

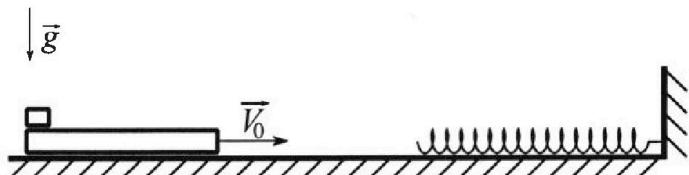
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025



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 жесткости $k = 27$ 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.

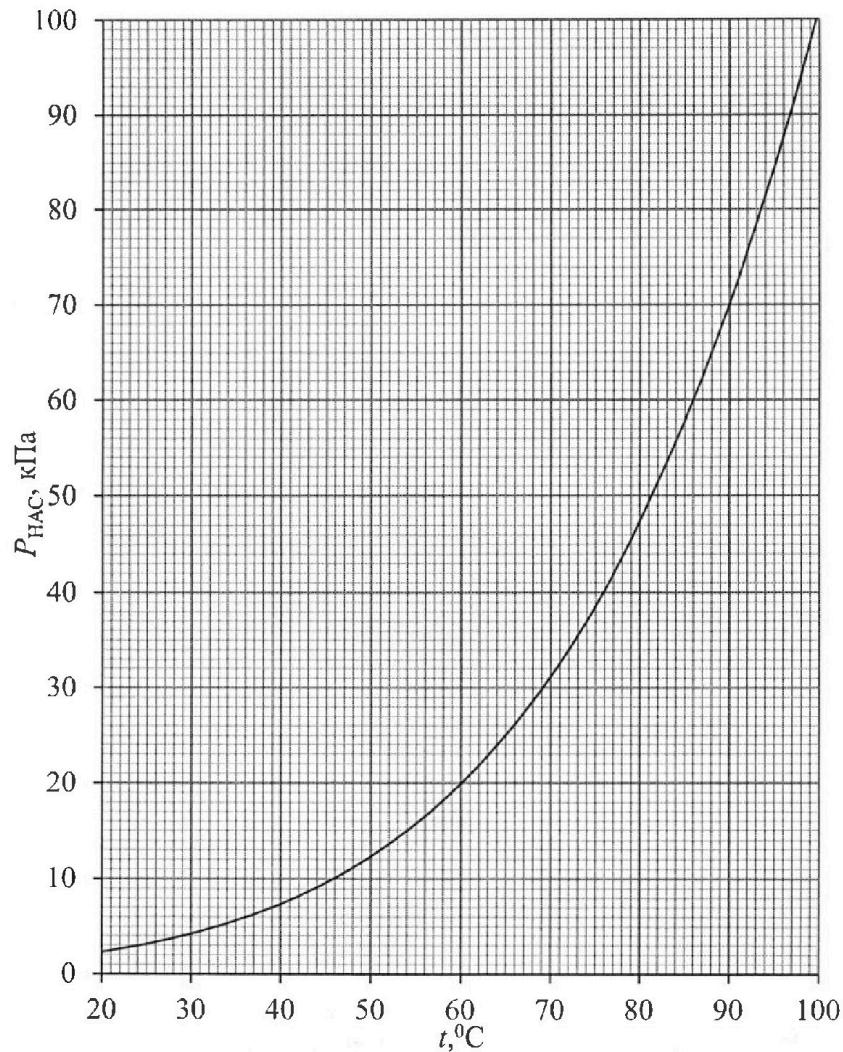


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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.

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



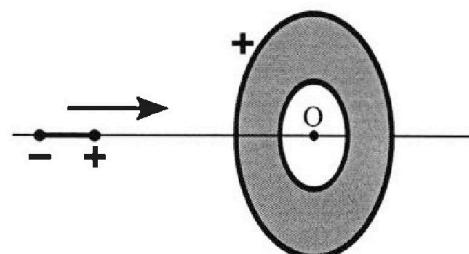
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**

Вариант 11-01

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



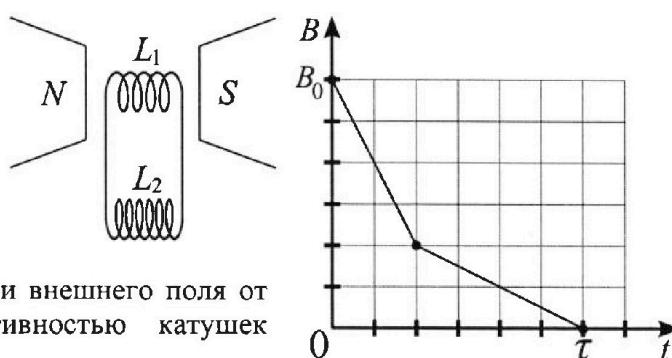
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 . 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.

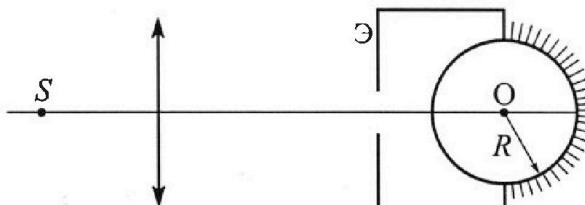
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек 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.

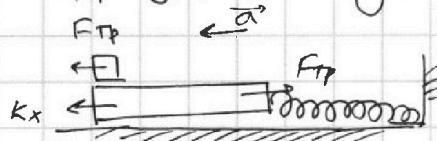
- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/>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

СТРАНИЦА
1 из 3

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) пока друск и доска не движутся относительно
друг друга, их ускорение равны.



Пусть сжатие пружины $-x$,
сила трения между
друском и доской $-F_{tr}$.

Пусть ускорение друска и доски $-a$.
По II з.н. на горизонтальную ось:
 $Ma = F_{tr}$
 $Ma = kx - F_{tr}$

$$M \cdot \frac{F_{tr}}{m} = kx - F_{tr}$$

$$F_{tr} \cdot \left(\frac{N}{m} + 1\right) = kx$$

Когда начинается относительное движение,
сила трения становится трением скольжения
 $\Rightarrow F_{tr} = \mu mg$ ($N = mg$ по II, з.н. на вертикаль)

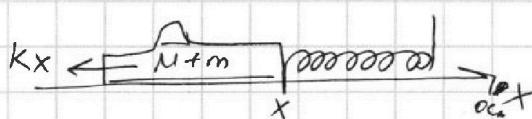
Пусть x_0 — сжатие в момент начала
относительного движения

$$\mu mg \left(\frac{N}{m} + 1\right) = kx$$

$$| x_0 = \frac{\mu g (N+m)}{k} = \frac{1}{3} M$$

2) пока $x \leq x_0$, друск и доска — одно целое.

будем рассматривать их как отдельный объект $M+m$
введен ось x , где ноль лежит в крайнем положении
пружинки в нерастянутом состоянии. Тогда сжатие
пружинки x — координата ее конца.



Из л. н. о. оси Ox :

$$(M+m)\ddot{x} = -kx$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M+m}x = 0.$$



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 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 3

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. Продолжение

Мы получили уравнение колебаний. Т.к. $x(0)=0$

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

$$\dot{x} = A \sqrt{\frac{k}{M+m}} \cos \left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t \right) \quad x(0) = v_0 - \text{по условию}$$

$$\Rightarrow A \sqrt{\frac{k}{M+m}} = v_0$$

$$A = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

$$x = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \sin \left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t \right)$$

хотим \exists такое, что $x(\tau) = x_0$.

$$v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \sin \left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} \tau \right) = \frac{\mu g (M+m)}{k}$$

$$\sin \left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} \tau \right) = \frac{\mu g}{v_0} \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

$$\sin \left(\tau \cdot 3c^{-1} \right) = \frac{0.3 \cdot 10^4 c^2}{\omega M/c} \cdot \frac{1}{3} c = \frac{1}{2}$$

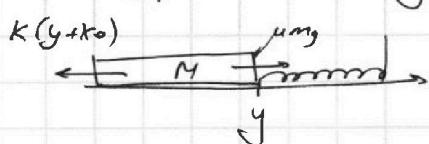
$$\tau \cdot 3c^{-1} = \frac{\pi}{6} \approx \frac{1}{2}$$

$$\boxed{\tau = \frac{1}{6} c.}$$

3) При $x \geq x_0$, диски будут скользить относительно
доски вправо, т.к. диски длинные и не скреплены
и сила трения диска всегда равна μmg .

Введем ось y , направленную с ox , вдоль
которой и диски в х.

Тогда сущестует пружина, концы которой в координате
 y , диски $x_0 + y$.



$$My = \mu mg - k(y+x_0)$$

$$My = \mu mg - \mu(M+m)g - ky.$$

$$My + ky + \mu Mg = 0.$$



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

СТРАНИЦА
3 из 3

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. Продолжение

В начальный момент времени у нас координата $x_0 = 0$ и начальную скорость v_0 с момента $t = 0$.

$$y = B \sin(\sqrt{\frac{E}{M}} t)$$

$$\dot{y}(0) = \dot{x}(t) = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2} \quad \text{т.к.}$$

$$\dot{x} = v_0 \cos(\sqrt{\frac{E}{M}} t)$$

$$\dot{x}(0) = v_0 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$y = B \sqrt{\frac{E}{M}} \sin\left(\sqrt{\frac{E}{M}} t\right) \quad B \sqrt{\frac{E}{M}} = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$B = v_0 \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{\frac{M}{E}}$$

$$y = \frac{v_0 \sqrt{3}}{2} \sqrt{\frac{M}{E}} \sin\left(\sqrt{\frac{E}{M}} t\right)$$

Максимальное значение достигнуто при

$$\sqrt{\frac{E}{M}} t = \frac{\pi}{2}$$

$$x = \ddot{y} = -\frac{v_0 \sqrt{3}}{2} \sqrt{\frac{M}{E}} \cdot \frac{E}{M} \sin\left(\sqrt{\frac{E}{M}} t\right)$$

в момент $y - \max$.

$$\begin{aligned} x = |\ddot{y}| &= \frac{v_0 \sqrt{3}}{2} \sqrt{\frac{M}{E}} = \frac{2^{1/2} / c}{2} \cdot \sqrt{\frac{27 M / M}{2^2 + 1}} = \\ &= \frac{9}{\sqrt{2}} M / c^2 = \frac{9\sqrt{2}}{2} M / c^2 \end{aligned}$$

Ответы:

- 1) $x_0 = \frac{(M+m) \mu q}{E} = \frac{1}{3} M$
- 2) $t = 1/6 \text{ с.}$
- 3) $a = \frac{9\sqrt{2}}{2} M / c^2.$



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

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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

~ 2

1). $P_1 = ?$

По графику найдем давление исходящего пара при $t_0 = 86^\circ\text{C}$.

$$P_{\text{ин.1}} = 60 \text{ кПа.}$$

$$P_1 = P_0 \cdot P_{\text{ин.1}} = 100 \text{ кПа} \cdot \frac{2}{3} = 40 \text{ кПа.}$$

2) конденсация пара начнется тогда, когда давление исходящего пара станет равно P_1 . По графику найдем, когда давление исх. пара равно 40 кПа:

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

3) После начала конденсации пара, он будет исходить исключительно, так как в нем есть вода \Rightarrow парциальное давление пара при $t = 76^\circ\text{C}$ равно полному давлению исходящего пара при этой температуре, по графику $P_2 = 10 \text{ кПа}$.

Так как парциальное давление и вспомогательное не меняется, то полное давление в узнике постоянно. \Rightarrow В конце

остановки \Rightarrow полное давление тоже будет P_0 .

Изначальное парциальное давление воздуха

$$P_{B1} = P_0 - P_1 = 100 \text{ кПа} - 40 \text{ кПа} = 60 \text{ кПа} -$$

по закону Дальтона.

$$P_{B2} = P_0 - P_2 = 100 \text{ кПа} - 10 \text{ кПа} = 90 \text{ кПа} -$$

конечное парциальное давление воздуха.

Ур-ние менделеева — Клайлерона: $(T = t + 273 = 319^\circ\text{K}; T_0 = t_0 + 273 = 359^\circ\text{K})$

$$P_{B1} V_0 = \bar{V} R T_0$$

$$P_{B2} V = \bar{V} R T.$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0} \cdot \frac{P_{B1}}{P_{B2}} = \frac{319}{359} \cdot \frac{60}{140} \approx \frac{3}{4} \cdot \frac{2}{3}$$

Ответ: $P_1 = 40 \text{ кПа}; t^* = 76^\circ\text{C}; \frac{V}{V_0} \approx \frac{2}{3}$



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 3

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

№3

1) Очевидно, что процесс "прелет" и "отлета" симметричен. То есть пока он летит до центра шара, он приобретает ту же энергию, пока летит от, только знаки будут различны.

Пусть пока диполь летит до диска над ним совершает работу A .

Если мы летим с начальной, неоднозначной скоростью, то скорость при пересечении кольца будет получена $\Rightarrow A = \frac{mv_0^2}{2}$ где m - масса

$$dipole.$$

Если диполь с начальной скоростью v_0 летит до диска, над ним совершение такого же рода A .

Пусть v - скорость в центре диска.

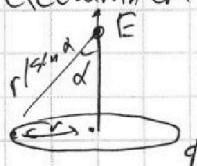
$$\frac{4mv_0^2}{2} = A + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = 3v_0^2$$

$$v = v_0\sqrt{3}$$

2) Заметим, что за время Δt движение диполи с дислокацией до центра отверстия, его какое-то количество времени отталкивает, а какое-то притягивает.

Рассчитаем поле кольца с "углом раствора" α



$$E = \frac{kq \sin \alpha}{r^2} \cdot \cos \alpha$$

помимо что все "кусочки" состоят одинаковое по модулю поле

$$dE = \frac{k \cdot dq}{4\pi r^2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

последнее $\frac{dq}{dr}$ вертикально - $\cos \alpha$.



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

2 ИЗ 3

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 3. Продолжение

Возьмем производную $E' - E''$

$$E'' = \frac{Kq}{r^2} (\cos \alpha - \cos^3 \alpha) = \frac{Kq}{r^2} (-\sin \alpha + 3 \cos^2 \alpha \sin \alpha)$$

$E'' > 0$ при $\alpha \in [0; \arccos(\frac{1}{\sqrt{3}})]$

$E'' < 0$ при $\alpha \in [\arccos(\frac{1}{\sqrt{3}}); \frac{\pi}{2}]$

потому что $\alpha \text{ от } 0 \text{ до } \frac{\pi}{2}$.

$E' > 0 \Rightarrow E$ возрастает \Rightarrow

$E' < 0 \Rightarrow E$ убывает.

Очевидно, что мин. начальная скорость
тогда, когда вначале динамика танген-та
была приведена, пока он не проходит
минимальную скорость, а потом он это
делает.

Соответственно тогда ему соотв. будет
скорость $2V_0$, он же угол $\alpha = \arccos(\frac{1}{\sqrt{3}})$

различен ~~последний~~, а потом тормозит до

нуля. Итак, его минимальная скорость
будет в центре колеса и это V_{min} . max - ?

Помечаем на диске начальную точку O , (φ_0)

получаем в т. O $\varphi_0 = Kq/r$, r - радиус колеса

Помечаем получившее в точке, где $\alpha = \arccos(\frac{1}{\sqrt{3}}) - A$.

$$\varphi_A = \frac{Kq}{r} \cdot \sin \alpha$$

$$\varphi_A = \frac{Kq}{r} \cdot \frac{\sqrt{6}}{3}$$

$$2\varphi_0 (\varphi_0 - \varphi_A) = \frac{Kq}{r} = \frac{mv_0^2}{2} / r \quad \text{заряд единичный}$$

$$\varphi_0 - \varphi_A = \frac{Kq}{r} \left(1 - \frac{\sqrt{6}}{3}\right) \quad \varphi_A - \varphi_\infty = \frac{Kq}{r} \cdot \frac{\sqrt{6}}{3}$$

$$\frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{\sqrt{6}}{3} \quad \leftarrow \text{т.к. } \Delta E \sim \Delta \varphi$$

$$3v_{max}^2 = 12v_0^2 + v_0^2 \sqrt{6}$$

$$v_{max} = v_0 \sqrt{\frac{12 + \sqrt{6}}{3}}$$

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



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

СТРАНИЦА
3 ИЗ 3

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

~ 3. Продолжение

$$\Delta V = V_{max} - V_{min} = V_0 \cdot \left(\sqrt{\frac{12+\sqrt{6}}{3}} - \sqrt{3} \right)$$

Ответ: $V = V_0 \sqrt{3}$.

$$\Delta V = V_0 \left(\sqrt{\frac{12+\sqrt{6}}{3}} - \sqrt{3} \right)$$

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

1 ИЗ 1

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

~ 4

1) Запишем кирхгофа для всего контура:

$$E_{\text{инд}} - L_1 \frac{dI}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} = 0 \quad \text{т.к. сопротивление}$$

$$(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = - \frac{d\varphi}{dt} \quad \text{-3-й Фарadays}$$

$$(L_1 + L_2) dI = - d\varphi.$$

Проинтегрируем от начального момента до конца:

$$(L_1 + L_2) (I_0 - 0) = - (0 - B_{0n} S_1)$$

$$I_0 = \frac{B_{0n} S_1}{L_1 + L_2} = \frac{B_{0n} S_1}{5L} \quad \text{Начальный поток}$$

2) $dI_1 = Idt$ - изменение заряда, прошедшего через L_1 .

$$(L_1 + L_2) dI = - d\varphi.$$

На участке от 0 до $\frac{1}{3} \tau$ поток меняется линейно

линейно \Rightarrow поток меняется линейно

на участке от $\frac{1}{3}\tau$ до $\frac{2}{3}\tau$ поток меняется линейно

линейно \Rightarrow поток меняется линейно.

В момент времени $\frac{1}{3}\tau$ поток $\frac{2}{3} I_0$

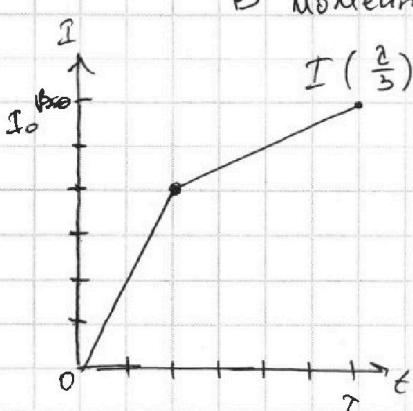
$$I\left(\frac{1}{3}\right) = \frac{\frac{2}{3} B_{0n} S_1}{L_1 + L_2}$$

Протекший заряд - площадь под графиком $I(t)$.

$$\text{Под этим графиком площадь} \\ \text{заряда } \frac{2}{3} \cdot I_0 \tau = \frac{2}{3} \cdot \frac{B_{0n} S_1}{5L} \cdot \tau$$

$$q_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{B_{0n} S_1 \tau}{5L}$$

$$\text{Ответ: } I_0 = \frac{B_{0n} S_1}{5L} \\ q_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{B_{0n} S_1 \tau}{5L}$$





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

n 5

1) Если у нас все разделяет при любом показателе преломления, то садимся и при $n = 1$, то есть когда вместо шара - вакуум.

Заменим, что тогда после отражения от зеркала лучи должны уходить по тем же прямым (это следует из однородности лучей ТАК КАК изображение источника в системе совпадает с самим источником), следовательно все лучи проходят через центр шара (Г.О.)
 \Rightarrow точка O - изображение источника внизу.

Так как лучи малые, запишем уравнение тонкой линзы:

$$\frac{1}{1.5F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = 3F -$$

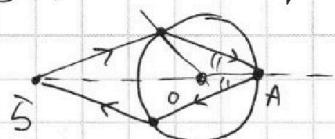
расстояние от линзы до изображения.

Расстояние от линзы до точки O
 $= F + R.$

$$F + R = 3F$$

$$\frac{2}{3}F + R = 3F \Rightarrow R = \frac{1}{3}F$$

2) Рассмотрим, в таком случае теперь изображение и источник. Можем соблюдать с источником. Лучи, которые не могут проходить через Г.О. \Rightarrow они должны бегорить из ~~сферы~~ шара симметрично Г.О. То есть, после преломления в шаре лучи попадают на его самую дальнюю точку, т.е. - см. рисунок



3-изображение предмета только внизу.



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.

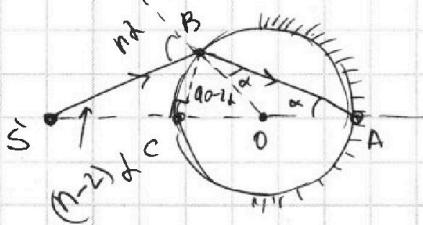
 1 2 3 4 5 6 7

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!

n 5. Продолжение

Расстояние от линзы до s' исходит из преломленного луча $3F$. Равнение оно было 60° , его поделили на $2F \Rightarrow$ Расстояние от s' до $O = 2F$.



Пусть луч влетает из s' и попадает на шар в точке B .

Преломление, он попадает в A

Пусть точка C - перпендикуляр из B на As' . Тогда углы малые можно считать, что C лежит на
краю шара $\Rightarrow OC = R = \frac{1}{3}F$
 $Os' = 2F \Rightarrow SC = \frac{2}{3}F$

Пусть $\angle OBA = \angle OAB = \alpha$ - угол отражения
вотка падающий угол из зеркала

Следовательно малых: $\beta = n\alpha$.

$$\angle BOC = 2\alpha; \angle COB = 90 - 2\alpha$$

$$\Rightarrow \angle S'BC = 180 - (90 - 2\alpha) - n\alpha = \\ = 90 + (2-n)\alpha \Rightarrow$$

$$\angle BSC = (2-n)(n-2)\alpha$$

$$DC = S'C \cdot \tan((n-2)\alpha) \approx S'C \cdot (n-2)\alpha = \frac{2}{3}F \cdot (n-2)\alpha$$

$$BC = AC \cdot \tan \alpha = 2R\alpha = \frac{2}{3}F\alpha$$

$$\frac{2}{3}F\alpha = \frac{2}{3}F(n-2)\alpha$$

$$n-2 = 0,4 \quad | \boxed{n=2,4}$$

$$\text{Отвем: } R = \frac{F}{3} \quad n = 2,4$$

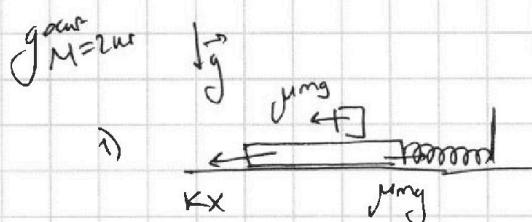
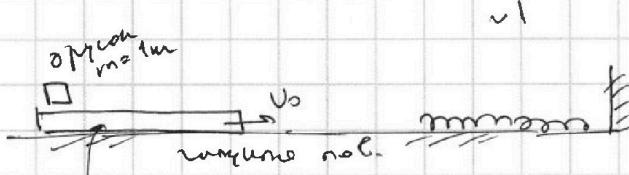


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



$$Ma = kx - f_{mp}$$

$$ma = f_{mp}$$

$$M \cdot \frac{f_{mp}}{m} = kx - f_{mp}$$

$$F_{mp} \left(\frac{M}{m} + 1 \right) = kx$$

$$F_{mp} = \frac{(kx)^m}{M+m} \leq \mu mg$$

Черновик

изменение относ.
движение \Rightarrow сила

трение скольжения
 $F_{mp} = \mu N = \mu mg$

F_{mp} возникает так, чтобы

предотвратить скольжение
если и другая сила ровно

$$Ma = kx - \mu mg$$

$$ma = \mu mg$$

$$a = \mu g$$

$$M\mu g = kx - \mu ma$$

$$(M+m)\mu g = kx \quad x = \frac{(M+m)\mu g}{k}$$

2) будем рассматривать систему
доска + брускок. пока относительного
движения нет, это один объект.

Мы хотим извлечь, через

какое t это $(M+m)\mu g$
зададим $x_0 = \frac{(M+m)\mu g}{k} t$

$$(M+m)a = -kx$$

$$(M+m)\ddot{x} = -kx$$

$$x = V_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right), \quad \ddot{x} + \frac{k}{M+m} x = 0. \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} = \frac{2\pi}{2+1} = 2\pi \text{ rad/s}$$

$$\omega = 3\pi \text{ rad/s}$$

$$\frac{M+m}{k} \mu g = V_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right) x = A \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right)$$

$$\frac{1}{3} \cdot 0.3 \cdot 10 = 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{36} t\right) \quad \dot{x} = A \sqrt{\frac{k}{M+m}} \cos\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right) \quad \dot{x}(0) = V_0 \\ \sin\left(\frac{\pi}{3} t\right) = \frac{1}{2} \quad 3t = \frac{\pi}{6}$$

$$A \sqrt{\frac{k}{M+m}} = V_0$$



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 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!

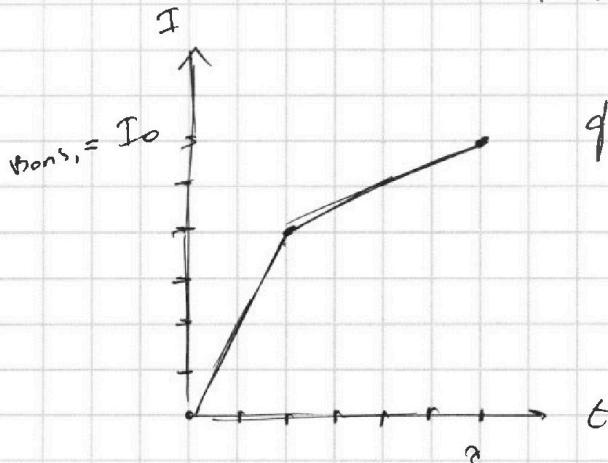
~Ч. Продолжение

Черновик

$$\cancel{L \frac{dI}{dt}} = d\varphi_1 = I dt = Idt$$

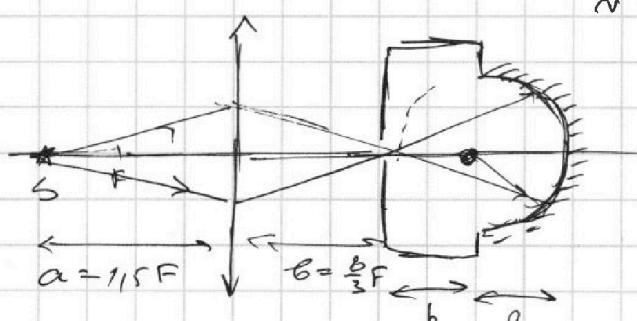
$$(L_1 + L_2) dI = d\varphi - \text{поступают } \Phi(t)$$

$$\frac{dq}{I} = \frac{1}{L_1 + L_2} dt = \left(B_0 - \frac{1}{2} B_0 \right) n S_1 = \frac{1}{3} B_0 n S_1$$



$$q = \int I dt \rightarrow \text{получить} \\ \text{лог. графиком } \varphi(t)$$

$$q = \frac{2}{3} \varphi \cdot \frac{1}{3} I_0 \cdot \frac{1}{2} + \\ + \frac{2}{3} I_0 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} + \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} I_0 = \\ = \frac{2}{3} I_0 \varphi + \frac{4}{9} I_0 = \\ = \frac{2}{3} I_0 \varphi = \frac{2}{3} \cdot \text{monst.} \cdot t$$



$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f_1} = \frac{F}{1.5F} = 0.5 \quad \text{Если модуль увеличения} \\ \text{небольшой} \quad n=1 - \text{Виньетка}$$

$$f_1 = 3F$$

$$\frac{AS}{\sin(\alpha+\beta)} = \frac{AS}{\sin \alpha}$$

Это \Rightarrow с помощью отверстия
 \rightarrow все умн. наст.

$$AS = f^2 + R^2 - 2Rf \cos(\alpha+\beta)$$

$$AO=R \\ SO=d \\ OS_1=f \\ AS=d^2+R^2-2Rd \cos(\alpha+\beta)$$

~5

Упрощение
в сфер. зеркале.

$$-\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \quad Ac^1 = d^2 + f^2 \\ \text{при } R \rightarrow \infty \quad \frac{d^2 + R^2}{d^2 + f^2} = \frac{d^2}{f^2} \\ \text{дно зеркало.} \quad d^2 f^2 + R^2 f^2 =$$

$$AS = d^2 + R^2 - 2Rd \cos(\alpha+\beta)$$

$$AS = d^2 + f^2 - 2df \cos(\alpha+\beta)$$



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 _

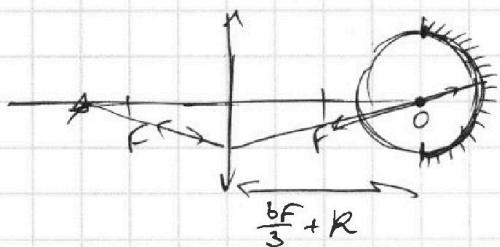
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~6. Продолжение

Черновик

1) Получение, после отражения
от зеркала лучи идут в
том же направлении.

$$n = 1.$$



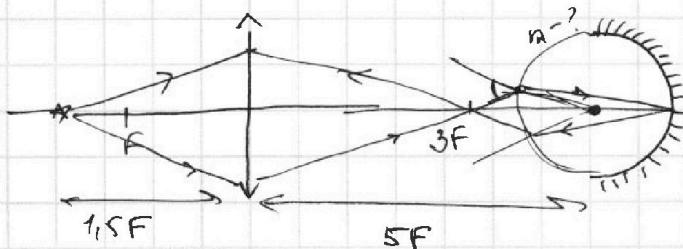
⇒ изображение через линзу
+ находится в го

$$\frac{1}{1.5F} + \frac{1}{\frac{6}{3}F+R} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{6}{3}F+R=3F$$

$$R = \frac{1}{3}F$$

2)



$$hd = \beta.$$

$$\angle ACB \approx 90^\circ$$

$$\angle AOS = 2\alpha.$$

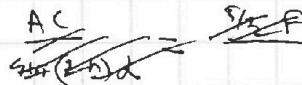
$$\angle CAO = 90^\circ - 2\alpha.$$

$$\angle GAB = hd$$

$$\angle SAC = 90^\circ - (2-h)d$$

$$= 90^\circ - (2-h)\alpha$$

$$\angle AGC = (2-h)\alpha$$



$$AC = \frac{5}{3}F \cdot (2-h)\alpha$$

$$AC = 2R \cdot \alpha$$

$$\frac{5}{3}F(2-h) = 2R$$

$$2-h = \frac{6R}{5F} - \frac{6R}{5F} \cdot \frac{2-\frac{1}{3}F}{2-\frac{1}{3}F}$$

$$(h = 2 - \frac{6R}{5F}) = 2 - 0.4 - 1.6$$



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.

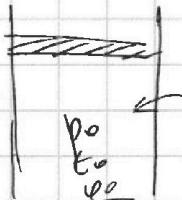
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input 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!

v2

Черновик



воздушный

боковух

P_{B0}

$$P_{H.n.0} = P_{H.n.}(86^\circ C) = \cancel{98} \text{ кПа}, 60 \text{ кПа}$$

1)

$$P_{Hn0} = p_0 \cdot P_{Hn} = 60 \cdot \frac{2}{3} = 40 \text{ кПа} = p_1$$

2)

$$P_{B0} = p_0 - p_1 = 110 \text{ кПа} - \begin{matrix} \text{пара, бокух} \\ \text{по цис-изо пальтона} \end{matrix}$$

$$T_0 = 86 + 273 = 359 \text{ K}$$

t^* - звуковая $P_{H.n.} = p_1 = 40 \text{ кПа}$
 $t^* = 76^\circ C$ по Чаплыгину.

3) Рассмотреть для нагр. изменения
ион обесцвечивающим красителем

$$P_2 = P_{H.n.}(46^\circ C) = 10 \text{ кПа}$$

боковух

одинаковой

$$P_{B2} = p_0 - p_2 = 140 \text{ кПа}$$

и внешнее давление = const

$t_0 \rightarrow t^* \rightarrow t$
бес конвекции
и радиации пары
смеси не меняет
температуру

$$P_{B2} V = JR T \quad T = 46 + 273 = \underline{\underline{399}} \text{ K}$$

$$P_{B0} V_0 = JR T_0$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{I}{T_0} \cdot \frac{P_{B0}}{P_{B2}} = \frac{244}{399} \cdot \frac{110}{140} \approx$$

$$\approx \frac{320}{360} \cdot \frac{110}{940} \approx \frac{16}{48} \frac{6}{5} \cdot \frac{11}{14} \approx \\ \approx \frac{96}{126}$$

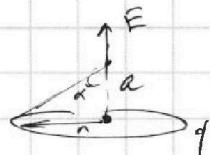


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

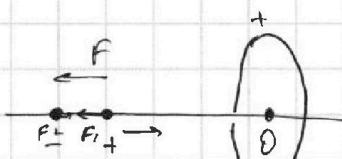


~3

$$E = \frac{kq}{(a+r)^2} \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2+r^2}} = \frac{kqa}{(a^2+r^2)^{3/2}} \quad E = \frac{kq \cdot r \cos \alpha}{(r/\sin \alpha)^2} =$$

$$= \frac{kq \cos \alpha \sin^2 \alpha}{r^2}$$

Черновик



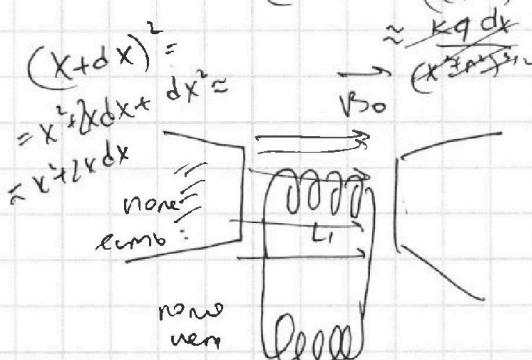
$$F = F_1 - F_2.$$

Может быть
точка, где
 E от гибких
свойств
меньше
нуля.

$$E = \frac{kq}{(a^2+r^2)^{3/2}} \cdot \frac{r}{\sqrt{dx}}$$

Видите ли?

Чемпион членов
нечетных, какое
значение?



$$\text{A)} \quad I_0 = \frac{n s_1 B_0}{L_1 + L_2}$$

$$V_{\max} = 2V_0 \quad \text{и} \quad V_{\min} = 0 = V_0$$

$$V_{\min} = \sqrt{3}V_0 \quad \text{и} \quad \text{можно ли это?}$$

$$\text{~4.} \quad (x^2 + r^2 + 2xr)^{\frac{3}{2}} = (x^2 + r^2)^{\frac{3}{2}} \left(1 + \frac{2xr}{x^2 + r^2}\right)^{\frac{3}{2}}$$

$$L_1 = L_0 n \approx 3 \cdot L_0$$

$$L_2 = 4L_0$$

$$L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = \frac{dP}{dt}$$

$$(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = dP$$

$$\frac{dP}{dt} = n s_1 B_0$$

$$\frac{dP}{dt} = 0$$

$$(L_1 + L_2)(I_0 - d) = n s_1 B_0$$