

Министерство образования и науки РФ  
 Совет ректоров вузов Томской области  
 Открытая региональная межвузовская олимпиада  
 2013-2014

**ФИЗИКА**

11 класс

I этап

Вариант 1

1. Какой заряд имел бы  $1 \text{ см}^3$  железа, если бы из него удалили миллионную долю содержащихся в нем электронов? Молярная масса железа  $56 \text{ г/моль}$ , атомный номер –  $26$ , плотность –  $7,9 \text{ кг/дм}^3$ .

Оценка задания № 1 – 10 баллов

**Решение:**

Атомный номер железа –  $26$ , значит в одном атоме –  $26$  электронов. Число атомов в данном объеме определим из формулы:

$$N = m \cdot N_A / A,$$

где  $N_A$  – число Авогадро,  $A$  – молярная масса, а  $m = \rho \cdot V$  ( $\rho$ ,  $V$  – плотность и объем).

Тогда число электронов в объеме  $V$

$$N_e = N \cdot Z = N_A \cdot Z \cdot \rho \cdot V / A, \text{ где } Z \text{ – атомный номер.}$$

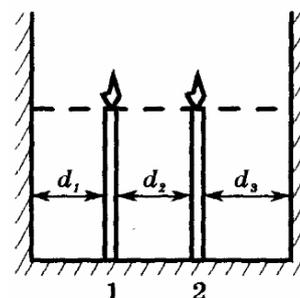
После удаления миллионной доли электронов заряд определится как:

$$q = n \cdot N_A \cdot Z \cdot \rho \cdot V \cdot e / A, \text{ где } e \text{ – заряд электрона, } n \text{ – доля удаленных электронов.}$$

в СИ:

$$q = 10^{-6} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 26 \cdot 7,9 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} / 0,056 \approx 0,353 \text{ Кл}$$

2. Две свечи одинаковой длины  $l$  зажгли одновременно и поставили, как показано на рисунке. Скоро наблюдатель заметил, что тень первой свечи на левой стене неподвижна, а тень второй свечи на правой стене укорачивается со скоростью  $v$ . Определите, через какой промежуток времени сгорит свеча № 1. Расстояния  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  считать известными.



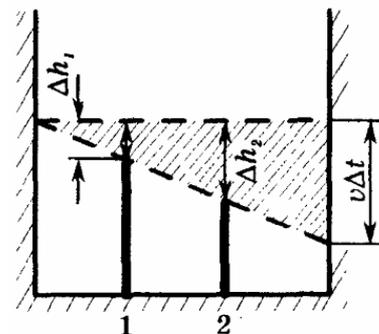
Оценка задания № 2 – 10 баллов

**Решение:**

Пусть за время  $\Delta t$  длина первой свечи уменьшилась на  $\Delta h_1$ , а второй – на  $\Delta h_2$  (см. рисунок). Тень на правой стене опустилась за это время на  $v\Delta t$ . Заштрихованная на рисунке фигура содержит три подобных треугольника. Из их подобия следует:

$$\frac{\Delta h_1}{d_1} = \frac{\Delta h_2}{d_1 + d_2} = \frac{v\Delta t}{d_1 + d_2 + d_3}$$

Отсюда находим скорости сгорания свечи:



$$v_{\text{свечи}} = \frac{\Delta h_1}{\Delta t} = v \frac{d_1}{d_1 + d_2 + d_3},$$

Отсюда находим время сгорания свечи:

$$t_1 = \frac{l}{v_{\text{свечи}}} = \frac{l \cdot (d_1 + d_2 + d_3)}{v d_1},$$

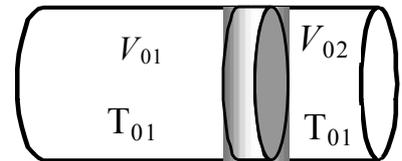
3. Горизонтально расположенный закрытый цилиндрический сосуд длиной 2,4 м с гладкими стенками, разделенный на две части легким теплонепроницаемым поршнем, заполнен одноатомным идеальным газом. В начальный момент объем левой части сосуда вдвое больше объема правой, а температура газа в обеих частях одинакова. На какое расстояние переместится поршень, если температуру газа в правой части увеличить вдвое, а в левой – поддерживать постоянной?

Оценка задания № 3 – 10 баллов

**Решение.**

Запишем уравнение Менделеева – Клапейрона для правой и левой частей объема в начальный момент

$$\frac{p_{01} 2V_0}{3} = \nu_1 R T_{01} \quad (1)$$



$$\frac{p_{02} V_0}{3} = \nu_2 R T_{01} \quad (2)$$

Поскольку поршень находится в равновесии, то

$$p_{01} = p_{02}. \quad (3)$$

Поделив левые и правые части уравнений (1) и (2) друг на друга, получим

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = 2. \quad (4)$$

Так как в левой части сосуда температура остается неизменной, а в правой увеличивается то давление в правой части будет больше давления в левой части и поршень, сместившись влево, занимает новое равновесное положение. Тогда

$$p_1 S \left( \frac{2\ell_0}{3} - \Delta x \right) = \nu_1 R T_{01}. \quad (5)$$

$$p_2 S \left( \frac{\ell_0}{3} + \Delta x \right) = 2\nu_2 R T_{01}, \quad (6)$$

где  $S$  – площадь поршня, а  $\Delta x$  – его смещение.

В равновесном положении  $p_1 = p_2$ .

Тогда из уравнений (5) и (6) получим

$$\frac{2l_o - 3 \cdot \Delta x}{l_o + 3 \cdot \Delta x} = \frac{1}{2} \frac{v_1}{v_2} = 1. \quad (7)$$

Из уравнения (7) найдем искомое значение

$$\Delta x = \frac{l_o}{6} = 0,4 \text{ (м)}.$$

4. Камень массой 200 г брошен с горизонтальной поверхности под углом к горизонту и упал обратно на эту поверхность на расстоянии 5 м от точки бросания через 1,2 с. Найдите работу, затраченную при бросании.

Оценка задания № 4 – 20 баллов

**Решение:**

Работа, совершенная при бросании затрачивается на сообщение камню начальной скорости  $v_0$  у поверхности (в точке 1).

Т.е.  $A = m \cdot v_0^2 / 2$ . В соответствии с законом сохранения энергии камня будет равна этому значению в любой точке траектории.

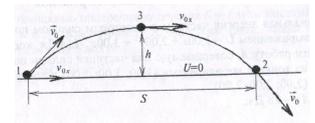
В точке 2 (точке падения) потенциальная энергия равна 0, значит модуль скорости в этой точке равен  $v_0$ . Для нее координата  $x = S$  (дальность полета) =  $v_0^2 \cdot \sin(2\alpha) / g = 2 \cdot v_0^2 \cdot \sin(\alpha) \cos(\alpha) / g$ , а время полета  $t = 2 \cdot v_0 \cdot \sin(\alpha) / g$

Выразим из второго уравнения  $\sin(\alpha)$ , подставим в первое и возведем его в квадрат:

$$S^2 = v_0^2 \cdot t^2 - g^2 \cdot t^4 / 4$$

$$v_0^2 = S^2 / t^2 + g^2 \cdot t^2 / 4$$

$$A = (m/2) (S^2 / t^2 + g^2 \cdot t^2 / 4) = (0,2/2) \cdot (5^2 / 1,2^2 + 10^2 \cdot 1,2^2 / 4) \approx 5,3 \text{ Дж}$$



**Внимание!** Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

**Желаем успеха!**

Министерство образования и науки РФ  
Совет ректоров вузов Томской области  
Открытая региональная межвузовская олимпиада  
2013-2014

ФИЗИКА

11 класс

I этап

Вариант 2

1. Некоторый газ при температуре  $91^\circ\text{C}$  и давлении  $800\text{ кПа}$  имеет плотность  $5,4\text{ кг/м}^3$ . Найти массу одной молекулы этого газа.

Оценка задания № 1 – 10 баллов

**Решение:**

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T / \mu.$$

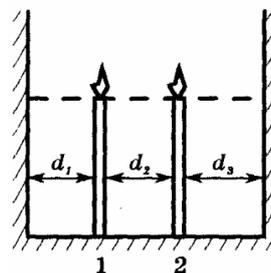
т.к.  $m = \rho \cdot V$ , то

$$\mu = \rho R \cdot T / p \text{ – молярная масса.}$$

В 1 моле вещества число молекул равно числу Авогадро  $N_A$ . Тогда масса одной молекулы:

$$\mu_0 = \mu / N_A = \rho R \cdot T / (p N_A) = 5,4 \cdot 8,31 \cdot 364 / (8 \cdot 10^5 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}) \approx 3,4 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$$

2. Две свечи одинаковой длины  $l$  зажгли одновременно и поставили, как показано на рисунке. Скоро наблюдатель заметил, что тень на левой стене поднимается со скоростью  $v_1$ , а на правой – опускается со скоростью  $v_2$ . Определите, через какой промежуток времени сгорит свеча № 1. Расстояния  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  считать известными.



Оценка задания № 2 – 10 баллов

**Решение:**

1. Пусть за время  $\Delta t$  первая свеча укоротилась на  $\Delta h_1$ , а вторая на  $\Delta h_2$  (см. рисунок).

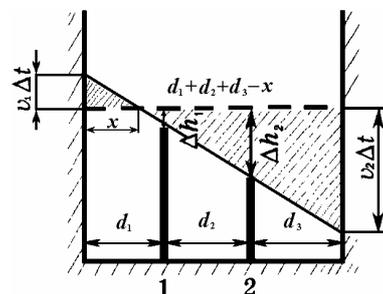
Из рисунка видно, что заштрихованные треугольники подобны. Следовательно:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 - x}{x}.$$

Отсюда:  $x \left( \frac{v_2}{v_1} + 1 \right) = d_1 + d_2 + d_3$  и

$$x = \frac{(d_1 + d_2 + d_3)v_1}{v_1 + v_2} \quad (1)$$

2. Из подобия треугольников:



$$\frac{v_1 \Delta t}{x} = \frac{\Delta h_1}{d_1 - x} = \frac{v_{свеч1} \Delta t}{d_1 - x}$$

$$v_{свеч1} = v_1 \frac{d_1 - x}{x} = v_1 \left( \frac{d_1}{x} - 1 \right)$$

С учётом (1):

$$v_{свеч1} = \frac{d_1 v_2 - (d_2 + d_3) v_1}{d_1 + d_2 + d_3}$$

Тогда, время, за которое сгорит первая свеча:

$$t_{свеч1} = \frac{l}{v_{свеч1}} = \frac{(d_1 + d_2 + d_3) l}{d_1 v_2 - (d_2 + d_3) v_1}$$

3. В закрытом цилиндре по одну сторону легкоподвижного поршня имеется некоторая масса газа при температуре  $-70^\circ\text{C}$ , а по другую сторону поршня – такая же масса газа при температуре  $+25^\circ\text{C}$ . Поршень находится в равновесии. Общий объем газа 4 л. Определить объем каждой из частей цилиндра.

Оценка задания № 3 – 10 баллов

**Решение:**

Запишем объединенный газовый закон:

$$P_1 \cdot V_1 / T_1 = P_2 \cdot V_2 / T_2$$

Т.к. поршень находится в равновесии, то  $P_1 = P_2$ ,

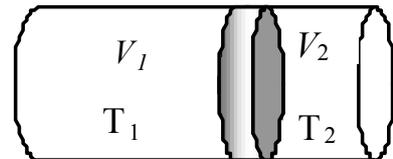
следовательно

$$V_1 / T_1 = V_2 / T_2, \text{ тогда } V_2 = T_2 \cdot V_1 / T_1$$

Объем цилиндра  $V = V_1 + V_2 = V_1 + T_2 \cdot V_1 / T_1 = V_1 \cdot (1 + T_2 / T_1)$ , откуда

$$V_1 = V / (1 + T_2 / T_1) = 4 / (1 + 298 / 203) \approx 1,62 \text{ л, а}$$

$$V_2 = V - V_1 = 4 - 1,62 = 2,38 \text{ л}$$



4. Из пушки выпустили последовательно два снаряда с одинаковой скоростью 250 м/с. Первый снаряд под углом  $60^\circ$ , второй – под углом  $45^\circ$  к горизонту. Найдите интервал времени между выстрелами, при котором снаряды столкнутся друг с другом.

Оценка задания № 4 – 20 баллов

**Решение:**

Момент вылета первого снаряда примем за начало отсчета времени. Тогда второй снаряд вылетел на  $\Delta t$  позже.

Запишем уравнения движения для первого снаряда:

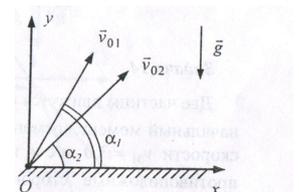
$$\text{По оси } x: x_1 = v_{01} \cdot t \cdot \cos(\alpha_1)$$

$$\text{По оси } y: y_1 = v_{01} \cdot t \cdot \sin(\alpha_1) - g \cdot t^2 / 2$$

Для второго снаряда:

$$\text{По оси } x: x_2 = v_{02} \cdot (t - \Delta t) \cdot \cos(\alpha_2)$$

$$\text{По оси } y: y_2 = v_{02} \cdot (t - \Delta t) \cdot \sin(\alpha_2) - g \cdot (t - \Delta t)^2 / 2$$



В момент столкновения ( $t_0$ ) координаты снарядов совпадают (т.е.  $x_1 = x_2$ ,  $y_1 = y_2$ ). Учитывая, что  $v_{01} = v_{02} = v_0$ , получим:

$$v_0 \cdot t_0 \cdot \cos(\alpha_1) = v_0 \cdot (t_0 - \Delta t) \cdot \cos(\alpha_2) \quad (1)$$

$$v_0 \cdot t_0 \cdot \sin(\alpha_1) - g \cdot t_0^2 / 2 = v_0 \cdot (t_0 - \Delta t) \cdot \sin(\alpha_2) - g \cdot (t_0 - \Delta t)^2 / 2 \quad (2)$$

Выразив  $t_0$  из уравнения (1) и подставив в (2) получим:

$$\Delta t = 2 v_0 \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha_2) / g \cdot (\cos(\alpha_2) + \cos(\alpha_1)) = 2 \cdot 250 \cdot \sin(15^\circ) / 10 \cdot (\cos(45^\circ) + \cos(60^\circ)) \approx 10,7 \text{ с}$$

**Внимание!** Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

**Желаем успеха!**