



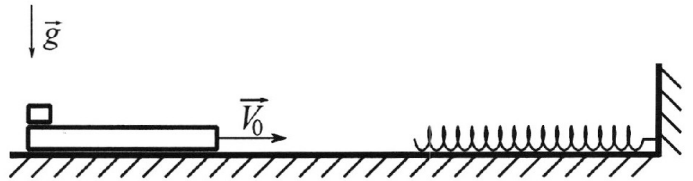
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 2$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 27$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

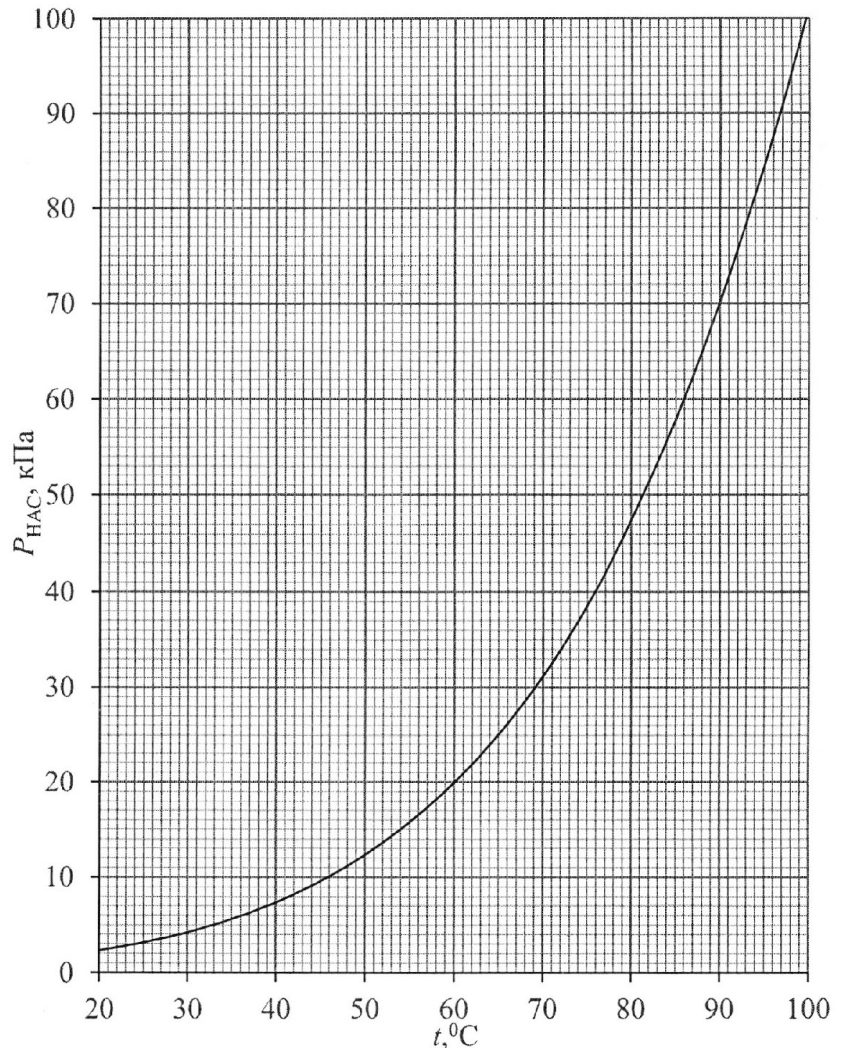


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 150$ кПа, температуре $t_0 = 86$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 2/3$ (66,7%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 46$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 86 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

Объёмом жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





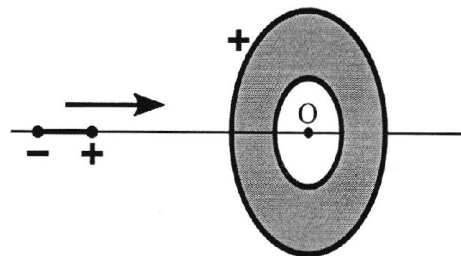
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



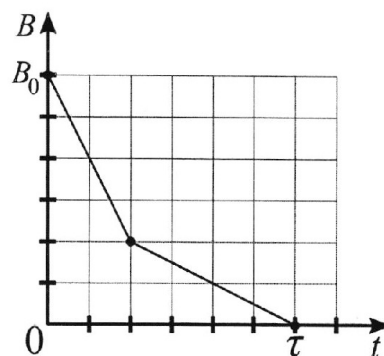
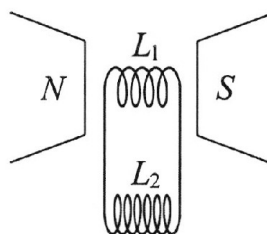
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Диполь сообщают начальную скорость $2V_0$.



1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.

2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

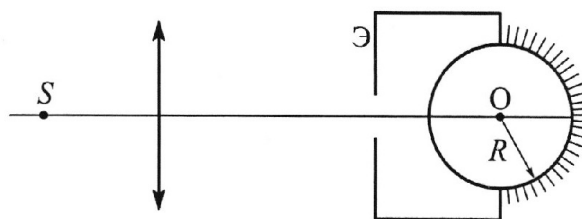
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



1) Найти ток I_0 через катушку L_1 в конце выключения внешнего поля.

2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,5F$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 8F/3$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 2F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



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
1 ИЗ 4

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!

Дано:

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$v_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$k = 27 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$\mu = 0,3$$

$$n = 3$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Найти:

$$1) x_0 - ?$$

$$2) t_0 - ?$$

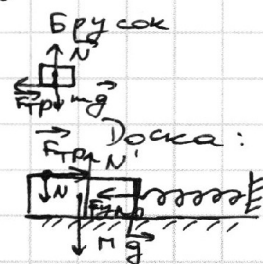
$$3) a_g - ?$$

Решение:

1) x_0 - статич пружины в момент начала откл. движения.

Рассмотрим брусок и доску. До того, как качнётся откл. проскальзывание, доска и брусок будут двигаться с одинаковым ускорением a . Запишем 2 Закон Ньютона для бруска и доски:

$$\begin{cases} m a = - F_{\text{тр}} \\ M a = F_{\text{тр}} + (- k x) \\ F_{\text{тр}} \leq \mu N = \mu m g \end{cases}$$



Проскальзывание качнётся при $F_{\text{тр}} = \mu m g$. Тогда:

$$\begin{aligned} a &= - \mu g \Rightarrow - \mu M g = \mu m g - k x_0 \\ x_0 &= \frac{\mu g (m + M)}{k} = \frac{0,3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3 \text{ кг}}{27 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} = \\ &= \frac{1}{3} \text{ м.} \end{aligned}$$

2) t_0 - промежуток времени с момента начала статич пружины до момента начала откл. движения бруска и доски.

Обратимся к пред. пункту. Получим:



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 4

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!

$(m+M)a = -kx \Rightarrow a = -\frac{k}{m+M}x$ - уравнение гармонических колебаний. $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m+M}}$ -

циклическая частота колебаний до откл. пружины. Момент ^{статя} статя крутника происходит через ~~четверть~~ ^{часть} периода колебания. $\Rightarrow t_0 = \frac{1}{4} \cdot 2\pi \cdot \frac{1}{\omega_0} =$

$$= \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{m+M}{k}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3} \text{ с} = 0,5 \text{ с.}$$

~~3) Пусть~~ v - скорость тела в момент касания откл. пружины.

$$\text{ЗСЭ: } (m+M) \frac{v_0^2}{2} = (m+M) \frac{v^2}{2} + k \frac{x_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 - \frac{k}{m+M} x_0^2} = \sqrt{3} \frac{M}{c}.$$

Закон движения тела: $x(t) = A_0 \cdot \sin(\omega_0 t) \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_x(t) = x'(t) = A_0 \omega_0 \cos(\omega_0 t) = v_0 \cos(\omega_0 t) -$$

закон изменения скорости. Найдём t_0 :

$$v = v_0 \cos(\omega_0 t_0) \Rightarrow \cos(\omega_0 t_0) = \frac{v}{v_0} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_0 = \arccos\left(\frac{v}{v_0}\right) \cdot \frac{1}{\omega_0} = \arccos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) \cdot \frac{1}{3} \text{ с} =$$

$$= \frac{\pi}{6} \cdot \frac{1}{3} \text{ с} = \frac{1}{6} \text{ с.}$$

3) После t_0 касается откл. пружины. a_d - ускорение доски в момент максимума статя крутника.

Запишем 2 Закон Ньютона:



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
3 ИЗ 4

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!

$$\begin{cases} M a_1 = -kx + \mu mg \\ m a_2 = -\mu mg \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_1 = -\frac{k}{M}x + \mu \frac{m}{M}g \\ a_2 = -\mu g \end{cases}$$

Первое уравнение - уравнение гармонических колебаний доски. Второе - уравнение ускоренного движения бруска.

Перейдем в СО "Брусок":
отт = $a_1 - a_2 = -\frac{k}{M}(x - \mu(m+M)g) =$ уравнение гармонических колебаний. $\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$ - циклическая частота таких колебаний доски. Определим, кто остановится раньше - доска или брусок.

Доска: $x(t) = A \sin(\omega t) \Rightarrow v_x(t) = A\omega \cos(\omega t) = v \cos(\omega t)$. t_1 - время остановки доски.

$$0 = v \cdot \cos(\omega t_1) \Rightarrow t_1 = \frac{1}{\omega} \text{ с};$$

Брусок: t_2 - время остановки бруска.

$$v'_x(t) = v - \mu g t \Rightarrow t_2 = \frac{v}{\mu g} = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ с}.$$

Как видно: $t_1 < t_2 \Rightarrow$ брусок продолжит движение в прежнем направлении.

Вычислим A - амплитуду колебаний доски:

$$v = A\omega \Rightarrow A = \frac{v}{\omega} = \frac{\sqrt{3} \frac{m}{c}}{\sqrt{\frac{27}{2} \cdot \frac{1}{c}}} = \frac{\sqrt{2}}{3} m.$$

$$M a_d = -k(A + x_0) + \mu mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_d = -\frac{k}{M}(A + x_0) + \mu \frac{m}{M}g = \left(-\frac{27}{2} \left(\frac{\sqrt{2}}{3} + \frac{1}{3}\right) + \frac{3}{2}\right) \frac{m}{c^2} =$$



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
4 из 4

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!

$$= \frac{1}{2} \left(-g(\sqrt{2} + 4) + 3 \right) \frac{m}{c^2} = \frac{1}{2} \left(-9\sqrt{2} - 6 \right) \frac{m}{c^2} =$$

$$= - \frac{9\sqrt{2} + 6}{2} \frac{m}{c^2} - \text{в проекции, где ось } x \text{ направлена к стене.} \Rightarrow a_g = \frac{9\sqrt{2} + 6}{2} \frac{m}{c^2}$$

Ответ: 1) $x_0 = \frac{1}{3} m$; 2) $t_0 = \frac{1}{6} c$; 3) $a_g =$
 $= \frac{9\sqrt{2} + 6}{2} \frac{m}{c^2}$



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!

Дано:

$$p_0 = 150 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 86^\circ \text{C} \Rightarrow 359 \text{ K} = T_0$$

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

$$t = 46^\circ \text{C} \Rightarrow 319 \text{ K} = T$$

найти:

$$1) p_1 - ?$$

$$2) t^* - ?$$

$$3) \frac{V}{V_0} - ?$$

Решение:

1) Внешнее давление $p_{\text{внеш}} = p_0$ (в начальный момент). По графику определим

$$p_{\text{нас}}(t_0) = 60 \text{ кПа.} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_1 = p_0 - p_{\text{нас}}(t_0) =$$

$$= 40 \text{ кПа}$$

2) До начала конденсации будет происходить изобарическое сжатие. При уменьшении температуры водяной пар будет насыщаться. По графику найдём

$$t^*. \quad t^* = 76^\circ \text{C.}$$

3) Как было сказано, $p_{\text{внеш}} = p_0 = \text{const.}$ найдём p_v = давление воздуха без нас. пара при $t = 46^\circ \text{C}$. определим:

$$p_{\text{нас}}(t) = 10 \text{ кПа.} \Rightarrow p_v = p_0 - p_{\text{нас}}(t) =$$

$$= 140 \text{ кПа.}$$

~~Для из. газа.~~ Воспользуемся уравнением Клайперона для воздуха без нас. пара: $p_{v0} = 140 \text{ кПа}$ - нач. давление возд. без пара.

$$\frac{p_{v0} V_0}{T_0} = \frac{p_v V}{T} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{p_{v0} T}{p_v T_0} = \frac{3509}{5026}$$

$$\text{Ответ: } 1) p_1 = 40 \text{ кПа}; 2) t^* = 76^\circ \text{C}; 3) \frac{V}{V_0} = \frac{3509}{5026}$$



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!

Дано:

v_0 — мин.
скорость,
необходи-
мая для
пролёта

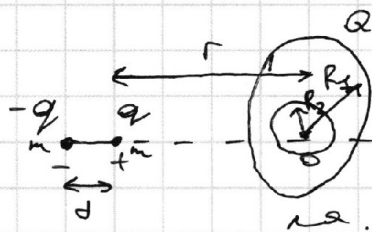
2 v_0
Найти:

1) v_1 — ?

2) $(v_{\max} - v_{\min})$ — ?

Решение:

1) v_1 — скорости при про-
лёте центра диска.



Пусть $|q|$ —
модуль заря-
да каждого
шарика дис-
ка. m — масса ш-

арика диска. r — рассто-
яние до диска. d — плечо
диска. R_2 — радиус отв.

в диске. R_1 — радиус диска. Q — суммар-
ный заряд диска. Найдём R_c —
расстояние от центра диска до заряда

$$Q: R_c = \frac{\int_0^{R_1} \sigma \cdot 2\pi r_1 dr_1 - \int_0^{R_2} \sigma \cdot 2\pi r_2 dr_2}{Q} = 0, \text{ где } \sigma -$$

поверхностная плотность. $R_c = 0$ озна-

чает, что заряд Q находится
точно на оси диска. При v_0 —

шарик зарядом $-q$ остановится прак-
тически в центре диска.

$$\begin{aligned} \text{ЗСЭ: } 2 \cdot m \frac{v_0^2}{2} &= \Delta\varphi_1 \cdot (-q) + \Delta\varphi_2 \cdot q = \\ &= \left(0 - k \frac{Q}{r+d}\right) \cdot (-q) + q \cdot \left(k \frac{Q}{d} - k \frac{Q}{r}\right) = \\ &= k \frac{qQ}{d} + \left(k \frac{qQ}{r+d} - k \frac{Qq}{r}\right) \approx k \frac{qQ}{d} \quad (\text{т.к. } d \ll r) \end{aligned}$$

Запишем ЗСЭ для 2 v_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.

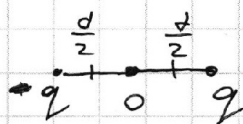
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

$$3C7: 2 \cdot m \frac{(2v_0)^2}{2} = 2 \cdot m \frac{v^2}{2} + \Delta p_1 \cdot (-q) +$$

$$+ \Delta p_2 q \Rightarrow$$



$$\Rightarrow m(2v_0)^2 = m v^2 + \left(k \frac{qQ}{\frac{d}{2}} - k \frac{Q}{r+d} \right) \cdot$$

$$(-q) + q \left(k \frac{Q}{\frac{d}{2}} - k \frac{Q}{r} \right) \Rightarrow 4m v_0^2 =$$

$$m v^2 \Rightarrow v = 2v_0.$$

2) $v_{\max}$ - максимальная скорость, когда положительный заряд ко центру.
 $v_{\min}$ - миним. скорость, когда отриц. ко середине.

$$2 \cdot m \frac{(2v_0)^2}{2} = 2 \cdot m \frac{v_{\max}^2}{2} + (-q) \cdot \left(k \frac{Q}{d} - k \frac{Q}{r+d} \right) +$$

$$+ q \cdot \left(k \frac{Q}{0} - k \frac{Q}{r} \right) \Rightarrow m v^2 = 4m v_0^2 + k \frac{Qq}{d} =$$

$$5m v_0^2 \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{5} v_0.$$

$$\text{Аналогично: } 2m \cdot \frac{(2v_0)^2}{2} = 2 \cdot m \frac{v_{\min}^2}{2} -$$

$$-q \left(0 - k \frac{Q}{r+d} \right) + q \left(k \frac{Q}{d} - k \frac{Q}{r} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m v_{\min}^2 = 4m v_0^2 - k \frac{qQ}{d} = 3m v_0^2$$

$$v_{\min} = \sqrt{3} v_0 \Rightarrow v_{\max} - v_{\min} = (\sqrt{5} - \sqrt{3}) v_0$$

$$\text{Ответ: } 1) v = 2v_0; 2) (\sqrt{5} - \sqrt{3}) v_0 = v_{\max} - v_{\min}.$$



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!

Решение:

1) Катушки соединены последовательно.
 $L_{\text{общ}} = L_1 + L_2 = 5L$ - общая индуктивность.
 Запишем изменение

потока за время Δt : $\varepsilon_{\text{си}} = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| =$
 $= \left| \frac{L \Delta I}{\Delta t} \right|$

Заметим, что: $\varepsilon_{\text{си}} = \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} S_1 \mu \right|$, где $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ -
 коэф. наклона.

$$\varepsilon_{\text{си}} = \frac{2 B_0}{\pi} S_1 \mu = \frac{B_0}{2\pi} S_1 \mu = 5L \cdot \left(\frac{I_0 - I_1}{\Delta t} \right)$$

I_0 - конечная, I_1 - вт. перегиба.

$$\varepsilon_{\text{си}} = \frac{2 B_0}{\pi} S_1 \mu = \frac{I_1}{\pi} \cdot 5L \Rightarrow I_1 = \frac{2 B_0 S_1 \mu}{5L}$$

$$\frac{B_0 S_1 \mu}{10L} = -I_0 + \frac{2 B_0 S_1 \mu}{5L} \Rightarrow I_0 = \frac{3 B_0 S_1 \mu}{10L}$$

ток при выключении.

Ответ: $I_0 = \frac{3 B_0 S_1 \mu}{10L}$

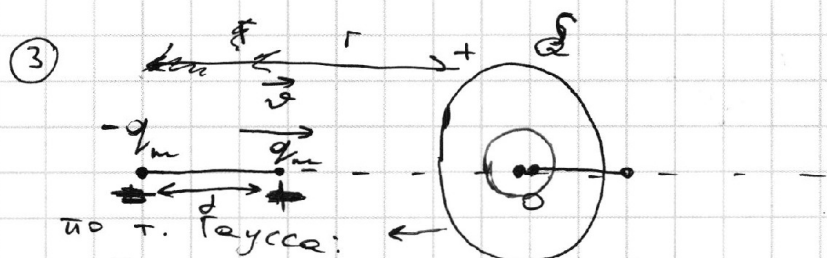


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$\varphi = \frac{\sigma S}{\epsilon_0} = 2ES \Rightarrow E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \text{константа.}$$

$$\varphi = 2ES$$

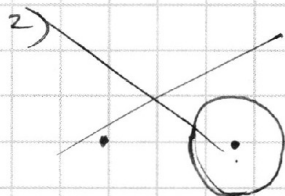
Для $2\omega_0$: $3C \Rightarrow 2 \cdot m \frac{v_0^2}{2} = E(r+d)q +$

$$+ Eqd - Eq r = 2Eqd \Rightarrow d = \frac{m v_0^2}{2Eq} = \frac{m v_0^2 \cdot \epsilon_0}{\sigma q}$$

Для $2v_0$: $2 \cdot m \cdot \frac{(2v_0)^2}{2} = E(r+d)q + Eqd -$

$$- Eq r + 2 \cdot m \frac{v_0^2}{2} \Rightarrow 4m v_0^2 - 2Eqd = m v_0^2$$

$$3m v_0^2 = m v^2 \Rightarrow 1) v = \sqrt{3} v_0$$

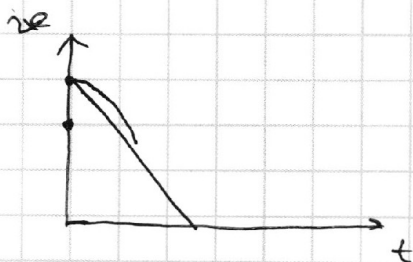


④ 1) $\varphi = \sum B_n S_1 = \frac{L \Delta I}{\Delta t}$

$$L_{\text{сум}} = L_1 + L_2 = 5L$$

$$5L \frac{I_0}{\tau} = \mu S_1 \cdot \sum B_n = \mu S_1 \left(\frac{2}{3} B_0 \cdot \frac{\tau}{3} + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \cdot \frac{B_0}{3} \cdot \frac{2\tau}{3} \right) = \mu S_2 \left(\frac{2}{9} B_0 \tau + \frac{B_0 \tau}{9} \right) = \\ = \frac{\mu S_2 B_0 \tau}{3} \Rightarrow I_0 = \frac{\mu S_2 B_0 \tau}{25L}$$

$$\sqrt{3} = 3 + t = \frac{1}{\sqrt{3}}$$



$$v = A \sqrt{\frac{k}{m}}$$

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

$$t = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} = \\ = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{\pi}{2\sqrt{3}}$$

$$\varphi = \sqrt{3} \cos(\omega t)$$

$$\arcsin \frac{3\sqrt{3}}{\sqrt{2}} =$$

$$= \frac{\sqrt{6}}{6} = \frac{1}{\sqrt{6}}$$

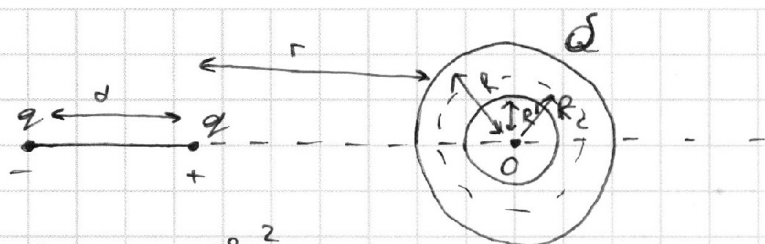


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



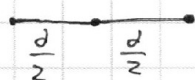
$$1) \quad m \frac{v_0^2}{2} = -q \Delta \varphi_1 + q \Delta \varphi_2 \leftarrow$$



R_c - расстояние до заряда:
отн. т.о:
 $R_c = 0$

$$m \frac{v_0^2}{2} = 2 \cdot m \frac{v_0^2}{2} = -q \left(0 - k \frac{Q}{r} \right) + q \left(k \frac{Q}{d} - k \frac{Q}{r} \right) =$$

$$\approx k \frac{qQ}{d} \quad (r \gg d)$$



$$2 \cdot m \frac{(2v_0)^2}{2} = -q \left(k \frac{Q}{\frac{d}{2}} - k \frac{Q}{r} \right) +$$

$$+ q \left(k \frac{Q}{\frac{d}{2}} - k \frac{Q}{r} \right) \stackrel{+ m \frac{v_0^2}{2}}{=} -2k \frac{qQ}{d} +$$

$$+ 2k \frac{qQ}{d} + 2 \cdot m \frac{v_0^2}{2} \Rightarrow v = 2v_0$$

2)



$$2 \cdot m \cdot \frac{4v_0^2}{2} = -q \left(k \frac{Q}{d} - k \right) + 2 \cdot m \frac{v_0^2}{2}$$

$$2v_{\max}^2 = 4v_0^2 + k \frac{qQ}{md} = 5v_0^2$$

$$v_{\max} = \sqrt{5} v_0$$

$$v_{\min} = \sqrt{3} v_0$$

$$v_{\max} - v_{\min} = (\sqrt{5} - \sqrt{3}) v_0$$



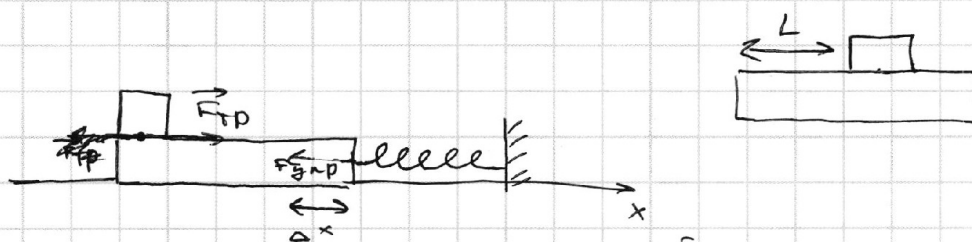
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

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



1. доска:

$$M a_x = -kx + \mu mg$$

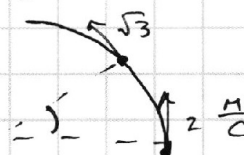
$$F_{тр} = \mu mg$$

брусок: $ma = -\mu mg \Rightarrow a = -\mu g$

$a_x = a$ (до откл. движения).

$$-M \cdot \mu g = -kx + \mu mg$$

$$kx = \mu g (m + M) \Rightarrow x_0 = \frac{\mu g (m + M)}{k} = \frac{1}{3} \text{ м}$$



② $(m + M)a = -kx$ - гармон. колеб.

$$\ddot{x} = -\frac{k}{m + M} x \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m + M}} \Rightarrow$$

$$t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{k}{m + M}} = 4,5 \text{ с.}$$

3) $M a_1 = -kx + \mu mg \Rightarrow a_1 = -\frac{k}{M} x + \mu \frac{m}{M} g$

$$m a_2 = -\mu mg \Rightarrow a_2 = -\mu g$$

В СО "брусок": $\Delta a_{отн} = a_1 - a_2 =$

$$= -\frac{k}{M} x + \mu \frac{m}{M} g \left(\frac{M}{m} + 1 \right) = -\frac{k}{M} \left(x - \frac{\mu g (m + M)}{k} \right)$$

$$\frac{(m + M) v_0^2}{2} = \frac{(m + M) v^2}{2} + \frac{k x_0^2}{2}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{k x_0^2}{(m + M)}} = \sqrt{4 - \frac{2 \pi \cdot \frac{1}{3}}{3}} = \sqrt{3} \frac{m}{c}$$

$$x(t) = \frac{\mu g (m + M)}{k} + A \sin \left(\sqrt{\frac{k}{M}} t \right)$$



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 __

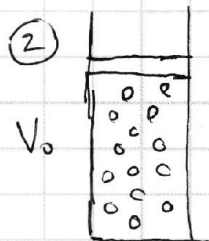
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$z(t) = x'(t) = A \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow A = z \sqrt{\frac{m}{k}} =$$

$$= \sqrt{3} \cdot \sqrt{\frac{27}{2 \cdot 10}} = \frac{\sqrt{27}}{\sqrt{2}} \text{ м}$$

$$a(t) = z''(t) = -A \omega^2$$

$$|a| = \frac{\sqrt{27}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{9}{\sqrt{2}} \cdot \frac{27}{2} = \frac{243}{2\sqrt{2}} = \frac{243\sqrt{2}}{4} \text{ м/с}^2$$



$$1) p_0 = p_{\text{возд}} + p_{\text{газ}}$$

$$p_1 = p_0 \cdot p_{\text{нас}} = \frac{2}{3} \cdot 50 \text{ кПа} =$$

$$= 40 \text{ кПа}$$

$$p_{\text{в}} = 110 \text{ кПа}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 273 \\ + 86 \\ \hline 359 \end{array}$$

$$2) \text{ изоб. ст. } \Rightarrow t^* = 76^\circ \text{C}$$

$$3) p_{\text{нас}} = 10 \text{ кПа} \Rightarrow p_{\text{в}}' = 140 \text{ кПа}$$

$$\frac{p_{\text{в}} V_0}{T_0} = \frac{p_{\text{в}}' V}{T} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{p_{\text{в}} T}{p_{\text{в}}' T_0} =$$

$$= \frac{110 \cdot 319}{140 \cdot 359} = \frac{3509}{5026}$$

$$\begin{array}{r} \times 319 \\ 11 \\ \hline 319 \\ 319 \\ \hline 3509 \\ 23 \\ \times 359 \\ 14 \\ \hline 1436 \\ 359 \\ \hline 5026 \end{array}$$

③