

9 класс

Задача 9-1 (20 баллов)

Исторически Майкл Фарадей сформулировал два закона электролиза, которые сводятся к одному выражению:

$$n = \frac{Q}{zF} \quad (1)$$

где n – химическое количество вещества, прореагировавшего в ходе электролиза, z – количество электронов, которые принимает 1 молекула или формульная единица вещества в ходе электролиза, Q – электрический заряд в кулонах (Кл), F – постоянная Фарадея. Константа Фарадея связывает электрический заряд в кулонах и химическое количество и численно равна заряду 1 моль электронов:

$$F = 96\,485 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}} \quad (2)$$

1. Каков заряд (в кулонах) $1.204 \cdot 10^{24}$ электронов? (4 балла)
2. Какое химическое количество электронов имеет заряд 10 кулон? (4 балла)

В ходе электролиза раствора гидроксида натрия через систему было пропущено 4567 Кл электричества.

3. Какой объем кислорода при н.у. выделился в ходе описанного процесса? Примите, что раствор находится в избытке. (6 баллов)

Иногда не весь заряд расходуется на проведение целевой реакции в ходе электролиза. Часть заряда, пошедшая на конкретную реакцию, называется выходом по току.

Металлическую пленку из меди осаждают из электролита, содержащего ионы Cu^{2+} . Выход по току в описываемых условиях 91.0%. Молярная масса меди 63.546 г/моль, плотность меди 8.960 г/см³. Примите, что пленка имеет вид прямоугольного параллелепипеда.

4. Рассчитайте силу тока, при которой за 2,5 часа можно осадить пленку толщиной 1.2 мм на участок площадью 5.25 см². (6 баллов)

Справочная информация:

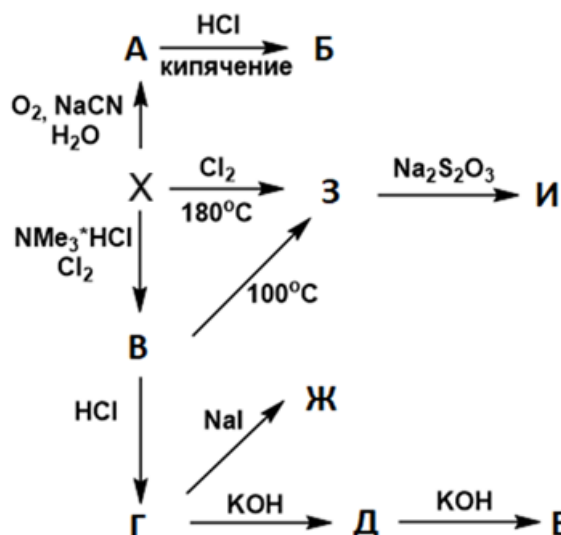
Электрический заряд (Q) в кулонах:

$$Q = It$$

где I – сила постоянного тока в амперах, t – время электролиза в секундах.

Задача 9-2 (20 баллов)

В этой задаче вам предстоит расшифровать цепочку превращений, в которой участвует химически-инертный металл **X**.



1. Расчетом определите металл X , если он имеет гранецентрированную кубическую решетку с параметром ячейки $a = 4,0781 \text{ \AA}$, а его плотность равна 19.3 г/см^3 . (4 балла)
2. Приведите формулы соединений $A-I$, если B – комплексная соль, а реакции из G в D проходит при недостатке щелочи, в то время как реакция из D в E – в избытке. (9 баллов)
3. Какую геометрию имеют анионы соединений A, E, I, B, G ? (4 балла)
4. Что представляет собой «царская водка»? Напишите уравнение реакции перевода металла X в раствор при помощи этого реагента. Назовите продукт реакции, содержащий элемент X (3 балла)

Задача 9-3 (20 баллов)

Уже далеко не юный, но очень опытный химик Илья проводит синтез при пониженной температуре (-25°C). К большому сожалению, его реакционная система не помещается в морозильную камеру. Однако у опытного химика есть много соли и машина для генерации льда и он знает, что растворы имеют более низкую температуру замерзания, чем чистый растворитель. Температура замерзания (или плавления) $T_{\text{пл.}}$ раствора может быть рассчитана по следующей формуле:

$$\Delta T_{\text{пл.}} = T_{\text{пл.}}^* - T_{\text{пл.}} = i K_{\text{крио.}} m \quad (1)$$

где $T_{\text{пл.}}^*$ – температура замерзания чистого растворителя, m – моляльность раствора (число моль растворенного вещества на килограмм растворителя), $K_{\text{крио.}}$ – криоскопическая константа растворителя. Коэффициент i показывает сколько частиц в растворе образуется из одной частицы растворенного вещества.

Криоскопическая константа растворителя может быть рассчитана по следующей формуле.

$$K_{\text{крио.}} = \frac{RT_{\text{пл.}}^{*2} M^*}{\Delta_{\text{пл.}} H} \quad (2)$$

где M^* – молярная масса растворителя в кг/моль, $\Delta_{\text{исп.}}H$ – теплота плавления растворителя в Дж/моль. В таблице ниже приведены данные, для расчета криоскопической константы для воды и бензола.

	Вода (H_2O)	Циклогексан (C_6H_{12})
$t_{\text{пл.}}, ^\circ\text{C}$	0.0	6.50
$\Delta_{\text{пл.}}H, \text{кДж/моль}$	6.01	2.680

1. Рассчитайте криоскопическую константу для воды и циклогексана. Каков физический смысл этой константы? (3 балла)
2. Определите температуру замерзания циклогексана, в 200 г которого растворено 15.6 грамма бензола (C_6H_6). (2 балла)
3. Определите температуру замерзания раствора, полученного растворением 11.7 г хлорида натрия в 200 г воды. (3 балла)

В запасе у химика Ильи имеется несколько солей щелочных металлов, чья растворимость в воде при 0 $^\circ\text{C}$ приведена в таблице ниже.

Соль	Растворимость г/100 г H_2O
NaCl	35.65
KCl	28.0
CsCl	162
KBr	53
CsBr	105
KI	127

4. Можно ли создать температуру, необходимую для синтеза, хлоридом натрия? Ответ подтвердите расчетом температуры замерзания насыщенного раствора хлорида натрия. (5 баллов)
5. Какую минимальную температуру можно получить согласно данным таблицы? (7 баллов)

Задача 9-4 (20 баллов)

В школьных учебниках по химии и физике упоминается один факт, который решил подставить под сомнение юный химик. Для этого он провел опыт, в ходе которого он взял пробирку объемом 20 мл, поместил в нее 1 г железных опилок и плотно закрыл ее пробкой. Далее юный химик аккуратно нагрел пробирку над пламенем спиртовой горелки. После того как пробирка и ее содержимое остыли до комнатной температуры, юный химик поместил ее под воду пробкой вниз и аккуратно достал пробку из пробирки. Далее пробирку частично заполнила вода. Примите, что весь опыт происходит при нормальных условиях.

1. Напишите уравнение реакции, произошедшей в пробирке при нагревании. (5 баллов)

2. Какой объем воды попал в пробирку? Объясните какой факт из школьного учебника изучал юный химик. (10 баллов)
3. Можно ли вместо железа в данной реакции использовать медь? Напишите уравнения протекающих в этом случае реакций. (5 баллов)

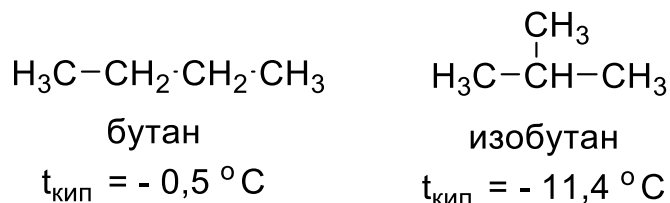
Задача 9-5 (20 баллов)

При взаимодействии растворов веществ **A** и **B** выпадает осадок вещества **C** темного цвета. Этот осадок **C** растворим в концентрированной соляной кислоте. При этом образуется соль **A** и выделяется газ **D**. Если газ **D** пропустить в водный раствор газа **E**, выпадает осадок простого вещества **F**, который можно растворить в концентрированной азотной кислоте с образованием кислоты **J**. Если пропустить ток газа **D** в раствор гидроксида натрия, образуется средняя соль **B**. При нагревании смеси **C** и **J** образуется газ **D** и соль **H**. При добавлении к соли **H** раствора желтой кровяной соли выпадает осадок синего цвета. Определите вещества **A-H**.

1. Напишите уравнения всех описанных в задаче реакций и определите вещества **A-H**

Задача 9-6 (20 баллов)

Ещё до появления теории А.М. Бутлерова загадочным явлением в органической химии было существование веществ, которые имели одинаковый элементный состав, но обладали разными свойствами. Такое явление в химии было названо изомерией. Например, до создания теории строения было лишь известно одно вещество состава C_4H_{10} – бутан. У бутана линейное строение углеродной цепи. Но Бутлеров высказал предположение, что возможно существование ещё одного вещества с той же молекулярной формулой, но с другим строением (расположением атомов углерода и водорода). Такое вещество было получено и названо изобутаном (т.е. изомером бутана):



Изобутан в отличие от бутана имеет разветвленное строение углеродной цепи. Обратите внимание на различные температуры кипения бутана и изобутана. Данный момент является убедительным доказательством второго положения теории химического строения, которое говорит о том, что свойства вещества зависят от строения его молекул, т.е. от порядка соединения атомов друг с другом. Другими словами, строения молекул вещества определяет его свойства. Таким образом, можно сказать, что изомеры – это вещества, имеющие один и тот же элементный состав молекулы, но различное химическое строение и обладающие поэтому разными свойствами.

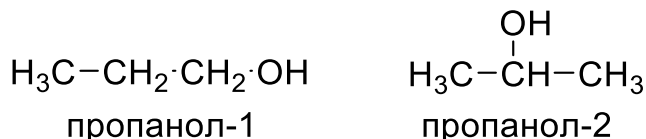
Количество изомеров очень быстро растет с увеличением числа углеродных атомов в молекуле. Например, углеводород $C_{10}H_{22}$ имеет 75 изомеров, а у углеводорода $C_{20}H_{42}$ число изомеров уже равно 366319. Благодаря изомерии существует огромное количество органических соединений, которые до настоящего времени неизвестны и ждут своего часа.

В органической химии имеется несколько типов изомерии. На примере бутана удалось ознакомиться с самой простой изомерией – *структурной*. В этом случае изо-

меры отличаются друг от друга строением углеродной цепи. Но даже структурная изомерия имеет несколько разновидностей. Изомеры бутана позволили рассмотреть *изомерию углеродного скелета*. Она зависит от порядка соединения между собой атомов в углеродной цепи.

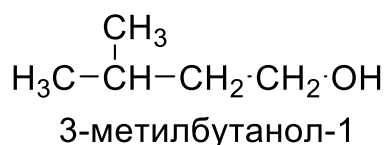
1. Приведите структурные формулы изомеров углеродного скелета алкана C_5H_{12} . Назовите их по номенклатуре IUPAC. (6 балла)

Другой случай структурной изомерии – *изомерия положения*. Например:



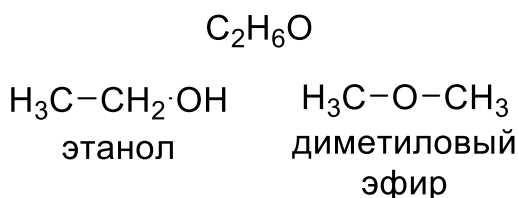
Гидроксильная группа в этих изомерах связана с различными атомами углерода. Следовательно, пропанол-1 и пропанол-2 – изомеры. В общем случае можно сказать, что данный тип изомерии характеризуется различным положением функциональных групп (в примере – OH-группа) или кратных связей (двойных и тройных) при одинаковом углеродном скелете.

2. Какое количество изомеров положения функциональной группы имеется у 3-метилбутанола-1. (2 балла)



А) 1; Б) 2; В) 3; Г) 4; Д) 5; Е) 6.

Ещё одним типом структурной изомерии является *межклассовая изомерия*. Межклассовые изомеры имеют различное строение и относятся к разным классам органических соединений. Так, этанол относится к предельным одноатомным спиртам, а диметиловый эфир – к простым эфирам:



Межклассовых изомеров не образуют только алканы.

3. Приведите 4 примера межклассовых изомера для C_3H_6O . (12 баллов)