ХИМИЯ
ВСЕРОССИЙСКАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

Задания
муниципального этапа
2026-2027 учебный год
10 класс

***ВАЖНО**: в решении задач обязательно нужно привести необходимые расчеты и рассуждения, ответ без доказательств может быть оценен в 0 баллов.*

Задача 1 (*10 баллов*)

Лаборант химико-аналитической лаборатории Даниил получил ёмкость с соляной кислотой, точная концентрация которой была неизвестна. Перед использованием кислоты в технологическом процессе он решил установить её концентрацию методом титрования.

Для анализа Даниил отобрал 5,00 мл исходной соляной кислоты, перенёс пробу в мерную колбу вместимостью 250,0 мл и довёл объём раствора дистиллированной водой до метки. Для приготовления стандартного раствора лаборант взвесил 1,3264 г предварительно высушенного безводного Na_2CO_3, растворил навеску в воде, количественно перенёс раствор в мерную колбу вместимостью 250,0 мл и довёл водой до метки. Полученным раствором титровали четыре аликвоты по 10,00 мл разбавленного раствора HCl. В качестве индикатора использовали метиловый оранжевый.

Результаты титрования:

Опыт	**Объём раствора Na_2CO_3, мл**
1	19,4
2	19,9
3	19,9
4	19,9

Запишите уравнение реакции. Определите молярную концентрацию (моль/л) HCl в исходной кислоте и массовую концентрацию (г/л) HCl в исходном растворе.

Задача 2 (*10 баллов*)

Вместо эпиграфа: *Мне очень нравится разница слов "сжигание" и "сожжение". Первое это рутинный процесс, а второе — ритуальный.*
...Так вот, задачу я начал писать со слов "при сожжении навески..."

Сложные эфиры — одни из самых дешевых и распространенных ароматизаторов.
В лабораторию поступили образцы четырех эфиров, каждый из которых обладает выраженным фруктовым запахом (груши, банана, ананаса и яблока).
Для определения строения из образца каждого эфира взяли две пробы по 100 мг. Первую пробу сожгли, а выделившийся газ пропустили вначале через перхлорат магния, а затем через известковую воду. Вторую пробу гидролизовали в гидроксиде натрия, после чего выделили и высушили образующуюся соль. Результаты анализа занесены в таблицу.

Эфир	Увеличение массы $Mg(ClO_4)_2$, мг	Увеличение массы известковой воды, мг	Масса натриевой соли, мг
A	93.1	227.6	70.7
B	96.9	236.9	63.1
C	93.1	227.6	94.8
D	96.9	236.9	95.4

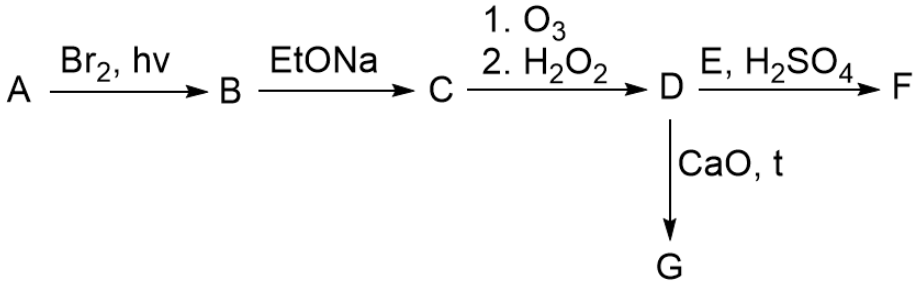
Известно также, что спирт, выделяющийся при гидролизе **B**, при окислении дает кислоту, соль которой выделяется при гидролизе **D**. Про кислоту известно, что ее серебряная соль при реакции с бромом образует алкилбромид **E**, содержащий изопропильную группу $(CH_3)_2CH$-. Все остальные продукты описанных в задаче реакций имеют только одну метильную CH_3- группу в составе.
1. Приведите брутто- и структурные формулы четырех эфиров, отданных на анализ, схему гидролиза каждого из них, а также соединения **E**. Приведите свои расчеты и рассуждения.
2. Как получают эфиры?

Задача 3 (*10 баллов*)

Ниже приведена цепочка превращений, ведущая к соединениям **F** и **G**. **F** – широко использующийся пластификатор, а **G** – важный реагент в органическом синтезе.

Учтите, что:

1. Алкан **A** (ω(C)=85.71%) при реакции с бромом на свету дает единственное монобромпроизводное **B** (ω(Br)=49.07%).
2. **E** – одноатомный спирт нормального строения с молярной массой не больше 220 г/моль.
3. **G** не содержит кальций
4. Из 10 мг **D** можно получить 25.34 мг пластификатора **F**.



В ответе приведите структурные формулы соединений **A**—**G**. Для чего используют пластификаторы? Зачем нужен свет в реакции превращения **A** в **B**? Назовите соединения **D** и **E**.

Задача 4 (*10 баллов*)

Математическая загадка

Сидел как-то мальчик Петя на уроке математики и решал задачу по химии. Когда учитель это заметил, он решил преподать ему урок и задал задачку.

— Петя, назови мне любой элемент, — сказал учитель.

— Олово, — говорит Петя.

А учитель ему:

— Вычти из порядкового номера олова сумму цифр его порядкового номера.

Петя это сделал и получил число (номер элемента **K**). А потом учитель спросил:

— А какой следующий элемент после олова?

Петя отвечает:

— Сурьма.

— Сделай с сурьмой всё точно так же, — сказал учитель.

Петя проделал те же действия и получил то же самое число.

Тогда учитель назвал этот элемент (получившийся номер **K**) «всеобъемлющим» и сказал, что в химии существует множество таких элементов. Один «всеобъемлющий» элемент с помощью этой зависимости объединяет другие элементы.

Пете очень понравилась эта идея, и он решил найти все «всеобъемлющие» элементы.

Вопросы и задания

1. Найдите элемент **K** и все «всеобъемлющие» элементы (с порядковым номером до 89 включительно).

Известно следующее:

· **A_7** — вещество образовано элементом с самой высокой молярной массой среди найденных.

· **A_3** — вещество состоит из атомов элемента, названого в честь части света.

· **A_6** – вещество состоит из атомов элемента, связанного с Данией.

· **A_4** реагирует с **A_1** с образованием вещества **X**. В веществе **X** массовая доля элемента, образующего вещество **A_1,** составляет 49,1%.

· При взаимодействии **A_2** с **A_1** может быть получено **B_1** или **B_2**, или **B_3** (вещества **B_1, B_2, B_3** записаны в порядке возрастания их молярной массы).

· **A_5** реагирует с **A_1** с образованием вещества **C**. Вещество **C** реагирует с **B_3**, в результате чего образуется соединение **Y**. В **Y** массовая доля элемента, образующего вещество **A_1,** составляет около 40%.

· **A_6** реагирует с менее реакционноспособным аналогом **A_1**, в результате чего образуется вещество **D_1**. **D_1** взаимодействует с **A_6** при температуре 450°C, образуя соединение **D_2**. В **D_2** молярная масса элемента, образующего аналог **A_1,** составляет менее 20% от общей молярной массы вещества.

· **A_8** не реагирует с **A_1**.

2. Определите простые вещества **A_1** – **A_8**, образованные «всеобъемлющими» элементами**.**

3. Определите вещества:

· **X, B_1, B_2, B_3, C, Y, D_1, D_2** и аналог **A_1**.

Задача 5 (*10 баллов*)

Кто разрушает наши зубы?

Бактерия *Streptococcus mutans* является одним из основных микроорганизмов, связанных с возникновением кариеса зубов. В процессе жизнедеятельности она активно использует углеводы, поступающие с пищей, и превращает их в ходе метаболизма в органические кислоты, в частности – молочную кислоту. В результате кислотность в зубном налёте повышается, значение pH снижается,

что приводит к постепенной деминерализации твёрдых тканей зуба. При длительном воздействии кислот эмаль разрушается – это и есть кариес.

Энергию для своей жизнедеятельности бактерия получает в процессе анаэробного расщепления сахарозы – одного из основных пищевых дисахаридов. Суммарное уравнение этого биохимического процесса имеет следующий вид:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 4\ C_3H_6O_3$$

Как и в любом реальном биохимическом процессе, преобразование химической энергии в живых системах не может быть абсолютно эффективным: часть энергии неизбежно рассеивается в виде тепла, нагревая бактериальную клетку и окружающий зубной налёт.

Из курса биохимии известно, что на первом этапе сахароза гидролизуется до глюкозы и фруктозы с разрывом гликозидной связи. Далее каждая из образовавшихся молекул моносахарида подвергается гликолизу с образованием двух молекул молочной кислоты. При этом в ходе гликолитического превращения как одной молекулы глюкозы, так и одной молекулы фруктозы синтезируется по 2 моля АТФ на каждый моль моносахарида. Однако для захвата сахарозы из внешней среды бактерия вынуждена затрачивать 1 моль АТФ на активный транспорт одного моля дисахарида внутрь клетки.

Стандартная энергия Гиббса гидролиза АТФ при стандартных условиях принимается равной -30,5 кДж/моль.

Справочные термодинамические данные (стандартная энергия Гиббса образования $\Delta G°'$):

$\Delta G°'$ (сахароза) = -1550 кДж/моль

$\Delta G°'$ (молочная кислота) = -524 кДж/моль

$\Delta G°'$ (вода жидкая) = -237 кДж/моль

Задания:

1. Рассчитайте, какое количество моль АТФ синтезируется бактерией при разрушении одного моля сахарозы, с учётом энергетических затрат на её транспорт.
2. Вычислите суммарную энергию (в кДж/моль сахарозы), которая запасается клеткой в виде макроэргических связей АТФ.
3. Используя закон Гесса, определите стандартную энергию Гиббса ($\Delta G°'$) полной реакции превращения сахарозы в молочную кислоту (в кДж/моль).
4. Определите коэффициент полезного действия (КПД) данного метаболического пути, рассчитав, какой процент от общей выделяющейся химической энергии удаётся сохранить в виде энергии АТФ. Оставшаяся часть энергии рассеивается в виде тепла.

5. Исходя из того, что вся энергия, не запасённая в форме АТФ, преобразуется в теплоту, вычислите теоретическое количество теплоты (в кДж), выделяющейся при расщеплении 1 моля сахарозы.
6. Что именно означает полученное значение изменения энергии Гиббса для направления самопроизвольного протекания процесса в биологических системах? Определите в каком направлении будет идти реакция: в прямом, в обратном или система будет находиться в состоянии равновесия?
7. Зачем для защиты от кариеса используют пасты с содержанием фтора?