# Критерии оценивания заданий  по физике для проведения муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников на территории Калининградской области в 2020/2021 учебном году

**Внимание! При оценивании решений, представленных участниками олимпиады, проводится проверка на плагиат. По итогам проверки участнику могут быть начислены штрафные баллы (от 1 до 10 баллов за задачу).**

**Всероссийская олимпиада школьников**
**II (муниципальный) этап**
***Физика***
***7 класс***

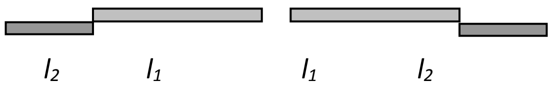
Общее время выполнения работы – **3 часа.**
Максимальное количество баллов - **40**
При выполнении работы можно пользоваться непрограммируемым калькулятором.

**ЗАДАЧА 1. (10 баллов)**

По двум параллельным путям равномерно движутся два поезда: товарный, длина которого $l_1 = 630$ *м* и скорость $V_1 = 48$ *км/ч*, и пассажирский длиной $l_2 = 120$ *м* со скоростью $V_2 = 102$ *км/ч*. Какова относительная скорость движения поездов, если они движутся: а) в одном направлении; б) в противоположных направлениях? В течение какого времени один поезд обгоняет другой?

РЕШЕНИЕ.

а). $V_{отн1} = V_2 - V_1 = 54\dfrac{км}{час} = 15\dfrac{м}{с}$




б). $V_{отн2} = V_2 + V_1 = 150\dfrac{км}{час} = 42{,}7\dfrac{м}{с}$

$$t_{обг} = \frac{l_1 + l_2}{V_2 - V_1} = 50\ с$$

ОТВЕТ: 15 м/с , 42,7 м/с , 50с

Критерии оценивания задачи №1.

| | |
|---|---|
| Получено выражение и значение скорости а) | **3 балла** |
| Получено выражение и значение скорости б) | **3 балла** |
| Получено выражение и значение времени | **4 балла** |

**ЗАДАЧА 2. (10 баллов)**

Из пунктов А и В, расстояние между которыми равно $l$ , одновременно навстречу друг другу начали двигаться два тела: первое со скоростью $V_1$, второе со скоростью $V_2$. Определить время и место их встречи. **Решить задачу аналитически и показать графическое решение задачи.**

РЕШЕНИЕ.

Скорость сближения автомобилей $V = V_1 + V_2$, поэтому они встретятся через время

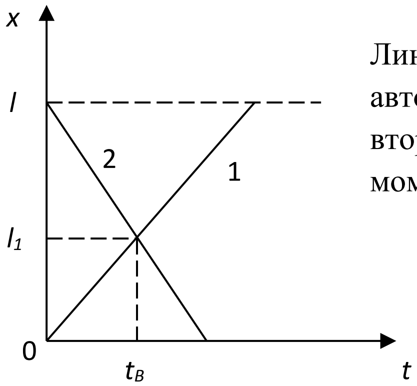
$$t_B = \frac{l}{V_1 + V_2}. \qquad (1)$$

За этот время первый автомобиль пройдет от пункта *A* расстояние

$$l_1 = V_1 t_B = V_1 \frac{l}{V_1 + V_2}. \qquad (2)$$

На таком расстоянии от пункта *A* они и встретятся.

Графическое решение :




Линия 1 описывает движение первого автомобиля, линия 2 описывает движение второго автомобиля. Эти линии пересекутся в момент времени $t_B$ на расстоянии $l_1$ от пункта (3)

ОТВЕТ: $t_B = \frac{l}{V_1 + V_2}$ $\qquad l_1 = V_1 t_B = V_1 \frac{l}{V_1 + V_2}$

Критерии оценивания задачи №2.

| | |
|---|---|
| Получено выражение для скорости сближения и выражение для времени (1) | **4 балла** |
| Получено выражение расстояние от пункта *A* (2) | **4 балла** |
| Построен график | **2 балла** |

**ЗАДАЧА 3. (10 баллов)**

При одинаковых объемах кусок железа имеет массу на 12,75 *кг* большую, чем кусок алюминия. Определить массу кусков железа и алюминия.

РЕШЕНИЕ.

$$m_{ж} = V \cdot \rho_{ж} \qquad (1) \qquad\qquad m_{Al} = V \cdot \rho_{Al} \qquad (2)$$

$$m_{ж} - m_{Al} = \Delta m \qquad (3) \qquad\qquad V \cdot \rho_{ж} - V \cdot \rho_{Al} = \Delta m \qquad (4)$$

$$V = \frac{\Delta m}{\rho_{ж} - \rho_{Al}} \qquad (5)$$

$$m_{ж} = \frac{\Delta m}{\rho_{ж} - \rho_{Al}} \rho_{ж} \qquad (6) \qquad\qquad m_{Al} = \frac{\Delta m}{\rho_{ж} - \rho_{Al}} \rho_{Al} \qquad (7)$$

$$m_{ж} = \frac{12,75}{7800-2700}7800 = 19,5\,кг \qquad m_{Al} = \frac{12,75}{7800-2700}2700 = 6,75\,кг$$

ОТВЕТ: 19,5 кг , 6,75 кг

Критерии оценивания задачи №3.

| | |
|---|---|
| Записаны выражения для масс (1) и (2) | **2 балла** |
| Записаны выражения для разности масс (3) и (4) | **2 балла** |
| Получено выражение объема (5) | **3 балла** |
| Получены выражения масс (5) и (6) | **3 балла** |

**ЗАДАЧА 4. (10 баллов)**

У предпринимателя Епифания на складе есть 2460 чугунных гирь и 3765 пуховых подушек. Ему необходимо перевезти эти вещи со склада в магазин. В одну фуру помещается 10 м$^3$ товаров, но она не может везти больше 5 тонн. Каждая подушка весит 100 г и занимает в фуре 10 л, каждая гиря весит 10 кг и занимает 5 л. Какое минимально количество фур понадобится Епифанию, чтобы полностью перевезти товары?

РЕШЕНИЕ.

Перевод всех данных в систему Си:

M = 5 т = 5000 кг

$m_1$ = 100 г = 0,1 кг

$V_1$ = 10 л = 0,01 м$^3$

$V_2$ = 5 л = 0,005 м$^3$

Чтобы понадобилось как можно меньше фур, должно соблюдаться два условия: фуры должны быть максимально загружены по объему и массе.

Общая масса товара 24976,5 кг. (1)

Общий объем товара 49,95 м$^3$. (2)

По массе и по объему нужно, как минимум 5 фур. (3)

В каждой фуре должно быть одинаковое количество товара.

Разделим массу всех гирь и всех подушек на 5 и получим возможную массу гирь в одной фуре 4920 кг и подушек 75,3 кг. (4)

Это соответствует 492 гирям и 753 подушкам.

Проверим, влезает ли такое количество гирь и подушек в одну фуру по объему.

Объем 492 гирь равен 2,46 м$^3$.

Объем 753 подушек равен 7,53 м$^3$ (5)

Таким образом, общий объем подушек и гирь в одной машине 9,99 м$^3$, что меньше объема, который помещается в одну фуру.

ОТВЕТ: 5 фур (6)

Критерии оценивания задачи №4.

| | |
|---|---|
| Вычислена общая масса товара и общий объем товара (1) и (2) | **2 балла** |
| Определено предварительное количество фур (3) | **2 балла** |

| | |
|---|---|
| Произведён расчёт распределения товара по фурам (4) | **3 балла** |
| Произведён расчёт вместимости товара по фурам (5) и сделан вывод с ответом (6) | **3 балла** |

**Всероссийская олимпиада школьников**
**II (муниципальный) этап**
***Физика***
***8 класс***

Общее время выполнения работы – **3 часа.**
Максимальное количество баллов - **40**
При выполнении работы можно пользоваться непрограммируемым калькулятором.

**ЗАДАЧА 1. (10 баллов)**
У предпринимателя Епифания на складе есть 2460 чугунных гирь и 3765 пуховых подушек. Ему необходимо перевезти эти вещи со склада в магазин. В одну фуру помещается 10 м$^3$ товаров, но она не может везти больше 5 тонн. Каждая подушка весит 100 г и занимает в фуре 10 л, каждая гиря весит 10 кг и занимает 5 л. Какое минимально количество фур понадобится Епифанию, чтобы полностью перевезти товары?

РЕШЕНИЕ.
Перевод всех данных в систему Си:
$M = 5$ т $= 5000$ кг
$m_1 = 100$ г $= 0{,}1$ кг
$V_1 = 10$ л $= 0{,}01$ м$^3$
$V_2 = 5$ л $= 0{,}005$ м$^3$
Чтобы понадобилось как можно меньше фур, должно соблюдаться два условия: фуры должны быть максимально загружены по объему и массе.
Общая масса товара 24976,5 кг.
Общий объем товара 49,95 м$^3$.
По массе и по объему нужно, как минимум 5 фур.

В каждой фуре должно быть одинаковое количество товара.
Разделим массу всех гирь и всех подушек на 5 и получим возможную массу гирь в одной фуре 4920 кг и подушек 75,3 кг.
Это соответствует 492 гирям и 753 подушкам.

Проверим, влезает ли такое количество гирь и подушек в одну фуру по объему.
Объем 492 гирь равен 2,46 м$^3$.
Объем 753 подушек равен 7,53 м$^3$

Таким образом, общий объем подушек и гирь в одной машине 9,99 м$^3$, что меньше объема, который помещается в одну фуру.

ОТВЕТ: 5 фур

Критерии оценивания задачи №1.

| | |
|---|---|
| Вычислена общая масса товара и общий объем товара (1) и (2) | **2 балла** |
| Определено предварительное количество фур (3) | **2 балла** |
| Произведён расчёт распределения товара по фурам (4) | **3 балла** |
| Произведён расчёт вместимости товара по фурам (5) и сделан вывод с ответом | **3 балла** |

**ЗАДАЧА 2. (10 баллов)**

Два одинаковых сообщающихся сосуда наполнены жидкостью плотностью $\rho_0$ и установлены на горизонтальном столе. В один из сосудов кладут маленький груз массой $m$ и плотностью $\rho$. На сколько будут после этого отличаться силы давления сосудов на стол? Массой гибкой соединительной трубки с жидкостью можно пренебречь.

РЕШЕНИЕ.

При решении задачи следует рассмотреть два случая:

1) $\rho < \rho_0$ и

2) $\rho > \rho_0$.

В первом случае груз плавает в жидкости, и поскольку её уровень в обоих сообщающихся сосудах одинаков, то давление жидкости на дно сосудов одинаково, и силы давления сосудов на стол также одинаковы.

$$F_{Дав1} = F_{Дав2}. \quad (1)$$

Во втором случае утонувший груз будет лежать на дне сосуда, и давить на него с силой, равной разности силы тяжести и силы Архимеда.

$$F_{гр} = mg - F_A. \quad (2)$$

$$F_A = \rho_0 g V = \frac{\rho_0 g m}{\rho}. \quad (3)$$

При этом жидкость по-прежнему будет давить на дно сообщающихся сосудов с одинаковой силой. Поэтому сосуд с грузом будет давить на стол с силой, превышающей силу давления сосуда без груза на величину $\Delta F = F_{гр}$

$$\Delta F = mg\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right). \quad (4)$$

ОТВЕТ: $\Delta F = mg\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right)$

Критерии оценивания задачи №2.

| | |
|---|---|
| Получены выражение равновесия в первом случае (1) | **2 балла** |
| Получена сила давления груза на дно (2) | **3 балла** |
| Найдено выражение для силы Архимеда (3) | **2 балла** |
| Получен ответ (4) | **3 балла** |

**ЗАДАЧА № 3. (10 баллов)**
На краю крыши висят сосульки конической формы, геометрически подобные друг другу, но разной длины. После резкого потепления от $T_1 = 0^0C$ до $T_2 = 10^0C$, самая маленькая сосулька длиной $l$ = 10 см растаяла за время t = 2 часа. За какое время растает большая сосулька длиной $L$ = 30 см, если внешние условия не изменятся?

РЕШЕНИЕ:

Количество тепла $\Delta Q$, поступающее к сосульке из внешней среды за небольшой промежуток времени $\Delta t$, пропорционально площади её боковой поверхности $S$ и этому промежутку:

$$\Delta Q \sim S\Delta t . \qquad (1)$$

Это тепло идёт на плавление льда при неизменной его температуре $0^0C$, то есть,

$$\Delta Q = \Delta m \lambda , \qquad (2)$$

где $\lambda$ - удельная теплота плавления льда.
Масса растаявшего за время $\Delta t$ льда равна:

$$\Delta m = \rho S \Delta h ,$$

где $\rho$ - плотность льда.
Толщина растаявшего слоя $\Delta h$ пропорциональна изменению длины сосульки, поскольку сосулька тает с поверхности, сохраняя свою форму. Получаем, что

$$\Delta Q = \lambda \rho S \Delta h \sim \lambda \rho S \Delta l \sim S \Delta t , \qquad (3)$$

откуда

$$\frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{1}{\rho\lambda} . \qquad (4)$$

Таким образом, длина сосульки убывает с постоянной скоростью. (5)
Поэтому сосулька длиной $L$ растает за время

$$t_1 = \frac{L}{l} t = \text{ 6 часов.} \qquad (6)$$

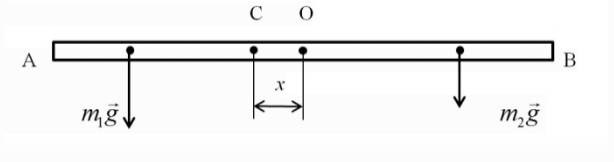
ОТВЕТ: 6 часов.

Критерии оценивания задачи №3.

| | |
|---|---|
| Определена пропорциональность $\Delta Q$ (1) | **2 балла** |
| Записано выражение для теплоты плавления (2) | **1 балл** |
| Определена пропорциональность $\Delta Q$ (3) | **3 балла** |
| Установлена линейная зависимость (4) и (5) | **4 балла** |

**ЗАДАЧА 4. (10 баллов)**
Стержень цилиндрической формы длиной $l$ = 40 см состоит на половину своей длины из свинца и наполовину — из железа. Найти расстояние от центра тяжести до центра симметрии стержня. Плотность свинца $\rho_1$ = 11,4 г/см$^3$, плотность железа $\rho_2$ = 7,8 г/см$^3$.

РЕШЕНИЕ.
Центр тяжести тела (центр масс) — точка приложения силы притяжения его к земле — веса тела P. У тел, имеющих какую-либо симметрию, он совпадает с центром симметрии. Например, у однородного цилиндра центр тяжести расположен на его оси в центре цилиндра. Тело, закреплённое на оси, проходящей через его центр тяжести, находится в состоянии безразличного равновесия. Мысленно закрепим стержень **AB** на оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его центр тяжести **C**, отстоящий от его геометрического центра **O** на расстояние **x** в сторону более тяжёлой половины стержня.




Воспользуемся условием равновесия рычага :

$$m_1 g\left(\frac{l}{2}-x\right)=m_2 g\left(\frac{l}{2}+x\right) \qquad (1)$$

где $m_1 = \rho_1 V$ , $m_2 = \rho_2 V$ – массы каждой из половин стержня, $V$ – объём половины. Из уравнения найдём

$$x=\frac{(m_1-m_2)l}{4(m_1+m_2)}=\frac{\rho_1-\rho_2}{\rho_1+\rho_2}\cdot\frac{l}{2}$$

$$x=3,75 \text{ см}$$

ОТВЕТ: 3,75 см

Критерии оценивания задачи №4.

| | |
|---|---|
| Проведены рассуждения и построен рисунок | **2 балла** |
| Записано правило равновесие рычага | **3 балла** |
| Получено выражение для расстояния x | **3 балла** |
| Вычислено значение расстояние | **2 балла** |

**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.

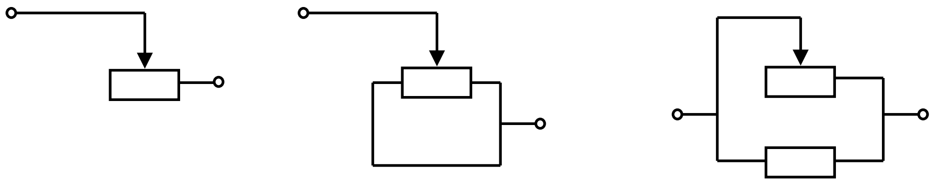
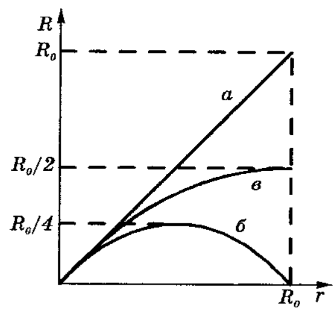


рис. *а* рис. *б* рис. *в*

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 $\rho$=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 $\Delta t$ радиус шарика вследствие коррозии уменьшился на величину $\Delta R$.

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 $\Delta t$ 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 $\Delta R$ 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

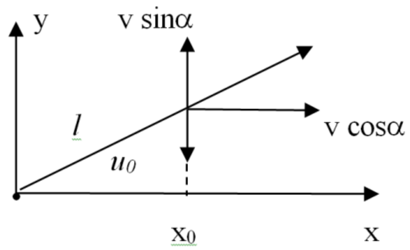
Критерии оценивания задачи №2.

| | |
|---|---|
| Определено изменение объёма $\Delta V$ | **2 балла** |
| Определено изменение массы $\Delta m$ | **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)

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

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

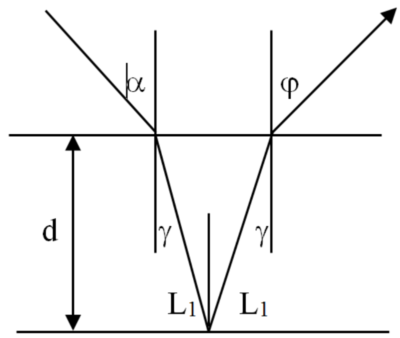
Критерии оценивания задачи №3.

| | |
|---|---|
| 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:

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

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:

$\sin\gamma / \sin\varphi = 1/n$ $\sin\varphi = n\sin\gamma$ (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** |

**Всероссийская олимпиада школьников**
**II (муниципальный) этап**
***Физика***
***10 класс***

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

**ЗАДАЧА № 1. (10 баллов)**

В лифте находится ведро с водой, в котором плавает мяч. Как изменится глубина погружения мяча, если лифт будет двигаться с ускорением $a$, направленным вверх? Вниз?

РЕШЕНИЕ.
При плавании мяча в воде в неподвижном лифте выполняется условие равновесия по закону Архимеда

$$mg = \rho_B g V_B, \qquad (1)$$

где $m$ - масса мяча, $V_B$ - объем вытесненной воды, $\rho_B$ - ее плотность.

Когда лифт движется с ускорением, вес тела, т.е. сила давления тела на воду, равен $m(g \pm a)$. Знак «плюс» соответствует ускорению, направленному вверх, знак «минус» - ускорению, направленному вниз.

Можно сказать, что просто происходит замена $g$ на $g \pm a$.

Однако при ускоренном движении лифта вес вытесненной жидкости, а поэтому и сила Архимеда изменяется во столько же раз, во сколько раз изменяется вес любого тела! (2)

Значит, равновесие сохранится без изменения объема вытесненной воды $V_B$. Таким образом глубина погружения мяча не изменится.

ОТВЕТ: не изменится.

Критерии оценивания задачи №1.

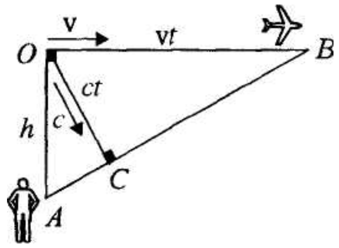
| | |
|---|---|
| Записано выражение условия равновесия (1) | **3 балла** |
| Установлено изменение веса вытесненной воды (2) | **4 балла** |
| Сделан вывод о неизменности глубины погружения (3) | **3 балла** |
| | **2 балла** |

**Задача № 2. (10 баллов)**
Самолет летит горизонтально со сверхзвуковой скоростью v = 470 *м/с*. Человек услышал звук от самолета через $t$ = 21 *с* после того, как самолет пролетел над ним. На какой высоте

летит самолет? ( значение высоты округлить с точностью до ста метров, скорость звука принять с=333 м/с)

РЕШЕНИЕ.

Так как $v > c$, то фронт звуковой волны представляет собой коническую поверхность с вершиной в том месте, где в данный момент находится самолет. Скорость звука $c$ характеризует скорость распространения фронта волны и направлена она всегда по нормали к фронту волны (см. рисунок).




В момент времени $t$, когда человек услышит звук, самолет пройдет расстояние $vt$, а фронт волны от точки, расположенной над человеком, пройдет расстояние $ct$. Из подобия прямоугольных треугольников $BOC$ и $AOC$ получим:

$$\frac{h}{ct} = \frac{vt}{\sqrt{(vt)^2 - (ct)^2}}.$$

А для высоты

$$h = \frac{ct}{\sqrt{1 - c^2/v^2}} = 9900 \text{ м}.$$

ОТВЕТ: 9900 м

Критерии оценивания задачи №2.

| | |
|---|---|
| Выполнен рисунок распространения звуковой волны (1) | **4 балла** |
| Установлены соотношения между пройденными путями самолёта и звуковой волны (2) | **3 балла** |
| Найдено выражение и рассчитано значение высоты (3) | **3 балла** |

**ЗАДАЧА 3. (10 баллов)**

На изначально покоящийся на гладком горизонтальном столе брусок массы m = 2 кг, начали действовать постоянной горизонтальной силой F. В результате была получена зависимость мощности N от перемещения s бруска. Некоторые измерения могли оказаться не очень точными.

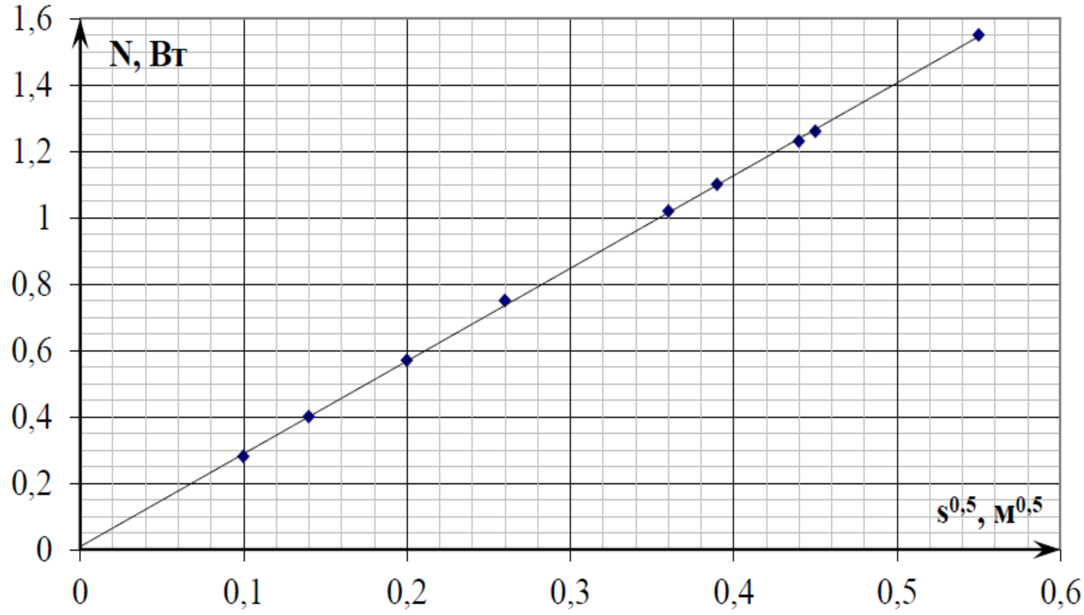
- В каких координатных осях экспериментальная зависимость мощности от перемещения линейна?
- Определите мощность силы в точке с координатой s = 10 см (округление до сотой)
- Найдите значение силы F (округление до десятой).

| $N$, Вт | 0,28 | 0,40 | 0,57 | 0,75 | 1,02 | 1,10 | 1,23 | 1,26 | 1,50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $s$, см | 1,0 | 2,0 | 4,0 | 7,0 | 13 | 15 | 19 | 20 | 30 |

РЕШЕНИЕ.

Так $N = Fv$ и работа силы $A = Fs = \frac{mv^2}{2}$ , (1) откуда $N = \sqrt{\dfrac{2F^3 s}{m}}$ , (2)

зависимость линейна в осях N и $\sqrt{s}$ (3)




Методом линейной интерполяции в интервале значений пути от 7 см до 13 см определяем мощность для s=10 см , что составляет 0,89 Вт. (4)

Вычисляя коэффициент углового наклона графика

$$k = \frac{\Delta N}{\sqrt{\Delta s}} = \sqrt{\frac{2F^3}{m}} \approx 2{,}8 \text{ Вт/м}^{1/2} \qquad (5)$$

определяем значение силы $F = \sqrt[3]{\dfrac{k^2 m}{2}} \approx 2$ Н (6)

ОТВЕТ: 0,89 Вт и 2 Н

Критерии оценивания задачи №3.

| | |
|---|---|
| Записаны выражения для мощности и работы (1) и (2) | **1 балла** |
| Построен график в требуемых осях | **3 балла** |
| Произведена интерполяция и получено значение мощности (4) | **3 балла** |
| По угловому коэффициенту верно рассчитано значение силы (5) | **3 балла** |

**ЗАДАЧА 4. (10 баллов)**

Коэффициент полезного действия (к.п.д.) аккумулятора при подключении первого сопротивления равен 60%. Если подключить другое, к.п.д. аккумулятора станет равным 80%. Каков будет к.п.д. аккумулятора, если оба сопротивления соединить с аккумулятором: 1) последовательно? 2) параллельно?

РЕШЕНИЕ .

Коэффициент полезного действия аккумулятора зависит от его внутреннего сопротивления $r$ и сопротивления внешней цепи $R$.

$$\eta = \frac{P_{полезн}}{P_{полн}} = \frac{IU}{I\varepsilon} = \frac{I^2 R}{I^2(R+r)} = \frac{R}{(R+r)}$$

Если при подключении сопротивления $R_1$ к.п.д. источника был равен $\eta_1$, а при подключении сопротивления $R_2$ – равен $\eta_2$, то

$$\eta_1 = \frac{R_1}{R_1 + r} \quad \text{и} \quad \eta_2 = \frac{R_2}{R_2 + r} \quad . \tag{1}$$

Если сопротивление $R_1$ и $R_2$ соединить последовательно ($R = R_1 + R_2$), то аккумулятор будет работать с к.п.д.

$$\eta_3 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + r}. \tag{2}$$

При параллельном включении сопротивлений $\left( R = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)$ к.п.д. аккумулятора равен:

$$\eta_4 = \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_1 r + R_2 r}. \tag{3}$$

Выразив из уравнений $R_1$ и $R_2$ ($\eta_1 = 0{,}6$; $\eta_2 = 0{,}8$), получим

$$R_1 = \frac{\eta_1 r}{1 - \eta_1} = \frac{3r}{2}, \qquad R_2 = \frac{\eta_2 r}{1 - \eta_2 r} = 4r \tag{4}$$

Тогда

$$\eta_3 = \frac{11r/2}{13r/2} = 0{,}846. \tag{5}$$

$$\eta_4 = \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_1 r + R_2 r} = \frac{12r^2}{23r^2} = 0{,}52. \tag{6}$$

ОТВЕТ: 0.85 и 0,52

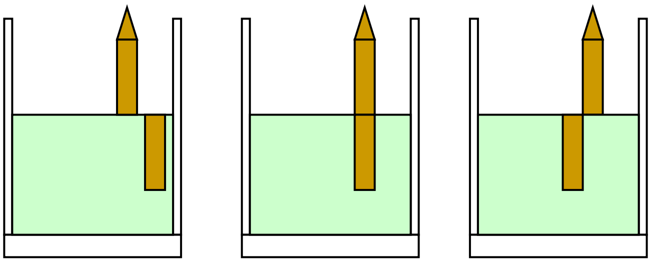
Критерии оценивания задачи №4.

| | |
|---|---|
| Записаны выражения к.п.д. (1) | **2 балла** |
| Записаны выражения для к.п.д. последовательного и параллельного подключения (2) и (3) | **2 балла** |
| Найдены величины $R_1$ и $R_2$ (4) | **3 балла** |

| | |
|---|---|
| Получены выражения и вычислены значения для к.п.д. (5) и (6) | **3 балла** |

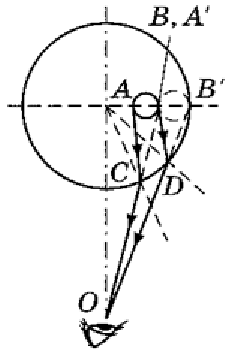
**ЗАДАЧА 5. (10 баллов)**

Построением показать (см.рис.), какой вид (*а*, *б* или *в*) имеет карандаш, погруженный в цилиндрический стакан с водой.




РЕШЕНИЕ.

Положение карандаша и его изображения в вертикальной проекции на дно сосуда показано на рисунке 4 соответственно сплошной и штриховой линиями. Проведя прямые $OA'$ и $OB'$ (*O* - положение глаза наблюдателя), найдем точки С и *D* преломления лучей, исходящих от крайних левой и правой точек карандаша.




ОТВЕТ: *в*.

Критерии оценивания задачи №5.

| | |
|---|---|
| Построение рисунка с преломлением лучей на границе | **3 балла** |
| Построение перпендикуляров к границе раздела сред | **2 балла** |
| Показано схождение лучей в точку наблюдения | **3 балла** |
| Построение изображения карандаша | **2 балла** |

**Всероссийская олимпиада школьников**
**II (муниципальный) этап**
***Физика***
***11 класс***

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

**ЗАДАЧА 1. (10 баллов)**
Два одинаковых шарика движутся навстречу друг другу. При этом скорость первого шарика $v_1$ вдвое больше скорости второго $v_2$. В результате абсолютно неупругого удара температура шариков возросла на величину $\Delta T = 4K$. Найти скорости шариков, если теплоемкость вещества, из которого сделаны шарики, равна $450\frac{Дж}{кг\ К}$.

РЕШЕНИЕ.
Учтем, что $v_1 = 2v_2$ ,и из закона сохранения импульса получим

$$2mv_2 - mv_2 = 2mu \qquad (1)$$

Закон превращения энергии при неупругом ударе

$$\frac{4mv_2^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2mu^2}{2} + \Delta U \quad (2)$$

где $\Delta U -$ приращение внутренней энергии.
Для величины $\Delta U$ получим

$$\Delta U = \frac{9mv_2^2}{4} \qquad (3)$$

Эта энергия идет на нагрев материала шариков

$$\Delta U = 2mc\Delta T = \frac{9mv_2^2}{4} \qquad (4)$$

Тогда

$$v_2 = \sqrt{\frac{8\,c\,\Delta T}{9}} = 40\frac{м}{с} \quad \text{и} \quad v_1 = 80\frac{м}{с} \qquad (5)$$

ОТВЕТ: 40 м/с и 80 м/с

Критерии оценивания задачи №1.

| | |
|---|---|
| Записан закон сохранения импульса (1) | **2 балла** |

| | |
|---|---|
| Записан закон сохранения и превращения энергия (2) | **2 балла** |
| Получено выражение для приращения энергии (3) | **2 балла** |
| Записано уравнение теплового баланса (4) | **2 балла** |
| Получены значения скоростей $v_1$ и $v_2$ (5) | **2 балла** |

**ЗАДАЧА 2. (10 баллов)**

Коэффициент полезного действия (к.п.д.) аккумулятора при подключении первого сопротивления равен 60%. Если подключить другое, к.п.д. аккумулятора станет равным 80%. Каков будет к.п.д. аккумулятора (округлить до сотых), если оба сопротивления соединить с аккумулятором: 1) последовательно? 2) параллельно?

РЕШЕНИЕ .

Коэффициент полезного действия аккумулятора зависит от его внутреннего сопротивления $r$ и сопротивления внешней цепи $R$.

$$\eta = \frac{P_{полезн}}{P_{полн}} = \frac{IU}{I\varepsilon} = \frac{I^2 R}{I^2(R+r)} = \frac{R}{(R+r)}$$

Если при подключении сопротивления $R_1$ к.п.д. источника был равен $\eta_1$, а при подключении сопротивления $R_2$ – равен $\eta_2$, то

$$\eta_1 = \frac{R_1}{R_1 + r} \quad \text{и} \quad \eta_2 = \frac{R_2}{R_2 + r} \quad . \qquad (1)$$

Если сопротивление $R_1$ и $R_2$ соединить последовательно ($R = R_1 + R_2$), то аккумулятор будет работать с к.п.д.

$$\eta_3 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + r}.$$

При параллельном включении сопротивлений $\left(R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)$ к.п.д. аккумулятора равен:

$$\eta_4 = \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_1 r + R_2 r}.$$

Выразив из уравнений $R_1$ и $R_2$ ($\eta_1 = 0{,}6$; $\eta_2 = 0{,}8$), получим

$$R_1 = \frac{\eta_1 r}{1-\eta_1} = \frac{3r}{2}, \qquad R_2 = \frac{\eta_2 r}{1-\eta_{21}} = 4r.$$

Тогда

$$\eta_3 = \frac{11r/2}{13r/2} = 0{,}846.$$

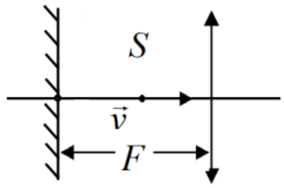
$$\eta_4 = \frac{R_1R_2}{R_1R_2 + R_1r + R_2r} = \frac{12r^2}{23r^2} = 0{,}52.$$

ОТВЕТ:    0,85  и 0,52

Критерии  оценивания задачи №2.

| | |
|---|---|
| Записаны выражения к.п.д.  (1) | **2 балла** |
| Записаны выражения для к.п.д. последовательного и  параллельного подключения (2)   и (3) | **2 балла** |
| Найдены величины $R_1$ и $R_2$ (4) | **3 балла** |
| Получены выражения и вычислены значения для к.п.д. (5)  и (6) | **3 балла** |

**ЗАДАЧА 3. (10 баллов)**




Вдоль оптической оси системы, состоящей из плоского зеркала и тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием *F*, равномерно движется точечный источник света *S* со скоростью *v* (рис.). Определите направление движения изображений в данной системе в тот момент, когда источник находится посередине между зеркалом и линзой, расстояние между которыми равно фокусному расстоянию линзы.

РЕШЕНИЕ.

В данной системе получится 3 изображения (см. рис.)


1) Изображение источника в зеркале $S_1$ будет находиться на равном расстоянии по другую сторону зеркала и будет двигаться со скоростью $v_1 = v$  влево.

2) Для нахождения положения изображения $S_2$ (изображение точки $S$ в линзе) воспользуемся формулой линзы

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \qquad \frac{2}{F} - \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \qquad b = F \quad .$$

Таким образом, изображение $S_2$ мнимое и расположено в плоскости зеркала.

Изображение источника в линзе $S_2$ движется вправо, приближаясь к зеркалу.

3) Третье изображение $S_3$ создается лучами, отразившимися от зеркала и затем прошедшими линзу (изображение в линзе, получаемое от  изображения в зеркале).

Для нахождения положения изображения $S_3$ также воспользуемся формулой линзы

$$a = \frac{3F}{2}\ ,\ \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \qquad b = 3F\ .$$

Изображение $S_3$ будет приближаться к линзе, следовательно, его скорость направлена влево.

ОТВЕТ: влево

Критерии оценивания задачи №3.

| | |
|---|---|
| Определено количество изображений | **3 балла** |
| Записано уравнение тонкой линзы | **1 балл** |
| Определено положение и направление движения первого изображения $S_1$ | **2 балла** |
| Определено положение и направление движения второго мнимого изображения $S_2$ | **2 балла** |
| Определено положение и направление движения второго мнимого изображения $S_3$ | **2 балла** |

**ЗАДАЧА 4. (10 баллов)**

Горячая вода, налитая доверху в большой сосуд, охлаждается до температуры $t_0$ за время $\tau$ = 20 мин. За какое время до температуры $t_0$ остынет вода с той же начальной температурой, если разлить ее по маленьким сосудом, которые также заполнены доверху и подобны большому сосуду? Известно, что вода из большого сосуда помещается в $n = 8$ маленьких, и что количество тепла, отдаваемое в единицу времени с единицы поверхности воды каждого сосуда, пропорционально разности температур воды и окружающей среды.

РЕШЕНИЕ.

Будем считать сосуды цилиндрическими. Обозначим радиус и высоту большого сосуда через $R$ и $H$, а радиус и высоту маленького сосуда через $r$ и $h$. Пусть масса воды в большом сосуде равна $M$, а его объём $V$. Тогда масса воды в маленьком сосуде $m = M/n = M/8$.

Подобие сосудов означает, что их радиусы $R$ и $r$ и глубины $H$ и $h$ отличаются друг от друга в одно и то же число раз $N$:

$$r = \frac{R}{N} \qquad h = \frac{H}{N} \qquad (1)$$

Значит объемы сосудов, а, следовательно, и массы воды в них связаны соотношением:

$$\frac{M}{m} = \frac{V}{v} = \frac{\pi R^2 H}{\pi r^2 h} = N^3 = n \quad (2)$$

Тогда $N = \sqrt[3]{8} = 2$.

По условию задачи, для каждого из сосудов теплоотдача (тепловая мощность потерь) происходит с поверхности воды в соответствии с законом

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \alpha S(T - T_0)\ , \quad (3)$$

где:

$\Delta Q -$ количество теплоты, отдаваемое за время $\Delta t$ с поверхности площадью $S$;

$T$ и $T_o$ - начальная температура воды и температура окружающей среды;

$\alpha$ - постоянный коэффициент пропорциональности.

С другой стороны, известно, что при остывании горячей воды на $\Delta T$ градусов она отдаёт количество теплоты

$$\Delta Q = CM\Delta T\,, \qquad (4)$$

где $C$ - удельная теплоёмкость воды.

Значит, справедливо равенство

$$\frac{CM\Delta T}{\Delta t} = \alpha S(T - T_0)\,. \quad (5)$$

Учитывая, что площадь поверхности воды в сосуде пропорциональна квадрату его радиуса, а масса воды пропорциональна его объёму, для скорости остывания воды получаем:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{\alpha S}{CM}(T - T_0) \sim \frac{\alpha R^2}{CR^2 H}(T - T_0) \sim \frac{T - T_0}{H}. \qquad (6)$$

Таким образом, мы установили, что при одинаковой разности начальной температуры воды и температуры окружающей среды скорость остывания воды обратно пропорциональна глубине сосуда, то есть для большого сосуда, высота которого $H = N$ $h$, скорость охлаждения будет вдвое меньше, чем для маленького. Отсюда следует, что время охлаждения воды в маленьком сосуде будет в 2 раза меньше.

$$\tau_1 = \tau / 2 = 10\,мин\,.$$

ОТВЕТ: 10 мин

Критерии оценивания задачи №4.

| | |
|---|---|
| Предположено и доказано подобие сосудов и установлено соотношение масс (1) и (2) | **1 балла** |
| Записано уравнение тепловых потерь (тепловая мощность) (3) | **2 балла** |
| Записано уравнение теряемого количества теплоты и уравнение теплового баланса (4) и (5) | **2 балла** |
| Установлено, что скорость остывания воды обратно пропорциональна глубине сосуда H | **3 балла** |
| Найден коэффициент пропорциональности времени остывания и вычислено его значение | **2 балла** |

**ЗАДАЧА 5. (10 баллов)**

Конденсаторы, емкости которых равны *C,* и резисторы, имеющие сопротивления $R$ и $2R$, включены в

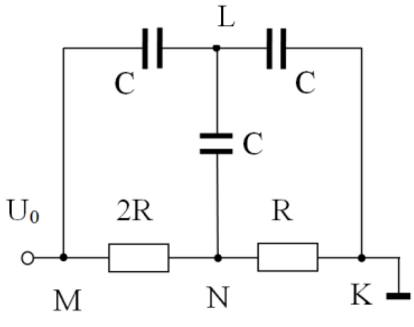


рис.

цепь, как показано на рис. Найти заряд на заземленной обкладке конденсатора. Напряжение $U_0$ известно.

РЕШЕНИЕ.

Через конденсаторы постоянный ток не идет. Потенциалы в точках схемы *M, N* и *K* определятся падением напряжения на сопротивлениях и будут равны:

$$U_M = U_0 \qquad U_N = \frac{U_0}{3} \qquad U_K = 0 \qquad (1)$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = C$$

Сумма зарядов трех внутренних пластин конденсаторов, соединенных с точкой $L$, равна нулю:

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \qquad (2)$$

Пусть разность потенциалов на конденсаторе $C_2$ равна $U_2$. Тогда

$$C(U_0 - U_2) = q_1 \qquad CU_2 = q_2 \qquad C(U_2 - U_0/3) = q_3 \qquad (3)$$

отсюда

$$C(U_0 - U_2) + q_2 + C(U_2 - U_0/3) = 0$$

$$q_2 = -\frac{2}{3}CU_0 \qquad (4)$$

ОТВЕТ: $q_2 = -\frac{2}{3}CU_0$

Критерии оценивания задачи №5.

| | |
|---|---|
| Определены напряжения в точках M, N, K отн. земли (1) | **2 балла** |
| Записано уравнение закона сохранения заряда на внутр. обкладках | **3 балла** |
| Получены соотношения между зарядами и соответствующими емкостями | **2 балла** |
| Решены уравнения и получено искомое значение заряда | **3 балла** |