



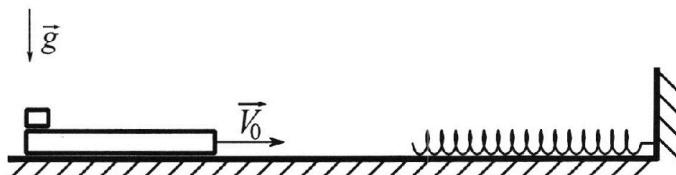
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

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 брускок 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.

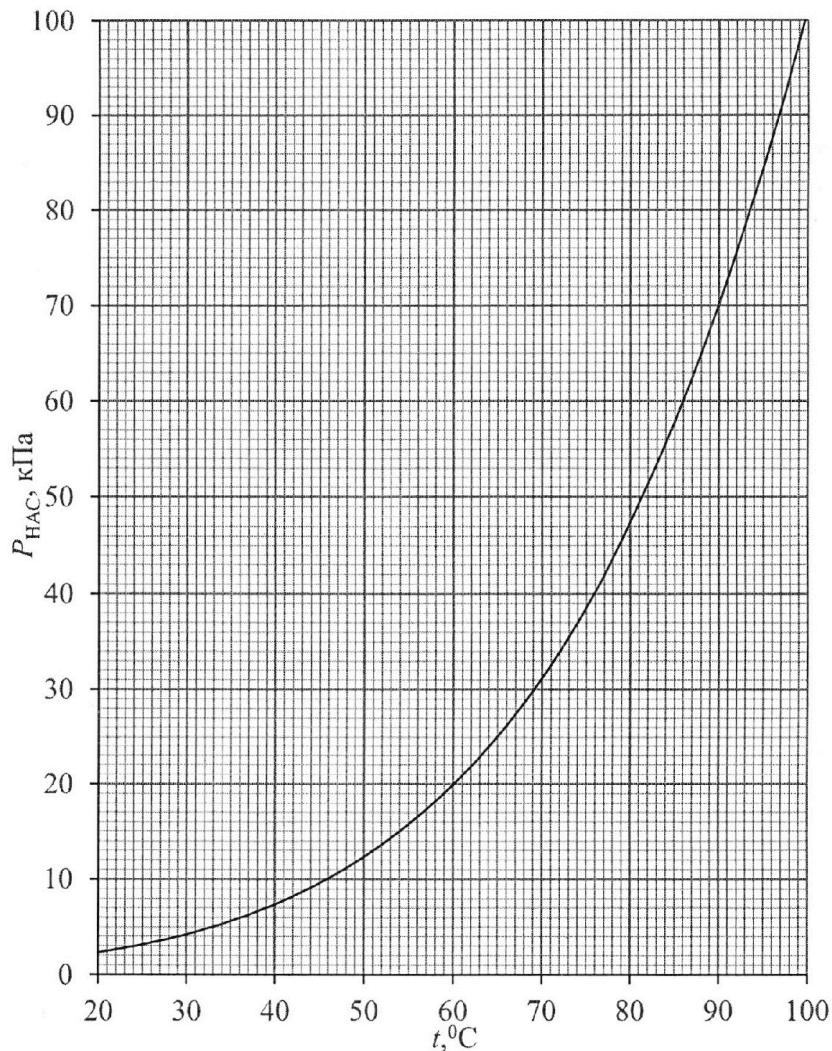


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

- 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 $\phi_0 = 2/3$ (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 сра внению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





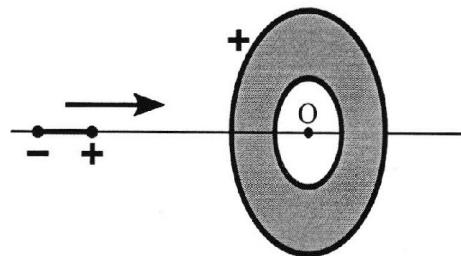
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

Вариант 11-01



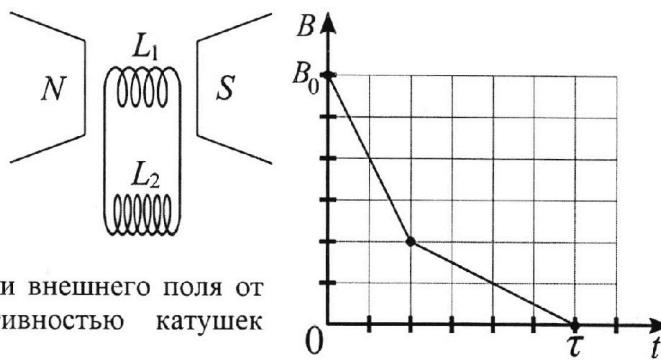
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

- 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 . Диполю сообщают начальную скорость $2V_0$.



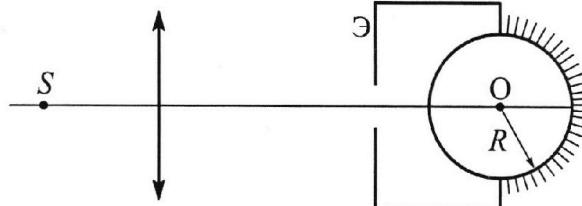
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

- 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 , удалённый 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.



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

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:

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$v_0 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$k = 2 \pi \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$\mu = 0,3$$

$$\pi \approx 3$$

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

Найти:

1) $x_0 - ?$

2) $t_0 - ?$

3) $a_g - ?$

Решение:

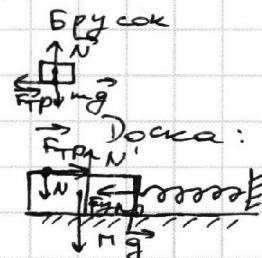
1) x_0 - сдвиг пружины в момент начала отк. движения.

Рассмотрим брускок и доску.

До того, как начнётся отк. проскальзывание, доска и брускок будут двигаться с

одинаковыми ускорениями a . Запишем 2 Закон Ньютона для бруска и доски:

$$\left\{ \begin{array}{l} m a = -F_{TP} \\ Ma = F_{TP} + (-kx) \\ F_{TP} \leq \mu N = \mu mg \end{array} \right.$$



Проскальзывание начнётся при $F_{TP} = \mu mg$. Тогда:

$$a = -\mu g \Rightarrow -\mu Mg = \mu mg - kx_0$$

$$x_0 = \frac{\mu g (m+M)}{k} = \frac{0,3 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 3 \text{ кг}}{2 \pi \frac{\text{Н}}{\text{м}}} =$$

$$= \frac{1}{3} \text{ м.}$$

2) t_0 - время полного сдвига пружины до момента начала сдвиг пружины до момента начала отк. 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.

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" 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
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!

$$(m + M) \ddot{x} = -kx \Rightarrow \ddot{x} = -\frac{k}{m+M} x - \text{уравнение}$$

гармонических колебаний. $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m+M}}$ -

циклическая частота колебаний до отк. проскальзывания. Момент статиче пружины происходит через ~~изгиб~~ изгиба колебания.

$$\Rightarrow t_0 = \frac{1}{4} \cdot 2\pi \cdot \frac{1}{\omega_0} =$$

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

3) v - скорость тел в момент нач. отк. проскальзывания.

$$3CF: (m + M) \frac{v^2}{2} = (m + M) \frac{v^2}{2} + k \frac{x^2}{2} \Rightarrow$$

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

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

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

закон изменения скорости. Найдём t_0 :

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

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

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

3) После t_0 начнётся отк. проскальзывания. a_g - ускорение доски в момент максимума статиче пружины.

Задачи № 2 Закон Колотона:

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
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!

$$\begin{cases} M\ddot{x}_1 = -kx + \mu mg \\ m\ddot{x}_2 = -\mu mg \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \ddot{x}_1 = -\frac{k}{M}x + \mu \frac{m}{M}g \\ \ddot{x}_2 = -\mu g \end{cases}$$

Первое уравнение - уравнение гармонических колебаний доски - второе - равнотемпературное движение бруска:
 $\ddot{x}_{\text{дот}} = \ddot{x}_1 - \ddot{x}_2 = -\frac{k}{M}(x - \underbrace{\frac{\mu(m+M)}{M}g}_{\text{уравнение движения бруска}})$ - уравнение гармонических колебаний. $\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$ - циклическая частота таких колебаний доски. Определение, что остановившее равновесие - доска или бруск.

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

$$0 = \sqrt{3} \cdot \cos(\omega t_1) \Rightarrow t_1 = \frac{1}{\sqrt{6}} \text{ с.}$$

Бруск: t_2 - время остановки бруска.

$$\dot{x}_2(t) = \omega - \mu g t \Rightarrow t_2 = \frac{\omega}{\mu g} = \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ с.}$$

Как видно: $t_1 < t_2 \Rightarrow$ бруск продолжает движение в прямом направлении.

Величина A - амплитуда колебаний доски:

$$\omega = A\omega \Rightarrow A = \frac{\omega}{\omega} = \frac{\sqrt{3} \frac{m}{c}}{\sqrt{\frac{2\pi}{2} \cdot \frac{1}{c}}} = \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ м.}$$

$$M\ddot{x}_1 = -k(A+x_0) + \mu mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \ddot{x}_1 = -\frac{k}{M}(A+x_0) + \mu \frac{m}{M}g = \left(-\frac{2\pi}{2} \left(\frac{\sqrt{3}}{3} + \frac{1}{3}\right) + \frac{3}{2}\right) \frac{m}{c^2} =$$



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
Ч ИЗ Ч

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!

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

$$= -\frac{9\sqrt{2} + 6}{2} \frac{M}{c^2} \quad \text{в проекции, где ось } x \\ \text{капрована к стенке.} \Rightarrow a_g = \frac{9\sqrt{2} + 6}{2} \frac{M}{c^2}$$

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**.



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

Дано:

$$p_0 = 150 \text{ кПа}$$

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

$$\varphi_0 = \frac{2}{3}$$

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

Найти:

$$1) p_1 - ?$$

$$2) t^* - ?$$

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

насыщается. Тогда графику насыщем

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

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

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

$= 140 \text{ кПа.}$ Для аг. ~~наз.~~ Воспользуемся

уравнением Клапейрона для воздуха без нас. пара: $p_{B0} = 110 \text{ кПа}$ — нач давление

$$\frac{p_{B0} V_0}{T_0} = \frac{p_B V}{T} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{p_{B0} T}{p_B T_0} = \frac{3509}{5026}.$$

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

Решение:

1) Внешнее давление
 $p_{\text{внеш}} = p_0$ (θ — началь-
ной момент). Т.о
графику определим

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

$$\Rightarrow p_1 = p_0 p_{\text{вак}}(t_0) = \\ = 40 \text{ кПа}$$

2) До начала конденсации
будет происходить изоба-
рическое сжатие. При
увеличении темпера-
туры водяной пар будет

насыщаться. Тогда графику насыщем

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

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

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

$= 140 \text{ кПа.}$ Для аг. ~~наз.~~ Воспользуемся

уравнением Клапейрона для воздуха без нас. пара: $p_{B0} = 110 \text{ кПа}$ — нач давление

$$\frac{p_{B0} V_0}{T_0} = \frac{p_B V}{T} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{p_{B0} T}{p_B T_0} = \frac{3509}{5026}.$$

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



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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:

1) v_0 - нач. скорость, необходимая для пролёта

2) v_{\max} ?

1) v_1 - ?

2) $(v_{\max} - v_{\min})$?

в диске. R_1 - радиус диска. Q - суммарный заряд диска. Найдём R_C - расстояние от центра до заряда

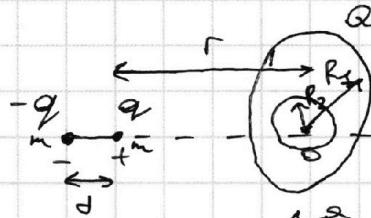
$$\text{отк. т. д.: } Q \cdot \frac{\pi R_1^2 \cdot 0 - Q \cdot \pi R_2^2 \cdot 0}{Q} = 0, \text{ т. к. } Q - \text{ поверхностная плотность. } R_C = 0 \text{ означает, что заряд } Q \text{ находится}$$

на оси диска. При v_0 -

марки зарядам $-q$ остановится прокручиваясь в центре диска.

$$\begin{aligned} 3C \Rightarrow: 2 \cdot m \frac{\frac{v_0^2}{2}}{2} &= \Delta p_1 \cdot (-q) + \Delta p_2 \cdot q = \\ &= \left(0 - k \frac{Q}{r+d}\right) \cdot (-q) + q \cdot \left(k \frac{Q}{d} - k \frac{Q}{r}\right) = \\ &= k \frac{qQ}{d} + \left(k \frac{qQ}{r+d} - k \frac{qQ}{r}\right) \approx k \frac{qQ}{d} \quad (\text{т. к. } d \ll r) \end{aligned}$$

Запишем $3C \Rightarrow$ где v_0 :



Решение:

1) v_1 - скорость при пролёте центра диска.

Пусть $|q|$ - модуль заряда каждого единичного заряда на диске. m - масса единичного заряда. r - расстояние до диска. d - место диска. R_2 - радиус от центра диска. R_1 - радиус диска. Q - суммарный заряд диска. Найдём R_C -

расстояние от центра до заряда

$$Q \cdot \frac{\pi R_1^2 \cdot 0 - Q \cdot \pi R_2^2 \cdot 0}{Q} = 0, \text{ т. к. } Q - \text{ поверхностная плотность. } R_C = 0 \text{ означает, что заряд } Q \text{ находится}$$

на оси диска. При v_0 -

марки зарядам $-q$ остановится прокручиваясь в центре диска.

$$\begin{aligned} 3C \Rightarrow: 2 \cdot m \frac{\frac{v_0^2}{2}}{2} &= \Delta p_1 \cdot (-q) + \Delta p_2 \cdot q = \\ &= \left(0 - k \frac{Q}{r+d}\right) \cdot (-q) + q \cdot \left(k \frac{Q}{d} - k \frac{Q}{r}\right) = \\ &= k \frac{qQ}{d} + \left(k \frac{qQ}{r+d} - k \frac{qQ}{r}\right) \approx k \frac{qQ}{d} \quad (\text{т. к. } d \ll r) \end{aligned}$$

Запишем $3C \Rightarrow$ где 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.

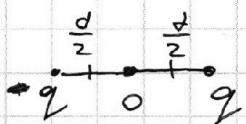
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
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!

Задача 3

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



$$+ \Delta p_2 q \Rightarrow$$

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

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

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

2) v_{\max} - максимальная скорость, когда конечный конус заряд не целику. v_{\min} - миним. скорость, когда отриц. по середине.

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

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

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

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

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

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

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

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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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
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. Задано изменение потока за время Δt :

$$\left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$$

Задано, что: $\Sigma S_i = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$, где $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ - коэф. наклона.

$$\Sigma S_i = \frac{2B_0}{2\pi} S_1 h = \frac{B_0}{\pi} S_1 h = 5L \cdot \left(\frac{I_0 - I_2}{\Delta t} \right)$$

I_0 - начальная, I_2 - ф. перехода.

$$\Sigma S_i' = \frac{2B_0}{\pi} S_1 h = \frac{T_2}{\Delta t} \cdot 5L \Rightarrow I_2 = \frac{2B_0 S_1 h}{5L}$$

$$\frac{B_0 S_1 h}{10L} = -T_0 + \frac{2B_0 S_1 h}{5L} \Rightarrow T_0 = \frac{3B_0 S_1 h}{10L}$$

ток направлен вправо.

$$\text{Ответ: } T_0 = \frac{3B_0 S_1 h}{10L}$$

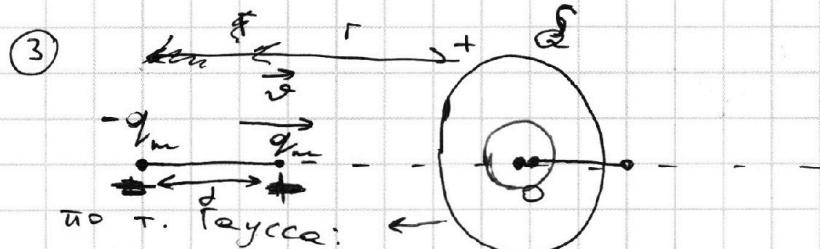


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



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

$$\varphi = 2ES$$

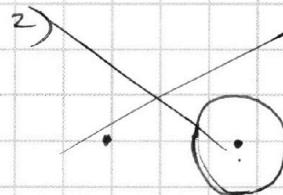
$$\text{Для } \varphi_0: 3C \ni: 2 \cdot m \frac{\omega_0^2}{2\epsilon_0^2} = E(r+d)q +$$

$$+ Fq d - Eg r = 2Eg d \Rightarrow d = \frac{m\omega_0^2}{2Eg} = \frac{m\omega_0^2 \cdot \epsilon_0}{2q}$$

$$\text{Для } \varphi_{2\omega_0}: 2 \cdot m \cdot \frac{(2\omega_0)^2}{2} = E(r+d)q + Eg d -$$

$$- Eg r + 2 \cdot m \frac{\omega^2}{2} \Rightarrow 4m\omega_0^2 - 2Eg d = m\omega^2$$

$$3m\omega_0^2 = m\omega^2 \Rightarrow 1) \omega = \sqrt{3} \omega_0$$

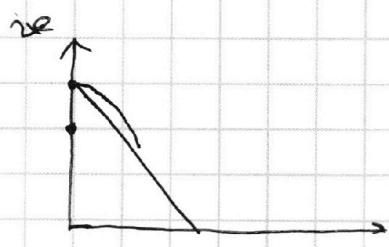


$$(4) 2) \varphi = \sum B_h S_1 = \frac{L_1 \Delta I}{\Delta t}$$

$$L_{\text{диаг}} = L_1 + L_2 = 5L$$

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

$$5L \cdot \frac{I}{\Delta t} = n S_1 \cdot \sum B_h \cancel{S_1} = n S_1 \left(\frac{2}{3} B_0 \cdot \frac{\pi}{3} + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \cdot \frac{B_0}{3} \cdot \frac{2\pi}{3} \right) = n S_1 \left(\frac{2}{9} B_0 \pi + \frac{B_0 \pi}{9} \right) = \\ = \frac{n S_1 B_0 \pi}{3} \Rightarrow \frac{I}{\Delta t} = \frac{n S_1 B_0 \pi}{25L}$$



$$\varphi = A \sqrt{\frac{k}{M}} \quad t = \frac{\bar{u}}{2} \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} = \\ \sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2+2}} = \frac{\sqrt{2}}{3} = \frac{2}{2} \cdot \frac{1}{3\sqrt{3}} =$$

$$\frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{\sqrt{3}}{3} \cos(\omega t) \quad = \frac{\sqrt{6}}{6} = \frac{1}{\sqrt{6}}$$

$$\arcsin \frac{3\sqrt{3}}{52}$$

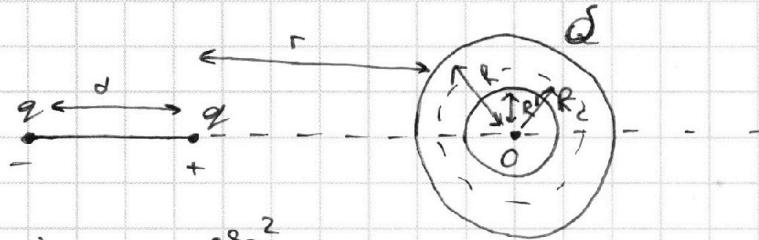


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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



$$1) m \frac{\omega_0^2}{2} = -q \Delta \varphi_1 + q \Delta \varphi_2 \Leftarrow$$



R_C - расстояние до заряда:

ок. т. о.:

$$R_C = 0$$

$$m \omega_0^2 = 2 \cdot m \frac{\omega_0^2}{2} = -q \left(0 - k \frac{Q}{r} \right) + q \left(k \frac{Q}{\frac{d}{2}} - k \frac{Q}{r} \right) = \\ \approx k \frac{q Q}{\frac{d}{2}} \quad (r \gg d)$$

$$\frac{d}{2} \quad \frac{d}{2}$$

$$2 \cdot m \frac{(\omega_0)^2}{2} = -q \left(k \frac{Q}{\frac{d}{2}} - k \frac{Q}{r} \right) + \\ + q \left(k \frac{Q}{\frac{d}{2}} - k \frac{Q}{r} \right) + \frac{m \omega_0^2}{2} = -2k \frac{q Q}{d} + \\ + 2k \frac{q Q}{d} + 2 \cdot m \frac{\omega_0^2}{2} \Rightarrow \omega = \omega_0$$

2)

$$d$$

$$x \cdot m \cdot \frac{4 \omega_0^2}{2} = -q \left(k \frac{q Q}{d} - k \right) + 2 \cdot m \frac{\omega_0^2}{2}$$

$$2 \omega_{max}^2 = 4 \omega_0^2 + k \frac{q Q}{m d} = 5 \omega_0^2$$

$$\omega_{max} = \sqrt{5} \omega_0$$

$$\omega_{min} = \sqrt{3} \omega_0$$

$$\omega_{max} - \omega_{min} = (\sqrt{5} - \sqrt{3}) \omega_0$$



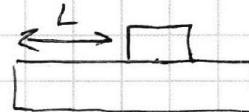
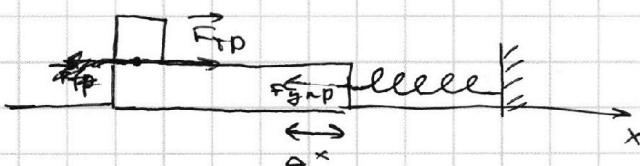
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

(1)



1. задача:

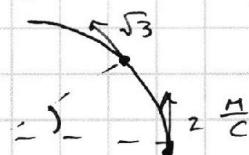
$$M \ddot{x} = -kx + \mu mg$$

Движение: $m \ddot{x} = -\mu mg \Rightarrow \ddot{x} = -\mu g$

$\ddot{x}_x = \ddot{x}$ (по отн. движению).

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

$$kx = \mu g (m + M) \Rightarrow \ddot{x}_0 = \frac{\mu g (m + M)}{k} = \frac{1}{3} \mu$$



(2) $(m + M)\ddot{x} = -kx - \text{реприм. колеб.}$

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

$$t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{k}{m + M}} = \underline{4.5 \text{ с.}}$$

3) $M \ddot{x}_1 = -kx + \mu mg \Rightarrow \ddot{x}_1 = -\frac{k}{M} x + \frac{\mu m}{M} g$

$$m \ddot{x}_2 = -\mu mg \Rightarrow \ddot{x}_2 = -\mu g$$

В CO "Движение": $\ddot{x}_{\text{отн}} = \ddot{x}_1 - \ddot{x}_2 =$

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

$$\frac{(m + M)x_0^2}{2} = \frac{(m + M)\omega_0^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2}$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{kx_0^2}{(m + M)}} = \sqrt{4 - \frac{2 \cdot 1 \cdot \frac{1}{9}}{3}} = \sqrt{3} \frac{m}{c}$$

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



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**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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

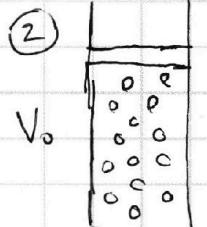
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

$$\varphi(t) = x'(t) = A \sqrt{\frac{k}{M}} \Rightarrow A = \varphi \sqrt{\frac{k}{M}} =$$

$$= \sqrt{3} \cdot \sqrt{\frac{27}{28}} = \frac{\cancel{\sqrt{3}}}{\sqrt{2}} \cancel{\sqrt{27}}$$

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

$$|\omega_0| = \cancel{\sqrt{3}} \cdot \frac{9}{\sqrt{2}} \cdot \frac{27}{2} = \frac{243\sqrt{2}}{4} \frac{n}{c^2}$$



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

$$p_1 = p_0 \cdot p_{\text{газ}} = \frac{2}{3} \cdot 10 \text{ кПА} =$$

$$= 40 \text{ кПА}.$$

$$p_B = 110 \text{ кПА}$$

$$+ \frac{1}{2} \frac{73}{86}$$

$$\frac{359}{359}$$

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

$$3) p_{\text{газ}}' = 10 \text{ кПА} \Rightarrow p_B' = 140 \text{ кПА}$$

$$\frac{p_B V_0}{T_0} = \frac{p_B' V}{T} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{p_B' T}{p_B T_0} =$$

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

$$\frac{319}{319}$$

$$\frac{319}{3509}$$

$$\frac{23}{24}$$

$$\frac{359}{1436}$$

$$\frac{359}{5026}$$

3)