Всероссийская олимпиада школьников
II (муниципальный) этап
Физика
9 класс

Общее время выполнения работы – **3 часа 50 минут.**
Максимальное количество баллов - **50**
При выполнении работы можно пользоваться непрограммируемым калькулятором.

ЗАДАЧА № 1. (10 баллов)
Обмотка реостата имеет сопротивление R_0. Для каждой из трех схем включения реостата (рис. *а, б, в)* постройте график зависимости сопротивления цепи R от сопротивления r ***правой части*** реостата.

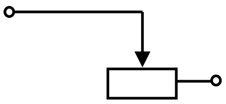


рис. *а*

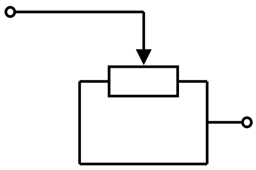


рис. *б*

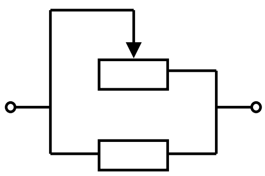
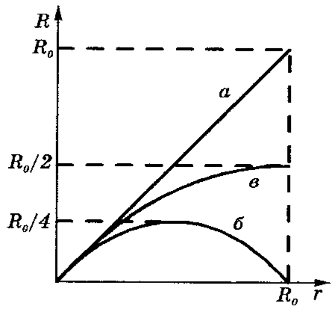


рис. *в*

РЕШЕНИЕ:



Для схемы, на рис. *а*, очевидно, $R = r$. Таким образом, зависимость будет линейной с максимальным значением R_0=R
В схеме, на рис. *б* части реостата с сопротивлениями r и $R_0 - r$ соединены параллельно

$$R = \frac{r(R_0 - r)}{r + (R_0 - r)} = \frac{r(R_0 - r)}{R_0} = -\frac{1}{R_0}r^2 + r$$

Вид графика парабола , с максимальным значением $R=R_0/4$ при $r=R_0/2$
В схеме, на рис. *в* соединены параллельно проводники с сопротивлениями r и R_0 поэтому:

$$R = \frac{rR_0}{r + R_0}$$

с максимальным значением $R=R_0/2$ при $r=R_0$.

Критерии оценивания задачи №1.

Получен и представлен график а)	**2 балла**
Получен и представлен график б)	**4 балла**

Получен и представлен график в)	**4 балла**

ЗАДАЧА № 2. (10 баллов)

Сплошной шарик из алюминия диаметром d = 1 *см* бросили в 50%-ный раствор азотной кислоты. В данных условиях с одного квадратного сантиметра поверхности растворяется 10^{-4} *г* алюминия в час. Через какое время шарик полностью растворится в кислоте? (плотность аллюминия ρ=2,7 г/см^3)

РЕШЕНИЕ.

Рассмотрим процесс коррозии. Пусть в некоторый момент времени шарик имел радиус R и площадь поверхности S, и пусть за маленький промежуток времени Δt радиус шарика вследствие коррозии уменьшился на величину ΔR.
Тогда объём растворённого за это время алюминия будет равен

$$\Delta V = S\Delta R, \qquad (1)$$

его масса составляет

$$\Delta m = \rho S\Delta R. \qquad (2)$$

С другой стороны, масса растворённого за время Δt алюминия равна

$$\Delta m = GS\Delta t, \qquad (3)$$

где $G = 10^{-4}$ *г/(см^2·ч)* - количество граммов металла, растворяющегося за один час с одного квадратного сантиметра поверхности.
Приравняем полученные выражения:

$$\rho S\Delta R = GS\Delta t.$$

Отсюда скорость уменьшения радиуса шарика:

$$\Delta R/\Delta t = G/\rho. \qquad (4)$$

Мы видим, что радиус шарика уменьшается с постоянной скоростью. Теперь можно получить ответ задачи. Ясно, что шарик растворится полностью тогда, когда изменение его радиуса ΔR станет равно половине его начального диаметра. Тогда из последней формулы получаем:

$$T = \rho d/\, 2G = 562{,}5 \text{ суток} \sim 18{,}5 \text{ месяцев}. \qquad (5)$$

ОТВЕТ: 18,5 месяцев

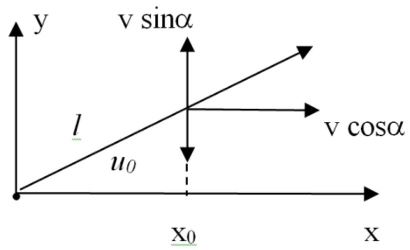
Критерии оценивания задачи №2.

Определено изменение объёма ΔV	**2 балла**
Определено изменение массы Δm	**2 балла**
Определена скорость изменения массы $\Delta m/ \Delta t$	**2 балла**
Определена скорость изменения радиуса $\Delta R/ \Delta t$	**2 балла**
Получено выражение для времени и произведен верный расчёт	**2 балла**

ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

Самолет, оторвавшись от взлетной дорожки, летит по прямой линии, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 30^0$, с начальной скоростью $v_0 = 50$ м/с и ускорением $a = 3$ м/с^2. Из самолета спустя время $t_0 = 5$ с после отрыва его от земли выброшен по вертикали вниз ключ с начальной скоростью $u_0 = 3$ м/с относительно самолета. На каком расстоянии от места взлета упадет ключ? (ускорение свободного падения принять g=10 м/с^2)

РЕШЕНИЕ.



Полная скорость самолета в момент выброса ключа

$v = v_0 + at = 65$ м/с

$v_в = v \sin\alpha - u_0 = 29{,}5$ м/с (1)

$v_г = v \cos\alpha = 65 \cdot 0{,}0866$ м/с

Расстояние, которое пролетел самолет к моменту выброса ключа

$l = v_0 t + at^2/2 \approx 288$ м

Высота $h = l \sin\alpha = 144$ м (2)

Уравнение для координаты y: $y = v_в t_п - g\, t_п^2/2 + h = 0$ (в момент падения y = 0)

$t_п^2 - 2v_в t_п/g - 2h/g = 0$ (3)

$$t_п \approx v_в/g + \sqrt{\frac{v_в^2}{g^2} + \frac{2h}{g}} \approx 9c \qquad (4)$$

Уравнение для x $x = x_0 + v_2 t$ при g = 10 м/с^2 $S = x_0 + v_2 t_п = 756$ м (5)

ОТВЕТ: 756 м

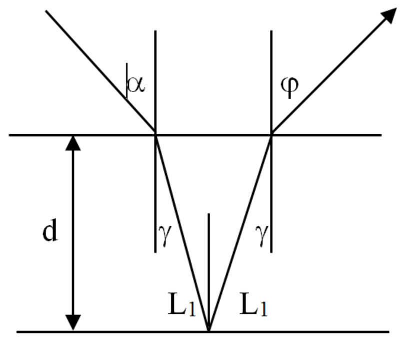
Критерии оценивания задачи №3.

Найдены значения скоростей (1)	**2 балла**
Получено значение расстояния l и высоты h (2)	**3 балла**
Записано уравнение координаты y (3)	**2 балла**
Решено уравнение и получено значение времени (4)	**2 балла**
Найдено значение S (5)	**1 балл**

ЗАДАЧА 4. (10 баллов)

На стеклянную плоскопараллельную пластинку толщины d падает луч света под углом α. Луч частично отражается от верхней поверхности, частично проходит в пластинку и, отразившись от нижней поверхности, выходит через верхнюю поверхность. Найти угол φ выхода луча и длину L пути, пройденного преломленным лучом в пластинке. Показатель преломления стекла равен n.

РЕШЕНИЕ:



На верхней границе:

$$\sin\alpha / \sin\gamma = n \quad (1) \qquad \sin\alpha = n \sin\gamma$$

На нижней границе угол падения равен углу отражения и, так как пластинка плоскопараллельная, то отраженный луч упадет на верхнюю грань под углом γ. Далее на границе раздела:

$$\sin\gamma / \sin\varphi = 1/n \quad \sin\varphi = n\sin\gamma \qquad (2)$$

$$\varphi = \alpha$$

Длина L пройденного в пластинке пути будет равна:

$$L = 2L_1$$

$$L_1 = d / \cos\gamma \qquad (3)$$

$$\sin\gamma = \sin\alpha / n \quad \cos\gamma = \sqrt{(n^2 - \sin^2 a)} \; / \; n$$

$$L = 2dn / \sqrt{(n^2 - \sin^2 a)} \qquad (4)$$

ОТВЕТ: $L = 2dn / \sqrt{(n^2 - \sin^2 a)}$

Критерии оценивания задачи №4.

Записаны законы преломления (1) и (2)	**3 балла**
Найдены выражения для оптического пути (3)	**3 балла**
Получено выражение L (4)	**4 балла**

ЗАДАЧА 5. (10 баллов)

На дне сосуда стоит деревянный куб с ребром a=20 см . В сосуд наливают воду, которая постепенно проникает под нижнюю грань куба. Когда уровень воды поднимется выше верхней грани куба на h=5 см, куб всплывает. Найдите площадь сухой поверхности нижней грани куба перед его всплытием. Известно, что плотность дерева $\rho_д$=0,5 г/см^3 .

РЕШЕНИЕ.

Вода проникает под куб, а в ней давление распространяется по закону Паскаля во все стороны. Поэтому всплытие куба обеспечит разность давлений воды на его верхнюю и нижнюю грани.

$$mg = F_A \qquad (1)$$

$$F_A = F_н - F_в \qquad (2)$$

Давление столба на верхнюю грань куба равно

$$p_в = \rho g h = \frac{F_в}{a^2}$$

Давление на нижнюю грань равно

$$p_н = \rho g(h+a) = \frac{F_н}{S_н} \qquad (3)$$

Где $S_н$ – площадь поверхности нижней грани, под которую проникла вода.

Тогда

$$mg = \rho g(h+a)\cdot \mathrm{S}_н - \rho g h a^2$$

$$\rho_д a^3 = \rho(h+a)\cdot \mathrm{S}_н - \rho h a^2$$

$$\rho(h+a)\cdot \mathrm{S}_н = \rho_д a^3 + \rho h a^2 \qquad (4)$$

$$S_в = \frac{\rho_д a^3 + \rho h a^2}{\rho(h+a)} = 0{,}024 \text{ м}^2 \qquad (5)$$

Таким образом, площадь сухой поверхности равна

$S_с = a^2 - S_н = 0{,}04 - 0{,}024 = 0{,}016$ м^2 (6)

ОТВЕТ: 0,016 м^2 (или 160 см^2).

Критерии оценивания задачи №5.

Записано выражение условия равновесия (1) и (2)	**2 балла**
Определено давление для верхней и нижней грани (3)	**3 балла**
Решены уравнения (4) и получено значение $S_в$ (5)	**3 балла**
Получено искомое значение площади сухой поверхности $S_с$ (6)	**2 балла**