



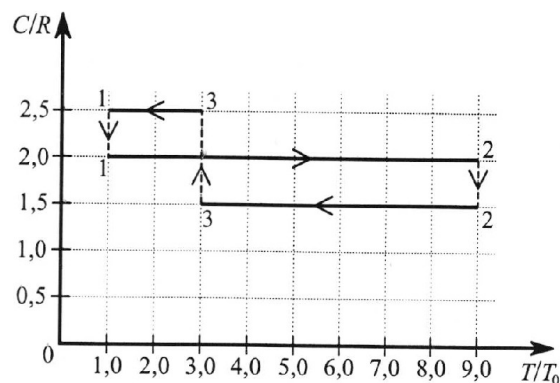
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

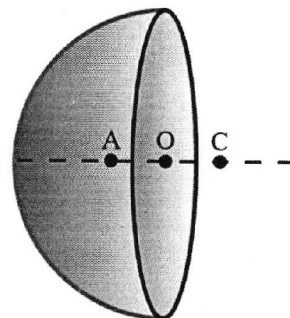


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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 закрепленной 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.



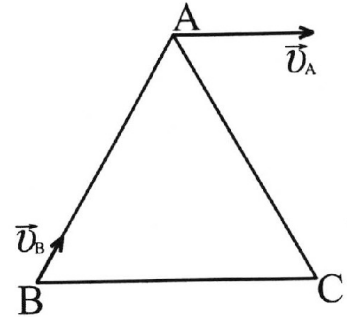
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

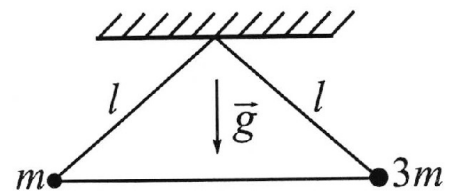
3. Найдите модуль R равнодействующей сил, приложенных к пчеле, сидящей на движущейся пластине. Масса пчелы пренебрежимо мала по сравнению с массой пластины.
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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 мак симальной 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 скреплены с легким стержнем длины $L = 1,2l$. Систему удерживают так, что шарик находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



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



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:

$$V_A = 0,8 \text{ м/с}$$

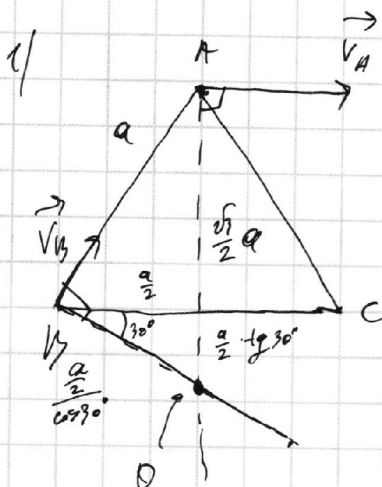
$$a = 0,9 \text{ м}$$

$$n = 60^\circ$$

$$V_B = ?$$

$$\omega = ?$$

$$R = ?$$



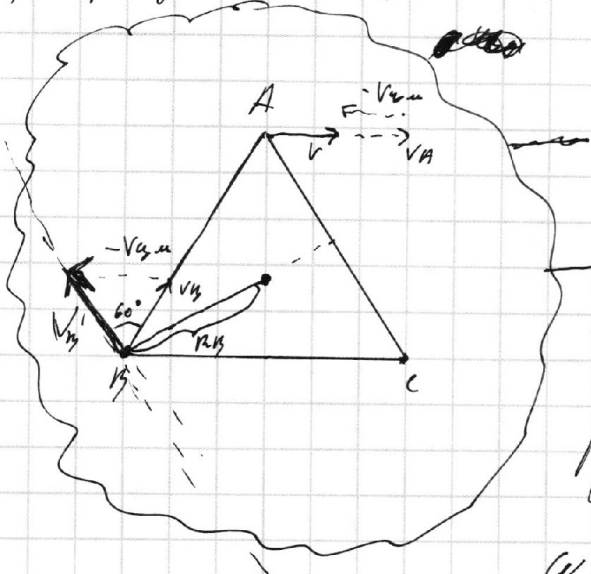
Найдём мгновенный центр вращения треугольника $\Delta \Rightarrow$ запишем выражения для скоростей:

$$\begin{cases} V_A = \omega \left(\frac{\sqrt{3}}{2} a \right) \\ V_B = \omega \frac{a}{\sqrt{3}} \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\frac{V_B}{V_A} = \frac{\omega \frac{a}{\sqrt{3}}}{\omega \frac{\sqrt{3}}{2} a} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow V_B = \frac{1}{2} V_A = 0,4 \text{ м/с}$$

Ответ: $V_B = 0,4 \text{ м/с}$

2) Перейдём в СО ЦМ:



М.К. в КСО ЦМ. $V_A \parallel BC \Rightarrow \vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$ - коллинеарные векторы $\Rightarrow V_B \parallel BC$

Уг. м. $V_B' = V \Rightarrow$ м.к. $V_B' \parallel AC$ (вращательное вращ.)

$\Rightarrow$ угол между V_B' и $V_B = 60^\circ \Rightarrow$ м.к. угол между V_B и V_B' тоже равен $60^\circ \Rightarrow$ равнобедренный Δ скоростей $\Rightarrow V_B' = V_B = 0,4 \text{ м/с} \Leftrightarrow$

$$\omega = \frac{V_B'}{R_B} = \frac{0,4 \text{ м/с}}{0,9 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{2}{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \text{с}^{-1}$$

$\Rightarrow$ Теорема = $\frac{1}{\omega} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Leftrightarrow$ $\omega_{обратное} = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ с}$ Ответ: $\omega = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ с}$



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
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) П. К. Математика ММММ на шаровой горизонтальной
м-ти $\Rightarrow \sum F_{\text{кас}} = 0 \Rightarrow$ По теореме о движении
центра масс $V_{\text{ц.м.}} = \text{const} \Rightarrow$ Его скорость инерциальна
и в ней можно записать IIЗН для точки:

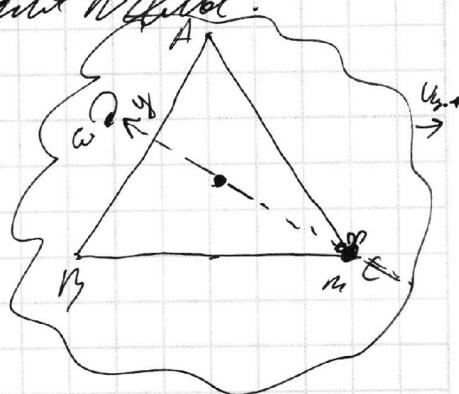
IIЗН: $m a_{\text{ц.м.}} = \sum F = R \Rightarrow$
т.е. ~~только~~ сила в ИСО ~~и только~~
вращающая $\Rightarrow a_{\text{ц.м.}} = a_{\text{ц.м.}} = \omega^2 R \Leftarrow$

$$m \omega^2 R = R \Leftarrow$$

$$R = 0,00006 \text{ м} \cdot \frac{1 \text{ с}^{-2}}{7} \cdot 0,99 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} =$$

$$= \frac{0,000024}{3\sqrt{3}} \text{ Н}$$

$$\text{Ответ: } R = \frac{0,000024}{3\sqrt{3}} \text{ Н}$$





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.

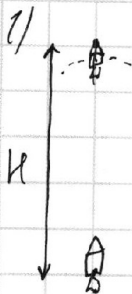
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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:
 $h = 11,2 \text{ м}$
 $v = 24 \text{ м/с}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $K_{\text{max}} = ?$



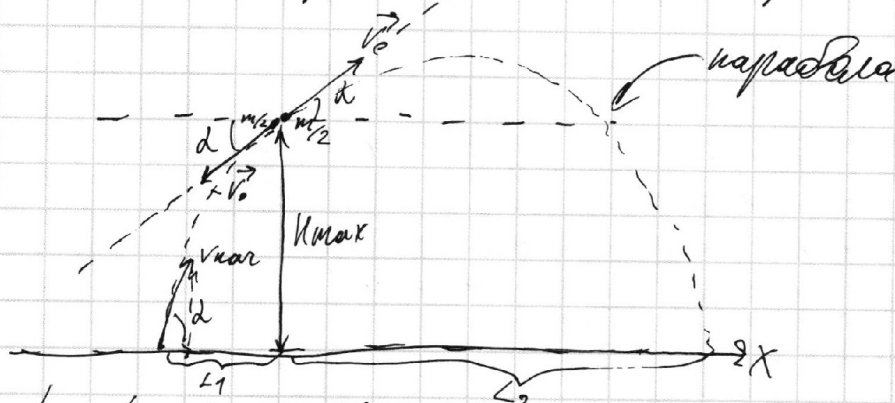
$$\text{ЗСЭ: } \frac{mv^2}{2} = \boxed{mgK = \frac{mv^2}{2} + mgh} \Leftrightarrow$$

$$K = \frac{v^2}{2g} + h =$$

$$= \frac{4}{5} + 11,2 \text{ м} = 12 \text{ м}$$

Ответ: $K_{\text{max}} = 12 \text{ м}$

2) П.к. В точке $K_{\text{max}} = 0 \Rightarrow \sum P_i = 0 \Rightarrow$
 м.к. массы обеих частей равны $\Rightarrow$ равные
 и модули их скоростей, но противоположные
 по направлению их векторы:



$L = L_1 + L_2 \Rightarrow$ Можно заметить, что суммарная траектория
 равна траектории полёта тела с углом со ск-тью

$$v_{\text{пол}} = \sqrt{\frac{mv_0^2}{2} + \frac{2mgK_{\text{max}}}{2}} \Rightarrow \text{можно воспользоваться по формуле:}$$

$$L = \frac{2v_{\text{пол}} \sin d}{g} \cdot \frac{v_{\text{пол}} \cos d}{g} = \frac{2 \sin 2d v_{\text{пол}}^2}{g} \Rightarrow \text{Макс при } \sin 2d = 1 \Rightarrow$$

горизонтальная составляющая скорости и косинуса, т.к. $\sum F_x = 0$

$$L = \frac{v_{\text{пол}}^2}{g} = \frac{v_0^2 + 2gK_{\text{max}}}{g} = 49,6 \text{ м}$$

Ответ: $L = 99,6 \text{ м}$

из ЗСЭ



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:
 $m = 802$
 $l, L = 1,2l$

$\sin \alpha = \frac{4}{5}$
 $\cos \alpha = \frac{3}{5}$

1) $\sum F_{x, m} = 0$: $N - \frac{3}{5} T_2 = 0$
 $\sum F_{y, m} = 0$: $3mg - \frac{4}{5} T_1 = 0$

$\tan \alpha = \frac{ay}{ax} = \frac{3mg - \frac{4}{5} T_1}{\frac{3}{5} T_1 - N}$

Поскольку все цепи одинаковы $\rightarrow l, l, 1,2l$ - одинаковые цепи $\Rightarrow m$ и $3m$ в каждый момент времени движутся по одной окружности радиуса l с одинаковым по модулю ускорением $\Rightarrow$

нормальные ускорения
 $a_{nm} = a_{3m} = \frac{T_2 - \frac{3}{5} N}{m} = \frac{T_1 - \frac{4}{5} N}{3m}$

тангенциальные ускорения
 $a_{tm} = a_{t3m} = \frac{N \cdot \frac{4}{5} - mg \cdot \frac{3}{5}}{m} = \frac{9mg - 4N}{3m}$ (2)

1) $\vec{v}_{\text{норм}} = 0 \Rightarrow$
 $a_{\text{норм}} = \frac{v^2}{R} = 0 \Rightarrow$
 $12N - 9mg = 9mg - 4N \Rightarrow$
 $18mg = 16N \Rightarrow$
 $N = \frac{9}{8} mg$ (3)

2) $\vec{v}_{\text{танг}} = \frac{3}{5} T_1 + \frac{4}{5} mg =$
 $= \left(\frac{27}{40} + \frac{4}{5} \right) mg =$
 $= \frac{59}{40} mg \Rightarrow \tan \alpha = \frac{3mg - \frac{4}{5} T_1}{\frac{3}{5} T_1 - N} = \frac{150 - 59}{50} = \frac{91}{100}$

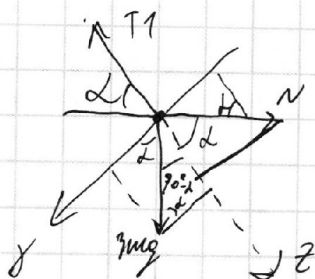


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$\text{II} \text{ закон Ньютона: } T_1 = N \cos \alpha + mg \sin \alpha =$$

$$2 \frac{9}{8} mg \cdot \frac{3}{5} + 3mg \cdot \frac{4}{5} =$$

$$= \frac{27}{40} mg + \frac{12}{5} mg = \frac{96 + 27}{40} = \frac{123}{40} \text{ (с)}^2$$

$$\tan \beta = \frac{3mg - \frac{4}{5} \cdot \frac{123}{40} mg}{\frac{9}{5} \cdot \frac{123}{40} mg - \frac{9}{8} mg} =$$

$$= \frac{\frac{150 - 123}{52}}{\frac{969 - 225}{400}} = \frac{27}{144} = \frac{3}{16}$$

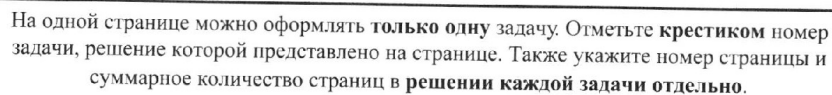
$$= \frac{54}{72} = \frac{27}{36} = \frac{3}{4} \Rightarrow \sin \beta = \frac{3}{5}$$

$$1) \text{ Ответ: } \sin \beta = \frac{3}{5}$$

$$\text{II закон Ньютона: } 3ma = \frac{3}{5} \cdot 3mg - \frac{4}{5} \cdot \frac{9}{8} mg \Rightarrow$$

$$a = \frac{3}{5}g - \frac{12}{40}g = \frac{3}{40}g = 3 \text{ м/с}^2$$

$$\text{Ответ: } a = 3 \text{ м/с}^2$$

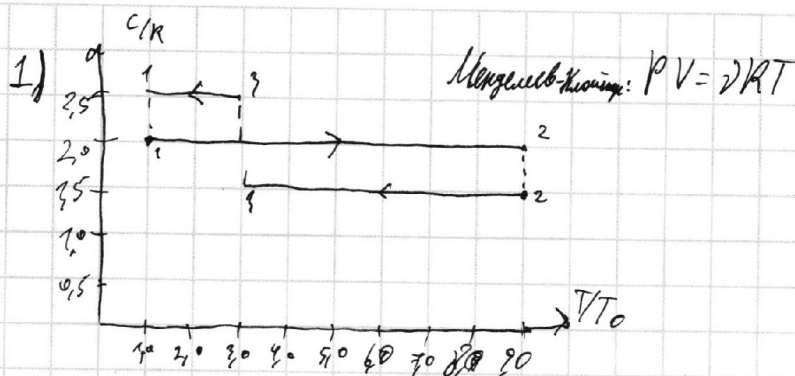


СТРАНИЦА

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!

$\gamma = 3$ мев

$$T_0 = 270 \text{ K}$$
$$M = 250 \Omega$$
$$N = 19$$
$$q = 10 \mu\text{C}^2$$
$$R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$


$\pi_{KT}: Q = A + \Delta u \Leftrightarrow i=3$ (unendlich)

$$C_V \Delta T = A + \frac{1}{2} 2R \Delta T$$

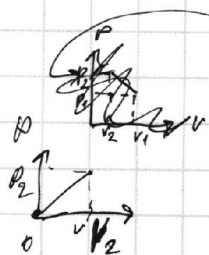
при $A = 0 \Rightarrow$ вырожденный процесс $\Rightarrow C = \frac{3}{2}R$, процесс $2 \rightarrow 3$

при $A = 2k_B T \Rightarrow$ изобарный процесс $\Rightarrow C = \frac{5}{2} R$ изобарный $\Rightarrow 1$

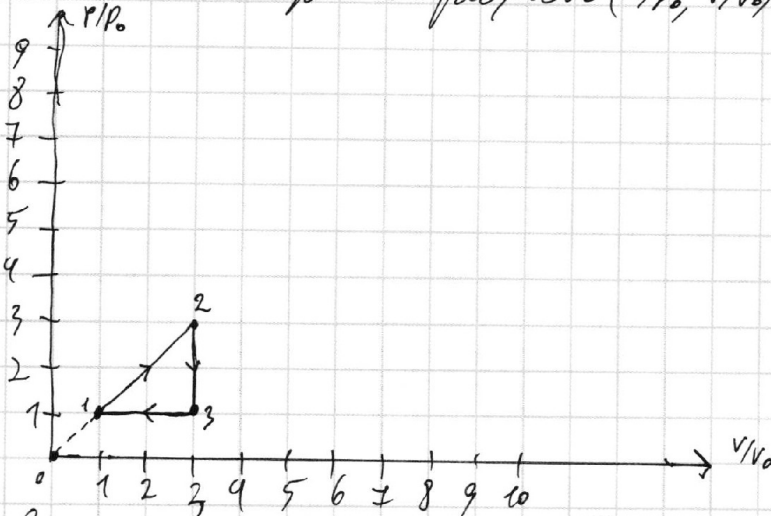
$\mu_{\text{H}_2} = \frac{1}{2} RT \rightarrow$ ~~уравнение~~ уравнения состояния РнВ

Среднеарифметическое $P_{\text{ср}}$ — среднее значение $\Rightarrow$ $\lg P_{\text{ср}} = \lg V: A = \frac{P_1 P_2}{2} = \frac{V A_1}{2}$

2) можем построить график (v/p_0 , v/v_0)



Orbiter:



2) Амплитуда вынужденных из графика ~~найти~~ ($P/P_0, v/v_0$)

Изучив условия сделки и адекватно к %.

1 → 2: $A > 0$, ($\Delta V > 0$) . 2 → 3: $A = 0$, ($\Delta V = 0$) . 3 → 1: $A < 0$ ($\Delta V < 0$) ⇒

$$A_{\text{изг. газа}} = \frac{2 \cdot 2}{2} P_0 V_0 = 2 \nu R T_0 = 2 \cdot 3 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 270 \text{ К} =$$

$$= 13500 \text{ Dm} - \underset{27.19 \text{ Dm}}{27.19 \text{ Dm}} = 13462,2 \text{ Dm}$$

Orbital: $A_1 = 13462, 2 \text{ Dne}$



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) 302: $A_N = M g H \Leftrightarrow H = \frac{A_N}{2 M g} = \frac{13462,2 \text{ Дж} \cdot 0,5}{2 \cdot 250 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{13462,2 \cdot 0,5}{2 \cdot 2500 \text{ Н}}$
 $= \frac{40386,6 \text{ Дж}}{2 \cdot 2500 \text{ Н}} = \frac{80,7732 \text{ М}}{2} = 40,3866 \text{ М}$ Ответ: $H = 40,3866 \text{ М}$

к задаче не относятся (урачтывы):

$$\begin{array}{r} 16 \\ \times 16 \\ \hline 96 \\ 16 \\ \hline 256 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 256 + 20 \cdot 12 \\ \hline 240 \end{array} = \frac{496}{10} = 49,6 \text{ М}$$



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

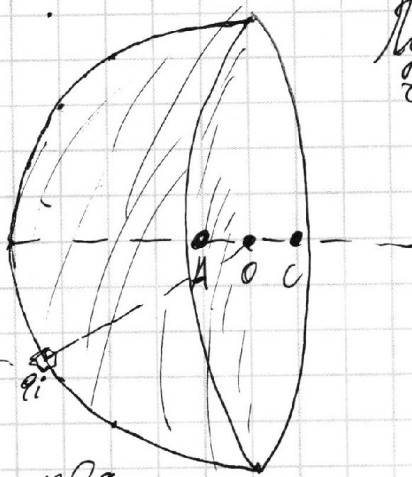
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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:
 Q, m, q, R
 V_0 - СК-мб
только
 V_c - СК-мб
в точке C

1)



$$F_0 = kq \sum_{i=1}^n q_i = \frac{kQq}{R}$$

Ответ: $V_0 = \sqrt{\frac{mv^2 R - 2kQq}{mR}}$

2)

Пушкин-тренировки
Суперпозиции

Два одинаковых заряда, помещены
в две точки сферы, радиус которой
равен R. Заряды Q_1 и Q_2 одинаковы. $\Rightarrow$

В центре сферы $\frac{2kQq}{R}$

$E_{-Q} = -E_A = -\frac{mv^2}{2}$ (из первого пункта) $\Rightarrow$ Можем записать ЗКЗ:

$$E_A - (E_{\text{в центре сферы}} - E_A) = \frac{mv_c^2}{2} \Leftrightarrow$$

$$\frac{mv_c^2}{2} = mv_0^2 - \frac{2kQq}{R} \Leftrightarrow$$

$$V_c = \sqrt{\frac{2Rmv_0^2 - 4kQq}{mR}}$$

Ответ: $V_c = \sqrt{\frac{2Rmv_0^2 - 4kQq}{mR}}$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Пусть E_A - потенциалная энергия
зарядов q в поле зарядовой
поверхности $\Rightarrow$ тогда запишем

$$\text{ЗКЗ: } E_A = \frac{mv^2}{2}$$

(для потенциалной энергии
зарядов в электрическом
поле "бесконечно большой" расстояний
L, по сравнению с R ($L \gg R$))

$\Rightarrow$

$$\text{ЗКЗ: } E_A - E_0 = \frac{mv_0^2}{2} \Leftrightarrow$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} - \frac{kQq}{R} \Leftrightarrow$$

$$V_0^2 = \frac{mv^2 R - 2kQq}{mR} \Leftrightarrow$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{mv^2 R - 2kQq}{mR}}$$

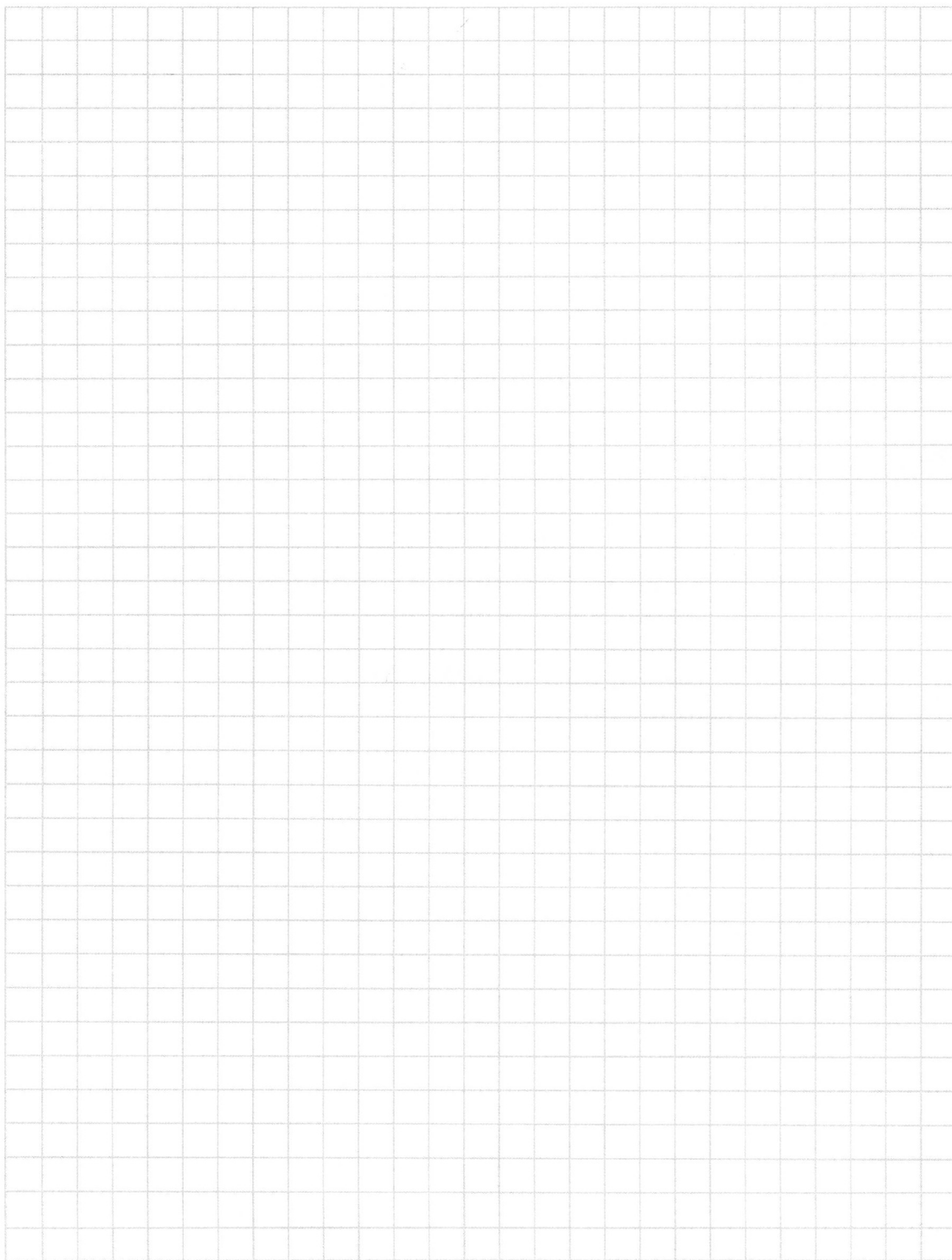


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!





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!

