

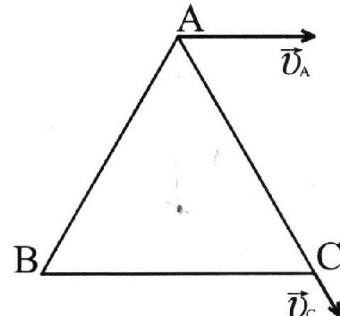
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 10-03



*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  $v_A = 0,6$  м/с, а скорость  $\vec{v}_C$  вершины С направлена вдоль стороны AC. Длины сторон треугольника  $a = 0,3$  м.



1. Найдите модуль  $v_C$  скорости вершины С.

2. За какое время  $\tau$  пластина в системе центра масс совершил восемь оборотов?

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

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

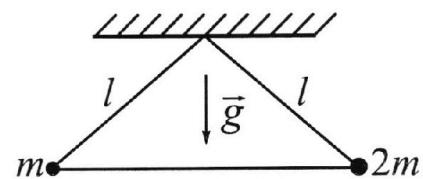
- ✓2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте  $h = 15$  м фейерверк находился через  $\tau = 1$  с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту  $H$  поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью  $V_0 = 30$  м/с. Направление вектора  $\vec{V}_0$  скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

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

3. Два шарика с массами  $m = 200$  г и  $2m$  подвешены на невесомых нерастяжимых нитях длины  $l$ , прикрепленных к одной точке потолка. Шарики скреплены с легким стержнем длины  $L = 1,2l$ . Систему удерживают так, что шарики находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол  $\alpha$  с горизонтом образует вектор  $\vec{a}_1$  ускорения шарика массой  $m$  сразу после освобождения системы? В ответе укажите  $\sin \alpha$ .

2. Найдите модуль  $a_1$  ускорения шарика массой  $m$  сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

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



**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**

**Вариант 10-03**



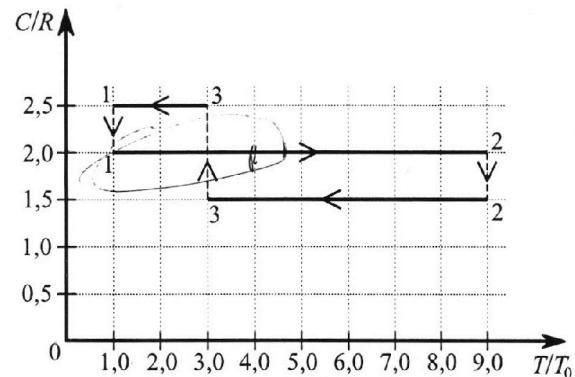
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.*

4. Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой  $\nu = 1$  моль однотипного идеального газа участвует в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче,  $T_0 = 200\text{ K}$ .

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

2. Какое количество  $Q_1$  теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?

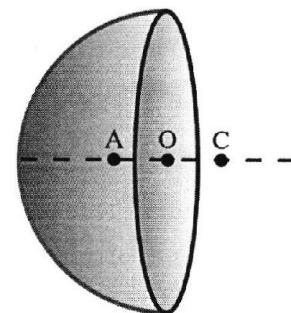
3. На какую высоту  $H$  подъемник медленно переместит груз массой  $M = 415\text{ кг}$  за  $N = 25$  циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения  $g = 10\text{ м/с}^2$ , универсальная газовая постоянная  $R = 8,31\text{ Дж/(моль·К)}$ . Считайте, что в каждом цикле половина работы газа за цикл преобразуется в полезную работу подъемника.



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

1. С какой скоростью  $V$  частица движется на большом по сравнению с  $R$  расстоянии от точки О? Электрическая постоянная  $\varepsilon_0$ . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.

2. Найдите скорость  $V_C$ , с которой частица движется 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.

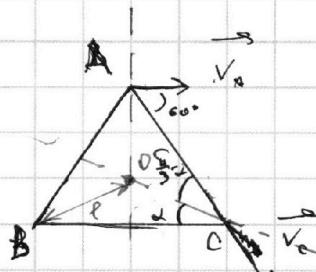
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!



- Т.к. мы считаем пластину не растягиваем, проекции скоростей на сопр. точки линии равны т.е.

$$V_c = V_a \cdot \cos(60^\circ) = \frac{0.6}{2} = 0.3 \text{ м/с}$$

- За 8 оборотов отрезок AC провернётся те же 8 раз рассмотрим движение + вокруг C:

$$V_{\text{отн}} = V_a \cdot \sin 60^\circ = 0.6 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 1.43 \cdot 0.3 = \frac{5.19}{10} \approx 0.51 \text{ м/с}$$

$$= 0.519 \text{ м/с}$$

$$R(\text{периметр}) = a = 0.3 \text{ м} \Rightarrow \text{периметр } P = 2\pi R = 2\pi a = 6.28 \cdot 0.3$$

$$r = \frac{8P}{V_{\text{отн}}} = \frac{8 \cdot 6.28 \cdot 0.3}{1.43 \cdot 0.51} = \frac{50.24}{1.43} \approx \sqrt{29} \text{ м}$$

$$\begin{array}{r} 5024 \\ - 346 \\ \hline 1564 \\ - 1554 \\ \hline 10 \end{array}$$

угловая ско -  $\varphi$

$$\varphi = \frac{806}{29} = \frac{16\pi}{29} = \frac{16}{29} \pi \text{ рад/с}$$

~~$$a = \frac{2\pi r}{\varphi} = \frac{2\pi}{\varphi}$$~~

$$a = \varphi^2 \cdot R = \varphi^2 \cdot r = \left( \frac{16}{29} \pi \right)^2 \cdot 0.3 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{245.2}{835.980} \cdot 0.86 =$$

$$\frac{3.14}{4} = 0.49 \text{ м/с}^2$$

$$R = a \cdot m = 0.49 \cdot 10^6 \cdot 60 = 4.44 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$



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  
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!

$$X_1 + X_2 = \max \Rightarrow \sqrt{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha + 2gH \cdot \cos^2 \alpha} = \max$$

"

$$(V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha + 2gH \cdot \cos^2 \alpha) = 0$$

$$(-V_0^2 \cdot 4 \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha - 2gH \cdot \cos^2 \alpha) = 0$$

$$\sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha = 0$$

или

$$\cancel{\sin^2 \alpha} = 0$$

или

$$L_{\max} = 2 \cdot \left( V_0 \sqrt{\frac{2H}{g}} \right) = 2 \cdot 30 \cdot 2 = \boxed{120 \text{ м}}$$



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**.

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

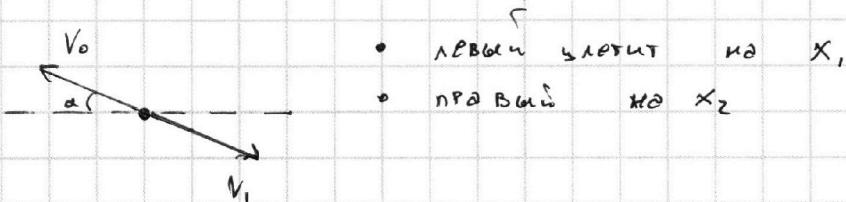
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

$$1) h = V_0 \cdot t - \frac{g t^2}{2}$$

$$V_0 = (h + g t^2 / 2) / t = (15 + 10 \cdot 1.5) / 1 = 20 \text{ м/с}$$

$$H_{\max} = V_{0y} \cdot t = \frac{V_0}{2} \cdot \frac{V_0}{g} = \frac{400}{20} = \boxed{20 \text{ м}}$$

a) По ЗСЧ  $V_1$  -го осколка по модулю равна  $V_0$  1-го, и противоположно по направлению.



$$x_1 = V_{0x} \cdot t_{\text{лев}} \quad (\text{здесь } \alpha \text{ неизвестно})$$

$$-(V_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t_{\text{лев}} + \frac{g t_{\text{лев}}^2}{2} = H$$

$$t_{\text{лев}} = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$t_{\text{прав}} = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$x_2 = V_{0x} \cdot t_{\text{прав}}$$

$$V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t_{\text{прав}} + \frac{g t_{\text{прав}}^2}{2} = H$$

$$t_{\text{прав}} = \frac{-V_0 \cdot \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$x_1 + x_2 = V_0 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{2 \sqrt{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} = \frac{2 V_0}{g} \cdot \sqrt{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha + 2gH \cdot \cos^2 \alpha}$$



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.

- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

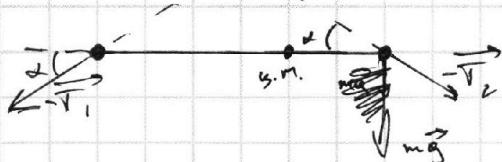
СТРАНИЦА  
1 ИЗ 6

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!

На систему резко перестают действовать  
т.к. вот эквивалент всех сил:

"или, здрав. систему  
все силы натяжения"

$$\cos \alpha = 0.6$$



$$T_1 = T_2 \quad \text{т.к. система никак  
не крепится}$$

т.к. не сказано, что стержень нерастяжим, будем считать,  
~~даже~~ что он растяжим (а чё нет :))

$$\text{тогда} \quad \sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - 0.36} = \boxed{0.8}$$

$$a = \frac{T_k}{m} = \frac{mg / \sin \alpha}{m} = \frac{10}{0.8} = \boxed{12.5 \text{ м/с}^2}$$

горизонт. соот. берётся именно от стержня

и

2.5

$$T_\alpha = a \cdot m \cdot \cos \alpha = 12.5 \cdot 0.2 \cdot 0.6 = \boxed{1.5 \text{ Н}}$$

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**.

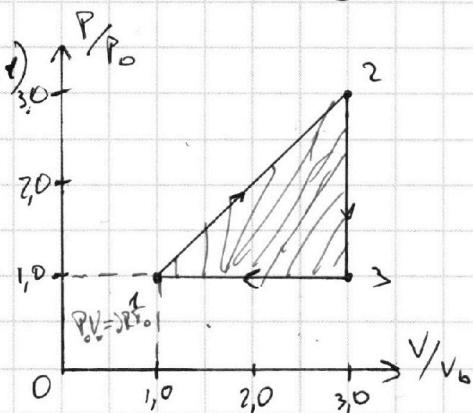
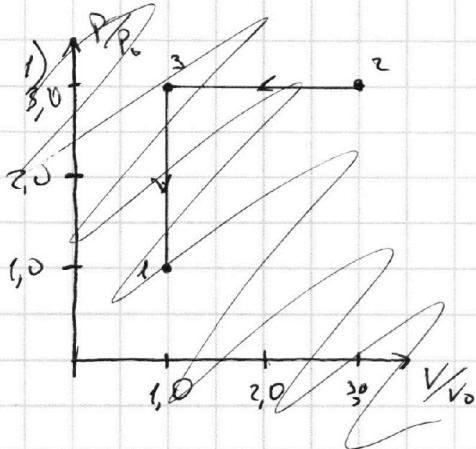
- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

1) п-сос 2-3 и 3-1 изотерм. и изобарн. соотв.

$$C_v = \frac{i+1}{2} R \quad C_p = \frac{i+2}{2} R$$



при этом из п-сос 2-3 выходит

$$\text{из} \quad v_k = 3 v_0$$

$$\text{а из } 3-1 \quad p_k = 3 p_0$$

наносим точки на график

и в п-сос 1-2  $C = \text{const}$

$$PV^2 = \text{const}$$

а такую п-сос есть только

f

$$2) Q = f_{1,2} + \Delta U_{1,2} = 4P_0V_0 + \frac{15}{2} \cdot 8P_0V_0 =$$

$$16P_0V_0 = 16 \sqrt{RT_0} = 16 \cdot 1.0 \cdot 8.31 \cdot 200 = \\ = 26592 \text{ Дж} \approx 2.66 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

$$\Delta H = S_{\text{спр.}} (30 \text{ штриховок}) =$$

$$= 2P_0V_0 = 2\sqrt{RT_0} = 2 \cdot 8.31 \cdot 200 =$$

$$= 3324 \text{ Дж}$$

$$A_{\text{peak}} = A_{\text{штр.}} \cdot N \cdot g_{\text{пер}} = 3324 \cdot 25 \cdot \frac{1}{2} = \underbrace{41550 \text{ Дж}}_{1662} = mgh$$

$$h = \frac{A_{\text{peak}}}{mg} = \frac{41550}{415 \cdot 10} \approx \boxed{10 \text{ м}}$$



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**.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
1 ИЗ \_\_\_\_

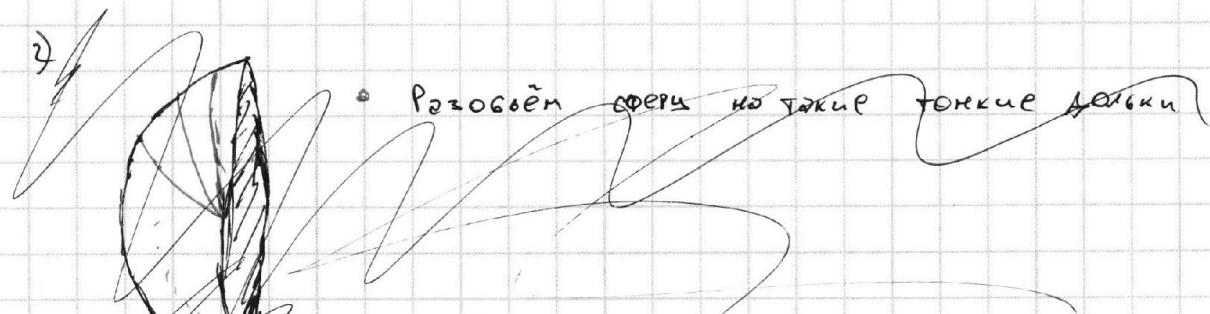
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

1)  $W_n = \frac{kQq}{R}$  .  $w_k = K$

$w_n = 0$     $w_k = ?$

$$w_k = K + \frac{kQq}{R} = \frac{mV^2}{2} \rightarrow V = \sqrt{\frac{2}{m} \left( K + \frac{kQq}{R} \right)}$$

$$= \sqrt{\frac{2}{m} \left( K + \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} \right)}$$



2)

\* Разобьем полусфера на тонкие оболочки.

$S \approx Q_x$

$S = 2\pi R \cdot \sin\varphi \cdot d\varphi = 2\pi R^2 \cdot \sin\varphi \cdot d\varphi$

$W_n = \frac{Q_x \cdot q}{R}$

- 3) Внутри сферы действует на заряд силы скомпенс.
- Если представить маленькую картичку как сферу с вн. зарядом  $+Q$  и зеркальную к предложенной полусфере с зарядом  $-Q$  станет очевидно что эти силы взаимно зеркальны т.е. работают будут совершенно также и  $w_{k0} = 2K$

$V_C = \sqrt{\frac{4K}{m}}$



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**.

- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

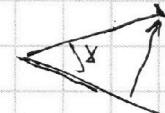
$$\frac{839}{800} = 1 - \frac{2\%}{800} \approx 1 - \left( \frac{1}{400} \right) \frac{12}{43} = \frac{839}{832} = \frac{1662}{2493} = \frac{100}{80} \frac{43}{48.5} = 0.02$$

$$286 \cdot 3.14$$

$$5 \cdot 2.56$$

$$10 + 2.5^2 \\ 12.8$$

$$3.14 \cdot 0.3 = 0.9 + 0.03 + 0.$$



$$\frac{314}{34} \frac{4}{48.5}$$

$$29 \cdot 6 = 480$$

$$\frac{\alpha t^2}{2} = H$$

$$(1) t \cdot v_0 \cdot \sin \alpha + \frac{\alpha t^2}{2} = H = 0$$

$$t = \sqrt{\frac{-v_0 \cdot \sin \alpha + \sqrt{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha + 4H}}{\alpha}}$$

$$\cos \alpha \cdot \sqrt{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha + 4H}$$

$$\cos^2 \alpha = -2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$\sin^2 \alpha = 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

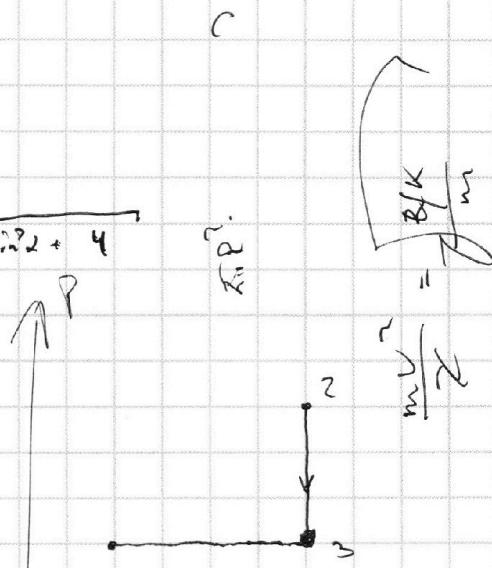
$$C_V = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{A^0 \cdot \Delta U}{\Delta T} = \frac{\frac{1}{2} \cdot R \cdot A^2 \cdot \Delta T}{\Delta T} = \frac{1}{2} \cdot R \cdot A^2$$

$$\left( \frac{P}{V} = \text{const} \right) \rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{1}{R} \cdot \Delta U = \frac{P \cdot \Delta V + \frac{1}{2} R \cdot A^2 \cdot \Delta T}{\Delta T}$$

$$P = V \cdot K$$

3x/

8st/





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~~

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!



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                        |
| <input type="checkbox"/> |

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!