



# Изменения энергии

ХИМИЯ • РЕАКЦИИ • ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

## Глава 1: Изменения энергии

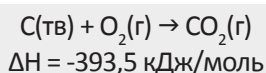
### • Что представляют собой экзотермические и эндотермические реакции?

Все химические вещества содержат энергию, и все химические реакции протекают с какими-либо изменениями энергии. Если в ходе реакции выделяется тепловая энергия – это реакция экзотермическая, тогда как если в ходе реакции поглощается тепловая энергия, то это реакция эндотермическая.

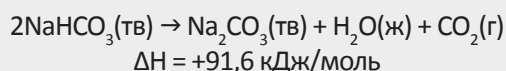
Теплота, содержащаяся в химических веществах (измеренная при постоянном давлении), называется энтальпией (H), которая измеряется в кДж на моль (кДж/моль). Невозможно измерить энтальпию точно, но можно определить изменение энтальпии ( $\Delta H$ ) в ходе химической реакции следующим образом:

$$\Delta H = (\text{суммарная энтальпия продуктов}) - (\text{суммарная энтальпия реагентов})$$

Горение углерода с образованием углекислого газа является экзотермической реакцией, изменение энтальпии отрицательное, так как суммарная энтальпия продуктов меньше суммарной энтальпии реагентов:



Если использовать гидрокарбонат натрия (пищевая сода) для приготовления пирога, происходит термическое разложение, в результате чего выделяются пузырьки углекислого газа, которые вызывают подъем сдобного теста. Реакция является эндотермической, и изменение энтальпии (H) положительное, так как суммарная энтальпия продуктов больше, чем суммарная энтальпия реагентов:

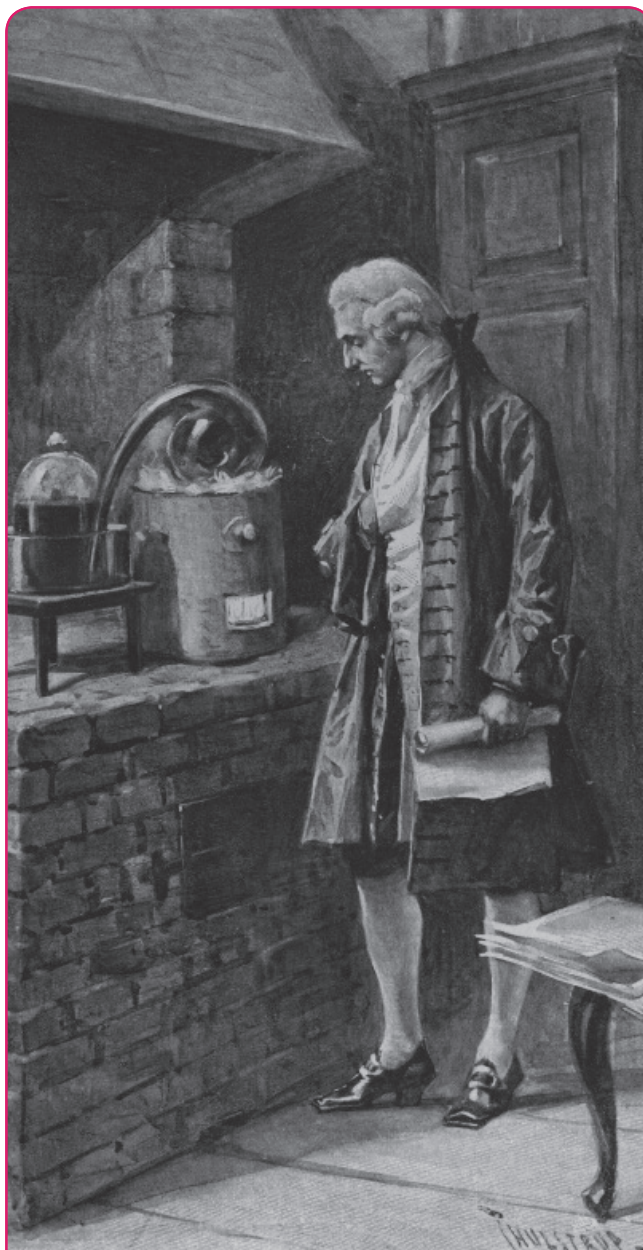


#### • Рекомендуемые фильмы

- Кислород и горение
- Изменение энергии реакции
- Элементы: Кислород

#### • Контрольные вопросы

- Вопросы 1 и 2



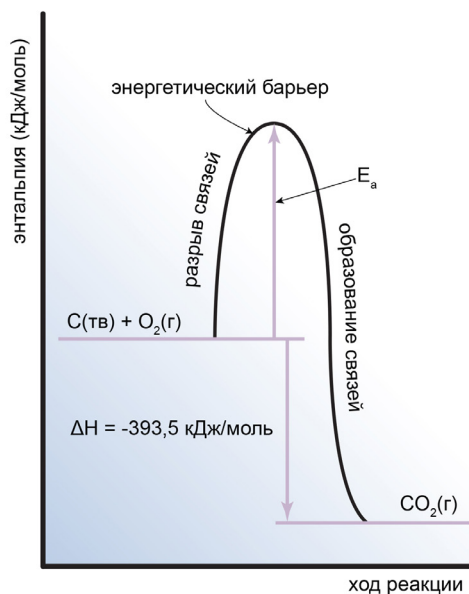
Работа французского химика Антуана Лавуазье (1743 – 1794 гг.) глазами художника

### ДИАГРАММА 01:



Кривая изменения энтальпии для горения углерода в кислороде

ХИМИЯ • РЕАКЦИИ • ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

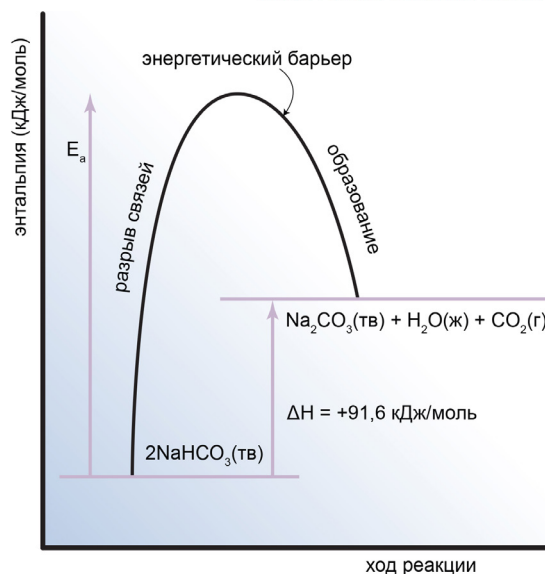


### ДИАГРАММА 02:



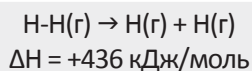
Кривая изменения энтальпии для термического разложения гидрокарбоната натрия

ХИМИЯ • РЕАКЦИИ • ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГИИ



#### • Что общего между связями и изменениями энергии в ходе реакций?

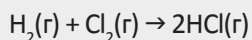
Все химические реакции включают разрыв и образование связей. Разрыв связей – чаще всего эндотермический процесс, потому что, чтобы оторвать друг от друга атомы, нужна тепловая энергия. Образование связей – в основном экзотермический процесс, так как при образовании связей выделяется тепловая энергия. Например, если мы разрушаем молекулу водорода до газообразных атомов:



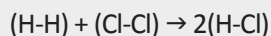
Во время химической реакции с участием веществ с ковалентными связями изменение энтальпии ( $\Delta H$ ) может быть определено как:

(сумма изменений энтальпии при разрыве связей) – (сумма изменений энтальпии при образовании связей)

В следующей реакции, где реагируют газообразный водород и газообразный хлор с образованием газообразного хлорида водорода:



Можно показать, как участвуют ковалентные связи:





Экзотермические реакции задействованы в процессе фейерверка

Изменение энтальпии в разрушении связей H-H и Cl-Cl равно:  $436 + 243 = +679$  кДж/моль  
Изменение энтальпии, возникающее в процессе образования связи H-Cl, равно:  $-2 \times 432 = -864$  кДж/моль (Знак “минус” означает, что при образовании связи выделяется тепло, а число “2” – это количество молей HCl, равное 2).

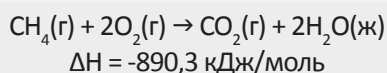
Общее изменение энтальпии для этой реакции  $\Delta H = +679 - 864 = -185$  кДж/моль, поэтому эта реакция является экзотермической.

• Рекомендуемые фильмы

- Кислород и горение
- Изменение энергии реакции
- Ковалентная связь

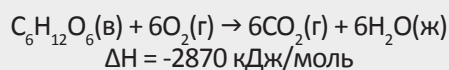
• Являются ли некоторые реакции всегда экзотермическими, а некоторые – эндотермическими?

Горение – всегда экзотермический процесс, поэтому мы сжигаем топливо, такое как метан, для выделения тепла и обеспечения энергией, которыми мы пользуемся для приготовления пищи или отопления наших домов.

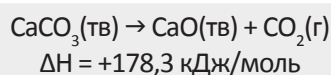


Взрывы, например, в фейерверках, а также использование динамита для карьерных работ, всегда связаны с экзотермическими реакциями. Взрывы – это очень быстрые реакции горения, как правило, сопряженные с одновременным выделением газа. Волна давления, создаваемая стремительным расширением горячего газа, производит звук взрыва.

Аэробное дыхание в клетках также является экзотермическим процессом, но, в отличие от взрыва, образующаяся энергия высвобождается гораздо более управляемым и менее разрушительным способом. Оно используется при таких полезных процессах, как употребление пищи, ходьба и мыслительные процессы! Молекулы глюкозы реагируют с кислородом, в результате чего образуются углекислый газ и вода с выделением большого количества энергии.



Реакции, протекающие при приготовлении и переваривании пищи, часто являются эндотермическими. Они требуют разрыва связей в больших и сложных молекулах, таких как белки, жиры и углеводы, образуя более простые и мелкие молекулы. Реакции термического разложения, как крекинг углеводородов и термическое разложение пищевой соды, также обычно эндотермические, как и термическое разложение известняка (карбонат кальция), который распадается на оксид кальция и углекислый газ в газовой печи:



Динамит был изобретен Альфредом Нобелем в 1867 году

• Рекомендуемые фильмы

- Кислород и горение
- Элементы: Кислород
- Изменение энергии реакции
- Нобель и динамит
- Как работают фейерверки?
- Катастрофа “Гинденбурга”
- Реакции окисления

## Глава 2: Скорости реакции

### • Почему некоторые реакции протекают быстро, а другие медленно?

Некоторые реакции, такие как взрывы, протекают более, чем в доли секунды. Другие, например, ржавление, коррозия, созревание плодов, брожение и пищеварение, протекают довольно медленно. Тем не менее, некоторые процессы, как фоссилизация, формирование известняка и песчаника, формирование сырой нефти, природного газа и угля, могут занять миллионы лет. Скорость реакции можно определить либо количеством продукта, образованного в секунду, либо количеством реагента, использованного в секунду. Под “количеством” мы подразумеваем “массу” или “объем”, в зависимости от участвующих веществ.

Чтобы понять, почему существует такая огромная разница в скоростях реакции, нужно понять, как происходят реакции. Для начала реакции между веществами **A** и **B** частица вещества **A** сталкивается с частицей вещества **B**. Это известно как “теория столкновений” реакции. Однако, недостаточно простого столкновения: до начала реакции они должны столкнуться с определенной минимальной энергией. Это известно как **энергия активации**, которая является пороговой величиной и обозначается как  $E_a$ . Энергия активации является пороговой величиной, поскольку некоторые связи внутри частиц должны разорваться до начала реакции. Без разрыва этих связей не будет никакой реакции. Поэтому энергия активации обычно эндотермическая, а энергия нужна для разрыва связей. Если частицы не имеют энергии, равной или большей, чем  $E_a$  они не будут реагировать, независимо от того, как часто они будут сталкиваться.

Диаграммы 1 и 2 показывают “холм” между реагентами и продуктами, известный как **энергетический барьер**. Наклон вверх по “холму” обусловлен энергией, необходимой для разрыва связей, а наклон вниз связан с энергией, выделяющейся при образовании связей. Энергия активации – это высота “холма”, измеренная от уровня реагентов.

Очень медленные реакции обладают очень высокой энергией активации. Например, реакции, протекающие в фоссилизации – это реакции между твердыми веществами, где связи между частицами очень сильные и требуют большого количества энергии для разрыва. В результате процесс фоссилизации протекает крайне медленно. Однако, даже сильно экзотермические реакции, как горение углерода в кислороде, могут иметь высокую энергию активации.

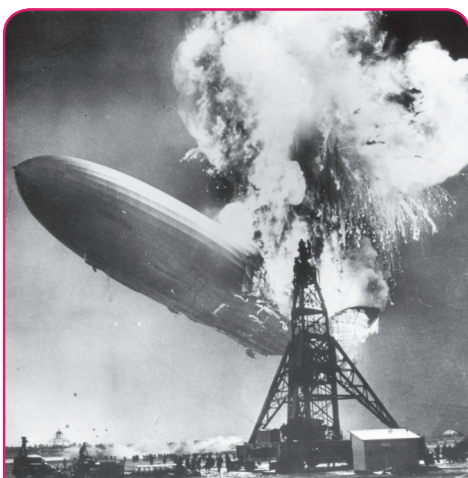
### • Рекомендуемые фильмы

- Скорости реакции: Основы
- Теория столкновений
- Ковалентная связь
- Твердые тела, жидкости и газы
- Брожение
- Созревающий фрукт

### • Контрольный вопрос

- Вопрос 3

### • Какие факторы влияют на скорость реакции?



Дирижабль “Гинденбург” был наполнен легковоспламеняющимся газом - водородом

**Температура** является одним из наиболее важных факторов. В процессе приготовления мяса при очень низкой температуре останется сырым, а при очень высокой температуре может сгореть. При повышении температуры частицы реагентов подвергаются быстрому движению, и, следовательно, они сталкиваются чаще в секунду. Однако, при этом более высокая доля частиц имеют энергию, которая больше, чем энергия активации, то есть происходят более успешные столкновения в секунду. Повышение температуры оказывает значительное воздействие на скорость реакции: так повышение температуры на  $10^{\circ}\text{C}$  может удвоить скорость, а повышение на  $60^{\circ}\text{C}$  может привести к 64-кратному увеличению скорости. Эффект еще более значительный, если реакция является экзотермической, так как тепло, выделяющееся в результате реакции, поднимает температуру еще выше, что увеличивает скорость. Подобный процесс “положительной реакции” может даже стать взрывоопасным. Можно увидеть этот эффект во многих реакциях горения и в фейерверках. Пожар, который уничтожил дирижабль “Гинденбург”, распространялся очень быстро, так как после начала реакции сильное экзотермическое горение газообразного водорода сгенерировало столько тепла, что реакционная смесь стала взрывной.



**Площадь поверхности** твердых веществ – это еще один фактор, влияющий на скорость реакции. При готовке овощей часто принято нарезать их на мелкие кусочки, так как за счет увеличения площади поверхности время их приготовления гораздо сокращается. Но слишком измельченные твердые вещества по этой причине могут быть опасными, потому что как только они воспламятся, они могут взорваться.

**Концентрация растворов** также играет важную роль. Концентрированные кислоты реагируют быстрее, чем разбавленные: в концентрированном растворе на кубический сантиметр приходится больше частиц, что ведет к большему количеству столкновений в секунду.

**Давление** влияет на скорость реакции в газах. При более высоком давлении частицы находятся ближе друг к другу, это означает, что частицы сталкиваются чаще в секунду, в результате чего происходят более успешные столкновения в секунду, а следовательно, более высокая скорость.

Наконец, **катализаторы** играют важную роль в увеличении скорости реакций, включая биохимические реакции в нашем организме, за счет которых в нас течет жизнь.

#### • Рекомендуемые фильмы

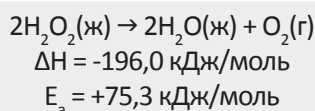
- Кислород и горение
- Изменение энергии реакции
- Катастрофа “Гинденбурга”
- Элементы: Кислород
- Нобель и динамит
- Как работают фейерверки?
- Реакции окисления

#### • Что такое катализатор?

Катализатор представляет собой вещество, способное ускорять реакцию, но при этом остающееся химически неизменным в конце реакции. Эта особенность катализаторов осуществляется за счет создания альтернативного пути реакции с более низкой энергией активации. Промышленные катализаторы часто являются переходными металлами или их соединениями.

Катализаторы очень важны для промышленной химии, так как они существенно ускоряют производственный процесс. Они обеспечивают протекание реакции при гораздо более низкой температуре, что позволяет снизить затраты на электроэнергию. Однако катализаторы не могут увеличить производительность реакции, они могут только повысить скорость образования продукта.

Особо важной группой катализаторов являются **ферменты** или биологические катализаторы. Ферменты – это белковые молекулы, форма которых позволяет им ускорять специфические реакции с удивительной эффективностью. Например, в организме вырабатывается пероксид водорода, который очень токсичен для наших клеток. Его можно удалить сильно экзотермической (но очень медленной при комнатной температуре) реакцией:



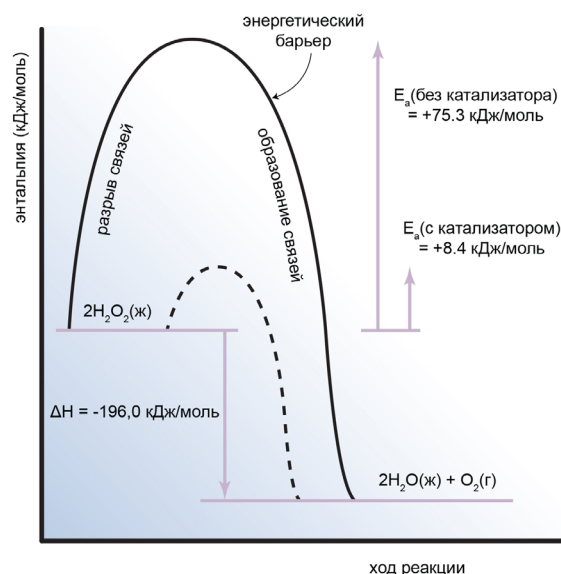
Ткани человека часто содержат фермент-катализатор, который больше всего сконцентрирован в печени. В присутствии этого фермента энергия активации для разложения пероксида водорода резко падает до  $E_a = +8,4$  кДж/моль, и скорость реакции повышается в  $10^{11}$  или в 100 000 000 000 раз. Скорость разложения в 100 млрд. раз быстрее, чем реакция без катализатора, гарантируя, что пероксиду водорода попросту не хватит времени, чтобы нанести вред нашим клеткам.

Ферменты играют важную роль в пищеварении, функционировании мышц, а также во многих других важных процессах биологии человека. Ферменты имеют применение в промышленности, например, в брожении при производстве вина и пива, а так же в производстве “биологических” моющих средств и бумаги, в производстве сыра, детского питания, очистителей контактных линз, умягчителей мяса.

#### ДИАГРАММА 03:

#### Кривая изменения энтальпии для разложения пероксида водорода

ХИМИЯ • РЕАКЦИИ • ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГИИ



#### • Рекомендуемые фильмы

- Скорости реакции: Основы
- Переходные материалы
- Теория столкновений
- Брожение

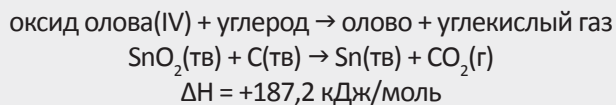
**ТАБЛИЦА 01:**

Реакция	Выход реакции	Катализатор	
Процесс Габера азот + водород $\rightleftharpoons$ аммиак $N_2(r) + 3H_2(r) \rightleftharpoons 2NH_3(r)$	Получение аммиака	железо	
Контактный способ диоксид серы + кислород $\rightleftharpoons$ триоксид серы $2SO_2(r) + O_2(r) \rightleftharpoons 2SO_3(r)$	Получение серной кислоты	пентаоксид ванадия	
Гидрирование растительных масел $RCH = CHR + H_2 \rightarrow RCH_2CH_2R$	Получение маргарина	никель	
Процесс Оствальда аммиак + кислород $\rightleftharpoons$ монооксид азота + вода $4NH_3(r) + 5O_2(r) \rightleftharpoons 4NO(r) + 6H_2O(ж)$	Получение азотной кислоты	платина/родий	
Каталитические преобразователи оксид азота + монооксид углерода $\rightarrow$ азот + диоксид углерода $2CO(r) + 2NO(r) \rightarrow N_2(r) + 2CO_2(r)$	Сокращение вредных выбросов машин	платина/палладий/родий	

### Глава 3: Окислительно-восстановительные реакции и электролиз

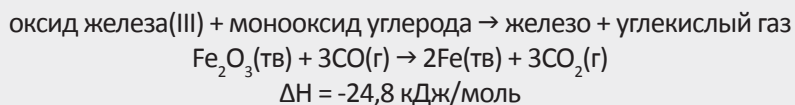
#### • Что такое окислительно-восстановительные реакции?

Окислительно-восстановительная реакция – это реакция, при которой одно вещество восстанавливается, а другое – окисляется. Одно из значений восстановления – это **отщепление кислорода**, а окисления – это **реакция с кислородом**. Окислительно-восстановительные реакции часто используются для извлечения металлов из руд, например, когда оловянную руду (оксид олова(IV), или касситерит) нагревают с углеродом:



В этом случае, у оксида олова(IV) отщепляется кислород, и поэтому он восстанавливается. Углерод присоединяет кислород, поэтому – окисляется.

Вещества, которые присоединяют кислород, называются **восстановителями**. Одним из первых обнаруженных восстановителей является углерод в виде древесного угля, который использовался в Бронзовом веке для получения олова и меди. В доменной печи монооксид углерода является восстановителем. Он отщепляет кислород из оксида железа(III) и окисляется до углекислого газа:



Окислительно-восстановительные реакции могут быть эндотермическими или экзотермическими, но из-за высокой энергии активации реакции, до начала реакции реагенты всегда должны быть нагреты до высокой температуры. Многие используемые нами металлы, в том числе олово, железо, цинк, свинец и медь, могут быть извлечены из руды. В то время как более активные металлы, такие как натрий, калий, магний и алюминий, не могут быть получены таким образом, поэтому их извлекают с использованием метода, называемого электролизом.

#### • Рекомендуемые фильмы

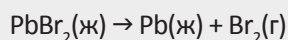
- Окислительно-восстановительные реакции
- Скорости реакции: Основы
- Теория столкновений
- Переходные материалы
- Элементы: Железо
- Окисление
- Элементы: Медь
- Элементы: Свинец
- Элементы: Калий
- Ряд активности металлов

#### • Контрольный вопрос

- Вопрос 4

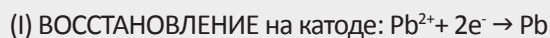
• Что такое электролиз?

Электролиз – это процесс, при котором **электричество используется для разложения соединения**. Соединение, которое распадается, называют электролитом. Электролиты состоят из **ионов**, и, как правило, являются соединениями металла и неметалла, например бромид свинца  $PbBr_2$ . Электролиты могут проводить электричество только тогда, когда они либо расплавлены, либо в растворенном виде, так как ток создается движением ионов. Ионы могут перемещаться только через жидкости. В твердом бромиде свинца(II) ионы свинца(II)  $Pb^{2+}$  и бромид-ионы  $Br^-$  зафиксированы и не могут двигаться, следовательно ток не может проходить через твердое вещество. В расплавленном бромиде свинца(II) ионы могут двигаться свободно, и он распадается на жидкий свинец и газ бром:

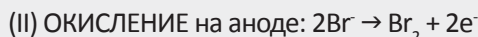


Для осуществления процесса электролиза в контейнер помещают электролит, в который вставляют два стержня, называемые электродами. Положительный электрод называется анодом, а отрицательный – катодом. Электроды могут изготавливаться из металла или углерода, так как они должны обладать способностью проводить электричество. Если электролит расплавленный, электроды должны иметь достаточно высокую температуру плавления. Анод и катод подключены к такому источнику питания, как ячейка (батарея). При условии, что электролит жидкий (расплавленный или в растворе), ионы начнут накапливаться на катоде или аноде, и начнутся химические реакции. Положительные ионы движутся к катоду, а отрицательные ионы – к аноду.

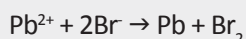
Электролиз – это эндотермический процесс, так как нужна энергия для разложения соединения. При электролизе расплавленного бромида свинца(II), ионы свинца(II) движутся к катоду, где они приобретают электроны и становятся расплавленным металлом свинца:



Бромид-ионы движутся к аноду, где они теряют электроны, становясь атомами брома, которые, в свою очередь, сразу же объединяются в пары для образования двухатомных молекул брома:



Приведенные выше уравнения называются полуреакциями, так как они показывают только **либо** процесс окисления, **либо** процесс восстановления. Полуреакции всегда требуют наличие электронов по одной или другой стороне стрелки. В реакции электролиза используют другое определение окисления и восстановления, в отличие от того, которое было в предыдущем разделе. **Окисление подразумевает потерю электронов, а восстановление – присоединение электронов**. В этом случае ионы свинца(II) присоединяют электроны, поэтому они восстанавливаются, а бромид-ионы теряют электроны, следовательно, они окисляются. Суммируя уравнения (I) и (II), мы получаем общую окислительно-восстановительную реакцию процесса электролиза:



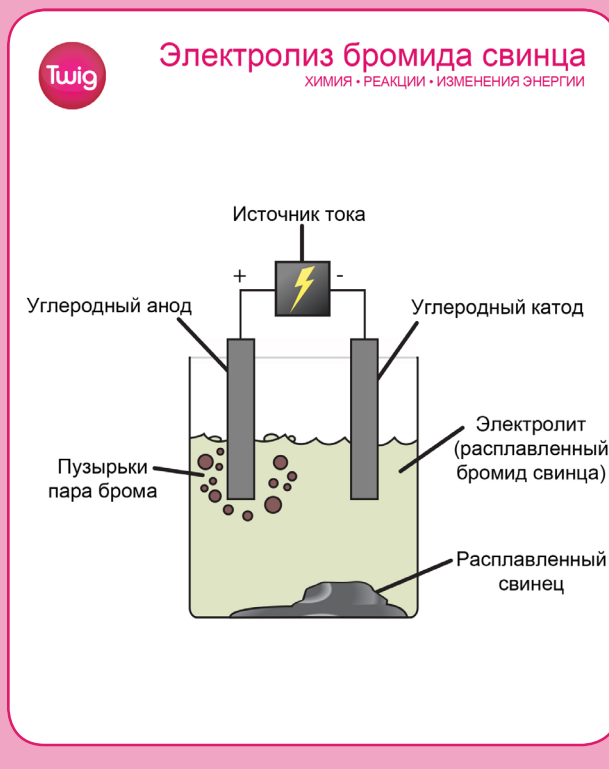
• Рекомендуемые фильмы

- Электролиз
- Реакции окисления
- Ионная связь
- Щелочные металлы
- Элементы: Калий
- Элементы: Свинец
- Галогены

• Контрольный вопрос

- Вопрос 5

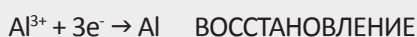
ДИАГРАММА 04:



### • Как извлекают алюминий?

До 1800 года люди не умели извлекать такие химически активные металлы, как калий и натрий. Традиционные восстановители, как углерод и монооксид углерода, просто не могли отщепить кислород из их оксидов. Только в начале XIX века, с появлением мощных электрических батарей, процесс извлечения этих очень активных металлов стал возможен. Первым, использовавшим электролиз для получения металлического натрия, калия, кальция, магния и бария, стал Хэмфри Дэви (1778–1829 гг.). Алюминий является самым распространенным металлом в земной коре. Он обладает высокой реакционной способностью, в результате чего для извлечения его из руды необходим электролиз. Алюминий встречается в бокситах, который является нечистым оксидом алюминия. Первая часть процесса извлечения включает в себя удаление примесей от белого порошка оксида алюминия  $Al_2O_3$  или корунда. Так как оксид алюминия имеет очень высокую температуру плавления  $2054^\circ C$ , требуется большое количество энергии для его расплавления. В начале XIX века высокие затраты энергии на процесс сделали алюминий почти таким же дорогим, как серебро. Прорыв произошел, когда Чарльз Холл (1863–1914 гг.) обнаружил, что минерал криолит  $Na_3AlF_6$  плавится при температуре около  $1000^\circ C$  и является хорошим растворителем для оксида алюминия. Французский ученый Поль Эру (1863–1914 гг.) сделал аналогичное открытие почти в то же время. На сегодня процесс Холла-Эру до сих пор является основой для извлечения алюминия. Их открытие означало, что оксид алюминия может быть растворен в расплавленном криолите, поэтому ионы алюминия и оксид-ионы могут свободно перемещаться, в случае чего возможен электролиз. В современном процессе расплавленный криолит с растворенным оксидом алюминия помещают в стальной сосуд при температуре около  $1000^\circ C$ , где катод и анод сделаны из углерода.

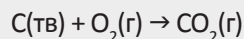
На катоде ионы алюминия присоединяют электроны (восстанавливаются) и становятся атомами алюминия, образуя жидкий алюминий, который сливают и охлаждают:



На аноде ионы кислорода теряют электроны (окисляются), образуя газообразный кислород:

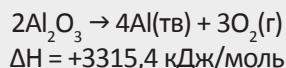


Газообразный кислород вступает в реакцию с углеродным анодом, образуя углекислый газ:



Аноды сжигаются и заменяются регулярно.

Общая реакция является сильно эндотермической, так как ионная связь в оксиде алюминия является очень сильной, поэтому для разрушения ионной структуры и извлечения металлического алюминия необходимо большое количество энергии.



### • Рекомендуемые фильмы

- Электролиз
- Ионная связь
- Щелочные металлы
- Элементы: Калий
- Ряд активности металлов
- Получение алюминия

### • Контрольные вопросы

- Вопросы 6 и 7



## • Рабочий лист

В1. Какой из этих процессов включает в себя химические реакции, которые являются экзотермическими?

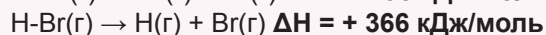
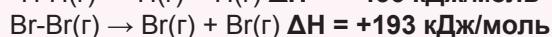
(a) горение пропана, (b) приготовление яйца, (c) взрыв фейерверка

(a) \_\_\_\_\_

(b) \_\_\_\_\_

(c) \_\_\_\_\_

В2. Как вычисляется изменение энтальпии для реакции  $\text{H}_2(\text{г}) + \text{Br}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{HBr}(\text{г})$ ?



Используйте приведенные выше данные для расчета изменения энтальпии реакции, используя обозначения и единицы. Запомните:  $\Delta\text{H} = (\text{сумма изменения энтальпии при разрыве связей}) - (\text{сумма изменения энтальпии при образовании связей})$

В3. Почему реакция углерода с кислородом обладает высокой энергией активации, хотя реакция является высоко экзотермической?

## • Рабочий лист

В4. В реакции  $2\text{CuO(тв)} + \text{C(тв)} \rightarrow 2\text{Cu(тв)} + \text{CO}_2(\text{г})$  какое вещество окисляется, какое восстанавливается, и что является восстановителем?

В5. Завершите приведенные ниже полуреакции, чтобы вывести реакции, протекающие при электролизе хлорида магния. Далее определите, что окисляется, что восстанавливается, и какова общая реакция?



В6. Перед тем, как в практику был внедрен процесс электролиза оксида алюминия, возможным способом получения алюминия был:  $6\text{Na(тв)} + \text{Al}_2\text{O}_3(\text{тв}) \rightarrow 2\text{Al(тв)} + 3\text{Na}_2\text{O(тв)}$   
Почему он был дорогим методом?

В7. Алюминий обладает высокой реакционной способностью. Почему можно использовать алюминиевую фольгу для оборачивания еды в духовке и в изготовлении кастрюль?

## • Ответы

В1. Какой из этих процессов включает в себя химические реакции, которые являются экзотермическими?

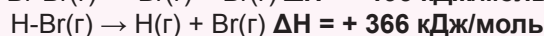
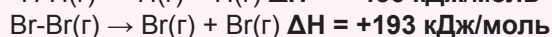
(a) горение пропана, (b) приготовление яйца, (c) взрыв фейерверка

(a) протекает с экзотермическими реакциями горения

(b) протекает с поглощением тепла, следовательно, эндотермический процесс

(c) протекает с экзотермическими реакциями горения

В2. Как вычисляется изменение энтальпии для реакции  $\text{H}_2(\text{г}) + \text{Br}_2(\text{г}) \rightarrow 2\text{HBr}(\text{г})$ ?



Используйте приведенные выше данные для расчета изменения энтальпии реакции, используя обозначения и единицы. Запомните:  $\Delta\text{H} = (\text{сумма изменения энтальпии при разрыве связей}) - (\text{сумма изменения энтальпии при образовании связей})$

$$436 + 193 - (2 \times 366) = -103 \text{ кДж/моль}$$

В3. Почему реакция углерода с кислородом обладает высокой энергией активации, хотя реакция является высоко экзотермической?

Углерод (древесный уголь) обладает гигантской структурой атомов, между атомами углерода в которой имеются очень сильные ковалентные (C-C) связи, а также большое количество энергии, необходимой для разрыва атомов углерода друг от друга. Молекулы кислорода  $\text{O}_2$  имеют сильные ковалентные (O=O) связи, которые также должны быть разорваны до начала реакции.

В результате, энергия активации для реакции является очень высокой, поэтому реакция с кислородом протекает очень медленно, если сначала сильно не нагреть твердый углерод.

## • Ответы

В4. В реакции  $2\text{CuO(тв)} + \text{C(тв)} \rightarrow 2\text{Cu(тв)} + \text{CO}_2(\text{г})$  какое вещество окисляется, какое восстанавливается, и что является восстановителем?

С окисляется до  $\text{CO}_2$   
 $\text{CuO}$  восстанавливается до  $\text{Cu}$   
Углерод является восстановителем.

В5. Завершите приведенные ниже полуреакции, чтобы вывести реакции, протекающие при электролизе хлорида магния. Далее определите, что окисляется, что восстанавливается, и какова общая реакция?



На катоде ионы магния восстанавливаются до атомов магния.

На аноде хлорид-ионы окисляются до молекул хлора.



В6. Перед тем, как в практику был внедрен процесс электролиза оксида алюминия, возможным способом получения алюминия был:  $6\text{Na(тв)} + \text{Al}_2\text{O}_3(\text{тв}) \rightarrow 2\text{Al(тв)} + 3\text{Na}_2\text{O(тв)}$

Почему он был дорогим методом?

Чистый натрий может быть получен только путем электролиза, поэтому он был бы дорогим металлом. Для осуществления реакции также необходима высокая температура из-за очень высокой температуры плавления оксида алюминия.

В7. Алюминий обладает высокой реакционной способностью. Почему можно использовать алюминиевую фольгу для оборачивания еды в духовке и в изготовлении кастрюль?

Алюминий обладает очень тонким, плотным слоем оксида алюминия на его поверхности, который действует как барьер, а также предотвращает доступ воздуха и воды к алюминиевому металлу под ним. Это предотвращает столь бурную реакцию алюминия соответственно его расположению в ряде активности металлов.



## • Тесты

## Кислород и горение

## Основной

• Что из следующего НЕ является необходимым для процесса горения?

- A – первоначальный источник тепла
- B – топливо
- C – источник кислорода
- D – вода

• В результате процесса горения вещества, продукты реакции всегда содержат соединения

- A – азота
- B – кислорода
- C – углерода
- D – серы

• Лавуазье определил, что при нагревании олова, оно

- A – увеличивается в массе
- B – теряет массу
- C – изменяет цвет
- D – испаряется

• Правильная формула молекул кислорода

- A – O
- B – O<sub>2</sub>
- C – O<sub>3</sub>
- D – O<sub>4</sub>

## Углубленный

• Если нагреть железную проволоку, она увеличивается в массе, так как

- A – соединяется с кислородом
- B – ржавеет
- C – испускает свет
- D – расширяется

• В результате процесса горения железа в воздухе, образуется

- A – вода
- B – оксид железа
- C – ржавчина
- D – нитрид железа

• Что из следующих соединений НЕ является продуктом процесса горения?

- A – CO
- B – CO<sub>2</sub>
- C – CH<sub>4</sub>
- D – SO<sub>2</sub>

• В результате горения водорода в потоке кислорода образуется

- A – пероксид водорода
- B – углекислый газ
- C – вода
- D – монооксид углерода

## Электролиз

### Основной

• Когда Хэмфри Дэви подверг электролизу гидроксид калия, он заметил следующий цвет пламени:

- A – красный
- B – фиолетовый
- C – синий
- D – зеленый

• Отрицательный электрод называется

- A – катодом
- B – анодом
- C – ионом
- D – электролизом

• Электролиз гидроксида калия не был возможен до 1800 года, так как

- A – не был создан гидроксид калия
- B – электролиз был слишком дорогим
- C – электролиз был слишком опасен
- D – не были доступны электрические батарейки

• Металл, который до сих пор извлекают посредством электролиза

- A – железо
- B – вольфрам
- C – алюминий
- D – золото

### Углубленный

• Во время электролиза гидроксида калия ток в расплавленном соединении перемещается с помощью

- A – ионов
- B – атомов
- C – электронов
- D – протонов

• Какое соединение НЕ состоит из ионов?

- A – гидроксид калия KOH
- B – гидроксид натрия NaOH
- C – метан CH<sub>4</sub>
- D – оксид магния MgO

• Какой из этих продуктов НЕ образуется во время электролиза гидроксида калия?

- A – кислород на катоде
- B – вода на аноде
- C – калий на катоде
- D – кислород на аноде

• Какое из этих утверждений НЕ является верным для электролиза?

- A – это химическая реакция
- B – во время процесса образуется один или больше элементов
- C – поглощается энергия
- D – может быть использован для получения благородных газов

## Окислительно-восстановительные реакции

## Основной

• Какая из этих реакций НЕ является окислительной реакцией?

- A – коррозия
- B – горение
- C – пищеварение
- D – дыхание

• Поверхность алюминия обладает тонким слоем

- A – нитрида алюминия
- B – оксида алюминия
- C – сульфида алюминия
- D – карбоната алюминия

• Химическое название ржавчины

- A – оксид железа (II)
- B – оксид железа (III)
- C – гидратированный оксид железа (II)
- D – гидратированный оксид железа (III)

• Алюминий пригоден для упаковки еды, так как он

- A – реакционноспособен
- B – инертен
- C – имеет низкую плотность
- D – проводит электричество

## Углубленный

• Коррозия происходит, когда железо подвергается действию

- A – воды
- B – воды и кислорода
- C – кислорода
- D – кислорода и азота

• Поверхностный слой оксида алюминия означает, что алюминий

- A – достаточно инертен с водой и кислородом
- B – не проводит тепла
- C – непрочный
- D – не проводит электричества

• Металл, который не вступает в реакцию с кислородом – это

- A – магний
- B – натрий
- C – золото
- D – медь

• Какое из этих утверждений об окислении металлов неверное?

- A – масса металла увеличивается при его окислении
- B – оксиды металлов образуются в процессе окисления
- C – оксиды металлов – это ионные твердые тела
- D – окисление металлов – эндотермический процесс

## • Ответы

## Кислород и горение

## Основной

• Что из следующего НЕ является необходимым для процесса горения?

- A – первоначальный источник тепла
- B – топливо
- C – источник кислорода

• В результате процесса горения вещества, продукты реакции всегда содержат соединения

A – азота

C – углерода

D – серы

• Лавуазье определил, что при нагревании олова, оно

B – теряет массу

C – изменяет цвет

D – испаряется

• Правильная формула молекул кислорода

A – O

C – O<sub>3</sub>

D – O<sub>4</sub>

## Углубленный

• Если нагреть железную проволоку, она увеличивается в массе, так как

B – ржавеет

C – испускает свет

D – расширяется

• В результате процесса горения железа в воздухе, образуется

A – вода

C – ржавчина

D – нитрид железа

• Что из следующих соединений НЕ является продуктом процесса горения?

A – CO

B – CO<sub>2</sub>

D – SO<sub>2</sub>

• В результате горения водорода в потоке кислорода образуется

A – пероксид водорода

B – углекислый газ

D – монооксид углерода



## Электролиз

### Основной

• Когда Хэмфри Дэви подверг электролизу гидроксид калия, он заметил следующий цвет пламени:

A – красный

**B – фиолетовый**

C – синий

D – зеленый

• Отрицательный электрод называется

**A – катодом**

B – анодом

C – ионом

D – электролизом

• Электролиз гидроксида калия не был возможен до 1800 года, так как

A – не был создан гидроксид калия

B – электролиз был слишком дорогим

C – электролиз был слишком опасен

**D – не были доступны электрические батарейки**

• Металл, который до сих пор извлекают посредством электролиза

A – железо

B – вольфрам

**C – алюминий**

D – золото

### Углубленный

• Во время электролиза гидроксида калия ток в расплавленном соединении перемещается с помощью

**A – ионов**

B – атомов

C – электронов

D – протонов

• Какое соединение НЕ состоит из ионов?

A – гидроксид калия KOH

B – гидроксид натрия NaOH

**C – метан CH<sub>4</sub>**

D – оксид магния MgO

• Какой из этих продуктов НЕ образуется во время электролиза гидроксида калия?

**A – кислород на катоде**

B – вода на аноде

C – калий на катоде

D – кислород на аноде

• Какое из этих утверждений НЕ является верным для электролиза?

A – это химическая реакция

B – во время процесса образуется один или больше элементов

C – поглощается энергия

**D – может быть использован для получения благородных газов**

## Окислительно-восстановительные реакции

## Основной

• Какая из этих реакций НЕ является окислительной реакцией?

A – коррозия

B – горение

**C – пищеварение**

D – дыхание

• Поверхность алюминия обладает тонким слоем

A – нитрида алюминия

**B – оксида алюминия**

C – сульфида алюминия

D – карбоната алюминия

• Химическое название ржавчины

A – оксид железа (II)

B – оксид железа (III)

C – гидратированный оксид железа (II)

**D – гидратированный оксид железа (III)**

• Алюминий пригоден для упаковки еды, так как он

A – реакционноспособен

**B – инертен**

C – имеет низкую плотность

D – проводит электричество

## Углубленный

• Коррозия происходит, когда железо подвергается действию

A – воды

**B – воды и кислорода**

C – кислорода

D – кислорода и азота

• Поверхностный слой оксида алюминия означает, что алюминий

**A – достаточно инертен с водой и кислородом**

B – не проводит тепла

C – непрочный

D – не проводит электричества

• Металл, который не вступает в реакцию с кислородом – это

A – магний

B – натрий

**C – золото**

D – медь

• Какое из этих утверждений об окислении металлов неверное?

A – масса металла увеличивается при его окислении

B – оксиды металлов образуются в процессе окисления

C – оксиды металлов – это ионные твердые тела

**D – окисление металлов – эндотермический процесс**