

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

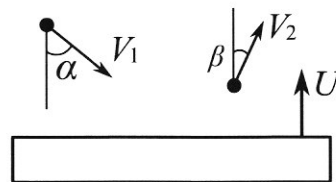
Класс 11

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.

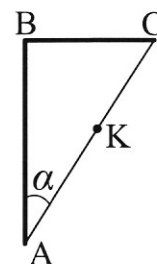


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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).

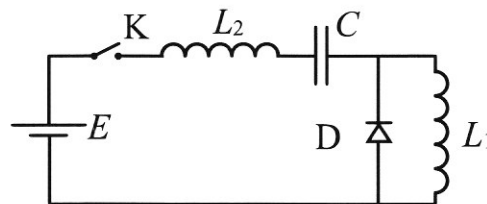
- 1) Найти отношение начальных объемов гелия и неона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал неон гелию?

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.



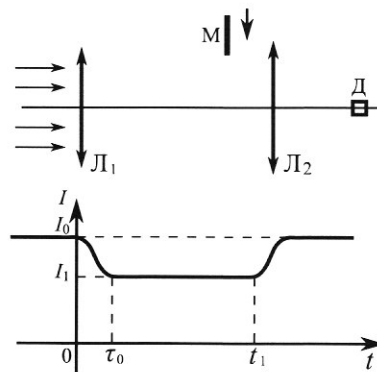
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 1

1) По горизонтали скорость не изменилась, т.к. скорость массивной плиты V направлена вертикально вверх. Поэтому: $v_2 \sin \alpha = v_1 \sin \beta$;

$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{1} = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) После столкновения с массивной плитой меняется вертикальная составляющая скорости шарика. Т.к. к плита массивная, то ~~плита почти не деформируется с той же скоростью, только не к скорости шарика~~ приближается скорости плиты; $v_2 \cos \beta = v_1 \cos \alpha + V$

$$V = v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{1 - \frac{1}{9}} - 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} \sqrt{1 - \frac{4}{9}} = (12 \sqrt{\frac{8}{9}} - 6 \sqrt{\frac{5}{9}}) \frac{\text{м}}{\text{с}} = (4\sqrt{8} - 2\sqrt{5}) \frac{\text{м}}{\text{с}} = (8\sqrt{2} - 2\sqrt{5}) \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 6,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1) $V_2 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $V = (8\sqrt{2} - 2\sqrt{5}) \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 6,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

NS

а) $\Delta AOB \sim \Delta FOC$
 $\frac{F_0}{\frac{n}{2}} = \frac{0,5 F_0}{\frac{d}{2}} \Rightarrow d = \frac{1}{2} p$

б) 1) L - искоемое расстояние, V_2 рисунка в;
 $0,5 F_0 + \frac{F_0}{3} + L$ по формуле тонкой линзы: $\frac{2}{F_0} + \frac{1}{F} = \frac{3}{F_0} \Rightarrow \frac{1}{L} = \frac{1}{F}$,
 $L = F_0$

2) $1,5 F_0 - \frac{F_0}{4} = 0,25 F_0$ - расстояние от L_2 до мшеницы. Поперек мшеницы от мшеницы $= I_0 - I_1 = \frac{1}{9} \Rightarrow \frac{S_0}{r} = \frac{0,5 F_0}{r} \Rightarrow r = \frac{2}{9} S_0$ где r - диаметр мшеницы

2) $\frac{1}{9} = \frac{r}{\frac{1}{2}}$ где r - диаметр пятнышка мшеницы от мшеницы (мени)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Сначала ток пойдёт через L_1 , потом ток пойдёт через L_2 . $T = T_1 + T_2$ и T_1, T_2 равны $\frac{1}{\omega}$

$\frac{q}{C} + \epsilon - L_1 i' - L_2 i' = 0$
 $q'' - \frac{q}{(L_1 + L_2)C} = \epsilon$

ω - циклическая частота этих колебаний $= \frac{1}{\sqrt{C(L_1 + L_2)}}$

$T_1 = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{C(L_1 + L_2)} = 2\pi \sqrt{5CL}$; $T_2 = T_1 + T_2 = 2\pi \sqrt{2CL} + 2\pi \sqrt{5CL}$

2) $3(\gamma)$: $\frac{1}{2} q = \frac{L_1 I_{01}^2}{2} + \frac{L_2 I_{01}^2}{2} = \frac{CE^2}{2} \Rightarrow I_{01} = \epsilon \sqrt{\frac{C}{L_1 + L_2}} = \epsilon \sqrt{\frac{C}{5L}}$

3) Максимальный ток через L_2 будет тогда, когда через L_1 ток не пойдёт:
 $\frac{L_2 I_{02}^2}{2} = \frac{CE^2}{2} \Rightarrow I_{02} = \epsilon \sqrt{\frac{C}{L_2}} = \epsilon \sqrt{\frac{C}{2L}}$

н 5. Продолжение.

$r = \frac{D}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{D}{6}$. тогда по ум. 2: $\frac{0,25F}{r_1} = \frac{0,5}{r}$, где r_1 - диаметр штыря $\Rightarrow r_1 = \frac{D}{12}$.

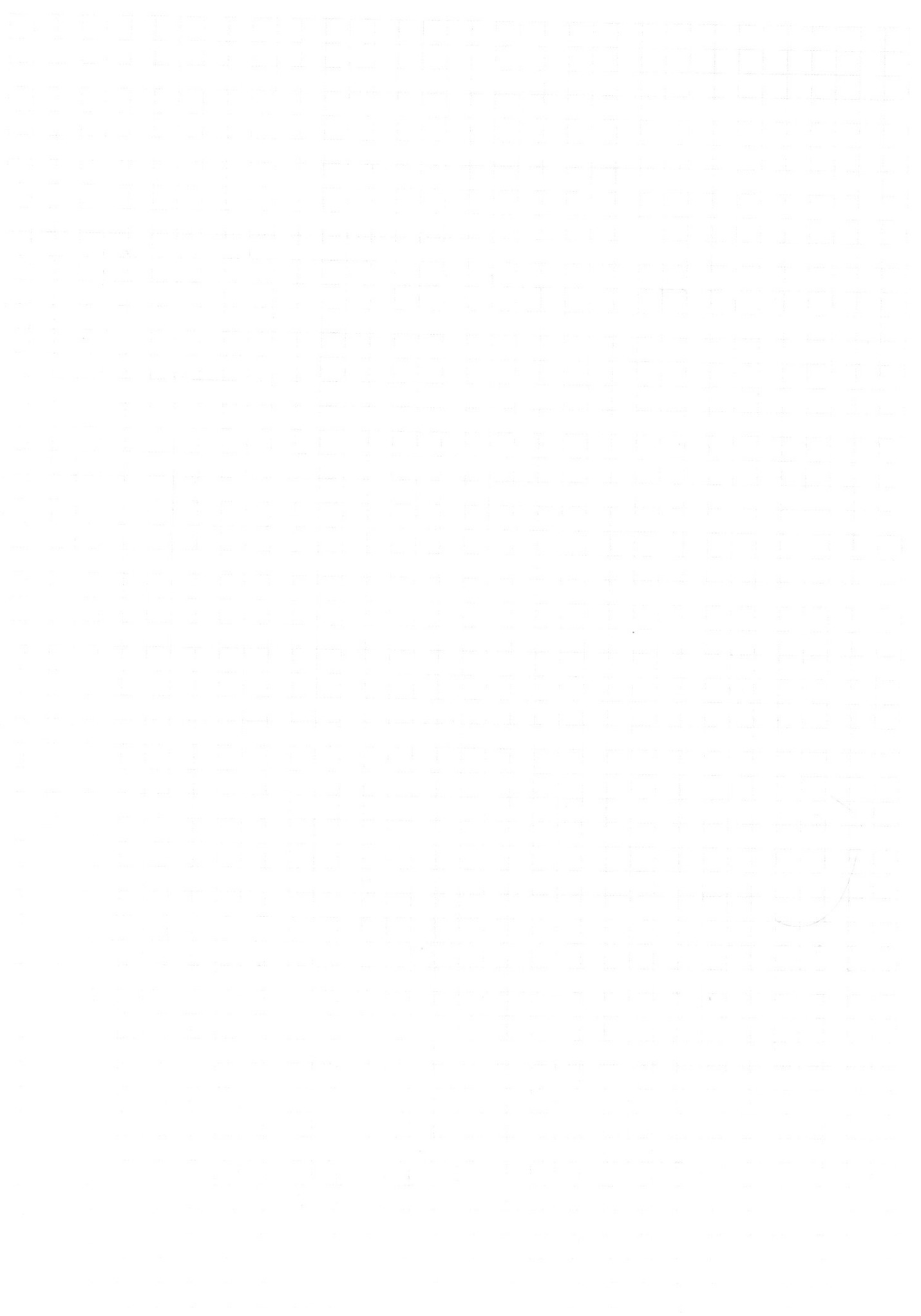
Тогда скорость штыря $V = \frac{r_1}{t_0} = \frac{D}{12t_0}$

3) S - путь штыря от F_0 до $F_1 = \frac{D}{4} - \frac{D}{12} = \frac{2D}{12} = \frac{D}{6}$
 $t_1 = \frac{S}{V} = \frac{D \cdot 12}{6 \cdot D} = 2t_0$

Ответ: 1) $L = F_0$; 2) $V = \frac{D}{12t_0}$; 3) $t_1 = 2t_0$

н 4. Продолжение.

Ответ: 1) $T = 2\pi \sqrt{LC}(\sqrt{2} + \sqrt{5})$; 2) $I_{01} = \epsilon \sqrt{\frac{C}{5L}}$; 3) $I_{02} = \epsilon \sqrt{\frac{C}{2L}}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

1) σ_0 - поверхностная плотность зарядов пластин.

Напряжённость бесконечной пластины $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

$\alpha = \frac{a}{h} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{BC}{AB} = 1$ - пластины одинаковой длины расположены до точки К с учётом, что они на середине промежутка А, будет одинаковыми от пластин, а $E_{\text{пластина}}$ равны

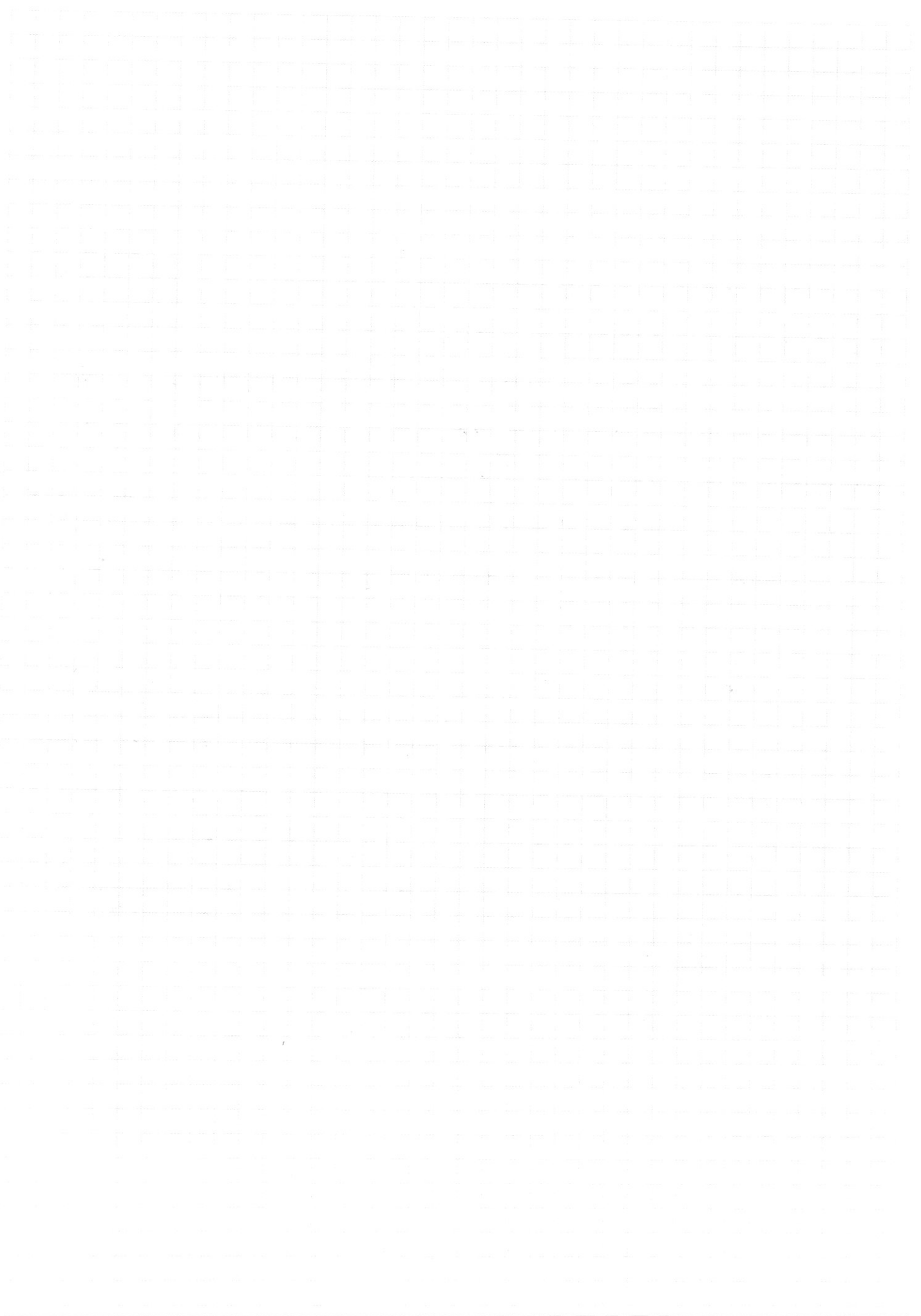
Пусть E_{BC} - напряжённость от пластины ВС, E_{AB} - от пластины АВ. Вначале $E_0 = E_{BC}$, потом $E_1 = E_{BC} + E_{AB} \Rightarrow E_1 = \sqrt{2} E_{BC}$

$$\frac{E_1}{E_0} = \sqrt{2} \approx 1,4$$

2) $E_{BC} = \frac{4\sigma}{2\epsilon_0}$, $E_{AB} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$; $E_K = E_{AB} + E_{BC} \Rightarrow E_K = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2}$
 $= \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{16 + 1} = \frac{\sqrt{17}\sigma}{2\epsilon_0}$ Применяя во внимание, что пластины бесконечны лишь в одну сторону, $\sigma = \frac{q}{S} = \frac{q}{ab}$, где a - короткая сторона.

Тогда $E_{BC} = \frac{4\sigma}{2\epsilon_0}$, а $E_{AB} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \tan \frac{\alpha}{2}}$. Тогда $E_K = E_{BC} + E_{AB}$
 Ответ: 1) $\frac{E_1}{E_0} = \sqrt{2} \approx 1,4$; 2) $E_K = \frac{\sqrt{17}\sigma}{2\epsilon_0} + E_{BC}$; $E_K = \sqrt{E_{BC}^2 + E_{AB}^2} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{16 + \frac{1}{\tan^2 \frac{\alpha}{2}}}$

Ответ: 1) $\frac{E_1}{E_0} = \sqrt{2} \approx 1,4$; 2) $E_K = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{16 + \frac{1}{\tan^2 \frac{\alpha}{2}}}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

- 1) ~~Изначально p_1 и p_2 — давления. Торень и изначально не родвигает,~~
 $p_1 = p_2 = p$, где p_1 и p_2 — давление гелия и неона соответственно
 V_1 и V_2 — объёмы гелия и неона соответственно
 Уравнение Менделеева-Клапейрона для газов в начальном состоянии:

$$\begin{aligned} pV_1 &= \nu R T_1 \\ pV_2 &= \nu R T_2 \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{330 \text{ K}}{440 \text{ K}} = \frac{3}{4}$$

- 2) Изотермический процесс, $A = p \Delta V$, $\Delta V = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ — оба газа одновременно

$$Q = A + \Delta U, \quad Q_1 = Q_2 = 0, \quad A = p \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$\frac{5}{2} \nu R \Delta T_1 = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_2 = 0 \quad (1)$$

$$\xi (T - T_1) = \xi - T + T_2$$

$$T = \frac{\xi T_1 + T_2}{2} = \frac{440 \text{ K}}{2} = 220 \text{ K} \quad \frac{440 \text{ K}}{2} = 220 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad Q &= A + \Delta U = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_1 = \frac{5}{2} \cdot 8,31 \text{ Дж} \cdot 55 \text{ K} = 91,41 \text{ Дж} \\ &= 273,23 \text{ Дж} \end{aligned}$$

Ответ: 1) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{3}{4}$; 2) $T = 385 \text{ K}$; 3) $Q = 273,23 \text{ Дж}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$$

$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{6 \frac{\mu}{c} \cdot \frac{2}{3}}{\frac{1}{3}} = 12 \frac{\mu}{c}$$

$$v_2 \cos \beta = v_1 \cos \alpha + V$$

$$V = v_2 \cos \beta - v_1 \cos \alpha = \frac{\mu}{c} \left(2 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{9}} - \sqrt{1 - \frac{4}{9}} \right) = 4\sqrt{5} - \sqrt{5}$$

$$pV = \nu RT$$

$$\frac{V_{He}}{V_{He}} = \frac{\nu RT_{He} P}{V_{He} \nu RT_{He}} = \frac{T_{He}}{T_{He}} = \frac{3}{4}$$

$$2 \cdot \sqrt{\frac{8}{9}} - \sqrt{\frac{5}{9}}$$

$$2 \cdot \frac{1}{3} (\sqrt{8} - \sqrt{5})$$

$$(V = q \quad V = \frac{q}{c})$$

$$\sqrt{8} = \sqrt{4 \cdot 2}$$



$$\begin{array}{r} 91,41 \\ \times 3 \\ \hline 273,23 \end{array}$$

$$8,14 - 2$$

$$\begin{array}{r} 8. \\ \times 1,4 \\ \hline 32 \\ 11,2 \end{array} \quad \begin{array}{r} \times 2\sqrt{2} \\ 2,2 \\ \times 2 \\ \hline 4,4 \end{array} \quad \begin{array}{r} \sqrt{5} 2 \\ \times 2,4 \\ \times 2,4 \\ \hline 9,6 \\ 48 \\ \hline 5,76 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 1,1 \\ \hline 831 \\ 91,47 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \times 1,4 \\ \hline 856 \\ 14 \\ \hline 196 \\ 1,2 \\ \hline 12 \\ 24 \\ \hline 12 \end{array}$$

$$\frac{1}{\tan^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha}$$

$$= \frac{1 - \sin^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sin^2 \alpha} - 1$$

$$11,2 - 4,4 = 6,8$$

$$\sin^2 \alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha =$$

$$\begin{array}{r} \times 2,3 \\ 2,3 \\ \hline 69 \\ 46 \\ \hline 529 \\ 49 \\ \hline 489 \end{array}$$

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{Mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + Q$$

$$\frac{Mv^2}{2} =$$

$$M(v_2 + v_1) = \frac{Mv^2}{2} + Q$$

$$\begin{array}{r} \times 1,44 \\ 1,44 \\ \hline 1029 \\ 588 \\ \hline 144 \\ 292018 \\ -24 \\ \hline 54 \\ -56 \\ \hline 10 \end{array}$$

$$5.330 = 1650 + 3.440 = 2920 : 8 = 1320$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)