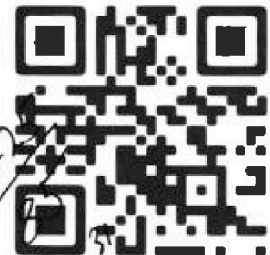




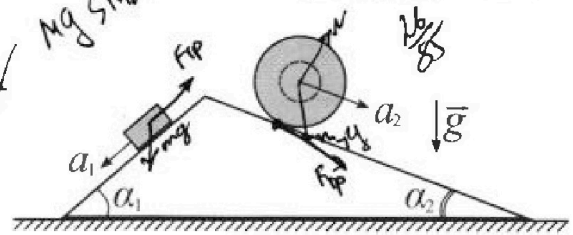
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок 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 α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5, \cos \alpha_1 = 4/5$) и α_2 ($\sin \alpha_2 = 8/17, \cos \alpha_2 = 15/17$). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

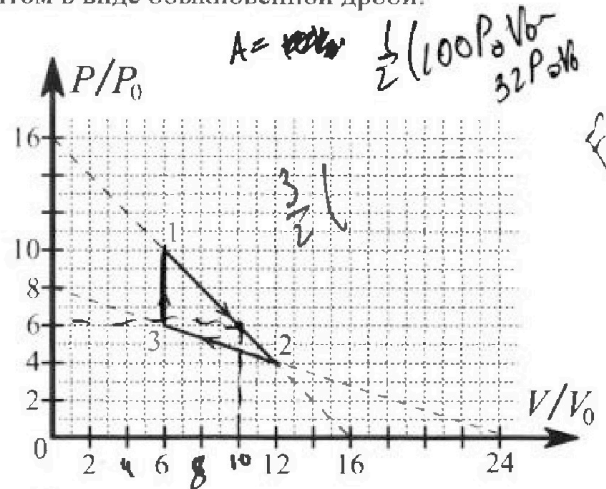


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

$$\frac{9}{4} \cdot \frac{8}{27} - \frac{9}{4} \cdot \frac{8}{17}$$

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.

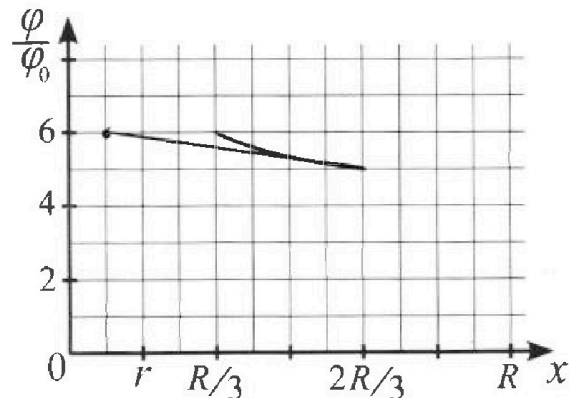
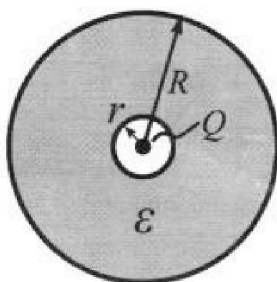


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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 .



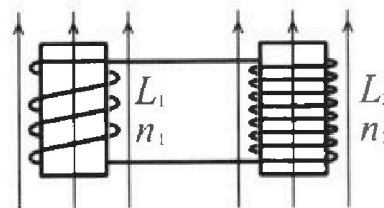
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

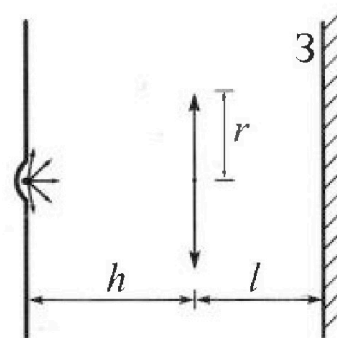


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 изменялись 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 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



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

Ответы дайте в $[см^2]$ в виде $\gamma\pi$, где γ - 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.

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!

$$F_3 = F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 + N_2 \sin \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1 =$$

$$= \frac{26}{85} \frac{3}{5} mg + \frac{20}{51} \frac{15}{17} mg + \frac{135}{68} mg - \frac{4}{3} \cdot \frac{3}{5} mg =$$

$$= 2 mg \left(\left(\frac{26 \cdot 3}{17} - 12 \right) \frac{1}{25} + \frac{15}{17} \left(\frac{20}{51} + \frac{9}{4} \right) \right) \neq$$

~~$$= 2 mg \left(\left(\frac{78}{17} - 12 \right) \frac{1}{25} + \frac{15}{17} \left(\frac{20}{51} + 9 \right) \right) \neq$$~~



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!

$$Q_{1-c} = \Delta U_{1-c} + A_{1-c} = \frac{3}{2} (60 P_0 V_0 - 60 P_0 V_0) + A_{1-c} =$$

$$= \frac{1}{2} (100 P_0 V_0 - 36 P_0 V_0) = 32 P_0 V_0 \quad \leftarrow$$

тогда ~~100%~~ ~~100%~~ $\frac{32}{68} = \frac{8}{17}$

$$1) = \frac{12 P_0 V_0}{68 P_0 V_0} \cdot 100\% = \frac{3}{17} \cdot 100\%$$

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!

$$dQ = dU + dA = \frac{3}{2} V R dT + P dV$$

из уравнения прямой $dP = \frac{P_0}{V_0} dV$

из УМК $P dV + V dP = (V R dT)$

$$\frac{3}{2} P dV + \frac{3}{2} V dP + P dV = dQ \Rightarrow \frac{5}{2} P dV + \frac{3}{2} V dP = dQ$$

$$\frac{5}{2} \cdot \left(6P_0 - \frac{P_0}{V_0} V \right) + \frac{3}{2} \frac{V P_0}{V_0} = \frac{dQ}{dV} \quad \text{отсюда}$$

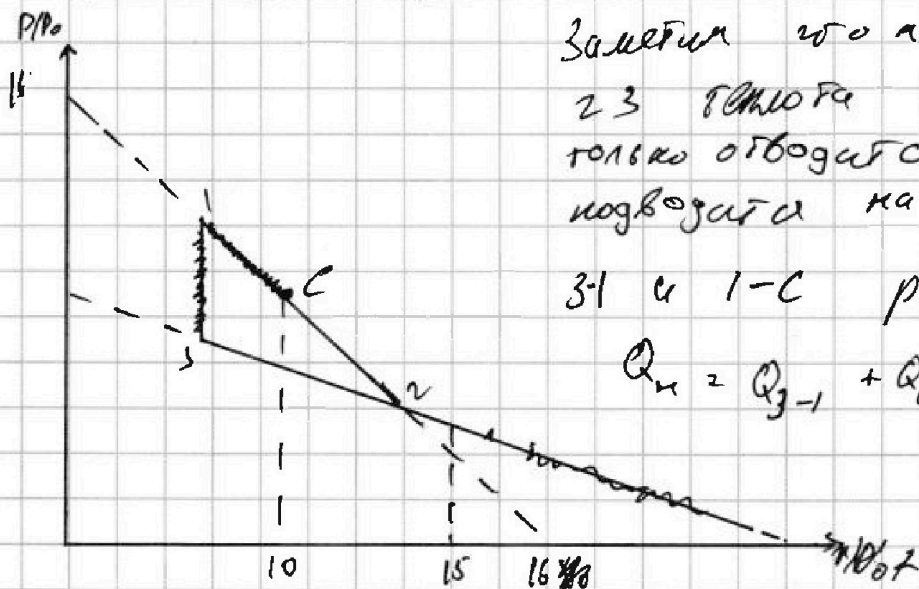
$$(40P_0 - \frac{4P_0}{V_0} V) dV = dQ$$

~~...~~ точка с нулевой площадью

для процесса 1-2 равно шестидесяти

6 точке $10V_0$ а для процесса 3-2 $15V_0$

Тогда разность работы Γ равно на участках ~~...~~



Заметим что на участках 2-3 работа от 2034 только отбрасывается \Rightarrow подводится на участках

3-1 и 1-2 рассчитывая

$$Q_{1-3} = Q_{3-1} + Q_{1-2}$$

$$Q_{1-3} = \Delta U_{1-3} = \frac{3}{2} V R \Delta T = \frac{3}{2} (16P_0 \cdot 6V_0 - 6P_0 \cdot 6V_0) = 36P_0 V_0$$

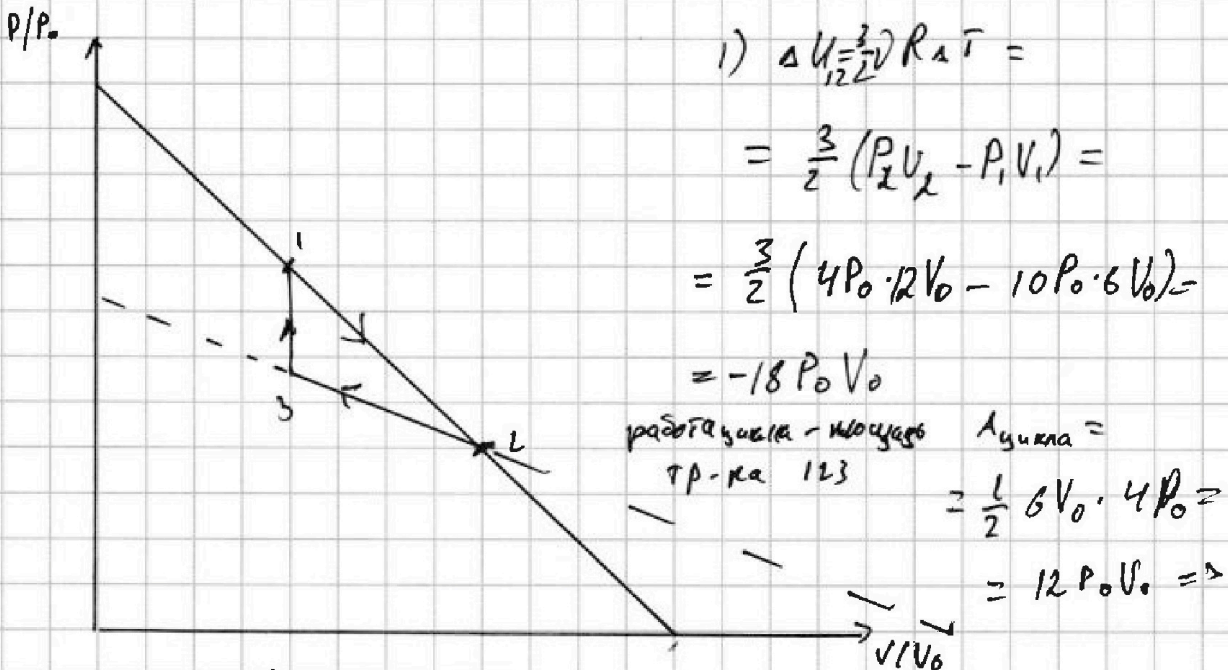


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 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!



$$\Rightarrow \frac{|\Delta U|}{A} = \frac{18}{12} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2}$$

2) Найдем максимальную температуру T_{max} в процессе 12. Чр-л прямой -

$$\frac{P}{P_0} = \frac{16P_0}{P_0} = 16 \quad \text{и} \quad PV = \nu RT$$

$$16P_0 V - \frac{P_0}{V_0} V^2 = \nu RT \quad \text{возведем}$$

ч-возмужно в точке T_{max} в точке где $V = 8V_0$

$$\text{в этой точке } P = 8P_0 \Rightarrow T_{max} = \frac{64 P_0 V_0}{\nu R}$$

$$\text{то вращ как } T_3 = \frac{36 P_0 V_0}{\nu R} \Rightarrow \frac{T_{max}}{T_3} = 2$$

3) Найдем КПД для этого цикла

где к газу неестественно добавили газы и начнется отводиться тепло



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!



1) известно что внутри
диэлектрика поле
ослабляется в ϵ раз
тогда поле от заряда

Q внутри диэлектрика

будет записано как

$$E = \frac{kQ}{\epsilon r^2} \text{ где } r - \text{расстояние от точки}$$

расматривая разность потенциалов

между точками на расстоянии r и $\frac{11}{12}R$

$$\text{от заряда } d\varphi = \frac{kQ}{\epsilon r^2} dr \Rightarrow \Delta\varphi = \int_r^{\frac{11}{12}R} \frac{kQ dr}{\epsilon r^2} =$$

$$= \frac{12kQ}{11\epsilon R} + \frac{kQ}{\epsilon r} \text{ заметим что потенциал}$$

на расстоянии r от шара равен $\varphi = \frac{kQ}{\epsilon r}$

тогда потенциал в точке $\frac{11}{12}R$

$$\varphi = \frac{kQ}{\epsilon r} + \frac{12kQ}{11\epsilon R} - \frac{kQ}{\epsilon R} = kQ \left(\frac{1}{\epsilon r} + \frac{12}{11R} - \frac{1}{R} \right)$$

$$2) \text{ заметим что } d\varphi = \frac{kQ}{\epsilon r^2} dr \Rightarrow \frac{d\varphi}{dr} = \frac{kQ}{\epsilon r^2}$$

$\frac{d\varphi}{dr}$ тангенс наклона касательной к графику

$$\text{в точке } \frac{2R}{3} \quad \frac{d\varphi}{dr} = \frac{3\varphi_0}{2R} \Rightarrow \frac{3}{2R} = \frac{3kQ}{4R^2\epsilon} \cdot \varphi_0 \Rightarrow$$

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

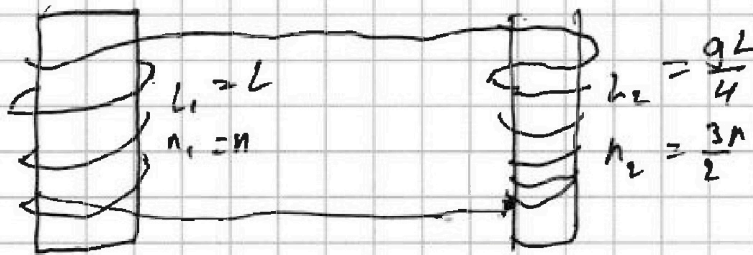


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

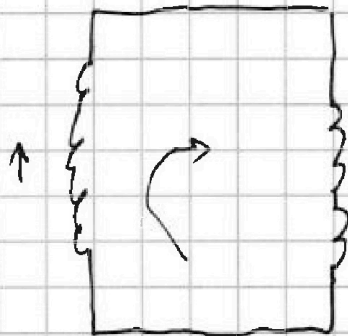
СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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!



$$1) \quad \cancel{E_i} \quad E_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{\Delta B S n}{\Delta t} = d S n$$

пересекая каждую, вследствие чего $E_i = d S n \Rightarrow$



по окружностям контура

$$|E_i| = L \frac{dI}{dt} + \frac{9L}{4} \frac{dI}{dt} \Rightarrow$$

$$d S n = \frac{13L}{4} \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{4 d S n}{13L}$$

2) по окружностям цепи между собой

$$|E_{i1} - E_{i2}| = L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} \Rightarrow$$

$$\left| \frac{\Delta B_1 S n_1}{\Delta t} - \frac{\Delta B_2 S n_2}{\Delta t} \right| = L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} + L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\left| \frac{1}{4} B_0 S n - \frac{24}{9} B_0 S \cdot \frac{3}{2} n \right| = I \left(\frac{13}{4} L \right)$$

$$\frac{4}{9} B_0 S n = \frac{13}{4} L I \Rightarrow I = \frac{4}{13} \frac{B_0 S n}{L}$$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
4 ИЗ 4

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

$$S_2 = \frac{\sqrt{11}}{4} (24^2 - 6^2) = \frac{\sqrt{11}}{4} (24-6)(24+6) = \frac{\sqrt{11} \cdot 18 \cdot 30}{4} =$$
$$= 9 \cdot 15 \cdot \sqrt{11} = 135\sqrt{11}$$

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



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

Дано:

$$a_1 = \frac{5g}{17}, m, \alpha_1$$

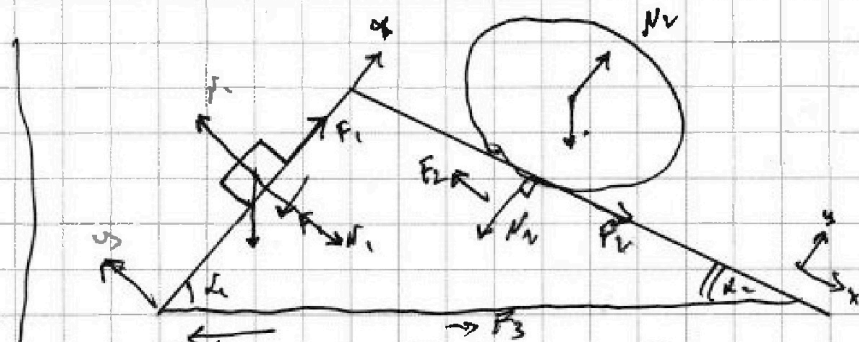
$$a_2 = \frac{8g}{24} = \frac{g}{3}, \frac{9M}{4}, \alpha_2$$

$F_1 = ?$

$F_2 = ?$

$F_3 = ?$

$$= \frac{36}{85} mg$$



1) Запишем 2ЗН для бруска

$$F_{12} = mg \quad \text{ог: } N_1 = mg \cos \alpha_1 = \frac{4}{5} mg$$

$$\text{ок: } ma = mg \sin \alpha_1 - F_1 \Rightarrow F_1 = \frac{3}{5} mg - \frac{5mg}{17}$$

$$2) \text{ок: } \frac{g}{4} m \cdot \frac{8}{24} g = mg \sin \alpha_2 + F_2 \Rightarrow$$

ог: $\frac{15}{17} mg = N_2$
и 3) формулы от вращения центра масс (сила трения
вниз т.к. не прожало звено)

$$F_2 = \frac{2}{3} mg - \frac{8}{17} mg = \frac{34 - 24}{51} mg = \frac{10}{51} mg$$

3) Запишем 2ЗН для куска в проекции на ось
~~горизонтальную~~ вдоль зонта перпенд. осей

$$0 = F_2 \cos \alpha_2 + F_1 \cos \alpha_1 + \frac{9mg}{4} N_2 \sin \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1 + F_3$$

$$0 = \frac{10}{51} \cdot \frac{15}{17} mg + \frac{36}{85} \cdot \frac{4}{5} mg + \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} mg + \frac{8}{17} \cdot \frac{15}{17} mg - F_3$$

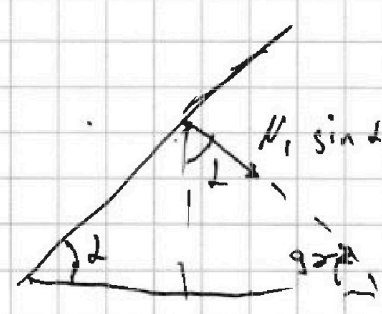
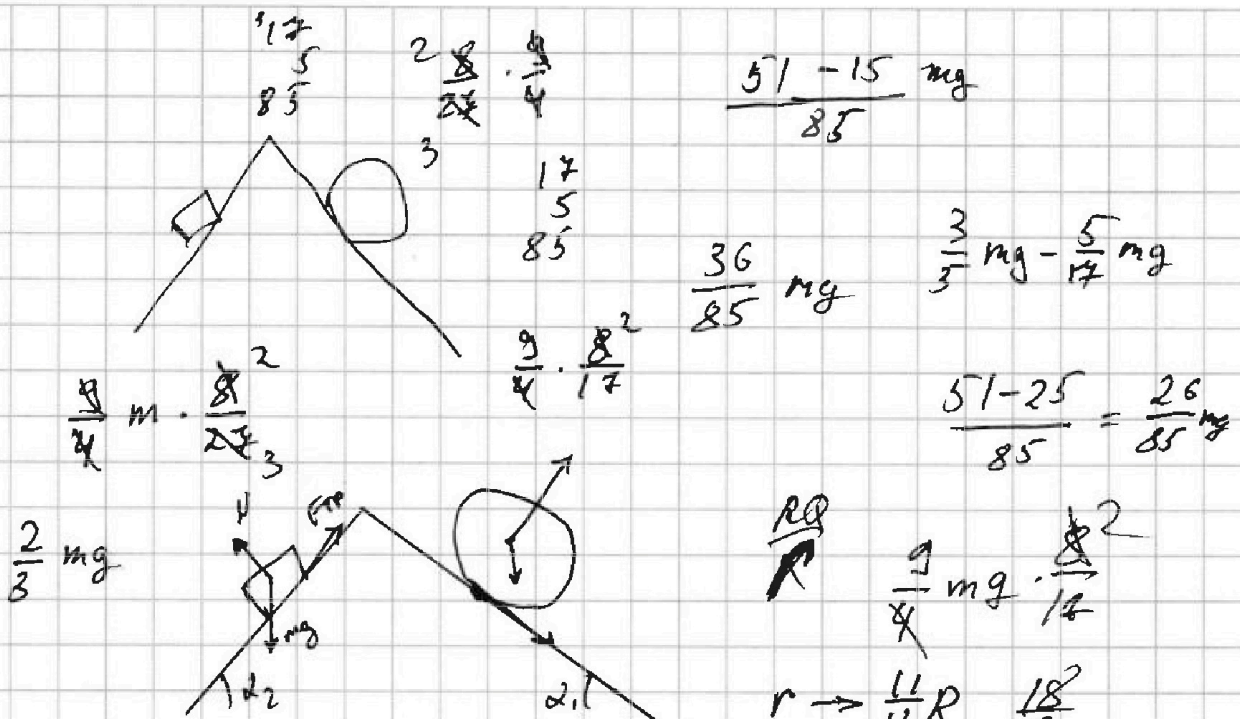


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

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!



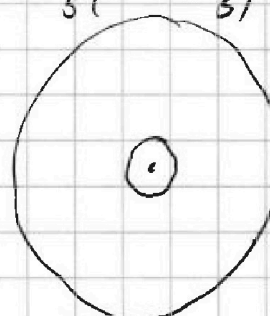
$$\int d\varphi = \int \frac{EKQ}{R^2} dr$$

$$\frac{EKQ}{R}$$

$$\frac{GP_0 + 10P_0}{2}$$

BP_0

$3LPO_0$



$$\frac{KQ}{r} + \frac{EKQ}{11R - r}$$

$$\frac{KQ}{r}$$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

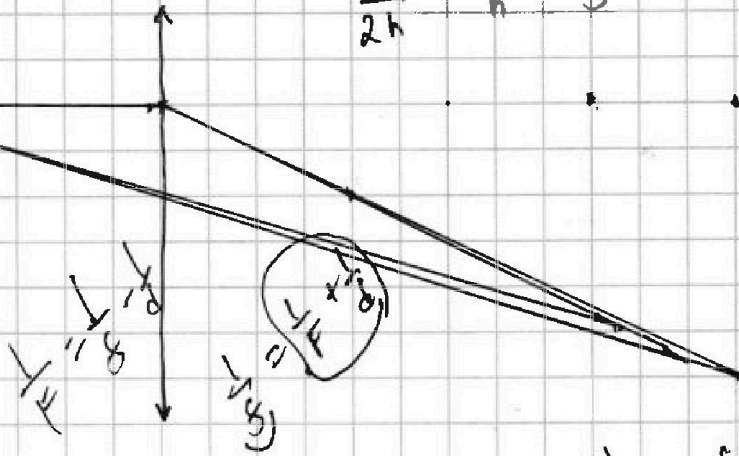
$$4 = \frac{2}{3}h$$

$$\frac{2}{2h} = \frac{1}{h} + \frac{1}{s}$$

~~4~~

$$\frac{8}{3}B_0$$

$$4 - \frac{8}{3}B_0$$



$$\frac{12}{3}B_0 - \frac{8}{3}B_0 \frac{g}{6h} + \frac{4}{6h}$$

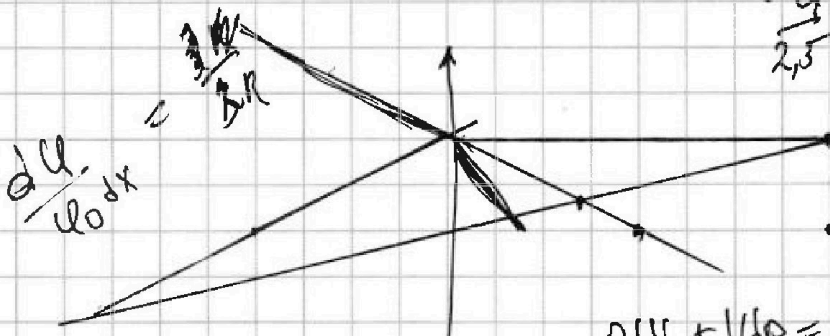
$$\frac{1}{F} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f}$$

$$\frac{2}{15} = \frac{0.4}{15} + \frac{0.666}{15}$$

$$\frac{4}{3}B_0$$

$$\frac{13}{6h} = \frac{1}{8}$$

$$\Rightarrow s = \frac{6}{13}h$$



$$\frac{1}{2.5} = \frac{1}{x} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{4}{2.5} = \frac{1}{x} + \frac{1}{4}$$

15

$$P\delta V + V\delta P = \int R \delta T$$

$$\left(CP_0 - \frac{2P \cdot V}{V_0} \right) \delta V$$

$$\delta P = \frac{P_0}{V_0} \delta V$$

$$V = \delta V_0$$

$$\left(P + \frac{VP_0}{V_0} \right) \delta V = \int R \delta T$$