



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 10-04



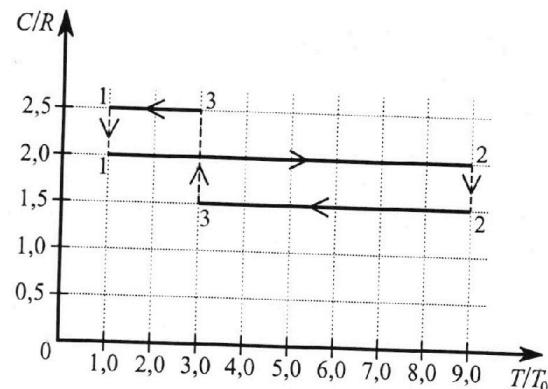
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

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

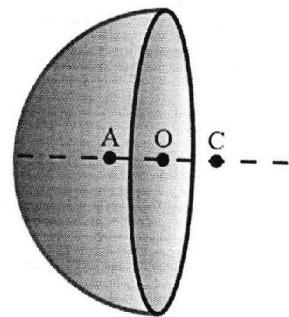
1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , здесь  $P_0, V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.

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  $R = 8,31 \text{ Дж/(моль·К)}$ . 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  $q$ . Частица движется по прямой АС и на большом по сравнению с  $R$  расстоянии от точки О кинетическая энергия частицы равна  $K$ .



1. Найдите скорость  $V_O$  частицы в точке О. Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
2. Найдите скорость  $V_C$  частицы в точке С. Точки А и С находятся на неизвестных равных расстояниях от точки О.

Эффекты, связанные с поляризацией диэлектрика, считайте пренебрежимо малыми. Скорость частицы в любой точке траектории мала по сравнению со скоростью электромагнитных волн в вакууме.



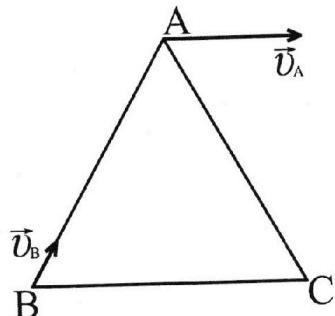
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**

**Вариант 10-04**

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



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



1. Найдите модуль  $v_A$  скорости вершины A.

2. За какое время  $\tau$  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.

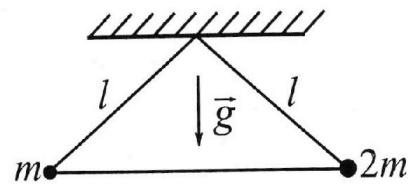
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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/с<sup>2</sup>. 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  $L_{\text{MAX}}$  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. Шарики скреплены с легким стержнем длины  $L=1,6l$ . Системудерживают так, что шарики находятся на одной высоте. Далее систему освобождают.



1. Какой угол  $\alpha$  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/с<sup>2</sup>.

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

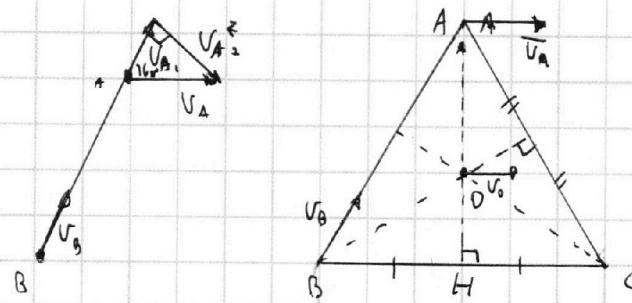
СТРАНИЦА  
1 из 1

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!

n1

1) О-черт  $\triangle ABC \Rightarrow$  О-черт маяк  $ABC$

~~1~~ ~~2~~ ~~3~~ ~~4~~ ~~5~~ ~~6~~ ~~7~~



$V_{A_1} = V_B$  по закону компонентной разности

$$V_{A_1} = \cos 60^\circ \cdot V_A = \frac{1}{2} V_A = V_B$$

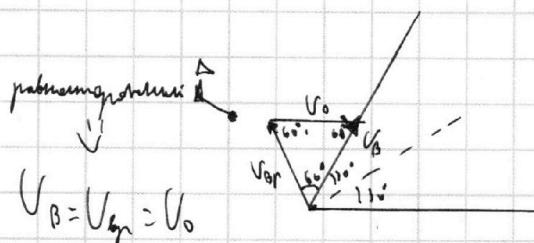
$$V_A = 2 V_B = 0,8 \text{ м}$$

Ответ 1: 0,8 м

2)  $AO \perp \overline{U_A} \Rightarrow V_A = V_{Bp} + V_0$

$V_0$  - скорость центра маяка

$V_{Bp}$  - скорость вращения конуса  $\Delta$  при  $V_0 = 0$



$$V_{Bp} = 0,4 \text{ м}$$

$$r = AO = \frac{2}{3} \text{ м}, AH = \frac{2}{3} \cdot a \cdot \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} a = 0,4\sqrt{3} \text{ м}$$

$$T = \frac{2\pi r}{V_{Bp}} = \frac{2\pi \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,4 \text{ м}}{0,4 \text{ м}} = \frac{2\sqrt{3}\pi}{3} \text{ с}$$

$$\text{Ответ 2: } \frac{2\sqrt{3}\pi}{3} \text{ с}$$



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

СТРАНИЦА  
2 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!

3) Ч - нормальное ускорение вращения 6 точке с ( $\alpha A, \alpha B$ )

$$U = \frac{U_{\text{бр}}^2}{R} = \frac{0,4^2}{\frac{0,4 + \sqrt{3}}{3}} \tilde{\omega} = 0,4\sqrt{3} \tilde{\omega} \quad (\text{чертеж не показан})$$

$$R = mU = 0,122 \cdot 0,4\sqrt{3} \tilde{\omega} = 0,048\sqrt{3} \text{ мН}$$

Ответ:  $0,048\sqrt{3} \text{ мН}$

~~12~~

~~$$\frac{U^2}{R} = \frac{V^2}{R} + \frac{g^2}{R^2}$$~~

~~$$h + \frac{V^2}{g} + \frac{g^2}{R^2} = h + \frac{g^2}{2y} = 17,2 \text{ м} + \frac{3 \cdot 36}{2 \cdot 10} \text{ м} = 17,2 \text{ м} + 5,4 \text{ м} = 22,6 \text{ м}$$~~

~~Ответ: 22,6 м~~

~~12~~



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 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!

v2

$$1) H = h + Vt + 0,5gt^2$$

$$t - \text{время полёта танка} \quad V = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad t = \frac{V}{g}$$

$$H = h + \frac{V^2}{2g} = 14,2 \text{ m} + \frac{36}{20} \text{ m} = 14,2 \text{ m} + 1,8 \text{ m} = 16 \text{ m}$$

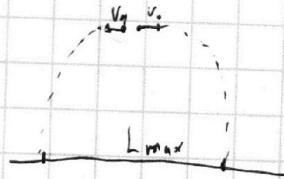
Ответ: 16 м

2) L - максимальное, для которого скорость танка был II земле

$$m \vec{V_0} + m \vec{V_1} = 0$$

$$\vec{V_0} = -\vec{V_1}$$

$$V_0 = V_1$$



$t_n$  - время полёта танка (одинаков. условия  $\Rightarrow$  одинаков. результат)

$$H = 0,5gt_n^2$$

$$t_n = \sqrt{2 \frac{H}{g}} = \sqrt{2 \cdot 16 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \cancel{4\sqrt{2} \text{ s}} \rightarrow \cancel{4\sqrt{2} \text{ s}} = \cancel{4\sqrt{2} \text{ s}}$$

$$= \cancel{4\sqrt{2} \text{ s}} \cdot \sqrt{20} \cdot \cancel{0,16 \text{ s}} = 0,4 \cdot 2\sqrt{5} = 0,8\sqrt{5} \text{ s}$$

$$L_{\max} = 2 \cdot V_0 \cdot t_n = 2 \cdot 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,8\sqrt{5} \text{ s} = 32\sqrt{5} \text{ m}$$

Ответ:  $32\sqrt{5}$  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 checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

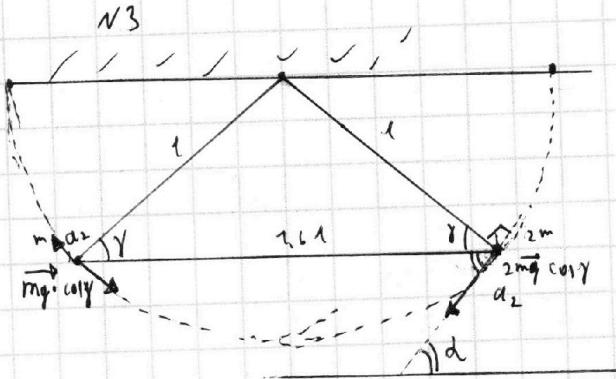
$$1) \alpha_2 = 90^\circ - \gamma$$

$$\cos \gamma = \frac{0,8l}{l} = 0,8$$

$$\sin \gamma = 0,6$$

$$6 \sin \alpha_2 = \cos \gamma = 0,8$$

Ответ 1:  $\sin \alpha_2 = 0,8$



$$2) a_2 = \frac{2mg \cdot \cos \gamma - mg \cdot \cos \gamma}{m} = \frac{1}{3}g \cos \gamma = \frac{8}{3} \frac{m}{s^2}$$

Ответ 2:  $\frac{8}{3} \frac{m}{s^2}$

$$3) \begin{cases} 2mg \cos \gamma - T \cdot \sin \gamma = 2ma_2 \\ T \cdot \sin \gamma - mg \cos \gamma = ma_2 \end{cases}$$

$$T \sin \gamma = m(g \cos \gamma + a_2) = m \cdot \frac{4}{3}g \cos \gamma =$$

$$T = \frac{4}{3}m g \cos \gamma = \frac{4}{3} \cdot 0,09 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{s}^2} \cdot \frac{4}{3} = 0,116 \text{ Н} = 1,16 \text{ Н}$$

Ответ: 1,16 Н



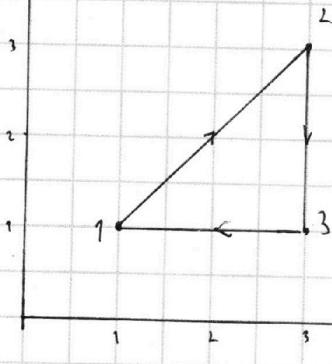
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

 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!

1)

 $P/P_0 \uparrow$ 

n4

$$\sqrt{RT_0} = P_0 V_0$$

$$A = P_0 V_0 \cdot P_1 V_1 = A_1 A_2 A_3$$

2)

$$A_1 = P_0 \cdot (3P_0 - P_0) + \frac{1}{2} \cdot (3P_0 - P_0) \cdot (3V_0 - V_0) = 2 \cdot P_0 \cdot 2V_0 = P_0 V_0 =$$

$$= 4 \sqrt{RT_0} = 4 \cdot 5 \text{ м} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300 \text{ К} = 600 \cdot 8,31 \text{ Дж} =$$

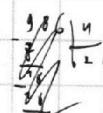
$$= 6 \cdot 831 = 4986 \text{ Дж}$$

Ответ 2: 4986 Дж

$$3) \text{ Мощность } \eta = n = 0,5 \quad N = 20$$

$$MgU = n \cdot A_1 \cdot N$$

$$U = \frac{2A_1 N}{mg} = \frac{10 \cdot 4986 \text{ Дж}}{4000 \text{ Н}} = \frac{4986}{4} \text{ Н} = \frac{2493}{2} = 12,465 \text{ м}$$



Ответ 3: 12,465 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!

1)  $\text{да}$ 

$$k = \varphi_0 \cdot q + \frac{mV_0^2}{2}$$

15

$$\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R} ; mV_0^2 = 2k - \frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 R}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 R k - qQ}{2\pi\epsilon_0 R m}} = \sqrt{\frac{2k}{m} - \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 R m}}$$

$$\text{Ответ 1: } \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 R k - qQ}{2\pi\epsilon_0 R m}}$$

$$2) \varphi_A - \varphi_0 = \varphi_0 - \varphi_c$$

$$q \cdot \varphi_A = k \quad \varphi_c = 2\varphi_0 - k/q$$

$$\cancel{\varphi_A = 2\varphi_0 - k/q}$$

методом

$$q \cdot \varphi_c = 2\varphi_0 \cdot q - k$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 R} - k$$

$$mV_0^2 = Qq/\pi\epsilon_0 R - 2k$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{Qq}{\pi\epsilon_0 R}}$$

$$V_c = \sqrt{\frac{Qq - 2\pi k \epsilon_0 R}{\pi \epsilon_0 R m}}$$

$$\text{Ответ 2: } V_c = \sqrt{\frac{Qq - 2\pi k \epsilon_0 R}{\pi \epsilon_0 R m}}$$

I-



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

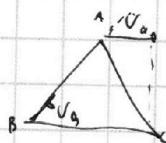
6

7

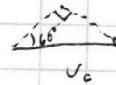
СТРАНИЦА  
ИЗ

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!

~ 1



$$\begin{array}{c} \text{V}_B \\ \text{V}_A \\ \text{V}_C \end{array}$$



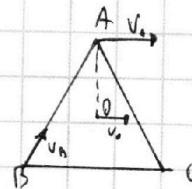
$$\text{V}_B.$$

$$V_B \cdot (O)_{60^\circ} = V_B$$

$$1) V_A = 2V_B$$

$$V_A = 2V_B$$

2)



$$V_A = V_0 + V_{0p}$$

$$(V_B)^2 = V_0^2 + V_{0p}^2$$

$$V_{0p} = 0,4$$

$$V_B = V_0 = V_{0p}$$

$$V_A = 2V_0 = 2V_{0p} = 2V_B$$

$$R = 40 = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \cdot a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$T = \frac{2\pi R}{V_{0p}} = \frac{0,4 \pi}{0,4} = \frac{\pi}{2} \text{ s}$$

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

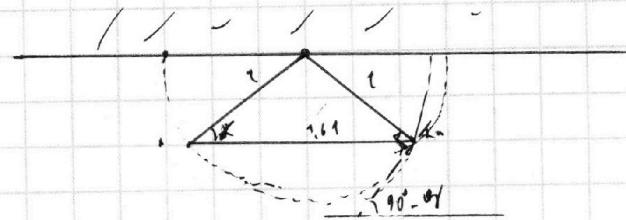
СТРАНИЦА  
ИЗ

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!



1)

v3



$$(0) \gamma = 0,8$$

$$\sin \theta \gamma = 0,6$$

$$\sin \lambda = (0) \gamma = 0,8$$

$$2) a_2 = \frac{2mg(0)\gamma - mg \cdot \sin \lambda}{3m} = \frac{1}{3}g(0)\gamma = \frac{8}{30}g(0) = \frac{8}{3} \text{ m/s}^2$$

$$1) 2mg(0)\gamma - T \cdot \sin \gamma = 2ma_2 \\ 2) -mg(0)\gamma + T \cdot \sin \gamma = ma_2$$

$$3mg(0)\gamma - 2T \cdot \sin \gamma = ma_2$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

т.к.

$$\Delta T = \frac{P_1 V_1 - P_2 V_2}{J R}$$

$$\Delta T = \frac{V_1^{1-n} - V_2^{1-n}}{J R}$$

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

$$P = \frac{1}{V^n} \cdot k$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

I-



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

$$C = \frac{3}{2} R$$

$$C = \frac{\frac{3}{2} R (T_2 - T_1) + (V_1^{1-n} - V_2^{1-n}) k}{(T_2 - T_1)}$$

$$V_1^{1-n} \cdot k = JRRT$$

$$\frac{T_2 - T_1}{V_1^{1-n}} = \frac{JRT}{k}$$

$$\frac{3}{2} JR(T_2 - T_1) + p(V_2 - V_1)$$

$$C =$$

$$k = \frac{m V_0^2}{2}$$

$$\frac{m V_0^2}{2} = k - \frac{q Q}{R} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$m V_0^2 = 2k - \frac{q Q}{2\pi\epsilon_0 R}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{4\pi k \epsilon_0 R - q Q}{2\pi\epsilon_0 R m}}$$

$$m V_0^2$$

$$\varphi_{A \text{ на}} - \varphi_0 = \varphi_0 - \varphi_c$$



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!