

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту $\alpha_1 (\sin \alpha_1 = 3/5, \cos \alpha_1 = 4/5)$ и $\alpha_2 (\sin \alpha_2 = 8/17, \cos \alpha_2 = 15/17)$. Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

Каждый ответ выразить через m и g с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

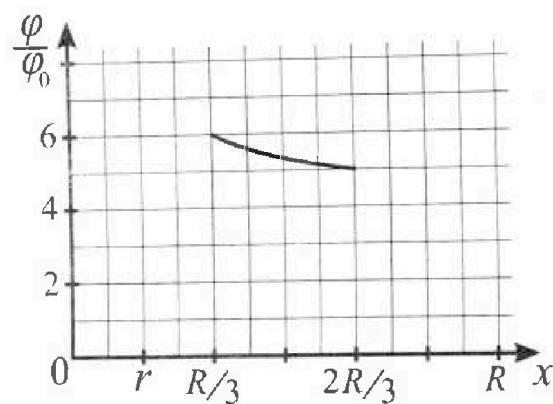
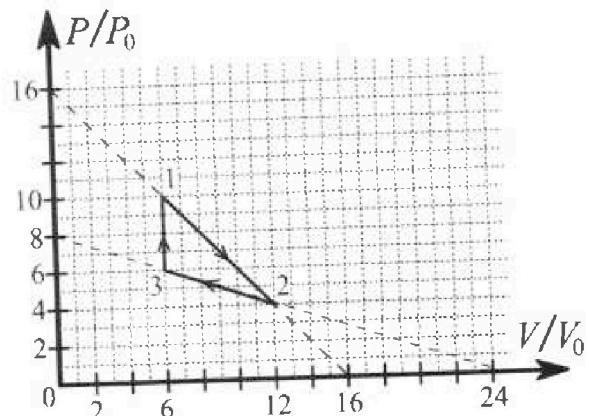
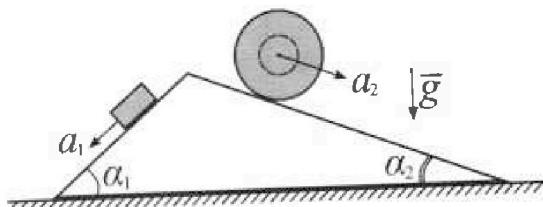
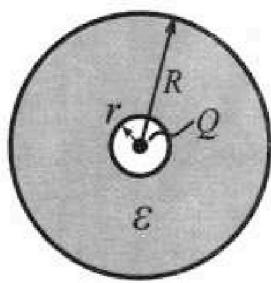
2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость P/P_0 от V/V_0 . Здесь V и P - объем и давление газа, V_0 и P_0 - некоторые неизвестные объем и давление.

- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ϵ и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными r , R , Q , ϵ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при $x = 11R/12$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .





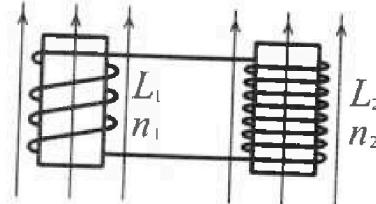
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024



Вариант 11-04

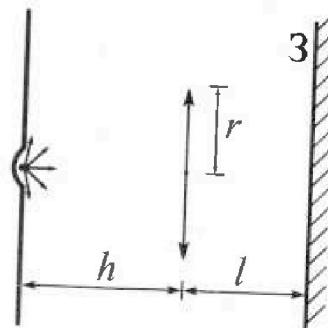
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.*

4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью L_1 индукция внешнего поля начнет уменьшаться со скоростью $\Delta B / \Delta t = -\alpha$ ($\alpha > 0$), а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью L_1 уменьшилась от B_0 до $3B_0/4$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $4B_0$ до $8B_0/3$, не изменив направления. Внешние поля в катушках изменились неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии h расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 2h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 4$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h/2$ расположено параллельно стене плоское зеркало З. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

Ответы дайте в [см²] в виде $y\pi$, где y - целое число или простая обыкновенная дробь.



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 1

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

N1

$$a_1 = \frac{5g}{17}$$

$$a_2 = \frac{8g}{27}$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{3}{5}$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{4}{5}$$

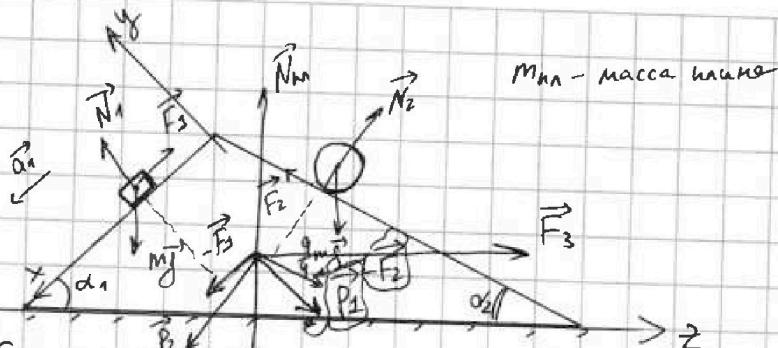
$$\sin \alpha_2 = \frac{8}{17}$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{15}{17}$$

$$F_1 - ?$$

$$F_2 - ?$$

$$F_3 - ?$$



1) на брусе же действует сила трения скольжения F_1 .

$$\text{ог: } N_1 = mg \cos \alpha_1;$$

(из 2-го З-я Ньютона)

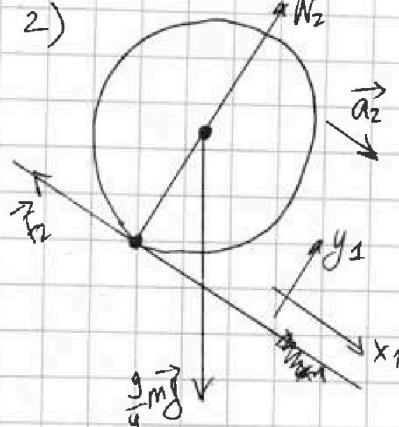
$$Ox: m a_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1$$

~~из 2-го З-я Ньютона~~

~~из 2-го З-я Ньютона~~

$$F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m \left(\frac{3}{5}g - \frac{5g}{17} \right) = \frac{26}{85}mg$$

2)



2-ой З-й Ньютона:

$$Ox_1: \frac{9}{4}m a_2 = \frac{9}{4}mg \sin \alpha_2$$

$$F_2 = \frac{9}{4}m(g \cdot \frac{8}{17} - \frac{8}{27}g) = 18mg(\frac{1}{17} - \frac{1}{27}) = \\ = \frac{18mg \cdot 10}{17 \cdot 27} = \frac{20mg}{51}$$

$$\text{ог: } N_2 = \frac{9}{4}mg \cos \alpha_2 = \frac{9}{4} \cdot \frac{15}{17}mg = \frac{135}{68}mg$$

3) Oz: $F_3 + P_1 \sin \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 = P_2 \sin \alpha_2 + F_1 \cos \alpha_1$ - т.к. или
~~из 2-го З-я Ньютона~~ $P_1 = N_1$, $P_2 = N_2$ - из 3-го З-я Ньютона

$$F_3 + \frac{4}{5}mg \cdot \frac{3}{5} + \frac{20mg}{51} \cdot \frac{15}{17} = \frac{135}{68}mg \cdot \frac{8}{17} + \frac{26}{85}mg \cdot \frac{4}{5}, \text{ откуда } F_3 = \frac{6}{17}mg$$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{26}{85}mg$ 2) $F_2 = \frac{20mg}{51}$ 3) $F_3 = \frac{6}{17}mg$

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!

N2

1) Т.к. работа газа - это площадь под графиком $P(V)$, то A_1 - это площадь треугольника

1-2-3:

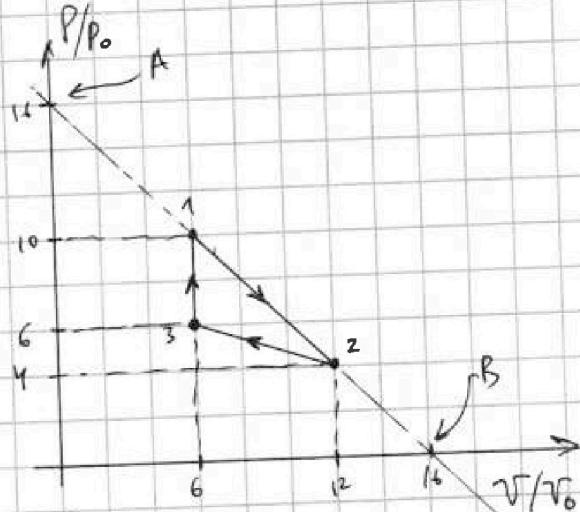
$$A_1 = \frac{4P_0 \cdot 6V_0}{2} = 12P_0V_0$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_1 V_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 4P_0 \cdot 12V_0 - \frac{3}{2} \cdot 10P_0 \cdot 6V_0 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot (-12P_0V_0) = -18P_0V_0$$

$$\frac{|\Delta U_{1-2}|}{A_1} = \frac{|-18P_0V_0|}{12P_0V_0} = \frac{3}{2}$$



2) прием 1-2 описывается ур-ием $P(V) = 16P_0 - \frac{P_0V}{V_0}$
(получено из 2-го, если посмотреть на г. А и г. В)

$$\text{т.к. } PV = \sqrt{RT}, \text{ то } P = \frac{\sqrt{RT}}{V}, \text{ т.о. } \frac{\sqrt{RT}}{V} = 16P_0 - \frac{P_0V}{V_0}$$

$$\frac{\sqrt{RT}}{V} = 16P_0 - \frac{P_0}{V_0}V; \rightarrow \sqrt{RT} = 16P_0V - \frac{P_0}{V_0}V^2, T = \frac{1}{\sqrt{R}} \left(16P_0V - \frac{P_0}{V_0}V^2 \right)$$

значит $V_{\text{вершины}} = \frac{-\frac{1}{\sqrt{R}} 16P_0}{\frac{2}{\sqrt{R}} \cdot \left(\frac{-P_0}{V_0} \right)} = 8\sqrt{5}$, т.о. *изображение ф-ции и рабочая область были бы*

$$= \frac{64P_0V_0}{\sqrt{R}}; \quad \text{где } T_3: 6P_0 \cdot 6V_0 = \sqrt{RT_3}, \text{ т.о. } T_3 = \frac{36P_0V_0}{\sqrt{R}}; \quad \frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{\frac{64P_0V_0}{\sqrt{R}}}{\frac{36P_0V_0}{\sqrt{R}}} = \frac{16}{9}$$

$$3) Q_{1-2} = A_{1-2} + \Delta U_{1-2} = \frac{10P_0 + 4P_0}{2} \cdot 6V_0 + (-18P_0V_0) = 24P_0V_0 > 0$$

$$Q_{2-3} = A_{2-3} + \Delta U_{2-3} = -\frac{4P_0 + 6P_0}{2} \cdot 6V_0 + \frac{3}{2} (6P_0 \cdot 6V_0 - 4P_0 \cdot 12V_0) = -30P_0V_0 + (-18P_0V_0) = -48P_0V_0 < 0$$

$$Q_{3-1} = A_{3-1} + \Delta U_{3-1} = 0 + \frac{3}{2} (10P_0 \cdot 6V_0 - 6P_0 \cdot 6V_0) = 36P_0V_0 > 0$$

$$\eta = \frac{A_1}{Q_{\text{вн}}} = \frac{A_1}{Q_{1-2} + Q_{3-1}} = \frac{12P_0V_0}{24P_0V_0 + 36P_0V_0} = \frac{1}{5} = 0,2$$

где $Q_{\text{вн}}$ - полезная теплота

Отв: 1) $\frac{3}{2}$; 2) $\frac{16}{9}$; 3) 0,2



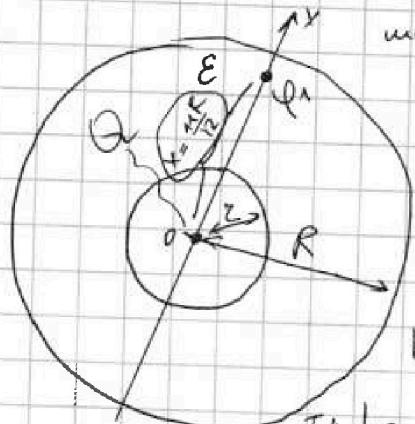
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

№3



Потенциал внутренней поверхности полого шара равен потенциальному токи, находящимся на расстоянии r от точечного заряда Q , т.e.
 $\varphi_{\text{внутр}} = k \frac{Q}{r}$ (будем рассматривать $x > 0$)

Напряженность E тоже при $|x| \leq r$:

$$E = \frac{kQ}{x^2}, \text{ при}$$

$$R > |x| > r: E = \frac{kQ}{Ex^2}.$$

$$d\varphi = -\frac{kQ}{Ex^2} dx, \text{ т.е. } \int d\varphi = \int_{x_1}^{x_2} -\frac{kQ}{Ex^2} dx = -\frac{kQ}{E} \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{x^2} dx, \text{ т.е.}$$

$$\Delta\varphi = +\frac{kQ}{E} \left(-\frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_1} \right) = \frac{kQ}{E} \left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right)$$

$$1) \text{ Тогда если } x = \frac{11R}{12}, \text{ то } (\varphi_3 = \varphi_{\text{внеш}} + \Delta\varphi_1 = k \frac{Q}{2} + \frac{kQ}{E} \left(\frac{1}{\frac{11R}{12}} - \frac{1}{2} \right)) = \\ = kQ \left(\frac{1}{2} + \frac{12}{11RE} - \frac{1}{2E} \right)$$

$$2) \quad 6\varphi_0 = \varphi_{\text{внеш}} + \frac{kQ}{E} \left(\frac{1}{R/3} - \frac{1}{2} \right) = \underbrace{\frac{kQ}{E} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{E} \left(\frac{3}{R} - \frac{1}{2} \right) \right)}_{\text{из 2-го: } R=6} = kQ \cdot \left(\frac{6}{R} + \frac{1}{E} \cdot \left(\frac{3}{R} - \frac{6}{R} \right) \right) = \\ = kQ \cdot \left(\frac{6}{R} - \frac{3}{RE} \right)$$

$$5\varphi_0 = \varphi_{\text{внеш}} + \frac{kQ}{E} \left(\frac{1}{2R/3} - \frac{1}{2} \right) = kQ \left(\frac{6}{R} + \frac{1}{E} \left(\frac{3}{2R} - \frac{6}{R} \right) \right) = \\ = kQ \cdot \left(\frac{6}{R} - \frac{1}{E} \cdot \frac{9}{2R} \right); \text{ Тогда } \frac{6}{5} = \frac{kQ \left(\frac{6}{R} - \frac{3}{RE} \right)}{kQ \left(\frac{6}{R} - \frac{9}{2RE} \right)}; \\ \frac{36}{R} - \frac{27}{RE} = \frac{30}{R} - \frac{15}{RE}; 6 = 12/E; E = 2$$

$$\boxed{1) \text{ для: } 2) kQ \left(\frac{1}{2} + \frac{12}{11RE} - \frac{1}{2E} \right) \quad 2) E=2}$$



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

СТРАНИЦА
1 из 1

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

№4

$$L_1 = L$$

$$L_2 = \frac{9L}{4}$$

$$n_1 = n$$

$$n_2 = \frac{3n}{2}$$

$$S$$

$$B_0 = -\frac{dB}{dt}$$

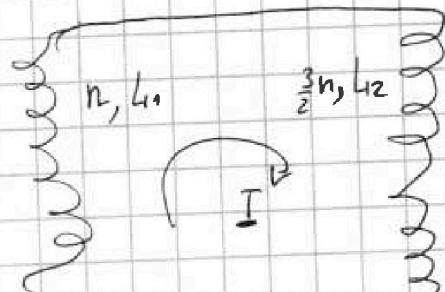
$$\alpha = \frac{d\beta}{dt}$$

$$2) I_1^1 - ?$$

$$2) I_{2n} - ?$$

При изменении B изменяется
магнитный поток и
в катушках появляется
индукционное ЭДС:

$$\text{Эдс } E = -\frac{d\Phi_{\text{внешн}}}{dt} - \frac{d\Phi_{\text{внутр}}}{dt}$$



$$\begin{aligned} 1) E_1 &= -\frac{d\Phi_{\text{внешн}1}}{dt} - \frac{d\Phi_{\text{внутр}1}}{dt} = \\ &= -\frac{d(nBS)}{dt} - L_1 I_1^1 = nS \cdot \frac{dB}{dt} - L_1 I_1^1 \quad (\text{и } n \cdot B \perp \text{ плоскость катушек}) \\ 2) E_2 &= -\frac{d\Phi_{\text{внешн}2}}{dt} - \frac{d\Phi_{\text{внутр}2}}{dt} = -L_2 I_2^1 \end{aligned}$$

т.к. в тоин в катушках течет 6 разных струек, то

$$E_1 = -E_2, \text{ т.е. } nS \cdot \left(\frac{-dB}{dt} \right) - L_1 I_1^1 = +L_2 I_2^1 \quad I_1^1 = \frac{nS\alpha}{(L_1 + L_2)} = \frac{4}{13} \cdot \frac{nS\alpha}{4}$$

$$2) E_1 = -nS \cdot \frac{dB_1}{dt} - L_1 I_2^1; E_2^{\text{лев}} = -\frac{3}{2} nS \cdot \frac{dB_2}{dt} - L_2 I_1^1$$

$$E_1 = -E_2: -nS \cdot \frac{dB_1}{dt} - L_1 I_2^1 = \frac{3}{2} nS \cdot \frac{dB_2}{dt} + L_2 I_1^1$$

$$-nS \cdot \frac{dB_1}{dt} - L_1 \cdot \frac{dI_2}{dt} = \frac{3}{2} nS \cdot \frac{dB_2}{dt} + L_2 \cdot \frac{dI_1}{dt}$$

$$(L_1 + L_2) dI_2 = nS \cdot (-dB_1 - \frac{3}{2} dB_2) \quad \text{иссуммируем левую и правую части.}$$

$$(L_1 + L_2) \cdot (I_{2n} - 0) = nS \cdot \left(-\left(\frac{3B_0}{4} - B_0 \right) - \frac{3}{2} \left(\frac{6B_0}{3} - 4B_0 \right) \right)$$

$$(L_1 + L_2) \cdot I_{2n} = nS \cdot \left(\frac{B_0}{4} + 2B_0 \right) = \frac{9}{4} nS B_0$$

$$(L_1 + \frac{9}{4} L_2) I_{2n} = \frac{9}{4} nS B_0; L_1 \cdot \frac{13}{4} \cdot I_{2n} = \frac{9}{4} nS B_0$$

$$I_{2n} = \frac{9nS B_0}{13L}$$

$$\text{Отвт: 1) } I_1^1 = \frac{4}{13} \frac{nS\alpha}{4}; 2) I_{2n} = \frac{9nS B_0}{13L}$$

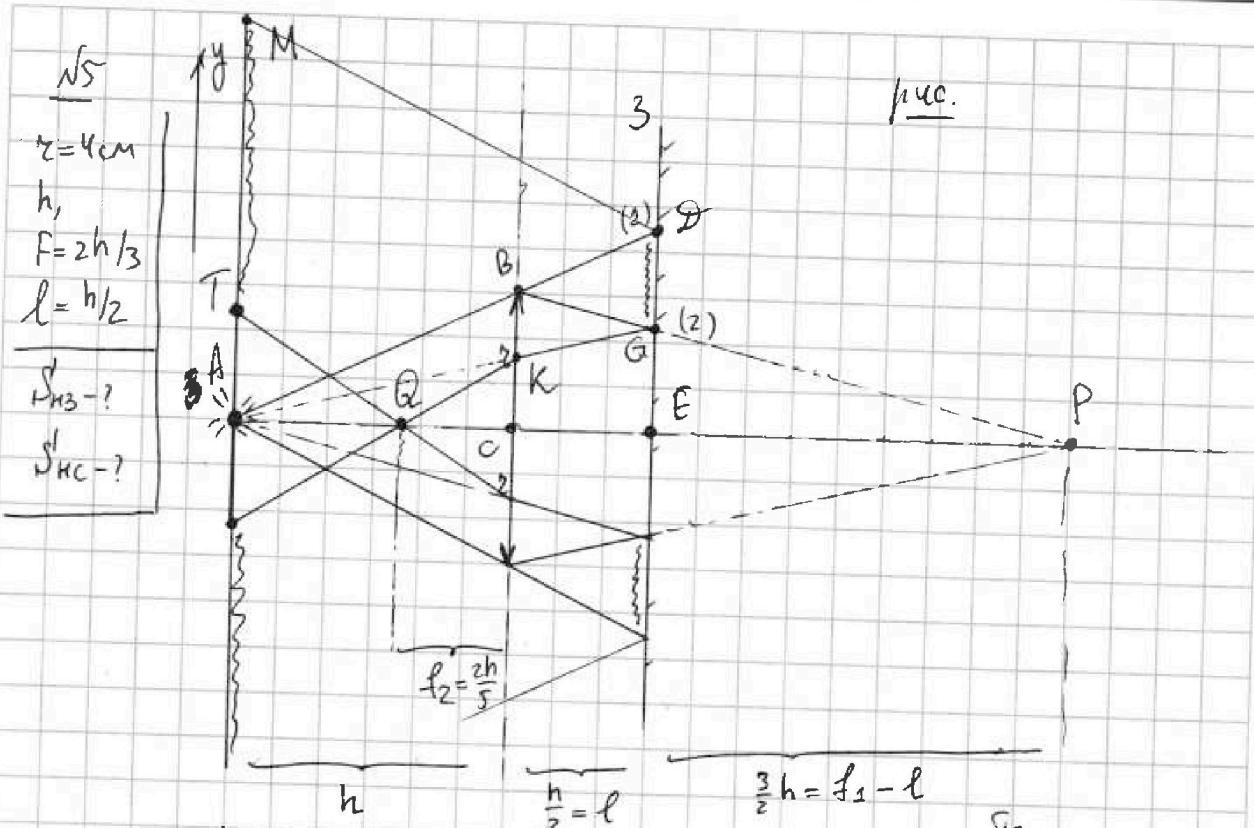


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



Найдём наилучшее расстояние f_1 от линзы до зеркала, чтобы сойтись лучи, если зеркало не было:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{f_1}, \quad \frac{3}{2}h = \frac{1}{h} + \frac{1}{f_1};$$

Рассмотрим граничные лучи (1) и (2):

Луч (1) самой низкий луч, который

не проходит через линзу (если рассматривать верхнюю часть рис.!),
значит все зеркало выше него освещено.

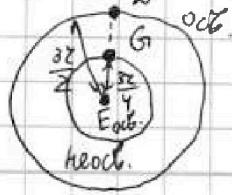
$$\frac{1}{2h} = \frac{1}{f_1}; \quad f_1 = 2h$$

Луч (2) самой высокий луч, проходящий через линзу, значит всё зеркало ниже него освещено, то есть неосвещенная часть зеркала — это часть зеркала, расположенная выше зеркала с которой параллельна волнистая линия. (}). Тоже отметим точку на

на рис.: из подобие $\triangle ABC \sim \triangle ADE: \frac{DE}{BC} = \frac{3}{2};$ то подобие

$\triangle PEG \sim \triangle PCB: \frac{GE}{BC} = \frac{3}{4},$ т.е. $S_{H3} =$

$$= \pi \cdot \left(\frac{3R}{2}\right)^2 - \pi \cdot \left(\frac{3R}{4}\right)^2 = \pi \cdot 9R^2 \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{16}\right) = \frac{27}{16} \pi R^2 = \\ = 27\pi R^2 (\text{см}^2)$$





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 type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" 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!

S5 (продолжение)

Т.к. $f_1'' - l = h + l$ - численно, то, если бок на обратном пути лука (2) не было линзы, то он прошёл бок обратно в памотку.

$$\frac{1}{F} = -\frac{1}{h} + \frac{1}{f_2}; \quad \frac{3}{2h} = -\frac{1}{h} + \frac{1}{f_2}; \quad \frac{5}{2h} = \frac{1}{f_2}; \quad f_2 = \frac{2h}{5}$$

т.к. на линзу после отражения от зеркала падает сходящийся луч лука (минимум излучает), а $AC=h$

значит $\triangle BCK$ - равнобедренный, т.к. луч (2) отразился от зеркала, значит если будем вертикальную ось, то

$$(BG)_y = (KG)_y, \text{ а } (BG)_y = BC - GE = \frac{\pi}{4}, \text{ т.е. } BK = \frac{\pi}{2}, \text{ т.е. } KC = \frac{\pi}{2}$$

из подобия $\triangle QKC \sim \triangle TQA$: $TA = KC \cdot \frac{AQ}{QC} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{h - \frac{2}{5}h}{\frac{2}{5}h} = \frac{3\pi}{4}$

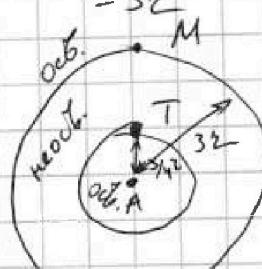
луч (2) самой линзой, не прошедший через линзу, значит самой линзой, попавший обратно на стену.

Лук (1), звяжущий преломившийся в линзе, остался самим верхним из путя лучей, преломившихся в линзе, что попал на стену, т.к. именно такая стена отраженная ближайшей линзой (3) и будет независима.

т.к. лук (2) прошёл один раз отражение от зеркала, то $MA = 2DE =$

$$= 32$$

$$\text{тогда } S_{KC}^l = \pi \cdot 9\pi^2 - \pi \cdot \left(\frac{3}{4}\pi\right)^2 = \\ = 9\pi r^2 \left(1 - \frac{1}{16}\right) = \frac{15 \cdot 9}{16} \pi r^2 = \\ = \frac{135}{16} \pi r^2 = 135\pi \text{ (cm}^2\text{)}$$



$$1) \text{Объект } S_{KC}^l = 27\pi \text{ cm}^2; 2) S_{KC}^l = 135\pi \text{ cm}^2$$



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"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
ИЗ

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

N4

$$E = -\frac{d\Phi_{\text{вн}}}{dt} - \frac{d\Phi_{\text{магн}}}{dt}$$

$$E_1 = -\frac{d(nBS)}{dt} - L_1 I' =$$

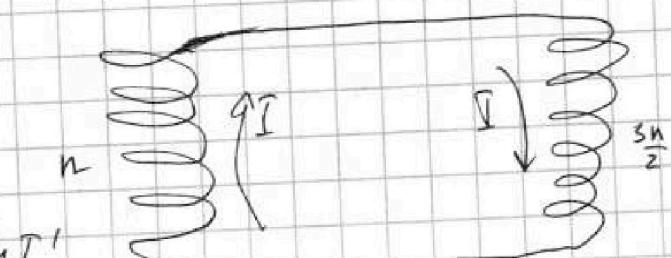
$$E_2 = -L_2 I' = nS\alpha - L_2 I'$$

$$E_1 = -E_2; \quad nS\alpha - L_2 I' = +L_2 I'$$

$$nS\alpha = I'(L_2 + L_1) \quad I' = \frac{nS\alpha}{L_1 + L_2}$$

$$E_2 = -nS \cdot \frac{dB_1}{dt} - L_2 I'$$

$$E_2 = -\frac{3nS}{2} \cdot \frac{dB_2}{dt} - L_2 I'$$



$$E_2 = -E_2; \quad -nS \cdot \frac{dB_1}{dt} - L_1 \cdot \frac{dI}{dt} =$$

$$= \frac{3}{2} nS \frac{dB_2}{dt} + L_1 \frac{dI}{dt}$$

$$\int dI (L_1 + L_2) = -nS \cdot \left(dB_1 - \frac{3}{2} dB_2 \right)$$

$$I(L_1 + L_2) = -nS \left(\frac{3B_0}{4} - B_0 \right) - \frac{3}{2} nS \left(\frac{8B_0}{3} - 4B_0 \right)$$

$$(L_1 + L_2) I = nS \left(\frac{B_0}{4} + \frac{3}{2} \cdot \frac{4^2}{3} B_0 \right) = nS \cdot \frac{9}{4} B_0$$

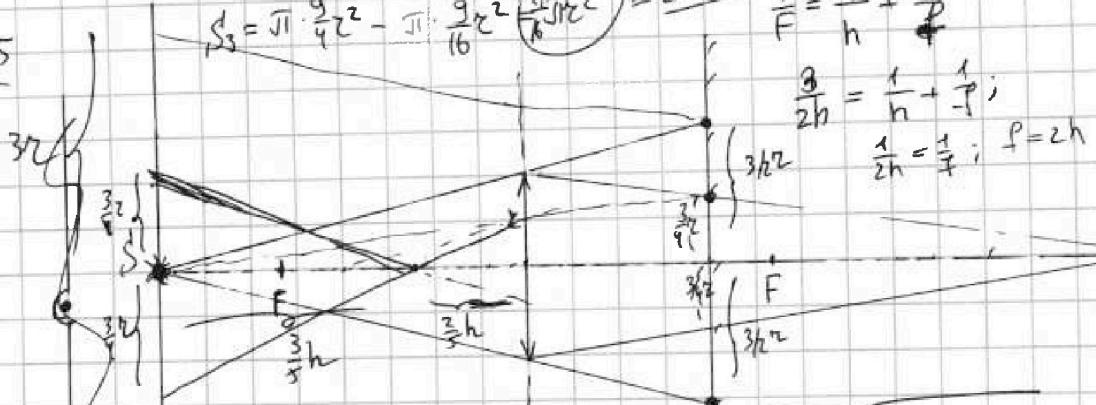
$$I = \frac{\frac{9}{4} nS B_0}{L_1 + L_2} = \left(\frac{9}{13} \frac{nS B_0}{4} \right)$$

$$S_3 = \pi l \cdot \frac{9}{4} r^2 - \pi l \cdot \frac{9}{16} r^2 \cdot \frac{3\pi}{4} r^2 = 2\pi l \left(\frac{9}{4} r^2 - \frac{9}{16} r^2 \right) = 2\pi l \left(\frac{27}{16} r^2 \right) \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{l}$$

$$\frac{3}{2} h = \frac{1}{h} + \frac{1}{l};$$

$$\frac{1}{2} h = \frac{1}{l}; \quad l = 2h$$

N5



$$\frac{1}{f_1} = -\frac{1}{h} + \frac{1}{f_2}; \quad \frac{2}{f_1} \frac{h}{2} = \frac{1}{f_2}; \quad f_2 = \frac{2}{3} h$$

$$\pi l \cdot 9r^2 - \pi l \cdot \frac{9}{16} r^2 = \frac{135}{16} \pi l r^2 = 135\pi r^2 l = 135\pi (cm^2)$$

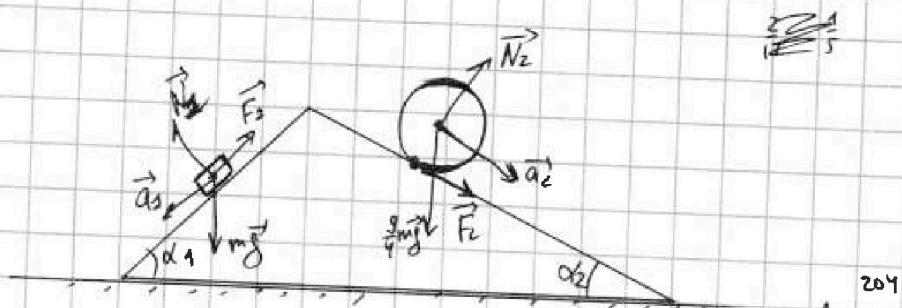


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



204

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 12 \\ \hline 34 \\ + 17 \\ \hline 204 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{135}{68} \cdot \frac{8}{17} + \frac{26 \cdot 4}{85 \cdot 5} - \frac{4 \cdot 3}{5 \cdot 5} + \frac{20 \cdot 15}{51 \cdot 17} = \\
 & = \frac{1}{17^2} \cdot \left(\frac{135 \cdot 8^2}{4} - \frac{20 \cdot 15^2}{3} \right) + \frac{1}{5^2} \left(\frac{26 \cdot 4}{17} - 4 \cdot 3 \right) = \\
 & = \frac{1}{17^2} (270 - 100) + \frac{1}{5^2} \left(\frac{104}{17} - 204 \right) = \\
 & = \cancel{4000} \frac{170}{17^2} + \frac{-100}{5^2 \cdot 17} = \frac{10}{17} - \frac{4}{17} = \frac{6}{17}
 \end{aligned}$$

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"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

Diagram of a rotating system with forces \vec{N} , \vec{F}_1 , \vec{mg} , and \vec{F}_2 . Angles α_1 and α_2 are shown relative to the vertical.

$$\vec{N} + \vec{mg} + \vec{F}_2 = \vec{g} \sin \alpha_2$$

$$k \cdot \frac{\alpha_2^2}{R} = mg \sin \alpha_2$$

$$k \cdot \frac{\alpha_2^2}{R} = mg \cos \alpha_2$$

$$k \cdot \frac{\alpha_2^2}{R} = \frac{g \sin \alpha_2}{\cos \alpha_2}$$

$$k = \frac{g \sin \alpha_2}{\cos \alpha_2} = \frac{g}{\tan \alpha_2} = \frac{g}{\frac{1}{2}}$$

$$k = \frac{g}{\frac{1}{2}} = 2g$$

$$\Delta E_k = mg \sin \alpha_2$$

$$\Delta E_k = mg \sin \alpha_2 - \mu g \cos \alpha_2 = g (\sin \alpha_2 - \mu \cos \alpha_2)$$

$$mg \sin \alpha_2 = \frac{g}{4} R \cdot \alpha_2^2$$

$$\frac{g}{4} R \cdot \sin \alpha_2 = \frac{g}{4} R \cdot \alpha_2^2$$

$$\frac{g}{4} \sin \alpha_2 = \alpha_2^2$$

$$\alpha_2^2 = \frac{g \sin \alpha_2}{4}$$

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{g \sin \alpha_2}{4}}$$

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{g \sin \alpha_2}{4}} = \sqrt{\frac{g h}{2}}$$

$$m(\alpha)^2 = mgh$$

$$v^2 = gh = g \sin \alpha_2$$

$$F_2 = \mu m g \cos \alpha_2 = \frac{13}{34} \cdot m \cdot g \cdot \frac{4}{5} = \frac{26}{85} mg$$

$$\mu = \frac{13}{34}$$

$$\varphi_0 = 3.75^\circ$$

$$\varphi_0 = 4.5^\circ$$

$$\varphi_0 = \frac{3}{4}^\circ$$

$$\frac{4}{5} \mu = \frac{51}{85} - \frac{25}{85} = \frac{26}{85}$$

$$\mu = \frac{26}{85} = \frac{13}{34}$$

$$\eta = \frac{A_u}{Q_u} = \frac{12 P_0 V_0}{24 P_0 V_0 + 36 P_0 V_0} = \frac{1}{5}$$

$$P = 16 P_0 - \frac{P_0}{V_0} V$$

$$\sqrt{\frac{RT}{V}} = 16 P_0 - \frac{P_0}{V_0} V$$

$$\sqrt{RT} = 16 P_0 - \frac{P_0}{V_0} V^2$$

$$RT_{max} = 16 \cdot 8 \cdot P_0 V_0 - \frac{P_0}{V_0} \cdot 8 \cdot V_0^2$$

$$6 P_0 \cdot 6 V_0 = \sqrt{RT_3} \Rightarrow T_3 = \frac{36 P_0 V_0}{V_0}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 4 P_0 \cdot 12 V_0 - \frac{3}{2} \cdot 10 P_0 \cdot 6 V_0 = -18 P_0 V_0$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 4 P_0 \cdot 12 V_0 - \frac{3}{2} \cdot 10 P_0 \cdot 6 V_0 = -18 P_0 V_0$$

$$T_{max} = \frac{-16 P_0}{2 \cdot (-\frac{P_0}{V_0})} = 8 V_0$$

$$T_{max} = \frac{64 P_0 V_0}{V_0}$$



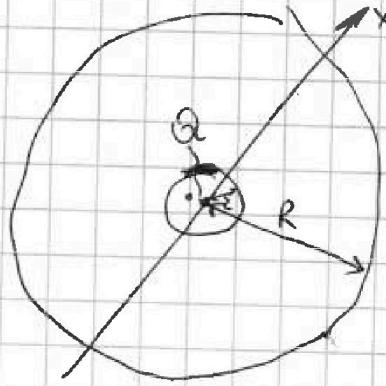
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

№3



$$E = \frac{kQ}{x^2}$$

$$\varphi_0 = \frac{kQ}{R}$$

$$x > R: E = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$$

$$\left(-\frac{1}{x} \right)' = \left(x^{-2} \right)' = \\ = -x^{-3} =$$

$$d\varphi = -Edx = -\frac{kQ}{\epsilon x^2} dx; \quad \Delta\varphi = \cancel{\frac{kQ}{\epsilon x_2}} - \frac{kQ}{\epsilon x_1} = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right)$$

$$\varphi_{\frac{12}{12}} = \varphi_0 + \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{12R} - \frac{1}{2} \right) = \frac{kQ}{2} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{12}{12R} - \frac{1}{2} \right) =$$

$$= kQ \left(\frac{1}{2} + \cancel{\frac{12}{12}} \frac{1}{12\epsilon} - \frac{1}{2\epsilon} \right) \quad \varphi_0 = \Delta\varphi = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{R} \right) =$$

$$-\varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \left(-\frac{3}{2R} \right)$$

$$\varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \frac{3}{2R}$$

$$\varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{2R} - \frac{6}{ER} \right) = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{5}{R} + \frac{1}{\epsilon} - \frac{1}{R} \right)$$

$$\Delta\varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon} + \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{3}{R} - \frac{6}{ER} \right) = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{ER} \right)$$

$$6 \cdot \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \frac{3}{2R} = kQ \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{ER} \right); \quad \frac{9}{ER} = \frac{6}{R} - \frac{3}{ER}$$

$$\frac{12}{\epsilon} = 6; \quad \epsilon = 2$$