



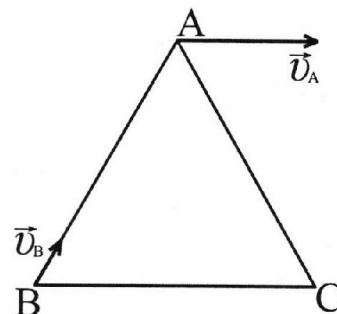
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

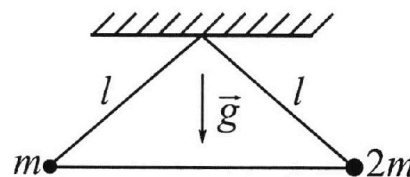
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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. Шарiki скреплены с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарiki находятся 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.

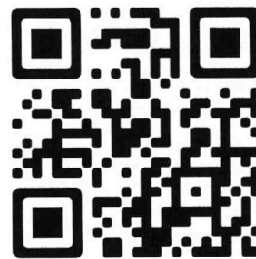
3. Найдите модуль T упругой силы, с которой стержень действует на этот шарик сразу после освобождения системы.



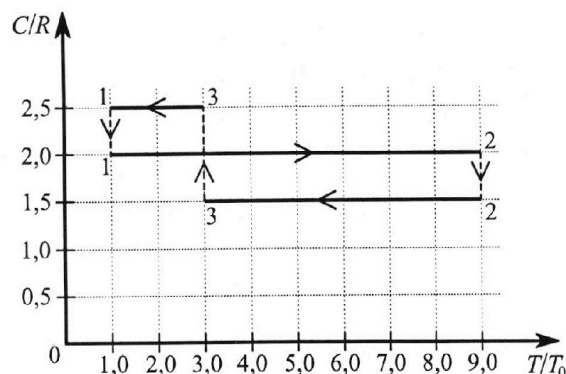
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 300 \text{ K}$.

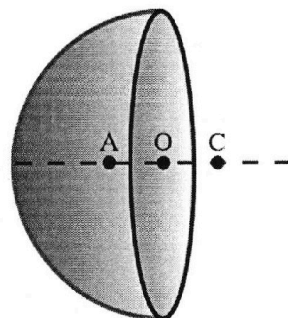


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

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 K .



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.



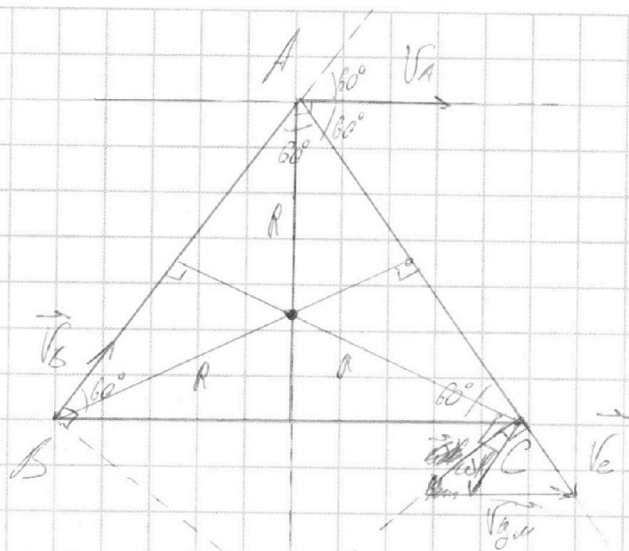
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА

1 из 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!



1/1

1) Рассмотрим правило проекции скорости для $\vec{v}_A$ (по направлению с $\vec{v}_B$):

$$v_B = v_A \cos 60^\circ$$

$$v_A = \frac{v_B}{\cos 60^\circ} = \frac{0,4 \text{ м/с}}{1/2} = \underline{0,8 \text{ м/с}}$$

Аналогичное выражение запишем для $\vec{v}_C$:

$$v_A \cos 60^\circ = v_C \Rightarrow v_C = v_B = 0,4 \text{ м/с}$$

Проведем перпендикуляры $\vec{v}_A$ и $\vec{v}_B$ к $\vec{v}_C$ и $\vec{v}_A$ к $\vec{v}_B$ в точках А и В соответственно, точка их пересечения является мгновенной осью вращения $\Rightarrow$ перпендикуляр от $\vec{v}_C$ тоже будет проходить $\Rightarrow$ т.к. $\triangle ABC$ равнобедренный, $\vec{v}_C \perp \vec{AC}$



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!

3) П.И. Михалы ¹⁴ ← Миласкины, ~~но~~ когда
маша села на поезд С, характер излучения парам-
перы ~~излучения~~ машины можно считать непре-
менно малым $\Rightarrow$ ~~учитывая~~ $V_{\text{маш}} = (v_{\text{г.м}} + \omega)R \Rightarrow$
 $\Rightarrow R \approx 3.11$

$\vec{Ox}'$ ма = $\vec{R}$ ← радиус-вектор

Ось $\vec{Ox}'$ ма в $\vec{EO}$
по направлению

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

$$R = \frac{m R \cdot \frac{v_c^2}{R^2}}{\frac{m v_c^2}{R}} = \frac{m v_c^2 \sqrt{3}}{2} =$$
$$= \frac{0.12 \cdot (0.4)^2 \cdot 1.7}{0.4} \text{ (H)} \approx 0.85 \text{ (H)}$$

Ответ: $V_A = 0.84 \text{ м/с}$
 $T = 3.07 \text{ (с)}$
 $R = 0.85 \text{ Н}$



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!

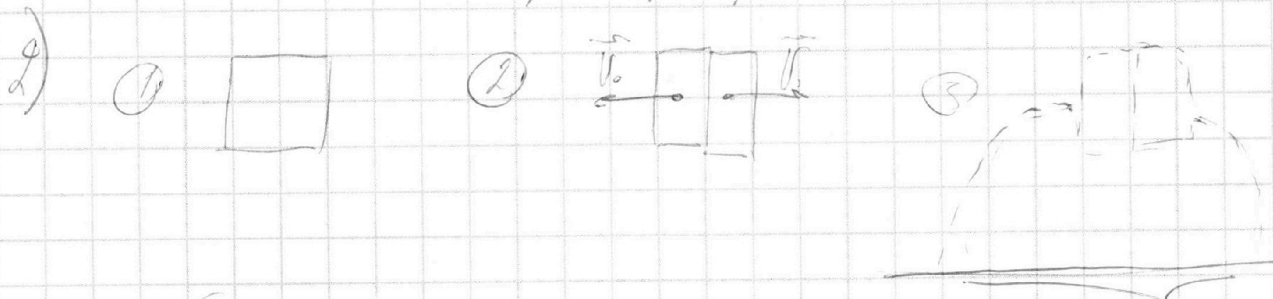
1) Попробем вычислить $14,9$ м за "нулевой высоте",
можно по ЗЕМ:

$$\frac{mv^2}{2} = mgh \Rightarrow kh = \frac{v^2}{2g} = \frac{36}{20} \text{ (м)} = 1,8 \text{ (м)}$$

← известная величина g

$$\Rightarrow L_{\text{max}} = h + kh = 1,8 \text{ (м)} + 14,9 \text{ (м)} = \boxed{16 \text{ (м)}}$$

← высота, на которой $V_{\text{проекции}} = 0$



из соображений симметрии очевидно, что L_{max} максимальная дальность полета достигается углом броска α горизонту в 45° , откуда из ЗЕМ следует, что: $0 = mv_0 + m\vec{v}_1$, где $\vec{v}_1$ — скорость в конце полета $\Rightarrow \vec{v}_0 = -\vec{v}_1 \Rightarrow$ очевидно, что L_{max} достигается при $\vec{v}_0$, направленном горизонтально $\Rightarrow$ $\vec{v}_0$ в силу симметрии движения $\Rightarrow L_{\text{max}} = 2L$, где L — расстояние (горизонтальное), пройденное камнем из осн. полож.



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
☐

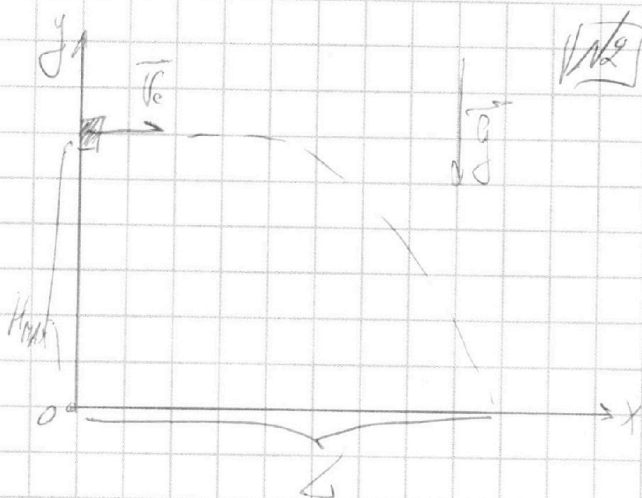
6
☐

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!



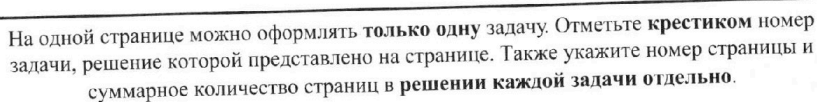
$\sqrt{2g}$

$$L = v_0 t$$
$$H_{\max} = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H_{\max}}{g}}$$
$$L = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2H_{\max}}{g}}$$

$$L_{\max} = 2 \cdot 16 \cdot \sqrt{\frac{2H_{\max}}{g}} = 2 \cdot 20 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 16}{10}} \text{ (м)} = \sqrt{\frac{160}{5}} \text{ (м)}$$

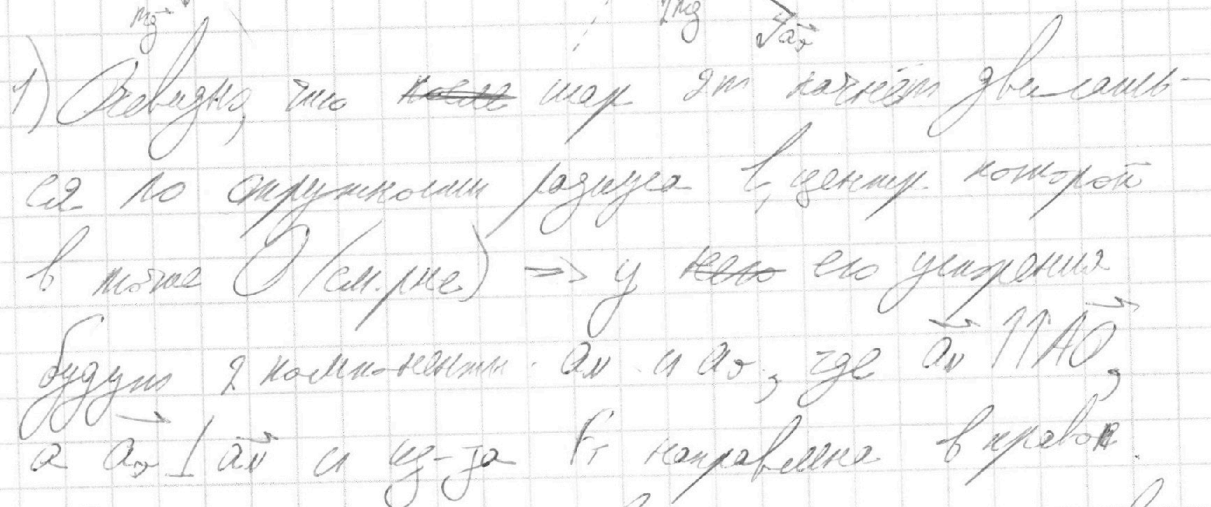
Решение: $H_{\max} = 16 \text{ м.}$

$$L_{\max} = \frac{160}{\sqrt{5}} \text{ м.}$$



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!



Значит заменим, что в каретный момент времени $\Delta t = 0$, т.е. скорость обоих грузов $\vec{v}$ равна нулю $\Rightarrow \vec{a}_x = \vec{a}_H + \vec{a}_T \Rightarrow \vec{a} \parallel \vec{a}_T \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ Из рисунка: $\cos(90-\alpha) = \underline{0,8} = \sin \alpha \Rightarrow \cos \alpha = 0,6$

2) М.и. Стержни жесткий, $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2|$ при закреплении $\vec{a}_1$ направлено аналогично $\vec{a}_2$, но верн. к.т. к.е. в $\vec{a}_1$ (всего раз укажи и сформулируй), тогда применим II З.Н. Зад. сразу придет на ~~сво~~ ^{сво}, соком-равенства сил ускорениями



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!

WS

$$2ma_2 = 2mg \cos(90^\circ - \alpha) - T_3 \cos \alpha = 2mg \sin \alpha - T_3 \cos \alpha \quad (1)$$

$$1) \quad ma_2 = T_3 \cos \alpha - mg \sin \alpha \quad (2)$$

$$3) \quad ma_2 = mg \sin \alpha$$

$$a_2 = \frac{g \sin \alpha}{3} = \frac{10 \cdot 0,8}{3} \text{ м/с}^2 = \boxed{\frac{8}{3} \text{ м/с}^2}$$

3) 11/2):

$$T_3 = \frac{ma_2 + mg \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{0,09 \cdot \frac{8}{3} + 0,09 \cdot 10 \cdot 0,8}{0,6} = \quad (11)$$

$$= \frac{0,24 + 0,72}{0,6} \text{ Н} = \frac{0,96}{0,6} \text{ Н} = \frac{96}{6} \text{ Н} = \boxed{1,6 \text{ Н}}$$

Ответ: $\sin \alpha = 0,8$
 $a_2 = \frac{8}{3} \text{ м/с}^2$
 $T_3 = 1,6 \text{ Н}$



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!

1) Из графика сделаем, что:

1-2 — изохорный процесс (т.к. $V = \text{const}$)

2-3 — изобарный процесс (т.к. $P = \text{const}$)

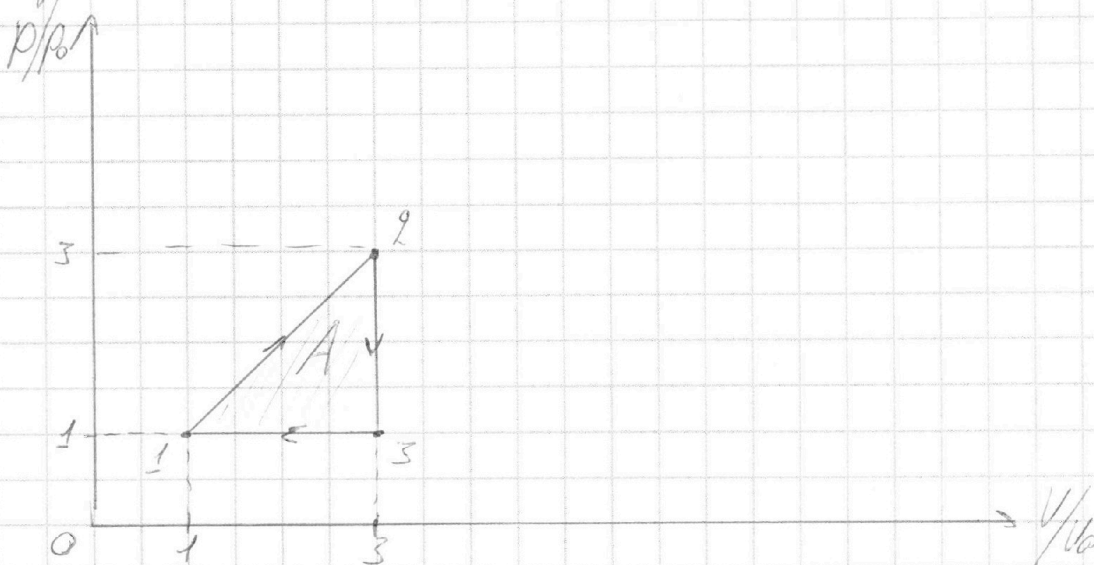
3-1 — изотермический процесс (т.к. $T = \text{const}$)



Из УМК:

$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu R T_1 \\ p_1 V_3 &= \nu R T_3 \end{aligned} \Rightarrow \frac{V_1}{V_3} = \frac{T_1}{T_3} = \frac{1}{3}; p_1 = p_3 = p_0$$

$$\begin{aligned} p_2 V_2 &= \nu R T_2 \\ p_3 V_2 &= \nu R T_3 \end{aligned} \Rightarrow \frac{p_2}{p_3} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{3}{1}; V_2 = V_3 = 3V_1 = 3V_0$$





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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
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!

2) Заметим, что A равна площади диска, образованной профилем цилиндрического профиля в осевом pk
 $\Rightarrow A = (3r_0 - r_0)(3b - b) \cdot \frac{1}{2} = 2r_0 b$

УМК для машин 1:

$$r_0 b = 2KT_1 \Rightarrow A = 2r_0 b = 2KT_1 = 2 \cdot 5 \text{ мм} \cdot 8,51 \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} =$$
$$= 24930 \text{ Дж}$$

3) Так как груз перемещают медленно, $\epsilon_{\text{груза}} \rightarrow 0 \Rightarrow$
 $\epsilon_{\text{пруж. груз}} = \frac{mv^2}{2} \rightarrow 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ по ЗПЭ:

$$MgH = \frac{1}{2} \cdot A \cdot N$$

$$H = \frac{AN}{2Mg} = \frac{24930 \cdot 20}{2 \cdot 400 \cdot 10} \text{ м} \approx 62,3 \text{ м}$$

Ответ: $A = 24930 \text{ Дж}$
 $H = 62,3 \text{ м}$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

$$p = \cos 60^\circ$$

$$P_{\text{ср}} Q = \frac{5}{2} P_{\text{ср}} T - p A L =$$

$$= \frac{5}{2} P_{\text{ср}} T$$

$$C_p = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{5}{2} P$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{5}{2} P$$

$$Q = \frac{3}{2} P_{\text{ср}} T$$

$$C_p = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{3}{2} P$$

$$\vec{V}_B = \vec{V}_{\text{ср}} + \vec{V}_K$$

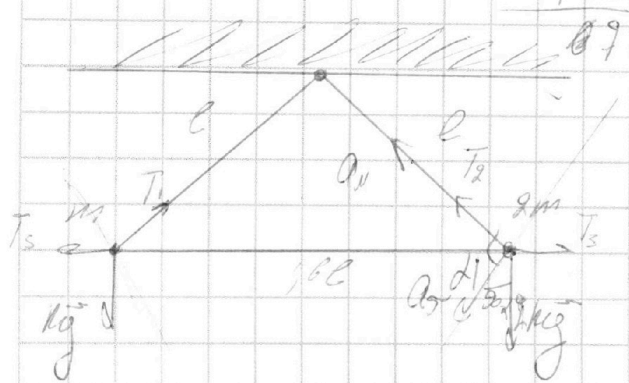
$$\vec{V}_K = \vec{V}_B - \vec{V}_{\text{ср}}$$

$$\begin{array}{r} 698 \\ - 51 \\ \hline 1180 \end{array} \quad \begin{array}{r} 117 \\ - 309 \\ \hline 861 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 698 \\ - 51 \\ \hline 118 \\ 109 \\ \hline 160 \\ - 153 \\ \hline 07 \end{array}$$

$$\frac{9 \cdot 3/4 \cdot \frac{1}{17} \cdot 94}{94} = \frac{628}{17}$$

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = \frac{mv^2}{2}$$



$$Q =$$

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

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

$$5ma = 5mg \sin \alpha$$

$$a = g \sin \alpha$$

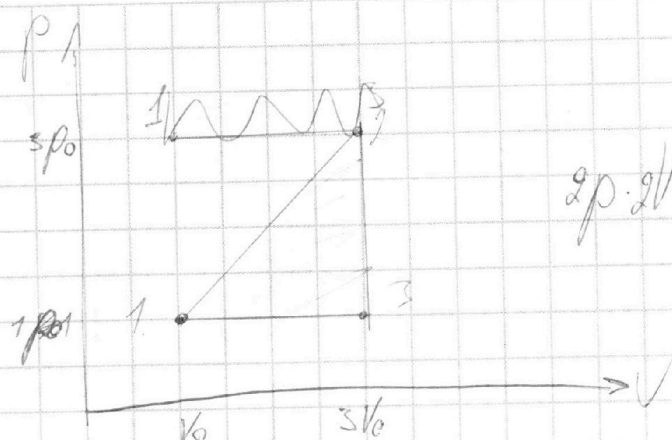


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

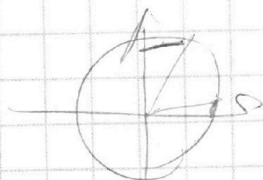
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!



$$2p \cdot 2V \cdot \frac{1}{2} = 2pV = 2RT$$

$$pV = RT$$



$$3000 \cdot 8,31$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 3000 \\ \hline 24,93 \end{array}$$

$$25000 / 400$$

$$\begin{array}{r} 250 / 4 \\ \underline{24} \quad 625 \\ 10 \\ \underline{8} \\ 20 \\ \underline{20} \\ 0 \end{array}$$



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!

