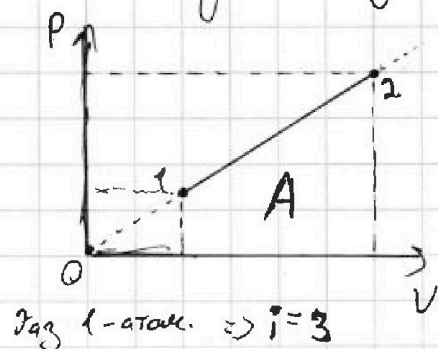
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

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!

Построим график процесса в координатах PV :



$$A = \frac{P_2 V_2}{2} - \frac{P_1 V_1}{2}$$

$$= \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$A = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) \quad \text{по укл. } A = U_0$$

$$U_0 = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$\frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$\nu R T_2 - \nu R T_1 = 3 \nu R T_1 \quad | : \nu R$$

$$T_2 = 4 T_1$$

$$\Rightarrow \text{в процессе } 1 \rightarrow 2 \quad T \sim V^2$$

$$V_2^2 = V_1^2 \cdot \frac{4 T_1}{T_1} = 4 V_1^2$$

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

$$V_2 = 2 V_1$$

$$m = \frac{V_2}{V_1} = 2 \quad \Rightarrow \quad \underline{m=2}$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$A = \frac{1}{2} \nu R (T_2 - T_1)$$

$$\Rightarrow \Delta U = 3A$$

$$Q = 3A + A = 4A = 4 \cdot 3 \text{ кДж} =$$

$$= 12 \text{ кДж}$$



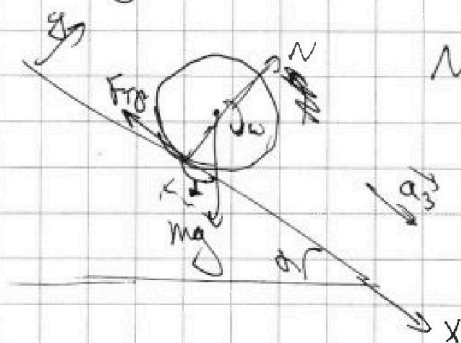
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Т.к. стенка ~~не~~ магная то при сдвиге вращения
не изменяется



$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$ma_3 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

$$a_3 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

~~Q3 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)~~

$$v = u_2 = \sqrt{2gH}$$

$$L = \frac{0^2 - v^2}{-2a_3} = \frac{v^2}{2a_3} = \frac{gH}{2g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{H}{2(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$$

* из I опыта:

$$a = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$\mu \cos \alpha = \frac{-a}{g} - \sin \alpha$$

$$a = -8 \text{ м/с}^2$$

$$L = \frac{H}{2(\sin \alpha - (\frac{-a}{g} - \sin \alpha))} = \frac{H}{2(2\sin \alpha + \frac{a}{g})} = \frac{H}{2(2\sin \alpha - \frac{8}{10})}$$

$$= \frac{H}{2(2\sin \alpha - 0,8)} = \frac{H}{4\sin \alpha - 1,6}$$



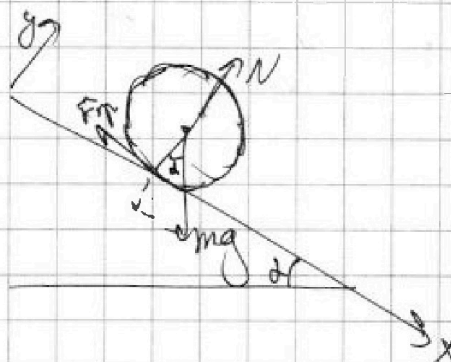
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

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!



по II 3. Ньютона

$$N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot R = \mu mg R \cos \alpha$$

В системе центра масс сферы:

$$J\epsilon = M_{\text{тр}} = \mu mg R \cos \alpha$$

J - момент инерции.

$$J = \frac{mg R \cos \alpha}{\epsilon} = \mu mg R \cos \alpha \quad \left| : \frac{\mu g \cos \alpha}{R} \right.$$

$$J = m R^2$$

Т.к. сфера движется без проскальзывания по наклонной

$$v_2 = \omega_2 R$$

по ЗСЭ:

$$mgH = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{J\omega_2^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{mR^2\omega_2^2}{2} = mv_2^2$$

$$v_2^2 = gH \Rightarrow v_2 = \sqrt{gH}$$

Т.к. содержание абс. упроще

$$v = v_2 = \sqrt{gH} = \sqrt{10 \cdot 1,6} \text{ м/с} = \sqrt{16} \text{ м/с} = 4 \text{ м/с}$$



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!

~~$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(s_2 - s_1)} = \frac{6^2 - 2^2}{2(6 - 4)} = \frac{36 - 4}{2 \cdot 2} = \frac{32}{4} = 8 \text{ м/с}^2$~~ Первый ответ:

Выберем на графике точки

$$s_1 = 4 \text{ м} ; v_1 = 6 \text{ м/с}$$

$$s_2 = 6 \text{ м} ; v_2 = 2 \text{ м/с}$$

Из кинематики

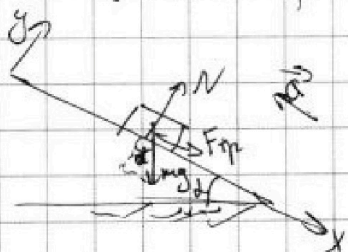
$$s_2 - s_1 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} \quad \Rightarrow \quad a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2(s_2 - s_1)}$$

$$a = \frac{6^2 - 2^2}{2(6 - 4)} \text{ м/с}^2 = \frac{36 - 4}{2 \cdot 2} \text{ м/с}^2 = \frac{32}{4} \text{ м/с}^2 = 8 \text{ м/с}^2$$

$$\underline{a = -8 \text{ м/с}^2}$$

Каждому хозму решить μ .

по II 3. Кватерно:



$$y: N = mg \cos \alpha$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$-ma = mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}$$

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

$$a = -g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

Второй ответ:

по 4-м.

$$\epsilon = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right| = \frac{\mu g \cos \alpha}{R}$$



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

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!

т.к. $S = 1 \text{ м}^2$ то сторона квадрата 1 м

и т.к. d ^{расстояние} ~~расстояние~~ от шарика до пластины $\ll 1 \text{ м}$

то ~~мы~~ можно считать что поле шарика
пластина бесконечная

Найдём напряжённость поля ^{бесконечной} пластины

По Т. Гаусса:

Напряжённость одинакова по обе
сторонах

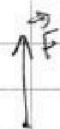
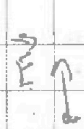
$$2S_1 E = \frac{qS_1}{\epsilon_0} \quad | : S_1$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \quad \text{где } \sigma \text{ - поверхностная плотность заряда пластины}$$

Поверхностная плотность заряда пластины

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q}{2SE_0}$$



$$F_1 = qE = \frac{qQ}{2SE_0}$$

$$F_1 = \frac{qQ}{2SE_0} = \frac{5 \cdot 10^{-9} \cdot 1,77 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \text{ Н} = \frac{8,85 \cdot 10^{-18} \cdot 10^{12}}{2 \cdot 8,85} \text{ Н}$$

$$= \frac{10^{-6}}{2} \text{ Н} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ Н} = \underline{5 \cdot 10^{-7} \text{ Н}} \quad \text{ответ}$$



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
☐

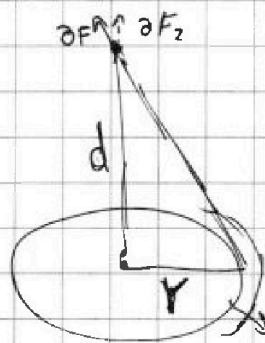
СТРАНИЦА
2 из 3

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!

Найдём гравитационную силу

т.к. шарик расположен на $d \ll 1$ м от пластины,

то для него можно считать, что пластинка
бесконечна.



т.к. шарик в центре квадрата
то сила $\vec{F}$ направлена
вертикально

$$\frac{\partial F}{\partial M_2} = \frac{M}{S} \cdot 2\pi r \partial r$$

$$\partial F = \frac{Gm \partial M_2}{d^2 + r^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{r}{d} \Rightarrow r = d \cdot \tan \alpha$$

$$\partial r = \frac{d \cdot \partial \alpha}{\cos^2 \alpha}$$

$$\partial F_2 = \cos \alpha \cdot \partial F$$

$$\partial F_2 = \frac{Gm \frac{M}{S} 2\pi r \partial r}{d^2 + r^2} = \frac{2\pi GmM}{S} \cdot \frac{d \cdot \tan \alpha \cdot \frac{d \cdot \partial \alpha}{\cos^2 \alpha}}{d^2 + d^2 \tan^2 \alpha} =$$

$$= \frac{2\pi GmM}{S} \cdot \frac{d^2 \cdot \tan \alpha \cdot \frac{\partial \alpha}{\cos^2 \alpha}}{d^2 \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha}} = \frac{2\pi GmM}{S} \cdot \tan \alpha \partial \alpha$$

$$\boxed{\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}}$$

$$\partial F_2 = \cos \alpha \cdot \partial F = \frac{2\pi GmM}{S} \tan \alpha \cos \alpha \partial \alpha =$$
$$= \frac{2\pi GmM}{S} \sin \alpha \partial \alpha$$



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!

$$\partial F_2 = \frac{2\pi G M m}{S} \sin \alpha \, d\alpha$$

пределы интегрирования от $[0, \frac{\pi}{2}]$
Формула от центра квадрата до бесконечности
угол меняется от 0 до $\frac{\pi}{2}$

$$F_2 = \int \partial F_2 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{2\pi G M m}{S} \sin \alpha \, d\alpha =$$

$$= \frac{2\pi G M m}{S} \cdot \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin \alpha \, d\alpha = \frac{2\pi G M m}{S} \cdot (-\cos \alpha) \Big|_0^{\frac{\pi}{2}} =$$

$$= \frac{2\pi G M m}{S} \cdot \left(-\cos\left(\frac{\pi}{2}\right) - (-\cos(0)) \right) = \frac{2\pi G M m}{S} \cdot (0 + 1) =$$

$$= \frac{2\pi G M m}{S}$$

$$m = m_2 = 0,001 \, \text{кг} = 10^{-3} \, \text{кг}$$

$$F_2 = \frac{2\pi G M m}{S} \approx \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{1} \, \text{Н} =$$

$$= \frac{10 \cdot 3,14 \cdot 6,67 \cdot 10^{-14}}{1} = 3,14 \cdot 6,67 \cdot 10^{-13} = 20,9438 \cdot 10^{-13} \, \text{Н}$$

$$\approx 21 \cdot 10^{-13} \, \text{Н} = \underline{\underline{2,1 \cdot 10^{-12} \, \text{Н}}}$$



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.

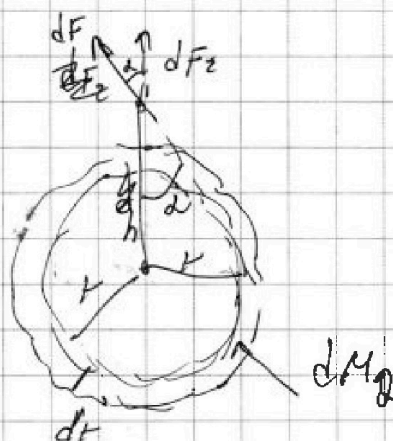
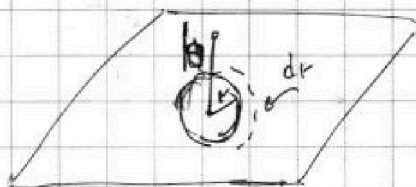
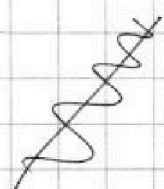
1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

СТРАНИЦА
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!

Найдем гравитационную силу:

Для гравитационной силы также можно считать, что для шарика пластина бесконечна:



$$dM_2 = \rho \cdot 2\pi r \cdot dr$$

$$\rho = \frac{M}{S}$$

$$dF = \frac{Gm \cdot dM_2}{d^2 + r^2}$$

$$dF_2 = \cos \alpha \cdot dF = \frac{Gm dM_2}{d^2 + r^2} \cos \alpha = \frac{Gm \rho \cdot 2\pi r dr \cos \alpha}{h^2 + r^2} = \frac{2Gm \rho \pi r dr}{h^2 + r^2} \cos \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{r}{h} \Rightarrow r = h \tan \alpha$$

$$dr = h \cdot (\tan \alpha)' d\alpha = \frac{h d\alpha}{\cos^2 \alpha}$$

$$\begin{array}{r} 13,74 \\ \times 6,67 \\ \hline 82668 \\ 82668 \\ \hline 209439 \end{array}$$



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!

$$p = \frac{1}{3} n \cdot \dots$$

$$F \cdot d = m_0 V_{op}$$

$$d = \frac{N}{ds \cdot d\theta}$$

$$p = \frac{F \cdot d}{ds \cdot d\theta} = \frac{m_0 V_{op}}{ds \cdot d\theta}$$

$$A = U_0 =$$

$$\frac{501}{16} = \frac{28}{9}$$

$$\frac{885}{177}$$

$$\frac{835}{35}$$

$$348 \text{ мс.}$$

$$S = V_0 t - \frac{at^2}{2}$$

$$V = V_0 - at$$

$$t = \frac{V_0 - V}{a}$$

$$S = \frac{V_0^2 - V^2}{2a} = \frac{V_0^2 - 2V_0V + V^2}{2a}$$

$$p: S_1 = 4; V_1 = 6; S_2 = 6; V_2 = 2; S_2 - S_1 = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a}; a = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2(S_2 - S_1)}$$

$$A = \frac{p_1 V_1}{2} - \frac{p_1 V_2}{2} = \frac{1}{2} p_1 R (T_2 - T_1)$$

$$U = \frac{3}{2} p_1 R (T_2 - T_1)$$

$$U_0 = \frac{3}{2} p_1 R T_1$$

$$\frac{1}{2} p_1 R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} p_1 R T_1$$

$$p_1 R T_2 - p_1 R T_1 = 3 p_1 R T_1$$

$$T_2 = 4 T_1$$

$$\frac{V_0^2 - 2V_0V + V^2}{2a} = \frac{V_0^2 - 2V_0V + V^2}{2a}$$

$$\frac{25E}{E} = \frac{488}{6}$$

$$E = \frac{3}{25} E_0$$

$$dE = \frac{3 \cdot 2\pi r dr}{h^2 + r^2}$$

$$V = h \omega$$

$$dt = h \frac{d\omega}{c \cos \theta}$$

$$dE = \frac{h \cdot 2\pi r \omega \cdot \frac{h d\omega}{c \cos \theta}}{h^2 + r^2}$$

$$\frac{\sqrt{T_1}}{V_1} = \frac{\sqrt{T_2}}{V_2}$$

$$E = \hbar \omega$$

$$E = \hbar \omega$$

$$= 2\pi \hbar k \left(-\cos \frac{\pi}{2} + \cos 0 \right)^2$$

$$= 2\pi \hbar k (0 + 1)$$

$$= 2\pi \hbar k$$

$$m = 2$$



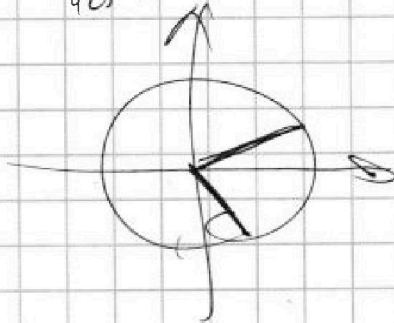
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено 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!

$$\begin{array}{r} 80 \overline{) 5} \\ 5 \\ \hline 40 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 81 \\ \times 3 \\ \hline 243 \end{array}$$

$$\sin(2x) = 2\sin x \cos x$$

$$\sin(2x - 90^\circ) =$$

$$\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\begin{aligned} \cos 60^\circ &= \sin^2 30^\circ - \sin^2 30^\circ \\ &= \frac{3}{4} - \frac{1}{4} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} \end{aligned}$$

$$\frac{\sqrt{T}}{V}$$

$$\frac{T}{V^2}$$

$$\begin{aligned} n-1 &= -2 \\ n &= -1 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 81 \\ \times 4 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$\frac{dV}{V} = \frac{dT}{T}$$

$$\begin{aligned} PV^n &= \text{const} \\ PRT \cdot V^{n-1} &= \text{const} \end{aligned}$$

$$n \cdot 8k \cdot \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = n \cdot 8 \cdot n \cdot \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} =$$

$$= \frac{2 \cdot 4k}{V} \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \text{const}$$

$$\frac{\sqrt{T}}{V} = \text{const}$$

$$\frac{dT}{2\sqrt{T}} = \frac{\sqrt{T}}{V} \cdot dV$$

$$\frac{VdT}{2} = TdV$$

$$\frac{\sqrt{T}dV - Vd\sqrt{T}}{V^2} = 0$$

$$\sqrt{T}dV = V \cdot \frac{dT}{2\sqrt{T}}$$

$$PV = VRT$$

$$TdV = \frac{VdT}{2}$$

$$dV = \frac{VdT}{2T}$$

$$\begin{aligned} VdT &= PdV + \frac{3}{2}VdT = \frac{PVdT}{RT} + \frac{3}{2}VdT = \\ &= \frac{VdT}{2} + \frac{3}{2}VdT = \frac{4}{2}VdT = 2VdT \end{aligned}$$