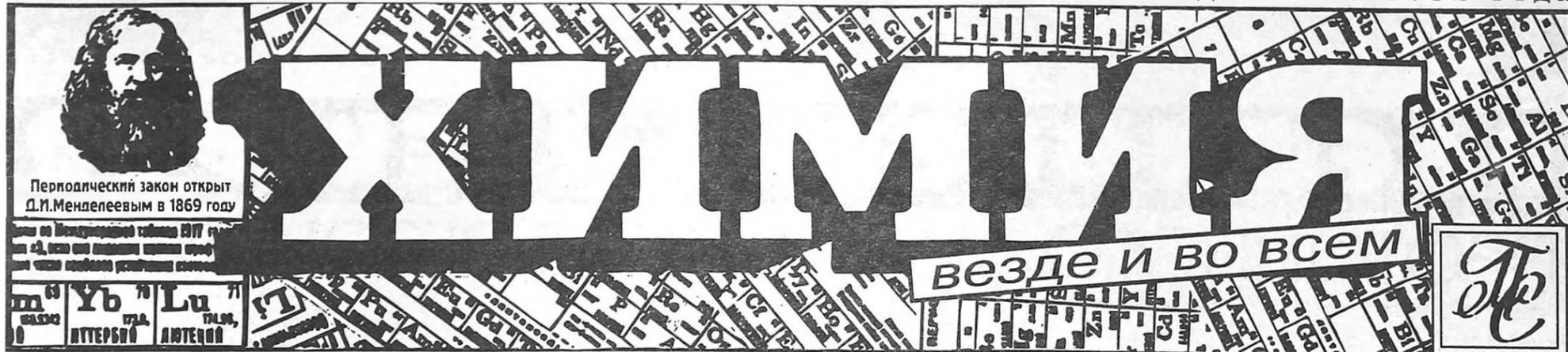


● Подписка: (095) 249-47-58

● Издаётся с 1992 года



**ХИМИЯ**

Периодический закон открыт  
Д.И. Менделеевым в 1869 году

Везде и во всем



ЕЖЕНЕДЕЛЬНАЯ ГАЗЕТА ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА «ПЕРВОЕ СЕНТЯБРЯ» ● 8–15 апреля № 14 2002

**РАСШИФРОВКА СПЕКТРОВ**

ПРОТОННОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

**СОЕДИНЕНИЙ РАЗНЫХ КЛАССОВ**

для школ с углубленным изучением химии



# КОНКУРС

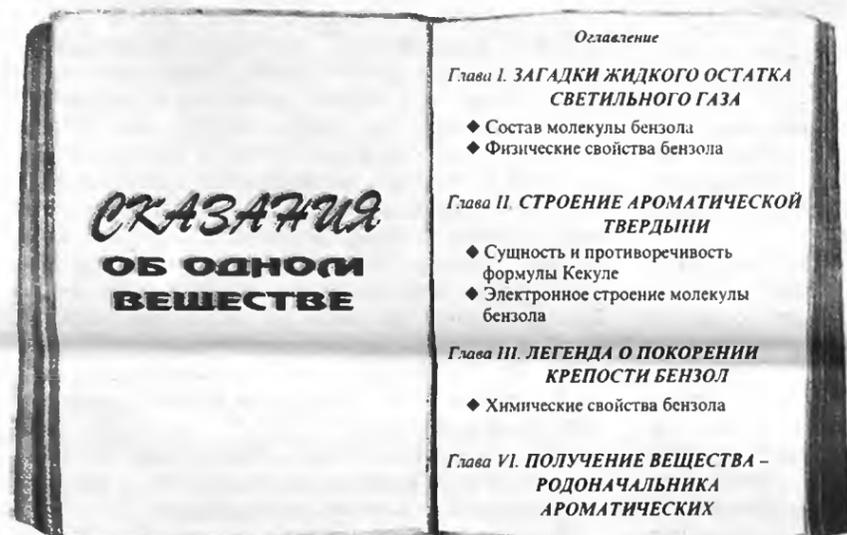
## СКАЗАНИЯ ОБ ОДНОМ ВЕЩЕСТВЕ

УРОК ПО ТЕМЕ «БЕНЗОЛ» ДЛЯ УЧАЩИХСЯ КЛАССОВ ГУМАНИТАРНОГО ПРОФИЛЯ

Среди 18 млн известных на сегодняшний день органических соединений немного найдется таких, которые оказали на развитие органической химии большее влияние, чем бензол. Только за 100 лет, прошедших после открытия этого вещества, опубликовано около 1300 статей, посвященных ему. Для объяснения его строения и свойств было выдвинуто множество теорий, большинство из которых не выдержали испытания временем и известны лишь историкам химии.

**Оформление.** Доска представляет собой раскрытую книгу: слева — ее название, справа — оглавление (план урока).

Для оформления можно использовать, например, ватман, наклеенный на плотный картон.



### ХОД УРОКА

**УЧИТЕЛЬ.** Вещество, о котором пойдет речь, было известно еще в начале XIX в., и уже тогда оно служило людям. Сегодня без него не обходятся при получении многих лекарственных препаратов, душистых веществ и разнообразных красителей. Оно применяется как растворитель, а также как добавка к моторному топливу. Велика роль производных этого вещества в сельском хозяйстве при условии их рационального использования. И хотя непрофессионалам практически не приходится иметь дело с этим соединением, его производные — аспирин, ванилин, эфедрин и многие другие — прочно вошли в нашу повседневную жизнь.

#### Глава I. Загадки жидкого остатка светильного газа

Мысленно перенеситесь в Англию начала XIX в. Уже в 1814 г. улицы и набережные Лондона по вечерам освещались газовыми фонарями, что создавало особый шарм и уют. В чем же был секрет газовых фонарей? В специальных горелках уличных фонарей сжигали светильный газ — смесь водорода и метана, полученную из каменного угля при нагревании его без доступа воздуха. Светильный газ хранили в железных баллонах под давлением. В летние ночи освещение было ярким, а зимой в сильные холода по какой-то причине быстро становилось тусклым. Газ не давал ярко света, поэтому дамам и джентльменам не так приятно было гулять по набережной Темзы. Владельцы газового завода обратились за помощью к известному ученому Майклу Фарадею.

В 1825 г. Фарадей определил, что часть светильного газа собирается на дне баллона в виде прозрачной жидкости. Ученый установил качественный и количественный состав этого вещества и назвал его карбюрированным водородом, поскольку в его состав входили атомы углерода и водорода.

**Задание.** Определите формулу вещества, открытого Фарадеем, если в его состав входит 92,3% углерода и 7,7% водорода, относительная молекулярная масса вещества равна 78.

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 92,3\% (0,923),$$

$$\omega(\text{H}) = 7,7\% (0,077),$$

$$M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = 78.$$

Найти:

$$\text{C}_x\text{H}_y = ?$$

$$x = ?$$

$$y = ?$$

**Решение**

$$\omega(\text{Э}) = n(\text{Э}) \cdot A_r(\text{Э}) / M_r(\text{в-ва}), \text{ где } n(\text{Э}) - \text{число атомов данного элемента.}$$

$$n(\text{Э}) = M_r(\text{в-ва}) \cdot \omega(\text{Э}) / A_r(\text{Э}),$$

$$x = n(\text{C}) = 78 \cdot 0,923 / 12 = 6,$$

$$y = n(\text{H}) = 78 \cdot 0,077 / 1 = 6.$$

От в е т. Формула вещества —  $\text{C}_6\text{H}_6$ .

**УЧИТЕЛЬ.** В 1833 г. вещество, открытое Фарадеем, получил профессор Берлинского университета Эйльхард Мичерлих путем разложения бензойной кислоты. Он назвал это вещество «бензол».

Какими же физическими свойствами обладает бензол? Бензол — легкокипящая, бесцветная, нерастворимая в воде жидкость со своеобразным запахом.

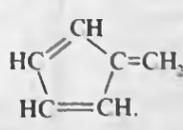
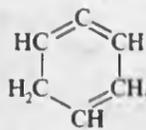
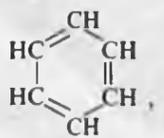
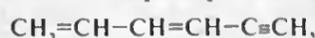
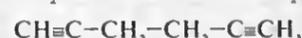
Многие производные бензола тоже обладают запахом, причем иногда очень приятным, поэтому эти углеводороды назвали ароматическими. Позднее оказалось, что большинство веществ, которые по строению и по химическим свойствам бесспорно принадлежат к этой же группе, не имеют ароматного запаха, однако исторически сложившееся название этих соединений сохранилось до наших дней. Бензол по праву можно считать родоначальником этих соединений.

Бензол оказывает вредное влияние на организм человека: вызывает поражения кровеносной и нервной систем, желудочно-кишечного тракта. Бензол является канцерогеном, т. е. веществом, которое при многократном контакте с организмом способствует росту злокачественных опухолей. Особенно сильно это влияние на молодой организм. Среднесуточная ПДК (предельно допустимая концентрация) бензола в воздухе составляет лишь 0,1 мг/м<sup>3</sup>. Таким образом, несмотря на огромное значение бензола и его соединений в жизни людей, он способен принести человеку вред.

**Глава II. Строение ароматической твердыни**

На основании общей формулы бензола составьте всевозможные структурные изомеры, учитывая, что это сильно ненасыщенное соединение.

Ученики на доске пишут формулы изомеров:



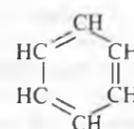
**УЧИТЕЛЬ.** Какая же из формул структурных изомеров соответствует истине? На этот вопрос пытались ответить многие ученые XIX в., но наибольшего успеха достиг немецкий химик Фридрих Август Кекуле в 1865 г.

Он долго размышлял над структурой бензола. Однажды Кекуле пришлось участвовать в качестве свидетеля в судебном процессе по делу об убийстве графини

Герлиц. На этом процессе демонстрировалось в качестве улики кольцо графини в виде двух переплетенных змеек, которое похитил преступник. Эти змейки арестовались в память ученого.

Как-то раз Кекуле долго работал над учебником, затем сел перед камином, задремал, и ему приснилось: «Атомы углерода и водорода принялись танцевать перед моими глазами... Длинные нити очень часто сближались и свертывались в трубку, напоминая двух змей. Но что это? Одна из них вцепилась в собственный хвост, продолжая насмешливо кружиться перед моими глазами. Я внезапно проснулся и на этот раз провел остаток ночи, чтобы изучить следствие моей гипотезы».

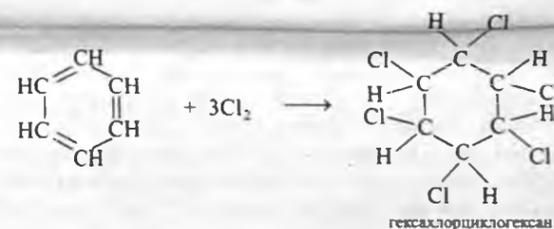
Сон оказался в руку. Кекуле сцепил все атомы углерода в шестиугольник с чередующимися двойными и одинарными связями:



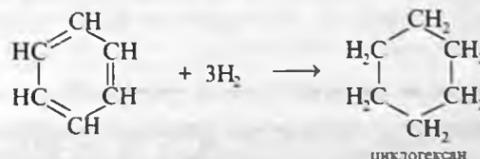
Так была предложена структурная формула бензола. Более 100 лет пользуются химики формулой Кекуле, хотя она противоречива.

Далее в ходе беседы с классом учитель выясняет, какими химическими свойствами должен обладать бензол, исходя из особенностей строения его молекулы. Учащиеся предполагают, что бензол должен вступать в реакции присоединения и замещения.

**УЧИТЕЛЬ.** Бензол не обесцвечивает бромную воду и раствор перманганата калия, к бензолу может присоединиться хлор, но реакция протекает только при интенсивном ультрафиолетовом облучении смеси:



Реакция присоединения водорода к бензолу протекает под давлением и при нагревании:



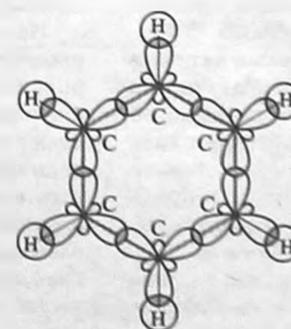
Ученики делают вывод, что покорить «ароматическую твердыню» непросто: реакции присоединения к бензолу протекают труднее, чем у непредельных углеводородов.

**УЧИТЕЛЬ.** Реакции замещения у бензола протекают легче, чем у предельных углеводородов.

В результате учащиеся приходят к мнению о противоречивости формулы Кекуле.

**УЧИТЕЛЬ.** Разрешить эти противоречия помогает современная теория электронного строения бензола.

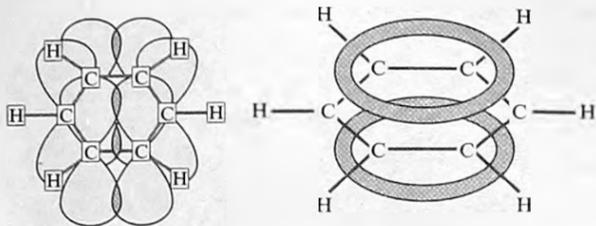
Кекуле оказался прав: молекула бензола имеет циклическое строение, все шесть атомов углерода лежат в одной плоскости. Каждый атом углерода находится в состоянии  $sp^2$ -гибридизации, поскольку связан с еще двумя атомами углерода и одним атомом водорода.



Кроме этого у каждого атома углерода есть одна p-орбиталь, не участвующая в гибридизации. Она имеет форму объемной восьмерки. Шесть таких электронных облаков перекрываются, образуя единую  $\pi$ -систему, в которой электронная плотность равномерно распределена между всеми шестью атомами углерода, а следова-

# «Я ИДУ НА УРОК»

тельно, все связи между атомами углерода совершенно одинаковые.



В связи с этим более точным изображением бензола является шестиугольник с окружностью внутри.

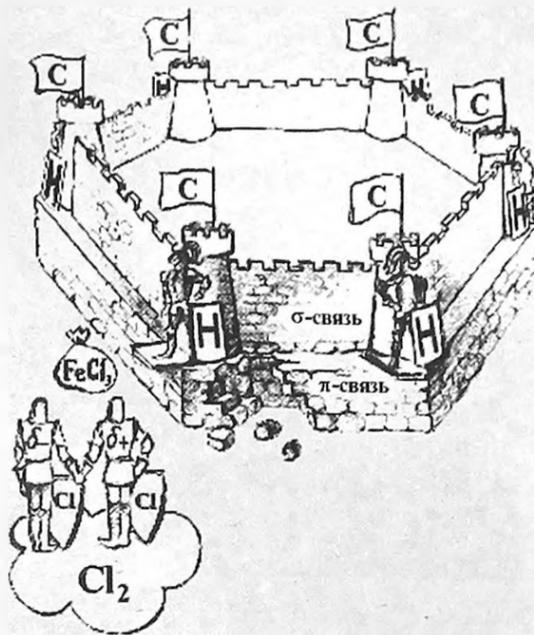


**Глава III. Легенда о покорении крепости Бензол**  
В старой Англии жил рыцарь Хлор. Доблести и благородства у него хватило бы на двоих, поэтому волшебник Мерлин создал ему брата-близнеца, во всем похожего на него. Мерлин предсказал, что братья должны быть неразлучны до определенного времени и вместе странствовать по свету как единое соединение — молекула хлора Cl<sub>2</sub>. Кроме этого волшебник подарил близнецам чудесный мешочек с железом, содержимое которого тот час же превратилось в новое вещество — хлорид железа(III) FeCl<sub>3</sub>.

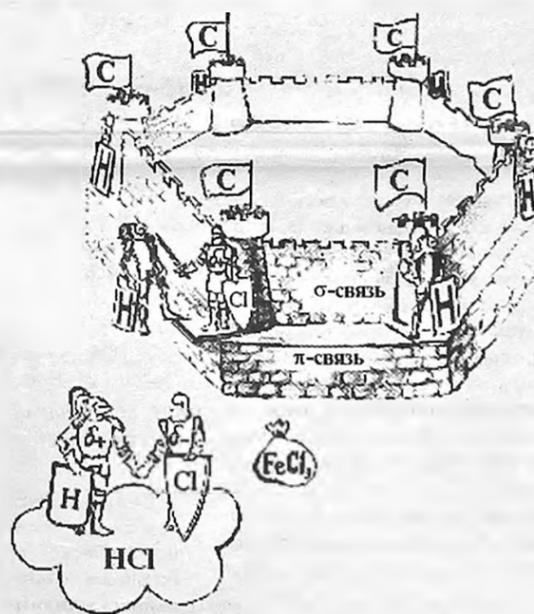
Мерлин распорядился, чтобы содержимое мешочка действовало на братьев так, что один близнец приобрел частичный положительный заряд, другой — частичный отрицательный заряд. Только так они могли сохранять свое единство.

Однажды, странствуя по свету, братья Cl<sub>2</sub> попали на рыцарский турнир. В то время такие турниры часто проводили. Королевой турнира была прекрасная дама, в честь которой рыцари совершали подвиги, завоеывая ее сердце. Победителем этого турнира должен был стать тот рыцарь, который покорит крепость Бензол. Сделать это было непросто, но братья Cl<sub>2</sub> решились на подвиг.

Посмотрев на крепость Бензол, они обнаружили, что это — необычное сооружение, состоящее из шести одинаковых башен. Каждая башня называлась Углерод и была соединена с двумя соседними прочной стеной, называемой σ-связь. Кроме того, башни имели общее для них основание — π-связь. Каждую башню Углерод охранял храбрый рыцарь Водород.

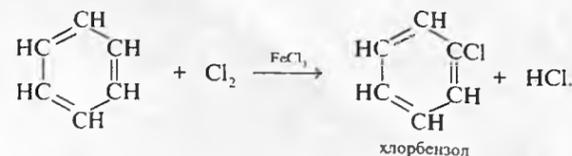


Хлор, обладающий частичным положительным зарядом, победил рыцаря Водорода, занял его место и остался охранять крепость Бензол. В это же время по велению волшебника у крепости Бензол произошло восстановление основания, т. е. π-связи.

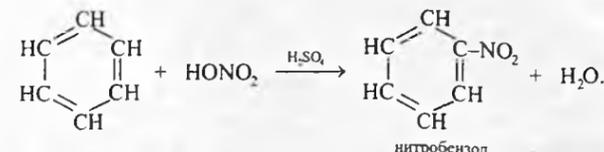


Сбылось предсказание Мерлина: побежденный рыцарь Водород получил частичный положительный заряд и соединился с рыцарем Хлором, имеющим частичный отрицательный заряд. В виде нового вещества хлороводорода HCl они отправились на поиски других приключений, не заметив волшебного мешочка с хлоридом железа(III), который остался лежать нетронутым у стен покоренной крепости.

Рассказ учителя можно изложить современным химическим языком с помощью соответствующего уравнения реакции:

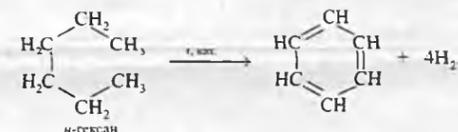
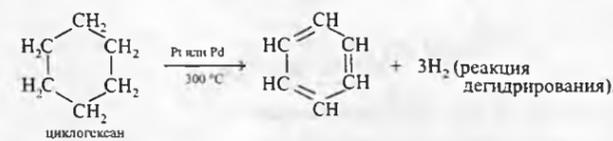
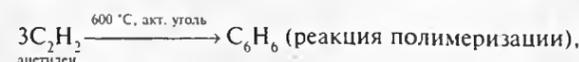


Далее учащихся знакомят с реакцией нитрования бензола:



Таким образом, ребята делают вывод, что бензол наиболее легко вступает в реакции замещения.

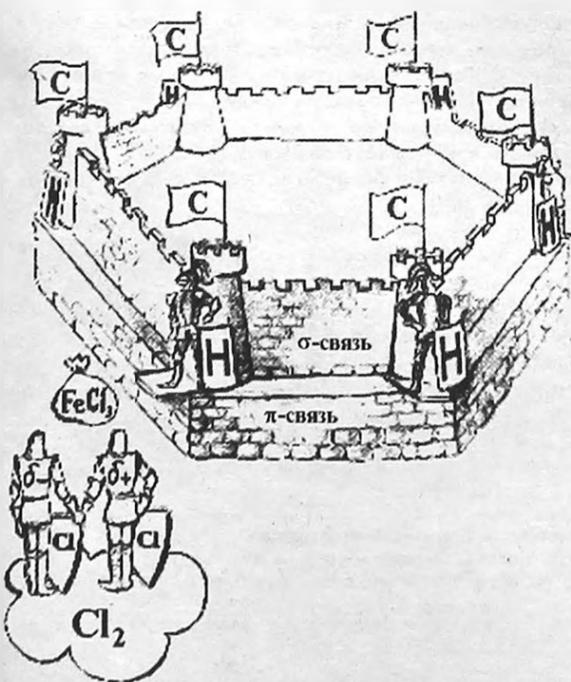
**Глава IV. Получение вещества — родоначальника ароматических**  
Учитель рассказывает о способах получения бензола:



Для закрепления полученных на уроке знаний, учитель предлагает ответить на следующие вопросы.

1. О каком веществе идет речь? Какова его общая формула и какими физическими свойствами оно обладает?
2. Какая структурная формула бензола была предложена Кекуле? Какое противоречие существует между структурной формулой Кекуле и свойствами бензола? Как это противоречие объясняет электронная теория строения бензола?
3. Структурную формулу бензола часто изображают в виде шестиугольника с окружностью внутри. Что эта окружность обозначает?
4. Приведите примеры реакций, показывающих сходство бензола с предельными и непредельными углеводородами. В чем заключается специфика свойств бензола?
5. Какие способы получения бензола вам известны?

Е.Я.АРШАНСКИЙ,  
Витебский государственный университет им. П.М.Машерова



Братья Cl<sub>2</sub> решили сразиться с рыцарем Водородом и занять его место. Брат-близнец Хлор, обладающий частичным положительным зарядом, отправился на штурм крепости. С собой он захватил волшебный мешочек с хлоридом железа (III) FeCl<sub>3</sub>. Без этого вещества рыцарь Хлор не смог бы покорить крепость Бензол. И вдруг произошло чудо: основание (π-связь) разрушилось, путь к рыцарю Водороду был свободен.

## ОТВЕТЫ К ТЕСТОВОМУ КОНТРОЛЮ ЗНАНИЙ ПО КУРСУ «ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ХИМИИ» (см. № 13/2002)

### Кислород

1 — б. 2 — а. 3 — б. 4 — б, в. 5 — а. 6 — а. 7 — б. 8 — а. 9 — а, б, г. 10 — а, в, г.

### Сера

1 — а. 2 — в. 3 — б. 4 — а. 5 — б, в. 6 — б. 7 — б. 8 — б, в, г. 9 — г. 10 — б.

### Азот

1 — б. 2 — б. 3 — б. 4 — а, в. 5 — а, г. 6 — б. 7 — б. 8 — в. 9 — а. 10 — б.

### Фосфор

1 — в. 2 — б, в. 3 — б, в. 4 — б. 5 — в. 6 — а. 7 — б. 8 — г. 9 — б. 10 — б, г, д.

### Хлор

1 — б. 2 — а, в, г, д, ж. 3. А — в; Б — б; В — а; Г — е; Д — з; Е — д; Ж — г. 4 — г. 5 — а. 6 — а. 7 — а, д. 8 — б — а — г — в. 9 — а. 10 — д.



# КОНКУРС

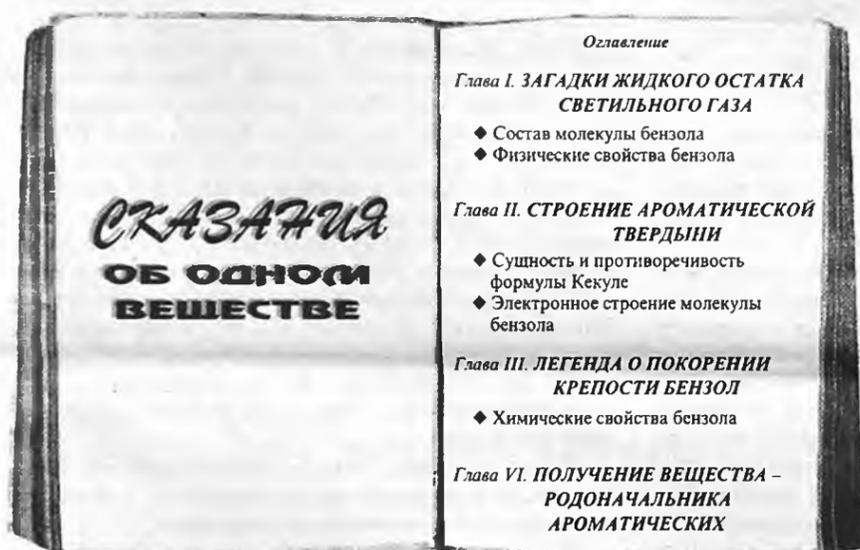
## СКАЗАНИЯ ОБ ОДНОМ ВЕЩЕСТВЕ

УРОК ПО ТЕМЕ «БЕНЗОЛ» ДЛЯ УЧАЩИХСЯ КЛАССОВ ГУМАНИТАРНОГО ПРОФИЛЯ

Среди 18 млн известных на сегодняшний день органических соединений немного найдется таких, которые оказали на развитие органической химии большее влияние, чем бензол. Только за 100 лет, прошедших после открытия этого вещества, опубликовано около 1300 статей, посвященных ему. Для объяснения его строения и свойств было выдвинуто множество теорий, большинство из которых не выдержали испытания временем и известны лишь историкам химии.

**Оформление.** Доска представляет собой раскрытую книгу: слева — ее название, справа — оглавление (план урока).

Для оформления можно использовать, например, ватман, наклеенный на плотный картон.



### ХОД УРОКА

**УЧИТЕЛЬ.** Вещество, о котором пойдет речь, было известно еще в начале XIX в., и уже тогда оно служило людям. Сегодня без него не обходятся при получении многих лекарственных препаратов, душистых веществ и разнообразных красителей. Оно применяется как растворитель, а также как добавка к моторному топливу. Велика роль производных этого вещества в сельском хозяйстве при условии их рационального использования. И хотя непрофессионалам практически не приходится иметь дело с этим соединением, его производные — аспирин, ванилин, эфедрин и многие другие — прочно вошли в нашу повседневную жизнь.

#### Глава I. Загадки жидкого остатка светильного газа

Мысленно перенеситесь в Англию начала XIX в. Уже в 1814 г. улицы и набережные Лондона по вечерам освещались газовыми фонарями, что создавало особый шарм и уют. В чем же был секрет газовых фонарей? В специальных горелках уличных фонарей сжигали светильный газ — смесь водорода и метана, полученную из каменного угля при нагревании его без доступа воздуха. Светильный газ хранили в железных баллонах под давлением. В летние ночи освещение было ярким, а зимой в сильные холода по какой-то причине быстро становилось тусклым. Газ не давал яркого света, поэтому дамам и джентльменам не так приятно было гулять по набережной Темзы. Владельцы газового завода обратились за помощью к известному ученому Майклу Фарадею.

В 1825 г. Фарадей определил, что часть светильного газа собирается на дне баллона в виде прозрачной жидкости. Ученый установил качественный и количественный состав этого вещества и назвал его карбюрированным водородом, поскольку в его состав входили атомы углерода и водорода.

**Задание.** Определите формулу вещества, открытого Фарадеем, если в его состав входит 92,3% углерода и 7,7% водорода, относительная молекулярная масса вещества равна 78.

Дано:

$$\omega(\text{C}) = 92,3\% (0,923),$$

$$\omega(\text{H}) = 7,7\% (0,077),$$

$$M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = 78.$$

Найти:

$$\text{C}_x\text{H}_y = ?$$

$$x = ?$$

$$y = ?$$

**Решение**  
 $\omega(\text{Э}) = n(\text{Э}) \cdot A_r(\text{Э}) / M_r(\text{в-ва}),$  где  $n(\text{Э})$  — число атомов данного элемента.

$$n(\text{Э}) = M_r(\text{в-ва}) \cdot \omega(\text{Э}) / A_r(\text{Э}),$$

$$x = n(\text{C}) = 78 \cdot 0,923 / 12 = 6,$$

$$y = n(\text{H}) = 78 \cdot 0,077 / 1 = 6.$$

От в е т. Формула вещества —  $\text{C}_6\text{H}_6$ .

**УЧИТЕЛЬ.** В 1833 г. вещество, открытое Фарадеем, получил профессор Берлинского университета Эйльхард Мичерлих путем разложения бензойной кислоты. Он назвал это вещество «бензол».

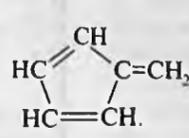
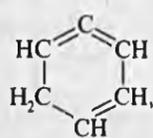
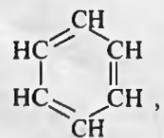
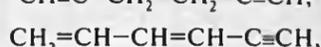
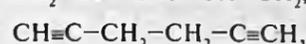
Какими же физическими свойствами обладает бензол? Бензол — легкокипящая, бесцветная, нерастворимая в воде жидкость со своеобразным запахом.

Многие производные бензола тоже обладают запахом, причем иногда очень приятным, поэтому эти углеводороды назвали ароматическими. Позднее оказалось, что большинство веществ, которые по строению и по химическим свойствам бесспорно принадлежат к этой же группе, не имеют ароматного запаха, однако исторически сложившееся название этих соединений сохранилось до наших дней. Бензол по праву можно считать родоначальником этих соединений.

Бензол оказывает вредное влияние на организм человека: вызывает поражения кровеносной и нервной систем, желудочно-кишечного тракта. Бензол является канцерогеном, т. е. веществом, которое при многократном контакте с организмом способствует росту злокачественных опухолей. Особенно сильно это влияние на молодой организм. Среднесуточная ПДК (предельно допустимая концентрация) бензола в воздухе составляет лишь 0,1 мг/м<sup>3</sup>. Таким образом, несмотря на огромное значение бензола и его соединений в жизни людей, он способен принести человеку вред.

**Глава II. Строение ароматической твердыни**  
 На основании общей формулы бензола составьте всевозможные структурные изомеры, учитывая, что это сильно ненасыщенное соединение.

Ученики на доске пишут формулы изомеров:



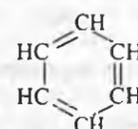
**УЧИТЕЛЬ.** Какая же из формул структурных изомеров соответствует истине? На этот вопрос пытались ответить многие ученые XIX в., но наибольшего успеха достиг немецкий химик Фридрих Август Кекуле в 1865 г.

Он долго размышлял над структурой бензола. Однажды Кекуле пришлось участвовать в качестве свидетеля в судебном процессе по делу об убийстве графини

Герлиц. На этом процессе демонстрировалось в качестве улики кольцо графини в виде двух переплетенных змеек, которое похитил преступник. Эти змейки врезались в память ученого.

Как-то раз Кекуле долго работал над учебником, затем сел перед камином, задремал, и ему приснилось: «Атомы углерода и водорода принялись танцевать перед моими глазами... Длинные нити очень часто сближались и свертывались в трубку, напоминая двух змей. Но что это? Одна из них вцепилась в собственный хвост, продолжая насмешливо кружиться перед моими глазами. Я внезапно пробудился и на этот раз провел остаток ночи, чтобы изучить следствие моей гипотезы».

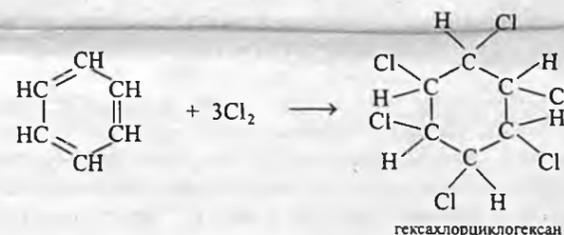
Сон оказался в руку. Кекуле сценил все атомы углерода в шестиугольник с чередующимися двойными и одинарными связями:



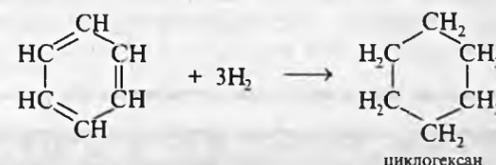
Так была предложена структурная формула бензола. Более 100 лет пользуются химики формулой Кекуле, хотя она противоречива.

Далее в ходе беседы с классом учитель выясняет, какими химическими свойствами должен обладать бензол, исходя из особенностей строения его молекулы. Ученики предполагают, что бензол должен вступать в реакции присоединения и замещения.

**УЧИТЕЛЬ.** Бензол не обесцвечивает бромную воду и раствор перманганата калия, к бензолу может присоединиться хлор, но реакция протекает только при интенсивном ультрафиолетовом облучении смеси:



Реакция присоединения водорода к бензолу протекает под давлением и при нагревании:



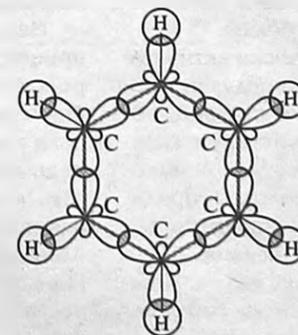
Ученики делают вывод, что покорить «ароматическую твердыню» непросто: реакции присоединения у бензола протекают труднее, чем у непредельных углеводородов.

**УЧИТЕЛЬ.** Реакции замещения у бензола протекают легче, чем у предельных углеводородов.

В результате ученики приходят к мнению о противоречивости формулы Кекуле.

**УЧИТЕЛЬ.** Разрешить эти противоречия помогает современная теория электронного строения бензола.

Кекуле оказался прав: молекула бензола имеет циклическое строение, все шесть атомов углерода лежат в одной плоскости. Каждый атом углерода находится в состоянии  $sp^2$ -гибридизации, поскольку связан с еще двумя атомами углерода и одним атомом водорода.



Кроме этого у каждого атома углерода есть одна  $p$ -орбиталь, не участвующая в гибридизации. Она имеет форму объемной восьмерки. Шесть таких электронных облаков перекрываются, образуя единую  $\pi$ -систему, в которой электронная плотность равномерно распределена между всеми шестью атомами углерода, а следова-