

Московская предпрофессиональная олимпиада школьников

Индивидуальное тестовое задание (8–9 классы)

Научно-технологическое направление

Москва 2019–2020 г.

1) *Приведите пример проявления поверхностного натяжения жидкости. – 1 б.*

Форма капли или струи жидкости, возможность для более плотного объекта плавать на поверхности, поведение водомерки и т.п.

2) *Чем можно воспользоваться для измерения величины поверхностного натяжения? – 1 б.*

Общее название прибора – тензиометр; методов, за счет которого он реализован – множество, как то метод отрыва кольца, капиллярного поднятия, лежащей и висящей капли, бегущих волн и т.п.

3) *Как зависит величина поверхностного натяжения от температуры? – 1 б.*

Обратно пропорционально.

4) *В какой фазе в основном вещество обладает наибольшей теплоёмкостью и почему? А в какой наименьшей? – 2 б.*

На основании выполненного домашнего кейса и знакомство с таблицей теплоемкости из учебника физики следует, что в жидкой, поскольку в этом состоянии на нагрев единицы объема на градус требуется наибольшее количество тепла. В твердой же наименьшей. Тем не менее, следует принять любой достаточно обоснованный ответ.

5) *Что такое случайная и систематическая ошибка? – 1 б.*

Систематическая ошибка закономерна, случайная – нет. На величину систематической экспериментатор может повлиять, улучшая схему эксперимента и точность измерения, случайную может уменьшить количеством измерений.

б) *Связано ли количество измерений с полученной ошибкой? – 1 б.*

Да, связано – ошибка (случайная) уменьшается с увеличением числа измерений.

Московская предпрофессиональная олимпиада школьников

Индивидуальное теоретическое задание (8–9 классы)

Научно-технологическое направление

Москва 2019–2020 г.

Задание 1

В маленьком сосуде находится вода массой 1 г и температурой 30 °С. На её поверхность кладут вольфрамовую нить массой 0,1 г и длиной 1,5 см. Какова должна быть минимальная температура нити для того, чтобы она осталась на поверхности за счёт поверхностного натяжения? Отношение теплоёмкости воды к теплоёмкости вольфрама считать не зависящим от температуры и равным 20. Считать, что теплообмен между нитью и водой происходит мгновенно и без потерь, испарения воды не происходит. Поверхностное натяжение воды $\sigma = 7,6 - 0,02 \cdot T \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$, где T – температура в градусах Цельсия.

Решение

Для того, чтобы нить плавала на поверхности, сила тяжести и сила поверхностного натяжения должны быть равны: $m_w g = \sigma l$. Отсюда находим необходимое значение поверхностного натяжения (6,67 Н/м) и, зная их связь, необходимую конечную температуру (~45 градусов Цельсия).

Уравнение теплового баланса: $m_b c_b \Delta T_b = m_w c_w \Delta T_w$, откуда находим начальную температуру (~3045 градусов Цельсия)

Записано условие для нити на поверхности – 3 балла.

Записано уравнение теплового баланса – 3 балла.

Найдена величина поверхностного натяжения – 1 балла.

Найдена величина конечной температуры воды – 1 балла.

Найдена минимальная температура нити – 2 балла.

Задание 2

В схемотехнике для того, чтобы получить в одной цепи несколько разных напряжений, используются делители напряжения. Так, если к батарейке на 5 В последовательно подключить два резистора с номиналом 1 Ом, Вы сможете снять с любого из них напряжение в 2,5 В.

Каким образом, если в Вашем распоряжении есть неограниченный запас резисторов с сопротивлением 1 Ом, из десятивольтовой батарейки можно получить напряжение а) 5 В, б) 1,25 В, в) 3,125 В с использованием наименьшего числа резисторов? Можно ли одновременно получить все эти варианты в одной схеме?

Решение

В случае А) достаточно снять напряжение с одного из двух последовательных резисторов. В случаях же б) и в) оптимальной схемой из семи резисторов является последовательное подключение двух резисторов к параллельному соединению 2+3. В такой схеме с одиночных резисторов можно снять напряжения 1,25 В, 3,125 В и 1,875 В. Кроме того, в ней же можно получить и напряжение в 5 В с двух резисторов.

Предложена схема для 5 В – 2 балла.

Предложена схема для 1,25 В из 8 резисторов и более – 1 балл.

Предложена схема для 3,125 В из 8 резисторов и более – 1 балл.

Предложена схема для 1,25 В из 7 резисторов и менее – 3 балл.

Предложена схема для 3,125 В из 8 резисторов и менее – 3 балл.

Показано, как получить все эти напряжения в одной схеме – 2 балла.

Московская предпрофессиональная олимпиада школьников

Индивидуальное тестовое задание (10–11 классы)

Научно-технологическое направление

Москва 2019–2020 г.

1) *Что такое свет? – 1 балл.*

Свет – это оптическое электромагнитное излучение.

2) *В каком диапазоне длин волн лежит видимый человеческим глазом свет? – 1 балл.*

380 – 760 нм.

3) *Зависит ли картина дисперсии от формы призмы? – 1 балл.*

Да.

4) *В общем случае (нормальной дисперсии) как соотносятся показатель преломления и длина волны света? – 1 балл.*

Они обратно пропорциональны.

5) *Чем ограничено напряжение электростатического генератора? – 2 балла.*

В случае капельницы Кельвина напряжение зависит от особенностей конструкции (в том числе формы индукторов), интенсивности протекания воды, концентрации ионов в воде.

6) *Всегда ли высокое напряжение может выработать большую мощность? – 2 балла.*

Нет, если мал ток.

Московская предпрофессиональная олимпиада школьников

Индивидуальное теоретическое задание (10–11 классы)

Научно-технологическое направление

Москва 2019–2020 г.

Задание 1

Видимый радиус пустой сферической полости в центре стеклянного шара радиусом R с показателем преломления n равен r . Каков её реальный размер?

Решение

Лучи, выходящие из внешней поверхности параллельно, и при этом идущие по касательной к полости, и будут определять её видимый размер.

При этом $n \sin \alpha = \sin \beta = \frac{r}{R}$. Тогда, в свою очередь, реальный радиус $r_0 = R \sin \alpha = r/n$.

Записан закон Снеллиуса – 2 балла.

Найдены лучи, определяющие видимый радиус – 3 балла.

Связаны углы, под которыми идут эти лучи, и видимые размеры – 2 балла.

Найден реальный радиус – 3 балла.

Задание 2

Одно из частых уравнений, встречающихся в физике и химии, – уравнение Аррениуса. В частности, оно определяет скорость протекания химических реакций k как

$$k = A e^{-E_A/RT},$$

где A – независимый от температуры множитель, R – универсальная газовая постоянная, а E_A – некая пороговая энергия (энергия активации). Из этой формулы можно увидеть, что при низких температурах скорость реакции стремится к нулю.

В случае реакции распада какого-либо вещества его концентрацию C через время t можно связать со скоростью как $\ln C = \ln C_0 - kt$, где C_0 – начальная концентрация. 80 % массы некоего вещества распадается при температуре 400 К за 10 минут. Если энергия активации равна 16620 Дж/моль, то при какой температуре реакция завершится на 96 % за 54 минуты?

Решение

Выразив скорость реакции k из одного уравнения и подставив его в другое, можем записать следующее уравнение для двух температур:

$$\ln\left(\frac{C_0}{C_1}\right) = t_1 A e^{-E_A/RT_1},$$

$$\ln\left(\frac{C_0}{C_2}\right) = t_2 A e^{-E_A/RT_2}.$$

Поделив одно на другое, получим

$$\frac{t_2 \ln(C_0/C_1)}{t_1 \ln(C_0/C_2)} = e^{(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1})E_A/R}.$$

Из условия известно, что $C_0/C_1=5$, $C_0/C_2=25$. Тогда отношение логарифмов равно 0,5, а вся левая часть – 2,7. В таком случае приблизительно

$$\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right) E_A R = 1.$$

Отсюда находим $T_2 = 261$ К.

Записаны уравнения для двух температур – 4 балла.

Правильно найдены отношения концентраций – 2 балла.

Температура второй реакции найдена в общем виде – 2 балла.

Температура второй реакции найдена в численном виде – 2 балла.