

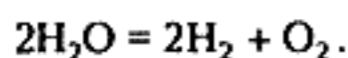
# Занимательный электролиз

Н. ПАРАВЯН

**М**НОГОЕ известно об электролизе, этом интереснейшем процессе. Но мы предлагаем вам пройти не совсем обычным путем — по некоторым «лабиринтам» электролиза.

Для опытов вам понадобятся источники постоянного и переменного тока напряжением до 6 В. В качестве первого можно взять любой выпрямитель или плоскую батарейку от карманного фонарика (еще лучше две, соединенные последовательно), а в качестве второго — понижающий трансформатор, преобразующий напряжение городской сети до 5–6 В. Еще вам понадобятся лампочка от карманного фонарика с патроном, соединительные изолированные провода, четыре железные пластинки размерами 6×3 см (лучше всего их вырезать из чисто вымытой старой луженой консервной банки), пластинка из алюминия тех же размеров, небольшой стаканчик или чисто вымытая полиэтиленовая баночка из-под зубного порошка. Из химических материалов приготовьте немного поваренной соли и аптечной соды (бикарбоната натрия). В принципе, можно воспользоваться кое-каким оборудованием из конструкторов «25 опытов по электричеству и магнетизму» или «100 занимательных опытов по электричеству и магнетизму».

**Опыт 1.** Налейте в стаканчик на половину его объема 3%-й раствор аптечной соды, поместите в него электроды — две вертикальные, параллельные друг другу железные пластинки — и подключите к источнику постоянного тока. Сразу начинается электролиз:



Из уравнения разложения воды видно, что водорода выделяется больше, чем кислорода. Таким образом можно легко отличить катод от анода. Проверьте это с помощью горячей лучинки: у катода она поджигает водород, а у анода — кислород.

**Опыт 2.** Не выключая тока в цепи, введите в электролит между катодом и анодом еще один железный электрод

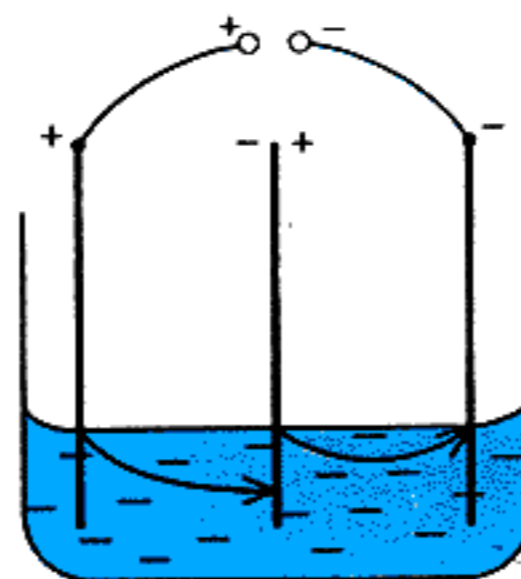
так, чтобы он не соприкасался ни с тем, ни с другим, — на нем также начинается выделение газов, причем, что особенно интересно, с обеих сторон электрода. Опять воспользовавшись горячей лучинкой, определите, где выделяется водород, а где — кислород.

Оказывается, кислород образуется у той поверхности третьего электрода, которая обращена к катоду, а водород — у поверхности, обращенной к аноду. Как это понимать? Вспомним, что электролит — такой же проводник электрического тока, как и оба металлических электрода (только с более высоким электрическим сопротивлением), и посмотрим, как протекает электрический ток в нашей установке (см. рисунок).

Ясно, что электрический ток «входит» в третий электрод из электролита, следовательно, левая поверхность электрода, обращенная к аноду, заряжается отрицательно и становится катодом. Затем электрический ток «выходит» из третьего электрода в электролит, правая поверхность электрода становится анодом и заряжается положительно. Вот почему водород выделяется на отрицательно заряженной стороне третьего электрода, а кислород — на положительно заряженной.

А теперь разберемся вот с каким вопросом. Сколько газа в сумме (по объему) выделяется на третьем электроде по сравнению с первыми двумя (конечно, тоже в сумме по объему)?

**Опыт 3.** Введите в установку еще один, четвертый, железный электрод,



опять-таки, чтобы он не касался первых трех, и ... выделение газа прекращается вообще на всех электродах, т.е. похоже, что прекращается электролиз. Включите в цепь последовательно микроамперметр, и вы увидите, что в цепи течет ничтожно малый ток. В чем же дело? Ведь не может же жестяная металлическая пластинка, имеющая удельное сопротивление в сотни раз меньшее, чем удельное сопротивление электролита, увеличить сопротивление цепи настолько, чтобы прекратился ток?!

Оказывается, дело в том, что, опустив третью пластинку в электролит, мы из одного электролизера образовали два, соединенных последовательно (еще раз взгляните на рисунок). Напряжение разложения, т.е. наименьшее напряжение, при котором в данных условиях опыта начинается электролиз, увеличивается при этом примерно в 2 раза. Если ЭДС источника тока обозначить через  $\mathcal{E}$ , а напряжение разложения через  $U$ , то в первом опыте (с двумя электродами) напряжение на электродах прибора будет  $\mathcal{E} = U$ , а во втором (с тремя электродами),  $\mathcal{E} = 2U$ . Поэтому суммарный объем водорода и кислорода, выделившихся до введения в раствор третьего электрода, будет равен суммарному объему тех же газов, выделившихся на трех электродах.

Когда же мы ввели в электролит четвертый электрод, образовалось три электролизера, также соединенные последовательно. В этом случае напряжение разложения увеличивается приблизительно втрое и оказывается, что  $\mathcal{E} = 3U < 0$ , т.е. ток практически прекращается и газы выделения на всех четырех электродах не происходит, что мы и наблюдали.

**Опыт 4.** Повторите опыт 2, но вместо железной пластинки в качестве третьего электрода введите алюминиевую. Кроме того, включите в цепь последовательно электрическую лампочку (укрепленную на подставке). Замкните цепь, и вы увидите, что лампочка будет гореть все слабее, а через 10–15 минут совсем погаснет. Уберите алюминиевую пластинку из электролита — лампочка снова начинает светиться. Выходит, что алюминиевая пластинка превратилась из отличного проводника в изолятор?! Продолжим эксперимент.

Теперь отсоедините от цепи источник постоянного тока и подключите источник переменного (понижающий трансформатор). Снова введите алюминиевую пластинку в электролит. Лампоч-

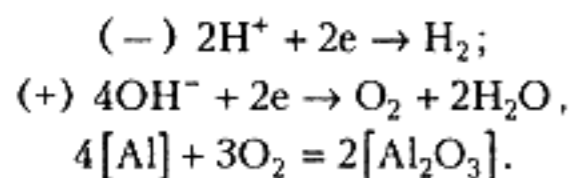
ка, хотя и немного слабее, но светится. И сколько бы вы ни ожидали, она не погаснет.

Снова включите в цепь источник постоянного тока (вместо переменного). Опять опустите алюминиевую пластинку в электролит между железными электродами. Но так, чтобы та ее сторона, которая раньше была обращена к катоду, теперь оказалась повернутой к аноду. Включив ток, вы заметите, что сначала лампочка загорается, но, как и в первом случае, через 10–15 минут гаснет.

Верните в цепь источник переменного тока — лампочка не светит. Уберите алюминиевую пластинку — лампочка все равно не загорается.

Что же произошло? Попробуем разобраться.

Когда алюминиевый электрод включили в цепь постоянного тока (как на рисунке), на нем произошли следующие электродные процессы:



Иными словами, вся «положительная сторона» электрода превратилась в сплошной диэлектрик, электрическая цепь разорвалась, и лампочка погасла. «Отрицательная сторона» электрода осталась проводником и продолжала пропускать электрический ток, но только в одном направлении! Когда к цепи подключили трансформатор и по ней пошел переменный ток, т.е. ток переменной полярности, то он пошел только в одном направлении. При этом пластинка, окисленная лишь с одной стороны, выполняла роль выпрямителя переменного тока, превращая его в пульсирующий. И лампочка светила все время, пока переменный ток шел через нее.

После того как алюминиевый электрод во время электролиза повернули и тем самым окислили его и с другой стороны, он, покрывшись пленкой оксида алюминия, и в самом деле превратился в изолятор. Он стал уже не в состоянии не только выпрямить переменный ток, а даже пропустить его через себя. Вот почему лампочка не загоралась, когда в электролит вводи-

ли алюминиевую пластинку, окисленную с обеих сторон.

А что будет, если аптечную соду заменить поваренной солью? Оказывается, с железными пластинками будет тот же эффект. А вот из алюминиевой пластинки и электролита выпрямителя не получится, так как при электролизе выделяются и образуются другие продукты и «полупроводящая» пленка  $\text{Al}_2\text{O}_3$  не образуется.

Способность алюминия образовывать на своей поверхности в условиях электролиза электроизоляционные пленки широко используется в технике для изоляции алюминиевых изделий. А раньше алюминиевые выпрямители электрического тока активно применялись и в лабораторной практике.