

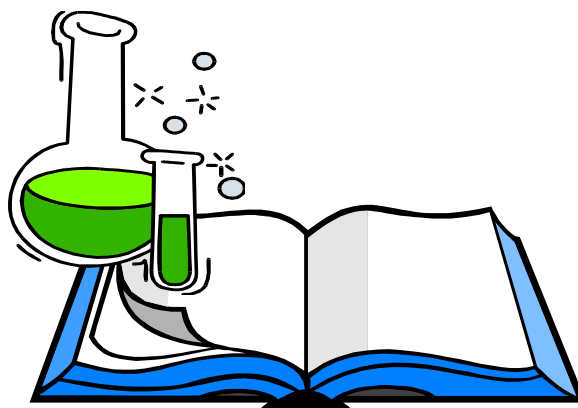


Государственное образовательное учреждение  
дополнительного образования детей

«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ «ОДАРЕННЫЙ ШКОЛЬНИК»

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



**ХИМИЯ, 2010**

**ЗАДАНИЯ, РЕШЕНИЯ**

**И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по проверке и оценке решений  
II (муниципального) этапа  
Всероссийской олимпиады школьников  
**ПО ХИМИИ**

Кировской области  
в 2010/2011 учебном году

Киров  
2010

Печатается по решению учебно-методического совета ГОУ ДОД «Центр дополнительного образования для детей «Одаренный школьник» и методической комиссии районной (городской) олимпиады по химии

Задания, решения и методические указания по проверке и оценке решений II (муниципального) этапа Всероссийской олимпиады школьников по химии Кировской области в 2010–2011 учебном году [Текст] / Сост. М. А. Зайцев, М. А. Бакулева, О. В. Навалихина, И.А. Токарева, А. И. Фокина, Л. А. Храмова // Под ред. Е. В. Бересневой. – Киров: Изд-во ЦДООШ, 2010. – 32 с.

#### Авторы, составители

Зайцев М. А., кандидат педагогических наук, доцент кафедры химии ВятГГУ, декан химического факультета ВятГГУ;  
Бакулева М. А., методист ЦДООШ;  
Навалихина О. В., педагог дополнительного образования ЦДООШ;  
Токарева И. А., старший преподаватель кафедры товарной экспертизы Кировской ГМА;  
Фокина А. И., кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры химии ВятГГУ;  
Храмова Л. А., педагог дополнительного образования ЦДООШ.

#### Рецензент

Береснева Е. В., кандидат педагогических наук, доцент кафедры химии ВятГГУ.

Подписано в печать 08.11.2010  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага типографская. Усл. печ. л. 2,0  
Тираж 1000 экз.

© Государственное образовательное учреждение дополнительного образования детей «Центр дополнительного образования для детей «Одаренный школьник», Киров, 2010  
© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Вятский государственный гуманитарный университет», 2010  
© М. А. Зайцев, М. А. Бакулева, О. В. Навалихина, И. А. Токарева, А. И. Фокина, Л. А. Храмова, 2010

## **Вниманию заведующих Р(Г)УО, методистов и председателей жюри олимпиады**

1. Перед проверкой решений задач (пока участники выполняют задания и оформляют работы) членам жюри необходимо прорешать задачи самостоятельно (без использования «РЕШЕБНИКА»), чтобы вникнуть в содержание каждой задачи, ее решение и разбалловку. Это позволяет выявить и заблаговременно устранить ошибки и опечатки, которые составители могли не заметить при подготовке данного пособия.

2. Работы участников должны быть зашифрованы. Шифр (например, РХО-9-1 – районная химическая олимпиада – 9-й класс – номер участника) наносится сверху на анкету участника председателем жюри. В начале олимпиады (до выдачи заданий) участники заполняют анкеты и переносят шифр на все листы работы и в таблицы для тестирования. Анкеты участников собираются председателем жюри, после чего участники получают задания олимпиады.

Члены жюри проверяют работы под шифрами, и лишь после подведения итогов председатель жюри расшифровывает работы.

3. Продолжительность олимпиады по химии для всех классов составляет *4 часа*, включая тест. На выполнение теста отводится *30 мин*, после чего таблицы с результатами теста отрезаются (или аккуратно обрываются) от листа с условиями задач и сдаются жюри на проверку. По окончании проверки работ они клеиваются в чистовик работы.

4. Замечания и предложения по организации олимпиады направляйте в ЦДООШ.

### **Общие положения**

Настоящие методические рекомендации предназначены для жюри II этапа Всероссийской олимпиады школьников по химии в Кировской области в 2010–2011 учебном году при оценке и разборе решений задач. Они также могут быть использованы учителями при обучении школьников решению усложненных задач на факультативных и кружковых занятиях, в инновационных классах и школах на уроках химии, абитуриентами при подготовке к вступительным экзаменам. Предлагаемые в пособии задачи в основном могут быть решены на основе знаний из школьного курса химии. В то же время имеются задачи, требующие знаний из смежных школьных предметов (например, физики), дополнительного материала, химической эрудиции.

*Приводимые в настоящем пособии варианты решений задач не являются единственными, и учащиеся вовсе не обязаны решать задачи предложенными в брошюре способами, а имеют право выбрать свой оригинальный метод решения. Если предложенный учеником вариант решения логически верен и приводит к правильным результатам, то он должен быть оценен максимальным числом баллов, указанным в данном пособии!*

Оценка решения каждой задачи основана на подразделении его по логическим этапам. Каждому этапу присваивается определенная «цена» в баллах, а общая оценка за задачу определяется суммированием числа баллов за отдельные этапы. Максимальное число баллов за задачу – 10 баллов. Если ученик приводит решение, аналогичное предложенному в брошюре, но при этом выполняет какой-либо этап не полностью, то за этот этап дается пропорциональная доля от его «цены» с точностью до 0,5 балла.

*Олимпиада не является обычной контрольной работой, а имеет цель выявить одаренных школьников, имеющих нестандартное мышление, широкий кругозор и эрудицию. Сам факт, что школьник участвует в олимпиаде, говорит о том, что он является одним из лучших в классе, школе, районе. Это должно быть доведено до сведения каждого ученика, участвующего в олимпиаде.*

# ВОСЬМОЙ КЛАСС

## Тестовое задание

1. Если в ходе химической реакции из двух и более исходных веществ образуется одно новое вещество – это реакция

- а) разложения; б) соединения;  
в) замещения; г) обмена.

2. Наиболее тяжелым газом является

- а) фтор; б) углекислый газ;  
в) азот; г) аргон.

3. Молекула серной кислоты  $H_2SO_4$  содержит больше всего по массе:

- а) серы; б) водорода;  
в) кислорода; г) всех элементов одинаково.

4. Как правильно определить запах газообразного вещества?

- а) вдыхать какие-либо газы запрещено;  
б) использовать газоотводную трубку;  
в) наклониться над сосудом и вдохнуть;  
г) направить газ движением руки к себе.

5. В каких соединениях атомы азота и фосфора имеют одинаковое значение степени окисления?

- а)  $NH_3$  и  $Ca_3P_2$ ; б)  $NH_3$  и  $PCl_5$ ;  
в)  $NO_2$  и  $P_2O_5$ ; г)  $NO_2$  и  $P_2O_3$ .

6. Порядковый номер химического элемента совпадает

- а) с числом энергетических уровней в атоме;  
б) с числом нейтронов в ядре;  
в) с зарядом атомного ядра;  
г) с числом валентных электронов.

7. Число электронов на внешнем энергетическом уровне увеличивается в ряду:

- а)  $Li - Na - K - Rb$ ; б)  $Al - Si - P - S$ ;  
в)  $Ca - Sc - Ti - V$ ; г)  $Se - As - Ge - Ga$ .

8. Какая масса поваренной соли содержится в 25 мл 10% раствора с плотностью  $1,07 \text{ г/см}^3$

- а) 26,75 г; б) 25 г; в) 2,675 г; г) 2,5 г.

9. Закон сохранения массы веществ объясняется тем, что в ходе реакции не изменяется:

- а) качественный и количественный состав веществ;  
б) общее число атомов всех элементов;  
в) общее число молекул всех веществ;  
г) все перечисленное.

10. Где по правилам техники безопасности нужно хранить концентрированные кислоты?

- а) на лабораторных столах; б) в металлических ящиках;  
в) в прохладных помещениях; г) в вытяжных шкафах.

## Задачи

**Задача 8-1.** Капля дождя имеет массу около  $10^{-4}$  г. Рассчитайте количество молекул воды и суммарное количество атомов всех элементов, содержащихся в этой капле.

**Задача 8-2.** Для лечения простудных заболеваний очень часто используют ментол, выделяемый из эфирного масла мяты перечной. Установите молекулярную формулу ментола, если известно, что в состав молекулы ментола входят атомы углерода, водорода и кислорода. Массовая доля углерода составляет 76,92%, массовая доля водорода 12,82%, остальное приходится на кислород. Относительная плотность паров ментола по воздуху составляет 5,38.

**Задача 8-3.** Врач и естествоиспытатель средневековья Парацельс, изучая взаимодействие железа и серной кислоты, получил газ, который назвал "горючий воздух". Впоследствии французский ученый Антуан Лавуазье получил этот газ при взаимодействии водяного пара с раскаленным железом.

1. О каком веществе идет речь? Напишите его формулу и название.
2. Напишите уравнения химических реакций, протекавших в опытах ученых?
3. Какой объем газа (измеренный при н. у.) выделится при взаимодействии 5 г железа с избытком разбавленного раствора серной кислоты?

**Задача 8-4.** Что такое молярный объем? Чему равен молярный объем газов при нормальных условиях? Рассчитайте молярный объем серебра ( $\rho = 10500 \text{ кг/м}^3$ ) и жидкой воды? Рассчитайте плотность ( $\text{кг/м}^3$ ) кислорода и углекислого газа при нормальных условиях.

**Задача 8-5.** Задача предполагает проведение мысленного эксперимента. Ответ на нее должен включать следующее: выбор необходимых реактивов и оборудования, описание и/или рисунок установки для проведения заданного опыта, объяснение наблюдаемых явлений с написанием соответствующих уравнений реакций, ответы на дополнительные вопросы задачи.

Получите кислород и подтвердите химическими опытами его состав и свойства.

1. Получите кислород реакцией разложения перманганата калия.
2. Соберите кислород методом вытеснения воды.
3. Докажите, что собранный газ – кислород.
4. Сравните характер горения угля на воздухе и в кислороде. Опишите наблюдаемые явления.

## ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

### Тестовое задание

1. Число электронных слоев и число d-электронов в атоме никеля соответственно равны:

- а) 8 и 4;                      б) 4 и 2;                      в) 4 и 7;                      г) 4 и 8.

2. Если в бесцветный раствор хлорида ртути (II) поместить кусочек меди красного цвета, то произойдет реакция:

- а) обмена;                      б) соединения;                      в) разложения;                      г) замещения.

3. Одновременно в растворе не могут находиться ионы:

- а)  $\text{Ba}^{2+}$  и  $\text{NO}_3^-$ ;                      б)  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Cl}^-$ ;                      в)  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ ;                      г)  $\text{K}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ .

4. В реакции кальция с оксидом вольфрама (VI) окислителем является:

- а)  $\overset{0}{\text{Ca}}$ ;                      б)  $\overset{-2}{\text{Ca}}$ ;                      в)  $\overset{0}{\text{W}}$ ;                      г)  $\overset{+6}{\text{W}}$ .

5. Реакция, уравнение которой имеет вид  $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$ , является реакцией:

- а) соединения, экзотермической, каталитической;
- б) окислительно-восстановительной, некаталитической, экзотермической;
- в) замещения, эндотермической, некаталитической;
- г) обмена, каталитической, эндотермической.

6. С наибольшей скоростью с кислородом при комнатной температуре взаимодействует:

- а) сера;                      б) фосфор;                      в) натрий;                      г) магний.

7. К гидроксидам не относится:

- а) каустическая сода;                      б) кварцевый песок;
- в) купоросное масло;                      г) гашеная известь.

8. Теплота образования 1 моль оксида кальция равна 635 кДж. Какое количество (моль) кальция сгорело, если при этом выделилось 63,5 кДж теплоты:

- а) 0,05;                      б) 0,1;                      в) 0,2;                      г) 0,4.

9. Какая масса азотной кислоты содержится в 1 дм<sup>3</sup> ее 20%-ного раствора с плотностью 1,05 г/см<sup>3</sup>:

- а) 0,33 моль;                      б) 21 г;                      в) 21 мл;                      г) 12 г.

10. Объем азота (н. у.), полученного при полном сгорании 15 л (н. у.) аммиака, равен:

- а) 7,5 л;                      б) 15 л;                      в) 1,5 л;                      г) 75 л.

## Задачи

**Задача 9–1.** В книге «Камни мира: самые красивые и знаменитые» этот минерал описывается так:

*«Широко распространенный минерал **барит** очень популярен у коллекционеров. Назван он от греческого слова «барос» – «тяжелый». В древности горняки именовали его тяжелым шпатом за высокую плотность и совершенную спайность.*

*Своим рождением **барит** обязан горячим подземным водам, насыщенным соединениями свинца, бария, цинка, железа, кальция. Эти соединения осаждаются в трещиноватых зонах земной коры, формируя рудные жилы.*

***Барит** образует прекрасные, разные по форме кристаллы, иногда своеобразно расщепленные, напоминающие розы, а также друзы и сростки. Минерал прозрачен или просвечивает, обладает стекляннным блеском, окрашен в светлые тона – желтый, оранжевый, голубоватый, зеленоватый – или бесцветен. Окраска обычно связана с дефектами кристаллической структуры, и со временем камень может выцвететь. Темные оттенки (бурый, красный, серый до черного) обусловлены механическими примесями».*

Соль **А**, имеющая тот же состав что и **барит**, представляет собой белое, тяжелое вещество, которое при сильном нагревании плавится и разлагается при температуре 1580°С. Соль **А** не растворяется в воде и органических растворителях, не образует кристаллогидратов, имеет низкую реакционную способность, не реагирует с кислотами (кроме концентрированной серной) и щелочами. Соль **А** содержит 58,80% металла **Х**, окрашивающего пламя горелки в зеленый цвет. Соль **А** – вещество, непроницаемое для рентгеновских лучей, что позволяет применять его для рентгенологического исследования желудочно-кишечного тракта.

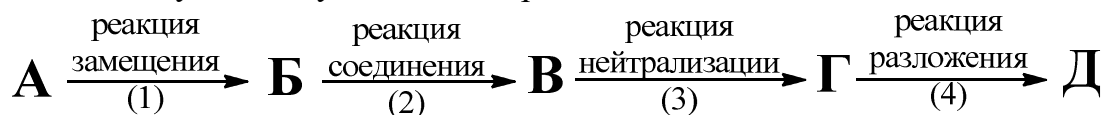
*«Впервые барит привлек внимание исследователей в конце XVII века. Как оказалось, сростки его кристаллов после прокаливания углем получали способность светиться в темноте (теперь это явление называется фосфоресценцией).*

Впоследствии было установлено, что светился не сам **барит**, а получающийся при прокаливании ...» (соль **Б**, содержание металла в которой 81,07%).

«Поскольку тонкоизмельченный **барит** не ядовит, безвкусен и очень тяжел, в начале XVIII века недобросовестные торговцы стали добавлять его в муку и другие продукты. Это было незаметно, но очень выгодно: дешевый **барит** продавали по цене дорогой муки. В некоторых странах (например, в Германии) мошенничество приобрело такие масштабы, что добычу минерала запретили».

1. Определите состав солей **А** и **Б**.
2. Напишите уравнения реакций:
  - термического разложения барита;
  - растворения соли **А** в концентрированной серной кислоте;
  - прокаливании барита углем с образованием соли **Б**.
3. Предложите два принципиально различных способа получения соли **А**.

**Задача 9–2.** Составьте уравнения реакций, отвечающих следующей схеме превращений, и укажите условия их протекания:



**Задача 9–3.** При сгорании на воздухе смеси пропана  $\text{C}_3\text{H}_8$  и бутана  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  выделилось 110 г оксида углерода (IV) и 58,5 г воды.

Определите, какую массу воды можно было бы нагреть от 25 до 75°C за счет теплоты, выделившейся при сжигании данного количества газообразного топлива, если известно что удельная теплота сгорания пропана составляет 45,9 МДж/кг, бутана – 45,4 МДж/кг; удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·°C).

**Задача 9-4.** Металл **А** – самый легкий из всех известных, растворяется в воде с выделением газа **Б**, причем полученный раствор имеет щелочную реакцию. Газ **Б** легко воспламеняется, а также способен реагировать с оранжевым веществом **В** с образованием серебристо-серой жидкости **Г**.

Один весьма известный ученый поместил жидкость **Г** в сосуд, имеющий форму запятой (его называют ретортой), запалял и взвесил. Затем нагрел жидкость **Г** и получил оранжевое вещество **В**. Повторное взвешивание сосуда позволило ученому сформулировать некий закон.

1. Назовите вещества **А**, **Б**, **В**, **Г**.
2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.
3. Назовите ученого и дайте формулировку открытого им закона.
4. Поясните, что бы наблюдал ученый, если бы проводил эксперимент в открытом сосуде?

**Задача 9-5.** Задача предполагает проведение мысленного эксперимента. Ответ на нее должен включать следующее: выбор необходимых реактивов и оборудования, описание и/или рисунок установки для проведения заданного опыта, объяснение наблюдаемых явлений с написанием соответствующих уравнений реакций, ответы на дополнительные вопросы задачи.

Получите аммиак и подтвердите химическими опытами его состав и свойства.

1. Получите аммиак реакцией обмена из смеси твердых веществ – хлорида аммония и гидроксида кальция.

2. Опишите физические свойства аммиака, по которым можно определить наличие именно этого газа.

3. Подтвердите опытным путем, насколько хорошо аммиак растворяется в воде, и определите среду (кислая, нейтральная или щелочная) его водного раствора.

4. Объясните, что такое возгонка, на примере вещества, которое используется в этой практической работе, а также на примере возгонки йода.

## ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

### Тестовое задание

1. Напишите электронную формулу состояния азота в ионе аммония:

- а)  $1s^2 2s^2 2p^3$ ;      б)  $1s^2 2s^2 2p^6$ ;      в)  $1s^2 2s^2 2p^0$ ;      г)  $1s^2 2s^1 2p^0$ .

2. Укажите соединение, в составе которого сера может проявлять только восстановительные свойства:

- а) оксид серы (IV);      б) ромбическая сера;  
в) оксид серы (VI);      г) сероводород.

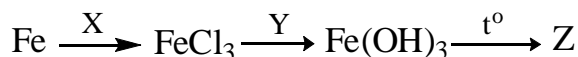
3. С каждым из перечисленных веществ: оксид фосфора (V), дистиллированная вода, соляная кислота – взаимодействует:

- а) CaO;      б) SO<sub>2</sub>;      в) ZnO;      г) CO.

4. Газ, обладающий способностью задерживать ультрафиолетовые лучи и обладающий бактерицидными свойствами:

- а) хлор;      б) озон;      в) кислород;      г) азот.

5. В схеме превращений



буквами X, Y, Z обозначены вещества:

- а) X – Cl<sub>2</sub>, Y – H<sub>2</sub>O, Z – FeO;      б) X – Cl<sub>2</sub>, Y – KOH, Z – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;  
в) X – CaCl<sub>2</sub>, Y – KOH, Z – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;      г) X – HCl, Y – NaOH, Z – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

6. Укажите, какой коэффициент должен стоять перед формулой кислорода в уравнении горения алкана C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>:

- а) n;      б) 3n;      в) 3n+1;      г) (3n+1)/2.

7. При реакции 2-метил-2-хлорпропана со спиртовым раствором щелочи преимущественно образуется:

- а) бутанол-2;      б) 2-метилпропен;  
в) 2-метилпропанол-2;      г) 2-метилпропанол-1.

8. Соотнесите фамилии ученых с теми проблемами, которые они изучали:

I. Ж. Л. Пруст	1. Теория электролитической диссоциации
II. Н. Н. Бекетов	2. Ряд напряжений металлов
III. А. А. Беккерель	3. Закон постоянства состава
IV. С. Аррениус	4. Явление радиоактивности

- а) I – 1, II – 2, III – 3, IV – 4;      б) I – 2, II – 3, III – 4, IV – 1;  
в) I – 3, II – 2, III – 4, IV – 1;      г) I – 3, II – 2, III – 1, IV – 4;

9. В раствор, содержащий 51 г нитрата серебра, прилили 18,25 г 20%-ной соляной кислоты. Какая масса 26%-ного раствора хлорида натрия потребуется для полного осаждения ионов серебра из полученного раствора?

- а) 45 г;      б) 24 г;      в) 104 г;      г) 17 г.







9. Как изменится скорость реакции синтеза аммиака, если концентрацию азота увеличить в 8 раз, а концентрацию водорода уменьшить в 2 раза (реакцию считать простой):

- а) увеличится в 4 раз;    б) увеличится в 16 раз;  
в) не изменится;    г) уменьшится в 12 раз.

10. Соляную кислоту объемом 300 мл ( $\omega(\text{HCl}) = 16\%$ ,  $\rho = 1,08 \text{ г/см}^3$ ) нейтрализовали оксидом кальция. Определите массовую долю хлорида кальция в образовавшемся растворе:

- а) 21,7%;                                  б) 2,32%;                                  в) 16%;                                  г) 56%.

### Задачи

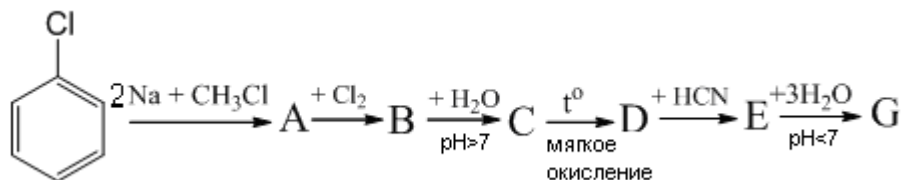
**Задача 11-1.** 32 г тонкой проволоки, изготовленной из металла X и предварительно нагретой, поместили в колбу. Через колбу пропустили газ Y, полученный действием соляной кислоты на оксид марганца (IV). Проволока при этом раскалилась и сгорела. Продукт сгорания проволоки, в котором металл X проявляет валентность II, растворили, через полученный раствор пропустили ток сероводорода, в результате чего выпало 48 г черного осадка.

1. Определите металл X, из которого сделана проволока. Напишите уравнения описанных в задаче реакций.

2. Рассчитайте массу оксида марганца (IV) и объем 36,5%-ной соляной кислоты (плотность 1,19 г/мл), которые нужно взять для получения газа Y в количестве, достаточном для сгорания проволоки.

3. Приведите не менее трех уравнений реакций получения газа Y в промышленности и лаборатории.

**Задача 11-2.** На схеме представлены превращения хлорбензола



1. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить данные превращения.

2. Определите типы 2,3 и 5 реакций, изобразите схематически их механизм.

3. Определите вещества A – G и дайте им названия.

4. Какая из химических реакций является именной? Дайте ей название.

**Задача 11-3.** В герметичный калориметр поместили 1,792 л (н.у.) смеси метана, угарного газа и кислорода. Смесь в калориметре подожгли, в результате чего выделилось 13,683 кДж теплоты. Если к продуктам сгорания добавить некоторое количество водорода и вновь поджечь, то выделиться еще 9,672 кДж теплоты. Теплоты образования метана, угарного газа, углекислого газа и воды равны 74,8, 110,54, 393,5 и 241,8 кДж/моль соответственно.

1. Составьте уравнения реакций описанных в условии задачи.

2. Рассчитайте объемные доли газов в исходной смеси?

**Задача 11-4.** Для отработки пропущенного занятия студент должен определить массовые доли веществ в смеси. Для опыта он взял навеску смеси сульфата и сульфита натрия массой X г. В его распоряжении имеются реактивы:  $\text{KMnO}_4$  (0,5 н. раствор),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (2 н. раствор),  $\text{BaCl}_2$  (5% раствор).

1. Предложите наиболее рациональный способ определения массовой доли веществ в смеси.

2. Опишите ход определения веществ. Обоснуйте все этапы анализа. Напишите уравнения реакций. Приведите формулы для расчетов.

**Задача 11-5.** Задача предполагает проведение мысленного эксперимента. Ответ на нее должен включать следующее: выбор необходимых реактивов и оборудования, описание и/или рисунок установки для проведения заданного опыта, объяснение наблюдаемых явлений с написанием соответствующих уравнений реакций, ответы на дополнительные вопросы задачи.

Получите твердое мыло из твердого жира и подтвердите химическими опытами его состав и свойства.

1. Получите твердое (!) мыло из твердого жира (тристеарата).

2. Определите среду мыльного раствора, объясните.

3. Как состав определяет агрегатное состояние жиров и масел? Докажите это различие в составе качественными реакциями. Приведите уравнение на примере триолеата.

## ВОСЬМОЙ КЛАСС

### Рекомендации к решению и оценке

#### Ключ к тесту

Номер вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Правильный ответ	б	б	в	г	а	в	б	в	б	г

За каждый правильный ответ

– 1 балл

**Максимальное число баллов за тест**

**– 10 баллов**

#### Задача 8-1

1. Рассчитаем количество молекул воды в капле:

а) найдем количество вещества, содержащееся в капле, по формуле:

$$v = \frac{m}{M}; \quad v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{10^{-4} \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ моль};$$

б) найдем количество молекул в капле по формуле  $N = v \cdot N_A$ :

$$N(\text{H}_2\text{O}) = 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 3,3 \cdot 10^{18}.$$

2. Рассчитаем суммарное количество атомов водорода и кислорода в капле.

Молекула воды имеет состав  $\text{H}_2\text{O}$ , т. е. содержит один атом кислорода и два атома водорода, следовательно, количество атомов кислорода будет равно количеству молекул воды, т. е.  $3,3 \cdot 10^{18}$ , а количество атомов водорода – в два раза больше:  $3,3 \cdot 10^{18} \cdot 2 = 6,6 \cdot 10^{18}$ . Суммарное количество всех атомов в капле воды равно:

$$3,3 \cdot 10^{18} + 6,6 \cdot 10^{18} = 9,9 \cdot 10^{18}.$$

За определение количества вещества в капле

– 3 балла

За определение количества молекул воды

– 4 балла

За определение суммарного количества атомов

– 3 балла

**Максимальное число баллов за задачу**

**– 10 баллов**

### Задача 8-2

1. Рассчитаем относительную молекулярную массу ментола, для этого используем значение плотности его паров по воздуху. По следствию из закона Авогадро  $D = \frac{M_r(\text{ментола})}{M_r(\text{воздуха})}$ , отсюда выразим  $M_r(\text{ментола}) = D \cdot M_r(\text{воздуха})$ ,  
 $M_r(\text{ментола}) = 5,38 \cdot 29 = 156$ .

2. Рассчитаем массовую долю кислорода в молекуле ментола:

$$\omega(\text{O}) = 100\% - 76,92\% - 12,82\% = 10,26\%;$$

3. Определим количество атомов каждого элемента в молекуле ментола:

$$\omega(\text{Эл}) = \frac{nA_r}{M_r}; \text{ отсюда } n(\text{Эл}) = \frac{\omega M_r}{A_r};$$

$$\text{тогда } n(\text{C}) = \frac{0,7692 \cdot 156}{12} = 10;$$

$$n(\text{H}) = \frac{0,1282 \cdot 156}{1} = 20;$$

$$n(\text{O}) = \frac{0,1026 \cdot 156}{16} = 1,$$

следовательно, формула ментола  $\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}$ .

*За определение относительной молекулярной массы ментола* – 2 балла

*За определение массовой доли кислорода* – 1 балл

*За установление формулы* – 7 баллов

**Максимальное число баллов за задачу – 10 баллов**

### Задача 8-3

1. Речь идет о водороде, его формула  $\text{H}_2$ .

2. В опыте Парацельса протекала реакция:  $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$ , (1)

а в опыте Лавуазье:  $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_3\text{O}_4 (\text{FeO}, \text{Fe}_2\text{O}_3) + 4\text{H}_2 \uparrow (600^\circ\text{C})$ . (2)

3. Объем водорода, выделившийся при взаимодействии 5 г железа с избытком кислоты, можно рассчитать по формуле  $V = \nu V_m$ , количество водорода определяем по уравнению (1),  $\nu(\text{H}_2) = \nu(\text{Fe})$ . Количество железа можно рассчитать по формуле  $\nu = m/M$ , т. е.  $\nu(\text{Fe}) = 5 \text{ г} / 56 \text{ г/моль} = 0,089 \text{ моль}$ , следовательно,  $\nu(\text{H}_2) = 0,089 \text{ моль}$ . Рассчитаем объем водорода:  $V(\text{H}_2) = 0,089 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 1,99 \text{ л}$ .

*За указание формулы и названия вещества* – 2 балла

*За написание уравнений реакций, по 2 балла, всего* – 4 балла

*За определение количества железа* – 1 балл

*За определение количества водорода* – 1 балл

*За расчет объема водорода* – 2 балла

**Максимальное число баллов за задачу – 10 баллов**

### Задача 8-4

1. Молярный объем – объем, занимаемый 1 моль вещества.

2. Молярный объем газов при нормальных условиях равен 22,4 л/моль.

Его можно рассчитать, пользуясь уравнением Менделеева – Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M} RT, \text{ или } pV = \nu RT, \text{ откуда объем: } V = \nu RT/p.$$

При расчетах по этому уравнению объем обычно выражают в *литрах*, давление – в *килопаскалях*, температуру – в *кельвинах*, а универсальную газовую постоянную  $R$  – в  $\text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$  и учитывают, что  $1 \text{ кПа} \cdot \text{л} = 1 \text{ Дж}$ :

При н. у.  $T = 273 \text{ К}$ ,  $p = 101,325 \text{ кПа}$ ,  $R = 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ . Если подставить эти значения в уравнение, то получится:

$$V = 1 \text{ моль} \cdot 8,314 \text{ Дж}/\text{моль}\cdot\text{К} \cdot 273 \text{ К} / 101,325 \text{ кПа} = 22,4 \text{ л}/\text{моль}.$$

3. Молярный объем связан с плотностью  $m = \rho V$ , для 1 моль вещества  $M = \rho V_m$ , тогда  $V_m(\text{Ag}) = 0,108 \text{ кг} / 10500 \text{ кг}/\text{м}^3 = 1,03 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$  (или  $1,03 \cdot 10^{-2} \text{ л}$ , или 10,3 мл). Плотность воды равна  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ , тогда:

$$V_m(\text{H}_2\text{O}) = 0,018 \text{ кг}/1000 \text{ кг}/\text{м}^3 = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \text{ (или } 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ л, или 18 мл)}.$$

4. Молярный объем газов при н. у. равен  $22,4 \text{ л}$  или  $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , тогда:

а) плотность кислорода рассчитываем по формуле  $\rho = M/V_m$ :

$$\rho(\text{O}_2) = 0,032 \text{ кг} / 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1,43 \text{ кг}/\text{м}^3;$$

б) плотность углекислого газа:

$$\rho(\text{CO}_2) = 0,044 \text{ кг} / 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 1,96 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

*За определение понятия молярный объем* – 1 балл

*За указание величины молярного объема газов при н. у.* – 1 балл

*За расчет молярного объема газов при н. у.* – 2 балла

*За определение молярных объемов серебра и воды по 2 балла, всего* – 4 балла

*За определение плотности газов по 1 баллу, всего* – 2 балла

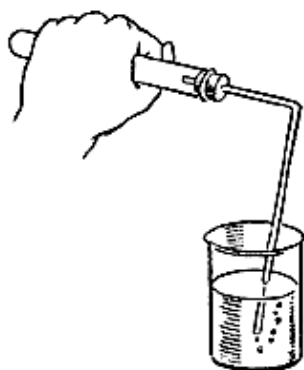
**Максимальное число баллов за задачу – 10 баллов**

### Задача 8-5

1. Одним из лабораторных способов получения кислорода является разложение перманганата калия, которое происходит согласно уравнению



Для получения кислорода необходимо взять сухую химическую пробирку, в неё поместить кристаллический перманганат калия (но не более 1/5 по объему), затем закрыть пробирку пробкой с газоотводной трубкой, предварительно поместив у горлышка пробирки кусочек ваты для того, чтобы мелкие частички перманганата калия и продуктов реакции не попали в газоотводную трубку.



*Рис. 1. Проверка прибора на герметичность*

Собранный прибор проверяют на герметичность. Для этого конец газоотводной трубки опускают в стакан с водой, а пробирку нагревают теплом ладони. От нагревания воздух в пробирке расширяется и выходит по газоотводной трубке, о чем свидетельствуют пузырьки газа, пробулькивающие в стакан с водой (рис. 1). Если пузырьки не появились, прибор негерметичен. Необходимо найти причину негерметичности и устранить ее.

После проверки прибор закрепляют в лапке штатива параллельно основанию или

чуть наклонно в сторону горлышка, конец газоотводной трубки помещают в кристаллизатор с водой, затем нагревают перманганат калия в пламени спиртовки, до характерных признаков реакции разложения (перманганат калия начинает «кипеть», потрескивать, а из газоотводной трубки начинает поступать равномерный ток газа). В этот момент на конец газоотводной трубки надевают пробирку-приемник для сбора кислорода, заполненную водой (рис. 2).

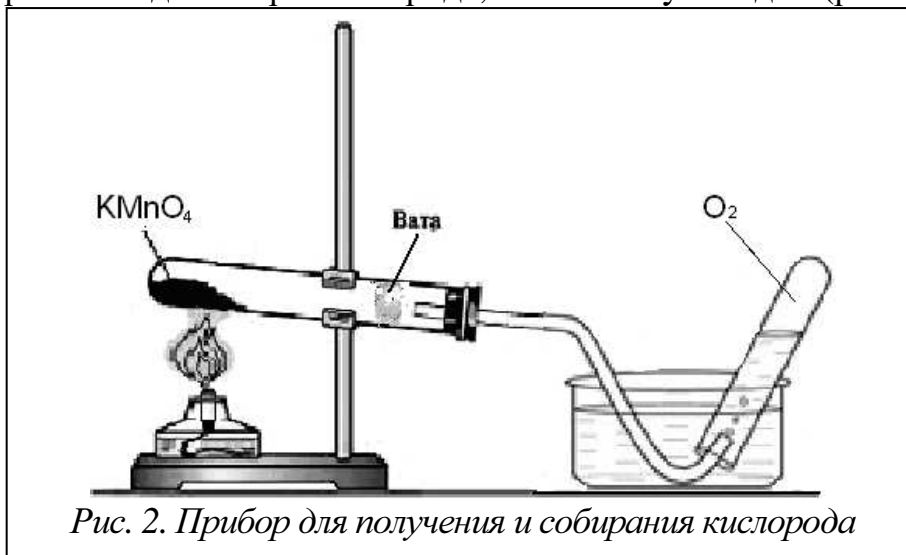


Рис. 2. Прибор для получения и собирания кислорода

2. Способ собирания кислорода методом вытеснения воды основан на плохой растворимости его в воде (рис. 3). Как только кислород наполнит пробирку, пузырьки газа начнут выходить в кристаллизатор. В этот момент нужно убрать газоотводную трубку из-под пробирки и закрыть пробирку пробкой.

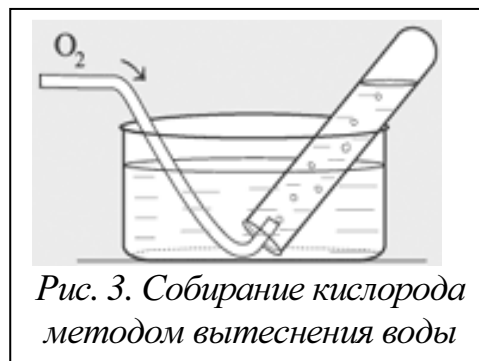
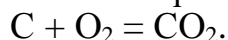


Рис. 3. Собирание кислорода методом вытеснения воды

3. Чтобы доказать, что собранный газ именно кислород, можно воспользоваться тлеющей лучинкой. При внесении её в пробирку с кислородом она ярко вспыхнет.

4. Уголь горит преимущественно с образованием углекислого газа:



Чтобы сравнить горение угля на воздухе и в кислороде, нужно взять лучинку, поджечь её в пламени спиртовки для получения уголька на конце. Затем этот уголек поджечь и вынести из пламени на воздух, уголек будет тлеть, затем внести его в пробирку с кислородом, уголек вспыхнет ярким пламенем. Это явление можно объяснить тем, что кислород является сильным окислителем и поэтому поддерживает горение. В воздухе содержится 21% кислорода, а в пробирке – практически чистый кислород, поэтому интенсивность горения в чистом кислороде гораздо выше, чем в воздухе.

- |  |           |
|--|-----------|
| За описание прибора для получения кислорода                  | – 3 балла |
| За написание уравнения реакции получения кислорода           | – 2 балла |
| За описание метода собирания кислорода                       | – 1 балл  |
| За доказательство кислорода                                  | – 1 балл  |
| За написание уравнения горения угля                          | – 1 балл  |
| За сравнение характера горения угля на воздухе и в кислороде | – 2 балла |

**Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов**

**Максимальное число баллов за задачи 8 класса – 60 баллов**

## ДЕВЯТЫЙ КЛАСС

### Рекомендации к решению и оценке

#### Ключ к тесту

Номер вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Правильный ответ	г	г	в	г	б	в	б	б	б	а

За каждый правильный ответ – 1 балл

**Максимальное число баллов за тест – 10 баллов**

#### Задача 9-1

1. Исходя из названия минерала, можно предположить, что в его состав входит барий – металл **X**, окрашивающий пламя горелки в зеленый цвет.

2. Рассчитаем молярные массы анионов кислотных остатков солей **A** и **B**, предполагая, что они могут быть одно-, двух- и трехзарядными. Для этого воспользуемся формулой:

$$\omega(\text{Ba}^{2+}) = \frac{M(\text{Ba}^{2+}) \cdot n(\text{Ba}^{2+}) \cdot 100\%}{M(\text{Ba}^{2+}) \cdot n(\text{Ba}^{2+}) + M(\text{X}^{m-}) \cdot n(\text{X}^{m-})}$$

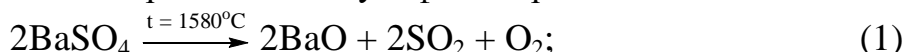
Результаты занесем в таблицу:

Анион	X <sup>-</sup>	X <sup>2-</sup>	X <sup>3-</sup>
Формула соли	BaX <sub>2</sub>	BaX	Ba <sub>3</sub> X <sub>2</sub>
Молярная масса кислотного остатка соли <b>A</b> , г/моль	48	<b>96</b>	144
Молярная масса кислотного остатка соли <b>B</b> , г/моль	16	<b>32</b>	48

Молярная масса 96 г/моль соответствует сульфат-иону, а молярная масса 32 г/моль – сульфид-иону. Остальные молярные массы не соответствуют ни одному из известных анионов. Следовательно, соль **A** – сульфат бария BaSO<sub>4</sub>, а соль **B** – сульфид бария BaS, получаемый восстановлением сульфата углем.

2. Уравнения реакций:

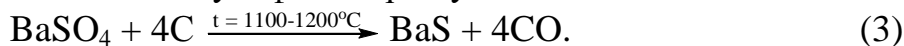
– термическое разложение сульфата бария:



– растворение сульфата бария в концентрированной серной кислоте:

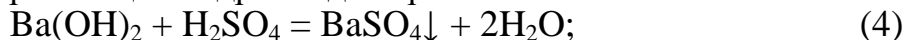


– восстановление сульфата бария углем:

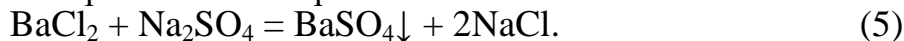


3. Способы получения сульфата бария:

– нейтрализация гидроксида бария:



– из растворимой соли бария:



**Примечание.** Металлический барий и его оксид уже при комнатной температуре энергично реагируют с водой, поэтому получение сульфата бария растворением в серной кислоте металла или оксида **нецелесообразно**.

За определение формул солей **A** и **B** – по 1,5 балла, всего – 3 балла

За написание уравнений (1) и (3) – по 2 балла, всего – 4 балла

За написание уравнений (2), (4) и (5) – по 1 баллу, всего – 3 балла

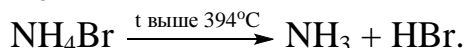
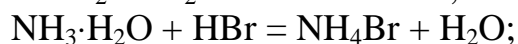
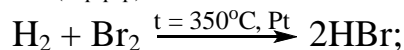
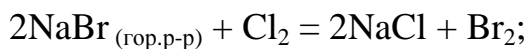
**Максимальное число баллов за задачу – 10 баллов**



### Задача 9-2

Данная задача не имеет однозначного решения. Любой комплект правильно записанных уравнений, отвечающих условию, должен быть оценен максимальным количеством баллов.

Пример решения:



За написание уравнений (1) и (2), либо (2) и (3),

либо (3) и (4), связанных между собой

– 5 баллов

За написание уравнений (1), (2) и (3), либо (2), (3) и (4),  
связанных между собой

– 7,5 баллов

За написание уравнений (1), (2), (3) и (4), связанных между собой

– 10 баллов

За написание любого уравнения, не связанного с другими

– 1 балл

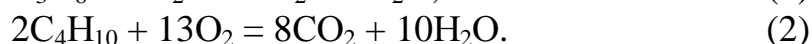
**Максимальное число баллов за задачу**

**– 10 баллов**

### Задача 9-3

1. Пропан ( $M = 44$  г/моль) и бутан ( $M = 58$  г/моль) сгорают на воздухе, образуя оксид углерода (IV) ( $M = 44$  г/моль) и воду ( $M = 18$  г/моль).

Поскольку смесь углеводородов составлена произвольно, не поровну ни по массе, ни по количеству веществ, то составлять одно общее уравнение реакции горения и включать в него формулы обоих веществ нельзя! Нужно записать два отдельных уравнения:



Вычислим количества углекислого газа и воды:

$$v = \frac{m}{M}; \quad v(\text{CO}_2) = \frac{110\text{г}}{44\text{г/моль}} = 2,5 \text{ моль}; \quad v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{58,5\text{г}}{18\text{г/моль}} = 3,25 \text{ моль}.$$

Пусть  $x$  моль –  $v(\text{C}_3\text{H}_8)$  в смеси, а  $y$  моль –  $v(\text{C}_4\text{H}_{10})$ , тогда получим систему уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 3x + 4y = 2,5 \\ 4x + 5y = 3,25. \end{cases}$$

Решив систему уравнений, получим, что смесь состояла из 0,5 моль пропана и 0,25 моль бутана.

2. Рассчитаем тепловой эффект сгорания данной газовой смеси.

Удельная теплота сгорания топлива – физическая величина, показывающая, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании топлива массой 1 кг или объемом 1 м<sup>3</sup>.

При сгорании пропана выделилось:

$$q_1 = 0,5 \text{ моль} \cdot 44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 45,9 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} = 1009,8 \cdot 10^3 \text{ Дж};$$

а при сгорании бутана выделилось:

$$q_2 = 0,25 \text{ моль} \cdot 58 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 45,4 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг} = 658,3 \cdot 10^3 \text{ Дж}.$$

При сгорании смеси выделилось  $Q = 1668,1 \cdot 10^3$  Дж теплоты.

3. Вычислим, какую массу воду можно нагреть от 25 до 75°C:

$$Q = c \cdot m \cdot (t_2^\circ - t_1^\circ), \text{ откуда } m = \frac{Q}{c(t_2^\circ - t_1^\circ)};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1668,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} (75^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})} \approx 7,9 \text{ кг.}$$

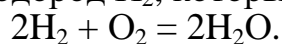
<i>За написание уравнений (1) и (2) – по 1 баллу, всего</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За определение состава газовой смеси</i>	<i>– 3 балла</i>
<i>За вычисление теплового эффекта реакции горения смеси</i>	<i>– 3 балла</i>
<i>За нахождение массы согретой воды</i>	<i>– 2 балла</i>
<b>Максимальное число баллов за задачу</b>	<b>– 10 баллов</b>

#### **Задача 9-4**

1. Самый легкий металл – литий Li (вещество А). Запишем уравнение растворения лития в воде:

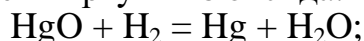


Следовательно, газ Б – водород H<sub>2</sub>, который легко воспламеняется:

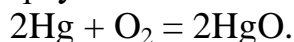


Водород восстанавливает металлы из оксидов. Оксид металла оранжевого цвета – это оксид ртути (II) HgO, при восстановлении которого образуется металлическая ртуть, особенность которой состоит в том, что это единственный металл, жидкий в обычных условиях. Итак, В – HgO, вещество Г – Hg.

Уравнение восстановления ртути из оксида:



уравнение получения оксида из ртути:



2. Опыт с запаянной в реторту ртутью помог Михаилу Васильевичу Ломоносову сформулировать закон сохранения массы. Современная формулировка данного закона: масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе веществ, образующихся в результате реакции.

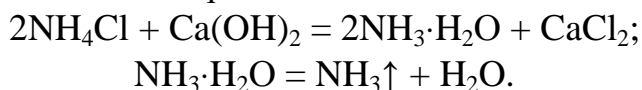
3. Вплоть до середины XVIII века ученые придерживались теории флогистона, согласно которой некая нематериальная по природе субстанция (которая входит в состав многих веществ) участвует в процессах горения и обжига. Субстанцию называли «флогистоном» («теплородом»). Если провести опыт в открытом сосуде и по окончании реакции взвесить его, то масса реторты с оранжевым продуктом будет больше массы реторты с ртутью (исходным веществом). Это происходит потому, что кислород воздуха беспрепятственно поступает в сосуд, реагирует с металлом и увеличивает массу. В опыте, проведенном М. В. Ломоносовым в запаянной реторте, в реакцию вступил лишь тот кислород, который уже находился в сосуде, т. е. реакция происходила между веществами, все время находящимися там, а не поступающими извне.

<i>За определение веществ А–Г – по 0,5 балла, всего</i>	<i>– 2 балла</i>
<i>За написание уравнений реакций – по 1 баллу, всего</i>	<i>– 5 баллов</i>
<i>За написание фамилии ученого</i>	<i>– 1 балл</i>
<i>За формулировку закона сохранения массы</i>	<i>– 2 балла</i>

**Максимальное число баллов за задачу – 10 баллов**

### Задача 9-5

1. Получение аммиака из хлорида аммония основано на реакции обмена между солью и гидроксидом кальция, в результате которой образуется хлорид кальция и гидрат аммиака. Последний является термически неустойчивым и разлагается с выделением газообразного аммиака:



Так как побочным продуктом реакции является легко кипящая вода, то для получения аммиака смесь целесообразно брать в сухом виде, а также дополнительно использовать сухие водоотнимающие вещества, не способные вступать в реакцию с компонентами смеси, например, натронную известь, представляющую собой смесь прокаленного оксида кальция и гидроксида натрия. В этом случае получаемый аммиак не будет содержать паров воды.

В реакционную пробирку помещают предварительно растертую в ступке смесь хлорида аммония и гидроксида кальция, заполняя пробирку примерно на  $\frac{1}{2}$  объема. Сверху насыпают натронную известь. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной трубкой, согнутой под прямым углом.

Прибор проверяют на герметичность. Для этого конец газоотводной трубки опускают в стакан с водой, а пробирку нагревают теплом ладони. От нагревания воздух в пробирке расширяется и выходит по газоотводной трубке, о чем свидетельствуют пузырьки газа, пробулькивающие в стакан с водой (рис. 4). Если пузырьки не появились, прибор негерметичен. Необходимо найти причину негерметичности и устранить ее.

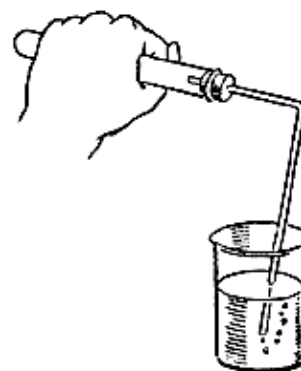
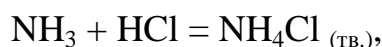


Рис. 4. Проверка прибора на герметичность

После этого пробирку с реакционной смесью закрепляют в лапке штатива с наклоном в сторону пробки. Такое положение пробирки предотвращает попадание капель водяного конденсата в нагретую часть реакционной пробирки. Конец газоотводной трубки поднимают вверх, так как аммиак – газ более легкий, чем воздух.

Реакционную пробирку прогревают сначала по всей длине, чтобы от неравномерного нагрева стекло не треснуло. Затем нагревают смесь хлорида аммония и гидроксида кальция. Сначала из реакционной пробирки выходит воздух и только затем – аммиак. Для того, чтобы установить момент начала выхода аммиака к отверстию газоотводной трубки подносят стеклянную палочку, смоченную концентрированной хлороводородной кислотой. Когда будет отмечено появление «белого дыма», обусловленное образованием твердого хлорида аммония по реакции:



на конец газоотводной трубки надевают пустую пробирку-приемник, а ее отверстие закрывают ватой, для предотвращения выделения аммиака в атмосферу помещения (рис. 5).

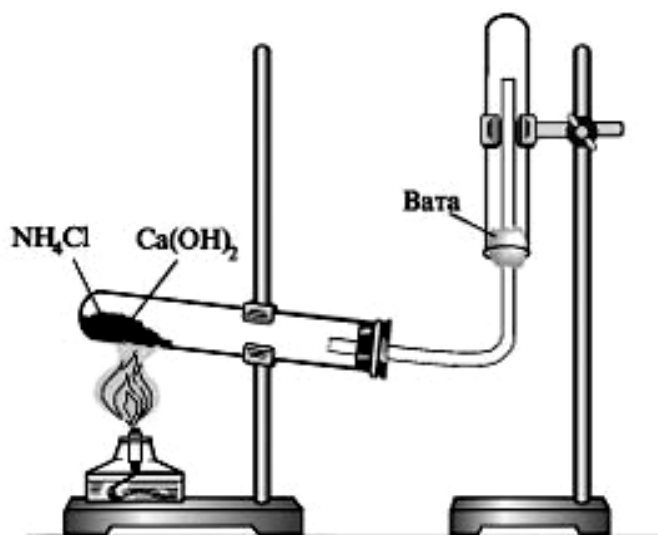


Рис. 5. Прибор для получения и сбора аммиака

2. Аммиак при нормальных условиях – бесцветный газ с резким характерным запахом (запах нашатырного спирта), почти вдвое легче воздуха, ядовит.

3. Растворимость  $\text{NH}_3$  в воде чрезвычайно велика – около 1200 объемов (при  $0^\circ\text{C}$ ) или 700 объемов (при  $20^\circ\text{C}$ ) в 1 объеме воды.

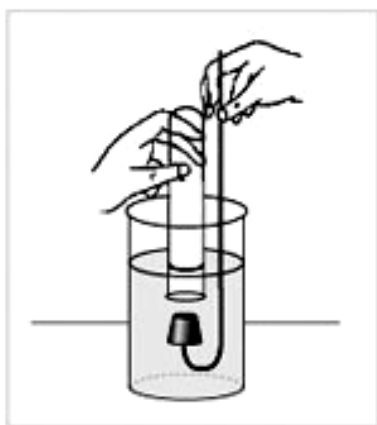
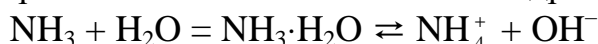


Рис. 6. Растворение аммиака в воде

Для того чтобы опытным путем показать хорошую растворимость аммиака в воде, пробирку, заполненную аммиаком, помещают в емкость с водой, открывают пробку и слегка покачивают. Наблюдают подъем уровня воды в пробирке (рис. б), что объясняется растворением аммиака в воде, вследствие чего в пробирке возникает разрежение (зона пониженного давления), и вода из сосуда поднимается, способствуя

нормализации давления.

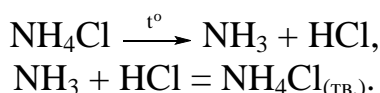
Для определения среды раствора можно использовать универсальную индикаторную бумажку. Среда раствора аммиака – щелочная. При растворении аммиака в воде образуется гидрат аммиака – слабый электролит, диссоциирующий с образованием ионов аммония и гидроксид-ионов.



Последние обуславливают среду раствора и изменение окраски индикатора.

4. Возгонка (сублимация) – переход вещества из твердого состояния сразу в газообразное, минуя жидкое. Возгонка характерна, например, для элементарного иода  $\text{I}_2$ , который при н. у. не имеет жидкой фазы: черные с голубым отливом кристаллы сразу превращаются (сублимируются) в газообразный молекулярный иод, представляющий собой фиолетовые пары, обладающие резким запахом.

Из веществ, используемых в нашем эксперименте, способность возгоняться имеет хлорид аммония. При нагревании до  $338^\circ\text{C}$  он полностью распадается на газообразные  $\text{NH}_3$  и  $\text{HCl}$ , которые при более низких температурах взаимодействуют между собой, образуя мелкокристаллический хлорид аммония:



- За описание прибора для получения аммиака – 3 балла  
 За написание уравнения реакции получения аммиака – 1 балл  
 За описание физических свойств аммиака – 1 балл  
 За определение растворимости и среды раствора аммиака – 2 балла  
 За написание уравнения диссоциации гидрата аммиака – 1 балл  
 За объяснение возгонки иода и хлорида аммония – 2 балла

**Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов**  
**Максимальное число баллов за задачи 9 класса – 60 баллов**

## ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

### Рекомендации к решению и оценке

#### Ключ к тесту

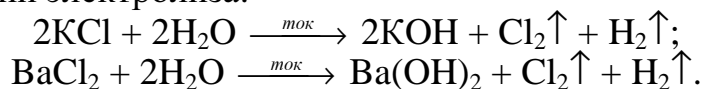
Номер вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Правильный ответ	б	г	а	б	б	г	б	в	а	б

За каждый правильный ответ – 1 балл

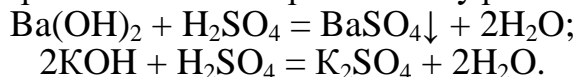
**Максимальное число баллов за тест – 10 баллов**

#### Задача 10-1

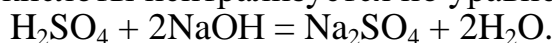
1. При пропускании электрического тока через раствор смеси солей происходят реакции электролиза:



При добавлении серной кислоты к образованному раствору происходят реакции:



Избыток серной кислоты нейтрализуется по уравнению:



2. В раствор после электролиза добавили серную кислоту в количестве:

$$v_0(\text{H}_2\text{SO}_4) = 40,87 \text{ см}^3 \cdot 1,15 \text{ г/см}^3 \cdot 0,196 / 98 \text{ г/моль} = 0,094 \text{ моль}.$$

На нейтрализацию избытка серной кислоты израсходовано NaOH в количестве:

$$v(\text{NaOH}) = V(\text{NaOH}) \cdot C(\text{NaOH}) = 0,1024 \text{ л} \cdot 1,25 \text{ моль/л} = 0,128 \text{ моль}.$$

Поскольку гидроксида натрия для нейтрализации расходуется в два раза больше, чем нейтрализуется серной кислоты (по уравнению реакции), значит, с раствором щелочей после электролиза, вступила серная кислота в количестве:

$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = v_0(\text{H}_2\text{SO}_4) - v(\text{NaOH})/2 = 0,094 - 0,128 / 2 = 0,03 \text{ (моль)}.$$

Для определения состава смеси солей составляем уравнения. Введем следующие обозначения: пусть  $v(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = x$  (моль), а  $v(\text{KCl}) = y$  (моль). Следовательно, массу исходной смеси (5,77 г) можно обозначить как:

$$v(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) + v(\text{KCl}) \cdot M(\text{KCl}) = 5,77;$$

$$244x + 74,5y = 5,77 \text{ (уравнение 1)}.$$

Для нейтрализации гидроксидов калия и бария, образованных при электролизе, израсходовано 0,03 моль серной кислоты. Поскольку из  $x$  моль хлорида бария образуется столько же гидроксида, то на нейтрализацию его расходуется также  $x$  моль серной кислоты. Из  $y$  моль хлорида калия образуется

у моль гидроксида калия, но на его нейтрализацию необходимо серной кислоты в два раза меньше ( $y/2$  моль). Таким образом, получаем:

$$x + y/2 = 0,03 \text{ (уравнение 2).}$$

Решаем систему уравнений 1 и 2:

$$\begin{cases} 244x + 74,5y = 5,77 \\ x + 0,5y = 0,03 \end{cases}$$

В результате получаем:

$$n(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = x = 0,0135 \text{ (моль),}$$

$$n(\text{KCl}) = y = 0,033 \text{ (моль).}$$

Теперь можем рассчитать массовые доли солей в исходной смеси:

$$w(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = m(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) / m(\text{смеси});$$

$$w(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = n(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) / m(\text{смеси});$$

$$w(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,0135 \text{ моль} \cdot 244 \text{ г/моль} / 5,77 \text{ г} = 0,5709 \text{ (или 57,09 \%);}$$

$$w(\text{KCl}) = 1 - w(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,4291 \text{ (или 42,91 \%)}.$$

3. При электролизе хлорида калия хлора выделяется в два раза меньше (по уравнению реакции), то есть  $n_1(\text{Cl}_2) = n(\text{KCl})/2 = 0,033 / 2 = 0,0165$  моль. А количество хлора, образующееся из хлорида бария, такое же, как и самого хлорида, то есть  $n_2(\text{Cl}_2) = n(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0,0135$  моль. Общее количество хлора, выделяющееся при электролизе раствора смеси солей равно  $0,0165 + 0,0135 = 0,03$  моль, что соответствует  $V(\text{Cl}_2) = 0,03 \cdot 22,4 = 0,672$  л.

За написание уравнений реакции по 1 баллу, всего – 4 балла

За расчет количества кислоты и щелочи по 0,5 балла, всего – 1 балл

За определение состава смеси – 4 балла

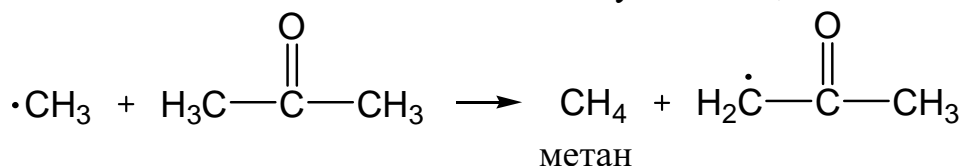
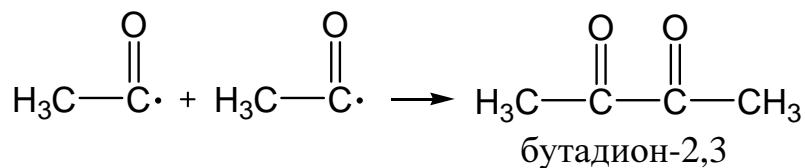
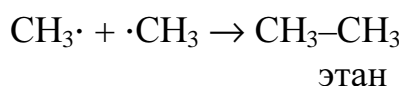
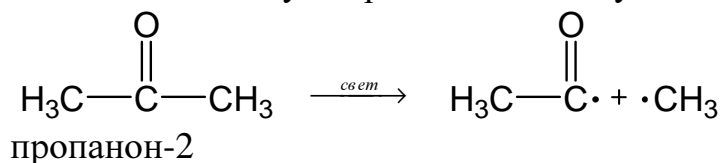
За расчет количества хлора – 1 балл

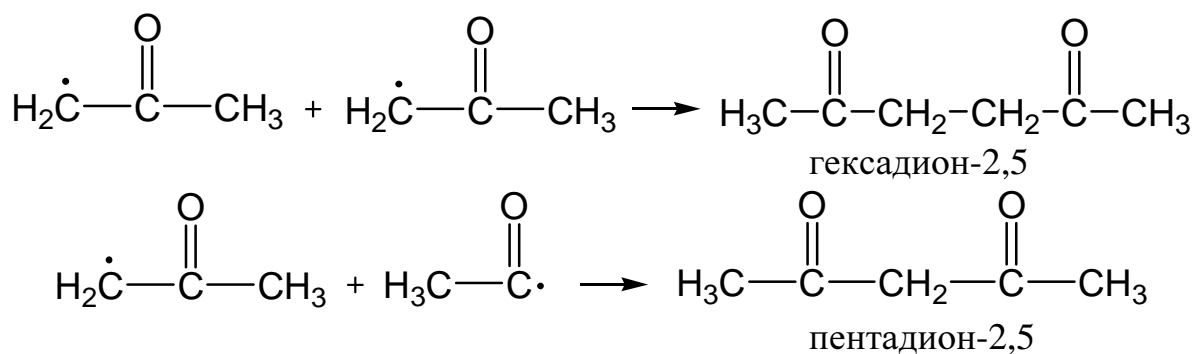
**Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов**

### Задача 10-2

1. Фотолиз (от слов фото – работающий при помощи света и греч. *lysis* – разрушение, разложение) – распад молекул под действием поглощенного света. Продуктами распада могут быть либо молекулы с меньшим числом атомов, свободные радикалы или атомы (фотодиссоциация), либо положительные и отрицательные ионы (фотоионизация).

2. При фотолизе ацетона могут образоваться следующие продукты:





3. При фотолизе ацетона из углеводородов образуются метан и этан. При уменьшении интенсивности облучения уменьшается концентрация свободных радикалов и, следовательно, уменьшается количество образующегося этана, т. к. скорости образования метана и этана определяются кинетическими уравнениями  $v(\text{CH}_4) = k_1[\text{CH}_3\cdot][\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3]$  и  $v(\text{C}_2\text{H}_6) = k_2[\text{CH}_3\cdot]^2$

За верное определение фотолиза 2 балла

За каждое верное уравнение по 0,5 балла, всего: 3 балла

За каждое верное название по 0,5 балла, всего: 3 балла

За определение количества углеводородов 2 балла

**Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов**

### Задача 10-3

1. Определить элемент X можно двумя способами.

**Способ 1. Метод подбора.** Исходя из того, что общая формула оксидов элементов с четной валентностью –  $\text{ЭO}_{\text{в}/2}$ , а оксидов элементов с нечетной валентностью –  $\text{Э}_2\text{O}_{\text{в}}$ , отношение количеств элемента и кислорода в оксидах:

$$v(\text{Э}) : v(\text{O}) = 2 : \text{в}.$$

Составим выражения для отношения количеств элементов в данных в задаче оксидах:

– для оксида I:

$$v(\text{X}) : v(\text{O}) = \frac{75,8}{M(\text{X})} : \frac{24,2}{16} = 2 : \text{в}, \text{ откуда } M(\text{X}) = \frac{75,8 \cdot 16 \cdot \text{в}}{24,2 \cdot 2} \approx 25 \cdot \text{в}$$

– для оксида II:

$$v(\text{X}) : v(\text{O}) = \frac{65,2}{M(\text{X})} : \frac{34,8}{16} = 2 : \text{в}, \text{ откуда } M(\text{X}) = \frac{65,2 \cdot 16 \cdot \text{в}}{34,8 \cdot 2} \approx 15 \cdot \text{в}$$

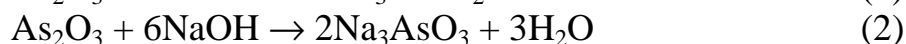
Подставим в формулы возможные валентности от 1 до 8, полученные данные занесем в таблицу, выделив одинаковые  $M(\text{X})$ , полученные по данным для того и другого оксида:

Валентность X	1	2	3	4	5	6	7	8
M(X) по данным для оксида I	25	50	<b>75</b>	100	125	150	175	200
M(X) по данным для оксида II	15	30	45	60	<b>75</b>	90	105	120

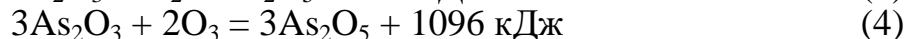
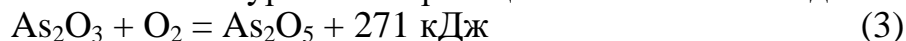
Таким образом, элемент  $M(\text{X}) = 75$  г/моль, элемент X – мышьяк, а формулы оксидов: I –  $\text{As}_2\text{O}_3$ , II –  $\text{As}_2\text{O}_5$ .

**Способ 2.** Определить элемент X (мышьяк) можно, исходя из описания свойств оксида I, тогда вывод формул оксидов осуществляется привычным для школьников методом.

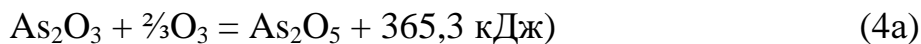
2. Уравнения реакций оксида I с соляной кислотой и раствором щелочи:



3. Термохимические уравнения реакций окисления оксида I:



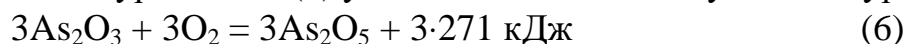
(Т. к. по уравнению в реакции участвует 3 моль  $\text{As}_2\text{O}_3$ , тепловой эффект равен  $3 \cdot 365,3 = 1096$  (кДж). Термохимическое уравнение реакции окисления оксида I озоном можно записать и так:



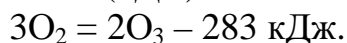
4. Тепловой эффект реакции образования озона из кислорода можно вычислить на основании закона Гесса. Термохимические уравнения позволяют выполнять любые алгебраические действия, как и обычные алгебраические уравнения. Для вычисления теплового эффекта реакции



все составляющие уравнения (3) умножим на 3 и из полученного уравнения



вычтем уравнение (4). Затем исключим из нового уравнения  $\text{As}_2\text{O}_3$  и  $\text{As}_2\text{O}_5$  и получим  $Q = (3 \cdot 271 - 1096) = -283$  (кДж):



Для превращения 1 моль кислорода в озон необходимо затратить  $283 : 3 = 94,3$  кДж теплоты ( $Q_1$ ), а для получения 1 моль озона из кислорода –  $283 : 2 = 141,5$  кДж ( $Q_2$ ).

*За определение элемента X и формул оксидов I и II – 3 балла*

*За написание уравнений (1) – (5) – по 1 баллу, всего – 5 баллов*

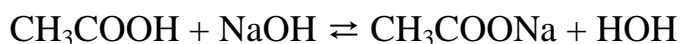
*За расчет тепловых эффектов  $Q_1$  и  $Q_2$  – по 1 баллу, всего – 2 балла*

**Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов**

#### Задача 10-4

1. Первая ошибка – лаборант разбавил раствор водопроводной водой. Такую воду для проведения анализов применять не следует, так как в ней могут содержаться вещества, искажающие результаты анализа. Например, карбонаты и гидрокарбонаты вступают в реакцию с кислотой рассола, в результате, количество ее окажется меньше.

Вторая ошибка – титрование в случае «слабая кислота – сильное основание» заканчивают в щелочной области, так как, образующаяся в точке эквивалентности соль – ацетат натрия гидролизуеться.



2.  $C_n(\text{NaOH}) = 0,04 / (40 \cdot 0,1) = 0,01$  моль·эquiv./л. По закону эквивалентов вычисляем концентрацию уксусной кислоты:

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2,$$

$$0,01 \cdot 25,00 = x \cdot 20,00, \text{ отсюда } x = 0,0125 \text{ (моль·эquiv./л).}$$

Когда лаборант разбавлял в колбе, то разбавил в 10 раз, следовательно, концентрация в рассоле:  $10 \cdot 0,0125$  моль·эquiv./л =  $0,125$  моль·эquiv./л.

Масса растворенной уксусной кислоты в таком растворе будет равна:

$$m = 0,125 \cdot 60 \cdot 0,1 = 0,75 \text{ (г).}$$

Массовая доля растворенной уксусной кислоты равна:

$$\omega = 0,75 / (100 \cdot 1,25) = 0,006 \text{ (0,6 \%)}.$$



Лаборант ответит товароведу, что массовая доля не превышает указанного на этикетке количества. В действительности, концентрация уксусной кислоты отличается от найденной.

*За указание ошибок лаборанта и их объяснение* – 4 балла

*За нахождение массовой доли уксусной кислоты* – 6 баллов

**Максимальное количество баллов за задачу** **10 баллов**

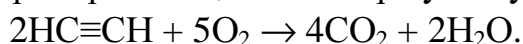
### Задача 10-5

1. Получение ацетилена из карбида кальция можно осуществить с помощью реакции гидратации, т. е. взаимодействия с водой:



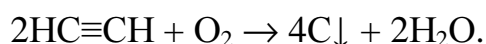
В пробирку помещают кусочек карбида кальция, приливают небольшое количество воды (или раствора серной кислоты, или насыщенного раствора хлорида натрия) и сразу же закрывают ее пробкой с газоотводной трубкой, имеющей оттянутый конец.

2. Ацетилен при нормальных условиях – бесцветный газ, малорастворимый в воде, легче воздуха. В смеси с воздухом дает взрывоопасные смеси. При достаточном количестве кислорода, например, когда газ поступает тонкой струйкой, ацетилен горит белым ярким пламенем. При горении ацетилена образуется углекислый газ и вода:



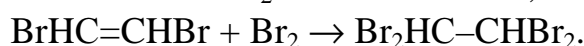
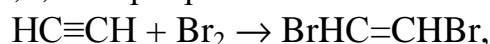
Поджигаем ацетилен у конца газоотводной трубки, наблюдаем горение ацетилена. Затем накроем газоотводную трубку с горящим ацетиленом тонкостенным стаканчиком. На стенках стаканчика оседает сажа и конденсируются капельки воды, что доказывает наличие в составе молекулы ацетилена атомов углерода и водорода.

При недостатке кислорода ацетилен не успевает полностью сгорать, и углерод выделяет в виде сажи:



Светимость пламени объясняется большим процентным содержанием углерода в ацетилене и высокой температурой его пламени, в котором раскаляются несгоревшие частицы углерода.

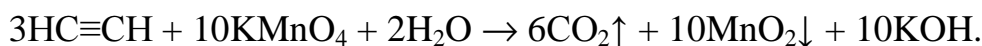
3. Закрывают пробирку с карбидом кальция и водой пробкой с изогнутой газоотводной трубкой и пропускают ацетилен через бромную воду. Происходит медленное обесцвечивание раствора брома в воде, образуется сначала 1,2-дибромэтен, а затем – 1,1,2,2-тетрабромэтан:



При пропускании ацетилена через нейтральный или слегка подщелоченный раствор перманганата калия фиолетовая окраска раствора исчезает, появляется хлопьевидный осадок оксида марганца (IV) бурого цвета. При окислении ацетилена образуется смесь веществ. При этом образование диолов в данном опыте не происходит, так как они в свою очередь тоже могут окисляться перманганатом калия. Продуктом окисления ацетилена может быть, например, щавелевая кислота:



Частично происходит полное окисление до оксида углерода (IV):



За описание способа получения ацетилена с уравнением реакции – 1 балл

За написание уравнений и объяснение характера горения ацетилена – 3 балла

За объяснение доказательства качественного состава ацетилена – 1 балл

За написание уравнений обесцвечивания бромной воды – 2 балла

За написание уравнения окисления ацетилена перманганатом – 3 балла

**Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов**

**Максимальное число баллов за задачи 10 класса – 60 баллов**

## ОДИННАДЦАТЫЙ КЛАСС

### Рекомендации к решению и оценке

#### Ключ к тесту

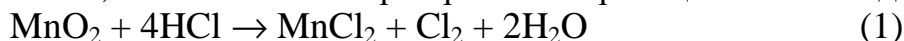
Номер вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Правильный ответ	б	в	а	а	в	б	б	в	в	а

За каждый правильный ответ – 1 балл

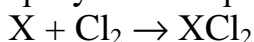
**Максимальное число баллов за тест – 10 баллов**

#### Задача 11-1

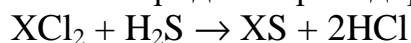
1. Так как газ Y получается при взаимодействии оксида марганца (IV) с соляной кислотой, то этот газ – хлор. Уравнение реакции имеет вид:



При сгорании металла X образуется хлорид:



При взаимодействии этого хлорида с сероводородом образуется сульфид:



На основании двух последних уравнений рассчитаем молярную массу металла X:

1 моль X образует 1 моль XS, т. е.

M(X) образует (M(X) + 32) г XS, а

32 г X образуют 48 г XS.

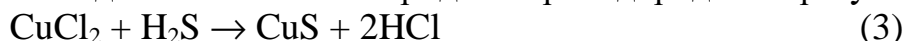
Составим пропорцию:

$$\frac{M(X)}{32} = \frac{M(X) + 32}{48}$$

Решение данного уравнения с одним неизвестным приводит к тому, что M(X) = 64 (г/моль). Следовательно, металл X – медь, а уравнения происходящих реакций:



При взаимодействии этого хлорида с сероводородом образуется сульфид:



2. По уравнению (2) рассчитаем количество хлора, необходимое для взаимодействия с 32 г меди:

$$\nu(\text{Cl}_2) = \nu(\text{Cu}) = 32/64 = 0,5 \text{ (моль)}.$$

По уравнению (1):

$$\nu(\text{MnO}_2) = \nu(\text{Cl}_2) = 0,5 \text{ (моль)}; \quad \nu(\text{HCl}) = 4 \cdot \nu(\text{Cl}_2) = 2 \text{ (моль)}.$$

Таким образом,

$$m(\text{MnO}_2) = 0,5 \cdot 87 = 43,5 \text{ (г)};$$

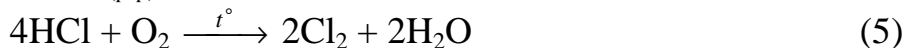
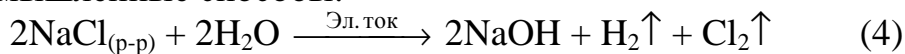
$$m(\text{HCl}) = 2 \cdot 36,5 = 73 \text{ (г)};$$

$$m(\text{р-ра HCl}) = \frac{73 \cdot 100}{36,5} = 200 \text{ (г)};$$

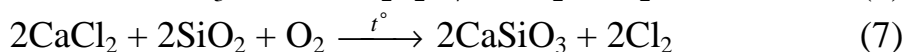
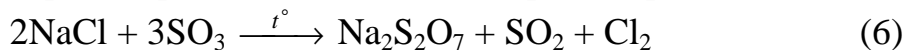
$$V(\text{р-ра HCl}) = 200/1,19 = 168 \text{ (мл)}.$$

3. Хлор можно получить следующими способами:

– промышленные способы:

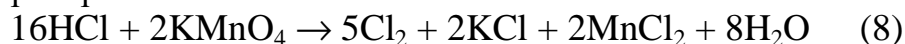


(на катализаторе (хлорид меди (II), оксиды хрома) при 430°C)



(метод Сольве)

– лабораторный способ:



За написание уравнения (1) – 1 балл

За определение металла X – 1 балл

За написание уравнений (2) и (3) – по 1 баллу, всего – 2 балла

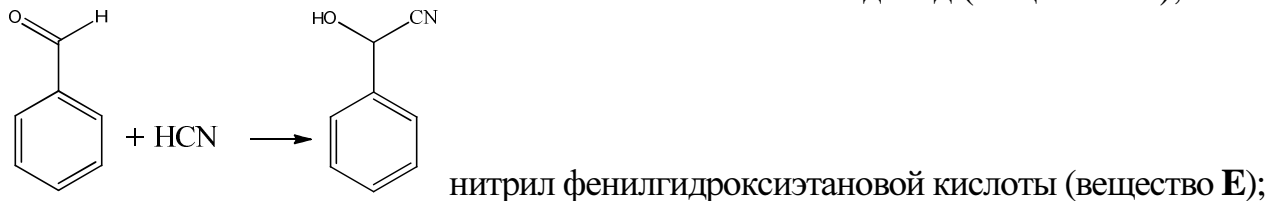
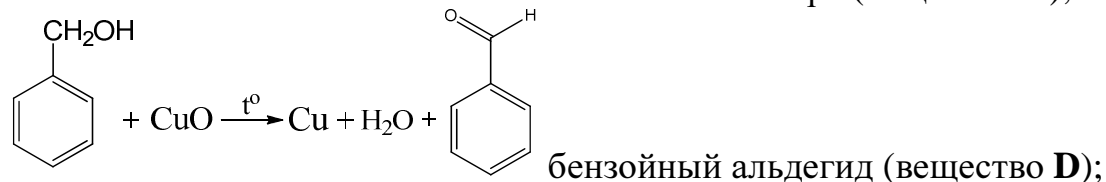
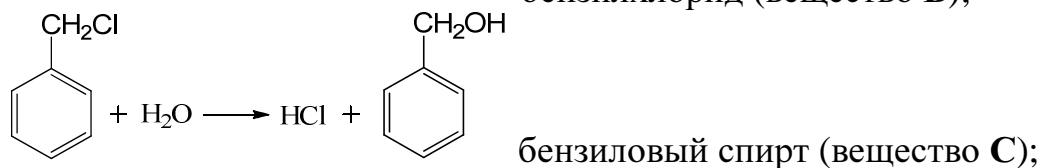
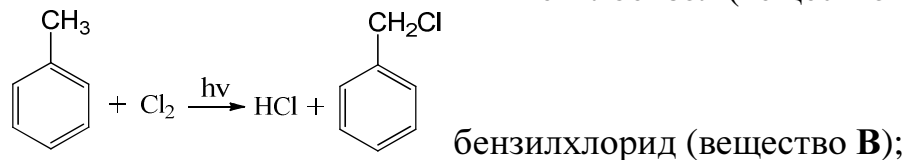
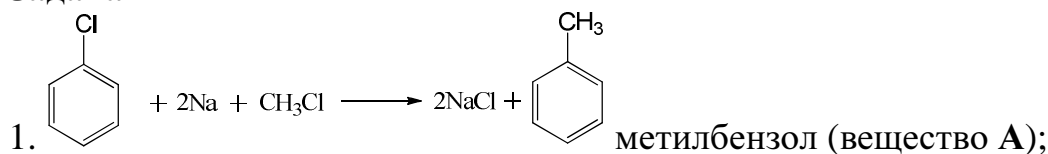
За расчет массы оксида марганца (IV) – 1 балл

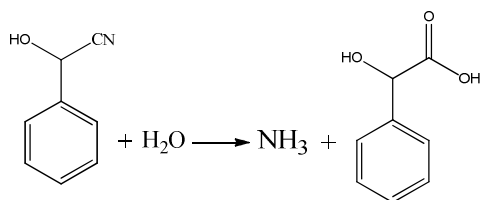
За расчет объема соляной кислоты – 2 балла

За написание 3-х уравнений реакций получения хлора – 3 балла

**Максимальное число баллов за задачу – 10 баллов**

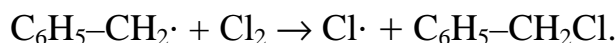
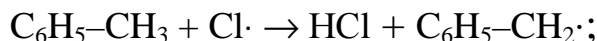
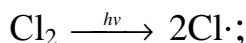
### Задача 11-2



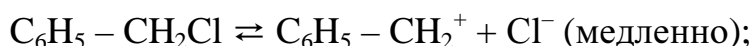


фенилгидроксиэтановая кислота (вещество **G**).

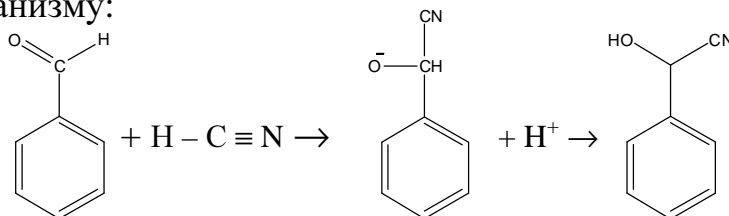
2. Вторая реакция является реакцией радикального замещения  $S_R$  и протекает по механизму:



Третья реакция является реакцией нуклеофильного мономолекулярного замещения  $S_N1$  и протекает по механизму:



Пятая реакция является реакцией нуклеофильного присоединения  $A_N$  и протекает по механизму:



3. См. пункт 1.

4. Первая реакция – именная – реакция Вюрца–Фиттига.

За написание уравнений реакций, по 0,5 балла, всего

– 3 балла

За определение типа реакций и написание механизма по 1 баллу, всего – 3 балла

За каждое верное название веществ, по 0,5 балла, всего

– 3 балла

За название именной реакции

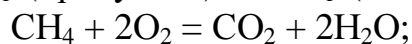
– 1 балл

**Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов**

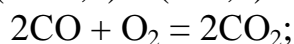
### Задача 11-3

1. Составим уравнения происходящих реакций и определим изменения энтальпий для них по закону Гесса:

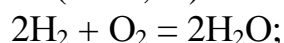
$$\Delta H^\circ_{\text{реакции}} = \Sigma \Delta H_f^\circ(\text{продуктов}) - \Sigma \Delta H_f^\circ(\text{исходных веществ});$$



$$\Delta H^\circ = 2 \cdot (-241,8) + (-393,5) - (-74,8) = -802,3 \text{ (кДж/моль);}$$



$$\Delta H^\circ = 2 \cdot (-393,5) - 2 \cdot (-110,54) = -565,92 \text{ (кДж/моль);}$$



$$\Delta H^\circ = 2 \cdot (-241,8) = -483,6 \text{ (кДж/моль).}$$

2. Тот факт, что при добавлении водорода к продуктам сгорания газов происходит дальнейшее горение, свидетельствует о том, что в исходной смеси кислород был в избытке. Зная, что при сгорании добавленного водорода выделяется 9,672 кДж теплоты, определим избыток кислорода. Согласно

уравнению реакции при расходовании 1 моль кислорода на сжигание водорода выделяется 483,6 кДж теплоты, следовательно:

$$V_{\text{изб}}(\text{O}_2) = 9,672 / 483,6 = 0,02 \text{ (моль)}.$$

Суммарное количество вещества газов в исходной смеси:

$$v = 1,792 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,08 \text{ моль}.$$

Обозначим  $v(\text{CH}_4) = x$  моль, а  $v(\text{CO}) = y$  моль. Для сгорания метана расходуется  $2x$  моль кислорода, а для сгорания угарного газа  $y/2$  моль, и после сгорания остается еще 0,02 моль кислорода. Таким образом:

$$x + y + (2x + y/2 + 0,02) = 0,08;$$

$$3x + 1,5y = 0,06;$$

$$x + 0,5y = 0,02.$$

При сгорании 1 моль метана выделяется 802,3 кДж теплоты, следовательно, в калориметре за счет сгорания метана выделяется  $802,3x$  кДж теплоты. При сгорании 2 моль угарного газа выделяется 565,92 кДж, следовательно, за счет сгорания угарного газа в калориметре выделяется  $565,92y/2 = 282,96y$  кДж. Отсюда:

$$802,3x + 282,96y = 13,683.$$

Мы получили два уравнения с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} x + 0,5y = 0,02 \\ 802,3x + 282,96y = 13,683 \end{cases}$$

Решая эту систему, получаем, что:

$$v(\text{CH}_4) = x = 0,01 \text{ моль, а } v(\text{CO}) = y = 0,02 \text{ моль}.$$

Понятно, что на кислород остается  $v(\text{O}_2) = 0,08 - 0,01 - 0,02 = 0,05$  (моль).

Для газов объемные доли равны мольным долям, поэтому количества вещества для расчета объемной доли можно не переводить в объем. Тогда объемные доли газов будут равны:

$$\varphi(\text{CH}_4) = 0,01 / 0,08 = 0,125 \text{ (12,5 \%)};$$

$$\varphi(\text{CO}) = 0,02 / 0,08 = 0,25 \text{ (25 \%)};$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 0,05 / 0,08 = 0,625 \text{ (62,5 \%)}.$$

*За написание уравнений реакций, по 0,5 балла, всего* – 1,5 балла

*За определение теплового эффекта реакций по 1 баллу, всего* – 3 балла

*За определение избыточного количества кислорода* – 1,5 балла

*За решение системы уравнений* – 2,5 балла

*За определение объемных долей газов по 0,5 балла, всего* – 1,5 балла

**Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов**

#### **Задача 11-4**

1. Наиболее рациональный способ определения содержания сульфита в смеси – метод перманганатометрии. Количество сульфата натрия рассчитывают по разнице между массой смеси и массой сульфита натрия.

2. Ход определения:

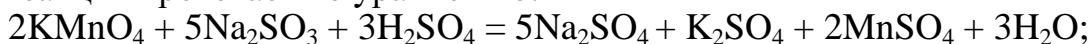
– Взять навеску смеси.

– Навеску растворить в определенном количестве воды, объем полученного раствора –  $V_{\text{р-ра}}$ .

– Из приготовленного раствора с помощью пипетки взять аликвотный объем –  $V_{\text{ал}}$ .

– Внести аликвоту в коническую колбу для титрования, добавить столько же раствора серной кислоты и титровать раствором перманганата калия. Объем раствора  $\text{KMnO}_4$ , пошедший на титрование, –  $V_{\text{р-ра}}(\text{KMnO}_4)$ .

Реакция протекает по уравнению:



серная кислота необходима, так как только в кислой среде перманганат-ионы восстанавливаются до ионов  $\text{Mn}^{2+}$ . Титрование вести до появления устойчивой слабо-розовой окраски раствора.

– Рассчитать массовые доли солей в смеси. Возможны разные способы расчетов, приведем два из них.

**Способ 1.** По закону эквивалентов:

$$C(\text{Na}_2\text{SO}_3) = C(\text{KMnO}_4) \cdot V_{\text{р-ра}}(\text{KMnO}_4) / V_{\text{ал.}}(\text{Na}_2\text{SO}_3)$$

(для расчета используем эквивалентные концентрации).

Зная концентрацию сульфита натрия, можно по формуле найти его массу в навеске смеси:  $m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = C_{\text{н}}(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot V_{\text{р-ра}} \cdot M_3(\text{Na}_2\text{SO}_3)$ , а по массе сульфита натрия и навески, – его массовую долю:  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = m(\text{Na}_2\text{SO}_3) / X$ .

Массовая доля сульфата натрия равна:  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1 - \omega(\text{Na}_2\text{SO}_3)$ .

**Способ 2.** По количеству вещества:

Определим количество перманганата калия, пошедшего на титрование, в стандартном растворе по формуле:

$$v(\text{KMnO}_4) = C_{\text{н}} \cdot V \cdot f,$$

где  $f$  – фактор эквивалентности, который равен 1/число электронов, участвующих в ОВР, т. е. 1/5. Тогда:

$$v(\text{KMnO}_4) = (C_{\text{н}} \cdot V) / 5, \text{ т. е. } v(\text{KMnO}_4) = 0,1 \cdot V_{\text{р-ра}}(\text{KMnO}_4)$$

(объем необходимо брать в литрах).

По уравнению реакции,  $v(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 2,5v(\text{KMnO}_4) = 0,25 \cdot V_{\text{р-ра}}(\text{KMnO}_4)$ .

Зная  $v(\text{Na}_2\text{SO}_3)$ , можно найти  $m(\text{Na}_2\text{SO}_3)$  в аликвотном объеме:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = v(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_3);$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,25 \cdot V_{\text{р-ра}}(\text{KMnO}_4) \cdot 126 = 31,5 \cdot V_{\text{р-ра}}(\text{KMnO}_4).$$

Необходимо учесть, что для титрования был взят не весь объем приготовленного раствора. Учтя отношение объема раствора к аликвотному объему, можно найти массу сульфита натрия в навеске смеси:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 31,5 \cdot V_{\text{р-ра}}(\text{KMnO}_4) \cdot V_{\text{р-ра}} / V_{\text{ал.}};$$

Зная массу сульфита натрия и навески, можно найти его массовую долю:  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = m(\text{Na}_2\text{SO}_3) / X$ :

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 31,5 \cdot V_{\text{р-ра}}(\text{KMnO}_4) \cdot V_{\text{р-ра}} / (V_{\text{ал.}} \cdot X);$$

Массовая доля сульфата натрия равна:

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1 - \{31,5 \cdot V_{\text{р-ра}}(\text{KMnO}_4) \cdot V_{\text{р-ра}} / (V_{\text{ал.}} \cdot X)\}.$$

*За выбор метода анализа*

– 1 балл

*За написание уравнения реакции*

– 1 балл

*За приведение хода анализа*

– 4 балла

*За объяснения и обоснования*

– 4 балла

**Максимальное количество баллов**

**10 баллов**

### Задача 11-5

1. В основе получения мыла лежит реакция гидролиза сложного эфира, которым и является жир. Вообще мыла – это натриевые или калиевые соли высших предельных монокарбоновых кислот. Калиевые соли – это жидкие мыла, а натриевые соли – твердые. Калиевые мыла лучше растворимы в воде, они содержатся в шампунях, кремах для бритья. Натриевые мыла ограниченно растворимы, их используют для получения хозяйственного и туалетного мыла, которые выпускают в виде брикетов различной формы.

В фарфоровую чашку (рис. 7) помещают жир. При нагревании на спиртовке (или на небольшом пламени газовой горелки) расплавляют жир и при энергичном перемешивании малыми порциями добавляют к нему нагретый раствор гидроксида натрия, стараясь при этом исключить разбрызгивание щелочи. Полученную смесь при непрерывном перемешивании стеклянной палочкой нагревают 30 минут, добавляя горячую воду по мере выкипания. При этом происходит щелочной гидролиз жира:

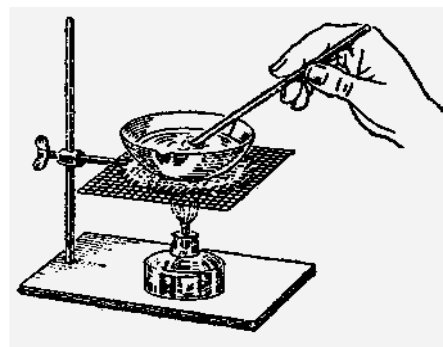
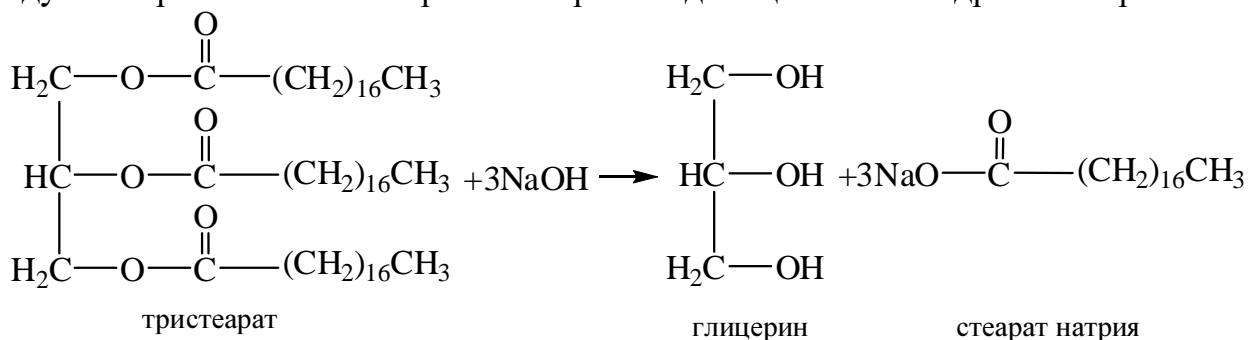


Рис. 7. Установка для варки мыла

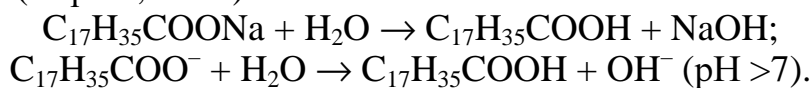


Для определения окончания реакции гидролиза несколько капель гидролизата выливают в 2-3 мл горячей воды: если гидролизат растворяется полностью, без выделения капель жира, то реакцию можно считать законченной.

После окончания омыления из гидролизата высаливают мыло добавлением горячего насыщенного раствора хлорида натрия. В отличие от горячей воды, в растворе поваренной соли мыло почти не растворяется. Поэтому выделяющееся мыло всплывает, образуя на поверхности раствора плотный слой – ядро. Из этой массы готовят так называемое ядровое мыло – обычные сорта хозяйственного мыла.

Массе дают немного остыть, выделившийся на поверхности слой довольно твердого мыла собирают, отжимают, придают ему нужную форму и высушивают.

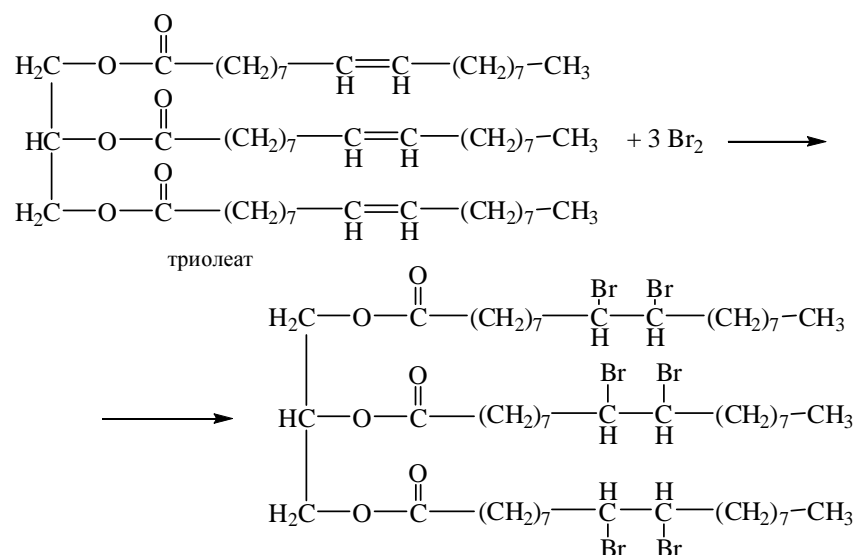
2. Растворение мыла как соли сильного основания и слабой кислоты сопровождается гидролизом, при этом создается щелочная среда, которая оказывает вредное воздействие на многие ткани, особенно белкового происхождения (шерсть, шелк):



3. В природе, за редкими исключениями, встречаются только полные эфиры глицерина, т. е. триацилглицерины. Твердые триацилглицерины называют жирами, жидкие – маслами.

В составе триацилглицеринов животного происхождения преобладают остатки насыщенных кислот. Это триацилглицерины, как правило, твердые вещества. Напротив, растительные масла содержат в основном остатки ненасыщенных кислот и имеют жидкую консистенцию.

Доказать непредельность масла можно с помощью качественной реакции с бромной водой. В пробирку налить небольшое количество масла и добавить бромную воду. Содержимое пробирки энергично взболтать. При этом наблюдается обесцвечивание бромной воды и частичное затвердевание жира:



Аналогично можно провести реакцию с водным раствором перманганата калия и наблюдать обесцвечивание последнего.

- |   |           |
|---|-----------|
| <i>За описание способа получения мыла</i>                       | – 2 балла |
| <i>За написание уравнения омыления тристеарата</i>              | – 2 балла |
| <i>За определение среды раствора мыла</i>                       | – 1 балл  |
| <i>За написание уравнения гидролиза мыла</i>                    | – 1 балл  |
| <i>За объяснение связи состава и агрегатного состояния жира</i> | – 1 балл  |
| <i>За уравнение доказательства неопределенности триолеата</i>   | – 3 балла |

**Максимальное количество баллов за задачу 10 баллов**  
**Максимальное число баллов за задачи 11 класса – 60 баллов**