

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2022

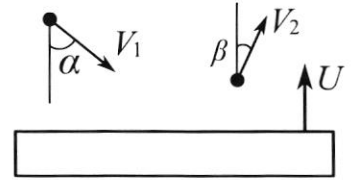
Класс 11

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.

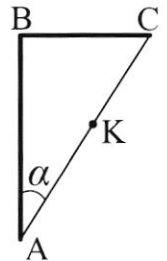


- 1) Найти скорость V_2 .
 - 2) Найти возможные значения скорости плиты U при таком неупругом ударе.
- Действие силы тяжести за малое время удара не учитывать. Ответы допустимы через радикалы из целых чисел.

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).

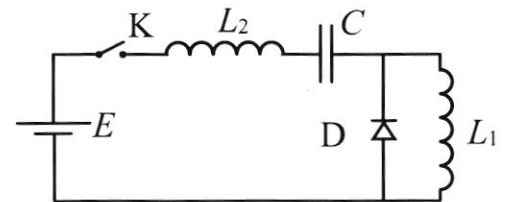
- 1) Найти отношение начальных объемов аргона и криптона.
- 2) Найти установившуюся температуру в сосуде.
- 3) Какое количество теплоты передал криптон аргону?

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.



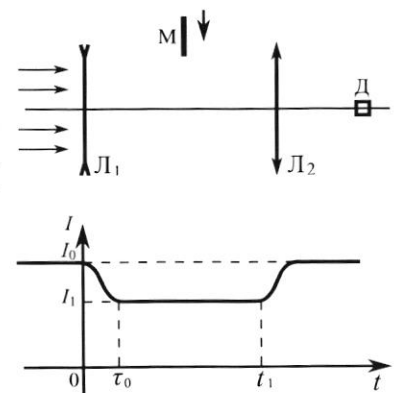
- 1) Пластина ВС заряжена с постоянной поверхностной плотностью заряда. Угол $\alpha = \pi/4$. Во сколько раз увеличится напряженность электрического поля в точке К на середине отрезка АС, если пластину АВ тоже зарядить с такой же поверхностной плотностью заряда?
- 2) Пластины ВС и АВ заряжены положительно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

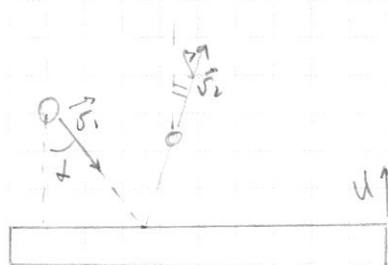
5. Оптическая система состоит из двух соосных тонких линз L_1 и L_2 (см. рис.) с фокусными расстояниями $-2F_0$ и F_0 , соответственно. Расстояние между линзами $2F_0$. Диаметры линз одинаковы и равны D , причем D значительно меньше F_0 . На линзу L_1 падает параллельно оси системы пучок света с одинаковой интенсивностью в сечении пучка. Прошедший через обе линзы свет фокусируется на фотодетекторе Д, на выходе которого сила тока пропорциональна мощности падающего на него света. Круглая непрозрачная мишень М, 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

№1)



Дано: $v_1 = 18 \text{ м/с}$

$$\sin \alpha = \frac{2}{3}$$

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

Найти: v_2 - после столкновения
2 ч

П.т.к. масса массивнее, при столкновении с шариком её импульс не изменится.

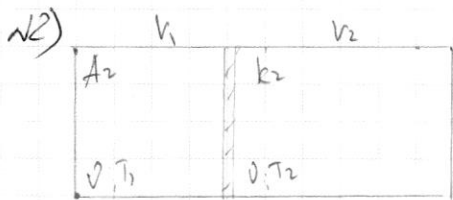
Тогда закон сохранения импульса:

$$-m v_1 \sin \alpha + m v_2 \sin \beta = 0$$

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

$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{18 \cdot 2 \cdot 5}{3 \cdot 3} = 20 \text{ м/с}$$

Ответ: 20 м/с



$V = \frac{3}{5} \text{ моль}$
 $T_1 = 320 \text{ К}$
 $T_2 = 400 \text{ К}$
 1. $\frac{V_2}{V_1} = ?$ 3. $Q = ?$ (критерий передат араласу)
 2. $T_k = ?$

1. Стрешень подвешенней $\rightarrow P = \text{const}$ (в + в обеих частях давление также одинаковое)

$k_1 \quad PV_1 = \nu RT_1$
 $k_2 \quad PV_2 = \nu RT_2 \Rightarrow$
 $V_1 = \frac{\nu R}{P} T_1$
 $V_2 = \frac{\nu R}{P} T_2$

$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{400}{320} = \frac{5}{4}$ Ответ: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{5}{4}$

2. V_0 - общий объём; $V_1 = \frac{4}{9} V_0$; $V_2 = \frac{5}{9} V_0$

$P = \text{const}$; $T_{k1} = T_{k2} \Rightarrow V_{k1} = V_{k2} = \frac{1}{2} V_0$
(конечные объёмы б-б равны)

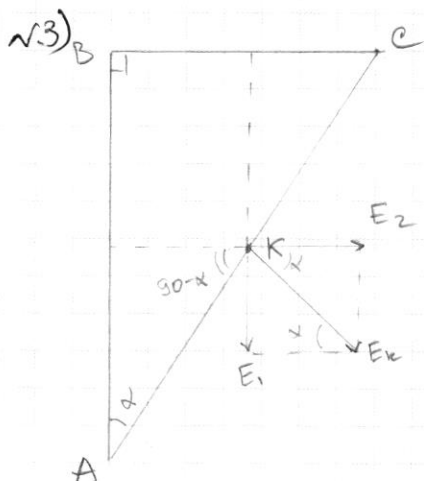
$k_1: \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_{k1}}{T_k} \Rightarrow \frac{4V_0}{9T_1} = \frac{V_0}{2T_k}$

$T_k = \frac{9T_1 V_0}{8V_0} = \frac{9}{8} T_1 = \frac{9 \cdot 320}{8} = \underline{360 \text{ К}}$

Ответ: $T_k = 360 \text{ К}$

$3. Q = \Delta U + A_r = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + P(V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T_2$
 $= \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5 \cdot 3 \cdot 8,31 \cdot 80}{2 \cdot 5} = 3 \cdot 83,1 \cdot 4 = 997,2$

Ответ: $Q = 997,2 \text{ Дж}$



$AB \perp BC$
 1. $\alpha = \frac{\pi}{4}$, $\frac{E_{Be}}{E_{AB+BC}} = ?$

2. $\sigma_{Be} = 0$; $\sigma_2 = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma$
 $\alpha = \frac{\pi}{4}$
 $E_k = 1$

1. E_1 - напр. от BC; E_2 - напр. от AB

$\vec{E}_k = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$

$E_k = \frac{E_1}{\sin \alpha} \Rightarrow \frac{E_k}{E_1} = \frac{1}{\sin \alpha} = \sqrt{2}$

Ответ: $\sqrt{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\approx 3.2) E_{BC} = \frac{kq_{BC}}{r_{BC}^2} = \frac{kq_{BC}}{(\frac{1}{2}AB^2)} = \frac{4kq_{BC}}{AB^2} = \frac{4kq_{BC} \operatorname{tg}^2 \alpha}{BC^2} = 4k\sigma_1 \operatorname{tg}^2 \alpha$$

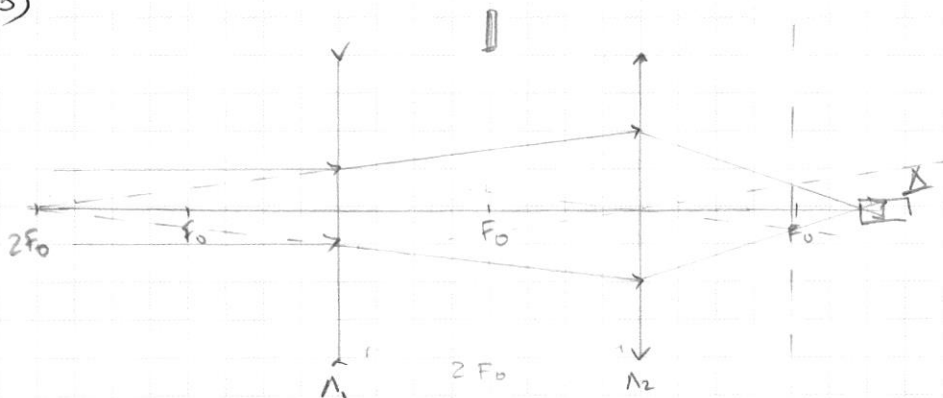
$$E_{AB} = \frac{kq_{AB}}{r_{AB}^2} = \frac{kq_{AB}}{(\frac{1}{2}BC^2)} = \frac{4kq_{BC}}{BC^2} = \frac{4kq_{BC}}{AB^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{4k\sigma_2}{\operatorname{tg}^2 \alpha}$$

$$E_c = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{(4k\sigma_1 \operatorname{tg}^2 \alpha)^2 + \left(\frac{4k\sigma_2}{\operatorname{tg}^2 \alpha}\right)^2} = 4k \sqrt{\sigma_1^2 \operatorname{tg}^4 \alpha + \frac{4\sigma_2^2}{19 \operatorname{tg}^4 \alpha}}$$

$$= \frac{4k\sigma}{7 \operatorname{tg}^2 \alpha} \sqrt{(7 \operatorname{tg}^2 \alpha - 2)(7 \operatorname{tg}^2 \alpha + 2)}$$

Ответ: $\frac{4k\sigma \sqrt{(7 \operatorname{tg}^2(\frac{10}{9}) - 2)(7 \operatorname{tg}^2(\frac{10}{9}) + 2)}}{7 \operatorname{tg}^2(\frac{10}{9})}$; где $k = 9 \cdot 10^9$

25)



- L_1 с фокус. $-2F_0$
 L_2 с фокус F_0 Δ - фотодет.
 D-диаметр линзы
 Гр. $I_1 = \frac{7}{10} I_0$ | T_0
 Расст. от M до L_1 $= F_0$
 1. Расст. от L_2 до Δ .
 2. \sqrt{N}
 3. t

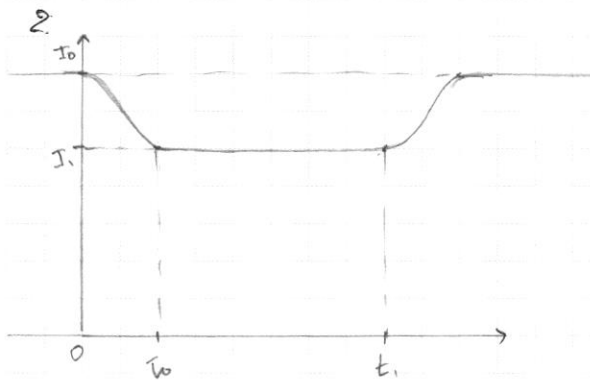
1. Формула линзы для L_2 :

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} - \frac{1}{4F_0} = \frac{3}{4} \frac{1}{F_0}$$

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

Лучи должны пересекаться в фотодетекторе:
 $r(\Delta; L_2) = f = \frac{4}{3} F_0$

Ответ: $\frac{4}{3} F_0$



Скорость движения мишеней равна скорости изменения тока на фотодетекторе за время τ_0

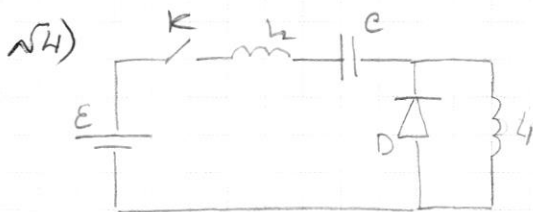
$$\Delta_M = \frac{|\Delta I|}{\Delta t} = \frac{|I_1 - I_0|}{\tau_0 - 0} = \frac{9I_0}{16\tau_0}$$

Ответ: $\frac{9I_0}{16\tau_0}$

3. За времени $(t_1 - t_0)$ - мишень пройдёт расстояние равное диаметру мишени; тогда

$$\frac{D}{\Delta_M} = t_1 - t_0 \Rightarrow t_1 = \frac{D}{\Delta_M} + t_0 = \frac{16D\tau_0}{9I_0} + t_0$$

Ответ: $\frac{16D\tau_0}{9I_0} + t_0$



$$L_1 = 5L; L_2 = 4L$$

1. T колеб
2. I_{01} через L_1
3. I_{02} через L_2

1. После замыкания ключа K в катушке L_2 возникнет колебания:

$$T = 2\pi\sqrt{L_2 C} = 4\pi\sqrt{LC}$$

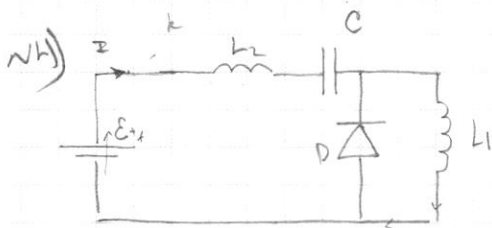
Ответ: $4\pi\sqrt{LC}$

3. ЗСЭ: $\frac{CE^2}{2} = \frac{L_2 I_{02}^2}{2}$

$$I_{02} = E\sqrt{\frac{C}{L_2}} = \frac{E}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Ответ: $\frac{E}{2}\sqrt{\frac{C}{L}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



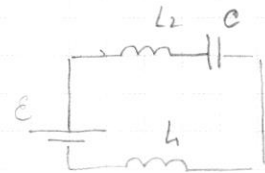
$$q \quad L_1 = 5L \quad ; \quad L_2 = 4L \quad ; \quad C$$

1 В. нап. период колебаний в L_2

$$T = 2\pi \sqrt{L_2 C} = 4\pi \sqrt{LC}$$

$$2 \quad U_{L_2} = -L_2 \frac{dI}{dt} \quad U_{L_2} = \frac{q}{C}$$

$$-L \ddot{q} - \frac{1}{C} q = \varepsilon$$

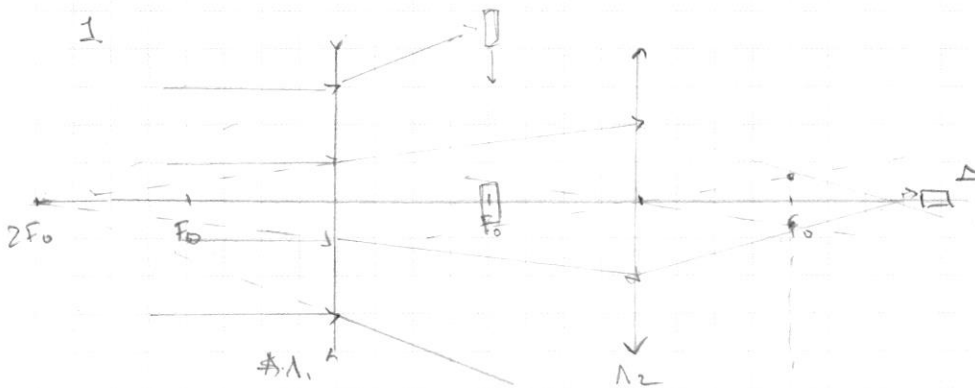


$$3. \quad \frac{CE^2}{2} = \frac{L_2 I_m^2}{2} \Rightarrow I_m = \varepsilon \sqrt{\frac{C}{L_2}} = \frac{\varepsilon}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$2. \quad \frac{CE^2}{2} = \frac{L_1 I_m^2}{2} \quad I_{02} = \frac{\varepsilon}{\sqrt{5L}}$$

15)

1



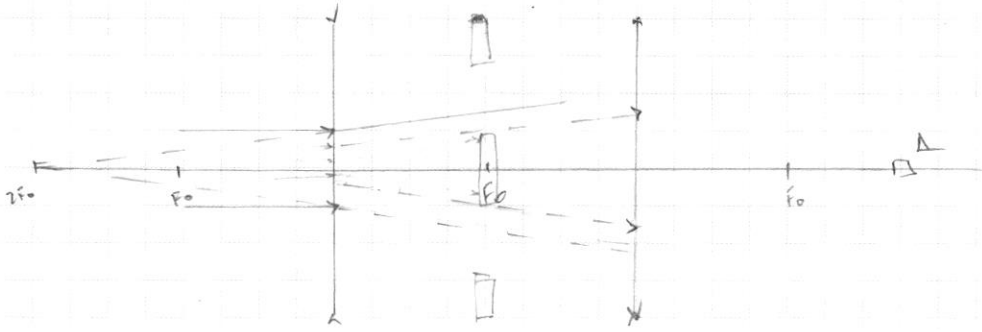
$$D \ll F_0$$

$$1. \quad L_2: \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{F_0} = \frac{1}{4F_0} + \frac{1}{f} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{F_0} - \frac{1}{4F_0} = \frac{3}{4F_0}$$

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

$$2. \quad \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{q I_0}{16 T_0}$$

$$t_1 = \frac{I}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} = \frac{I_0}{\frac{q I_0}{16 T_0}} = \frac{16 T_0}{q} = \frac{2}{3} T_0$$



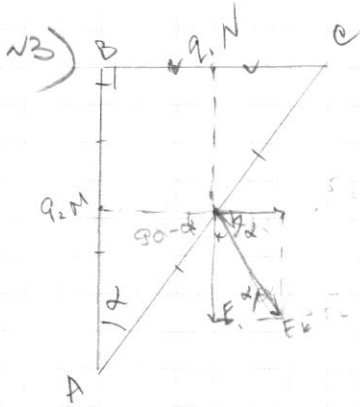
$$2. \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{9}{16} \frac{I_0}{T_0} = \underline{\sigma_M}$$

$$3. \quad \sigma \frac{D}{\sigma_M} = (\rho t_1 - T_0)$$

$$t_1 = \frac{D}{\sigma_M} \rightarrow T_0 = \frac{16DT_0}{9I_0} + T_0$$

$$\begin{aligned} \text{д) 3. } Q &= \Delta U + A_c = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + P(V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + P(V_2 - PV_1) = \frac{3}{2} \nu R \Delta T + \nu R \Delta T \\ &= \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{5}{2} \cdot \frac{8}{8} \cdot \frac{3}{8} \cdot 8,31 \cdot 80 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 80 = 3 \cdot 83,1 \cdot 4 = \\ &= 12 \cdot 83,1 = 997,2 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 83,1 \\ 12 \\ \hline 1662 \\ 831 \\ \hline 997,2 \end{array}$$



$$1. \alpha = \frac{\pi}{4} \quad \vec{E}_k = \vec{E}_1 + \vec{E}_2; \quad E_1 - \text{напр. от } BC \\ E_2 - \text{напр. от } AB$$

$$E_k = \frac{E_1}{\sin \alpha} \quad E_k \sin \alpha = E_1$$

$$\frac{E_k}{E_1} = \frac{1}{\sin \alpha} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$$

$$180 - 90 - 90 + \alpha =$$

$$\Rightarrow \sigma_{BC} = \sigma_1 = \sigma, \quad \sigma_{AB} = \sigma_2 = \frac{2}{7} \sigma; \quad \alpha = \frac{\pi}{4}$$

$$[E] = \frac{B}{M} = \frac{k\lambda}{M^2}$$

$$[\sigma] = \frac{k\lambda}{M^2}$$

$$U = \Delta U = \frac{kq}{2}$$

$$E = \frac{kq}{L^2} = \frac{U}{2}$$

$$F = \frac{k\lambda^2}{M^2}$$



$$E = \frac{kq}{L^2} = \sigma = \frac{q_{max}}{S}$$

$$E = \sigma$$

$$49 + 4 = 53 \\ 53L$$

$$E_k = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{\sigma^2 + \frac{4\sigma^2}{49}} = \frac{k\sqrt{53}\sigma}{7}$$

$$F_{BC} = \frac{kq_{BC}}{L_{BC}^2} = \frac{kq_{BC}}{(\frac{1}{2}AB)^2} = \frac{4kq_{BC}}{AB^2} = \frac{4kq_{BC}}{BC^2} + g^2\alpha = 4k\sigma + g^2\alpha$$

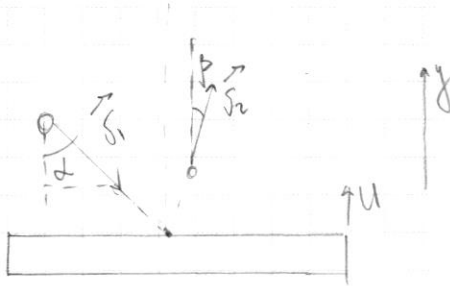
$$F_{AB} = \frac{kq_{AB}}{(\frac{1}{2}BC)^2} = \frac{4kq_{AB}}{BC^2} = \frac{4kq_{AB}}{AB^2 + g^2\alpha} = \frac{4k2\sigma}{7 + g^2\alpha}$$

$$E_k = \sqrt{F_{BC}^2 + F_{AB}^2} = 4k\sigma \sqrt{1 + g^4\alpha} - \frac{4}{49 + g^4\alpha} = \frac{4k\sigma}{7 + g^2\alpha} \sqrt{49 + g^4\alpha} - 4$$

$$= \frac{4k\sigma}{7 + g^2\alpha} \sqrt{(7 + g^4\alpha - 2)(7 + g^4\alpha + 2)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

21)



$$v_1 = 10 \text{ м/с} \quad \sin \alpha = \frac{2}{3} \quad \sin \beta = \frac{3}{5}$$

т.к. места массовых центров
1 - $m v_1 \sin \alpha + m v_2 \sin \beta$

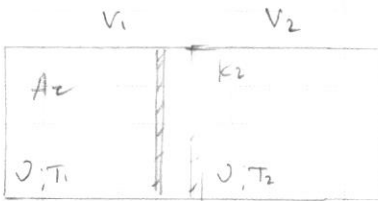
$$v_1 \sin \alpha = v_2 \sin \beta$$

$$v_2 = \frac{v_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{10 \cdot 2 \cdot 5}{3 \cdot 3} = 4.5 = 20 \text{ м/с}$$

$$2. \quad m v_1 \sin \alpha + M u - (M u + m v_2 \sin \beta) = 0$$

и

22)



$$V = \frac{3}{5} \text{ моль}$$

$$T_1 = 320 \text{ К}$$

$$T_2 = 400 \text{ К}$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1 P_2}{T_2 P_1}$$

Поршень — газ

$P_1 = P_2$ ← процесс изобарный

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{320}{400} = \frac{4}{5}$$

$$V_1 + V_2 = V_0$$

$$V_1 = \frac{4}{9} V_0$$

$$V_{k1} = V_{k2}$$

$$\sum_i A_i: \frac{V_{k1}}{T_1} = \frac{V_{k2}}{T_2}$$

$$k_2 \frac{V_{k2}}{T_2} = \frac{V_{k2}}{T_2} V_{k1}$$

$$k_2 \frac{V_{k1} V_0}{9 T_1} = \frac{1 V_0}{2 T_2} \Rightarrow \frac{4}{9 T_1} = \frac{1}{2 T_2}$$

$$T_2 = \frac{9 T_1}{4 \cdot 2} = \frac{9}{8} T_1 = \frac{9 \cdot 320}{8} =$$

$$\frac{5}{9 T_2} = \frac{1}{2 T_2} \quad T_2 = \frac{9 T_2}{10} = \frac{9 \cdot 400}{10}$$

360



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)