

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

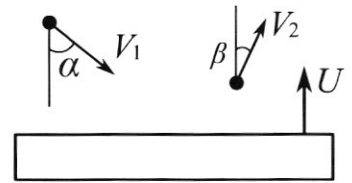
Класс 11

Вариант 11-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 6$ м/с, направленную под углом α ($\sin \alpha = \frac{2}{3}$) к вертикали (см. рис.). После неупругого удара о гладкую горизонтальную поверхность плиты шарик отскакивает со скоростью V_2 , составляющей угол β ($\sin \beta = \frac{1}{3}$) с вертикалью.

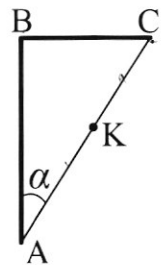


- ① Найти скорость V_2 .
 - ② Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится гелий, во втором – неон, каждый газ в количестве $\nu = 6/25$ моль. Начальная температура гелия $T_1 = 330$ К, а неона $T_2 = 440$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

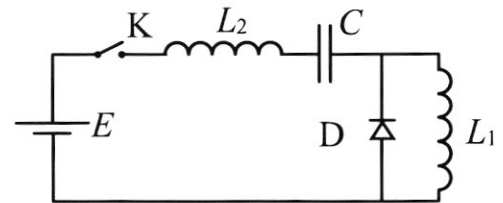
- ① Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
- ② Найти установившуюся температуру в сосуде.
- ③ Какое количество теплоты передал неон гелию?

3. Две бесконечные плоские прямоугольные пластины АВ и ВС перпендикулярны друг к другу и образуют двугранный угол с ребром В. На рисунке показано сечение угла плоскостью, перпендикулярной ребру В.



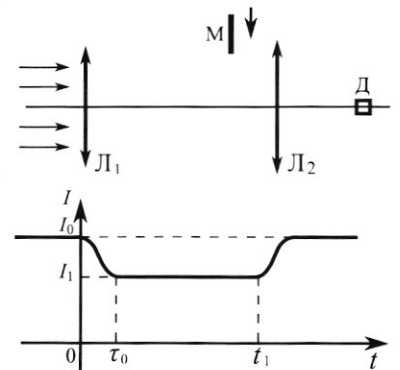
- ① Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- ② Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 4\sigma$, $\sigma_2 = \sigma$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/8$. Найти напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС.

4. Электрическая цепь собрана из идеальных элементов: источника с ЭДС E , катушек с индуктивностями $L_1 = 3L$, $L_2 = 2L$, конденсатора емкостью C , диода D (см. рис.). Ключ K разомкнут, конденсатор не заряжен, тока в цепи нет. После замыкания ключа возникают колебания тока в L_2 .



- ① Найти период T этих колебаний.
- ② Найти максимальный ток I_{01} , текущий через катушку L_1 .
- ③ Найти максимальный ток I_{02} , текущий через катушку L_2 .

5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями F_0 и $F_0/3$, соответственно. Расстояние между линзами $1,5F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу L_1 падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе D , на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень M , плоскость которой перпендикулярна оси системы, движется с постоянной скоростью перпендикулярно оси системы так, что центр мишени пересекает ось на расстоянии $5F_0/4$ от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 8I_0/9$.



- ① Найти расстояние между линзой L_2 и фотодетектором.
- ② Определить скорость V движения мишени.
- ③ Определить t_1 .

Известными считать величины F_0 , D , τ_0 .

35
35
385

7330
7440
7700
T2

2
55
x 5

275

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Рассмотрим движение по оси x (\perp скорости u)
в С.О. с шток $v_1' = v_{1x} + u$ $v_2' = v_{2x} - u$

$\downarrow v_1'$ $\uparrow v_2'$ $\frac{\Delta p}{\Delta t} = N$ в направлении oy
нет действующих сил поэтому $v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$
 $2v_1 = v_2$ (1) $v_2 = 12 \frac{m}{c}$

Если удар абсолютно упругий $v_1' = v_2'$
если абсолютно неупругий, то $v_2' = 0$

$$v_{2x} = v_{1x} + 2u \quad \frac{v_{2x} - v_{1x}}{2} = u$$

$$2v_1 \left(\frac{\cos \beta - \sin \alpha}{2} \right) = u$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \frac{1}{9}} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$v_1 \left(\frac{2\sqrt{2}}{3} - \frac{\sqrt{5}}{3} \right) = u$$

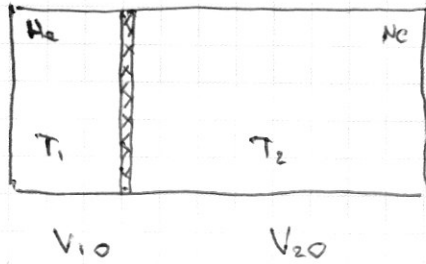
$$\frac{8}{3} (2\sqrt{2} - \sqrt{5}) \approx 2(2 \cdot 1,4 - 2,2) \approx 1,2 \text{ м/с}$$

или же удар не упругий (абсолютно)

$$u = 2v_1 \frac{2\sqrt{2}}{3}; \quad u = 8 \cdot \sqrt{2} \approx 8 \cdot 1,4 \approx 11,2 \frac{m}{c}$$

То есть $u \in (1,2; 11,2) \frac{m}{c}$ (2)

(2)



т.к. $P_{10} = P_{20}$, то из уравнения Менделеева - Клапейрона

$$P_{10} = \frac{\nu R T_{10}}{V_{10}} ; P_{20} = \frac{\nu R T_{20}}{V_{20}}$$

$$\frac{V_{10}}{V_{20}} = \left(\frac{T_{20}}{T_{10}} \right)^{\nu-1}$$

$$\left(\frac{V_{He}}{V_{Ne}} \right)_0 = \frac{330}{440} = \frac{3}{4} \quad (1)$$

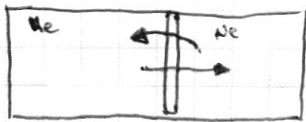
(2) I закон Термодинамики $\delta Q = \delta A + dU$

$$3C\theta: \quad \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{3}{2} \nu R T_2 = \frac{3}{2} 2 \nu R T^*$$

$$\frac{T_1 + T_2}{2} = T^*$$

$$T^* = \frac{330 + 440}{2} = 385 \text{ K} \quad (2)$$

Q - кол-во тепла переданное от Ne \rightarrow He



$$\text{Для He: } Q = \Delta U_1 + A$$

$$\text{Для Ne: } Q = \Delta U_2 + A$$

$$A = \int p dV$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R (T^* - T_1)$$

$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{\nu RT}{V}$$

$$\frac{T}{V} = \text{const} \rightarrow p = \text{const}$$

$$p \Delta V = \nu R (T^* - T_1)$$

$$Q = \frac{5}{2} \nu R (T^* - T_1) \quad (3)$$

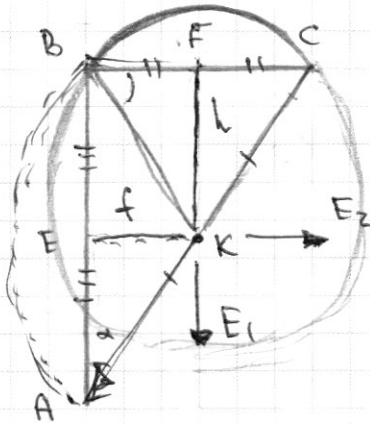
$$\frac{5}{2} \frac{6}{25} 8,31 (385 - 330) = \frac{3 \cdot 8,31}{5} (55) \approx 55.5$$

$$\approx 275$$

$$Q \approx 275 \text{ Дж}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

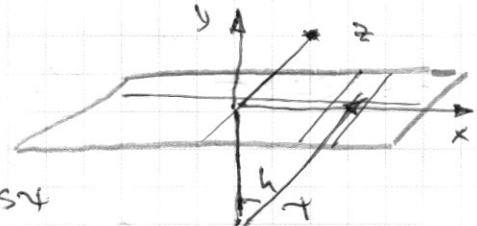
№3



по теореме Фалеса: $BF = FC$

$$BE = EA$$

$$dE = \frac{k dq}{r^2} \cos \gamma$$



$$dq = dx dz \sigma$$

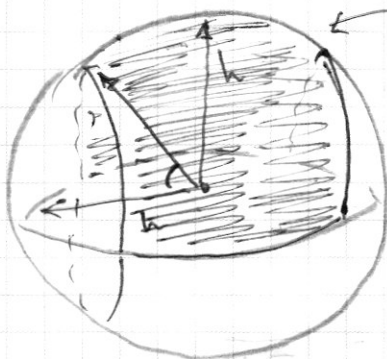
$$r^2 = h^2 + x^2 + z^2$$

$$\cos \gamma = \left(\frac{h}{r}\right)^{-1}$$

$$dE = \frac{k dx dz \sigma h}{(h^2 + x^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$E = 2 \int_0^x \int_0^z \frac{dx dz \sigma h}{(h^2 + x^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\underline{\Delta E = k \sigma \Delta \Omega}, \quad \text{где} \quad \Delta \Omega = \frac{\Delta S \cos \gamma}{r^2}$$



маленькая поверхность

$$\Delta \Omega = 2\pi (1 - \cos \beta)$$

$$\cos \beta = BF/BK$$

$$\cos \beta = \cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$$

$$E_1 = k \sigma 2\pi (1 - \sin \alpha)$$

$$E_2 = k \sigma 2\pi (1 - \cos \alpha)$$

так $\alpha = \frac{\pi}{4}$

$$\sin \alpha = \cos \alpha = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow E_1 = E_2$$

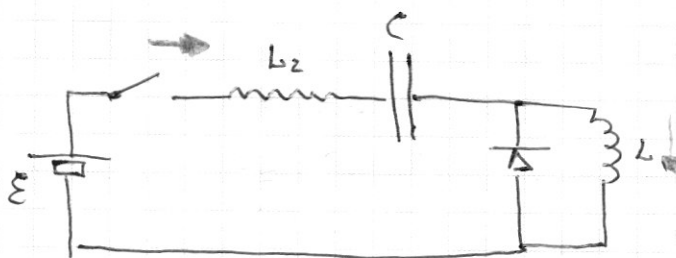
$$\frac{E_k}{E_k} = \sqrt{2} \quad (1)$$



$$E^2 = E_1^2 + E_2^2; \quad E^2 = (2Hk\sigma)^2 \left[4^2(1 - \sin \frac{\theta}{8})^2 + (1 - \cos \frac{\theta}{8})^2 \right]$$

$$E^2 = 4H^2 k^2 \sigma^2 \left(16 \left(1 - 2 \sin \frac{\theta}{8} + (\sin \frac{\theta}{8})^2 \right) + \left(1 - 2 \cos \frac{\theta}{8} + (\cos \frac{\theta}{8})^2 \right) \right)$$

$$E = 2Hk\sigma \sqrt{ \left(4^2(1 - \sin \frac{\theta}{8})^2 + (1 - \cos \frac{\theta}{8})^2 \right) } \quad (2)$$



№4

Ток через диод не
подает;

$$\ddot{Q} + Q \frac{1}{(L_1 + L_2)C} = 0$$

$$\ddot{Q} (L_1 + L_2) + \frac{Q}{C} = 0$$

$$\omega^2 = \frac{1}{(L_1 + L_2)C}$$

$$T = 2\pi / \omega = 2\pi \sqrt{(L_1 + L_2)C} \quad (1)$$

$$\varepsilon = L_2 \dot{I} + L_1 \dot{I} + \frac{q}{C}$$

$$T = 2\pi \sqrt{5LC}$$

когда $I \rightarrow \max$ $\dot{I} = 0$ $\varepsilon = \frac{q}{C} \rightarrow q = \varepsilon C$

$$\text{ЗСЭ} \quad \varepsilon q = \frac{\sigma u^2}{2} + \frac{I^2(L_1 + L_2)}{2}$$

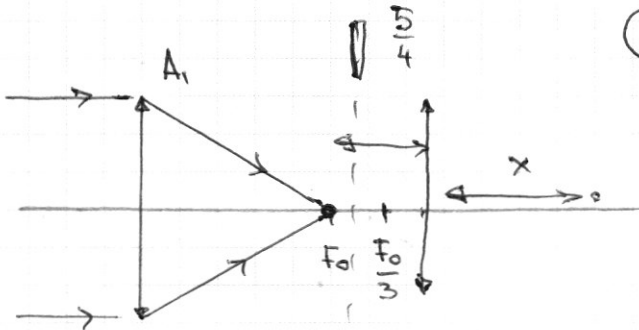
$$\frac{I^2(L_1 + L_2)}{2} = \frac{\varepsilon^2 C}{2}$$

$$I^2 = \frac{\varepsilon^2 C}{L_1 + L_2} = \frac{\varepsilon^2 C}{5L}$$

$$(2) \quad I_{\max} = \sqrt{\frac{\varepsilon^2 C}{5L}}$$

Для обоих случаев.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



№5

$$\frac{1}{F_0/3} = \frac{1}{x} + \frac{1}{F_0/2}$$

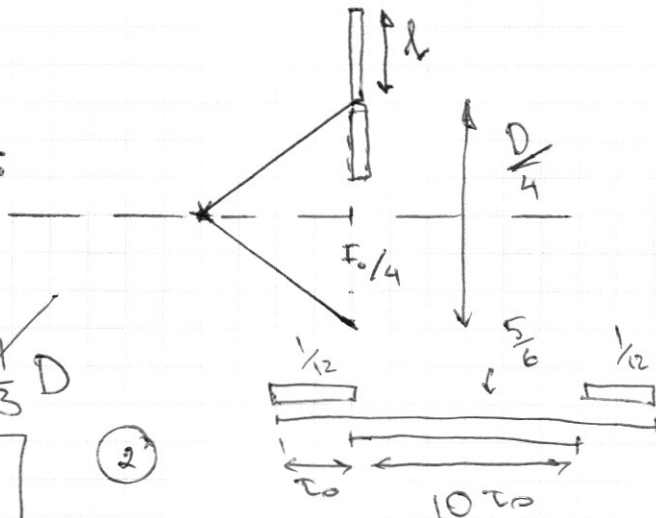
$$\frac{3}{F_0} - \frac{2}{F_0} = \frac{1}{x}$$

$$\frac{3F_0 - 2F_0}{F_0^2} = \frac{1}{x} \rightarrow \boxed{x = F_0}$$

1)

расстояние между
линей и
фокусом
объектива.

в точке F_0 :



$$V_{\tau_0} = \frac{1}{3} D$$

$$\boxed{V = \frac{1}{3} \frac{D}{\tau_0}} \quad (2)$$

$$\boxed{V = \frac{1}{12} \frac{D}{\tau_0}} \quad (2')$$

$$\boxed{f_1 = 11 \tau_0} \quad (3)$$

$$\frac{-4l^2 + 4D^2}{4D^2} = \frac{8}{9}$$

$$\frac{D^2 - l^2}{D^2} = \frac{8}{9}$$

$$1 - \left(\frac{l}{D}\right)^2 = \frac{8}{9}$$

$$\left(\frac{l}{D}\right)^2 = \frac{1}{9} \rightarrow \boxed{l = \frac{1}{3} D}$$

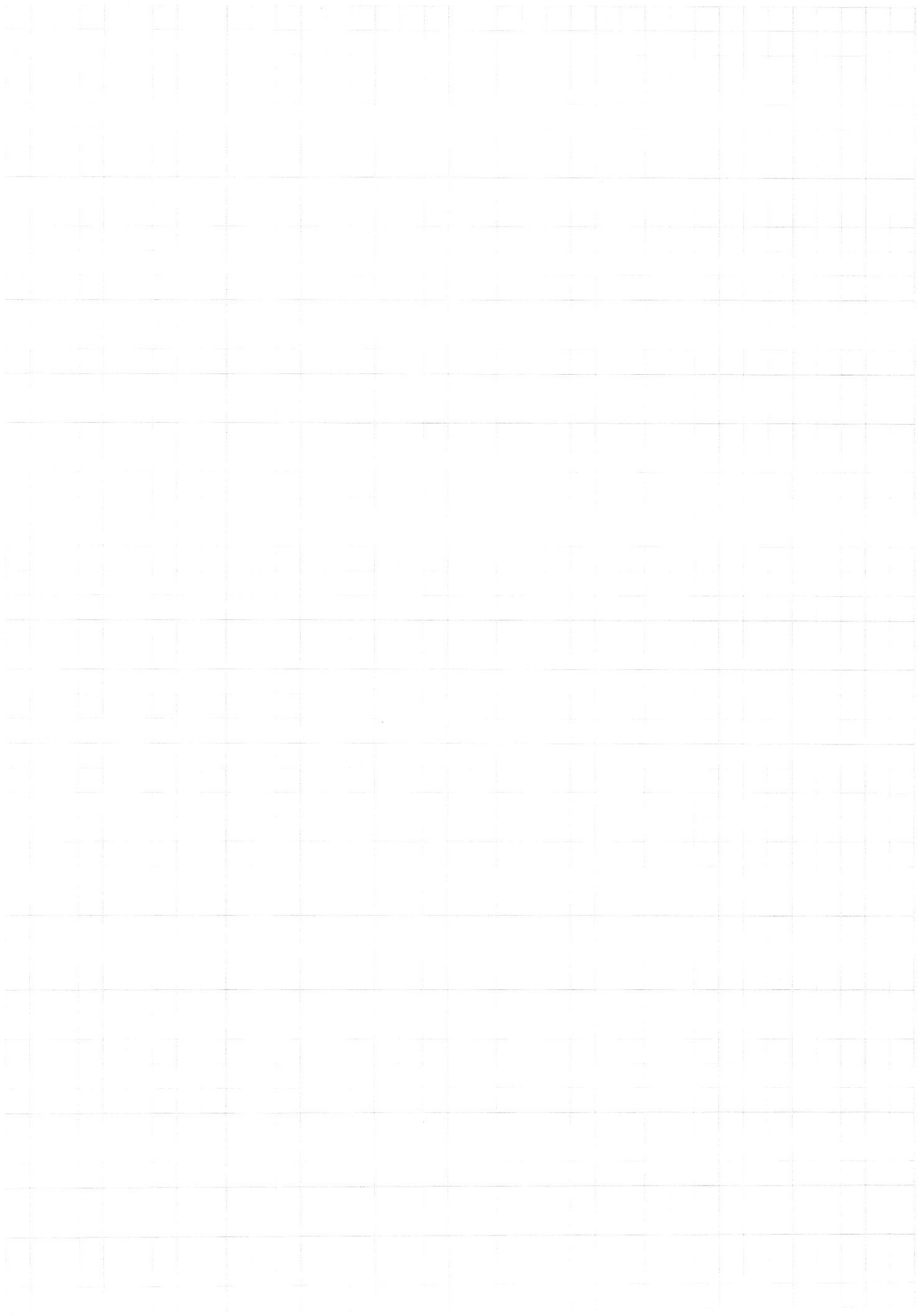
$$\frac{-l^2 + \frac{D^2}{16}}{\frac{D^2}{16}} = \frac{8}{9}$$

$$\boxed{l = \frac{1}{12} D}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)