



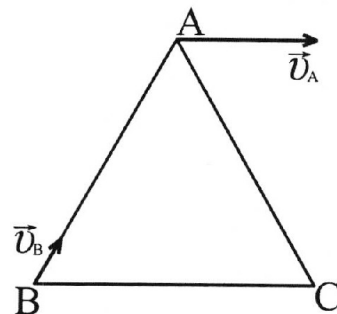
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

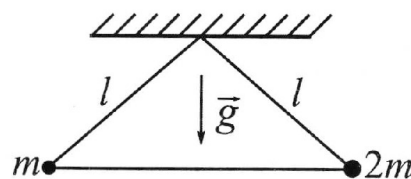
2. Фейерверк установлен на горизонтальной площадке. После мгновенного сгорания топлива начинается полет фейерверка по вертикали.

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. Шарик скреплен с легким стержнем длины $L = 1,6l$. Систему удерживают так, что шарик находится 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.



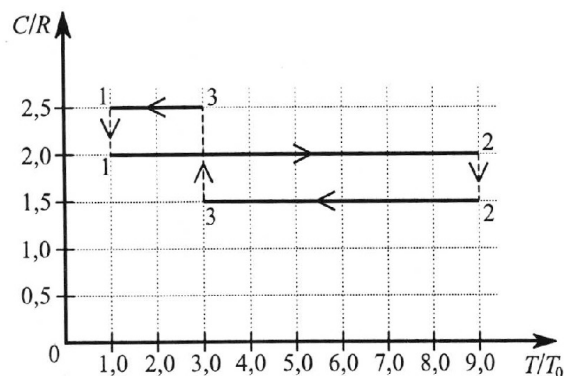
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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, $T_0 = 300$ К.

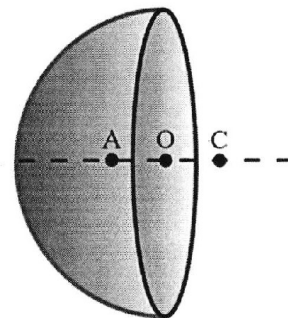


1. Постройте график процесса в координатах $(P/P_0, V/V_0)$, здесь P_0, V_0 – давление и объем газа в состоянии 1.

2. Какую работу A_1 газ совершает за один цикл?

3. На какую высоту H подъемник медленно переместит груз массой $M = 400$ кг за $N = 20$ циклов тепловой машины? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ 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 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.

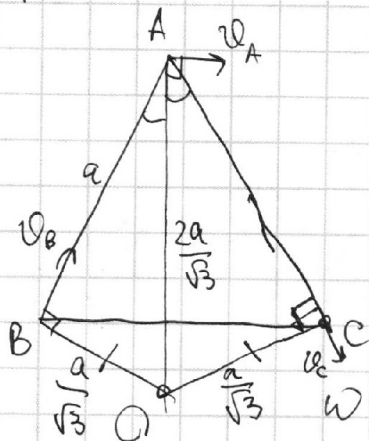
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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



O - мгновенный центр вращения
(пересек. перп. к векторам $\vec{v}_A$ и $\vec{v}_B$)

$$\angle BAO = \angle AOC = 30^\circ \Rightarrow BO = \frac{a}{\sqrt{3}}, \quad AO = \frac{2a}{\sqrt{3}}$$

$$\omega = \frac{v_A}{OA} = \frac{v_B}{OB} \Rightarrow v_A = v_B \cdot \frac{OA}{OB} = 2v_B = 0,8 \text{ (м/с)}$$

$$\omega = \frac{v_A}{\frac{a}{\sqrt{3}}} = \frac{0,4}{0,4} \cdot \sqrt{3} = \sqrt{3} \text{ (1/с)}$$

В с.с.о. центра масс гравит. с. такая же $\Rightarrow$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} = \frac{2\pi\sqrt{3}}{3} \text{ (с)}$$

Из симметрии $\angle ACO = 90^\circ \Rightarrow \vec{v}_C$ напр. вдоль луча AC. $|\vec{v}_C| = |\vec{v}_B| \leftarrow OB = OC$

Действующие по вертикали на шар: $\vec{N} = m\vec{g}$,

по горизонтали: $\vec{F}_{\text{тр}} \Rightarrow \{R\} = |\vec{F}_{\text{тр}}|$

Вм. з. Ньютона: $\frac{mv_C^2}{\frac{a}{\sqrt{3}}} = F_{\text{тр}} = R \Rightarrow$
(для шарика)

$$\Rightarrow R = \frac{mv_B^2 \sqrt{3}}{a} = \frac{120 \cdot 10^{-6} \cdot (0,4)^2 \cdot \sqrt{3}}{0,4} = 120 \cdot 10^{-6} \cdot 0,4 \cdot \sqrt{3} =$$

$$= 48\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ (Н)}$$

Ответ: 1) $0,8 \text{ [м/с]}$; 2) $\frac{2\pi\sqrt{3}}{3} \text{ [с]}$; 3) $48\sqrt{3} \cdot 10^{-6} \text{ [Н]}$.



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.

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!

N2

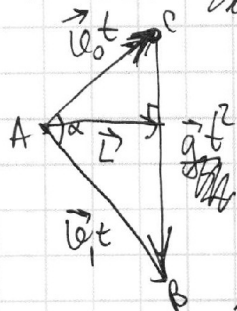
На макс. высоте сбросить рейсверка a ; запишем
(m - масса рейсверка)

з. сохр. энергии: $mgh + \frac{mv^2}{2} = mgH \Rightarrow$

$$\Rightarrow H = h + \frac{v^2}{2g} = 14,2 + \frac{36}{20} = 14,2 + 1,8 = 16 \text{ [м]}$$

Докажем, что чтобы расст. между осколками было максимальным, нужно чтобы $\vec{v}_0 \perp \vec{v}_1$ ($\vec{v}_0$ - вектор скорости осколка)

Горизонтальная сост. импульса сохр., массы оск. одинак. $\Rightarrow$ осколки разлет. с одинак. по модулю скоростями, напр. под одинак. углами к горизонту (их гор. сост. ^{противопол.} равны и их модули равны). Докажем, что чтобы расст. между осколками посл. пад. было макс., нужно $\vec{v}_0 \perp \vec{v}_1$ ($\vec{v}_1$ - ~~ск.~~ ^{ск.} осколка):



t - время падения
 $\vec{L}$ - перемещ. оск. по горизонту

$$\vec{v}_0 t + \vec{g} t^2 = \vec{v}_1 t \Leftrightarrow \vec{v}_0 + \vec{g} t = \vec{v}_1$$

из з. сохр. эн.: $v_1^2 = v_0^2 + 2gH$

$$2 S_{ABC} = \frac{v_0 \sqrt{v_0^2 + 2gH} \sin \alpha}{g} t^2 = L g t^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \frac{v_0 \sqrt{v_0^2 + 2gH} \sin \alpha}{g} \Rightarrow L \text{ максимален при } \sin \alpha = 1 \Leftrightarrow \alpha = 90^\circ$$



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.

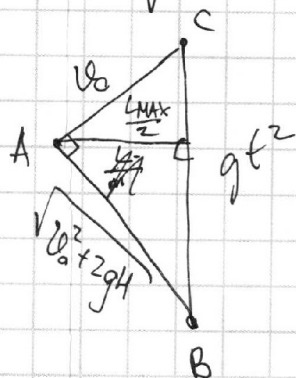
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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 (продолжение)



$$BC^2 = v_0^2 + v_0^2 + 2gh = 7BC$$

$$\frac{L_{\max}}{2} = \frac{2S_{ABC}}{gt^2} = \frac{v_0 \sqrt{v_0^2 + 2gh} t^2}{gt^2} = \frac{v_0 \sqrt{v_0^2 + 2gh}}{g}$$

$$\Rightarrow L_{\max} = \frac{2v_0 \sqrt{v_0^2 + 2gh}}{g} = \frac{2 \cdot 20 \cdot \sqrt{400 + 20 \cdot 16}}{10} =$$

$$= 4\sqrt{420} = 24\sqrt{20} = 48\sqrt{5} \text{ [м]}$$

Ответ: 1) $H = 16 \text{ [м]}$; 2) $L_{\max} = 48\sqrt{5} \text{ [м]}$.

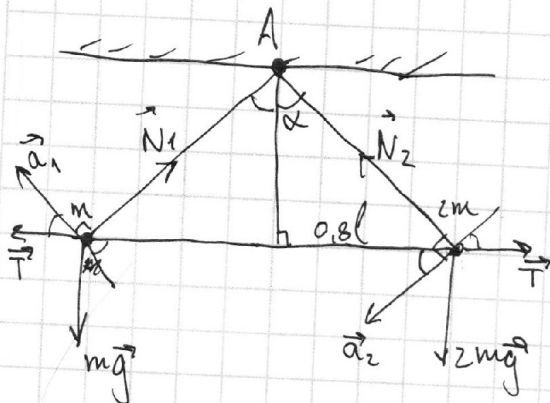


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐2 ☐3 ☒4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐СТРАНИЦА
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!

N3



N_2, N_1 - силы натяж. нитей
Скорость нулевая, шарик движ. по окр. с с.ц. А (м.о. нити нерастяжимы), стержень твердый $\Rightarrow$ есть только тангенц. сост. ускор. и $|\vec{a}_2| = |\vec{a}_1|$,

уск. направлены перп. нитям.

$$\sin \alpha = \frac{0.8l}{l} = 0.8$$

Стержень твердый $\Rightarrow$ он действ. с одинак. силой на шарик.
Вм. 3. Ньютона (на осн. перп. нитям):

$$\begin{cases} 2ma_2 = 2mg \sin \alpha - T \cos \alpha \\ ma_2 = T \cos \alpha - mg \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow 3ma_2 = mg \sin \alpha \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_2 = \frac{g \sin \alpha}{3} = \frac{10 \cdot 0.8}{3} = \frac{8}{3} \text{ [м/с}^2\text{]}$$

$$T = \frac{m(a_2 + g \sin \alpha)}{\cos \alpha} = \frac{0.09 \left(\frac{8}{3} + 8 \right)}{\sqrt{1 - 0.8^2}} = \frac{0.09 \cdot \frac{32}{3}}{0.6} = \frac{3 \cdot 32}{5 \cdot 60} =$$

$$= \frac{32}{10} = \frac{8}{5} = 1.6 \text{ [Н]}$$

Ответ: 1) $\sin \alpha = 0.8$; 2) $a_2 = \frac{8}{3} \text{ [м/с}^2\text{]}$; 3) $T = 1.6 \text{ [Н]}$.



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
 _ 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!

N4

Запишем ур-е Менделеева-Клапейрона в сост. 1, 2, 3:

$$p_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$p_2 V_2 = 9 \nu R T_0$$

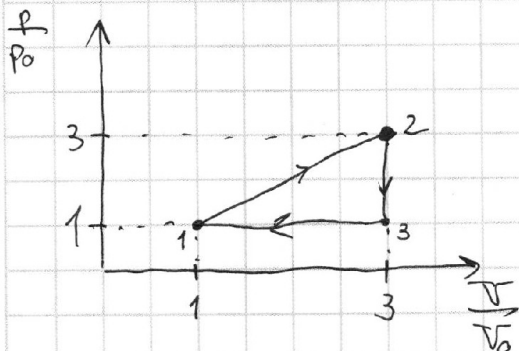
$$p_3 V_3 = 3 \nu R T_0$$

$$C_{31} = \frac{5}{2} R = C_p \Rightarrow p_3 = p_0$$

$$C_{23} = \frac{3}{2} R = C_v \Rightarrow V_2 = V_3$$

$$\frac{p_3 V_3}{p_0 V_0} = \frac{V_3}{V_0} = \frac{3 \nu R T_0}{\nu R T_0} = 3 \Rightarrow V_3 = 3 V_0$$

$$\frac{p_3 V_3}{p_2 V_2} = \frac{p_0}{p_2} = \frac{3 \nu R T_0}{9 \nu R T_0} = \frac{1}{3} \Rightarrow p_2 = 3 p_0$$



$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 2 \cdot 8 T_0 \cdot 5 - 5 \cdot R \cdot 9 T_0$$

$$2 \cdot 8 T_0 \cdot 5 - \frac{3}{2} \cdot 8 p_0 V_0 = 16 p_0 V_0 - 12 p_0 V_0 = 4 p_0 V_0$$

$$A_1 = A_{12} - 2 p_0 V_0 = 2 p_0 V_0 = 2 \nu R T_0 =$$

$$= 2 \cdot 5 \cdot 8,31 \cdot 300 = 3000 \cdot 8,31 = 8310 \cdot 3 = 24930 \text{ [Дж]}$$

Закон сохр. эн. ($\alpha = \frac{1}{2}$): (к.м. энергии можно пренебречь)

$$MgH = N A_1 \alpha \Rightarrow H = \frac{N A_1 \alpha}{Mg} = \frac{20 \cdot 24930 \cdot 0,5}{400 \cdot 10} =$$

$$= \frac{24930}{400} = \frac{2493}{40} = 62,325 \text{ [м]}$$

Ответ: 2) $A_1 = 24930 \text{ [Дж]}$; 3) $H = 62,325 \text{ [м]}$.



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!

N5 напр. внутри 0

напр. вне сферы слева: $E \neq \frac{Q}{\epsilon_0} = E(2\pi d^2 + \pi d^2) \Rightarrow$
на раст. d от 0

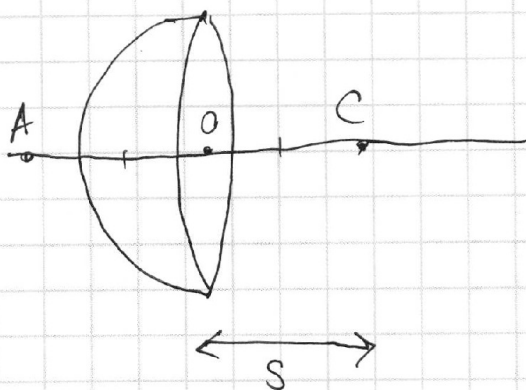
$$\Rightarrow E = \frac{Q}{3\pi d^2 \epsilon_0} = \frac{4kQ}{3d^2} \quad (k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0})$$

справа (сфера минус полусфера) (полусфера минус сфера):

$$\frac{4kQ}{3d^2} - \frac{kQ}{d^2} = \frac{kQ}{3d^2} = \frac{Q}{12\pi d^2 \epsilon_0}$$

Закон сохр. э.м. (при $d \gg R$ потенциал э.м. можно пренебречь):
пусть $AO = OC = S$

$$K = \frac{Qq}{3\pi S \epsilon_0} \Rightarrow S = \frac{Qq}{K \cdot 3\pi \epsilon_0}$$



в O напряженность 0 $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{m v_0^2}{2} = K \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{2K}{m}}$$

$$\frac{m v_c^2}{2} + \frac{Qq}{12\pi S \epsilon_0} = K \quad (\text{подставл. } S) \Rightarrow \frac{m v_c^2}{2} + \frac{K}{4} = K \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{m v_c^2}{2} = \frac{3K}{4} \Rightarrow v_c = \sqrt{\frac{3K}{2m}}$$

Ответ: 1) $v_0 = \sqrt{\frac{2K}{m}}$; 2) $v_c = \sqrt{\frac{3K}{2m}}$.



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!

$$Q_{12} = 8T_0 \cdot 2R = 16RT_0 \quad \text{Черновик}$$

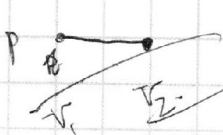
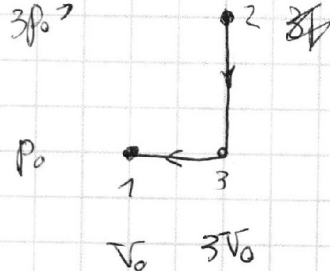
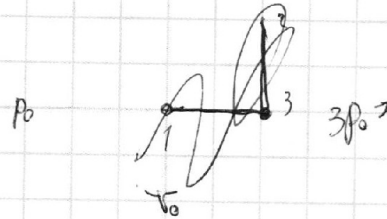
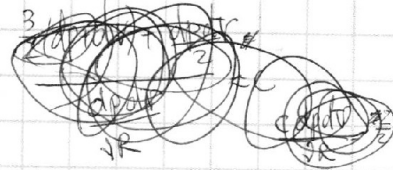
$$Q_{23} = -6T_0 \cdot \frac{3}{2}R = -9RT_0$$

$$Q_{31} = -2T_0 \cdot \frac{5}{2}R = -5RT_0$$

$$p_0 V_0 = 5RT_0$$

$$p_2 V_2 = 45RT_0$$

$$p_3 V_3 = 15RT_0$$



$$\frac{3}{2}p_0(V_2 - V_1) + p_1(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}p_1(V_2 - V_1)$$

$$p_1 V_2 = 5RT_2$$

$$\frac{5}{2}R(T_2 - T_1)$$

$$Q_{12} = 8T_0 \cdot 10R = 80RT_0$$

$$p_0(V_3 - V_0) = 10RT_0$$

$$\frac{V_3}{V_0} = 3$$

$$3p_0 V_0$$

$$16p_0 V_0$$

$$\frac{p_0}{p_3} = 3$$

$$\frac{3}{2}p_0 V_0$$

$$p_0 V_0$$

$$3U_{12} = \frac{3}{2} \cdot 8p_0 V_0 = 12p_0 V_0$$

$$A_{12} = 4p_0 V_0$$

$$\frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) + (p_2 - p_1)(V_2 - V_1) = \frac{3}{2}p_2 V_2 - 3p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_1 V_1 - p_1 V_2 + p_0 V_1 =$$

$$= 4p_1 V_2$$

$$\frac{3}{2}((p_2 + p_1)(V_2 - V_1) - p_1 V_1) + \frac{p_2 V_2}{2} = \frac{3}{2}(p_2 V_2 + p_1 V_2 - p_1 V_1) + \frac{p_2 V_2}{2} =$$

$$C = \frac{3p_1 V_2 + 3p_1 V_2 + 4p_1 V_2}{2(p_1 V_2 + p_1 V_2 + p_1 V_2)}$$

$$2cp_1 V_2 + 2cp_1 V_2 + 2cp_1 V_2 = 3V_2 p_1 + 3p_1 V_2 + 4cp_1 V_2$$

$$3p_1(2V_2 - 2V_1) - 3V_1 - 4cp_1 V_2$$

$$2cV_2 \frac{dp_1}{dp_1} + 2cp_1 + 2cp_1 +$$

$$2403/4$$

$$\frac{2403}{4} \approx 600.75$$

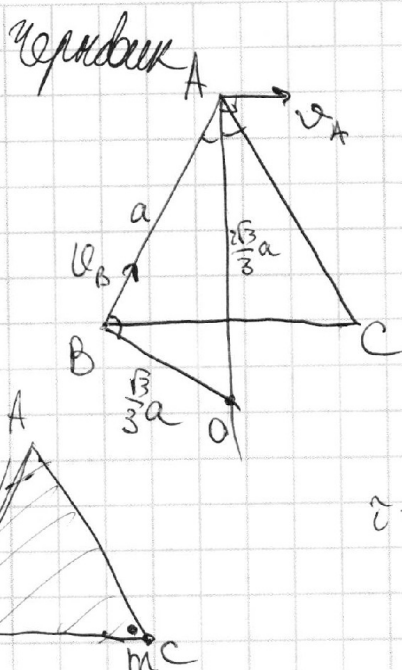
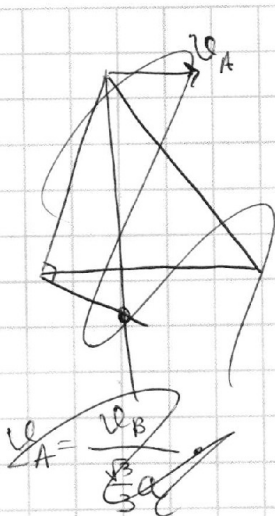


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



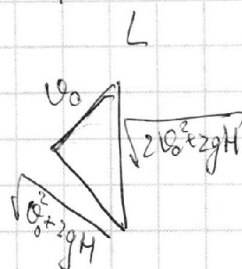
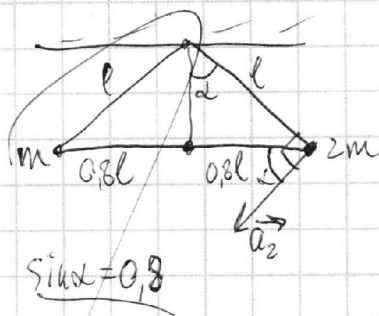
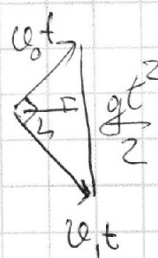
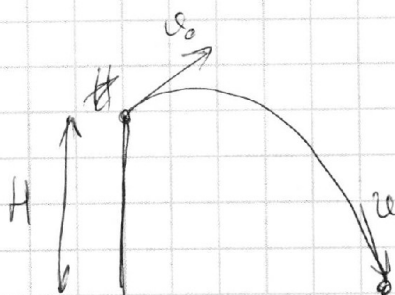
$$\frac{2a}{\sqrt{3}} = \frac{a \cdot 2\sqrt{3}}{3}$$

$$v_A = 2v_B = 0,8 \text{ м/с}$$

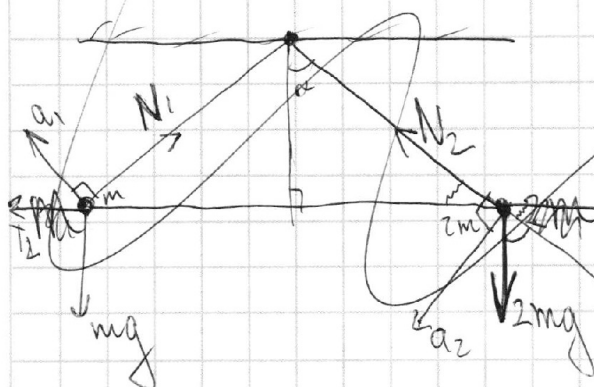
$$\omega = \frac{v_B}{\frac{a}{\sqrt{3}}} = \frac{v_B \sqrt{3}}{a} = \frac{0,4\sqrt{3}}{0,4} = \sqrt{3} \text{ (1/с)}$$

$$\varphi = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} = \frac{2\pi\sqrt{3}}{3}$$

$$mgh + \frac{mv^2}{2} = mgh$$
$$H = gh + \frac{v^2}{2g}$$



$$v^2 = v_0^2 + 2gH$$
$$2v_0^2 + 2gH$$



$$N_2 = 2mg \cos \alpha + T_2 \sin \alpha$$

$$2ma_2 = 2mg \sin \alpha + T_2 \cos \alpha$$



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!

$$K = \varphi_0 q$$

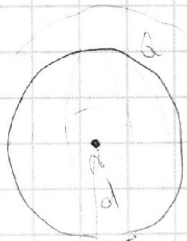
$$\varphi_0 = \frac{K}{q}$$

$$E = \frac{F}{q}$$

$$F = Ed$$

$$A = Eqd$$

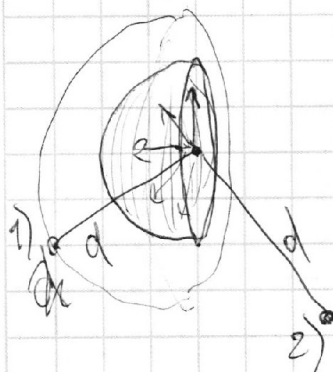
$$\varphi = \frac{A}{q}$$



$$\frac{Q}{\epsilon_0} = E \cdot 4\pi d^2$$

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 4\pi d^2} = \frac{kQ}{d^2}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$$



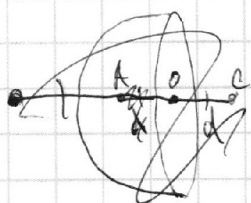
$$\frac{Q}{\epsilon_0} = E (2\pi d^2 + \pi d^2) = E 3\pi d^2$$

$$1) E = \frac{Q}{\epsilon_0 3\pi d^2} = \frac{4kQ}{3d^2}$$

$$\frac{1}{4\pi k} \cdot 3\pi d^2 = \frac{3d^2}{4k}$$

$$E(0) = 0$$

$$2) E = \frac{4kQ}{3d^2} - \frac{kQ}{d^2} = \frac{kQ}{3d^2}$$



$$\frac{4kQq}{3d} = \frac{kQq}{3d} + \frac{m v_c^2}{2}$$

$$\frac{kQ}{d} = \frac{m v_c^2}{2}$$

$$\frac{2kQ}{md}$$

$$\frac{(p_2 + p_1)(v_2 - v_1)}{2}$$

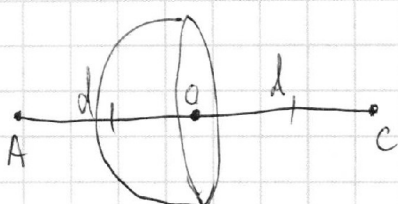
$$p_2$$

$$v_2$$

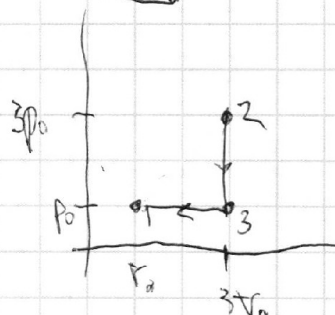
$$v_1$$

$$R \Delta T$$

$$\frac{15}{2}$$



$$\frac{Qq}{12\pi\epsilon_0} = \frac{Qq \cdot 4}{K} = \frac{k}{4}$$



$$10 = \frac{15 R \Delta T + \frac{1}{2} (p_1 + p_2) \Delta T}{\Delta T}$$

