

Лекция 1

СВЕЧА. ПЛАМЯ. ЕГО ПИТАНИЕ. ЕГО СТРОЕНИЕ. ПОДВИЖНОСТЬ. ЯРКОСТЬ

В ответ на любезное внимание, проявленное вами к организованным нами лекциям, я собираюсь изложить вам в следующих беседах ряд сведений по химии, которые можно извлечь из горящей свечи. Я не первый раз провожу беседу на эту тему, и если бы это зависело только от меня, я бы с удовольствием возвращался к ней хоть ежегодно — до того эта тема интересна и до того изумительно разнообразны те нити, которыми она связана с различными вопросами естествознания. Явления, наблюдающиеся при горении свечи, таковы, что нет ни одного закона природы, который при этом не был бы так или иначе затронут. Рассмотрение физических явлений, происходящих при горении свечи, представляет собой самый широкий путь, кото-

рым можно подойти к изучению естествознания. Вот почему я надеюсь, что не разочарую вас, избрав своей темой свечу, а не что-нибудь поновее. Другая тема, возможно, была бы столь же хороша, но лучше свечи она быть не может.

Прежде чем я приступлю к изложению, разрешите мне предупредить вас: несмотря на глубину избранного нами предмета и несмотря на наше честное намерение разобраться в нем серьезно и на подлинно научном уровне, я хочу подчеркнуть, что не собираюсь адресоваться к старшим из числа здесь присутствующих. Я беру на себя смелость говорить с молодежью так, как если бы я сам был юношей. Так я поступал и раньше, так, с вашего разрешения, буду поступать и теперь. И хотя я с полной ответственностью сознаю, что каждое произносимое мною слово адресуется в конечном счете всему миру, такая ответственность не отпугнет меня от того, чтобы и на этот раз говорить так же просто и доступно с теми, кого я считаю всего ближе к себе.

А теперь, мои молодые друзья, я прежде всего хочу рассказать вам о том, из чего делаются свечи. Некоторые из них представляют незаурядный интерес. Смотрите, вот кусочки древесины и ветки деревьев, славящихся своей способностью ярко гореть. А вот это — кусочек особого замечательного вещества, находимого в некоторых болотах Ирландии и образно назы-

ваемого *свечным деревом*. Это дерево настолько твердое и прочное, что не всякий может его разломать, но вместе с тем оно так хорошо воспламеняется, что из него делают факелы и лучины. Он горит как свеча, и дает превосходный свет. Это дерево очень наглядно показывает нам, в чем заключается природа свечи. Тут и горючее как таковое, и перенос этого горючего к месту, где происходит химическая реакция, тут и равномерное, постепенное его снабжение воздухом, тут и тепло, и свет — все это создается кусочком дерева, которое, по существу говоря, представляет собой естественную свечу.

Но давайте будем говорить о настоящих свечах, употребляющихся в быту. Вот сальные свечки, называемые мокаными. Производятся они следующим образом. Хлопчатобумажные фитили, нарезанные одинаковыми кусками, подвешиваются на петельках и разом обмакиваются в растопленное сало (говяжье или баранье). Потом они вынимаются, охлаждаются и снова окунаются, пока вокруг фитиля не нарастает достаточно толстый слой сала. Чтобы вы могли получить представление о том, как разнообразны бывают свечи, посмотрите вот на эти — очень маленькие и преинтересные. Именно такими свечками пользовались горняки в каменноугольных шахтах. В прежние времена каждый горняк, спускаясь в шахту, должен был прино-

свить с собой свечи, купленные за собственный счет. К тому же считалось, что с маленькой свечкой меньше, чем с большой, рискуешь вызвать взрыв рудничного газа в угольных коях. Как по этой причине, так и ради экономии горняки предпочитали пользоваться такими малюсенькими свечками, что на фунт¹ их шло двадцать, тридцать, сорок или даже шестьдесят штук. Свечи в шахтах были заменены сначала искровым освещением², а затем лампой Дэви и другими типами безопасных ламп. Вот свеча, которую, говорят, полковник Пэслей поднял с «Ройал Джорджа»³. Она пролежала в море много лет, подвергаясь действию соленой воды. Вы видите, как хорошо могут сохраняться свечи: правда, она изрядно растрескалась и поломалась, но вот я ее зажег, и она равномерно горит, а сало, расплавляясь, возвращается к своему обычному состоянию.

Мистер Филд из Ламбета снабдил меня прекрасной коллекцией свечей и материалов, из

¹ 1 фунт = 453,6 г. (*Прим. ред.*)

² Искры, возникающие при стачивании наждачного круга, не воспламеняют рудничный газ из-за их сравнительно низкой температуры, но дают достаточно много света. (*Прим. ред.*)

³ «Ройал Джордж» затонул у Спитхэда 29 августа 1782 г. Полковник Пэслей начал работы по поднятию обломков судна посредством взрывов орудийного пороха в августе 1839 г. Свеча, которую показывал профессор Фарадей, подвергалась действию соленой воды свыше пятидесяти семи лет. (*Прим. В. Крукса.*)

которых они изготавливаются. Вот, прежде всего, бычий жир, называемый, насколько я понимаю, русским салом, из которого изготавливаются моканые свечи. Сало это по способу, изобретенному Гей-Люссаком (или кем-то другим, кто передал ему этот производственный секрет), можно превратить в то прекрасное вещество, которое лежит рядом с ним, — стеарин. Благодаря изобретению стеарина нынешняя свеча — это уже больше не жирный, противный предмет, каким была прежняя сальная свеча, — нет, это предмет до того чистый, что стекающие с него капли не пачкают вещей и их можно соскрести в виде порошка. Способ, который применил Гей-Люссак, состоит в следующем. Сначала сало кипятят с негашеной известью, причем получается нечто вроде мыла. Затем в него добавляют серную кислоту, которая связывает известь; оставшая масса представляет собой стеарин, смешанный с некоторым количеством глицерина. Глицерин, выделяющийся при этом процессе, очень похож по своему составу на сахар. Эта смесь прессуется, — здесь вы видите несколько более или менее отжатых брусков, по которым можно судить, как по мере увеличения давления удастся удалить все большее количество примесей. Совершенно отжатую массу расплавляют, и из нее отливаются те свечи, которые я вам показываю. Вот эта свеча стеариновая; она приготовлена описанным способом.

А вот свеча спермацетовая, приготовленная из определенного сорта китового жира. Вот пчелиный воск, желтый и очищенный, также идущий на изготовление свечей. Вот еще интересное вещество — парафин. А вот парафиновые свечи, сделанные из добытого в ирландских болотах парафина. Есть у меня и еще некое вещество вроде воска, любезно присланное мне одним моим другом; оно привезено из Японии. Это тоже материал для изготовления свечей.

А как же делаются такие свечи? Я уже рассказал вам о свечах моканых, а теперь расскажу и о формованных. Представим себе, что какой-нибудь из этих сортов свечей делается из такого материала, который можно отливать в форму. «Отливать?» — скажете вы. «Ну, конечно, — ведь свечи растапливаются, а если их можно растопить, то их, наверно, можно отливать и в формы». Оказывается, нельзя. Удивительное дело: то здесь, то там, как при усовершенствовании производства, так и при разработке наилучших средств для достижения той или иной цели, приходится сталкиваться с такими фактами, которые, пожалуй, нельзя предугадать заранее. Так вот, свечи не всегда можно отливать в формы; восковые свечи, в частности, вообще нельзя отливать: их делают особым способом, о котором я вам вкратце расскажу через пару минут. Воск — вещество, не поддающееся

отливке, хотя оно прекрасно горит и легко плавится в свече.

Однако возьмем сначала материал, пригодный для отливки свечей. Взгляните на эту раму с отверстиями, в которых вставлены формы. Прежде всего надо в каждую форму продеть фитиль, и притом плетеный, не дающий нагара¹; на всем своем протяжении фитиль натянут, так как наверху он держится на проволочной перекладке, а внизу прикреплен к затычке, которая при заполнении формы не дает вытекать растопленному стеарину. После того как стеарин остынет, его излишек снимают, отрезают концы фитилей, и в формах остаются готовые свечи. Их опрокидывают и без труда вытряхивают: ведь, во-первых, у них форма слегка конусообразная, т.е. внизу они толще, чем наверху, и, во-вторых, при остывании объем их уменьшается. Так делают свечи стеариновые и парафиновые.

Восковые свечи делаются совершенно иначе. Вот смотрите. На раму навешиваются фитили с металлическими наконечниками, чтобы воск не целиком покрывал фитиль. Рама подвешивается так, чтобы она могла вращаться над котлом с растопленным воском. Рабочий зачерпывает ложкой воск из котла и, поворачивая раму, поливает фитили, один за другим; за это

¹ Для того чтобы сделать золу более плавкой, подмешивают немного буры или фосфора. (Прим. В. Крукса.)

время воск на них успеваает застыть, и рабочий их поливает вторично, и так далее, до требуемой толщины. Тогда их снимают. Благодаря любезности мистера Филда у меня есть несколько образчиков восковых свечей на разных стадиях изготовления, в том числе одна еще только половинной толщины. Сняв свечи с рамы, их катают по гладкой каменной плите, верхушке придают надлежащую коническую форму, а нижний конец аккуратно обрезают. Делается все это столь тщательно, что таким образом можно изготавливать свечи четвериковые, шестериковые и т.д., т.е. такие, которых на фунт идет ровно по 4, по 6 или сколько потребуется.

Однако не будем больше тратить времени на технологию производства свечей, а перейдем к подробному изучению свечи как таковой. Предварительно я вам скажу несколько слов о роскошно оформленных свечах — ведь оказывается, и свеча может быть превращена в роскошную безделушку. Посмотрите, в какие чудесные цвета они окрашены. Как видите, и для свечей используются недавно введенные в употребление химические краски — вот здесь ярко-розовая свеча, вот розовато-лиловая и т.д. Кроме того, для украшения свечам придают и различные формы: вот подобие прекрасной витой колонны, а вот и свечи с узорами.

Если горит, скажем, эта свеча, то наверху получается как бы сияние солнца, а внизу — букет цветов. Однако не все изящное и нарядное полезно. Если разобраться по существу, то эти витые свечи, при всей своей красоте, никуда не годятся как свечи: их портит как раз внешняя форма. Эти образчики, присланные мне добрыми друзьями из самых разных мест, я вам показываю для того, чтобы вы знали, что уже сделано и что еще должно сделать в том или ином направлении развития производства, причем иногда (как я уже вам сказал) жертвуют пользой.

Поговорим теперь о пламени свечи. Зажжем одну-две свечи, т.е. заставим их выполнять свою обычную работу. Как вы видите, свеча — совсем не то, что лампа. В лампе вы наполняете резервуар жидким маслом, опускаете в него фитиль из мха или из обработанного хлопка, а затем зажигаете верхушку фитиля. Когда пламя спускается вниз по фитилю к маслу, оно там меркнет, но в верхней части продолжает гореть. Вы, несомненно, спросите, каким образом масло, которое само по себе не горит, добирается до верха фитиля, где оно может гореть? Позже мы рассмотрим это явление, однако при горении свечи наблюдается и другое, гораздо более удивительное обстоятельство. Ведь перед вами твердое вещество, настолько твердое, что для

него не нужна посуда. А как же получается, что это твердое вещество может подняться до того места, где находится пламя? Как попадает туда это твердое вещество, не будучи жидкостью? А с другой стороны, как же оно не растекается, когда превращается в жидкость? Удивительная вещь эта свеча.

В зале у нас изрядный сквозняк; при некоторых опытах он нам будет помогать, а при других — мешать. Поэтому сейчас, для большей равномерности и для упрощения дела, я устрою так, чтобы пламя было спокойным. Ведь как можно что-нибудь изучать, когда мешают трудности, не относящиеся к делу? Мы воспользуемся одним хитроумным приспособлением, которым я часто любовался на тележках рыночных и уличных торговцев овощами или рыбой, когда по субботам торговля затягивается затемно. Вот оно — на свечку надето, нечто вроде кольца, поддерживающего ламповое стекло; по мере сгорания свечи все это устройство можно передвигать. Таким образом, благодаря ламповому стеклу получается спокойное, устойчивое пламя, которое можно внимательно разглядывать, что, я надеюсь, вы сделаете у себя дома.

Прежде всего вы видите, что на свече образуется хорошенькая ямка вроде чашечки. По мере того как воздух притекает к свече, он движется вверх силой восходящего тока, производимого жарким пламенем свечи; эта струя воз-

духа так охлаждает со всех сторон воск, сало или другое вещество, из которого сделана свеча, что его внешний слой гораздо холоднее, чем середина. Середина плавится от пламени, достигающего по фитилю до того места, ниже которого оно гаснет в расплавленном воске; наружная же часть не плавится. Если бы я устроил в одном направлении ветерок, восковая чашечка оказалась бы однобокой: в ее крае получилась бы выемка, через которую полился бы жидкий воск. Ведь та же самая сила тяготения, которая не позволяет небесным телам разлетаться в разные стороны, держит и эту жидкость в горизонтальном положении; и если чашечка будет не горизонтальная, жидкий воск, конечно, перельется через край и образует наплыв на свече. Итак, вы видите, что чашечка правильной формы образуется благодаря этому равномерному восходящему току воздуха, действующему на всю внешнюю поверхность свечи и не дающему ей разогреться. Для выделки свечей не годилось бы никакое горючее, не обладающее свойством образовывать такую чашечку; исключение составляет «дерево-свечка», т.е. та ирландская болотная древесина, которую я вам показывал. Там сам материал пористый, как губка, и пропитан собственным горючим. Теперь вы, очевидно, догадываетесь, почему так плохо горят разукрашенные свечи: они не имеют формы правильного цилиндра,

а покрыты желобками, и поэтому у них при горении не получается того ровного края чашечки, благодаря которому свеча горит спокойным пламенем. Вы теперь, надеюсь, убедились, что в красоте любого процесса самое главное — его совершенство, иначе говоря, его целесообразность. Наиболее подходящий для нас предмет — это не тот, который лучше всех по виду, а который лучше всех на деле. Вот эта красивая свеча горит плохо: по ее краям воск всегда будет оплывать из-за неравномерности тока воздуха и плохой формы чашечки, которая при этом образуется. Вы сможете увидеть (и, надеюсь, внимательно разглядеть) результаты действия восходящего тока воздуха в тех случаях, когда вниз по свечке сбегает жидкий воск и в этом месте получается натек. По мере того как свечка постепенно сгорает, это утолщение, оставаясь на месте, образует столбик, торчащий у края чашечки; постепенно этот столбик оказывается все выше над остальным воском (или другим горючим), и воздух лучше обдувает его, так что столбик сильнее охлаждается и лучше сопротивляется воздействию тепла, распространяемого пламенем. Так вот, как во многих других вещах, так и в свечках, крупнейшие ошибки и неполадки часто наводят на поучительные размышления, а не было бы этих ошибок, мы и не додумались бы до таких соображений. Вы пришли на эти лекции, чтобы на-

учиться научному мышлению; и, я надеюсь, вы навсегда запомните, что каждый раз, как происходит то или иное явление, — особенно, если это что-то новое, — вы должны задать себе вопрос: «В чем здесь причина? Почему так происходит?» И рано или поздно вы эту причину найдете.

Второй вопрос, поставленный нами выше, — это каким образом горячая жидкость попадает из чашечки вверх по фитилю, к месту горения. Вы знаете, что у свечей восковых, стеариновых или спермацетовых пламя спускается по горящему фитилю не настолько, чтобы вовсе растопить это горючее, а занимает свое определенное место. Пламя как бы изолировано от находящегося под ним жидкого горючего и не разрушает краев чашечки. Вдумайтесь только, какой изумительный пример общей слаженности целого! До самого конца существования свечи действие каждой из ее частей строго координировано с другой. Какое прекрасное зрелище представляет собой такое горючее вещество, когда оно сгорает постепенно, не подвергаясь внезапным нападениям пламени! Вы это особенно оцените, когда узнаете, какой мощью обладает пламя, как оно может, овладев воском, разрушить его или даже одной своей близостью нарушить его форму.

Но как же все-таки горючее попадает в пламя? Прекрасное объяснение этому — волосное