

УДК 547.633.6

А. К. Колпаков,аэрокосмический факультет,
Московский государственный технический университет
им. Н. Э. БауманаНаучные руководители: канд. техн. наук, доц. А. И. Карнюшкин,
канд. хим. наук, доц. В. Н. Горячева,
канд. хим. наук, доц. Е. А. Елисеева

Синтез и свойства фенолфталеина

В статье рассмотрены структурные причины изменения окраски фенолфталеина — популярного индикатора в аналитической химии. На практике осуществлён его синтез, а также проведены опыты по изменению окраски фенолфталеина в сильноокислой, щелочной и сильнощелочной среде.

Ключевые слова: вещество, эксперимент, краситель, индикатор, буферный раствор, лакмус, фенолфталеин.

Впервые с индикатором фенолфталеином мы сталкиваемся еще на школьных уроках химии. Изначально фенолфталеин считался индикатором исключительно на щелочную среду, но может быть использован в качестве индикатора и в кислых средах. В связи с тем, что фенолфталеин имеет весьма специфичный диапазон кислотности, его не используют в качестве универсального индикатора [2]. При использовании данного вещества в качестве кислотно-основного индикатора должны выполняться следующие требования:

1. Индикатором может быть либо слабая кислота, либо слабое основание.

2. Окраска ионов или молекул реагента должна быть в различных интервалах значений pH разной, поскольку нужно визуально (без прибора) суметь различить среды.

3. Чтобы уловить изменения среды даже при малых количествах исследуемого вещества необходимо следить за интенсивностью окраски. Она должна быть незначительной.

4. Кислотно-основный индикатор не должен взаимодействовать с исследуемым веществом.

Впервые индикаторы были получены из растений (отвары цветов, плодов и ягод). Фенолфталеин — синтетический краситель, который часто используют в аналитической химии при титровании, а в медицине он известен как слабительное «Пурген» [1]. Впервые синтез фенолфталеина был осуществлен немецким химиком Байером путём конденсации фталевого ангидрида и фенола в присутствии водоотнимающего агента — концентрированной серной кислоты.

Цель работы — синтез фенолфталеина и доказательство, что он может изменять окраску как в щелочной, так и в кислой среде.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач:

1. Изучить строение, физические и химические свойства фенолфталеина.

2. Синтезировать фенолфталеин и экспериментально подтвердить выдвинутые предположения.

Фенолфталеин — простейший представитель трифенилметановых красителей, содержащий один остаток малеинового ангидрида и два остатка фенола [3].

Физические свойства

Фенолфталеин — кристаллический порошок белого или слегка желтоватого цвета. Его очищают путем перекристаллизации из разбавленного этилового спирта, при этом образуются бесцветные ромбические кристаллы игольчатой формы. Данное вещество не имеет запаха и неустойчиво на воздухе. Молярная масса составляет 318,3 г/моль, температура плавления — 250 °С.

Фенолфталеин растворим в петролейном эфире, ацетоне, бензоле, толуоле, этаноле, диэтиловом эфире, хлороформе и плохо растворим в воде.

Химические свойства

Фенолфталеин способен изменять окраску в диапазоне значений pH от 8,2 до 10,8 с бесцветного на пурпурный. Для того чтобы определить интервал перехода, использовались буферные растворы со значением pH от 7,8 до 10,2.

При повышении pH в бесцветном растворе фенолфталеина происходит гидролиз гамма-лактонного кольца. В результате данного процесса самопроизвольно отщепляется молекула воды

с образованием аниона, а затем окрашенного дианиона хиноидной структуры, имеющего малиновую окраску в щелочной среде.

В сильнощелочной среде (при $\text{pH} > 10$) можно наблюдать обесцвечивание раствора в результате перехода в форму, в которой отсутствует сопряжение в кольцах, и, как следствие, окраска исчезает. В кислой среде фенолфталеин бесцветен, так как в исходной структуре слабые бензольные хромофоры не вступают в сопряжение, поскольку изолированы друг от друга sp^3 -гибридным атомом углерода, являющимся не проводником π -электронов, а их изолятором. Лактонный цикл разрывается при попадании в щелочную среду, один из фенольных гидроксиллов превращается в анион, а центральный атом углерода, обретая sp^2 -гибридизацию, становится проводником π -электронов между поляризованными ауксохромами ($-\text{COO}^-$ и $-\text{O}^-$) и бензольными хромофорами. В общей структуре меняется цепь сопряжения, следовательно, окраска становится малиновой. Также можно заметить, что в сильнокислой среде фенолфталеин изменяет свою окраску с бесцветной на оранжевую, что связано с раскрытием лактонного цикла [5].

Синтез фенолфталеина

Оборудование и реактивы: фарфоровая чашка, стеклянная трубка, химический стакан, весы, плитка, пипетка, концентрированная серная кислота, фенол, фталевый ангидрид.

Методика выполнения синтеза

В фарфоровой чашке смешивают в соотношении 1 : 3 фенол и фталевый ангидрид. При помощи пипетки по каплям добавляют раствор концентрированной серной кислоты до тех пор, пока смесь не пропитается жидкостью полностью. Затем содержимое чашки нагревают в течение нескольких минут при непрерывном помешивании, ненадолго прекращая нагрев при появлении белого дыма,

дабы избежать большой потери фталевого ангидрида. По окончании реакции цвет расплава меняется от коричнево-красного до ярко-оранжевого. Получившийся расплав выливают в стакан с водой, наблюдая выпадение в осадок белого порошка, состоящего в основном из фенолфталеина и незначительного количества непрореагировавшего фталевого ангидрида. Часть расплава промывается водой и сливается в стакан с суспензией. Содержимое стакана перемешивают стеклянной палочкой и отделяют осадок методом декантации. Очистку фенолфталеина от фталевого ангидрида выполняют растворением в спирте [4].

Экспериментальная часть

Для того чтобы проверить выдвинутое нами предположение об изменении окраски фенолфталеина не только в щелочной, но и сильнокислой среде, были использованы едкий натр (NaOH), олеум ($\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{SO}_3$) и буферные растворы. Исследуемое нами вещество было добавлено в олеум, после чего раствор приобрёл оранжевую окраску, что свидетельствует о возможности его использования в качестве индикатора сильнокислой среды. Далее, значение pH среды было постепенно увеличено путём добавления индикатора в буферные растворы со значениями pH от 3,0 до 9,8. Фенолфталеин вёл себя так же, как было описано выше (пункт 2.2). Далее индикатор был прилит к концентрированному раствору NaOH . Изменения окраски не произошло, что обусловлено переходом в форму, в которой отсутствует сопряжение в кольцах.

Таким образом, был проведен синтез фенолфталеина по методике Байера и доказано, что фенолфталеин можно использовать как индикатор и на кислую среду. Однако, на практике как универсальный индикатор фенолфталеин не применяется из-за большого разрыва в диапазоне pH .

1. Бишон Э. Индикаторы. — М. : Мир, 1976. — 497 с.

2. Гроссе Э., Вайсмантель Х. Химия для любознательных. Основы химии и занимательные опыты. — 2-е рус. изд. — Л. : Химия, 1985. — 330 с.

3. Петров А. А., Бальян Х. В., Троценко А. Т. Органическая химия. — 5-е изд., перераб. и доп. — СПб. : Иван Федоров, 2002. — 624 с.

4. Руководство к лабораторным занятиям по органической химии / под ред. Н. А. Тюкавкиной. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Дрофа, 2002. — 384 с.

5. Свойства органических соединений : справочник / под ред. А. А. Потехина. — Л. : Химия, 1984. — 520 с.