

В. В. Еремин

ХИМИЯ

7–9

КЛАССЫ

Методическое пособие

к курсу «Необычная химия.
Эксперименты и задания»

Москва

«Просвещение»

2024

УДК 373.5.016:54

ББК 74.262.4

Е70

Еремин, Вадим Владимирович.

Е70 Химия: 7–9-е классы : методическое пособие к курсу «Необычная химия.

Эксперименты и задания» / В. В. Еремин. – Москва : Просвещение, 2024. – 30 с.

ISBN 978-5-09-117522-6.

Методическое пособие поможет учителям и наставникам при проведении занимательных опытов и подскажет решения при разборе некоторых эвристических заданий. Содержание пособия соответствует структуре книги «Необычная химия: эксперименты и задания». Здесь есть рекомендации ко всем 27 разделам книги. Каждый из разделов помогает приобрести разноплановые химические знания как в теории, так и в эксперименте.

Пособие рекомендовано для организации экспериментальной работы на уроке, а также для внеурочной деятельности в химическом кружке или в центрах дополнительного образования

УДК 373.5.016:54

ББК 74.262.4

ISBN 978-5-09-117522-6

С АО «Издательство «Просвещение», 2024

С Художественное оформление.

АО «Издательство «Просвещение», 2024

Все права защищены

Предисловие

Данное краткое методическое пособие поможет учителям и наставникам при проведении занимательных опытов и подскажет некоторые решения при разборе эвристических заданий. Содержание пособия соответствует структуре книги «Необычная химия: эксперименты и задания». Здесь есть рекомендации ко всем 27 разделам книги. Каждый из разделов помогает приобрести разноплановые химические знания как в теории, так и в эксперименте. Некоторые задания не имеют однозначного ответа, но они побуждают к размышлениям и дискуссиям.

В пособие «Необычная химия: эксперименты и задания» включены разнообразные химические эксперименты, иллюстрированные красочными фотографиями. В книге много интересных и достоверных фактов, а также вопросов и заданий, которые позволят понять суть проводимых опытов. Яркие, занимательные и эффектные химические опыты и эвристические задания помогут заинтересовать школьника, научить его нестандартно мыслить, развивать функциональную грамотность.

Данное пособие рекомендовано для организации экспериментальной работы на уроке, а также для внеурочной деятельности в химическом кружке или в центрах дополнительного образования.

Рекомендации к проведению демонстрационных экспериментов

Помимо познавательного и образовательного значения, для демонстрационного эксперимента немаловажны также зрелищность (по возможности), красота и чёткость исполнения, прогнозируемый результат.

1. **Безопасность.** Во время эксперимента неукоснительно соблюдайте правила безопасной работы с оборудованием и реактивами, выполняйте эксперимент в халате (при необходимости – в защитных очках и перчатках). Используйте вытяжной шкаф, если в ходе эксперимента возможно выделение летучих токсичных или сильно пахнущих веществ.
2. **Подготовка.** Тщательно готовьте оборудование и реактивы для эксперимента. Во время демонстрации под руками должно быть всё необходимое, но при этом на демонстрационном столе не должны находиться лишние предметы, отвлекающие внимание.
3. **Посуда.** Демонстрируйте эксперимент в такой посуде, в которой явление хорошо видно любому наблюдателю. Пробирки в демонстрационном эксперименте используются крайне редко! Например, реакции между растворами удобно демонстрировать в высоких цилиндрах или демонстрационных бокалах. От химических стаканов бокалы выгодно отличаются тем, что ножка бокала приподнимает сам реакционный сосуд над поверхностью стола, делая процесс наблюдения удобнее.
4. **Место для демонстрации.** На лабораторный стол всегда помещайте дополнительную подставку – демонстрационный столик, который позволит проводить эксперимент на уровне выше глаз наблюдателя, что делает процесс наблюдения более комфортным.
5. **Фон.** При выполнении экспериментов, особенно с изменением окраски, используйте контрастный фон (задний экран). Для светлых окрасок – чёрный, для тёмных – белый. При отсутствии специального экрана его можно заменить большим листом плотного картона, либо изготовить самостоятельно из окрашенной фанеры.
6. **Репетиция.** Сложные эксперименты перед демонстрацией желательно отрепетировать без наблюдателей. Это поможет лучше понять тонкости проведения, возможные нюансы.
7. **Прогноз.** Перед проведением эксперимента обсудите с учениками его ожидаемый ход, результат. Если эксперимент предполагает неожиданный результат, бывает полезно натолкнуть учащихся на результат, ожидаемый интуитивно, а затем обсудить, по какой причине всё происходит иначе.
8. **Комментарии.** Проводя эксперимент, не спешите, делайте всё последовательно, обсуждайте с учащимися и комментируйте каждое действие. При возникновении вопросов совместно найдите на них ответы.
9. **Время на показ.** Не показывайте эксперимент в режиме цейтнота – лучше отложите демонстрацию на следующий урок.
10. **Рефлексия.** По окончании эксперимента всегда обсуждайте увиденное с учащимися, делайте необходимые выводы, фиксируйте результаты в рабочей тетради. Начинайте обсуждение не с содержательных мыслей, а с впечатлений, со

снятия эмоционального фона — это поможет в дальнейшем спокойно обсудить предметное содержание эксперимента.

Методические рекомендации и ответы к некоторым заданиям

Вещества вокруг нас. Научный эксперимент

❖ Опыт Рэлея

- Попробуйте рассчитать, во сколько раз вы разбавили масло спиртом.

Ответ. 1 мл масла смешивают со спиртом до суммарного объёма 10 мл. Объём раствора увеличивается в 10 раз, значит, это разбавление в 10 раз или 1:9. На следующем шаге раствор, разбавленный в 10 раз, разбавляют спиртом ещё в 10 раз, получают общее разбавление в 100 раз или 1:99 (по объёму). Третий шаг увеличивает разбавление ещё в 10 раз, получаем 1:999 или в 1000 раз. Эту величину иногда записывают как 3К, то есть разбавление на три порядка.

- Есть ли другие способы измерить объём одной капли?

Ответ. Да, есть. Можно проделать обратное действие: наполнять используемым раствором мерный цилиндр, считая при этом количество капель, которое потребуется для заполнения цилиндра до определённого объёма, например 10 мл.

Можно применить более хитрый способ: измерить точную массу и точный объём некоторой порции раствора и рассчитать его плотность. Затем взвесить одну (а лучше 10, 20 и т. д.) каплю раствора; поделив полученную массу на плотность и количество капель, получим объём одной капли.

Химики для подобных измерений обычно используют специальный прибор – бюретку.

- Подумайте, как можно повысить точность такого измерения.

Ответ. Для повышения точности измерения объёма капли можно увеличивать объём используемого раствора, а также проводить эксперимент несколько раз и использовать среднее значение объёма капли, полученное из серии экспериментов.

- Зависит ли объём одной капли от природы жидкого вещества?

Ответ. Да, зависит. Объём капли определяется коэффициентом поверхностного натяжения жидкости (σ) и её плотностью (ρ).

- Почему для эксперимента не вполне корректно использовать чистое масло?

Ответ. При попадании на воду капля чистого масла растекается достаточно толстым слоем, толщина которого далека от истинного размера молекул. Использование спиртового раствора позволяет несколько ослабить этот эффект и тем самым повысить точность эксперимента.

Физические и химические явления. Признаки химических явлений

❖ Роданидная кровь

- Какие признаки вы наблюдали в этом эксперименте?

Ответ. Обе реакции сопровождаются изменением окраски: первая – со светло-коричневой на кроваво-красную, вторая – с кроваво-красной на бесцветную.

- Подумайте, всегда ли появление такого признака является указанием на протекание химической реакции? Может ли изменение или исчезновение окраски быть следствием физического явления?

Ответ. Нет, не всегда. Например, при заваривании чая раствор в стакане окрашивается в коричневый цвет вследствие процесса растворения (экстракции) красящих веществ из чайных листьев. В качестве более экзотических примеров можно привести обесцвечивание серы при сильном охлаждении и изменение окраски некоторых соединений неодима и гольмия при изменении освещения с дневного на искусственное. Этот эффект лежит в основе изменения окраски неодимового стекла.

❖ Золотой дождь

- Подумайте, всегда ли появление такого признака является указанием на протекание химической реакции.

Ответ. Нет, не всегда. Например, при выпаривании растворов солей, начиная с некоторого момента, происходит образование осадка кристаллов соли на дне сосуда. Более экзотическим примером физического процесса, приводящего к образованию осадка, является коагуляция коллоидных растворов.

- Как вы думаете, почему в первой части эксперимента вы получили мелкие и не слишком красивые кристаллы иодида свинца(II), а во второй – более крупные?

Ответ. Размер кристаллов в данном случае определяется в первую очередь скоростью их образования. При смешивании растворов нитрата свинца(II) и иодида калия осадок образуется практически мгновенно, и крупные кристаллы просто не успевают сформироваться. При медленном охлаждении горячего раствора иодида свинца растворимость PbI_2 понижается постепенно, следовательно, и скорость образования осадка оказывается невысокой. В результате получают более крупные кристаллы достаточно правильной формы.

- Как можно получить кристаллы иодида свинца(II) ещё большего размера?

Ответ. Получить большие кристаллы малорастворимого PbI_2 можно несколькими способами, наиболее интересный из которых – осаждение методом встречной диффузии.

В две невысокие плоскодонные пробирки или баночки налейте насыщенные растворы $Pb(NO_3)_2$ и KI , поместите их в кристаллизатор на некотором расстоянии друг от друга и аккуратно заполните кристаллизатор водой так, чтобы ёмкости были полностью ею покрыты. Вследствие диффузии ионы Pb^{2+} и I^- движутся навстречу друг другу и сталкиваются, что приводит к очень медленному (в течение нескольких дней) формированию возле горлышка склянки с раствором нитрата свинца крупных блестящих кристаллов иодида свинца(II).

❖ Шипучка

- Подумайте, всегда ли появление такого признака является указанием на протекание химической реакции.

Ответ. Нет, не всегда. Характерным контрпримером является выделение газов (главным образом, азота), растворённых в крови, при понижении внешнего давления. Это является причиной кессонной болезни, возникающей у аквалангистов при быстром всплытии с глубины. Для предотвращения кессонной болезни дайверы дышат не воздухом, а смесью кислорода и гелия, который намного хуже растворим в крови.

❖ Зубная паста для слона

- Какие признаки химической реакции вы наблюдали в этом эксперименте? Для более полного определения признаков попробуйте погрузить в пену термометр.

Ответ. Процесс сопровождается выделением большого количества кислорода (именно он и способствует образованию пены), а также выделением тепла, что иногда заметно по пару, поднимающемуся от пены.

- Подумайте, как в подобном опыте получить цветную пену. Проверьте свои догадки экспериментально.

Ответ. Для получения цветной пены достаточно добавить в исходный раствор пероксида водорода водорастворимый (например, пищевой) краситель. Только предварительно проверьте, чтобы его окраска не изменялась под воздействием пероксида.

- Проверьте, вызывают ли другие твёрдые вещества, кроме иодида калия, разложение пероксида водорода.

Ответ. Пероксид водорода – достаточно нестойкое соединение, его разложение ускоряется под воздействием многих оксидов переходных металлов, а также мелких порошков самих металлов. Кроме того, можно испытать растворы веществ, вступающих с пероксидом

водорода в реакцию, сопровождающуюся выделением кислорода, например перманганат калия.

❖ Хемилюминесценция

- Какие признаки химической реакции вы наблюдали в данном эксперименте?

Ответ. Помимо выделения света, процесс сопровождается выделением газа (азота и небольшого количества кислорода), а также значительного количества тепла.

- Подумайте, в чем принципиальное различие хемилюминесценции и свечения электрической лампочки.

Ответ. В процессе хемилюминесценции взаимодействующие вещества постепенно расходуются, а новые вещества образуются, энергия свечения – это преобразованная энергия химических связей. В отличие от хемилюминесценции, свечение лампочки – не химический, а физический процесс, новых веществ в результате него не образуется.

- Какова роль пергидроля и красной кровяной соли в этой реакции?

Ответ. Пергидроль в этом процессе выступает в качестве окислителя, а красная кровяная соль (точнее, комплексный ион железа, входящий в её состав) – катализатор. Можно использовать и другие растворимые соединения железа, устойчивые в сильнощелочной среде. Попробуйте, например, заменить красную кровяную соль ломтиком гематогена, в состав которого входят содержащие железо компоненты крови.

❖ Механохимическая реакция

- Потрогайте цилиндр и определите, экзо- или эндотермической является эта реакция.

Ответ. Процесс протекает с поглощением тепла, то есть является эндотермическим.

- Что наблюдаете?

Ответ. Раствор окрашивается в розовый цвет, поскольку тиосульфатный комплекс кобальта менее прочен, чем гидратный.

Агрегатные состояния

❖ Приключения парафина

- Какой процесс вы наблюдаете?

Ответ. Происходит переход парафина из твёрдого агрегатного состояния в жидкое – плавление. Температура плавления парафина в зависимости от марки находится в диапазоне от 60 до 90 °С.

- Какие изменения произошли? Что за процесс вы наблюдали?

Ответ. При охлаждении ниже температуры плавления парафин вновь переходит в твёрдое состояние – кристаллизуется.

❖ Удивительные жидкости

- Какие явления вы наблюдали в этом эксперименте? На основании эксперимента оцените температуру плавления уксусной кислоты.

Ответ. При погружении в холодную воду жидкость в пробирке кристаллизуется, а при нагревании рукой полученные кристаллы плавятся. Отсюда можно сделать вывод, что температура плавления уксусной кислоты лежит в пределах от 0 до 36,6 °С. (Точное значение составляет 16,6 °С). Для *n*-цетана получается такая же оценка, а точное значение составляет 18,15 °С.

❖ Невидимое топливо

- На основании сделанных наблюдений оцените температуру кипения диэтилового эфира. Как вы думаете, можно ли провести аналогичный эксперимент с амиловым спиртом ($t_{\text{кип}} = 132$ °С); бутаном ($t_{\text{кип}} = -0,5$ °С)?

Ответ. Температура кипения диэтилового эфира должна быть выше температуры воды в стакане с холодной водой (например, 15 °С) и ниже температуры воды в стакане с горячей водой (допустим, 80 °С). Точное значение составляет +34,6 °С. Провести подобный эксперимент с амиловым спиртом или *n*-бутаном не получится из-за того, что при атмосферном давлении температура даже самой горячей жидкой воды не может превышать 100 °С, а температура холодной воды не может опуститься ниже 0 °С (если не принимать во внимание нестабильную переохлаждённую воду).

❖ По следам Куртуа

- Как вы думаете, где могут найти применение свойства иода, которые вы изучили в эксперименте?

Ответ. Возгонка может быть использована как метод очистки иода от различных неспособных возгоняться примесей, например песка, иодидов и т. п.

Физические свойства веществ

❖ Растворимость и температура

- Что вы наблюдаете? Как изменяется растворимость алебаstra в воде с изменением температуры?

Ответ. При нагревании раствор начинает мутнеть, что связано с понижением растворимости алебаstra при нагревании. Она достигает максимума (около 0,28 г/100 г воды) при температуре 37,5 °С, а при дальнейшем нагревании довольно быстро уменьшается. Для твёрдых веществ такое явление наблюдается нечасто, однако не является уникальным. Например, уменьшается при нагревании растворимость сульфата лития или сульфата церия(III), а растворимость хлорида натрия и хлорида иттрия от температуры практически не зависит.

- Сравните наблюдения, сделанные в этом эксперименте, со сделанными в эксперименте «Золотой дождь». Как изменяется растворимость твёрдых веществ при нагревании?

Ответ. Растворимость иодида свинца, как и большинства твёрдых веществ, в отличие от растворимости гипса, при нагревании растёт: при 25 °С она составляет 0,076 г/100 г воды, а при 80 °С уже 0,3 г/100 г воды, что почти в 4 раза больше.

❖ Плотность и температура

- Что вы наблюдаете? Как изменился цвет жидкости? Как можно объяснить наблюдаемые явления?

Ответ. В этом эксперименте окраска жидкостей почти не изменяется (если не считать некоторого перемешивания в месте контакта). Поскольку плотность холодной воды ниже, она остаётся в нижнем сосуде, а горячая – в верхнем.

- Как вы думаете, какого изменения цвета следует ожидать, если стаканы поменять местами?

Ответ. Во втором эксперименте «лёгкая» горячая вода будет стремиться подняться вверх, а «тяжёлая» холодная – опуститься вниз, в результате чего жидкости полностью перемешаются и возникнет равномерная жёлто-зелёная окраска.

❖ Башня плотностей

- Почему жидкости в цилиндре располагаются именно в таком порядке?

Ответ. Жидкости располагаются в соответствии со своими плотностями.

№	Жидкость	Плотность, г/мл
1	Мёд (жидкий)	1,4–1,5
2	Молоко	1,025–1,035

3	Жидкое средство для мытья посуды	1,1–1,2
4	Вода	1,0
5	Растительное масло	0,92–0,93
6	Этиловый спирт (96%)	0,81
7	Керосин	0,78–0,80

Предметы, погружённые в цилиндр, тоже заняли места с учётом своей плотности. При этом стоит отметить, что плотность мячика для настольного тенниса не равна плотности пластмассы, из которой он сделан, а намного ниже, поскольку внутри шарика заключён газ. Итоговая башня выглядит так:

- 1 Шарик для настольного тенниса
- 2 Керосин
- 3 Этиловый спирт (96%)
- 4 Растительное масло
- 5 Пластиковая крышка
- 6 Вода
- 7 Молоко
- 8 Помидор «Черри»
- 9 Жидкое средство для мытья посуды
- 10 Игральный кубик
- 11 Мёд (жидкий)
- 12 Монета

Иногда соседние слои могут меняться местами из-за колебаний плотности, например средство для мытья посуды и молоко, керосин и спирт. Поэтому перед демонстрацией или использованием на занятии, эксперимент желательнее проверить.

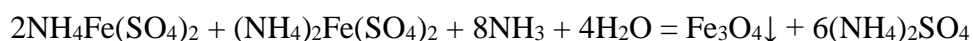
- В этой «башне плотностей» на самом деле не 7, а 8 слоёв. Догадайтесь, что образует восьмой слой с наименьшей плотностью.

Ответ. Восьмой слой образует воздух, плотность которого при 20 °С составляет всего 1,2 г/л.

❖ Магнитная жидкость

- Самостоятельно или с помощью учителя составьте уравнение протекающей химической реакции.

Ответ.



Смеси и способы их разделения

❖ Перекристаллизация

- Какую форму имеют кристаллы?

Ответ. Кристаллы бензойной кислоты имеют форму вытянутых игл.

- Найдите в литературе или Интернете сведения о растворимости бензойной кислоты и поваренной соли в горячей и холодной воде. Подумайте, почему при охлаждении раствора в осадок выпадает только бензойная кислота.

Ответ. Растворимость поваренной соли в горячей и холодной воде почти одинакова и довольно высока, а растворимость бензойной кислоты невелика и в холодной воде примерно в 10 раз меньше, чем в горячей. Поэтому при охлаждении горячего насыщенного раствора бензойной кислоты относительно примеси – поваренной соли – раствор останется ненасыщенным; поваренная соль не будет выпадать в осадок, а бензойная кислота, напротив, выпадет почти полностью.

❖ Возгонка

- Как вы думаете, какой из способов очистки бензойной кислоты более удобен и эффективен? Аргументируйте свой ответ.

Ответ. Возгонка, в отличие от перекристаллизации, позволяет практически избежать потерь бензойной кислоты (при перекристаллизации примерно 10% целевого вещества теряется с насыщенным раствором), но при этом возгонка является более длительным и технически сложным процессом, требующим более высоких температур и более строгого температурного контроля во избежание перегрева исходной смеси.

❖ Тонкослойная хроматография

- Что наблюдаете? Состоит ли исследуемая вами красящая основа из одного или нескольких красителей?

Ответ. Точки от фломастеров начинают постепенно подниматься вверх по пластинке, оставляя за собой цветные следы и пятна. Если по окончании процесса исходное пятно разделилось на несколько цветных пятен, то можно сделать вывод, что красящая основа фломастера содержала несколько красителей. Если деления не произошло, то она состояла из одного красителя.

- Посмотрите на результат эксперимента и ответьте, краситель какого цвета растворяется в элюенте и адсорбируется бумагой хуже всего.

Ответ. Лучше всего растворяется в элюенте и адсорбируется бумагой тот краситель, пятно которого поднялось по пластинке выше всего, ведь именно растворимость отвечает за подъём пятна, а адсорбция – за удерживание.

- Как вы думаете, почему пятно фломастера следует обязательно располагать так, чтобы оно не касалось слоя элюента в стакане?

Ответ. Если пятно будет изначально погружено в слой элюента, красящие вещества растворятся в нём и будут смыты с бумаги.

❖ Колоночная хроматография

- Что вы наблюдаете в ходе эксперимента? Ионы какого металла – меди или кобальта – лучше адсорбируются на оксиде алюминия?

Ответ. В ходе эксперимента по колонке сверху вниз перемещается окрашенная зона, которая постепенно разделяется: хорошо адсорбирующиеся на оксиде алюминия ионы меди(II) образуют зону голубого цвета в верхней части колонки, а плохо адсорбирующиеся ионы кобальта(II) – розовую зону в нижней части.

Растворы истинные и коллоидные

❖ Пересыщенный раствор

- Что наблюдаете? Потрогайте колбу рукой. Что вы можете сказать о тепловом эффекте этого процесса?

Ответ. Пересыщенный раствор сразу же начинает кристаллизоваться, причём твёрдого вещества (кристаллогидрата состава $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$) образуется так много, что он впитывает в себя всю воду-растворитель, и образуется монолитная белая масса. В процессе эксперимента колба достаточно сильно разогревается – именно этот эффект используют в так называемых солевых грелках.

- Как вы думаете, почему процесс кристаллизации имеет в данном случае именно такой тепловой эффект?

Ответ. При растворении твёрдых веществ ионного строения теплота может как поглощаться, так и выделяться. Это зависит от соотношения двух основных процессов: разрушения кристаллической решётки вещества – диссоциации (это требует энергии и, соответственно, вызывает понижение температуры) и образования связей между

молекулами воды и образующимися ионами – гидратации (образование связей сопровождается выделением энергии, следовательно, повышением температуры). Общий тепловой эффект растворения зависит от того, вклад какого из процессов будет выше. При растворении в воде ацетата натрия «перевешивает» диссоциация, теплота поглощается, следовательно, при противоположном процессе – кристаллизации – теплота должна выделяться. Кроме того, пересыщенный раствор – метастабильное состояние (с повышенным запасом энергии), при переходе в устойчивое состояние избыточная энергия выделяется в виде теплоты.

❖ Эффект Тиндаля

- Что наблюдаете? Поменяйте стаканы местами. Изменился ли эффект?

Ответ. В коллоидном растворе находятся достаточно крупные частицы серы (размером 10^{-6} – 10^{-7} м). На таких частицах происходит рассеяние света. Вне зависимости от положения стаканов, в стакане с коллоидным раствором луч света виден в виде яркой полосы, а в стакане с чистой водой (истинным раствором) почти не заметен.

- Используя литературу и Интернет, найдите другие способы получения коллоидных растворов, испытайте их экспериментально.

Ответ. Помимо метода замены растворителя, который был использован в эксперименте, существует довольно много других:

– дробление вещества до размера коллоидных частиц различными физическими методами (ультразвуком, измельчением в коллоидных мельницах и т. д). Для предотвращения слипания полученных частиц обязательно добавляется вещество-стабилизатор;

– осаждение коллоидных частиц в процессе химических реакций. Процесс проводят в таких условиях, при которых частицы осадка не растут выше коллоидного размера (как правило, используются холодные и разбавленные растворы, вносятся добавки, предотвращающие слипание частиц);

– пептизация, то есть перевод осадка в коллоидный раствор под действием пептизаторов. Обычно это вещества-электролиты, которые сорбируются на частицах осадка и заряжают их зарядами одного знака, вследствие чего между частицами возникают силы отталкивания.

Химические свойства веществ

❖ Ржавление

- В какой из пробирок коррозия железа максимальна? В какой — минимальна? На основании эксперимента определите, какие условия необходимы для протекания коррозии. Где коррозия более интенсивна: в пробирке № 4 или в пробирке № 5? Почему? Как вы думаете, почему в пробирках № 1 и 2 коррозия всё же присутствует, хоть и минимально?

Ответ. Для протекания коррозии (ржавления) необходимы три составляющие: железо, влага и кислород. В пробирке № 1 почти отсутствует влага (если не считать того небольшого количества, которое содержится в воздухе в виде водяного пара), в пробирке № 2 влаги предостаточно, но вода не даёт железу контактировать с кислородом (за исключением того, который растворён в воде). Поэтому в пробирках № 1 и 2 коррозия проявляется очень незначительно. В пробирке № 3 идеальная ситуация: слой масла полностью изолирует поверхность железа от контакта с воздухом и следами влаги, поэтому в пробирке коррозия отсутствует. В пробирках № 4 и особенно № 5 для коррозии созданы все условия, поэтому там она значительна, но в пробирке № 5 этот процесс выражен ярче, поскольку, помимо воздуха и влаги, в пробирке присутствует ещё и хлорид натрия – вещество, усиливающее коррозию.

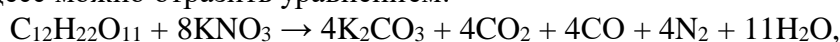
- Как вы думаете, какое (какие) необходимое условие коррозии устраняет покраска; замена чистого железа другими металлами и сплавами; использование смазок и масел?

Ответ. Покраска механически защищает поверхность железа от воздействия воздуха и влаги, однако если красочное покрытие повредить на каком-то участке, коррозия может распространиться и под него. Аналогичную функцию выполняет и покрытие металлами, притом использование более активных металлов (например, цинка) защищает железо ещё и химически: в паре цинк–железо первый удар коррозии принимает на себя цинк. Такое покрытие выполняет защитную функцию, даже если оно повреждено. А покрытие менее активным металлом (например, медью), напротив, даёт обратный эффект: пока оно целое, защита от коррозии есть, но стоит ему немного треснуть, коррозия пойдёт даже с большей скоростью, чем без покрытия. Масла и смазки, помимо механической защиты поверхности, ещё и гидрофобны – обладают водоотталкивающим действием.

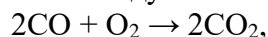
❖ Конфета-ракета

- В процессе горения топлива выделяется сложная смесь газов с преобладанием двух. Какие это газы? А что может находиться в твёрдом остатке?

Ответ. В процессе горения смеси селитры и сахара выделяется много различных газов; основной процесс можно отразить уравнением:



но образующийся угарный газ сгорает на воздухе:



поэтому основные компоненты газовой смеси – азот, углекислый газ и водяные пары. Твёрдый остаток представляет собой смесь из карбоната калия и непрореагировавших продуктов разложения сахара, в частности угля.

Тепловые эффекты химических реакций

❖ Разложение оксалата железа(II)

- Обратите внимание на цвет вещества. Как он изменяется? Какие ещё признаки сопровождают данное превращение (обратите внимание на часть пробирки возле отверстия)?

Ответ. В процессе разложения жёлтый порошок дигидрата оксалата железа темнеет, превращаясь в сложную смесь железа, оксида железа(II) и низших оксидов железа переменного состава. У отверстия пробирки можно наблюдать капельки сконденсировавшейся влаги – ещё одного продукта разложения.

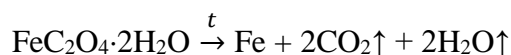
- Продолжает ли изменяться цвет? Протекает ли процесс без нагревания? Экзо- или эндотермической является реакция разложения оксалата железа(II)?

Ответ. Разложение дигидрата оксалата железа(II) является эндотермическим процессом, поэтому без нагревания процесс прекращается.

- Почему мелкие крупинки железа самовоспламеняются на воздухе, а железные гвозди нет?

Ответ. Наблюдаемая скорость взаимодействия твёрдого вещества – железа с газом (кислородом) зависит, среди прочего, от удельной площади поверхности контакта реагентов, которая тем больше, чем больше степень измельчения твёрдого вещества.

- В этом эксперименте использовался дигидрат оксалата железа(II) с формулой $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Попробуйте записать уравнение реакции его разложения, если известно, что среди продуктов реакции содержатся два газа (при температуре реакции).



❖ Холод в тёплой комнате

- Какие изменения вы наблюдаете? Почему стакан теперь трудно отделить от подложки? Экзо- или эндотермическим является этот процесс?

Ответ. При смешивании твёрдых реагентов реакционная масса постепенно разжижается, ощущается запах аммиака. Этот эндотермический процесс протекает самопроизвольно из-за резкого роста энтропии системы: из двух твёрдых веществ образуется раствор и газ, причём количество молей вещества также растёт. В процессе реакции поглощается так много тепла, что вода, находившаяся на подложке, превращается в лёд – стакан примерзает.

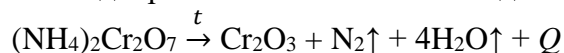
❖ Настольный вулкан

- Что наблюдаете? Экзо- или эндотермическим является этот процесс? Является ли необходимость нагревания обязательным указанием на то что процесс эндотермический?

Ответ. В ходе реакции выделяется теплота, что видно по вылетающим раскалённым частичкам оксида хрома(III) – твёрдого вещества тёмно-зелёного цвета. Несмотря на то что процесс является экзотермическим, для его начала требовалось нагревание – это необходимо, чтобы преодолеть энергетический барьер реакции, запустить её. В дальнейшем нагревание уже не требуется: протекание реакции обеспечивается выделяющимся теплом.

- Запишите уравнение этой химической реакции. Как вы думаете, в каком виде образуется вода в данной реакции? Что за зелёный порошок остался на плитке?

Ответ. Уравнение разложения дихромата аммония имеет вид:



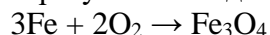
Выделяющиеся пары воды и азот выталкивают частички оксида хрома(III) из сферы реакции, создавая эффект извержения вулкана.

М. В. Ломоносов – закон сохранения массы и цветное стекло

❖ Изменение массы при горении

- Как изменяется масса чашки с содержимым в процессе горения? Почему масса изменяется именно так? Предположите, как бы изменялась масса, если бы процесс происходил не в чашке, а в плотно закрытой колбе. Проверьте свои предположения экспериментально.

Ответ. В процессе горения железа образуется оксид железа(II, III) – железная окалина:



Масса содержимого чашки увеличивается из-за присоединившегося кислорода.

Если проводить процесс в плотно закрытой колбе (замкнутой системе), масса в течение эксперимента будет оставаться постоянной, поскольку кислород лишь переходит из газовой фазы (воздуха в колбе) в твёрдую фазу (образующуюся железную окалину).

- Как вы думаете, масса зелёного порошка, образовавшегося в эксперименте «Настольный вулкан», больше или меньше массы взятого дихромата аммония? Почему?

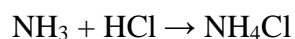
Ответ. При разложении дихромата аммония азот и водяные пары покидают сферу реакции, поэтому масса образующегося оксида хрома(III) меньше массы взятого дихромата аммония, хотя его объём заметно больше благодаря пористой структуре.

Д. И. Менделеев и теория растворов

❖ Дым без огня

- Что вы наблюдаете? Запишите уравнение реакции, если в ней образуется единственный продукт – хлорид аммония.

Ответ. Между тампонами, ближе к тампону с хлороводородом, образуется белый дым, состоящий из мелких частичек хлорида аммония. Улетучивающиеся с тампонов газы (аммиак и хлороводород) реагируют согласно уравнению:



- Изменились ли как-то результаты эксперимента? Как вы думаете, с чем это связано? Подсказка ждёт вас в разделе «Газы вокруг нас» (с. 78).

Ответ. Поскольку хлороводород тяжелее воздуха, а аммиак легче, при размещении тампона с раствором аммиака над тампоном с соляной кислотой, молекулы газов будут сталкиваться реже, образование дыма станет слабее.

❖ Диссертация Менделеева

- Как изменился объём смеси после перемешивания? Не нарушается ли при этом закон сохранения массы? Что вы можете сказать о плотности полученного раствора? На основании эксперимента сформулируйте, что такое контракция.

Ответ. При перемешивании объём жидкости в трубке заметно уменьшается – это происходит из-за того, что плотность полученного раствора не равна средневзвешенному значению из плотностей воды и спирта, а превосходит его. Масса при этом, разумеется, сохраняется. Контракция – уменьшение суммарного объёма двух жидкостей при образовании раствора из них.

Простые вещества

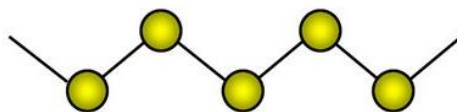
❖ Аллотропия серы

- Как в процессе нагревания изменяется вязкость и цвет содержимого пробирки?

Ответ. Сразу же после плавления сера представляет собой подвижную жидкость янтарно-жёлтого цвета, однако уже при температуре 160 °С вязкость резко возрастает, а цвет становится практически чёрным. При дальнейшем нагревании (выше 190 °С) цвет изменяется на красновато-коричневый, вязкость постепенно понижается.

- Достаньте полученную пластическую серу и изучите её физические свойства. Основываясь на свойствах, предположите, какое строение имеют молекулы пластической серы. Проверьте свои предположения, используя сведения из книг и/или Интернета.

Ответ. Пластическая сера – резиноподобное твёрдое вещество жёлто-коричневого цвета. Молекулы пластической серы представляют собой не циклы, а длинные цепочки атомов серы, которые могут включать в себя сотни атомов, – именно такое строение обеспечивает эластичность.



- Какие изменения произошли? Во что превратилась пластическая сера?

Ответ. Со временем пластическая сера переходит в ромбическую: окраска светлеет, а эластичность сменяется хрупкостью.

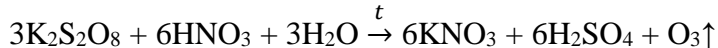
❖ Получение озона

- Какой запах имеет выделяющийся озон? Где вы сталкивались с таким запахом: в процедурном кабинете больницы; возле долго работающего ксерокса?

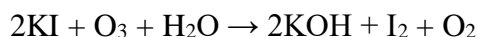
Ответ. Запах озона весьма своеобразный, он вовсе не напоминает запах свежести. Но возле долго работающего ксерокса или в кабинете поликлиники (после проведённого кварцевания) он и впрямь ощущается, поскольку образуется из кислорода. Например, при работе ксерокса озон образуется благодаря элементу конструкции под названием «коротрон», основной функцией которого является электризация барабана.

- Как иодкрахмальная бумажка помогает определить наличие озона? С помощью учителя объясните протекающие процессы, попробуйте составить уравнения химических реакций.

Ответ. За образование озона отвечает реакция:



При контакте с озоном иодид калия, входящий в состав иодкрахмальной бумаги, окисляется с выделением свободного иода, который образует с крахмалом комплекс сине-фиолетового цвета:

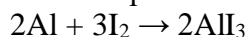


Вода – вещество № 1

❖ Иодный джинн

- Внимательно наблюдайте за процессом. Какие признаки свидетельствуют о протекании химической реакции? Попробуйте записать уравнение этой реакции. Как вы думаете, экзо- или эндотермическим является этот процесс? Что за вещество осталось на керамической плитке? Какого оно цвета?

Ответ. Взаимодействие иода с алюминием протекает согласно уравнению:



На протекание химической реакции указывают появление света и выделение тепла (экзотермический процесс), а также образование вещества белого цвета – иодида алюминия.

Изменится ли результат, если вместо воды использовать спирт?

Строго говоря, вода в этой реакции является не катализатором, а инициатором – она немного расходуется. Этиловый спирт не способствует запуску этой реакции.

❖ Кобальтовый гигрометр

- Испытайте его во влажном (например, разместив в ванной комнате) и сухом воздухе. Как изменяется окраска ткани?

Ответ. С увеличением влажности воздуха окраска плавно меняется на фиолетовую, а затем на светло-розовую. Это связано с постепенной гидратацией ионов кобальта(II) и образованием аквакатиона розового цвета.

❖ Термостойкий шарик

- Найдите справочные данные о теплоёмкости других веществ – жидких и твёрдых, сравните их с теплоёмкостью воды.

Ответ. Вода имеет очень большую удельную теплоёмкость $C(\text{H}_2\text{O}) = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$.

Опережает воду в этом (при тех же условиях) только водород ($15,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$), но его молярная теплоёмкость меньше, чем у воды.

- Как вы думаете, зависит ли время, в течение которого можно нагревать шарик, от количества взятой воды? А от её начальной температуры?

Ответ. Да, зависит.

В процессе нагревания тепловую энергию поглощает вода, постепенно нагреваясь. В какой-то момент она нагреется до температуры кипения и начнёт кипеть, образующийся водяной пар будет раздувать шарик.

Газы вокруг нас

❖ Водородные пузыри

- Как вы думаете, будет ли водород чистым, если вместо соляной использовать разбавленную серную кислоту?

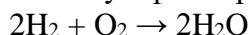
Ответ. Серная кислота, даже разбавленная, в некоторой степени восстанавливается цинком до оксида серы(IV) и сероводорода, поэтому в полученном водороде будут примеси (иногда ощущается и характерный запах).

- Куда двигается пузырёк? На основании эксперимента оцените плотность водорода по отношению к воздуху. Как вы думаете, как будет вести себя пузырёк, наполненный углекислым газом? Проверьте свои предположения экспериментально.

Ответ. Пузырёк, наполненный водородом, поднимается вверх, поскольку водород в 14,5 раз легче воздуха. Пузырёк, наполненный углекислым газом, будет опускаться вниз, так как углекислый газ тяжелее воздуха примерно в 1,5 раза.

- Что вы наблюдаете? Какое химическое свойство водорода проявляется в этом эксперименте? Запишите уравнение протекающей химической реакции.

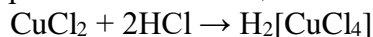
Ответ. При поднесении горячей лучины пузырёк сгорает с характерным звуком.



❖ Цветное пламя водорода

- Каков цвет полученного раствора? Окраска раствора обусловлена образованием комплексного соединения с формулой $\text{H}_2[\text{CuCl}_4]$. Запишите уравнение реакции его образования.

Ответ. Полученный раствор окрашен в зелёный цвет.



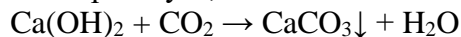
- Какой цвет придают пламени водорода соединения меди?

Ответ. В присутствии галогенид-ионов ионы меди придают пламени голубой цвет.

❖ Исследуем выдох

- Какие изменения вы наблюдаете?

Ответ. В пробирке образуется сперва муть, а затем выпадает белый осадок:



- Какие изменения происходят теперь? С помощью учителя найдите объяснение этому факту. Запишите уравнение реакции. Сформулируйте полные признаки взаимодействия между углекислым газом и известковой водой.

Ответ. При использовании аппарата Киппа выпавший белый осадок карбоната кальция со временем полностью растворяется благодаря избытку углекислого газа:



Таким образом, при пропускании углекислого газа в известковую воду наблюдается сначала образование, а затем исчезновение белого осадка.

❖ Газы и голос

- Из курса физики выясните, как зависит скорость звука в газе от молекулярной массы газа.

Ответ. Скорость звука обратно пропорциональна корню из молекулярной массы:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}},$$

где γ – показатель адиабаты, равный $5/3$ для одноатомных газов, $7/5$ – для двухатомных газов и воздуха.

- Как в каждом случае изменился тембр голоса?

Ответ. Под действием гелия тон голоса повышается, под действием азота – понижается.

❖ Левитация

- Как расположились пузырьки? В чём причина такого необычного их поведения?

Ответ. Мыльные пузыри словно висают в аквариуме – примерно на том уровне, до которого он наполнен тяжёлым газом.

- Почему «лодочка» ведёт себя таким странным образом, ведь фольга, из которой она сделана, намного тяжелее любого газа?

Ответ. Плотность лодочки – это не просто плотность алюминия – это средневзвешенное значение плотности алюминия и плотности воздуха, который её наполняет. В результате архимедова сила, действующая на лодочку, оказывается направлена вверх – лодочка плавает на «поверхности» тяжёлого газа.

Кислоты, основания, индикаторы

❖ Самодельные индикаторы

- Обладают ли пигменты чая свойствами индикаторов?

Ответ. Обладают. Правда, поскольку красный чай обычно содержит в составе органические кислоты, добавление соляной кислоты на окраску повлияет не сильно, зато добавление щёлочи превратит красный чай в зелёный, причём в буквальном смысле!

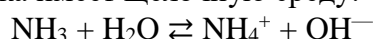
- Как вы думаете, с какой целью опытные хозяйки при приготовлении борща добавляют в конце варки ломтик лимона или небольшое количество уксуса?

Ответ. Красящие вещества свёклы (антоцианы) – тоже индикаторы. В нейтральной среде их окраска не слишком привлекательна, зато в кислой, которую и создаёт лимон (уксус) цвет получается яркий и насыщенный. Такой борщ выглядит куда аппетитнее!

❖ Удивительные цветы

- Какую среду имеет водный раствор аммиака?

Ответ. Водный раствор аммиака имеет щелочную среду:



- Изменится ли результат, если нашатырный спирт не разводить?

Ответ. Изменится, но не сильно. Окраска цветов будет сохраняться дольше, но аммиачный «аромат» букета будет чувствоваться куда сильнее.

❖ Гидролизная радуга

- Расположите использованные соли в порядке уменьшения кислотности и увеличения щёлочности среды их водного раствора. Как изменилась окраска индикатора в каждом случае?

Ответ. Щёлочность среды (рН) растворов возрастает в следующем порядке:

хлорид алюминия – коралловая

хлорид аммония – оранжевая

сульфат натрия – жёлтая

гидрокарбонат натрия – зелёная

карбонат натрия – синяя

фосфат натрия – сине-фиолетовая

При этом жёлтая окраска в растворе сульфата натрия не означает кислую среду в нём – это исходная окраска универсального индикатора, которая не изменилась. рН в растворе сульфата натрия равен 7.

Кристаллические и аморфные вещества

❖ Кристалл в кристалле

- Поэкспериментируйте, используя другие квасцы, попробуйте брать затравки неправильной формы. А сможете ли вы вырастить трёхслойный кристалл? Сколько типов квасцов для этого понадобится?

Ответ. Для выращивания трёхслойного кристалла достаточно всего двух типов квасцов. Внутренний и внешний слои можно вырастить из квасцов одного вида, а средний – из другого.

❖ Кристаллы металлов

- У какого из полюсов — положительного или отрицательного — начинают образовываться кристаллы олова? Как вы думаете, какой знак заряда имеют ионы олова, находящиеся в растворе?

Ответ. Ионы олова, находящиеся в растворе, имеют положительный заряд, поэтому стремятся к отрицательному полюсу, где и начинают расти кристаллы металлического олова.

- Что происходит после того, как кристалл олова «соединил» два крокодильчика?

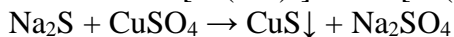
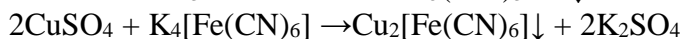
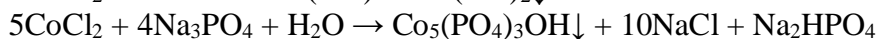
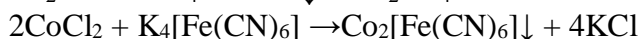
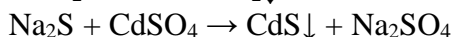
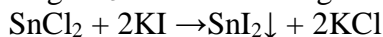
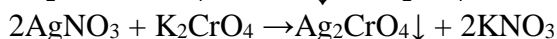
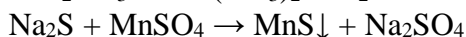
Ответ. Как только полюсы соединяются цепью кристаллов олова, электрическая цепь замыкается проводником и ток перестаёт идти через раствор – рост кристаллов практически прекращается.

Реакции ионного обмена

❖ Цветные осадки

- Рассмотрите окраску и структуру каждого осадка, запишите названия, формулы и цвет осадка в виде таблицы. Попробуйте записать уравнения протекающих реакций. Если вы уже знакомы с теорией электролитической диссоциации, запишите сокращённые ионные уравнения.

Ответ.



❖ Клеточки Граубе

- Попробуйте провести таким же способом реакцию между раствором силиката натрия (можно разбавить силикатный клей водой в соотношении 1 : 1) и твёрдыми растворимыми солями никеля, кобальта, железа, меди и цинка. Кристаллы солей поместите на дно стакана, а раствор силиката натрия аккуратно налейте сверху. Вырастет разноцветный «силикатный сад». Как вы думаете, осадки каких цветов ожидают вас в этом случае?

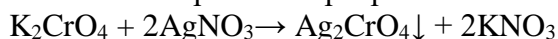
Ответ. Образующиеся осадки – это основные силикаты сложного состава.

Катион никеля придаёт осадку зелёную окраску, катион кобальта – сине-фиолетовую, железа(III) – бурую, меди – голубую, осадок с катионом цинка белого цвета.

❖ Огненные струи

- Попробуйте записать уравнение протекающих реакций и выяснить, какое вещество входит в состав «огненных» струй.

Ответ. "Огненные" струи состоят из хромата серебра.



Окислительно-восстановительные реакции

❖ Хромовый хамелеон

- Какова окраска хромата и дихромата калия?

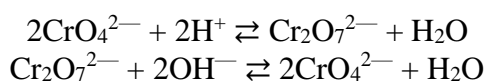
Ответ. Хромат калия имеет ярко-жёлтую окраску, а дихромат калия – ярко-оранжевую.

- Как вы думаете, в какой среде (кислой, нейтральной, щелочной) устойчивы хроматы, а в какой – дихроматы? Является ли переход хромат – дихромат окислением или восстановлением?

Ответ. Между этими формами хрома (+6) существует равновесие.

Дихроматы устойчивы в кислой среде, хроматы – в щелочной.

Переходы хромат–дихромат и дихромат–хромат окислительно-восстановительными процессами не являются.



❖ Пылающая пробирка

- Почему уголь «танцует»?

Ответ. Уголь «танцует» благодаря газам, которые выделяются в результате реакции: при контакте с расплавленной селитрой образуется порция смеси углекислого газа и азота, которая подбрасывает уголёк.

- Экзо- или эндотермическими являются проведённые вами реакции?

Ответ. Эти реакции являются сильно экзотермическими.

- Как называется смесь твёрдого нитрата калия, серы и угля?

Ответ. Такая смесь называется чёрным, или дымным, порохом.

- Какие газы образуются в этих реакциях?

Ответ. В процессе реакций образуются смеси азота с углекислым либо, сернистым газом.



❖ Химическое сердце

- Как вы думаете, для чего в этом эксперименте нужно использовать именно тёплую серную кислоту? Получится ли он, если кислота будет холодной?

Ответ. С тёплой серной кислотой быстрее реагируют нерастворимые соединения галлия, периодически образующиеся в виде плёнки на поверхности капли в ходе эксперимента.

Вторым, не менее важным фактором является поддержание капли галлия в жидком состоянии: $t_{\text{пл}}(\text{Ga}) = +29,8^\circ\text{C}$.

- Может ли пульсировать твёрдый галлий?

Ответ. Нет, не может – его поверхностное натяжение слишком велико.

- Что такое поверхностное натяжение? От чего оно зависит?

Ответ. Поверхностное натяжение – это величина, которая показывает, насколько сильно жидкость стремится сократить свою свободную поверхность.

Оно зависит от природы самой жидкости, её температуры, а также тех веществ, в контакте с которыми находится эта жидкость (например, поверхностное натяжение воды на границе с воздухом и на границе с ртутью отличается очень сильно).

❖ Бутылочка

- Проверьте, можно ли вместо глюкозы использовать другие восстановители.

Ответ. Можно, но они не должны быть слишком сильными и находиться в большом избытке, иначе синяя окраска будет исчезать практически мгновенно. Подходят, например, соли аскорбиновой кислоты.

- Можно ли ускорить процесс обесцвечивания?

Ответ. Можно. Например, нагрев бутылку на водяной бане.

Реакции быстрые и медленные

❖ Площадь

- Подумайте, что больше: площадь поверхности магниевой ленты или площадь поверхности всех крупинок магния.

Ответ. Площадь поверхности обратно пропорциональна степени измельчения вещества. Поскольку массы обеих порций магния одинаковы, площадь всех крупинок магниевого порошка больше.

- В какой из пробирок реакция закончилась быстрее? Как площадь поверхности соприкосновения влияет на скорость гетерогенной химической реакции?

Ответ. Быстрее закончилась реакция соляной кислоты с порошком магния, поскольку наблюдаемая скорость реакции прямо пропорциональна суммарной площади поверхности.

- Почему для разжигания костра используют мелкие щепки, а для поддержания его долгого горения – крупные поленья? Каков будет результат, если всё делать наоборот? Объясните это, используя свои наблюдения в проведённом эксперименте.

Ответ. При разжигании костра важно обеспечить высокую скорость реакции, поэтому дерево измельчают. А при поддержании горения, напротив, используют крупные поленья, имеющие небольшую удельную площадь поверхности, поскольку костёр не должен прогорать достаточно быстро. Если сделать наоборот, то костёр сначала очень долго не будет разгораться, а потом очень быстро потухнет.

❖ Вслед за Вант-Гоффом

- В каком из стаканов реакция начинается быстрее?

Ответ. В том стакане, в который добавлен горячий раствор серной кислоты.

- Оцените, выполняется ли правило Вант-Гоффа в вашем опыте.

Ответ. Для этого засекайте время, прошедшее от смешивания реагентов до появления первых признаков реакции. За скорость реакции можно принять величину, обратную этому времени.

❖ Египетская ночь

- В каком из стаканов после смешивания реагентов концентрация сульфита натрия была наименьшей?

Ответ. Массы сульфита натрия в стаканах 1, 2 и 3 относятся как 3 : 2 : 1, а объёмы растворов, полученные после смешивания, как 200 : 150 : 133. Значит, концентрации будут относиться как $\frac{3}{200} : \frac{2}{150} : \frac{1}{133} = 0,0150 : 0,0133 : 0,0075 = 2 : 1,77 : 1$.

Наименьшая концентрация сульфита натрия в стакане 3.

- В каком из стаканов реакция прошла быстрее всего? Как в данном случае зависит скорость реакции от концентрации реагентов?

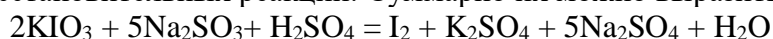
Ответ. Быстрее всего реакция прошла в стакане 1, поскольку начальные концентрации иодата калия и сульфита натрия там максимальны. Скорость этой сложной реакции возрастает с увеличением концентраций реагентов. Стоит отметить, что так бывает не всегда: ситуация, при которой скорость реакции уменьшается при увеличении концентрации того или иного реагента, тоже встречается в химии.

- Догадайтесь, почему эксперимент называется «Египетская ночь».

Ответ. В Египте и близких к экватору странах ночь наступает очень резко, там почти нет сумерек. Так же внезапно происходило изменение окраски и в этом эксперименте.

- Является ли эта реакция окислительно-восстановительной?

Ответ. Да, является. На самом деле в этой системе протекает даже несколько окислительно-восстановительных реакций. Суммарно их можно выразить уравнением:



❖ Молния в бутылке

- В каком из опытов реакция гомогенная, а в каком гетерогенная?

Ответ. Горение спирта в фарфоровой чашке – гетерогенный процесс, поскольку между реагирующими веществами есть граница раздела фаз – поверхность жидкого спирта.

Горение паров спирта в бутылке – гомогенный процесс, поскольку пары спирта и воздух образовали однородную смесь. Между ними нет границы раздела.

- В каком случае объём сгоревшего спирта больше? В каком случае реакция прошла быстрее? Как вы думаете, почему?

Ответ. Реакция горения в бутылке идёт быстрее, несмотря на то, что в ней используется больший объём спирта. Всё дело в том, что гомогенный процесс протекает одновременно во всём объёме реакционной смеси, а гетерогенный – только на поверхности контакта реагентов.

❖ Пероксид водорода

- Исследуйте, есть ли вещества, ускоряющие разложение пероксида водорода в соках растений, например, в соке капусты. А повлияют ли на разложение пероксида водорода дрожжи?

Ответ. Соки многих растений, особенно представителей семейства крестоцветных, содержат ферменты – биологические катализаторы, ускоряющие разложение пероксида водорода. Аналогичные вещества выделяют и дрожжи.

- Как, используя весы и прибор для фильтрования, доказать, что оксид марганца(IV) не расходуется в данной реакции, а выполняет роль катализатора? Подтвердите ваши предположения экспериментально.

Ответ. Для доказательства достаточно провести описанный эксперимент, предварительно взвесив добавляемый оксид марганца, а после завершения реакции отфильтровать его, высушить и взвесить вновь. Масса вещества не изменится. С его помощью можно запустить разложение новой порции пероксида водорода.

- Проверьте, зависит ли скорость реакции от массы добавленного оксида марганца(IV).

Ответ. Наблюдаемая скорость реакции будет зависеть от массы добавляемого катализатора, поскольку реакция протекает на его поверхности. А чем больше масса порошка, тем выше и его суммарная площадь поверхности.

- Каким катализатором является оксид марганца(IV) — гомогенным или гетерогенным? А сок капусты?

Ответ. Катализаторы, отделённые от взаимодействующих веществ границей раздела фаз, называются гетерогенными. Таков, например, MnO_2 . Граница раздела фаз – это поверхность его крупинок.

- Как можно продлить срок хранения пероксида водорода?

Ответ. Для того чтобы замедлить реакцию разложения перекиси водорода, раствор можно хранить в холодильнике, а также добавлять туда ингибиторы разложения. В концентрированные растворы перекиси водорода с этой целью обычно добавляют небольшое количество ортофосфорной кислоты.

Химия в помощь криминалисту

❖ Исчезающие чернила

- Как вы думаете, какой компонент воздуха, реагируя с чернилами, заставляет изображение исчезать?

Ответ. Чернила исчезают, поскольку гидроксид натрия постепенно взаимодействует с углекислым газом, рН раствора понижается, и окраска индикатора изменяется с синей на бесцветную.

- Используя данные из эксперимента «Цветные осадки» (с. 99), попробуйте создать чернила другого типа. Надпись, сделанная ими, не должна быть заметна на бумаге, но должна проявляться с помощью реактива-проявителя. Проверьте свои предположения экспериментально.

Ответ. На основе реакций, сопровождающихся изменением окраски или образованием цветных осадков, таких чернил можно создать великое множество! Одним из реагентов (бесцветным) делают надпись на бумаге, подсушивают её, а затем проявляют, нанося на бумагу второй реагент с помощью кисти или пульверизатора. А сможете ли вы подобрать несколько бесцветных веществ так, чтобы картину, нарисованную ими, можно было проявить одним реагентом и это бы привело к появлению нескольких цветов сразу? Попробуйте!

❖ Алкотестер

- Используя данные эксперимента «Хромовый хамелеон» (с. 105), предположите, как изменяется степень окисления хрома в процессе работы алкотестера.

Ответ. В процессе работы алкотестера происходит изменение окраски с оранжевой, соответствующей дихромат-иону (соединению хрома(VI)), на зелёную, которая соответствует соединениям хрома(III).

Уравнение реакции имеет вид:



- Можно ли каким-то образом по показаниям прибора судить не только о наличии, но и о концентрации паров спирта в воздухе?

Ответ. Можно построить цветную шкалу: в несколько одинаковых приборов пропускать одинаковые порции воздуха с разным содержанием паров этанола. Получится ряд окрасок, соответствующих известному содержанию этанола в воздухе. Сравнивая с этим рядом окраску, полученную при пропускании через прибор воздуха с неизвестной концентрацией, можно по возникшей окраске примерно её оценить.

❖ Подлинность серебряных изделий

- Как вы думаете, для чего поверхность перед тестом обрабатывают наждачной бумагой?

Ответ. Поверхность изделия может быть загрязнена, либо специально покрыта защитной плёнкой, которая будет препятствовать реакции пробирного реактива с металлом.

Химия на кухне

❖ Аскорбинка, или Витамин С

- Сколько миллиграммов аскорбиновой кислоты содержалось во взятой порции сока? А во всей упаковке сока?

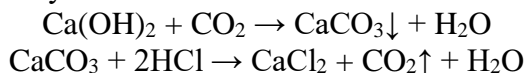
Ответ. Чтобы определить массу аскорбиновой кислоты во взятой порции сока, достаточно умножить объём раствора иода, затраченный на титрование, на 0,88. Это и будет масса аскорбиновой кислоты в нашей пробе (в миллиграммах).

А чтобы узнать массу аскорбиновой кислоты во всей пачке сока, разделите полученное значение на 15 (объём взятой пробы) и умножьте на объём пачки сока (в мл).

❖ Искусственные дрожжи

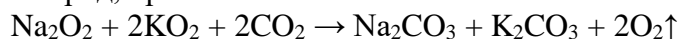
- В эксперименте «Пероксид водорода» (с. 117) мы уже обнаруживали кислород при помощи тлеющей лучинки. Подумайте, какой должна быть лучинка, чтобы с её помощью можно было обнаружить углекислый газ. Докажите, что выделяющийся газ действительно углекислый.

Ответ. Углекислый газ обнаруживают с помощью горящей лучинки: в атмосфере углекислого газа она гаснет. Для обнаружения углекислого газа можно также пропустить его в избыток известковой воды, а затем на полученный осадок подействовать соляной кислотой – выделится тот же углекислый газ.



- В некоторых видах изолирующих противогазов применяется любопытный приём: выдыхаемый человеком воздух собирается и с помощью химической реакции вновь обогащается кислородом. Выясните, какая химическая реакция обеспечивает это. Какой широко распространённый природный процесс это напоминает?

Ответ. В регенеративных патронах изолирующих противогазов содержится смесь пероксида натрия и надпероксида калия, которая поглощает выдыхаемый углекислый газ и выделяет при этом кислород, причём в таком же количестве:



Этот процесс можно в каком-то смысле считать неорганическим вариантом фотосинтеза.

❖ Лимонен

- Зависит ли эффект от того, насколько свежие фрукты вы использовали?

Ответ. Да, зависит. Лимонен – летучее вещество, при хранении цитрусовых его содержание в цедре постепенно понижается. Кроме того, благодаря наличию двойных связей, он достаточно легко окисляется на воздухе.

- Проверьте, что ещё растворяет лимонен.

Ответ. Помимо резины, лимонен неплохо растворяет жиры и другие малополярные органические соединения, а также полистирол.

Заглянем в аптечку

❖ Синеющая жидкость

- Как вы думаете, какое вещество выступило в роли окислителя, изменив степень окисления меди с +1 на +2?

Ответ. Окислителем в данной реакции выступает кислород воздуха.

- Попробуйте (возможно, с помощью учителя) записать уравнение реакции превращения $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ в $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$ под действием окислителя.

Ответ. $4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl} + \text{O}_2 + 4\text{NH}_4\text{Cl} + 4\text{NH}_3 \rightarrow 4[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

❖ Зеркальных дел мастер

- Можно ли получить серебряное зеркало, используя вместо глюкозы аскорбиновую кислоту?

Ответ. Именно аскорбиновую кислоту – нет, поскольку она будет разрушать аммиачный комплекс серебра(I), но использовать соли аскорбиновой кислоты, например, аскорбат натрия, вполне можно.

- Можно ли аналогичным образом получить зеркало из меди; из алюминия?

Ответ. Получить зеркала из некоторых других металлов (в том числе платины, меди и даже намного более активного, чем серебро, никеля) можно, но для этого потребуются иные условия. Так, медь можно восстановить с помощью гидразин-гидрата, а никель – гипофосфита калия, но эти процессы идут несколько дольше по времени и более капризны.

А вот зеркало из алюминия из раствора получить не удастся – слишком уж активный это металл: если его не защищает оксидная плёнка, алюминий достаточно легко реагирует с водой.

❖ Дым!

- Как вы думаете, почему дым не бесцветный, а белый? Какие газы входят в его состав? Можно ли это проверить?

Ответ. Состав образующихся газов достаточно сложен, в нём можно найти азотистые соединения: аммиак, метиламин, а также сероводород, пары воды и т. д. Образующийся дым белый из-за испаряющейся воды, кристалликов сульфидных солей аммония и метиламмония.

Попробуйте внести в дым влажную индикаторную бумагу (только не забудьте использовать длинный пинцет и защитить руку перчаткой) и определить наличие газов основного характера (их количество преобладает), а также бумагу, пропитанную раствором нитрата свинца, – появление чёрной окраски подтвердит наличие сероводорода.

❖ Штормглас

- Проверьте, может ли штормглас предсказать ваши отметки на завтра.

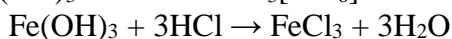
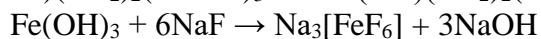
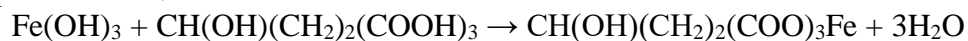
Ответ. Вполне возможно:) А может быть, и на четверть вперёд!

Выведение пятен

❖ Ржавчина

- С точки зрения химика состав ржавчины примерно соответствует смеси оксида и гидроксида железа(III). Попробуйте записать уравнения реакций, протекающих в процессе замачивания пятна и удаления его раствором фторида натрия. Используйте информацию из описания эксперимента «Роданидная кровь» (с. 9).

Ответ. Взаимодействие гидроксида железа(III) с лимонной кислотой можно упрощённо описать уравнениями:



Кислота разрушает частицы ржавчины, переводя её в растворимые соединения железа.

❖ Отбеливатели

- Некоторые красители, используемые для создания цветных тканей, также могут разрушаться отбеливателями. Как узнать, не причинит ли отбеливатель вреда цвету одежды?

Ответ. Чтобы проверить устойчивость красителей одежды к отбеливателям, которые планируется использовать для стирки, можно провести тест. На тыльную сторону одежды или на другое малозаметное место нанесите небольшое количество отбеливателя, оставьте на 10–15 минут, затем смойте тёплой водой. Если изменений не произошло, отбеливатель можно смело использовать!

- Удалил ли хотя бы один из отбеливателей пятна ржавчины? Как вы думаете, почему?

Ответ. «Белизна» и «Персоль» устраняют пятна за счёт окисления красящего вещества. Но гидроксид железа(III) – основной компонент ржавчины – окисляется с большим трудом и в куда более жёстких условиях. Поэтому эти отбеливатели в данном случае бессильны.

Химия фейерверка

❖ Борноэтиловый эфир

- Какую окраску придают пламени соединения бора? Соединения каких металлов придают пламени схожую окраску?

Ответ. Летучие соединения бора окрашивают пламя в зелёный цвет. Также зелёную окраску (разных оттенков) придают пламени соединения меди, бария и таллия. Последний даже получил своё название по характерному ярко-зелёному цвету спектральных линий (от греч. «таллос» – зелёная ветвь).

❖ Колебательное горение

- Чем обусловлен цвет пламени во время ярких вспышек?

Ответ. Светло-зелёный цвет пламени обусловлен ионами бария, входящими в состав смеси.

- Попробуйте записать уравнение химической реакции между нитратом бария и магнием (продуктами реакции являются два оксида металлов и простое вещество, входящее в состав воздуха).

Ответ. $5\text{Mg} + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{BaO} + 5\text{MgO} + \text{N}_2\uparrow$

Химия и свет

❖ Внимание, снимаю!

- Используйте вместо нитрата бария 0,9 г нитрата стронция. Что изменилось? Почему произошли такие изменения?

Ответ. Светло-зелёная окраска пламени вспышки, за которую отвечали ионы бария, изменится на розово-красную, присущую ионам стронция.

Химики тушат пожар

❖ Антипирены

- Начинается ли горение?

Ответ. Нет, горения не происходит – лучинка лишь дымит, иногда слегка тлеет. Гидрофосфат аммония предотвращает горение, во-первых, потому, что при нагревании разлагается с выделением аммиака – газа, который достаточно плохо горит на воздухе, а также фосфорной кислоты, которая плавится и образует плёнку на древесине, защищая её от контакта с кислородом.

- А можно ли сделать негорючей ткань или бумагу? Проверьте экспериментально.

Ответ. Пропитка ткани или бумаги растворами антипиренов сделает негорючими и эти материалы.

❖ Углекислый помощник

- Что происходит со свечами? Как вы думаете, получится ли поджечь свечи, не вынимая лесенку из стакана? Проверьте это!

Ответ. Свечи затухают одна за другой, начиная с самой нижней, поскольку углекислый газ тяжелее воздуха и заполняет стакан «снизу вверх». Заново поджечь свечи не получится до тех пор, пока большая часть углекислого газа не будет удалена из стакана.

❖ Вверх или вниз?

- Как вы думаете, какая свеча потухнет первой? Какая свеча потухла первой на самом деле? Предположите, в чём причина такого парадокса. Не забывайте, что углекислый газ в данном случае образуется в пламени, поэтому довольно сильно нагреет.

Ответ. Несмотря на то что интуитивно кажется, будто первой должна потухнуть свеча меньшей высоты, происходит ровно наоборот. Это вызвано тем, что образующийся при

горении углекислый газ достаточно сильно нагрет и поэтому скапливается не в нижней части стакана (хотя его молярная масса и больше средней молярной массы воздуха), а в верхней части. В частности, именно по этой причине из горящего помещения нужно выходить, пригнувшись ближе к полу, а не стоя в полный рост.

❖ **Химический пенный огнетушитель**

- Если какую-то из вершин этого треугольника убрать, горение прекратится. Подумайте, что в этом треугольнике устраняет пенный огнетушитель.

Ответ. Пенный огнетушитель устраняет сразу два фактора: во-первых, пена предотвращает контакт горящего материала с кислородом, а во-вторых, охлаждает горящий материал.

- Попробуйте сформулировать, в чём плюсы и минусы пенных, углекислотных и порошковых огнетушителей. Огнетушитель какого типа (пенный, углекислотный или порошковый) и почему вы порекомендовали бы для тушения пожара в музее, где хранятся ценные экспонаты?

Ответ.

	Огнетушитель		
	Пенный	Углекислотный	Порошковый
Плюсы	Хорошо охлаждает горящий материал, предотвращает тление	Не повреждает предметы, на которые попадает заряд. После использования не оставляет следов. Пригоден для тушения электроустановок под напряжением. Можно использовать в широком диапазоне температур	Не повреждает предметы, на которые попадает заряд. Пригоден для тушения электроустановок под напряжением. Можно использовать в широком диапазоне температур
Минусы	Повреждает предметы, на которые попадает пена. После использования необходима уборка. Непригоден для тушения электроустановок под напряжением. Нельзя использовать на морозе	Малоэффективен для тушения твёрдых тлеющих веществ. Неэффективен при сильном ветре. Не охлаждает горящий материал, не препятствует тлению	После использования необходима уборка, при использовании порошок сильно пылит, затрудняя дыхание. Не охлаждает горящий материал, не препятствует тлению

Для тушения пожаров в музее можно рекомендовать углекислотные и порошковые огнетушители, которые при использовании наносят минимальный урон окружающим предметам.

Мир полимеров

❖ **Резорцинформальдегидная смола**

- Все полимеры подразделяют на две большие группы: *термопластичные* – при нагревании размягчаются, их форму в таком состоянии легко изменить, и *термореактивные* – при нагревании начинают разлагаться, обугливаться. Опытным

путём выясните, к какой группе относится полученный полимер. Прделайте это и с другими полимерами, которые окружают вас в повседневной жизни.

Ответ. Резорцинформальдегидная смола – термореактивный полимер. Для того чтобы в этом убедиться, возьмите небольшой кусочек смолы пинцетом и аккуратно нагрейте над пламенем спиртовки (эксперимент проводите в вытяжном шкафу!). Прикоснитесь к нагретому образцу стеклянной палочкой и попробуйте вытянуть из него нить. Резорцинформальдегидная смола не плавится и не размягчается при нагревании, поэтому нить вытянуть не удастся.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Рекомендации к проведению демонстрационных экспериментов.....	4
Методические рекомендации и ответы к некоторым заданиям.....	5
Вещества вокруг нас. Научный эксперимент	
Опыт Рэля.....	6
Физические и химические явления. Признаки химических явлений	
Роданидная кровь.....	6
Золотой дождь.....	7
Шипучка.....	7
Зубная паста для слона.....	7
Хемилюминесценция.....	8
Механохимическая реакция.....	8
Агрегатные состояния	
Приключения парафина.....	8
Удивительные жидкости.....	8
Невидимое топливо.....	8
По следам Куртуа.....	9
Физические свойства веществ	
Растворимость и температура.....	9
Плотность и температура.....	9
Башня плотностей.....	9
Магнитная жидкость.....	10
Смеси и способы их разделения	
Перекристаллизация.....	10
Возгонка.....	11
Тонкослойная хроматография.....	11
Колоночная хроматография.....	11
Растворы истинные и коллоидные	
Пересыщенный раствор.....	11
Эффект Тиндаля.....	12
Химические свойства веществ	
Ржавление.....	12
Конфета-ракета.....	13
Тепловые эффекты химических реакций	
Разложение оксалата железа(II).....	13
Холод в тёплой комнате.....	13
Настольный вулкан.....	14
М. В. Ломоносов – закон сохранения массы и цветное стекло	
Изменение массы при горении.....	14

Д. И. Менделеев и теория растворов	
Дым без огня.....	14
Диссертация Менделеева.....	15
Простые вещества	
Аллотропия серы.....	15
Получение озона.....	16
Вода – вещество № 1	
Иодный джинн.....	16
Кобальтовый гигрометр.....	16
Термостойкий шарик.....	16
Газы вокруг нас	
Водородные пузыри.....	16
Цветное пламя водорода.....	17
Исследуем выдох.....	17
Газы и голос.....	17
Левитация.....	17
Кислоты, основания, индикаторы	
Самодельные индикаторы.....	18
Удивительные цветы.....	18
Гидролизная радуга.....	18
Кристаллические и аморфные вещества	
Кристалл в кристалле.....	18
Кристаллы металлов.....	19
Реакции ионного обмена	
Цветные осадки.....	19
Клеточки Траубе.....	19
Огненные струи.....	19
Окислительно-восстановительные реакции	
Хромовый хамелеон.....	20
Пылающая пробирка.....	20
Химическое сердце.....	20
Бутылочка.....	20
Реакции быстрые и медленные	
Площадь.....	21
Вслед за Вант-Гоффом.....	21
Египетская ночь.....	21
Молния в бутылке.....	22
Пероксид водорода.....	22
Химия в помощь криминалисту	
Исчезающие чернила.....	23
Алкотестер.....	23
Подлинность серебряных изделий.....	23

Химия на кухне	
Аскорбинка, или Витамин С.....	23
Искусственные дрожжи.....	24
Лимонен.....	24
Заглянем в аптечку	
Синеющая жидкость.....	24
Зеркальных дел мастер.....	24
Дым!.....	25
Штурмгласс.....	25
Выведение пятен.....	25
Ржавчина.....	25
Отбеливатели.....	25
Химия фейерверка	
Борноэтиловый эфир.....	25
Колебательное горение.....	26
Химия и свет	
Внимание, снимаю!.....	26
Химики тушат пожар	
Антипирены.....	26
Углекислый помощник.....	26
Вверх или вниз?.....	26
Химический пенный огнетушитель.....	27
Мир полимеров	
Резорцинформальдегидная смола.....	27