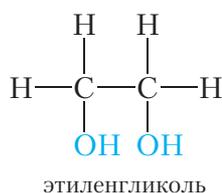
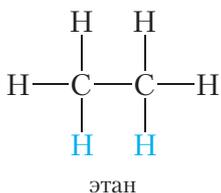
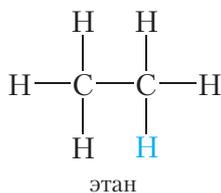
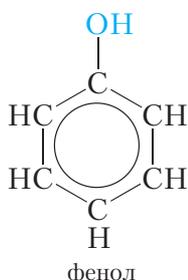
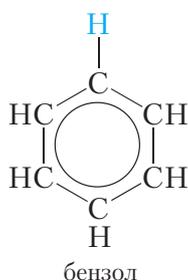


§ 27. Фенолы

Мы познакомились с насыщенными одноатомными и многоатомными спиртами. Эти соединения можно рассматривать как продукты замещения одного или нескольких атомов водорода в молекулах алканов на гидроксильные группы —ОН:



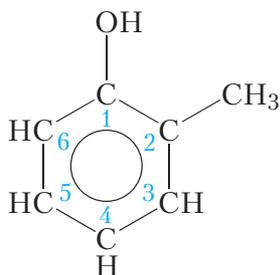
Если в молекуле бензола один атом водорода заменить на гидроксильную группу, то получим соединение, которое называется *фенол*:



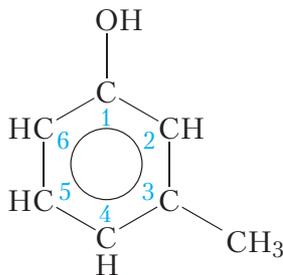
Фенол представляет собой бесцветные кристаллы с характерным запахом и температурой плавления 41 °С. Фенол умеренно растворим в воде. При комнатной температуре в 100 г воды можно растворить примерно 6,5 г фенола.

Обратите внимание на то, что в молекуле фенола гидроксильная группа *непосредственно* связана с бензольным кольцом. Органические соединения, молекулы которых содержат одну или несколько гидроксильных групп,

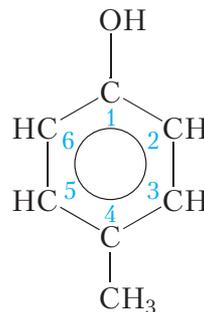
непосредственно связанных с бензольным кольцом, называются **фенолами**. Одноатомные фенолы содержат в молекуле одну гидроксильную группу:



2-метилфенол



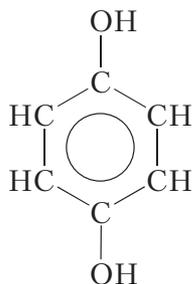
3-метилфенол



4-метилфенол

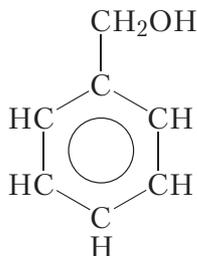
При построении названий изомерных метилфенолов нумерацию начинают с атома углерода, с которым связана гидроксильная группа.

Многоатомные фенолы содержат в молекуле несколько гидроксильных групп:



гидрохинон

Фенолы следует отличать от **ароматических спиртов**. В молекулах ароматических спиртов, в отличие от фенолов, гидроксильные группы присоединены не к бензольному кольцу, а к боковой цепи:



бензиловый спирт

Бензиловый спирт представляет собой жидкость с температурой замерзания $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температурой кипения $205\text{ }^{\circ}\text{C}$. Несмотря на то, что состав молекул фенола и бензинового спирта различается на группу CH_2 , они не являются гомологами, поскольку относятся к разным классам соединений — фенолов и спиртов. Как мы увидим позднее, химические свойства фенолов и спиртов заметно различаются.

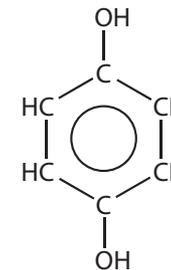
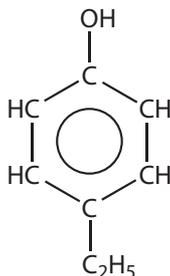
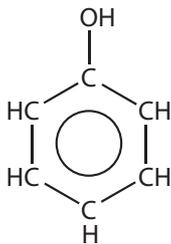
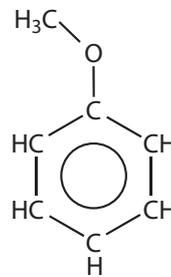
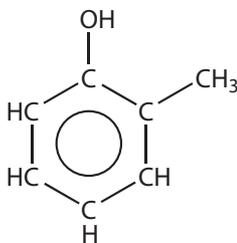
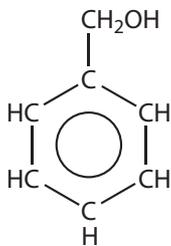
Фенолы — органические соединения, молекулы которых содержат одну или несколько гидроксильных групп, непосредственно связанных с бензольным кольцом.

Одноатомные фенолы содержат в молекуле одну гидроксильную группу, многоатомные — несколько гидроксильных групп.

Фенолы следует отличать от ароматических спиртов. В молекулах ароматических спиртов, в отличие от фенолов, гидроксильные группы присоединены не к бензольному кольцу, а к боковой цепи.

Вопросы и задания

1. Являются ли гомологами фенол и бензиловый спирт? Напишите формулы изомеров бензинового спирта, относящихся к классу фенолов, дайте им названия.
2. Среди перечисленных веществ найдите гомологи и изомеры.



3. Изобразите образование водородных связей между молекулами фенола.

4. Сколько существует трёхатомных фенолов с шестью атомами углерода в молекуле? Напишите их структурные формулы, найдите их тривиальные названия в литературе. Чем известны некоторые из этих соединений?

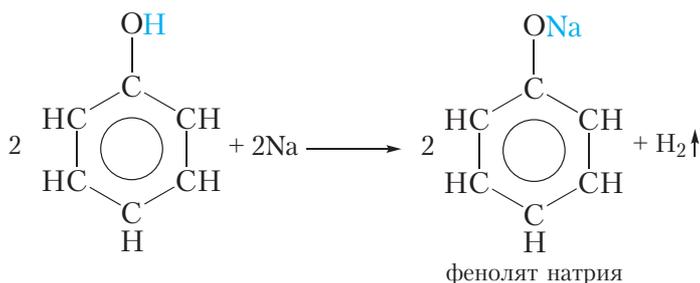
§ 28. Химические свойства, получение и применение фенола

Химические свойства фенола

В молекуле фенола имеется гидроксильная группа, следовательно, можно ожидать, что фенол будет проявлять химические свойства, присущие спиртам. В то же время из-за влияния бензольного кольца на гидроксильную группу некоторые свойства фенола отличаются от химических свойств спиртов.

1. Взаимодействие со щелочными металлами

Подобно спиртам, фенол реагирует со щелочными металлами. Если в расплавленный фенол поместить кусочек металлического натрия, наблюдается выделение водорода (температура плавления фенола невысока и составляет всего 41 °С). В ходе реакции атом водорода гидроксильной группы замещается на атом натрия:

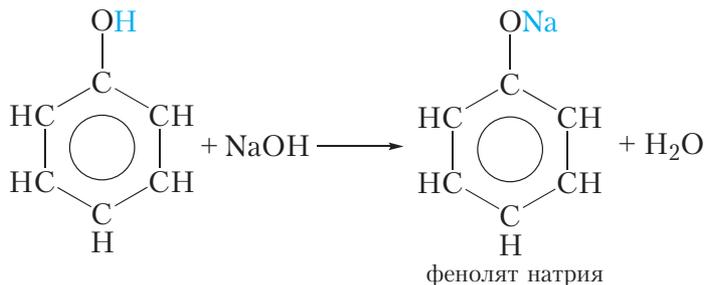


В результате образуется *фенолят натрия*. Феноляты, подобно алкоголям, представляют собой твёрдые солеподобные вещества.

Реакция фенола со щелочными металлами свидетельствует о том, что фенол, как и спирты, проявляет слабые кислотные свойства.

2. Взаимодействие со щелочами (отличие фенола от спиртов)

Кислотные свойства фенола выражены сильнее, чем у спиртов. Это проявляется в том, что в отличие от спиртов, фенол взаимодействует со щелочами:

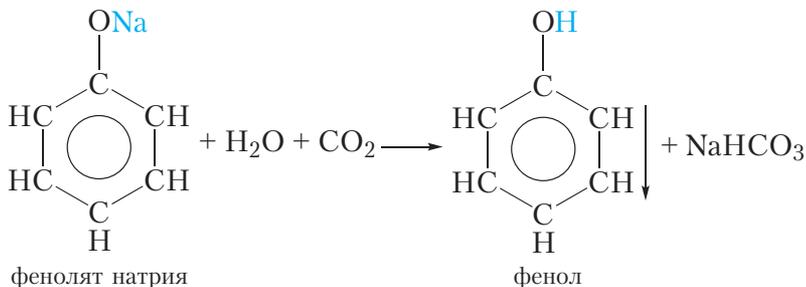


Образующийся фенолят натрия хорошо растворяется в воде. Таким образом фенол умеренно растворим в воде, но хорошо растворяется в растворе гидроксида натрия, так как при этом образуется растворимый фенолят натрия.

Усиление кислотных свойств фенола по сравнению со спиртами обусловлено влиянием бензольного кольца, которое приводит к уменьшению прочности связи O—H. В результате атом водорода гидроксильной группы молекулы фенола может замещаться на атом металла не только при взаимодействии со щелочными металлами, но и со щелочами.

По кислотным свойствам фенол превосходит не только спирты, но и воду. Поэтому феноляты, в отличие от алкоголятов, не разлагаются водой. Наличие у фенола кислотных свойств отражает его тривиальное название — *карболовая кислота*.

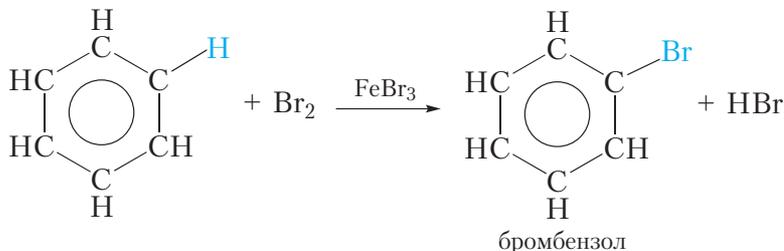
Тем не менее фенол — очень слабая кислота. Даже угольная кислота сильнее фенола и поэтому вытесняет его из фенолята натрия:



Эту реакцию можно осуществить следующим образом. Через раствор фенолята натрия пропускают углекислый газ, при этом наблюдается помутнение раствора, так как образующийся фенол выпадает в осадок.

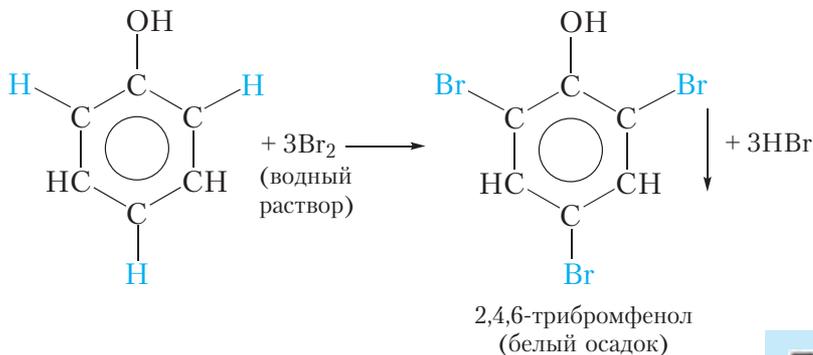
3. Взаимодействие с бромной водой (отличие фенола от бензола)

В молекуле фенола содержится бензольное кольцо, следовательно, можно ожидать, что фенол будет проявлять химические свойства, присущие ароматическим углеводородам, например бензолу. Как вы уже знаете, для бензола характерны реакции замещения атомов водорода. Так, бензол в присутствии катализатора реагирует с бромом. При этом протекает реакция замещения одного атома водорода на бром:



Бромную воду бензол не обесцвечивает!

В молекуле фенола гидроксильная группа влияет на свойства бензольного кольца, облегчая замещение атомов водорода, поэтому взаимодействие фенола с бромом легко протекает и без катализатора. Так, при смешивании разбавленного раствора фенола с бромной водой наблюдается обесцвечивание бромной воды и выпадение белого осадка. Уравнение протекающей реакции:



В результате реакции происходит замещение трёх атомов водорода бензольного кольца атомами брома и образуется 2,4,6-трибромфенол. Отметим, что замещение атома водорода бензольного кольца атомом брома возможно и для бензола, но условия протекания реакции гораздо более жёсткие, чем для фенола. Для этого требуется бром, а не бромная

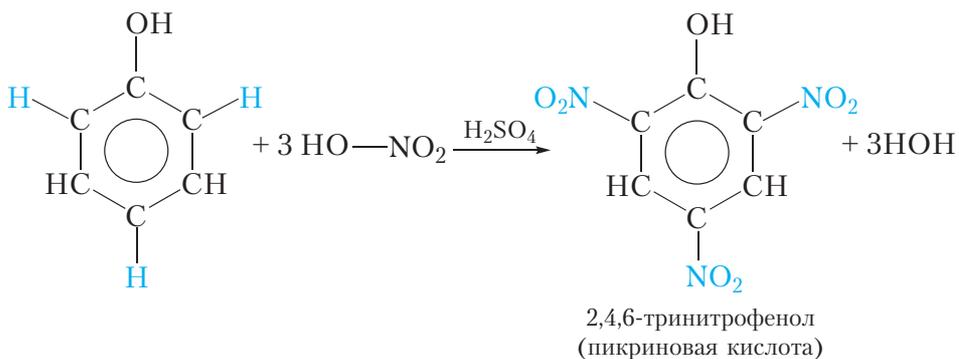


Видео 28.1.
Качественные
реакции на фенол

вода, а также катализатор. Бромирование фенола протекает в мягких условиях, что свидетельствует о повышенной реакционной способности бензольного кольца фенола. Это обусловлено влиянием гидроксильной группы, которая облегчает замещение атомов водорода в положениях 2, 4, 6 бензольного кольца молекулы фенола.

4. Взаимодействие с азотной кислотой

При взаимодействии фенола со смесью концентрированных азотной и серной кислот можно заместить три атома водорода бензольного кольца на группы $-\text{NO}_2$:



В результате реакции образуется 2,4,6-тринитрофенол. Кислотные свойства 2,4,6-тринитрофенола выражены значительно сильнее, чем у фенола. Тривиальное название 2,4,6-тринитрофенола — **пикриновая кислота**. Пикриновая кислота и её соли являются взрывчатыми веществами.

Рассмотренные химические свойства фенола демонстрируют взаимное влияние атомов в молекулах органических соединений: бензольное кольцо усиливает кислотность гидроксильной группы молекулы фенола, в свою очередь, гидроксильная группа влияет на бензольное кольцо, облегчая замещение атомов водорода в положениях 2, 4, 6.

Применение фенола

Основная часть фенола используется для получения различных полимеров, из которых изготавливают пластмассы, волокна и другие полезные материалы.

Фенол используется также для получения лекарственных препаратов, красителей и других веществ.



* Промышленное
получение фенола

Фенол является ядовитым веществом. Ещё более опасными являются хлорпроизводные фенола. Учитывая, что хлор используется при очистке воды, загрязнение питьевой воды фенолом представляет огромную опасность. Поэтому важной проблемой является охрана окружающей среды от промышленных отходов, содержащих фенол.

В молекуле фенола имеется гидроксильная группа и бензольное кольцо, поэтому фенол проявляет некоторые свойства, присущие спиртам и ароматическим углеводородам.

Под влиянием бензольного кольца происходит уменьшение прочности связи O—H в молекуле фенола по сравнению со спиртами, поэтому кислотные свойства фенола выражены сильнее, чем у спиртов. В отличие от спиртов, фенол взаимодействует со щелочами.

Гидроксильная группа молекулы фенола влияет на бензольное кольцо, облегчая замещение атомов водорода в положениях 2, 4, 6, поэтому, в отличие от бензола, фенол обесцвечивает бромную воду.

Фенол используется для получения пластмасс, волокон, лекарств, красителей и других веществ.

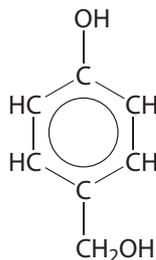
Вопросы и задания

1. Почему при пропускании углекислого газа через прозрачный водный раствор фенолята натрия наблюдается помутнение раствора? Напишите уравнение протекающей реакции.

2. Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении к водному раствору фенола бромной воды. Назовите образовавшееся органическое вещество.

3. В трёх неподписанных пробирках находятся водные растворы веществ: этанола, глицерина и фенола. В вашем распоряжении имеются водные растворы веществ: сульфата меди(II), гидроксида натрия и брома. Как при помощи имеющихся реактивов различить вещества в пробирках? Подробно опишите ход эксперимента и наблюдения.

4. Имеется вещество следующего строения:



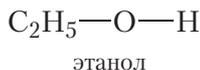
Напишите уравнения реакций этого вещества с: а) натрием; б) водным раствором гидроксида натрия; в) бромоводородом. Рассчитайте объём 20%-го (по массе) раствора гидроксида натрия плотностью $1,22 \text{ г/см}^3$, который потребуется для полного взаимодействия с указанным веществом массой 24,8 г.

5. Продукт нитрования фенола — пикриновая кислота — в начале прошлого века широко использовалась в качестве взрывчатого вещества, однако от снаряжения ею боеприпасов со временем пришлось отказаться вследствие высокой коррозионной активности. Чем обусловлены кислотные свойства пикриновой кислоты? Натриевая соль пикриновой кислоты (пикрат натрия) также является взрывчатым веществом. Напишите уравнение реакции образования пикрата натрия при взаимодействии пикриновой кислоты со щёлочью.

§ 29. Альдегиды. Номенклатура. Изомерия. Физические свойства

Строение альдегидной группы

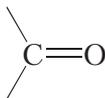
Вы уже знаете, что атомы кислорода в молекулах органических соединений могут выступать в качестве «мостиков» между алкильным радикалом и атомом водорода (спирты):



либо между двумя алкильными группами (простые эфиры):



Кроме этого, атом кислорода может быть связан с атомом углерода двойной связью:



Данная формула отражает строение новой функциональной группы, которая входит в состав множества органических соединений. Эта группа называется *карбонильной группой*.

Как видно, атом углерода карбонильной группы образует две связи с атомом кислорода. Две оставшиеся связи атом углерода может образовывать с углеводородными радикалами:

