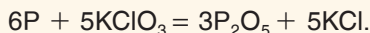




Современные спички, зажигающиеся при трении о специальную поверхность, были изобретены в Швеции в 1855 г. На боковые поверхности спичечного коробка наносят массу, состоящую из красного фосфора, оксида железа(III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , соединений сурьмы и марганца с примесью измельченного стекла и клея. В состав спичечной головки входят хлорат калия  $\text{KClO}_3$ , сера, наполнители и клей. При трении спичечной головки о фосфорные намазки происходит воспламенение:



*Фосфор образует несколько аллотропных модификаций — белый, красный и черный фосфор.*

*Белый фосфор — сильно ядовитое вещество.*

*Фосфор проявляет восстановительные свойства в реакции с кислородом и окислительные — в реакциях с активными металлами.*



### Вопросы и задания

1. В виде каких соединений фосфор находится в природе?
2. Перечислите аллотропные модификации фосфора.
3. Как доказать, что белый и красный фосфор являются аллотропными модификациями одного и того же элемента?
4. Почему белый фосфор нельзя хранить на воздухе? Подтвердите ответ записью уравнения реакции.
5. Запишите уравнения реакций, характеризующие химические свойства фосфора.
6. Определите степени окисления атомов фосфора в следующих соединениях:  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{Mg}_3\text{P}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .
7. Рассчитайте химическое количество и массу оксида фосфора(V), который получится при сжигании фосфора массой 70 г в кислороде. Какой объем (н. у.) кислорода для этого понадобится?
8. Подготовьте сообщения: 1) об истории спичек; 2) о биологической роли фосфора и его соединений.

## § 28. Кислородсодержащие соединения фосфора

Среди неорганических соединений фосфора наибольшее значение имеют его оксиды, фосфорная кислота  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и ее соли.

### Оксиды фосфора

В зависимости от условий окисления фосфора можно получить оксид фосфора(III)  $\text{P}_2\text{O}_3$  или оксид фосфора(V)  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Оксид фосфора(V) представляет собой твердое, белое порошкообразное вещество, которое обладает способностью отнимать воду у многих веществ.



Оксид фосфора(V) используется в химических лабораториях и промышленности в качестве лучшего осушающего и отнимающего воду (дегидратирующего) средства.

При растворении оксида фосфора(V) в воде образуется фосфорная кислота  $\text{H}_3\text{PO}_4$ :



Оксид фосфора(III) и оксид фосфора(V) обладают кислотными свойствами: взаимодействуют с водой, основными оксидами и основаниями. С продуктами этих реакций вы познакомитесь в 11-м классе.

#### Фосфорная кислота и ее соли

В молекуле  $\text{H}_3\text{PO}_4$  атом фосфора соединен с четырьмя атомами кислорода одной двойной связью  $\text{P}=\text{O}$  и тремя одинарными связями  $\text{P}-\text{OH}$ . Модель молекулы и графическая формула фосфорной кислоты представлены на рисунке 82:

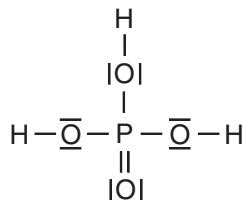
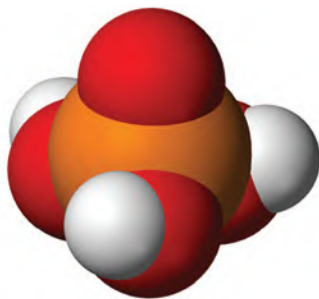


Рис. 82. Модель молекулы и графическая формула фосфорной кислоты

Фосфорная кислота  $\text{H}_3\text{PO}_4$  является трехосновной кислотой. Она относится к слабым электролитам и в водных растворах диссоциирует обратимо.

Фосфорная кислота проявляет все свойства, характерные для кислот: изменяет окраску индикаторов, реагирует с металлами, расположенными в ряду активности до водорода, основными оксидами, основаниями и солями.

С водой фосфорная кислота смешивается в любых соотношениях.

Соли фосфорной кислоты называются фосфатами. Большинство этих солей, кроме фосфатов щелочных металлов и аммония, нерастворимы в воде.

### Применение фосфорной кислоты и фосфатов

В промышленности, в коммунальном хозяйстве и в быту фосфорную кислоту и ее соли применяют для замедления коррозии металлов, умягчения воды, борьбы с накипью и изготовления различных моющих средств. Пропитка древесины самой кислотой и ее солями делает дерево негорючим. На этой основе сейчас производят огнезащитные краски, негорючие фосфодревесные плиты, негорючий фосфатный пенопласт и другие строительные материалы. Фосфаты широко используются как фосфорные удобрения.

В пищевой промышленности небольшие добавки фосфорной кислоты заметно улучшают вкусовые качества мармелада, лимонадов и сиропов.

Более подробно со свойствами фосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и ее солей вы познакомитесь в курсе химии 11-го класса.

*К наиболее распространенным соединениям фосфора относятся оксиды, фосфорная кислота и ее соли.*

*Слабая фосфорная кислота в растворах диссоциирует обратимо.*

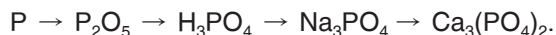
*Фосфорная кислота проявляет все свойства, характерные для кислот: изменяет окраску индикаторов, реагирует с металлами, расположенными в ряду активности до водорода, основными оксидами, основаниями и солями.*



### Вопросы и задания

1. Какими свойствами: кислотными или основными — обладают оксиды фосфора?
2. Перечислите основные химические свойства фосфорной кислоты.
3. С какими из перечисленных веществ реагирует фосфорная кислота: вода, медь, цинк, гидроксид цинка, гидроксид кальция, оксид бария, оксид кремния(IV)?
4. Рассчитайте массу продукта реакции оксида фосфора(V) химическим количеством 5 моль с водой.
5. Водный раствор, содержащий фосфорную кислоту массой 196 г, нейтрализовали гидроксидом кальция массой 18,5 г. Определите массу образовавшегося фосфата кальция.
6. В состав образца костной ткани входит 58 % фосфата кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Рассчитайте, какая масса фосфора содержится в костной ткани массой 1 кг.

7. Определите массу фосфорита, содержащего 67 %  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , необходимого для получения фосфора массой 1 кг.
8. Запишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



### Готовимся к олимпиадам

Согласно результатам химического анализа состав соли выражается формулой  $\text{H}_{12}\text{O}_4\text{N}_3\text{P}$ . Запишите эту формулу так, чтобы было видно, что это действительно соль, назовите ее.

## § 29. Минеральные удобрения

К важнейшим химическим элементам, необходимым для развития растений, относятся *азот, фосфор и калий*. Кроме названных, для жизнедеятельности растений важны и другие химические элементы: сера, магний, железо и кальций. Эти семь элементов называют *макроэлементами*. Кроме них, растениям в очень небольших количествах нужны марганец, кремний, бор, медь, цинк, молибден и др. — их называют *микроэлементами* (рис. 83).

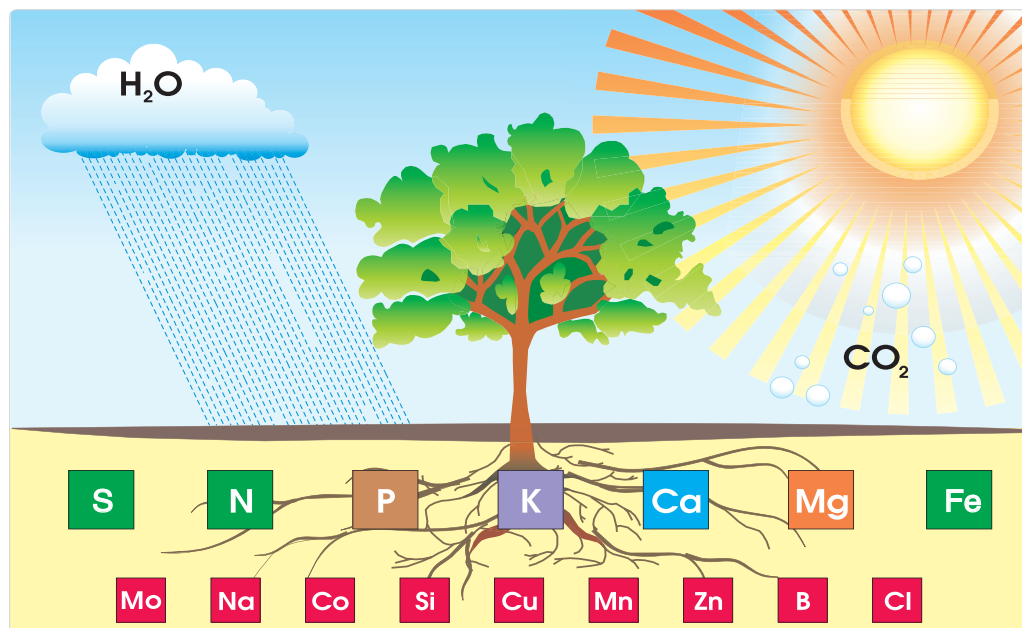


Рис. 83. Макро- и микроэлементы, необходимые для развития растений