

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

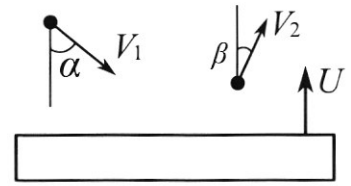
Класс 11

Вариант 11-04

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Массивная плита движется с постоянной скоростью U вертикально вверх. К плите подлетает шарик, имеющий перед ударом скорость $V_1 = 18$ 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 ($\sin \beta = \frac{3}{5}$) с вертикалью.

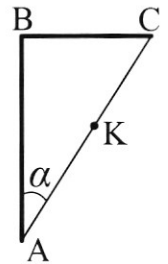


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

2. Цилиндрический теплоизолированный горизонтально расположенный сосуд разделен на два отсека теплопроводящим поршнем, который может перемещаться горизонтально без трения. В первом отсеке находится аргон, во втором – криптон, каждый газ в количестве $\nu = 3/5$ моль. Начальная температура аргона $T_1 = 320$ К, а криптона $T_2 = 400$ К. Температуры газов начинают медленно выравниваться, а поршень начинает медленно двигаться. Оба газа одноатомные, газы считать идеальными. $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

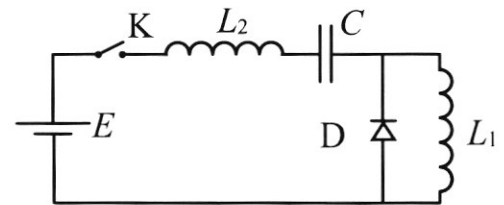
- 1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

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.



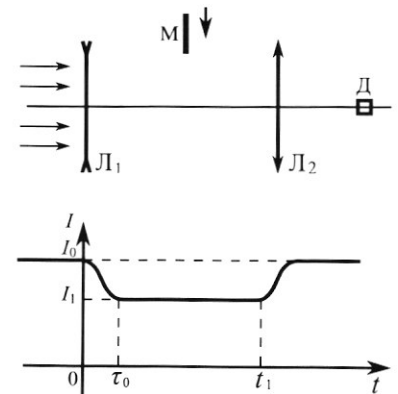
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 2\sigma/7$, соответственно. Угол $\alpha = \pi/9$. 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 $L_1 = 5L, L_2 = 4L$, 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 $-2F_0$ и F_0 , соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. 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 F_0 от L_1 . На рисунке показана зависимость тока I фотодетектора от времени t (секундомер включен в момент начала уменьшения тока). $I_1 = 7I_0/16$



- 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

5) Дано:
 $-2F_0$ - поток через A_1 ;
 F_0 - поток A_2 ;
 $S = 2F_0$ - поток между
 линзами;

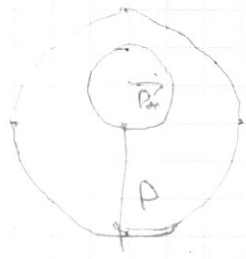


Формула тонкой линзы

- 1) $f_1 = \frac{2f_0}{3}$
- 2) $f_2 = \frac{4f_0}{3}$
- 3) $f_3 = \frac{4f_0}{3}$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{l} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{4f_0} + \frac{1}{F} = \frac{1}{F_0} \quad \frac{1}{F} = \frac{4-2}{4f_0}$$

$F_0 = \frac{4f_0}{3}$



Можно найти фокус
 $\frac{D_m}{S} = \frac{f_0 - f}{S} = \frac{S}{16}$
 $\frac{S_m}{S} = \frac{D_m^2}{D^2} = \frac{S}{16} \left(\frac{D_m}{D}\right)^2 = \left(\frac{D_m}{D}\right)^2$

$D_m = \frac{3}{4} D$

За время t_0 он может полностью вращаться между линзами $\Rightarrow \frac{3}{4} D / t_0 = v$

$\frac{3}{4} D / t_0 = v$

За t_0 , $\frac{D}{4v} = t_0 \Rightarrow \frac{D}{\frac{3}{4} D} = \frac{4}{3} t_0$

Ответ: $\frac{4f_0}{3}, \frac{3D}{4t_0}, \frac{4f_0}{3}$

2) Дано
 $T_1 = 320K$;
 $T_2 = 400K$;
 $V_1 = V_2 = \frac{3}{5} m^3$;
 $R = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot K}$

$p_1 = p_2$ ① $p_1 V_1 = \nu R T_1, p_1 V_2 = \nu R T_2 \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{4}{5}$

② При этом обе газы в одинаковой массе, и оба одноатомные

$T_m = \frac{T_1 + T_2}{2} = 360K$

- 1) $\frac{V_1}{V_2} = ?$
- 2) $T_m = ?$
- 3) $Q = ?$

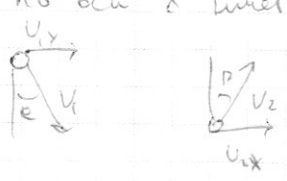
③ Из условий задачи можно показать, что в обоих процессах — ① количество молекул не меняется, $Q_0 = Q_m$;

④ Моделированный процесс 8.2 изобарный (можно проверить через

$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{T_1}{T_2}$, соотношения газы равно соотношению температур)
 $Q_0 = Q_m$ $A + \Delta U = Q_0$ т.к. $p = const$ ($Q = \nu R (T_m - T_1)$)
 $\frac{3}{5} \cdot 8,31 \cdot 400K \cdot \frac{3}{5} m^3 = 8,31 \frac{Дж}{моль \cdot K} \cdot 3 m^3 = 8,31 \cdot 60 m^3 = 498,6 m^3$
 (моль-градус)

Ответ: $\frac{4}{5}$; 360 м; 482,6 Кх

1) Дано: $V_1 = 18 \text{ м/с}$; $\sin \alpha = \frac{2}{3}$; $\sin \beta = \frac{3}{5}$
 а) $V_x = ?$
 б) $u = ?$

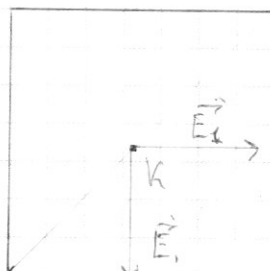
По оси X имеет не наимей ЗСМ

 $V_{1x} = V_{2x}$ $V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta$
 $V_2 = V_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 18 \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{3} = 20 \text{ м/с}$

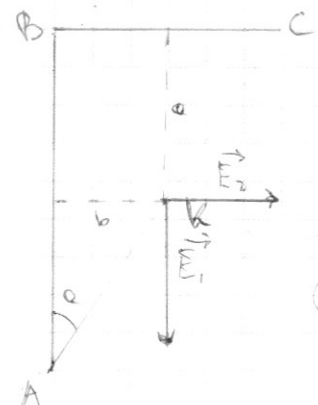
Перейдем в систему отсчета связанную с лодкой. Проекция на ось X тоже же. $(\cos \alpha = \frac{4}{5}; \cos \beta = \frac{3}{5})$
 ОУ: $V_{1y} + u = V_{2y} - u$ $u = \frac{V_{2y} - V_{1y}}{2} = \frac{20 \cdot \frac{3}{5} - 18 \cdot \frac{4}{5}}{2} = \frac{10 \cdot \frac{3}{5} - 18 \cdot \frac{4}{5}}{2} = \frac{6 - 14,4}{2} = -4$

а) $(8 - 3\sqrt{5})$ Стоит отметить что максимальное возможное значение скорости лодки, т.е. неупругий удар она принимает значение ниже этого (исходо темпа которое выдвигается или не звыет)

Ответ: $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $u < 8 - 3\sqrt{5}$

2) Дано: Мы знаем что напряженность $E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 r^2}$; $\sigma = \frac{q}{S}$; $r_1 = \frac{20}{2}$; $r_2 = \frac{10}{2}$; $Q_1 = \frac{q}{2}$; $Q_2 = \frac{q}{2}$
 а) $\frac{E_k}{E_n} = ?$ б) $E_p = ?$
 ее и не зависит от расстояния

а) 
 $E_1 = E_2$ $\vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \vec{E}_k$ ($\vec{E}_1 \perp \vec{E}_2$)
 $\sqrt{E_1^2 + E_2^2} = E_k = \sqrt{2} E_1$ $\frac{E_k}{E_n} = \sqrt{2}$

б) \vec{E} бесконечной пластины $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ и не зависит от расстояния

 $a = \frac{AC}{2} \cos \frac{\alpha}{2}$ $b = \frac{AC}{2} \sin \frac{\alpha}{2}$
 $E_p = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(\frac{\sqrt{53}}{2} \right)^{2,267} \approx \frac{5 \cdot 7,267}{4 \cdot 8 \epsilon_0}$
 Ответ: $\sqrt{2}$ раз увеличится; $\frac{5 \cdot 7,267}{17,56}$

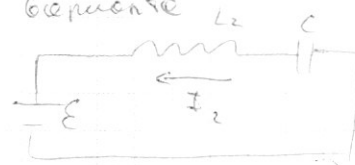
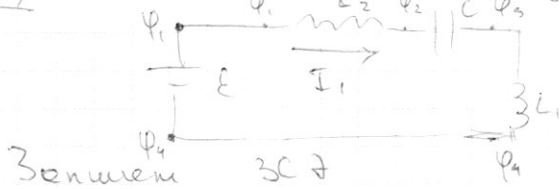
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4) Дано
 $L_1 = 5L_2$
 $L_2 = 4L_1$

- ① q - ?
 ② I_{01} - ?
 ③ I_{02} - ?

① Раз в катушке L_2 то $(\Delta = 4\pi\sqrt{LC})$

② Кольцо индукции L_2 в цепи



$$E_q = W_L + W_C \quad E_q = \frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2} + \frac{q^2}{2C} \quad q = q_c$$

$$E_q - \frac{q^2}{2C} = \frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2} \quad I_1 = q' \quad q_0' \quad I_2 = q_0'$$

$$E = U_C + U_1 + U_2$$

$$E = \frac{q}{C} + I_1 L_1 + I_2 L_2$$

$$\frac{L I_{02}^2}{2} = \frac{C E^2}{8} \quad I_{02}^2 = \frac{C E^2}{L}$$

$$I_{01}^2 = \frac{C E^2}{L_1 + L_2}$$

$$I_{02} = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \frac{E}{2}$$

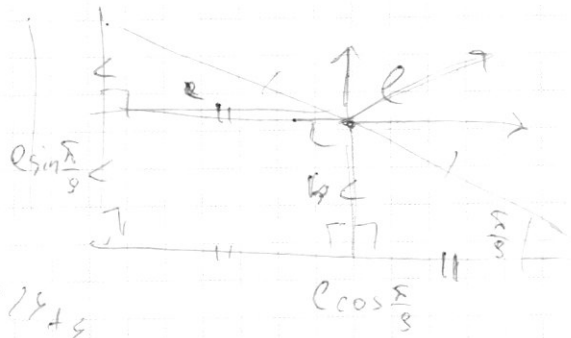
$$I_{01} = \sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \frac{E}{3}$$

Ответ: $4\pi\sqrt{LC}$; $\sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \frac{E}{3}$; $\sqrt{\frac{C}{L}} \cdot \frac{E}{2}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



$$\frac{e}{2} \cos \frac{\alpha}{8} \quad \frac{e}{2} \sin \frac{\alpha}{8}$$

$$\left(\frac{2}{7 \cdot 48 \epsilon_0}\right)^2 + \left(\frac{6}{48 \epsilon_0}\right)^2$$

$$\left(\frac{6}{48 \epsilon_0}\right)^2 \cdot \left(\left(\frac{2}{7}\right)^2 + 1\right) = \frac{4}{48} + 1$$

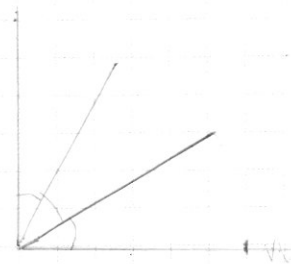
$$\frac{53}{48} \quad | 2 + 0,4 + 0,6$$

$$\frac{\sqrt{53}}{28 \cdot 48 \epsilon_0}$$

$$1 - 45 \quad \frac{\sqrt{53}}{28} \quad 7 \cdot 8$$

$$\frac{48}{4} \quad \frac{64}{11}$$

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{3}$$



$$60 \quad 26$$

$$\frac{80}{3} = 26 \frac{2}{3}$$

$$26,666$$

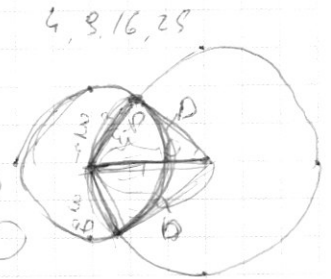
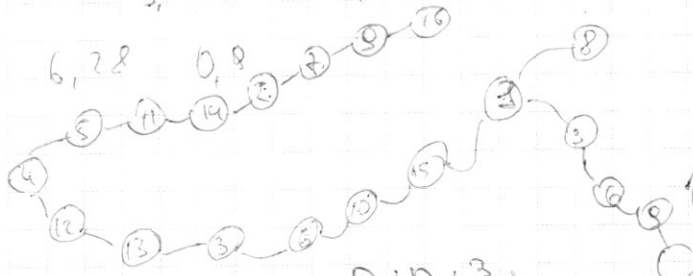
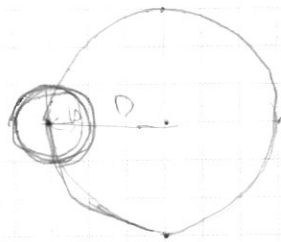
1-18

$$\frac{2,267}{8 \epsilon_0}$$

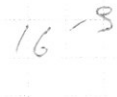
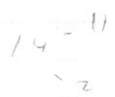
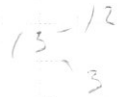
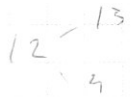
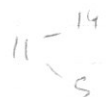
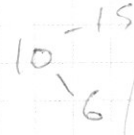
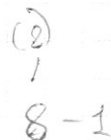
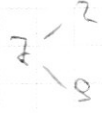
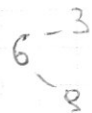
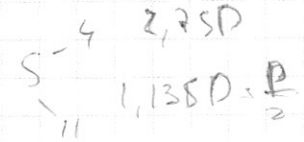
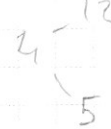
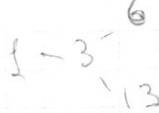
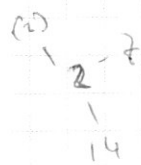
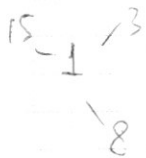
$$\frac{0,2}{3} = 0,067$$

$$\frac{0,8}{3} = 0,267$$

$$\frac{2,267}{3,14} = 2 \frac{2}{3,14}$$



$$D + D + \frac{3}{4} D$$



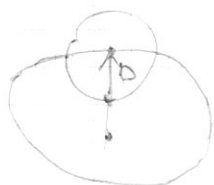
$$\begin{pmatrix} 0,135D \\ 0,135D \\ 0,385D \\ 1,355D \end{pmatrix}$$



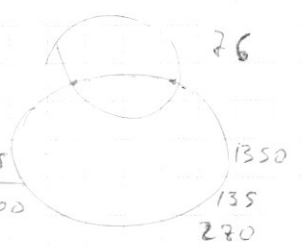
$$\frac{e}{2} \quad \frac{e}{2}$$

$$\left(\frac{2e}{8 \epsilon_0}\right) \left(\frac{2}{7}\right)^2 \cos^2 \frac{\alpha}{2} \frac{e}{2} \frac{\cos \alpha}{8}$$

D



$$D^4 \cdot \frac{135 \cdot 135 \cdot 385}{1000 \cdot 1000 \cdot 1000} = \frac{1355}{10000}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$ $18 \cdot \frac{2}{3} = x \cdot \frac{3}{5}$ $20 \cdot \frac{4}{5} - 18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} = 24 \quad | :2$
 $1 - \frac{4}{3} = \frac{18}{3}$ $18 \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} + 4 = 20 \cdot \frac{4}{5} + 12 = x \cdot \frac{3}{5}$ $\frac{4}{12} = x$ 20 м/с
 $v = \frac{2}{3} \text{ моль}$ $R_1 = 320 \text{ к}$ $R_2 = 400 \text{ к}$ $\frac{P_{\text{н}} V_{\text{н}}}{P_{\text{к}} V_{\text{к}}} = \frac{8}{8}$
 $P_{V_1} = 20 R T_1$ $P_{V_2} = 20 R T_2$ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$ $\frac{300}{400} = \frac{4}{5}$
 $Q_0 = Q_{\text{н}}$ $Q = \Delta U + A$
 из того $v_1 \cos \alpha = v_2 \cos \beta$
 $1 - \frac{4}{3} = \frac{3}{8}$ $v_1 - u$ $v_1 \cos \alpha - u = v_2 \cos \beta - 4$
 $24 \times 24 = 400 + 16 + 160 = 526$
 $(20+4) \times (20+4) =$
 $40 \times 20 + 2 \times 20 \times 4 + 4 \times 4 =$
 $Q_0 = Q_{\text{н}}$ $A + \Delta U_1 = A + \Delta U_2$ $U R \Delta T$
 $A + \Delta U_1$ $A + \Delta U_2$
 $-2F_0$ $v_1 = v_2$
 $F_0 = F$ $P_{\text{н}} V = 20 R T$ $P V = \gamma$
 $E_{\text{н}} = W_{L_1} + W_{L_2}$ $\frac{1}{F_0} - \frac{1}{480} = \frac{1}{8}$ 225×225
 $-2F_0$ $\frac{4 - F}{480}$
 $\frac{1}{3F_0} + \frac{1}{8} = \frac{1}{F_0}$
 $\frac{1}{3} F_0$ $\frac{S_1}{S_2} = \frac{R}{16}$
 $S = \pi R^2 =$ $\frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{8}{16}$
 $\frac{\pi D_2^2}{4} = 5$ $\frac{\pi D_2^2}{4} = \frac{8}{16}$
 $D_2 = \frac{2}{5} \sqrt{8}$
 $\frac{2 \pi \sqrt{2} L C}{16}$ $E = U_c + U_L + U_1$
 $\frac{2 I_0}{16}$ $\frac{8 F_0}{16}$ $23 \times 23 =$
 $400 + 8 + 1200 =$
 528
 $D_2 = \sqrt{\frac{4 S}{\pi}}$ $\frac{8 F_0}{16}$ $\frac{8}{4} D^2$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

