

§ 28. Систематизация химических элементов

В начале XVIII в. ученые знали около полутора десятка химических элементов. Это девять «элементов древности» (золото **Au**, серебро **Ag**, ртуть **Hg**, олово **Sn**, свинец **Pb**, медь **Cu**, железо **Fe**, сера **S** и углерод **C** (рис. 31)) и еще пять элементов, открытых алхимиками в Средние века (цинк **Zn**, мышьяк **As**, сурьма **Sb**, висмут **Bi** и фосфор **P**).

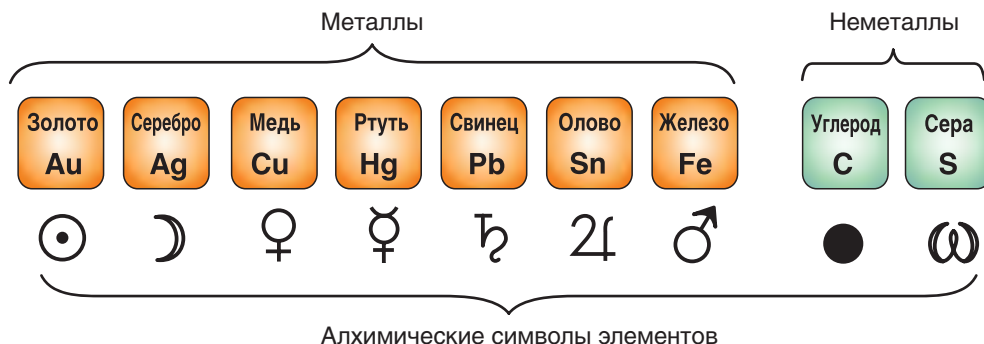


Рис. 31. Химические элементы древности

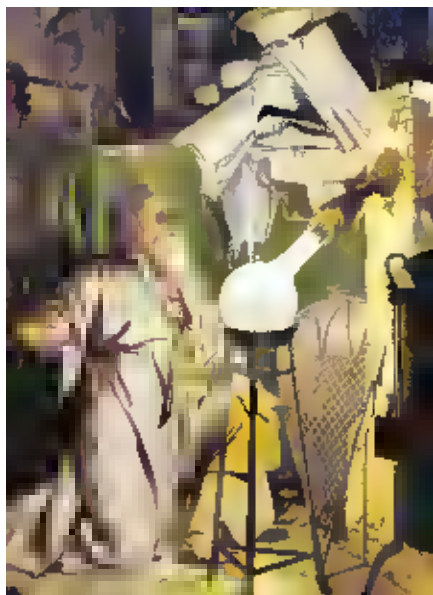


Рис. 32. Открытие фосфора

Фосфор является первым элементом, у которого точно известно имя первооткрывателя. Им был немецкий алхимик Хённог Бранд, открывший фосфор в 1669 г. (рис. 32).

Поскольку к середине XIX в. было открыто еще около 50 новых элементов, возникла необходимость в их систематизации, т. е. приведении в определенный порядок, систему.

Одной из первых попыток систематизации химических элементов было их разделение на две группы — **металлы** и **неметаллы**, основанное на различии свойств простых веществ.

Вспомним свойства простых веществ металлов и неметаллов. **Металлы** (рис. 33) хорошо проводят электрический ток и теплоту, имеют характер-

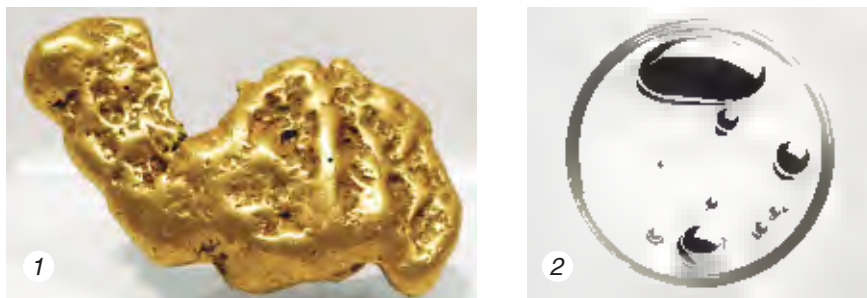


Рис. 33. Образцы металлов, встречающихся в природе: 1 — золото, 2 — ртуть

ный металлический блеск. Многие из них пластичны, т. е. легко расплющиваются, вытягиваются, поддаются обработке, особенно в нагретом состоянии. Все металлы при комнатной температуре (кроме ртути) — твердые кристаллические вещества.



Новое направление производственной деятельности Гомельского производственного объединения «Кристалл» — изготовление мерных слитков из золота. Министерство финансов продает их субъектам хозяйствования, банкам и другим кредитно-финансовым организациям Республики Беларусь. Это серьезный вклад в импортозамещение, потому что ранее золотые слитки поставлялись в Беларусь из стран Западной Европы.

Неметаллы (рис. 34), как правило, плохие проводники тока, не обладают металлическим блеском и пластичностью. При н. у. простые вещества неметаллы могут быть твердыми (сера, фосфор), жидкими (бром), газообразными (кислород, азот).

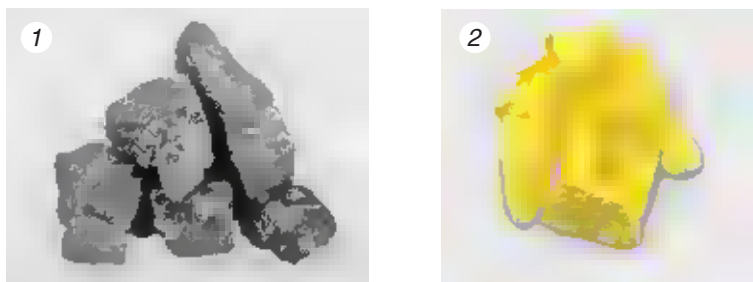


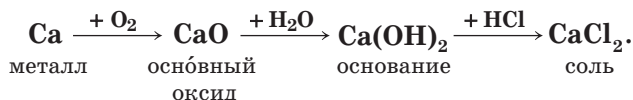
Рис. 34. Образцы неметаллов, встречающихся в природе: 1 — графит, 2 — сера

Эти две группы простых веществ существенно различаются и по химическим свойствам.

Металлы взаимодействуют с кислородом и другими неметаллами, кислотами, солями, но газообразных соединений не образуют.

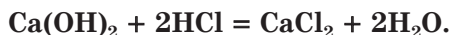
Неметаллы, реагируя с водородом, обычно образуют газообразные соединения. При взаимодействии с кислородом неметаллы образуют оксиды, находящиеся при н. у. в различных агрегатных состояниях, например NO — газ, H_2O — жидкость, P_2O_5 — твердое вещество. С разбавленными кислотами большинство неметаллов не реагирует.

Оксиды и гидроксиды типичных металлов обладают основными свойствами:



Как доказать, что оксид, соответствующий металлу, является основным и его гидроксид проявляет свойства оснований?

Доказательством основных свойств гидроксидов металлов является их способность реагировать с кислотами с образованием солей и воды:



Основные свойства гидроксидов металлов легко доказать и с помощью индикаторов, например фенолфталеина по его характерной малиновой окраске в щелочной среде (рис. 35).

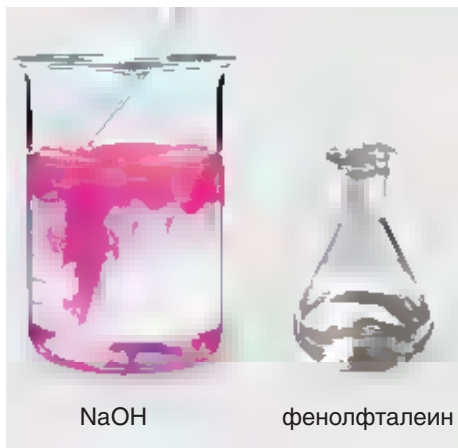


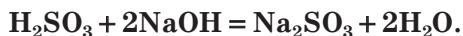
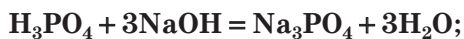
Рис. 35. Окраска фенолфталеина в щелочной среде

Не все основные оксиды взаимодействуют с водой, однако каждому из них соответствует гидроксид, проявляющий свойства основания.

Кислородные соединения неметаллов обычно являются кислотными оксидами, а их гидроксиды — кислотами:



Доказательством кислотных свойств гидроксидов неметаллов является их способность реагировать со щелочами с образованием солей и воды:



Кислотные свойства гидроксидов неметаллов легко доказать и с помощью индикаторов (лакмуса, метилоранжа или универсальной индикаторной бумаги) по их характерной красной окраске в кислой среде (рис. 36).



Рис. 36. Окраска индикаторов в кислой среде

Простейшая классификация химических элементов — деление их на металлы и неметаллы.

Простые вещества металлы и неметаллы отличаются друг от друга по физическим и химическим свойствам.

Оксиды и гидроксиды типичных металлов обычно проявляют основные свойства.

Оксиды и гидроксиды неметаллов обычно обладают кислотными свойствами.

Вопросы и задания

1. Назовите основные признаки, по которым химические элементы объединяются в группы металлов и неметаллов.
2. О каких простых веществах (металлах или неметаллах) идет речь в утверждениях:
 - а) газообразное, бесцветное;
 - б) твердое, желтого цвета, легкоплавкое;
 - в) твердое, имеет характерный блеск, проводит электрический ток?
3. Вставьте пропущенные слова в характеристику оксида натрия: белое твердое вещество, в воде растворяется с образованием ..., с кислотами образует ... и воду, проявляет ... свойства.

4. Охарактеризуйте оксид серы(VI), вставляя пропущенные слова в описание его свойств: поглощает влагу из воздуха, хорошо растворяется в воде с образованием ..., со щелочами образует ... и ..., с соляной кислотой ... реагирует. Обладает ... свойствами.
5. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:
 - а) $\text{Na} \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$;
 - б) $\text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
6. На сколько увеличится масса сосуда, если находящийся в нем гидроксид натрия поглотит углекислый газ, объем которого $11,2 \text{ дм}^3$ (н. у.)?
7. Рассчитайте химическое количество воды, необходимой для реакции с оксидом фосфора(V) массой 7,1 г, если при этом образуется фосфорная кислота.

Готовимся к олимпиадам

1. В образце руды массой 200 г находится минерал плавиковый шпат CaF_2 — сырье для получения фтора. Массовая доля CaF_2 в руде равна 78 %. Вычислите массу фтора, содержащегося в этом образце руды.

§ 29. Понятие об амфотерности

Еще в XIX в. было известно, что оксиды и гидроксиды некоторых металлов реагируют и с кислотами, и со щелочами, т. е. проявляют как основные, так и кислотные свойства. Например, осадки гидроксидов цинка $\text{Zn}(\text{OH})_2$ и алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ растворяются и в соляной кислоте (т. е. ведут себя как основания), и в растворах щелочей (т. е. ведут себя как кислоты). Такая способность оксидов и гидроксидов металлов проявлять двойственность химических свойств была названа **амфотерностью**, а сами эти вещества — **амфотерными соединениями**.

Амфотерность — это способность оксидов и гидроксидов некоторых металлов проявлять как основные, так и кислотные свойства.



Слово «амфотерный» происходит от древнегреческого «ам-фотерос» — двойственный (и тот и другой). Это же происхождение имеет и название древнегреческого сосуда с двумя ручками — амфора. В древности амфоры были самыми распространенными сосудами для хранения и транспортировки различных жидкостей, в основном оливкового масла и вина, а также сыпучих продуктов и зерна.



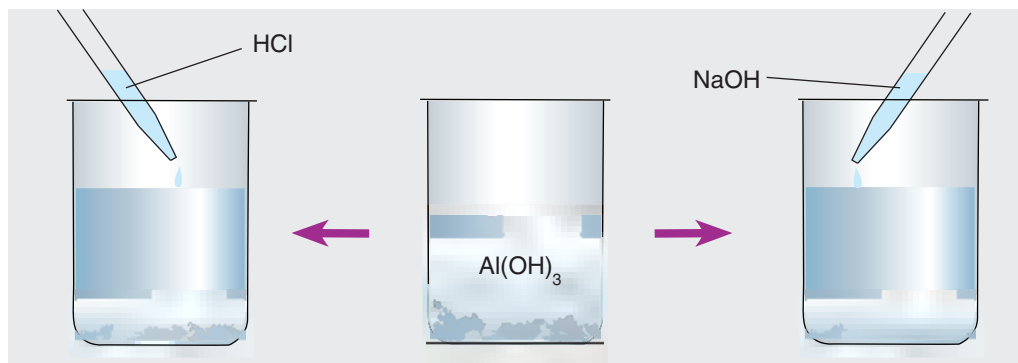
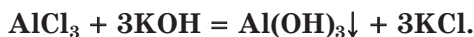
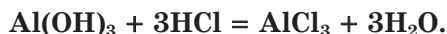


Рис. 37. Амфотерные свойства гидроксида алюминия

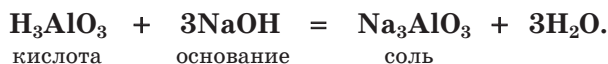
Рассмотрим поведение нерастворимого в воде гидроксида алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$. Получим его, осторожно приливая раствор щёлочи к раствору соли алюминия:



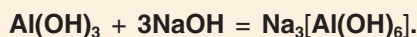
Разделим полученный осадок $\text{Al}(\text{OH})_3$ на две части. К первой части прильём раствор кислоты — осадок растворяется, т. е. $\text{Al}(\text{OH})_3$ ведет себя как **основание** (рис. 37):



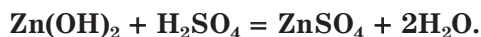
Ко второй части прильём раствор щёлочи — осадок также растворяется, т. е. гидроксид алюминия проявляет **кислотные свойства**. В этом случае гидроксид алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ можно условно представить как кислоту H_3AlO_3 :



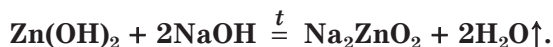
На самом деле реакция протекает по уравнению:



Амфотерными свойствами обладают гидроксиды и некоторых других металлов, например цинка — $\text{Zn}(\text{OH})_2$:



При нагревании смеси гидроксида цинка с твердой щёлочью NaOH образуются соль Na_2ZnO_2 и пары воды:



Следовательно, амфотерные гидроксиды реагируют как с кислотами, так и со щелочами.

Получим на практике гидроксид цинка и исследуем его амфотерные свойства.

Лабораторный опыт 3

Получение гидроксида цинка (алюминия) и изучение его амфотерных свойств

В две пробирки налейте раствор соли цинка (алюминия) объемом примерно по 1 см³. Затем в каждую пробирку добавьте примерно такой же объем раствора гидроксида натрия до получения белого осадка гидроксида цинка (гидроксида алюминия). Составьте уравнение реакции.

В первую пробирку с осадком гидроксида цинка (гидроксида алюминия) добавьте по каплям соляную кислоту, встряхивая пробирку для более полного растворения осадка. В данной реакции амфотерный гидроксид проявляет **свойства основания**. Составьте уравнение реакции.

Во вторую пробирку с осадком добавьте избыток раствора гидроксида натрия и тщательно перемешайте. В растворе щёлочи осадок гидроксида цинка (гидроксида алюминия) растворится. Следовательно, в реакциях со щелочами амфотерный гидроксид проявляет **кислотные свойства**.

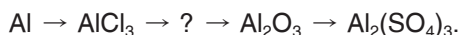
Полученные результаты свидетельствуют, что гидроксид цинка (гидроксид алюминия) обладает **амфотерными свойствами**.

Амфотерным гидроксидам соответствуют **амфотерные оксиды**, также способные реагировать как с кислотами, так и со щелочами.

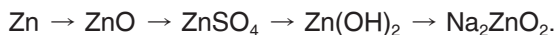
Гидроксиды и оксиды некоторых металлов способны реагировать как с кислотами, так и со щелочами, т. е. обладают амфотерными свойствами.

Вопросы и задания

1. Дайте определение понятиям «оксиды», «гидроксиды», «кислоты», «основания».
2. Какие свойства проявляет гидроксид цинка при взаимодействии с соляной кислотой; с гидроксидом калия? Напишите уравнения этих реакций.
3. Гидроксид бериллия проявляет амфотерные свойства, аналогичные свойствам гидроксида цинка. Составьте уравнения реакций $\text{Be}(\text{OH})_2$ с серной кислотой и гидроксидом натрия.
4. В колбе находится раствор, содержащий сульфат цинка химическим количеством 0,2 моль. Рассчитайте химическое количество и массу гидроксида калия, который необходимо добавить в колбу для получения амфотерного гидроксида цинка.
5. В результате реакции гидроксида цинка с твердой щёлочью КОН образовалась вода массой 45 г. Рассчитайте массу другого продукта реакции.
6. Дополните схему и составьте уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



7. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Готовимся к олимпиадам

1. При нагревании смеси гидроксида калия и гидроксида алюминия образуются вода и соль, в которой массовые доли калия, алюминия и кислорода равны соответственно 39,80 %, 27,55 % и 32,65 %. Определите химическую формулу этой соли.

§ 30. Естественные семейства элементов

Из большого числа известных химических элементов ученые стали выделять группы элементов, особенно близких по свойствам их простых веществ. Такие группы элементов называли **естественными семействами**.

Щелочные металлы

В одно семейство были объединены элементы, простые вещества которых обладают наиболее ярко выраженными металлическими свойствами: литий **Li**, натрий **Na**, калий **K**, рубидий **Rb**, цезий **Cs**.