

Тем временем

1866 г.



*Грегор Мендель в 1866 году  
объявил об открытии им  
основных законов наследственности*

В 1866 году был проложен первый телеграфный кабель через Атлантический океан между Англией и США. В этот же год Р.Уайтхед изобрел самодвижущуюся

подводную мину, впрочем, до конца XIX века почти не применявшуюся.

Начинается период проведения буржуазных реформ Александра II. В 1861 году происходит отмена крепостного права в России. В 1864 году подписаны указы о проведении земской, судебной и школьной реформ (создание в России органов местного самоуправления – земств, учреждение бессловного состязательного суда, создание классических и реальных гимназий).

В XIX веке происходит бурный процесс урбанизации. Промышленные города превращаются в крупные центры. Это стало возможным в связи с ростом продуктивности большие города население, а также благодаря развитию городского транспорта.

XIX столетие стало веком парового двигателя. В 1846 году во Франции начали применять паровой молот. В Англии в 40-х гг. появились усовершенствованные механические станки для обработки металла. Производство машин машинами завершило промышленный переворот в наиболее развитых странах мира. К 1840 году железнодорожная сеть в Европе и Америке составляла 8 тыс. км, в 1850 г. – более 38 тыс.

км, а к 60-м гг. XIX века протяженность железных дорог в Европе и Америке увеличилась до 168 тыс. км. Деревянные парусные суда стали заменять стальными. В военном флоте в 60-х гг. появились броненосцы.

В 1859–1869 гг. был построен Суэцкий канал, соединивший Средиземное и Красное моря. Путь из Европы в Индийский океан стал значительно короче.

В 1847 году Европу потряс мировой экономический кризис, вызвавший резкое сокращение производства и расстройство денежной системы. Искра революции вспыхнула в феврале 1848 г. во Франции, а оттуда пожар перекинулся в ряд германских и итальянских государств, на Австрийскую империю.

После поражения революции 1848–1849 гг. Италия и Германия оставались раздробленными государствами. Политическая раздробленность препятствовала росту торговли и промышленности, мешала железнодорожному строительству, прокладке шоссейных дорог. Проблема объединения, а в Италии еще и проблема освобождения от иноземного австрийского гнета, были главными для этих стран в 50–60-е гг. XIX века. В результате борьбы под руководством Гарибальди в 1861 году происходит

объединение Италии – первым королем объединенного государства провозглашается Виктор Эммануил II.

Создание в конце XVIII века независимого государства США создало условия для развития капитализма. Социально-экономическое развитие страны в первой половине XIX века шло по двум основным направлениям: на севере и востоке страны происходил промышленный переворот, а на юге укреплялось рабовладельческое плантационное хозяйство. Это привело к острейшему противоречию между Северными и Южными штатами, вылившемуся в гражданскую войну 1861–1865 гг.

## Портреты

### Фёдор Фёдорович Бейльштейн



**Фёдор Фёдорович (Фридрих Конрад) Бейльштейн  
(1838–1906), Россия**

Российский химик Фёдор Фёдорович Бейльштейн родился в 1838 году в Петербурге. Изучал химию в Гейдельбергском университете под руководством Роберта Бунзена в 1853–1854 и 1856 годы, в 1855 году слушал лекции Юстуса Либиха в Мюнхенском университете, в 1857–1858 годы обучался под руководством Фридриха Вёлера в Гёттингенском университете и получил степень доктора философии. В 1858–1859 году совершенствовал своё образование в Высшей медицинской школе в Париже под руководством Шарля Вюрца. В 1859 году работал в университете Бреслау, а с 1860 года преподавал в Гёттингенском университете. В 1865 году получил должность профессора в Гёттингене, а с 1866 года – в Петербургском университете.

Изучая ароматические соединения, в 1866 году открыл правило хлорирования ароматических соединений (правило Бейльштейна). В 1872 году синтезировал *o*-нитрокоричную, *o*-нитробензойную и антраниловую кислоты. Предложил чувствительную качественную реакцию на галогенсодержащие органические соединения – прокалывание вещества на медной проволоке (проба Бейльштейна).

Бейльштейн был первым составителем многотомного справочника, содержащего информацию обо всех органических веществах, открытых на момент издания (справочник Бейльштейна).

## Минимум знаний

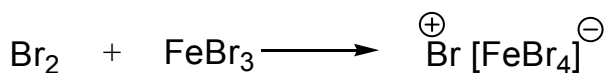
1866 г.

**Фёдор Фёдорович (Фридрих Конрад) Бейльштейн установил правило хлорирования ароматических соединений**

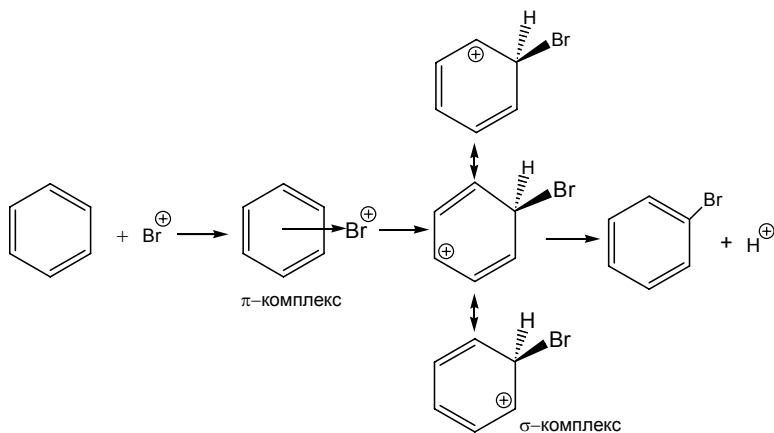
В 1866 году Фёдор Фёдорович Бейльштейн опубликовал результаты исследования реакции толуола с хлором в зависимости от температуры. Он установил, что при повышении температуры идёт хлорирование в боковой цепи, а при более низких температурах – в бензольное ядро. О своих опытах по хлорированию толуола Бейльштейн писал: *«Два года у меня получались противоречивые результаты, пока наконец я не напал на мысль, что здесь влияет тепло: так оно и вышло, и тогда всё стало ясно. Когда я работал зимой, толуол во время хлорирования мало нагревался, и я получал хлортолуол, но летом и на солнце толуол подвергался сильному разогреванию, и тогда образовывался хлористый бензил. При употреблении проводника (имеется в виду катализатор), например, йода, температура не оказывала никакого влияния. Таким образом, установлен был факт произвольного*



введения хлора в ядро или боковую цепь ароматических соединений». Объяснение этому явлению даёт представление о механизме этих реакций. Замещение атомов водорода в бензольном кольце протекает по ионному механизму (так называемое электрофильное замещение). Катализатор ( $\text{FeBr}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{I}_2$ ), реагирует с молекулой галогена:



Образующаяся частица является донором катиона  $\text{Br}^+$ , вступающего во взаимодействие:



Он притягивается к  $\pi$ -электронному облаку сопряжённой системы бензольного кольца, образуя неустойчивый  $\pi$ -комплекс.

Пара  $\pi$ -электронов бензольного кольца образуют  $\sigma$ -связь между атомом галогена и одним из атомов углерода. При этом атом углерода приобретает  $sp^3$ -гибридное состояние, сопряжённая система нарушается, а положительный заряд переходит к бензольному кольцу с возможностью локализоваться в одном из двух *орто*-положений или в *пара*-положении к заместителю. Этот промежуточный продукт называется  $\sigma$ -комплексом. Последней стадией является отщепление протона с образованием устойчивой ароматической системы бензольного кольца. Образование  $\sigma$ -комплексов в реакциях галогенирования ароматических углеводородов доказали одновременно американский химик венгерского происхождения Георг Ола и советский химик Валентин Афанасьевич Коптюг в 1972 году, а вообще над изучением механизма электрофильного замещения трудились более 50 лет более десятка учёных разных стран.

На процесс образования катиона  $Br^+$  температура не влияет, а влияет наличие катализатора. Поэтому в присутствии катализатора идёт замещение в бензольном ядре.

При проведении реакции в отсутствие катализатора при нагревании (в газовой фазе) и на свету создаются условия для свободнорадикального замещения, согласно которому протекает галогенирование алканов. В молекулах толуола и других гомологов бензола есть алкильный радикал, который подвергается атаке свободных радикалов. При достаточном количестве галогена реакция протекает до полного замещения всех атомов водорода в метильном радикале толуола. Эта реакция протекает быстрее, чем реакция метана с галогеном, потому что на алкильный радикал влияет бензольное кольцо.

## **Методические рекомендации**

Материалы этой карточки можно использовать при подготовке уроков по органической химии по теме «Ароматические углеводороды. Химические свойства бензола», при обобщении знаний по курсу органической химии по теме «Взаимное влияние атомов в молекулах органических веществ».

Портрет Ф.Ф.Бейльштейна можно демонстрировать на соответствующих уроках.

## **Что еще можно прочитать**

Потапов В.М., Кочеткова Э.К. Столетие Бейльштейна. «Химия и жизнь», 1982, №5, с.78–80.