

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЭТАП МОСКОВСКОГО КОНКУРСА  
МЕЖПРЕДМЕТНЫХ НАВЫКОВ И ЗНАНИЙ  
«ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МЕГАПОЛИС. ПОТЕНЦИАЛ» В  
НОМИНАЦИИ  
«ИНЖЕНЕРНЫЙ КЛАСС» ПО МХФ НАПРАВЛЕНИЮ, 2023-2024 УЧ.  
ГОД.**

**Методические рекомендации к выполнению заданий по математике,  
химии и физике, разработанных преподавателями РХТУ им. Д.И. Менделеева**

| № задания | Уникальные кодификаторы Конкурса  | Тип задания | Балл |
|-----------|---|-------------|------|
| 1.        | Математика. Базовый уровень.<br>10 класс.<br>1.2. Уравнения и неравенства.<br>1.2.2. Решение задач с помощью линейных и квадратных уравнений и их систем.   | КО          | 5    |
| 2.        | Математика. Углубленный уровень.<br>10 класс.<br>1.2. Уравнения и неравенства.<br>1.2.1 Решение задач на движение и совместную работу, смеси и сплавы с помощью линейных, квадратных и дробно-рациональных уравнений и их систем. | КО          | 5    |
| 3.        | Математика. Базовый уровень.<br>11 класс.<br>1.3. Начала математического анализа.<br>1.3.1 Производная функции в точке. Касательная к графику функции.  | КО          | 5    |
| 4.        | Математика. Углубленный уровень.<br>11 класс.<br>1.2 Уравнения и неравенства<br>1.2.3 Уравнения, системы уравнений с параметром.  | КО          | 5    |
| 5.        | Химия. Базовый уровень.<br>11 класс.<br>1. Теоретические основы химии.<br>1.3. Химическая реакция.<br>1.3.6. Понятие о гидролизе солей. Среда водных растворов: кислая, нейтральная, щелочная (понятие о шкале pH).               | ВО          | 5    |
| 6.        | Химия. Углубленный уровень.<br>10 класс.  | ВО          | 5    |

|     |  |  |   |
|-----|--|--|---|
|     | <p>2. Методы познания в химии. Химия и жизнь.</p> <p>2.4. Высокомолекулярные соединения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки.</p> <p>11 класс.</p> <p>3.2. Общие представления о промышленных способах получения важнейших веществ.</p> <p>3.2.4. Высокомолекулярные соединения. Реакции полимеризации и поликонденсации. Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки.</p>  |  |   |
| 7.  | <p>Химия. Углубленный уровень.</p> <p>11 класс.</p> <p>1.3.4. Электролитическая диссоциация электролитов в водных растворах. Сильные и слабые электролиты. Степень диссоциации.</p> <p>3.3.1. Расчёты массы, объёма или массовой доли компонентов в смеси.</p>   | <p>ВО<br/>(выполнить действия и выбрать ответ)</p> | 5 |
| 8.  | <p>Химия. Углубленный уровень.</p> <p>10 класс.</p> <p>1.6. Расчёты по химическим формулам и уравнениям химических реакций.</p> <p>1.6.1. Определение молекулярной формулы органического вещества по известным массовым долям атомов химических элементов, плотности и относительной плотности газа, продуктам реакции.</p> <p>11 класс.</p> <p>3.3. Расчёты по химическим формулам и уравнениям реакций.</p> <p>3.3.4. Расчёты выхода продукта реакции от теоретически возможного (массы, объёма, количества вещества).</p> | <p>ВО<br/>(выполнить действия и выбрать ответ)</p> | 5 |
| 9.  | <p>Химия. Базовый уровень.</p> <p>11 класс.</p> <p>1.3. Химическая реакция.</p> <p>1.3.3. Обратимые и необратимые реакции. Химическое равновесие. Смещение химического равновесия.</p> <p>Принцип Ле Шателье.</p>  | <p>ВО</p>  | 5 |
| 10. | <p>Химия. Базовый уровень.</p> <p>11 класс.</p> <p>3.8. Расчеты по уравнениям химических реакций.</p> <p>3.8.1. Определение массы вещества или объёма</p>  | <p>Выполнить действия</p>                          | 5 |

|               |  |    |    |
|---------------|--|----|----|
|               | газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ.<br>3.8.4. Расчет теплового эффекта реакции.   |    |    |
| 11.           | 10 класс. Физика (углубленный)<br>4.2. Постоянный электрический ток.<br>Электродинамика. Постоянный электрический ток и условия его существования. Законы постоянного тока. Закон Ома для участка цепи и полной цепи. Работа электрического тока. Закон Джоуля-Ленца. Мощность, выделяемая на резисторе. ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.<br>Технические устройства: амперметр, вольтметр, реостат.  | КО | 5  |
| 12.           | 10 класс. Физика (углубленный)<br>3.1. Основы МКТ<br>3.3.3. Влажность воздуха. Относительная влажность.<br>Молекулярная физика и термодинамика. Основы молекулярно-кинетической теории газов.<br>Масса и размеры молекул. Количество вещества. Постоянная Авогадро.<br>Абсолютная температура (шкала температур Кельвина)<br>Газовые законы. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Закон Дальтона.<br>Технические устройства: термометр, барометр, гигрометр. | КО | 5  |
| Сумма баллов: |  |    | 60 |

## II. Участники конкурса должны знать и уметь:

### Математика

#### Знать

- Целое и часть, доля числа
- Процент
- Пропорция и её свойства
- Линейная функция и её график
- Квадратичная функция, её свойства и график
- Производная функции в точке, её геометрический смысл. Касательная к графику функции
- Линейное уравнение
- Квадратичное уравнение

- Уравнение с параметром

### Уметь

- Находить части целого, процент от числа
- Решать линейные и квадратные уравнения и их системы
- Решать задачи на смеси и сплавы с помощью линейных, квадратных и дробно-рациональных уравнений и их систем
- Находить количество вещества по известному соотношению
- Находить производные функции
- Находить угловой коэффициент касательной к графику функции в заданной точке
- Использовать свойства квадратичной функции
- Решать уравнения с параметром

### Задание 1.

Два бизнесмена внесли деньги в общий бизнес. Первый внёс 40 млн. рублей, второй внёс 60 млн. руб. Через год первый забрал свои деньги без дохода, а через два года они поделили доход, полученный за два года. Помогите им поделить доход в сумме 17 млн. руб., учитывая капитализацию прибыли за первый год. В ответ запишите прибыль первого бизнесмена (в млн. рублей).

### **Решение**

Обозначим через  $x$  - во сколько раз увеличивается сумма вложений за год.

Доход первого бизнесмена за два года  $(40 \cdot x - 40) \cdot x$ , доход второго бизнесмена за два года  $60x^2 - 60$ . Тогда общий доход находится так:

$$(40 \cdot x - 40) \cdot x + 60 \cdot x^2 - 60 = 17$$

$$100 \cdot x^2 - 40 \cdot x - 77 = 0$$

$$x = 1,1 (x > 0)$$

Доход первого бизнесмена

$$40(1,1 - 1) \cdot 1,1 = 4,4 \text{ млн руб.}$$

**Ответ: 4,4**

### Задание 2.

Один сплав состоит из меди и алюминия, входящих в него в отношении 1:2, а другой сплав содержит те же металлы в отношении 2:3. Из скольких частей обоих сплавов можно получить новый сплав, содержащий те же металлы в отношении 17:27? В ответ записать два числа через знак / без пробелов

### **Решение**

Пусть  $x$  и  $y$  – вес первого и второго сплавов соответственно.

Тогда для нового сплава, содержащего те же металлы в отношении 17:27, имеет место уравнение

$$\frac{\frac{x}{3} + \frac{2 \cdot y}{5}}{\frac{2 \cdot x}{3} + \frac{3 \cdot y}{5}} = \frac{17}{27}; \frac{5 \cdot x + 6 \cdot y}{10 \cdot x + 9 \cdot y} = \frac{17}{27}; \frac{5 \frac{x}{y} + 6}{10 \frac{x}{y} + 9} = \frac{17}{27}; 27 \cdot \left(5 \frac{x}{y} + 6\right) = 17 \cdot \left(10 \frac{x}{y} + 9\right); \text{отсюда}$$

$$\frac{x}{y} = \frac{9}{35}$$

**Ответ: 9/ 35**

### Задание 3.

Прямая  $y=5 \cdot x+3$  касается графика функции  $y=a \cdot x^2+b \cdot x+2$  в точке  $A(1; 8)$ . Найдите значения  $a$  и  $b$ . В ответ запишите их произведение.

### **Решение**

Производная функции в точке есть тангенс угла наклона касательной в заданной точке. Найдём производную функции и приравняем угловому коэффициенту прямой, т. е. пяти.

$$y' = 2ax + b$$

$$2 \cdot a \cdot x + b = 5$$

Точка касания по условию имеет координаты  $(1; 8)$ . Тогда

$$2a + b = 5 \text{ или } a + (a + b) = 5$$

В точке касания  $8 = a \cdot 1 + b \cdot 1 + 2$ , значит,  $a + b = 6$ .

Следовательно,  $a = 5 - 6 = -1$ ,  $b = 6 - (-1) = 7$ , тогда  $ab = -7$

**Ответ: -7**

### Задание 4.

Для квадратичной функции  $f(x) = x^2 + bx + c$  выполняется условие  $f(f(-1)) = f(f(0)) = f(f(1))$ . Найдите все значения  $b$  и  $c$ , когда это верно. В ответ запишите сумму всех значений из найденных пар. В случае дробного значения ответ округлите до целого числа.

### **Решение**

Для квадратичной функции возможно одинаковое значение только не более, чем в двух точках

Рассмотрим попарно точки:

$$1) f(-1) = f(0)$$

$$1 - b + c = c, b = 1. \text{ То есть } f(x) = x^2 + x + c, f(-1) = f(0) = c.$$

При этом  $f(f(-1)) = f(f(0)) = c^2 + c + c = c^2 + 2c$ .

$$\text{В этом случае } f(1) = 1 + 1 + c = 2 + c. \text{ Тогда } f(f(1)) = (2 + c)^2 + (2 + c) + c = c^2 + 6c + 6.$$

$$\text{По условию задачи } c^2 + 2c = c^2 + 6c + 6. \text{ Значит, } c = \frac{-3}{2}$$

$$2) f(1) = f(0)$$

$1+b+c=c$ ,  $b=-1$ . То есть  $f(x)=x^2-x+c$ ,  $f(1)=f(0)=c$ .

При этом  $f(f(1))=f(f(0))=c^2-c+c=c^2$ .

В этом случае  $f(-1)=1+1+c=2+c$ . Тогда  $f(f(-1))=(2+c)^2-(2+c)+c=c^2+4c+2$ .

По условию задачи  $c^2=c^2+4c+2$ . Значит,  $c=\frac{-1}{2}$

3)  $f(1) = f(-1)$

$1-b+c=1+b+c$ ,  $b=0$ . То есть  $f(x)=x^2+c$ ,  $f(1) = f(-1)=1+c$ .

При этом  $f(f(-1))=f(f(1))=(1+c)^2+c=c^2+3c+1$ .

В этом случае  $f(0)=c$ . Тогда  $f(f(0))=c^2+c$ .

По условию задачи  $c^2+c=c^2+3c+1$ ;  $c=\frac{-1}{2}$

**Ответ: -3**

## **Химия:**

### **Знать**

**Важнейшие химические понятия:** вещество, химический элемент, атом, молекула, относительная атомная и молекулярная массы, ион, химическая связь, электроотрицательность, валентность, степень окисления, моль, молярная масса, молярный объем, вещества молекулярного и немолекулярного строения, растворы, электролит и не электролит, электролитическая диссоциация, сильные и слабые электролиты, понятие рН раствора, гидролиз солей, окислитель и восстановитель, окисление и восстановление, тепловой эффект реакции, скорость химической реакции, катализ, химическое равновесие, углеродный скелет, функциональная группа, изомерия, гомология;

**основные законы химии:** сохранения массы веществ, постоянства состава, периодический закон;

**основные теории химии:** химической связи, электролитической диссоциации, строения органических соединений;

**важнейшие вещества и материалы:** основные металлы и сплавы; серная, соляная, азотная и уксусная кислоты; щелочи, аммиак, минеральные удобрения, метан, этилен, ацетилен, бензол, этанол, жиры, мыла, глюкоза, сахароза, крахмал, клетчатка, белки, искусственные и синтетические волокна, каучуки, пластмассы.

### **Уметь**

Проводить расчёты по химическим формулам и уравнениям химических реакций.

Рассчитывать массу, объём или массовую доли компонентов в смеси.

Проводить расчёты массы вещества или объёма газов по известному количеству вещества, массе или объёму одного из участвующих в реакции веществ.

Проводить расчёты массы (объёма, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси).

Проводить расчёты выхода продукта реакции от теоретически возможного (массы, объёма, количества вещества).

Проводить расчёты массы, объёма вещества по уравнению реакции, если одно из реагирующих веществ взято в виде раствора определённой концентрации (молярной или массовой).

Определять направление смещения химического равновесия в зависимости от различных факторов.

Проводить расчёты по термохимическим уравнениям. Рассчитывать тепловой эффект химической реакции по теплоте образования или сгорания веществ.

### Задание 5.

Укажите, в каком ряду перечислены вещества, после добавления которых в дистиллированную воду, характер среды будет одинаковым:

- А)  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{AgCl}$ ;
- Б)  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ;
- В)  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ;
- Г)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MnCl}_2$ .

### Решение с пояснениями:

Указанные во всех рядах соединения являются солями. Поэтому характер среды (кислая, щелочная или близкая к нейтральной) после добавления этих веществ к дистиллированной воде будет определяться их склонностью к гидролизу. Следует помнить, что соли, образованные катионом слабого основания и анионом сильной кислоты, подвергаются в водном растворе гидролизу по катиону, в результате чего среда становится кислой, в то время как гидролиз солей, образованных катионом сильного основания и анионом слабой кислоты, протекает по аниону, создавая в растворе щелочную среду. Если соль образована слабым основанием и слабой кислотой, то характер среды в растворе такой соли близок к нейтральной.

Если соль, согласно таблице растворимости, является малорастворимым соединением, то ее взаимодействием с растворителем (водой) можно пренебречь, и среда в таких случаях будет оставаться нейтральной.

Исходя из изложенного выше, заполняем таблицу, указав знаком «↓» малорастворимые соединения и характер среды растворов, полученных после растворения солей в воде:

| № Пункта       | В-во 1                                       | В-во 2          | В-во 3                    |
|----------------|--|-----------------|---------------------------|
| А              | $\text{NH}_4\text{Cl}$                       | $\text{MgCl}_2$ | $\text{AgCl}\downarrow$   |
| Характер среды | кислая                                       | кислая          | нейтральная               |
| Б              | $\text{NaNO}_3$                              | $\text{BaCl}_2$ | $\text{CaCO}_3\downarrow$ |
| Характер среды | нейтральная                                  | нейтральная     | нейтральная               |
| В              | $\text{FeCl}_2$                              | $\text{FeCl}_3$ | $\text{CH}_3\text{COONa}$ |
| Характер среды | кислая                                       | кислая          | щелочная                  |
| Г              | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{NH}_3\text{Cl}$ | $\text{KCl}$    | $\text{MnCl}_2$           |
| Характер среды | нейтральная                                  | нейтральная     | кислая                    |

Проанализировав заполненную таблицу, можно заметить, что среда будет иметь одинаковый характер после добавления в дистиллированную воду веществ, указанных в пункте Б ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$ ).

Следовательно, **правильный ответ Б.**

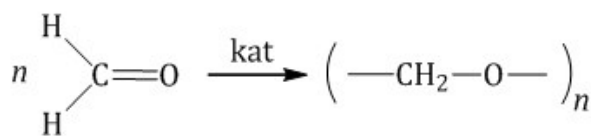


### Задание 6.

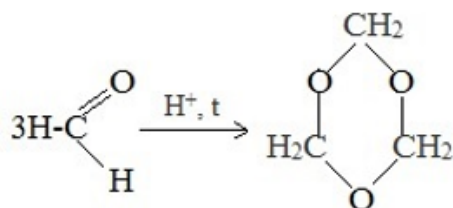
Укажите верные утверждения на основе приведенной ниже информации:

Полиформальдегид (параформ) и 1,3,5-триоксан (триоксиметилен) белые, твердые вещества, имеющие легкий запах формальдегида, а также еще одно общее свойство: со временем медленно выделять формальдегид, что легло в основу применения их в медицине и сельском хозяйстве как дезинфицирующих средств против грибов, бактерий и вирусов.

Параформ и триоксиметилен получают из концентрированных водных растворов формальдегида при его полимеризации по следующим схемам:



Параформ  
(полиформальдегид)



триоксан  
(триоксиметилен)

Количество структурных звеньев ( $n$ ) в составе полиформальдегида зависит от наличия и состава катализатора: без катализатора  $n=7-8$ ; в присутствии катализатора  $\text{Fe}(\text{CO})_5$  -  $n > 1000$ .

|  |
|--|
| А. Полученные полимерные вещества не являются токсичными, как и выделяющийся в ходе их медленного разложения формальдегид. |
| Б. Параформ является линейной полимерной структурой, полученной способом гомолитической поликонденсации.                   |
| В. Различие в строении параформа и 1,3,5-триоксана вызвано различием в условиях получения.                                 |
| Г. 1,3,5-триоксан относится к классу простых эфиров.   |
| Д. Продукт синтеза параформа в присутствии катализатора является олигомером.   |
| Е. Легкий запах формальдегида, который свойственен обоим соединениям, не связан с их постепенным разложением.              |

В ответе перечислите пункты без знаков препинания и пробелов.

### **Решение с пояснениями:**

Проанализируем приведенные высказывания, используя предоставленную в тексте информацию:

*А. Полученные полимерные вещества не являются токсичными, как и выделяющийся в ходе их медленного разложения формальдегид.*

Формальдегид является высокотоксичным веществом, относящимся ко II классу опасности. Его предельная допустимая концентрация (ПДК) в воздухе жилых зданий составляет  $0,01 \text{ мг/м}^3$ . Вдыхание паров формальдегида приводит к поражению дыхательных путей и бронхолегочной системы, появлению аллергических реакций и онкологических заболеваний и др.

Описываемые в тексте полимеры медленно разлагаются с выделением токсичного формальдегида, следовательно, также представляют опасность и не могут быть названы нетоксичными.

Таким образом, ответ А – неверен.

*Б. Параформ является линейной полимерной структурой, полученной способом гомолитической поликонденсации.*

Реакции полимеризации протекают за счет присоединения молекул мономера по двойной связи. Такой тип полимеризации характерен в основном для углеводородов.

В ходе реакции поликонденсации наряду с полимером образуется еще и низкомолекулярный продукт, чаще всего вода. Реакции поликонденсации характерны для органических веществ, имеющих в своем составе какие-либо функциональные группы. В зависимости от количества исходных мономеров реакции поликонденсации можно разделить на реакции сополиконденсации (2 мономера) или гомополиконденсации (1 мономер).

Поскольку получение параформа сопровождается выделением низкомолекулярного продукта ( $\text{H}_2\text{O}$ ), то в данном случае протекает реакция поликонденсации. Отсутствие других мономеров кроме формальдегида, позволяет отнести эту реакцию к реакциям гомолитической поликонденсации. А образование линейной структуры в ходе синтеза демонстрирует схема реакции.

Таким образом, ответ Б – верен.

*В. Различие в строении параформа и 1,3,5-триоксана вызвано различием в условиях получения.*

Анализ приведенных уравнений реакций получения названных полимеров подтверждает верность утверждения В. Следовательно, ответ В – верен.

*Г. 1,3,5-триоксан относится к классу простых эфиров.*

Анализ приведенной структурной формулы 1,3,5-триоксана показывает, что это соединение относится к классу циклических простых эфиров. Следовательно, ответ Г – верен.

*Д. Продукт синтеза параформа в присутствии катализатора является олигомером.*

Ответ Д неверен, поскольку согласно приведенной в тексте информации олигомеры образуются в отсутствие катализатора.

*Е. Легкий запах формальдегида, который свойственен обоим соединениям, не связан с их постепенным разложением.*

Ответ Е неверен, поскольку в тексте указано, что «полиформальдегид (параформ) и 1,3,5-триоксан (триоксиметилен) белые, твердые вещества, имеющие легкий запах формальдегида, а также еще одно общее свойство: со временем медленно выделять формальдегид», т.е. разлагаться с его выделением.

Таким образом, правильными являются утверждения: БВГ.

### **Задание 7.**

Какой объем (в мл) 25%-го водного раствора аммиака плотностью 0,907 г/мл потребуется для приготовления 5 л раствора, имеющего рН 11, если степень диссоциации молекул аммиака в приготовленном растворе составляет 2%.

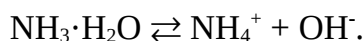
#### **Решение с пояснениями:**

Значение рН водного раствора определяется равновесной концентрацией ионов водорода и рассчитывается по формуле:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+], \text{ где}$$

$[\text{H}^+]$  – равновесная концентрация ионов водорода, моль/л.

Однако в данном случае при расчете удобнее использовать величину рОН, поскольку при диссоциации аммиака образуются ионы гидроксила  $\text{OH}^-$  в соответствии с уравнением:



Для расчета рОН воспользуемся формулой:

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14.$$

Тогда

$$\text{pOH} = 14 - 11 = 3.$$

С другой стороны, рОН связан с равновесной концентрацией ионов  $\text{OH}^-$  в растворе формулой:

$$\text{pOH} = -\lg [\text{OH}^-], \text{ где}$$

$[\text{OH}^-]$  – равновесная концентрация гидроксил-ионов, [моль/л].

Воспользовавшись определением логарифма, можно рассчитать равновесную концентрацию ионов  $\text{OH}^-$  в растворе:

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-3} = 0,001 \text{ моль/л.}$$

Степень диссоциации ( $\alpha$ ) молекул аммиака в растворе удобно выразить через равновесную концентрацию ионов  $\text{OH}^-$  следующим образом:

$$\alpha = \frac{[\text{OH}^-]}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})} \cdot 100\%, \text{ где}$$

$c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$  – молярная концентрация аммиака в растворе, [моль/л].

Следовательно, зная равновесную концентрацию ионов гидроксила в растворе и степень диссоциации аммиака, можно рассчитать молярную концентрацию аммиака в приготовленном растворе:

$$c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = \frac{[\text{OH}^-] \cdot 100}{\alpha} = \frac{0,001 \cdot 100}{2} = 0,05 \text{ моль/л.}$$

Определив молярную концентрацию приготовленного раствора, рассчитываем количество вещества ( $n$ ) аммиака в 5 л раствора, используя формулу:

$$n(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot V_{\text{р-ра}},$$

где  $V_{\text{р-ра}}$  – объем приготовленного раствора [л].

*Внимание!* При расчете количества вещества объем раствора в формулу подставляют в л.

$$n_{\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}} = 0,05 \cdot 5 = 0,25 \text{ моль.}$$

Масса аммиака ( $m(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})$ ) в приготовленном растворе будет определяться как произведение молярной массы вещества ( $M$ ) и его количества:

$$m(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = n(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = 0,25 \text{ моль} \cdot 17 \text{ г/моль} = 4,25 \text{ г.}$$

Согласно условию задачи, для приготовления раствора аммиака с концентрацией 0,05 моль/л использовали 25%-й раствор. Воспользовавшись формулой для расчета массовой доли вещества в растворе:

$$\omega(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{раствора}}} \cdot 100\%,$$

рассчитаем массу 25%-го раствора, которую следует отобрать для приготовления 0,05М раствора аммиака:

$$m_{\text{раствора}} = \frac{4,25 \cdot 100}{25} = 17 \text{ г.}$$

Масса раствора связана с его объемом по формуле:

$$m_{\text{раствора}} = V_{\text{р-ра}} \cdot \rho,$$

где  $\rho$  – плотность раствора, [г/мл].

Тогда объем 25%-го раствора аммиака, который необходимо взять для приготовления раствора с концентрацией 0,05 моль/л составляет:

$$V_{\text{р-ра}} = \frac{17}{0,907} = 18,7 \text{ мл.}$$

В задании указаны следующие варианты ответов:

А – 18,7;

Б – 15,4;

В – 22,7;

Г – 10,6.

Сравниваем полученный результат (18,7 мл) с приведенными ответами и делаем вывод о том, что правильный ответ указан под буквой А.

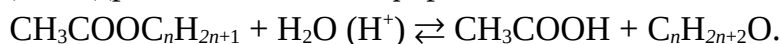
### Задание 8.

В результате кислотного гидролиза образца сложного эфира массой 11,1 г было получено 7,20 г уксусной кислоты. Установите, какой спирт находился в реакционной массе после окончания гидролиза, если выход уксусной кислоты составил 80%?

- А) метанол;
- Б) этанол;
- В) пропанол;
- Г) 2-метилпропанол.

### Решение с пояснениями:

Предположим, что сложный эфир образован уксусной кислотой и алифатическим одноатомным спиртом, не содержащем кратных связей, и запишем уравнение реакции гидролиза сложного эфира:



Из данных условия задачи можно рассчитать количество вещества уксусной кислоты  $n_{\text{практ}}(\text{CH}_3\text{COOH})$ , образовавшейся в ходе гидролиза сложного эфира:

$$n_{\text{практ}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m(\text{C H}_3\text{COOH})}{M(\text{C H}_3\text{COOH})} = \frac{7,20}{60} = 0,12 \text{ моль}.$$

Поскольку кислотный гидролиз сложных эфиров протекает обратимо, то количество уксусной кислоты, полученной в ходе реакции не равно количеству сложного эфира, взятого для гидролиза. Чтобы установить исходное количество сложного эфира, необходимо учесть выход продукта реакции гидролиза, равный 80% и рассчитать теоретическое количество уксусной кислоты ( $n_{\text{теор}}(\text{CH}_3\text{COOH})$ ), которое могло бы образоваться, если бы весь эфир прореагировал:

$$n_{\text{теор}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{n_{\text{практ}}(\text{C H}_3\text{COOH}) \cdot 100}{\eta},$$

где  $\eta$  – выход продукта реакции, %.

$$n_{\text{теор}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{0,12 \cdot 100}{80} = 0,15 \text{ моль}.$$

Согласно уравнению реакции, количество сложного эфира ( $n(\text{CH}_3\text{COOC}_n\text{H}_{2n+1})$ ), взятого для гидролиза, равно теоретическому количеству уксусной кислоты:

$$n(\text{CH}_3\text{COOC}_n\text{H}_{2n+1}) = n_{\text{теор}}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,15 \text{ моль}.$$

Зная из условия задачи массу образца сложного эфира, подвергнувшегося гидролизу, и его количество вещества, можно определить значение молярной массы сложного эфира ( $M(\text{CH}_3\text{COOC}_n\text{H}_{2n+1})$ ):

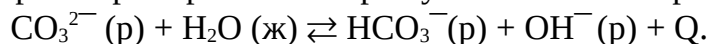
$$M(\text{CH}_3\text{COOC}_n\text{H}_{2n+1}) = \frac{11,1 \text{ г}}{0,15 \text{ моль}} = 74 \text{ г/моль}.$$

Выразим молярную массу сложного эфира через массы элементов:

$$M(\text{CH}_3\text{COOC}_n\text{H}_{2n+1}) = m(\text{C}) + m(\text{H}) + m(\text{O}) = 12 \cdot (2+n) + 1 \cdot (3+2n+1) + 16 \cdot 2 = 74$$

и, решив полученное уравнение, определим количество атомов углерода ( $n$ ) в спирте. Количество атомов углерода ( $n$ ) в спирте равно 1, следовательно, после реакции образовался метанол. Ответ А.

**Задание 9.** В водном растворе карбоната натрия устанавливается равновесие:



Применительно к данному процессу выберите из предложенного перечня верные утверждения:

А) для смещения равновесия в сторону прямой реакции процесс проводят при повышенной температуре;

Б) увеличение концентрации карбоната натрия способствует смещению равновесия в сторону прямой реакции;

В) для смещения равновесия в сторону прямой реакции процесс ведут в присутствии катализатора;

Г) при подкислении раствора равновесие смещается в сторону прямой реакции;

Д) изменение давления не оказывает влияния на смещение равновесия в данном процессе;

Е) введение в раствор небольшого количества гидроксида натрия не оказывает влияния на смещение равновесия в данном процессе.

В ответе перечислите пункты без знаков препинания и пробелов.

**Решение с пояснениями:**

Рассмотрим приведённую реакцию, применив к равновесию принцип Ле-Шателье (его же называют принципом подвижного равновесия Ле-Шателье–Брауна), который гласит: «При некотором внешнем воздействии на химическую реакцию, пребывающую в состоянии равновесия, последнее смещается в ту сторону, которая ослабляет данное воздействие».

Теперь рассмотрим каждый тезис по-отдельности.

А) *Влияние температуры.* В уравнении реакции перед знаком обозначающим тепловой эффект ( $Q$ ) стоит знак плюс. Это означает, что данная реакция является экзотермической, то есть сопровождается выделением тепла, а значит, добавление «в реакцию» дополнительной порции тепла, то есть нагревание, сместит равновесие в обратную сторону, т.е. в сторону обратной реакции. Это не соответствует тому, что указано в ответе.

Таким образом, тезис (А) не верен!

Б) *Влияние концентрации исходного вещества.* Карбонат-ионы находятся в левой части уравнения, являясь исходным компонентом. В соответствии с принципом Ле-Шателье, добавление таких ионов в реакционную смесь увеличит скорость прямой реакции. Именно такое её направление способно ослабить эффект

возникновения в левой части уравнения дополнительных карбонат-ионов. Поскольку такие ионы привносятся в реакцию как раз в виде карбоната натрия, то его добавление с раствор сместит равновесие вправо, чему и соответствует данный тезис.

*Таким образом, тезис (Б) верен!*

**В)** Данная реакция является реакцией гидролиза соли, образованной слабой кислотой и сильным основанием. Реакция не является каталитической. Кроме того, катализатор способен ускорить или замедлить (если катализ отрицательный – ингибирование) момент наступления равновесия, но не способен повлиять на его смещение.

*Таким образом, тезис (В) не верен!*

**Г)** При подкислении раствора (добавлении ионов  $H^+$ ) за счёт реакции образования воды (мало диссоциированное вещество):  $H^+ + OH^- = H_2O$  ионы  $OH^-$  связываются и выводятся из зоны реакции. Их концентрация (в правой части уравнения) уменьшается, а значит для восполнения их количества (компенсации их потери) равновесие сместится вправо.

*Таким образом, тезис (Г) верен!*

**Д)** В уравнении реакции отсутствуют газы, и поэтому изменение давления не оказывает существенного влияния на равновесие.

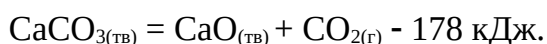
*Таким образом, тезис (Д) верен!*

**Е)** Добавление гидроксида натрия приведёт к увеличению концентрации ионов  $OH^-$  в растворе. Поскольку такие ионы уже есть в правой части уравнения, то для компенсации такого воздействия (то есть, для восстановления их концентрации в растворе) равновесие сместится сторону обратной реакции.

*Таким образом, тезис (Е) не верен!*

**Ответ: правильные тезисы БГД.**

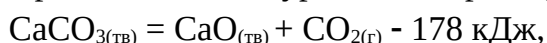
**Задание 10.** При сгорании 56 л (н.у.) пропана в кислороде выделяется 5550 кДж теплоты. Рассчитайте, какой объем (н.у.) пропана потребуется сжечь в кислороде, чтобы выделившийся теплоты было достаточно для разложения 25 кг карбоната кальция. Разложение карбоната кальция протекает в соответствии с термохимическим уравнением реакции:



Ответ запишите в литрах с точностью до целых без указания единиц измерения.

**Решение с пояснениями.**

В соответствии с термохимическим уравнением реакции:



разложение карбоната кальция является *эндотермическим* процессом, что следует из *знака* при тепловом эффекте (знак минус). Без подвода тепла извне такая реакция идти не будет. Таким образом, для её проведения требуется нагреть некоторое количество карбоната кальция и сообщить ему некоторое количество тепла. В соответствии с уравнением для разложения 1 моля карбоната кальция (на оксид кальция и углекислый газ) потребуется 178 кДж тепла. 1 моль карбоната кальция соответствует его массе в 100 г, так как это молекулярная масса этого вещества:

$$M_r(\text{CaCO}_3) = M_r(\text{Ca}) + M_r(\text{C}) + 3 \cdot M_r(\text{O}) = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100 \text{ г/моль}$$

Таким образом, для разложения 100 г карбоната кальция необходимо подвести 178 кДж тепла. По пропорции можно рассчитать, какое его количество необходимо для разложения 25 кг (то есть 25 000 г) этой соли.

Для разложения 100 г  $\text{CaCO}_3$  необходимо 178 кДж тепла

Для разложения 25 000 г  $\text{CaCO}_3$  необходимо  $x$  кДж тепла

$$x = \frac{25\,000(\text{г}) \times 178(\text{кДж})}{100(\text{г})} = 44\,500 \text{ кДж}$$

Теперь по другой пропорции можно установить какой объём пропана нужно сжечь, чтобы выделившегося тепла хватило для проведения реакции разложения 25 кг карбоната кальция.

При сгорании 56 л пропана выделяется 5550 кДж тепла

При сгорании  $u$  л пропана выделяется 44 500 кДж тепла

$$u = \frac{44\,500(\text{кДж}) \times 56(\text{л})}{5550(\text{кДж})} = 449 \text{ л}$$

**Ответ: 449 литров.**



## Физика:

### Знать

Суть физических явлений и их описание. Основные законы физики в рамках школьной программы. Физические величины и единицы их измерения в системе СИ.

Основы молекулярно-кинетической теории и термодинамики. Основы электричества и магнетизма.

### Уметь

Распознавать, к какому разделу физики относится задание и выбирать нужный закон физики для его решения. Пользоваться методами решения комбинированных задач (объединяющих в себе законы из разных разделов физики).

Решать задачи по молекулярной физике и термодинамике.

Решать задачи с использованием основных законов постоянного тока (Ома для участка цепи, Ома для полной цепи, Джоуля-Ленца и др.)

### Задание 11.

От «пальчиковой» батарейки (типоразмера АА, диаметр цилиндра  $d = 14$  мм, высота без учета контактного выступа  $h = 48$  мм) настенные часы проработали 3 месяца (90 суток) и остановились. Сообразительный школьник, не найдя дома подходящей батарейки на замену, решил подогнуть в часах контакты и приспособить «мизинчиковую» батарейку (типоразмер ААА, диаметр 10 мм, высота 43 мм). Попробуйте спрогнозировать, на сколько суток (с округлением до целых) хватит этой батарейки. Конструкция и химический состав обеих батареек идентичны; саморазрядом батареек пренебречь; внутреннее сопротивление батареек  $r_1$  и  $r_2$  намного меньше сопротивления  $R$  токопроводящих элементов часов.

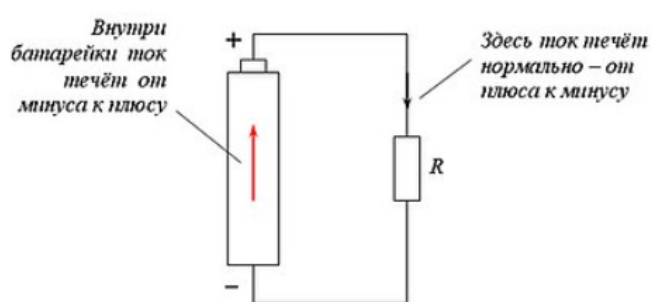


### Решение

Для возникновения постоянного электрического тока необходимы три условия:

- 1) Наличие свободных частиц-носителей заряда. В металлах свободными зарядами являются электроны, в электролитах – положительные и отрицательные ионы, в газах и плазме – положительные, отрицательные ионы, протоны, атомные ядра и электроны, но исторически сложилось, что за направление тока принято направление движения положительно заряженных частиц.
- 2) Наличие внешнего электрического поля, которое приводит свободные носители заряда в упорядоченное движение (наличие разности потенциалов на концах электропроводящего материала).

3) Чтобы носители заряда не накапливались на одном из краев проводника, а возвращались на противоположный край, цепь должна быть замкнутой.



Носители заряда сами по себе не могут непрерывно протекать по замкнутой цепи. По рисунку видно, что внутри батарейки положительные заряды (именно они задают направление тока) должны двигаться от «минусовой» клеммы в сторону клеммы с положительным потенциалом, которая будет отталкивать их в обратную сторону. Поэтому должна существовать какая-то движущая сила, которая бы «перебрасывала» с отрицательной клеммы на положительную, преодолевая отталкивание со стороны электрических сил. Эту роль могут выполнять только силы неэлектрической природы, которые называются *сторонними силами*. Природа сторонних сил определяется химическими процессами, диффузией носителей зарядов, контактными явлениями, вихревыми электрическими полями и др. Устройства, в которых действуют сторонние силы, называются *источниками тока или напряжения*, или объединенно, источниками электродвижущей силы (ЭДС).

ЭДС по своему физическому смыслу – это не сила, а *работа*. **В замкнутом проводящем контуре ЭДС численно равна работе сторонних сил по перемещению единичного положительного заряда вдоль всего контура.**

Электродвижущая сила химического источника тока определяется только его химическим составом и от размера не зависит. Например, гальванические элементы (в обиходе не совсем верно называемые батарейками: батареей принято называть соединение нескольких одинаковых элементов), бывают с соевым электролитом и щелочным электролитом (последние часто называют *алкалиновыми*; калька от английского слова *alkaline* – щелочной). У обоих видов номинальное значение ЭДС отличается незначительно и практически у всех батареек составляет около 1,5 В, большие ли они или маленькие по размеру. По мере расходования заряда, ЭДС гальванического элемента будет понижаться, и при некотором критически низком значении ЭДС питаемое устройство перестанет работать.

Пусть сопротивление токопроводящих деталей часов равно  $R$ , ЭДС обеих батареек составляет  $\varepsilon$ , а их внутреннее сопротивление  $r_1$  и  $r_2$ . Тогда, поскольку по

закону Ома для полной цепи сила тока равна  $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ , полная мощность,

выделяющаяся в цепи часов с батарейкой AA будет равна  $P_1 = I^2(R+r_1) = \frac{\varepsilon^2}{R+r_1}$ , а с

батарейкой AAA будет  $P_2 = I^2(R+r_2) = \frac{\varepsilon^2}{R+r_2}$  (по закону Джоуля-Ленца). Так как

$r_1 \ll R$  и  $r_2 \ll R$ , то  $P_1 \approx P_2$ , то есть скорость расходования заряда из обеих батареек можно считать одинаковой.

Работа химическим источником совершается за счет запасённой в нём энергии химических связей молекул. Разумно предположить, что количество молекул в батарейке прямо пропорционально объему веществ, заключенных в корпусе батарейки. По сравнению с батарейкой АА, в котором объем реагентов

составляет  $V_1 = \frac{\pi d^2}{4} h \approx 7,4 \text{ мл}$ , в её меньшей копии ААА содержится  $V_2 = 3,4 \text{ мл}$  реагентов, поэтому последняя при такой же потребляемой мощности сможет

совершить в  $\frac{V_1}{V_2} = 2,2$  раза меньшую работу. Значит, до своей остановки часы с батарейкой ААА проработают примерно во столько же раз меньшее время, чем с батарейкой АА, т.е.  $\frac{90}{2,2} \approx 41$  сутки.

**Ответ: 41 сутки.**

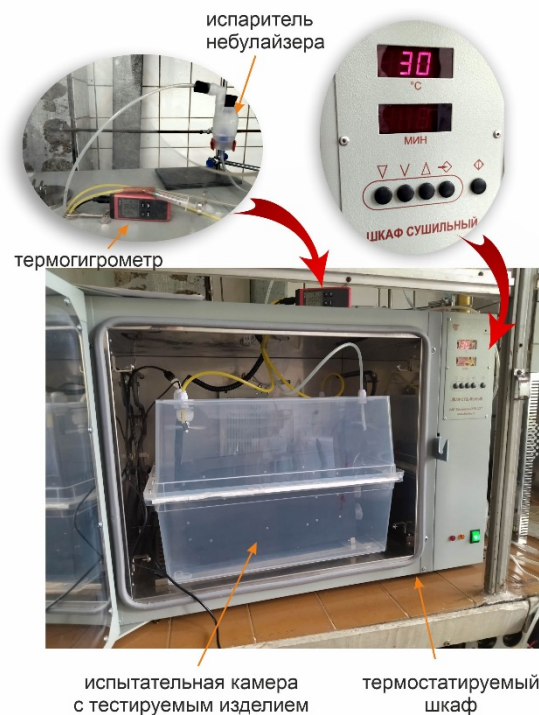
### Задание 12.

При разработке электронных устройств специального назначения особое внимание уделяется их работоспособности в экстремальных условиях – при низких и высоких температурах, высокой влажности, при воздействии агрессивных газов и жидкостей.

В одну из лабораторий Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева поступило изделие в форме коробки размером 20x20x30 см для проведения четырехсуточных испытаний в условиях высокой относительной влажности воздуха  $\varphi = 90 \%$  при температуре  $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Было решено поместить изделие в герметичную испытательную камеру – пластиковый контейнер объемом  $V = 50 \text{ л}$ , и установить камеру в лабораторный термостатированный сушильный шкаф с индикацией и автоматическим поддержанием заданной температуры (см. рис.). Среду с требуемой влажностью воздуха в испытательной камере создавали путем напуска водяного пара из небулайзера (медицинского ингалятора), а влажность и температуру контролировали с помощью электронного термогигрометра, датчик которого установлен внутри камеры.

Перед началом испытаний влажность и температура в камере соответствовали комнатным:  $\varphi_0 = 50 \%$  и  $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . При включении небулайзера влажность  $\varphi = 90 \%$  была достигнута за время  $\tau = 5$  минут. Небулайзер выключили и затем включили нагреватель термостатированного шкафа, чтобы поднять температуру в камере до требуемого значения  $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ . При этом было замечено, что показания влажности на термогигрометре упали. На какое время  $\Delta\tau$  (в секундах) нужно дополнительно включить небулайзер, чтобы влажность опять достигла требуемого значения  $\varphi = 90 \%$ ? Изменением объема газа в камере в процессе напуска влажного воздуха и повышения температуры пренебречь. Известно, что плотность насыщенных паров воды при  $20^\circ \text{C}$  составляет  $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 17,3$

г/м<sup>3</sup>, при 30° С – ρ<sub>н</sub> = 30,3 г/м<sup>3</sup>. Все расчеты вести с точностью до трех значащих цифр.



## Решение

Насыщенным паром называется пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью: скорость испарения равна скорости конденсации. Насыщенный пар характеризуется плотностью  $\rho_{\text{нас}}$ . Говоря о влажности воздуха, плотность насыщенных паров  $\rho_{\text{нас}}$  – это максимальная масса водяных паров (влаги), которую может поглотить в себя 1 м<sup>3</sup> воздуха при данной температуре. Плотность насыщенных паров  $\rho_{\text{нас}}$  теоретически рассчитать сложно, поэтому измеряется экспериментально при разных температурах и приводится в табличной форме. Чем выше температура воздуха, тем больше он может «растворить» в себе влаги. Если количество паров в воздухе меньше, чем требуется для его насыщения, то говорят о плотности ненасыщенного пара  $\rho$ , которая иначе называется *абсолютной влажностью воздуха*. *Относительной влажностью* называется отношение плотности водяного пара (абсолютной влажности)  $\rho$  к плотности насыщенного

пара  $\rho_{\text{нас}}$ , выраженное в процентах: 
$$\phi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нас}}} 100\%$$
. Понятно, что при одной и той же абсолютной влажности относительная влажность воздуха разная, и будет уменьшаться с температурой. Так как плотность и давление газа прямо пропорциональны друг другу (в этом можно убедиться, например, с помощью уравнения Менделеева-Клапейрона), то относительную влажность можно выразить

и через отношение давлений ненасыщенного и насыщенного пара: 
$$\phi = \frac{P}{P_{\text{нас}}} 100\%$$
, где  $\rho_{\text{нас}}$  можно найти, как правило, в тех же справочных таблицах, что и  $\rho_{\text{нас}}$ . Несмотря на то, что в составе такой сложной смеси газов, как атмосферный воздух,

пары воды занимают по массе всего несколько процентов, влажность является важной составляющей для комфортного существования наземных живых существ (для человека наиболее комфортной считается относительная влажность 30-60%) и движущей силой глобальных процессов (климат, погода, уровень водоемов и даже период вращения Земли).

Использованный в качестве увлажнителя воздуха небулайзер представляет собой устройство, которое ультразвуковым или компрессорным способом разбивает жидкость на мелкие аэрозольные частицы (туман), которые в дальнейшем могут претерпеть испарение и тем самым внести вклад в имеющуюся в воздухе влажность.

Учитывая, что газу (влажному воздуху) в испытательной камере предоставлен объем  $V_r = V - V_{изд}$  за вычетом объема испытуемого изделия  $V_{изд} = 20 \times 20 \times 30 = 12000 \text{ см}^3 = 0,012 \text{ м}^3$ , рассчитаем, какая масса водяного пара присутствовала в камере в начале испытаний:

$$\phi_0 = \frac{\rho_0}{\rho_{н0}} 100\% = \frac{m_0}{V_r \rho_{н0}} \Rightarrow m_0 = \frac{\phi_0 (V - V_{изд}) \rho_{н0}}{100} = 0,329 \text{ г.}$$

Далее, аналогично найдем массу водяного пара  $m$  в камере после его первого напуска:

$$\dots \Rightarrow m' = \frac{\phi (V - V_{изд}) \rho_{н0}}{100} = 0,592 \text{ г (температуру } t_0 = 20^\circ \text{ С еще не повышали, поэтому здесь для расчета берем } \rho_{н0}).$$

Отсюда мы можем найти производительность небулайзера (скорость подачи водяного пара):

$$I = \frac{m' - m_0}{\tau} = 8,77 \cdot 10^{-4} \text{ г/с.}$$

После повышения температуры до  $t = 30^\circ \text{ С}$  в камере масса водяного пара оставалась по-прежнему равной  $m'$ , но для достижения влажности  $\phi = 90\%$

требуется довести ее до значения

$$m = \frac{\phi (V - V_{изд}) \rho_{н0}}{100} = 1,036 \text{ г.} = \{\text{округляем до 3-х значащих цифр}\} = 1,04 \text{ г.}$$

Теперь мы можем установить, что для напуска недостающей разницы  $\Delta m = m - m'$  необходимо повторно включить небулайзер на время

$$\Delta \tau = \frac{\Delta m}{I} = 511 \text{ с.}$$

**Ответ:  $\Delta \tau = 511 \text{ с.}$**