



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



**Вариант 10-02**

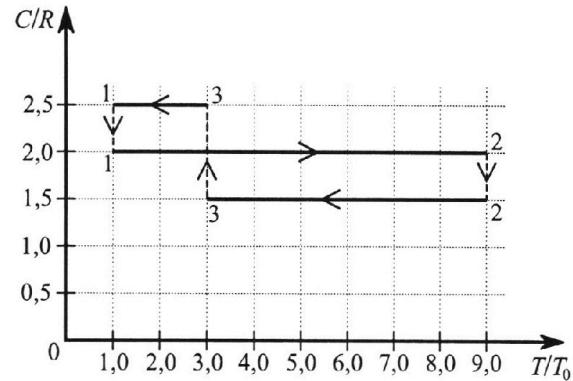
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

- 4.** Подъемник грузов приводится в движение с помощью тепловой машины, в которой  $v = 3$  моль однотипного идеального газа участвуют в цикле 1-2-3-1. Зависимость молярной теплоемкости газа в цикле от температуры представлена на графике к задаче,  $T_0 = 270 \text{ K}$ .

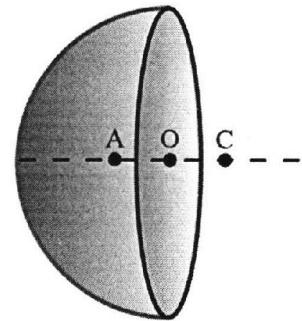
1. Постройте график процесса в координатах  $(P/P_0, V/V_0)$ , здесь  $P_0$ ,  $V_0$  – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу  $A_1$  газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту  $H$  подъемник медленно переместит груз массой  $M = 250 \text{ кг}$  за  $N = 15$  циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ , универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$ . 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 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.



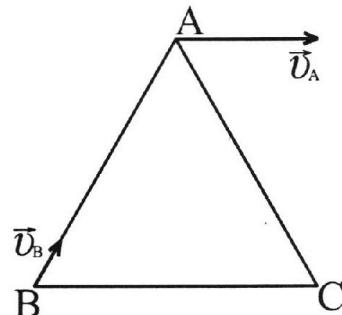
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**

**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  $v_A = 0,8 \text{ м/с}$ , а скорость  $\vec{v}_B$  вершины B направлена вдоль стороны BA. Длины сторон треугольника  $a = 0,4 \text{ м}$ .



- Найдите модуль  $v_B$  скорости вершины B.
- За какое время  $\tau$  пластина в системе центра масс совершит четыре оборота?

Пчела массой  $m = 60 \text{ мг}$  прилетает и садится на пластину вблизи вершины C.

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

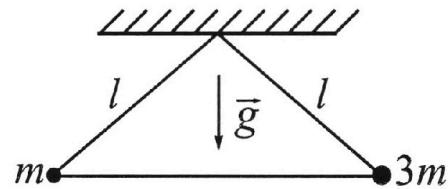
**2.** Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

- На какой высоте  $H$  разорвался фейерверк, если известно, что на высоте  $h = 11,2 \text{ м}$  фейерверк летел со скоростью  $V = 4 \text{ м/с}$ ? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

На максимальной высоте  $H$  фейерверк разрывается на два осколка одинаковой массы, один из которых летит со скоростью  $V_0 = 16 \text{ м/с}$ . Направление вектора  $\vec{V}_0$  скорости таково, что расстояние между осколками после падения на горизонтальную площадку максимальное.

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

**3.** Два шарика с массами  $m = 80 \text{ г}$  и  $3m$  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.



- Какой угол  $\alpha$  с горизонтом образует вектор  $\vec{a}_2$  ускорения шарика массой  $3m$  сразу после освобождения системы? В ответе укажите  $\sin \alpha$ .
- Найдите модуль  $a_2$  ускорения шарика массой  $3m$  сразу после освобождения системы. Начальная скорость нулевая. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .
- 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  
☐

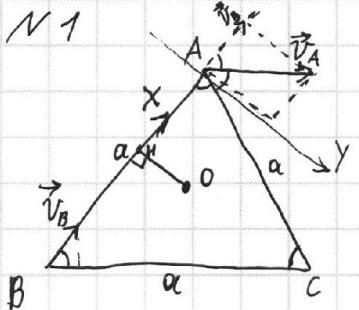
5  
☐

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!



$$V_A = 0,8 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 0,9 \text{ м}$$

1) Ось  $x$  направлена вдоль  $\vec{VA}$ .

$\Rightarrow \vec{v}_B = \vec{v}_A$  в проекции на ось  $x$ .

$$Ox: V_B = V_A \cdot \cos 60^\circ = 0,8 \cdot \frac{1}{2} = 0,4 \text{ м/с}$$

(п.к.  $V_B$  и  $V_A$  на одной прямой  $\Rightarrow$  на оси  $x$ )

$$V_B = V_A$$

$$2) 4\text{об} = \frac{8\pi R}{V} \quad (\text{относ.} O - \text{центр масс})$$

$V = \frac{8\pi}{\omega}$ , где  $\omega$  - угловая скорость точки. шк.

$V = \frac{8\pi R}{V}$ , где  $V$ -максимальная скорость точки.

Причина:

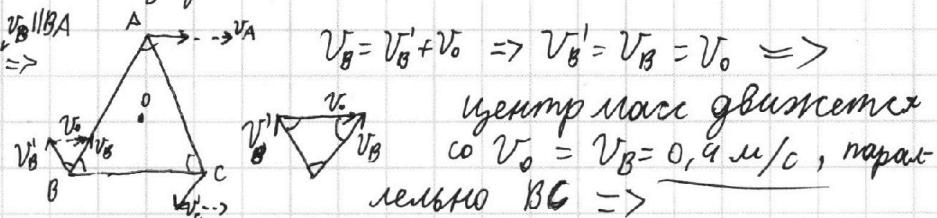
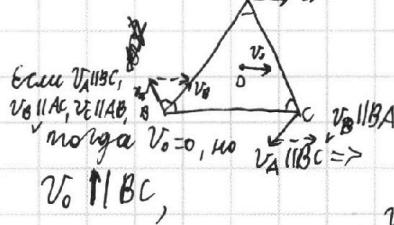
Ось ~~перпендикулярна~~  $\perp AB$ .

$$Oy: V_{Ay} = \sqrt{V_A^2 - V_B^2} = \sqrt{0,8^2 - 0,4^2} = \sqrt{0,64 - 0,16} = \sqrt{0,48} = 0,4\sqrt{3}$$

$$\Rightarrow V_{Ay} = V_A \cdot \cos 30^\circ = 0,8 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,4\sqrt{3} \quad (\text{п.к. } V_B = 0)$$

Видимо  $V_A \parallel BC$ ,  $V_B \parallel AC$ ,  $V_C \parallel BC$ , то по

заг.  $V_A \parallel BC$ , а  $V_B \parallel AB \Rightarrow V_0 \parallel V_A \parallel BC$



$$V_B = V_B + V_0 \Rightarrow V'_B = V_B = V_0 \Rightarrow$$

Центр масс движется со  $V_0 = V_B = 0,4 \text{ м/с}$ , параллельно  $BC \Rightarrow$

$$\Rightarrow V'_{A_K} = V_A - V_0 = 0,8 - 0,4 = 0,4$$

( $V$  точки A, относ. O)

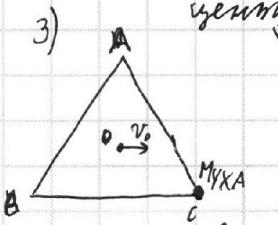
$$AO = \frac{2}{3} a \cos 30^\circ = \frac{2\sqrt{3}}{3 \cdot 2} a = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,4 = \frac{0,4\sqrt{3}}{3}$$

$$\gamma = \frac{8\pi R}{V_A} = \frac{8\pi \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,4}{0,4} = \cancel{32\pi} \cdot \cancel{0,4} = \cancel{32\pi}$$

$$\frac{8\pi \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot 0,4}{0,4} = \frac{8\sqrt{3}}{3} \pi \text{ сок.}$$

3) центр масс пластинки движется равномерно прямолинейно

$\Rightarrow$  на шайбу действует центробежная сила инерции (из-за вращения только пластинки)



$$R = F_{in} = ma \Rightarrow a = \frac{R}{m}$$

$$R = F_{in} = m\alpha = 60 \cdot 10^6 \cdot 0,4\sqrt{3} = 24\sqrt{3} \cdot 10^6 \text{ Н}$$

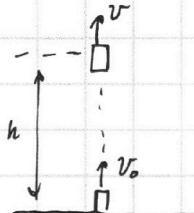
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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!

N 2



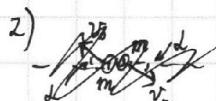
$$1) V = 9 \text{ м/с} \quad h = 11,2 \text{ м} \quad H - ?$$

$$h = \cancel{h + \Delta h}$$

$$\Delta h = V t_0 - \frac{g t_0^2}{2} = \frac{V^2}{g} - \frac{V^2}{g \cdot 2} = \frac{V^2}{2g} = \frac{4^2}{2 \cdot 10} = \frac{16}{20} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ м}$$

$$0 = V - g t_0 \Rightarrow t_0 = \frac{V}{g}$$

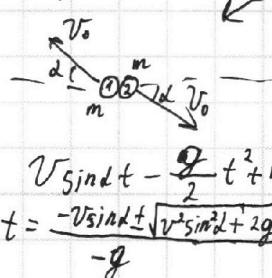
$$H = h + \Delta h = 11,2 + 0,8 = \boxed{12 \text{ м}}$$



На макс. высоте фейерверка  $V=0$ .

он разрывается на два одинаковых осколка  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  по закону сохр. импульса эти осколки идут одинак.  $V_1$ , и  ~~$V_2$~~   $V_1 \uparrow V_2 \Rightarrow$



$$L_1 = V_0 \cos \alpha t_1$$

$$0 = V_0 \sin \alpha t_1 - \frac{g t_1^2}{2} + H$$

$$t_1 = \frac{-V_0 \sin \alpha \pm \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{-g}$$

$$L_2 = V_0 \cos \alpha t_2$$

$$0 = V_0 \sin \alpha t_2 - \frac{g t_2^2}{2} + H$$

$$t_2 = \frac{V_0 \sin \alpha \pm \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{-g}$$

$$t_1, t_2 > 0 \Rightarrow t_1 = \frac{V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$t_2 = \frac{V_0 \sin \alpha - \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

иначе

$$V_0 \sin \alpha < \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}$$

$$V_0^2 \sin^2 \alpha < V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH \Rightarrow$$

$$L = L_1 + L_2 = \frac{V_0 \cos \alpha \cdot (V_0 \sin \alpha + \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}) + V_0 \cos \alpha (V_0 \sin \alpha - \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH})}{g}$$

$$\cancel{\frac{2V_0^2 \sin^2 \alpha + 4gH}{g} \text{ m}}$$

$$\cancel{\text{если } \sin^2 \alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 90^\circ} \quad \therefore \frac{2V_0 \cos \alpha \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} \text{ m}$$

$$2 V_0 \cos \alpha \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} \Rightarrow 4 V_0^2 \cos^2 \alpha (V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha + 2gH) = \cancel{4V_0^4 \cos^2 \alpha} \cancel{4V_0^4 \cos^2 \alpha} \cancel{4V_0^4 \cos^2 \alpha}$$

$$+ 8gH \cancel{\cos^2 \alpha} = \cos^2 \alpha (4V_0^4 - 4V_0^4 \cos^2 \alpha + 4V_0^2 gH) \leftarrow \max, \text{ если } \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \cancel{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \alpha = 0^\circ$$

$$L_{\max} \Leftrightarrow \alpha = \cancel{90^\circ}$$

$$\cancel{+ 4V_0^4 + 4V_0^2 gH - 4V_0^2 gH} = \cancel{4V_0^4 - 4V_0^4 + 4V_0^2 gH} = \cancel{4V_0^4} \cancel{4V_0^4} \cancel{4V_0^4} =$$

$$= \cancel{16V_0^4} \cancel{16V_0^4} \cancel{16V_0^4} = L_{\max} = \frac{2 \cdot V_0 \cos \alpha \sqrt{V_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} = \frac{2V_0 \sqrt{2gH}}{g} = \frac{2 \cdot 10 \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 12}}{10} =$$

$$= \frac{32 \sqrt{240}}{10} = \frac{32 \cdot 2 \sqrt{60}}{10} = \boxed{6,4 \sqrt{60} \text{ м}}$$

$$\Delta = b^2 - 4ac$$

$$x_1, x_2 = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$$x^2 + 4x + 9 = 0$$

$$X = \frac{-4 \pm \sqrt{16-4}}{2} = -2$$

$$4V_0^2 gH \text{ макс}$$

$$2V_0^2 - V_0^2 + 2V_0^2 gH = V_0^2 + 2V_0^2 gH$$

$$= V_0^2 + 2V_0^2 gH$$

$$V_0^4 = 16^\circ < 4 \cdot 10^4 \cdot 10 \cdot 12 = 480^\circ$$

$$16^\circ = 256 < 480$$

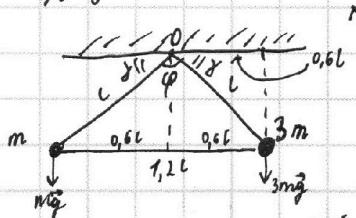
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

- 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!

№ 3



$$1) \quad l^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha \beta$$

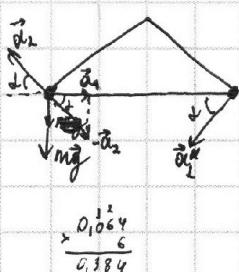
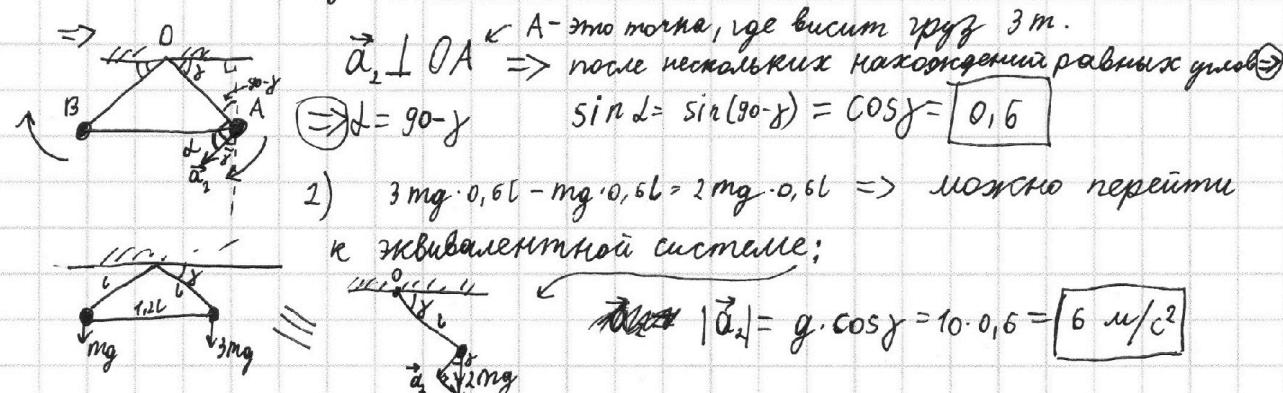
$$(1,2l)^2 = l^2 + l^2 - 2ll \cos \varphi = 2l^2 - 2l^2 \cos \varphi = 2l^2(1 - \cos \varphi)$$

$$1 - \cos \varphi = \frac{1,44l^2}{2l^2} = \frac{1,44}{2}$$

$$\cos \varphi = 1 - \frac{1,44}{2} = 1 - 0,72 = 0,28$$

$$\cos \gamma = \frac{0,6l}{l} = 0,6 \Rightarrow \sin \gamma = \sqrt{1 - 0,6^2} = \sqrt{1 - 0,36} = \sqrt{0,64} = 0,8$$

$$\text{Отн. 0: } mg \cdot l \cos \gamma \neq 3mg \cdot l \cos \gamma \Rightarrow mg \cdot 0,6l \neq 3mg \cdot 0,6l \Rightarrow$$



3) Т сила тяжести для шарика 3м на самом деле является силой сопротивления шарика  $m$ .

$$T = ma_1 = ma_2 \cos \delta = ma_2 \cos(90^\circ - \gamma) = ma_2 \sin \gamma = 80 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 0,8 =$$

$$= 0,08 \cdot 0,8 \cdot 6 = 0,064 \cdot 6 = 0,384 \text{ Н}$$

$$\frac{0,064}{0,384}$$

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

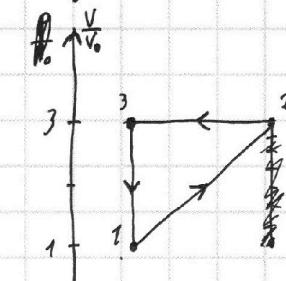
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** нумеруются **отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

№ 4

$$C_p = \frac{i+2}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$  процесс 3-1-

изобарный



точки:  
 T<sub>1</sub>  $(\frac{p_0}{3}, \frac{V_0}{3})$   
 T<sub>2</sub>  $(3, 3)$   
 T<sub>3</sub>  $(1, 1)$

$$C_V = \frac{i}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \Rightarrow i=3 \text{ (однотактный)}$$

$\Rightarrow$  процесс 2-3-

изохорный

1) ~~изохорный~~  
~~1-2-изобар.~~

$$\begin{aligned} & \cancel{\text{1-2-изобар.}} \\ & \cancel{p_1 = p_0, V_1 = V_0, V_2 = 3V_0} \\ & \cancel{p_2 = p_0, V_2 = 3V_0, V_1 = V_0} \Rightarrow \cancel{V_2 - V_1 = 2V_0} \\ & \cancel{(1, 3)} \end{aligned}$$

$$\cancel{2 \times 3 = 6 \text{ раза}} \Rightarrow \cancel{1-2-изобар.}$$

1-2-процесс увелич. температуры

$$pV = JR T_0 \Rightarrow p = 3p_0, V = 3V_0$$

(равномерно увелич. р и V)

2-3-изохорный; T<sub>2</sub> уменьш. в 3 раза  $\Rightarrow$   
 р умен. в 3 раза.

$\Rightarrow$  V умен. в 3 раза.

$$2) A_1 = \cancel{(p_0 + p_2) \cdot \cancel{V_0}} \Rightarrow (3p_0 - p_0)(3V_0 - V_0)/2 = 2p_0 \cdot 2V_0/2 = 2p_0 V_0$$

$$p_0 V_0 = JR T_0 = 3 \cdot 8,31 \cdot 270 = 810 \cdot 8,31 = 6731,1 \text{ J}$$

$$A_1 = 2 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 270 = 2 \cdot 6731,1 = \boxed{13462,2 \text{ Dm}}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 810 \\ \hline 6648 \\ 6731,10 \end{array} \quad \begin{array}{r} 270 \\ \times 9 \\ \hline 2430 \end{array}$$

$$3) A_{\text{бок}} = 15 \cdot \frac{A_1}{2} = 15 \cdot 6731,1$$

$$A_{\text{бок}} = F \cdot S \Rightarrow S = A_{\text{бок}} / F = \frac{15 \cdot 6731,1}{250 \cdot 10} = \frac{15 \cdot 6731,1}{2500} = \frac{100966,5}{2500} \approx \boxed{404}$$

$$\begin{array}{r} 33655,5 \\ 67311 \\ \hline 100966,5 \end{array}$$



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

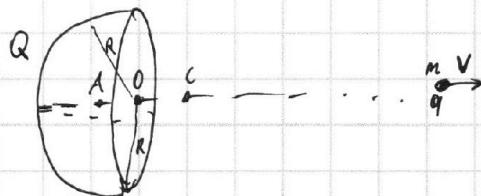
7

СТРАНИЦА  
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!

N 5

$$AO=OC$$



$$1) F_k = \cancel{k} \frac{|q_1 q_2|}{R^2}$$

$$V_o = 0 + \alpha t_1 \quad \alpha = \frac{F_k}{m}$$

$$V_o = 0 + \frac{F_k}{m} t_1$$



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!



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!



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!