



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 10 класс

Место проведения Самара
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов 25
наименование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Еховских Михаила Андреевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата
«14» сентября 2025 года

Подпись участника
Еховских

11 (Продолжение)

исходники

$\Rightarrow$ Т.к. кол. газовый клин движется равномерно $\Rightarrow S = v_2 t$

$$\Rightarrow S = \frac{m v_0}{\mu} \cdot \frac{v_0 \sqrt{\frac{M-m}{M}}}{g} = \frac{m v_0^2 \sqrt{\frac{M-m}{M}}}{M g} =$$

$$= \frac{36 \cdot 25 \cdot \sqrt{\frac{100-36}{100}}}{100 \cdot 10} = \frac{36 \cdot 25 \cdot 0,8}{100 \cdot 10} = \frac{36 \cdot 20}{1000} =$$

$$= \frac{36}{50} = 0,72 \text{ м}$$

Ответ: $S = 0,72 \text{ м}$ - пройдёт клин ~~против~~ ^{по} ходу газа

12

Дано:

$$n = 2\% \Rightarrow n = 0,02$$

$$k = 1\% \Rightarrow k = 0,01 - \text{уменьшилось}$$

$$\mu(N_2) = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$C_V = 745 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$R = 8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

η - ?

$\Rightarrow$ Температура увеличилась на 1% (пусть ΔT - относительное измен. $T \Rightarrow \Delta T = 0,01$)

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} \nu R \Delta T - \text{изменение внутренней энергии}$$

$$\Delta U = 2,5 \nu R \Delta T$$

т.к. Азот двухатомный $(i = \frac{2C_V \mu}{R} = 5)$

$$A = p \cdot \Delta V - \text{по условию изохорический процесс}$$

идеальный газ

Решение:

Запишем уравнение Менделеева - Клапейрона

для малых изохорических

$$\frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta T}{T}$$

$$\Delta T = \frac{\Delta T}{T} = n + k = 0,02 + 0,01 = 0,03$$

числовые

№2 (продолжение)

Теперь запишем уравнение Менделеева - Клапейрона

$$pV = \nu RT, \text{ и заметим, что } A = pV \cdot \frac{\Delta V}{V} = n pV$$

$$\text{а } \Delta U = \nu RT \cdot \frac{\Delta T}{T} \cdot 2,5 = 2,5 \cdot \nu \cdot RT = 2,5 \cdot \nu \cdot pV, \text{ т.к. } \nu RT = pV$$

$$\Rightarrow Q = 2,5 \nu \cdot pV + n pV = (2,5 \nu + n) pV$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{A}{Q} \cdot 100\% = \frac{n pV}{(2,5 \nu + n) pV} = \frac{n}{2,5 \nu + n} = \frac{0,02}{2,5 \cdot 0,01 + 0,02} =$$

$$= \frac{2}{2,5 + 2} = \frac{2}{4,5} = \frac{4}{9} \Rightarrow \text{Искомый } \eta = \frac{A}{Q} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{n pV}{(2,5 \nu + n) pV} \cdot 100\% = \frac{n}{2,5 \nu + n} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{2}{2,5 + 2} \cdot 100\% = \frac{4}{9} \cdot 100\% \approx 44\%$$

$$\text{Ответ: } \eta = \frac{A}{Q} \approx 44\%$$

№3

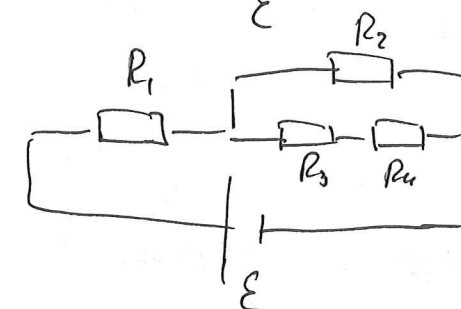
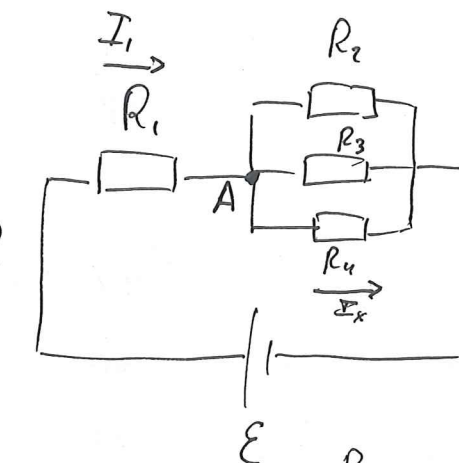
Дано:

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$$

$$P = 30 \text{ Вт}$$

$$\Delta I = 2 \text{ А}$$

$$\mathcal{E} = ?$$



Решение
Пусть в первом
случае сила
тока I_1 , а
во втором I_2
Искать их

13 (Продолжение) { числами }

Найдём эквивалентное сопротивление первой цепи: $R_{2-4} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{R}{3}$

$$R_{\text{экв.1}} = R_1 + R_{2-4} = R + \frac{R}{3} = \frac{4R}{3}$$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{экв.1}}} = \frac{3\mathcal{E}}{4R}$$

Найдём эквивалентное сопротивление второй цепи:

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 2R$$

$$R_{234} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{34}}} = \frac{R_2 R_{34}}{R_2 + R_{34}} = \frac{2}{3}R$$

$$R_{\text{экв.2}} = R_1 + R_{234} = R + \frac{2}{3}R = \frac{5R}{3}$$

$$\Rightarrow I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{экв.2}}} = \frac{3\mathcal{E}}{5R}$$

$$\Rightarrow \Delta I = I_1 - I_2 = \frac{3\mathcal{E}}{4R} - \frac{3\mathcal{E}}{5R} = 3\mathcal{E} \left(\frac{1}{4R} - \frac{1}{5R} \right) = \frac{3\mathcal{E}}{20R}$$

Теперь рассмотрим первую цепь, пусть через R_4 течёт ток I_x , тогда такой же ток течёт и по R_2 , и по R_3 , т.к. $R_2 = R_3 = R_4 = R$, и соединения резистора параллельно

$\Rightarrow$ Теперь рассмотрим узел А:

по первому правилу Кирхгофа: $I_1 = 3I_x$

$$\Rightarrow I_x = \frac{I_1}{3} = \frac{\mathcal{E}}{4R} \Rightarrow P = I_x^2 R_4 = \frac{\mathcal{E}^2}{16R^2} \cdot R = \frac{\mathcal{E}^2}{16R} = 30 \text{ Вт} - \text{по усн.}$$

листовик

№5 (Продолжение)

— этот же заряд равен суммарному заряду всех электронов прошедших через поперечное сечение проводника ^{за это время}, поперечное сечение в.с., каждый электрон прошёл ^{расстояние} $a \Rightarrow$ при концентрации электронов n в пламени прошёл заряд $q = e \cdot n \cdot a \cdot v$, где e — заряд электрона

$$\Rightarrow \text{имеем } U = B \cdot v \cdot c \Rightarrow v = \frac{U}{B \cdot c} \Rightarrow \frac{1}{v} = \frac{B \cdot c}{U}$$

$$v \cdot r = a \Rightarrow r = \frac{a}{v}$$

$$q = I \cdot r$$

$$q = e \cdot n \cdot a \cdot v$$

$$\Rightarrow e \cdot n \cdot a \cdot v = I \cdot r$$

$$e \cdot n \cdot a \cdot v = \frac{I \cdot a}{v}$$

$$e \cdot n \cdot a \cdot v = I \cdot a \cdot \frac{1}{v}$$

$$e \cdot n \cdot a \cdot v = I \cdot a \cdot \frac{B \cdot c}{U}$$

$$e \cdot n \cdot v = \frac{I B}{U}$$

$$\Rightarrow n = \frac{I B}{e \cdot v \cdot U} = \frac{8 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 0,1 \text{ m}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ м} \cdot 4 \cdot 10^3 \text{ В}} =$$

$$= \frac{8 \cdot 10^{-4}}{8 \cdot 4 \cdot 10^{-25}} = \frac{1}{4} \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3} = \frac{1}{4} \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3} = 2,5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$$

$$n = 2,5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3} \text{ — искомая концентрация электронов проводимости}$$

$$\text{Ответ: } n = 2,5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$$

листовик

№3 (Продолжение)

Имеем систему из 2 уравнений с 2 неизвестными

$$\frac{3E}{20R} = \Delta I$$

$$\frac{E^2}{16R} = P$$

$$\Rightarrow \frac{E^2}{16R} \cdot \frac{20R}{3E} = \frac{P}{\Delta I}$$

$$\frac{20E}{48} = \frac{P}{\Delta I} \Rightarrow E = \frac{2,4 P}{\Delta I} = \frac{2,4 \cdot 30 \text{ Вт}}{2 \text{ А}}$$

$$= 36 \text{ В}$$

$$\Rightarrow E = 36 \text{ В — искомая ЭДС источника}$$

$$\text{Ответ: } E = 36 \text{ В}$$

№4

Дано:

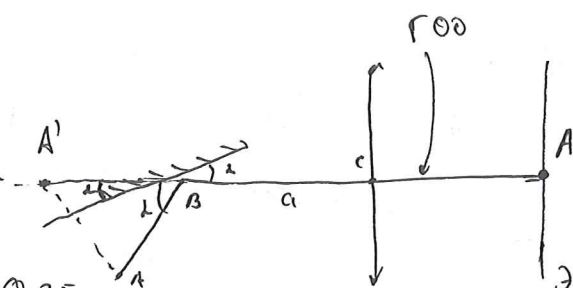
$$F = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$$

$$\angle = 30^\circ$$

$$AB = l = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$$

$$BC = a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$v = 2 \text{ см/с}$$



Решение

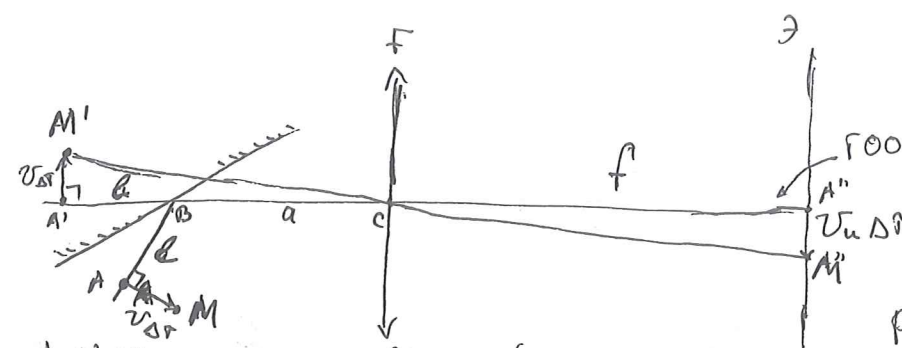
Такая позиция зеркала, которое пересекает ГОО под $\angle$ в точке B, говорит

о том, что A' — изображение A —

лежит на этой прямой, т.к. AB перпендикулярна плоскости зеркала таким образом, получаются противоположные углы, что говорит о том что лучи BA' и BC — лежат на одной прямой $\Rightarrow$ из зеркальной симметрии скорость A' — направлена перпендикулярно ГОО и направлена вверх (т.е. так же как скорость точки A к AB на рисунке чертёж получим (см. след. чертеж)

Кисович

УЧ (Продолжение)



A, A', A'' - точка A, её отражение и изображение
M, M', M'' - муха, её отражение и изображение

Это следует из формулы тонкой линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f} \quad d = \text{const} \Rightarrow f = \text{const}, \text{ т.к. } f = \text{const}$$

$\Rightarrow$ изображение $\neq$ отражение муха всё время будет спроецироваться на экран, тогда рассмотрим ^{маленький} промежуток времени Δt и муха пролетит Δd в новую точку. Луч выходящий из точки и проходящий через опт. центр линзы не преломляется $\Rightarrow$ её изображение будет в точке пересечения этой прямой и плоскости экрана (см. рисунок)

$\Rightarrow$ расстояние которое прошло изображение $U \Delta t$, где U - линейная скорость изображения. Надо учесть, что т.к. экран в положении макс. ^{маленькой} резкости изображения, то он установлен на расстоянии f от линзы где f из формулы тонкой линзы

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{d}} = \frac{fd}{d-f}, \text{ где}$$

d - расстояние от предмета до линзы $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{из рисунка } d = l + a = 0,25 \text{ м} + 0,1 \text{ м} = 0,35 \text{ м} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f = \frac{0,35 \cdot 0,35}{0,35 - 0,35} = 2,1 \text{ м}$$

при движении перпендикулярно
ГОО - расстояние
спроецированной
изображения
не меняется
т.к. не меняется
расстояние от пред-
мета до линзы

Кисович

УЧ (Продолжение)

таким образом мы получили подобие
треугольником $\Rightarrow \frac{U \Delta t}{\Delta d} = \frac{f}{d} = \frac{f}{f} = 1$

$$\Rightarrow U = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{2 \text{ см} \cdot 2,1 \text{ м}}{0,35 \text{ м}} = 2 \text{ см} \cdot 6 = 12 \text{ см/с}$$

$\Rightarrow U = 12 \text{ см/с}$ - линейная скорость изображения

Ответ: $U = 12 \text{ см/с}$

У5

Дано:

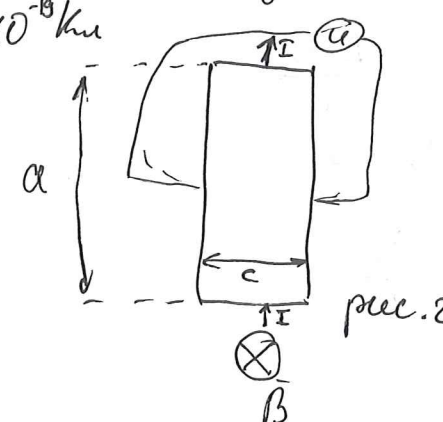
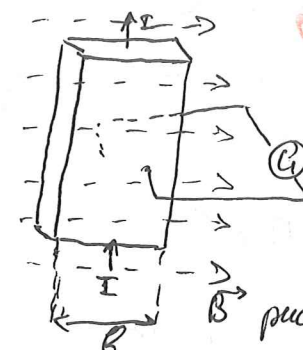
$$I = 8 \text{ мА} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

$$U = 4 \text{ мВ} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ В}$$

$$b = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$c = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ км}$$



Решение:

Развернём
нашу конструкцию
на 90°

Пусть c - ^{ширина} ~~размер~~
изображения на рис. 2
стенки

Тогда для неё
справедливо

$U = B \cdot v \cdot c$, где v -
скорость электронов
в этой пластине, тогда

т.к. ток постоянный, то эта скорость не меняется,
тогда рассмотрим промежуток времени τ
за который электрон пройдёт всю длину
пластинки, обозначим её за a , тогда
 $v \cdot \tau = a$, с другой стороны через пластинку

пройдёт заряд $q = I \tau \Rightarrow$ от неё ^{сум-}
получим заряд q пластины, т.к. за τ электроны про-
двинулись на расстояние a ^{длина пластины}
даём ^{длина пластины} ^{на расстоянии}