

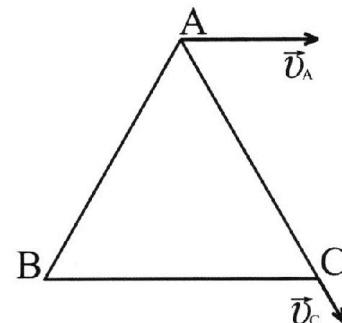
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

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 C направлена вдоль стороны AC. Длины сторон треугольника $a = 0,3$ м.



1. Найдите модуль v_C скорости вершины C.

2. За какое время τ 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.

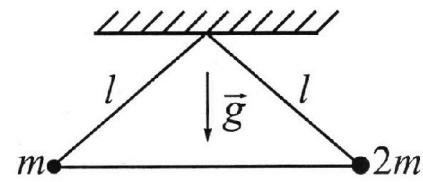
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали. В процессе подъема на высоте $h = 15$ м фейерверк находился через $\tau = 1$ с после начала полета.

1. На какую максимальную высоту H поднимается фейерверк? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². 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_{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 α 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/с².

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



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



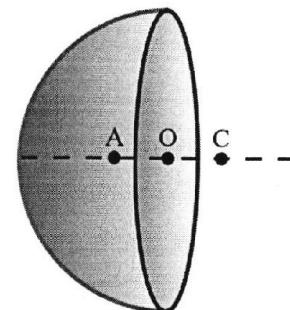
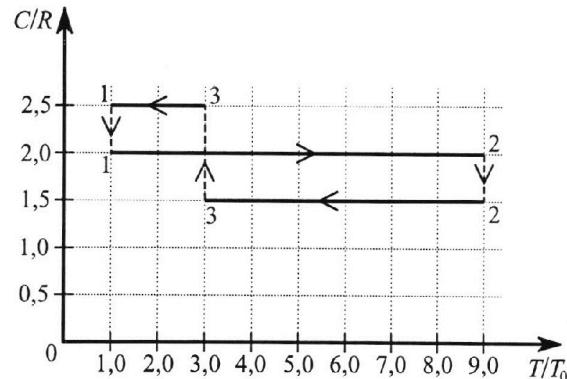
Вариант 10-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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

- Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, где P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.
 - Какое количество Q_1 теплоты подводится к газу в процессе расширения за один цикл?
 - 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.

- С какой скоростью V частица движется на большом по сравнению с R расстоянии от точки О? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие на частицу всех сил кроме кулоновских пренебрежимо мало.
- 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.



1

2

3

4

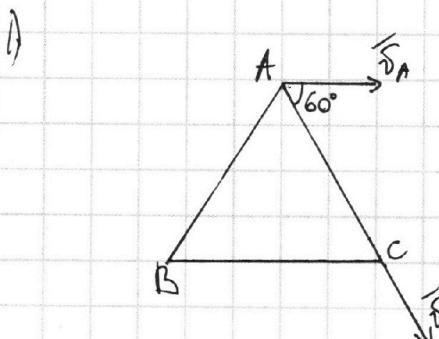
5

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!

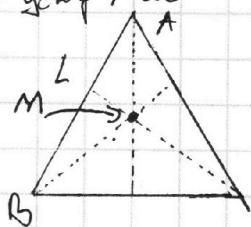


Вектор скорости точки A параллелен BC \Rightarrow составляет угол 60° со стороной AC

Так как длина AC не меняется, то проекции скоростей точек C и A на AC должны быть равны:

$$v_{AC} \cos 60^\circ = v_C \cos 60^\circ \Rightarrow v_C = v_A \cos 60^\circ = \frac{v_A}{2} = 0,3 \text{ м/с}$$

2) Четвертая масса правильного треугольника лежит на пересечении медиан:



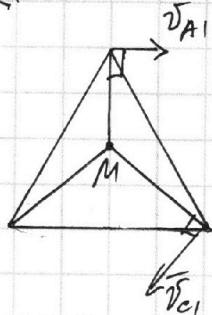
При этом в системе центра масс (сумма внешних сил 0) треугольник вращается с постоянной угловой скоростью. Тогда вектор скорости каждой точки переносится параллельно направлением нанее от центра масс.

Учтывая этого следует, что вектор скорости центра масс параллелен BC, т.е. под каждым точкам ее скорость в системе центра масс у.м. равна: $v_M = v_B - v_{Cm}$, где v_B — это скорость в лаб. СД; v_{Cm} — скорость центра масс.

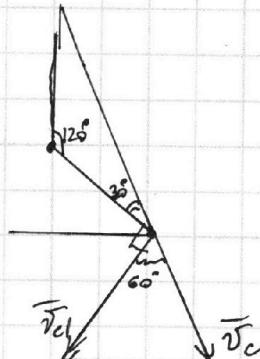
Так как вектор скорости v_A должен оставаться параллелем вектору скорости v_{A1} в системе центра масс, то $v_{Cm} \parallel BC$.

В силу симметрии $MA = MC = MB \Rightarrow v_{A1} = v_{C1}$:

Доказано



Рассмотрим v_C :



В треугольнике $v_C = v_{C1} + v_{Cm}$; v_{C1} и v_{Cm} между собой и v_C под 60° ; $v_{Cm} \parallel BC \Rightarrow$ угол между v_{C1} и $-v_{Cm}$ равен $60^\circ \Rightarrow v_C = v_{C1} = v_{Cm} = 0,3 \text{ м/с}$



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 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!

Тогда угл. скорость вращения пластинки в системе отсчёта масс равна:

$$\omega = \frac{v_{c_1}}{r}; r = \frac{2}{3} CL = \frac{2}{3} a \cos 30^\circ = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{a\sqrt{3}}{3} = 0,1\sqrt{3} = \frac{\sqrt{3}}{10}$$

$$\omega = \frac{v_{c_1}}{r} = \frac{\sqrt{3}}{10} \text{ c}^{-1}$$

8 оборотов пластины сделает за время T такое, что:

$$T = \frac{2\pi \cdot 8}{\omega} = \frac{16\pi}{\omega} = \frac{16\pi}{\sqrt{3}} \text{ с} = \frac{16\sqrt{3}\pi}{3} \text{ с}$$

3) Т.к. пластина будет вращаться вокруг гориз. оси с угл. скоростью ω , то:

$$\vec{R} = \vec{N} + \vec{mg} + \vec{P}; N = mg \Rightarrow |\vec{R}| = |\vec{P}| = m\omega^2 r$$

$$R = m\omega^2 r = 18\sqrt{3} \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } v_c = 93 \text{ м/с; } T = \frac{16\sqrt{3}\pi}{3} \text{ с; } R = 18\sqrt{3} \text{ м}$$

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.



- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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) Так как фейерверк оказался на высоте h через время t в процессе полета, то он еще не достиг высшей точки траектории. Уравнение движения фейерверка вдоль вертикальной оси:

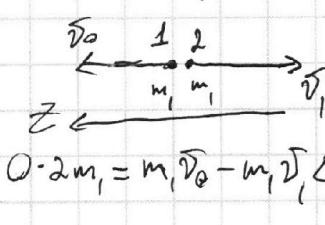
$$h(t) = \cancel{v_0} \sqrt{2t} - \frac{gt^2}{2}; \quad h = \sqrt{2t} - \frac{gt^2}{2} \Leftrightarrow \sqrt{2t} = h + \frac{gt^2}{2} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \sqrt{2t} = h + \frac{gt^2}{2} = 20 \text{ м/c}$$

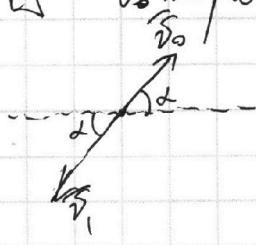
По закону сохранения энергии (скорость фейерверка в высшей точке траектории равна 0)

$$\frac{m v^2}{2} = mgh \Leftrightarrow H = \frac{v^2}{2g} = 20 \text{ м}$$

2) Так как расстояние между основами максимальное, то скорость их сокращения противовеса уравнена:

 Т.к. в момент разрыва действия сил притяжения, то по закону сохранения импульса $0 \cdot 2m_1 = m_1 \bar{v}_0 - m_2 \bar{v}_1 \Leftrightarrow \bar{v}_1 = \bar{v}_0$ (противовес ка сд $\rightarrow \leftarrow$).

Пусть \bar{v}_0 направлен под углом α к горизонту:

 Уравнение движения оси 1 вдоль вертикальной и горизонтальной оси:

$$\begin{aligned} x(t) &= \bar{v}_0 \cos \alpha t \\ y(t) &= \bar{v}_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} + H \end{aligned}$$

Для оси 2 будем так же:

$$\begin{aligned} x_2(t) &= -\bar{v}_0 \cos \alpha t \\ y_2(t) &= -\bar{v}_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} + H \end{aligned}$$

Далее, в момент нахождения обеих осей 1 и 2:

$$y_1(t) = 0 \quad (\Rightarrow -\frac{gt^2}{2} - \bar{v}_0 t + H = 0 \Leftrightarrow)$$

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!

$$\frac{g}{2} t_1^2 - \sqrt{v_0^2 - H} t_1 = 0 \Leftrightarrow t_1 = \frac{\sqrt{v_0^2 + 2gH}}{g} \Leftrightarrow t_1 =$$

Расстояние по земле между основаниями равно $L = \sqrt{v_0 \cos \alpha t_1 + v_0 \cos \alpha t_2}$
 $= \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha (t_1 + t_2)}$; t_1 и t_2 - время падения каждого основания.

t_1 и $t_2 > 0$, тогда:

$$\begin{cases} \frac{g}{2} t_1^2 - \sqrt{v_0^2 - H} t_1 = 0 \\ \frac{g}{2} t_2^2 + \sqrt{v_0^2 - H} t_2 = 0 \end{cases} \Leftrightarrow t_1 + t_2 = \frac{\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} + \frac{-\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} =$$

$$= \frac{2\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g}$$

$$L = \frac{2v_0}{g} \cdot \cos \alpha \sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH} \quad \text{и выражение для пути вида } \cos x \sqrt{ax^2 + b} = f(x)$$

аналогичная формула

$$f(x) = \cos x \sqrt{a+b-a \cos^2 x} = \sqrt{(a+b)\cos^2 x - a \cos^4 x}; \quad \cos^2 x = t$$

$$f(t) = \sqrt{(a+b)t - at^2} \quad \text{максимальна при } t = \frac{a+b}{2a} \Leftrightarrow \cos^2 x \cos^2 \alpha = \frac{v_0^2 + 2gH}{2v_0^2} = \frac{13}{18}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{13}{18}}, \quad \sin \alpha = \sqrt{\frac{5}{18}}$$

$$L_{\max} = v_0 \cos \alpha \frac{2\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + 2gH}}{g} = 6 \times 2 \sqrt{4325} \approx 126 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } 20 \text{ м; } 2\sqrt{4325} \text{ м}$$



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

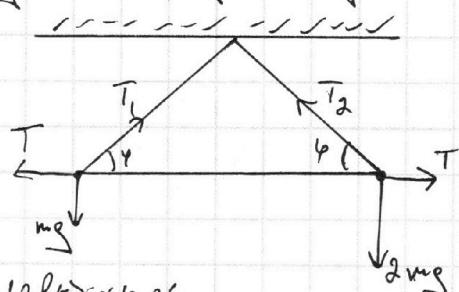
6

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!

A) Когда система в равновесии:



$$2b \cos \varphi = 1,2 \cdot b \cos \varphi = 0,6$$

Стрелка маятника проводится по горизонтальной линии. Если маятник, тогда же маятник массой m маятник вращается по окружности радиусом r . Его ускорение составляет угол $\alpha = 90^\circ - \varphi \Rightarrow \sin \alpha = 0,6$

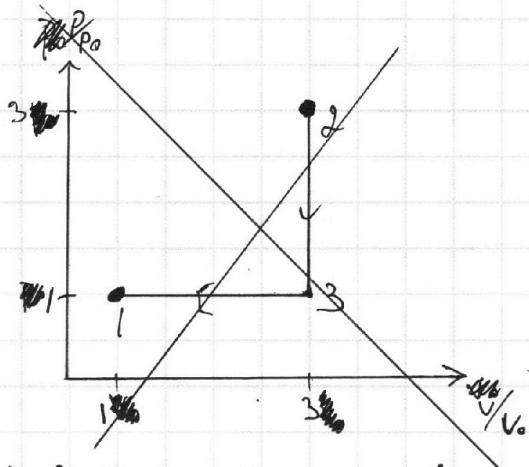
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

$$V_2 = 3V_0 \Rightarrow \text{из процесса } 2-3: 3V_0(p_2 - p_0) = 6p_0 V_0, \\ p_2 - p_0 = 2p_0 \Rightarrow p_2 = 3p_0$$



Для зависимости 1-2: рассмотрим ~~также~~ уменьшение температуры:

$$\begin{aligned} dQ &= 0.2 P dT = P dV + \frac{3}{2} d(PV) \\ 2d(PV) &= P dV + \frac{3}{2} d(PV) \\ 2PdV &= d(PV) \\ 2PdV &= PdV + Vdp \Rightarrow \frac{P}{V} = \frac{dp}{dV} \Rightarrow P(V) = \alpha V \\ &\text{Зависимость линейна!} \end{aligned}$$

2) $Q_1 = 2R \cdot 8T_0 = 20592 \frac{1}{m} - \text{теплопроведение в процессе расширения } 1-2$

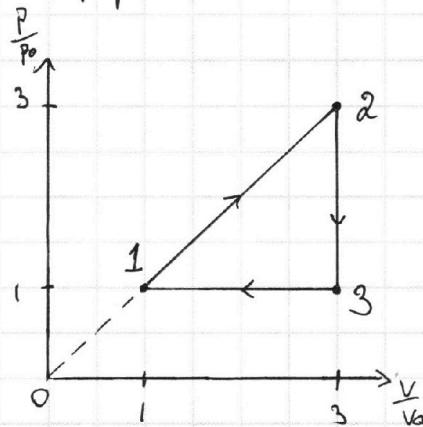
3) Работа, совершенная газом за цикл $A = A_{12} - A_{31}$

$$A = Q_{12} - \frac{3}{2}(9p_0 V_0 - p_0 V_0) * -p_0 \cdot 2V_0 = 16p_0 V_0 - 14p_0 V_0 = 2p_0 V_0 = 20RT_0 = 3324 \frac{1}{m}.$$

По ЗСГ:

$$MgH = NA_2^1 \Rightarrow H = \frac{NA}{2M_1} = \cancel{\cancel{\cancel{\cancel{\cancel{\cancel{10}}}}}} = \frac{831}{83} m \approx 10 m$$

1) График к п.1:



Ответ: $26592 \frac{1}{m}; \frac{831}{83} m$

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

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) ~~Маленькая тепловая машина с единичным из. бдз~~ В процессе 2-3
работы $\frac{3}{2}R$ \Rightarrow это изохорный процесс. (т.к. $C_V = \frac{1}{2}R$; $i=3$)

Аналогично, в процессе 3-1 тепл. машина & тепловая машина $\frac{5}{2}R$ \Rightarrow это изохорный (т.к. $C_P = \frac{1+2}{2}R$; $i=3$)

Уравнение состояния в начальном состоянии 1:

$$p_0 V_0 = 9RT_0$$

Для процесса 1-2: $C = 2R \Rightarrow Q_{12} = 0 \cdot 2R \cdot 8T_0 = 160RT_0$

~~Притом $p_2 V_2 = 9RT_0 = 9p_0 V_0$~~

Для процесса 2-3:

~~$C_V = \frac{3}{2}R \Rightarrow |Q_{23}| = 0 \cdot C_V \cdot 6T_0 = \Delta U$ (т.к. в изохорном процессе работа нулевая)~~

~~$\frac{V_0 \Delta V_{23}}{p_0 \Delta p_{23}} = 0 \cdot \frac{3}{2}R \cdot 6T_0 = 0 \cdot \frac{3}{2}R \cdot \frac{6p_0 V_0}{\Delta p} = 0 \cdot p_0 V_0 \Leftrightarrow \Delta V_{23} = 0$~~

~~Тогда $V_2 = 10V_0$ $p_2 = 10p_0$ $\Delta p_{23} = 9p_0$~~

Для процесса 3-1:

~~$C_P = \frac{5}{2}R \Rightarrow |Q_{31}| = 0 \cdot \frac{5}{2}R \cdot 2T_0 = 0 \cdot p_0 \cdot \Delta V_{31}$~~

~~$p_0 \Delta V_{31} = 0 \cdot \frac{5}{2}R \cdot \frac{2p_0 V_0}{\Delta p} = 5p_0 V_0 \Leftrightarrow \Delta V_{31} = 5V_0 \Leftrightarrow V_3 = 6V_0$~~

Для процесса 2-3:

~~$C_V = \frac{3}{2}R \Rightarrow |Q_{23}| = 0 \cdot C_V \cdot 6T_0 = 90RT_0 = \Delta U_{23} \quad A_{23}=0$~~

~~$\frac{3}{2}V_3 \Delta p_{23} = 90RT_0 = 9p_0 V_0 \Leftrightarrow V_3(p_2 - p_0) = V_2(p_2 - p_0) = 60RT_0 = 6p_0 V_0$~~

Для процесса 2-1:

~~$C_P = \frac{5}{2}R \Rightarrow |Q_{31}| = 0 \cdot C_P \cdot 2T_0 = 50RT_0 = |A_{31}| + |\Delta U_{31}| = p_0 \cdot \Delta V_{31} + p_0(V_3 - V_0) +$~~

~~$+ \frac{3}{2}p_0(V_3 - V_0) = \frac{5}{2}p_0(V_3 - V_0) = 5p_0 V_0 \Leftrightarrow p_0(V_2 - V_0) = 2p_0 V_0 \Leftrightarrow V_2 = 3V_0$~~



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 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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) Потенциал полюса сферы В точке О по принципу суперпозиции равен сумме всех потенциалов, создаваемых полюсами каждой сферой. Для этого: ~~$\Delta\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$~~ $d\varphi = \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R} \Rightarrow \varphi = \sum d\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$

Тогда можно также рассчитать ~~энергию~~ Энергию ячейки в точке О:

~~$E = k + q\varphi = k + \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R}$~~ ; $E = \text{const}$

По закону сохранения энергии:

~~$\frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 R} + k = \frac{mv^2}{2}$~~ (на бесконечности φ нулевой)

~~$\therefore v = \sqrt{\frac{2Qq}{4\pi\epsilon_0 R} + 2k} = \sqrt{\frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 R} + 2k}$~~



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 type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input 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!

$\frac{15}{1} + \frac{10-1}{2} = 15 + 5 = 20$ $\frac{400}{20}$ $\cancel{20} 50 + \sqrt{900+400}$ $\frac{3324 \cancel{15} \cdot 15}{2 \cdot 415 \cdot 15} = \frac{831 \cdot 5}{445} \cancel{83}$

$\Delta Q = P \Delta V + \frac{3}{2} (P \Delta h + V \Delta p) = 2 (P \Delta V + V \Delta p)$
 $\frac{3}{2} P \Delta V + \frac{3}{2} V \Delta p = 2 P \Delta V + 2 V \Delta p$
 $P \Delta V = 2 V \Delta p$
 $P = 2V \Delta p / \Delta V$

$Q = A + \Delta P V \Rightarrow A = \Delta P C T_0 - 8 P \Delta V + 8 P \Delta T_0$
 $8 P \Delta T_0 = 8 P \Delta V$

$\int P dV = \int \frac{C}{V^n} dV = \frac{C V^{1-n}}{1-n}$
 $\int V dP = \frac{V^{1-n}}{1-n}$

$P V = C$
 $\int P dV = \int \frac{C}{V^n} dV = \frac{C V^{1-n}}{1-n}$

$L = 2\sqrt{2} \cos(\alpha/2 + \beta)$
 $\sqrt{2} \sin \alpha + \sqrt{2} \sin^2 \alpha + 2gH + \frac{-2\sqrt{2} \sin \alpha + \sqrt{2} \sin^2 \alpha + 2gH}{2\sqrt{2} \sin \alpha + \sqrt{2} \sin^2 \alpha + 2gH}$
 $= \frac{\sqrt{2} \sin^2 \alpha + 2gH}{2\sqrt{2} \sin \alpha + \sqrt{2} \sin^2 \alpha + 2gH}$

$E = \frac{2\sqrt{2} \sin \alpha + \sqrt{2} \sin^2 \alpha + 2gH}{2\sqrt{2} \sin \alpha + \sqrt{2} \sin^2 \alpha + 2gH}$



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
— 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!

