ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ
ПО ФИЗИКЕ 2023 – 2024 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП
9 КЛАСС

Задача 1

Два пластилиновых шарика одновременно кидают с поверхности земли. Первый шар кидают под углом *α=60°*, а второй навстречу ему под углом *β=30°* к горизонту. Второй шар в три раза тяжелее первого. Известно, что шарики в полете слипаются. Определите, под каким углом к горизонту упадет слипшийся комок.

Решение

Чтобы шарики столкнулись в полете, вертикальный компоненты их начальных скоростей должны быть равны, то есть $V_{1y} = V_{2y} = V_y$. Зная углы бросания, можно определить горизонтальные компоненты начальных скоростей: $V_{1x} = V_{1y} ctg\alpha = \frac{V_y}{\sqrt{3}}$ и $V_{2x} = -V_{2y} ctg\beta = -V_y\sqrt{3}$ (знаки проекций должны быть разными, поскольку по условию шарики бросают навстречу друг другу).

Воспользуемся теоремой о движения центра масс. В начальный момент компоненты скорости центра масс равнялись $U_x = \frac{V_{1x} + 3V_{2x}}{4} = -V_y \frac{2}{\sqrt{3}}$, $U_y = \frac{V_{1y} + 3V_{2y}}{4} = V_y$. Поскольку центр масс движется под действием внешних сил, он движется по параболе и в точке падения его вертикальная компонента скорости противоположна ее значению в начальный момент, а горизонтальная компонента остается прежней. Тогда для угла падения *γ* получается из выражения $ctg\gamma = \frac{|U_x|}{|U_y|} = \frac{2}{\sqrt{3}}$, откуда *γ≈41°*.

Ответ: *γ≈41°*.

Критерии оценивания

Найдены связи координат скоростей двух шариков	**4**
Найдены проекции скоростей шаров после удара	**3**
Найдем угол падения комка	**2**
Найден ответ	**1**

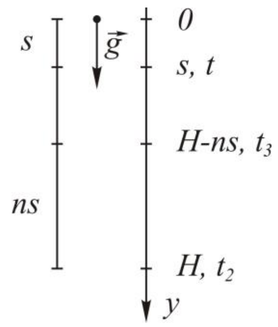
Задача 2

Тело, свободно падающее с некоторой высоты, за время *t* после начала движения проходит путь в *n = 5* раз меньший, чем за такой же промежуток времени в конце движения. Найти высоту, с которой падало тело.

Решение

Запишем уравнение свободного падения тела

$y(t) = \frac{gt^2}{2}$.



Пусть за первые *t* секунд тело прошло расстояние *s* $s = \frac{gt^2}{2}$.

Рассмотрим две точки движения:

одна когда тело проходит весь путь $H = \frac{gt_2^2}{2}$,

вторая когда время было $t_3 = t_2 - t$ $H - ns = \frac{gt_3^2}{2}$.

Получилась система из 4 уравнений с 4-мя неизвестными

$$\begin{cases} s = \dfrac{gt^2}{2} \\ H = \dfrac{gt_2^2}{2} \\ H - ns = \dfrac{gt_3^2}{2} \\ t_3 = t_2 - t \end{cases}$$

Откуда высота с которой падало тело равно $H = \dfrac{9gt^2}{2}$.

Ответ: $H = \dfrac{9gt^2}{2}$.

Критерии оценивания

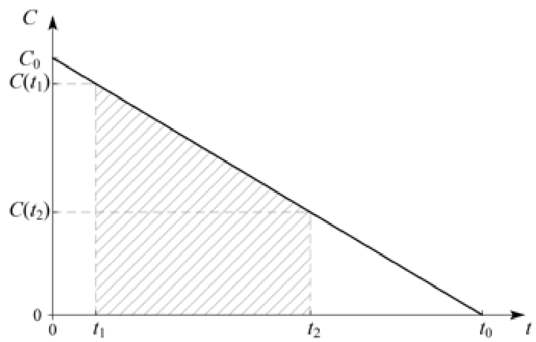
Правильно выбрано расположения пройденных отрезков	**3**
Записана система для нахождения времени полета	**3**
Найдено время движения	**2**
Найдено высота с которого падало тело	**2**
Найден ответ	**1**

Задача 3

Теплоемкость *C* образца из неизвестного вещества зависит от температуры *t*. Эта зависимость в диапазоне температур от *0°C* до *80°C* описывается формулой: $C(t) = C_0\left(1 + \dfrac{t}{t_0}\right)$, где $C_0 = 300$ *Дж/°C*, $t_0 = 100°C$. Сколько времени потребуется на нагрев этого образца от температуры $t_1 = 10°C$ до $t_2 = 60°C$, если тепловая мощность, подводимая к образцу, равна $P = 26$ *Вт*? Теплопотерями можно пренебречь.

Решение

Для определения времени нагрева необходимо найти количество теплоты *Q*, требуемое для нагрева. Для случая переменной теплоемкости это значение можно определить графически, как площадь под графиком зависимости *C(t)* в интересующем нас диапазоне температур



Зависимость теплоемкости от температуры является линейной, поэтому участок плоскости под графиком в интервале температур (t_1, t_2)является трапецией, высота которой равна $t_2 – t_1$, а основания равны $C(t_1)$ и $C(t_2)$. Количество теплоты $Q = \dfrac{C(t_1) + C(t_2)}{2}(t_2 - t_1) = C_0\left(1 - \dfrac{t_1 + t_2}{2t_0}\right)(t_2 - t_1)$. Тогда время нагрева равно $\tau = \dfrac{Q}{P} = C_0\left(1 - \dfrac{t_1 + t_2}{2t_0}\right)\dfrac{(t_2 - t_1)}{P} = 375\ c = 6\ мин\ 15\ c$.

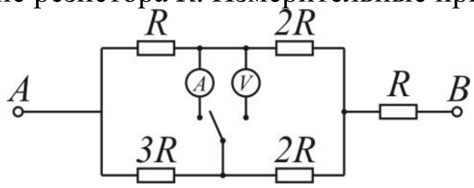
Ответ: $\tau = C_0\left(1-\frac{t_1+t_2}{2t_0}\right)\frac{(t_2-t_1)}{P} = 375\,с = 6\,мин\,15\,с.$

Критерии оценивания

Построен график зависимости тепла	**3**
Найдена зависимость для тепла	**3**
Найдено время нагрева	**3**
Найден ответ	**1**

Задача 4

В цепи, схема которой приведена на рисунке, в зависимости от положения переключателя либо амперметр показывает ток *I=0,12 А*, либо вольтметр показывает напряжение *U=12 В*. Определите напряжение U_{AB} и сопротивление резистора *R*. Измерительные приборы идеальные.



Решение

Если ключ замкнут на амперметр, то общее сопротивление цепи равно:

$$R_1 = \frac{3R\cdot R}{3R+R} + \frac{2R\cdot 2R}{2R+2R} + R = \frac{11}{4}R.$$

Сила тока, текущего через всю цепь, в этом случае равна $\frac{4U_{AB}}{11R}$. Через резистор с сопротивление *2R* текут одинаковые токи $\frac{2U_{AB}}{11R}$, через сопротивление *R* – ток $\frac{3U_{AB}}{11R}$, а через сопротивление *3R* – ток $\frac{U_{AB}}{11R}$. Значит показание амперметра равно

$$I = \frac{3U_{AB}}{11R} - \frac{2U_{AB}}{11R} = \frac{U_{AB}}{11R}.$$

Если ключ замкнут на вольтметр, то общее сопротивление цепи равно

$$R_2 = \frac{3R\cdot 5R}{3R+5R} + R = \frac{23}{8}R.$$

Сила тока, текущего через всю цепь, в этом случае равна $\frac{8U_{AB}}{23R}$. Через резисторы с сопротивлениями *R* и *2R* течет ток $\frac{5U_{AB}}{23R}$, а через сопротивления 3*R* и *2R* – ток $\frac{3U_{AB}}{23R}$. Показание вольтметра при этом равно

$$U = 3R\cdot\frac{3U_{AB}}{23R} - R\cdot\frac{5U_{AB}}{23R} = \frac{4}{23}U_{AB}.$$

Окончательно получим:

$$U_{AB} = \frac{23}{4}U = 69\,В,\ R = \frac{U_{AB}}{11I} = \frac{23U}{44I} \approx 52{,}3\,Ом.$$

Ответ: $U_{AB} = 69\,В$, $R \approx 52{,}3\,Ом$.

Критерии оценивания

Найдено общее сопротивление для первого случая	**2**
Найдено значение сила тока для первого случая	**1**
Найдено общее сопротивление для второго случая	**2**
Найдено значение сила тока для второго случая	**1**
Найдено напряжения U_{AB}	**2**

Найдено значение R	**1**
Найден ответ	**1**

Задача 5

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 алюминия 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 $S\Delta R$, его масса составляет $\rho S\Delta R$. С другой стороны, масса растворённого за время Δt алюминия равна $GS\Delta t$, где $G = 10^{-4}\,\frac{г}{см^2 \cdot ч}$ – 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:

$$\frac{\Delta R}{\Delta t} = \frac{G}{\rho}\,.$$

Видно, что радиус шарика уменьшается с постоянной скоростью. Ясно, что шарик растворится полностью тогда, когда изменение его радиуса ΔR станет равно половине его начального диаметра. Тогда из последней формулы получаем:

$$\tau = \frac{\rho d}{2G} = 13500\;часов\,.$$

Ответ: $\tau = \frac{\rho d}{2G} = 13500\;часов$.

Критерии оценивания

Найдена связь скорости растворимости и скорость уменьшения массы шарика	**5**
Найдена скорость уменьшения радиуса шарика	**2**
Найдено время растворимости	**2**
Найден ответ	**1**