

**Обратимость
химических
реакций.
Химическое
равновесие**

- Химические реакции с участием органических и неорганических веществ делятся на обратимые и необратимые.
- Необратимыми называются реакции, протекающие только в одном направлении и завершающиеся полным превращением исходных веществ в конечные продукты реакции.

Необратимые реакции

Необратимые реакции

- Необратимыми являются такие реакции, при протекании которых:
- - образующиеся продукты уходят из сферы реакции в виде осадка или газа;
- - образуются малодиссоциирующие вещества;
- - выделяется большое количество энергии (горение, взрыв)
- Например, реакции
- $S + O_2 = SO_2$
- $NaCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + NaNO_3$
- Необратимые реакции доходят до конца.

Обратимые реакции

- Рассмотрим реакцию окисления оксида серы (IV) кислородом:
- $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$
- Эта реакция при определенной температуре, в присутствии катализатора, начинает протекать, как обычно: из оксида серы (IV) и кислорода образуется новое вещество оксид серы (VI).
- Но, в какой-то определенный момент времени, когда реакция окисления оксида серы (IV) ещё не закончилась, в этой же системе, при тех же условиях, начинается самопроизвольно другая реакция - разложение оксида серы (VI):
- $2\text{SO}_3 \rightarrow 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$

Обратимые реакции

- Обе реакции начинают происходить одновременно: образование SO_3 и разложение SO_3
- Первую реакцию называют прямой $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$
→
- Вторую реакцию называют обратной $2\text{SO}_3 \rightarrow 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$
←
- Писать два уравнения реакций не обязательно, достаточно написать одно уравнение и поставить знак обратимости (\rightleftharpoons)
- $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$
- Такая химическая реакция и будет являться обратимой.

Обратимые реакции

- Обратимыми называют химические реакции, протекающие при одних и тех же условиях в двух взаимно противоположных направлениях одновременно. Обратимые реакции не доходят до конца, т.к. в таких реакциях неизбежно наступает момент химического равновесия. Сначала концентрации исходных веществ SO_2 и O_2 постепенно уменьшаются, поэтому скорость прямой реакции тоже постепенно уменьшается. Концентрация продукта реакции SO_3 , наоборот, увеличивается, поэтому постепенно увеличивается скорость обратной реакции. Момент, когда скорости прямой и обратной реакции сравниваются, и называют химическим равновесием.
- В момент равновесия столько же одних веществ образуется, сколько других веществ расходуется.



Химическое равновесие

- Состояние системы, при котором скорость прямой реакции равна скорости обратной реакции, называется **химическим равновесием**.

$$\begin{array}{ccc} \rightarrow & & \rightarrow \\ v_1 & = & v_2 \end{array}$$

Факторы, влияющие на смещение химического равновесия

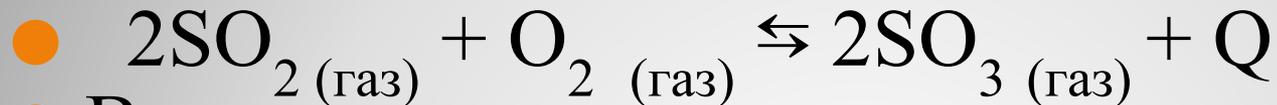
- Для того, чтобы довести обратимую реакцию до конца с целью получить продукты реакции, необходимо вывести систему из состояния химического равновесия с помощью внешних факторов.
- Поскольку химическое равновесие является динамичным, т.е. подвижным, на его смещение влияют следующие факторы: концентрация реагирующих или образующихся веществ, температура, давление.

Факторы, влияющие на смещение химического равновесия

- Концентрация реагирующих или образующихся веществ:
- - при увеличении концентрации любого из исходных веществ (кроме твёрдых) химическое равновесие смещается в сторону прямой реакции.
- Например, в реакции $2\text{SO}_{2(\text{газ})} + \text{O}_{2(\text{газ})} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(\text{газ})}$ равновесие смещается в сторону образования SO_3 при увеличении концентрации SO_2 или O_2 , либо обоих исходных веществ;
- - при увеличении концентрации любого из продуктов реакции (кроме твёрдых) химическое равновесие смещается в сторону обратной реакции.
- Например, в реакции $2\text{SO}_{2(\text{газ})} + \text{O}_{2(\text{газ})} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(\text{газ})}$ равновесие смещается в сторону образования SO_2 и O_2 при увеличении концентрации SO_3

Факторы, влияющие на смещение химического равновесия

- 2. Температура



- В экзотермических реакциях при увеличении температуры равновесие смещается в сторону обратной реакции, при уменьшении температуры – в сторону прямой реакции.
- В эндотермических реакциях при увеличении температуры равновесие смещается в сторону прямой реакции, при уменьшении температуры – в сторону обратной реакции.

Факторы, влияющие на смещение химического равновесия

- 3. Давление
- Если в системе среди веществ, участвующих в реакции, есть газы, то на смещение хим. равновесия может влиять давление.
- $2\text{SO}_{2(\text{газ})} + \text{O}_{2(\text{газ})} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(\text{газ})}$
- Например, в реакции окисления оксида серы (IV) все вещества являются газообразными. Судя по уравнению, в реакцию вступают два объёма оксида серы (IV) и один объём кислорода (объёмы газов определяют по стехиометрическим коэффициентам). После реакции образуется два объёма оксида серы (VI). Т.е., до реакции было три объёма газа, а после реакции – два, следовательно, с течением прямой реакции давление в системе падает, поэтому, для смещения равновесия вправо, давление надо повышать. При понижении давления в такой реакции равновесие сместится влево, в сторону обратной реакции.
- Если в системе равно количество объёмов газов до и после реакции, то давление не будет влиять на смещение хим. равновесия.

- Катализатор или ингибитор не влияют на смещение химического равновесия в обратимых реакциях.

**Факторы, влияющие на смещение
химического равновесия**

- Влияние внешних факторов на смещение хим. равновесия подчиняется принципу Ле Шателье:
- если на систему, находящуюся в состоянии хим. равновесия, подействовать каким-либо из внешних факторов (изменить концентрацию вещества, температуру, давление), то равновесие сместится в ту сторону, которая способствует ослаблению этого действия.

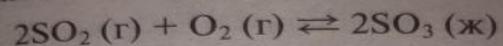


**Факторы, влияющие на смещение
химического равновесия**

0,1 моль...
ную скорость реакции на трех временных этапах и по-
стройте график, показывающий зависимость скорости ре-
акции от времени.

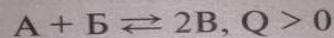
Химическое равновесие

12.10. В реакции



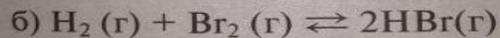
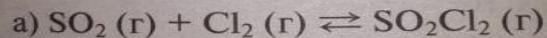
установилось химическое равновесие. Какое влияние на равновесие окажут: а) увеличение давления; б) уменьшение концентрации оксида серы (VI)?

12.11. В системе

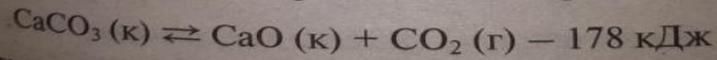


установилось равновесие. Какое влияние окажут на равновесное состояние: а) понижение температуры; б) катализатор?

12.12. Как повлияет увеличение давления на равновесие в следующих схемах:

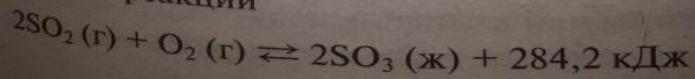


12.13. Как надо изменить температуру и давление, чтобы равновесие в реакции разложения карбоната кальция



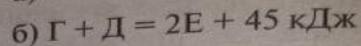
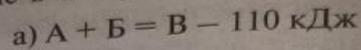
сместить в сторону продуктов разложения?

12.14. В каком направлении будет смещаться равновесие в обратимой реакции

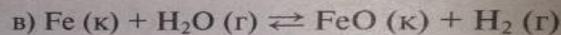
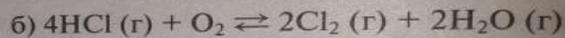
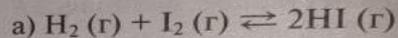


а) при уменьшении температуры; б) при уменьшении давления; в) при добавлении катализатора?

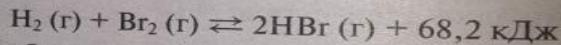
12.15. Как повлияет уменьшение температуры на химическое равновесие в следующих системах:



12.16. Сместится ли равновесие в следующих обратимых системах при повышении давления (если сместится, укажите, в какую сторону):

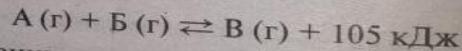


12.17. Изменением каких параметров можно добиться смещения равновесия в системе



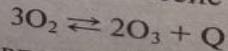
в сторону образования бромоводорода?

12.18. Реакция



при определенных условиях является обратимой. Какое влияние на равновесное состояние этой обратимой системы окажут: а) увеличение давления; б) понижение температуры; в) введение катализатора; г) увеличение концентрации вещества В?

12.19. Как изменится равновесие в обратимой реакции

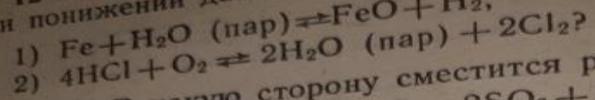
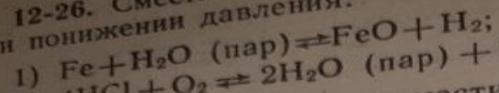


а) при увеличении давления; б) при уменьшении температуры?

12.20. В каком случае изменение давления не будет вызывать смещения равновесия в реакциях с участием газообразных веществ? Приведите пример такой реакции.

12.21. Как можно сместить равновесие в сторону исходного вещества или в сторону продуктов в эндотермической реакции разложения оксида ртути (II)?

○ 12-26. Сместится ли равновесие системы и в какую сторону при понижении давления:

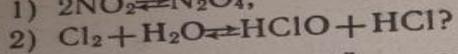
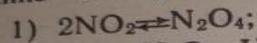


○ 12-27. В какую сторону сместится равновесие системы $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3 + Q$

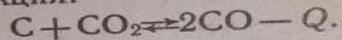
а) при повышении температуры; б) при повышении давления?

○ 12-28. Является ли реакция распада пероксида водорода на воду и кислород обратимой?

○ 12-29. Какова относительная скорость прямой реакции по сравнению с обратной в состоянии равновесия для процессов:



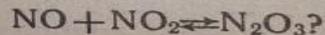
○ 12-30. При взаимодействии угля с углекислым газом наблюдается обратимая реакция:



При каких условиях образование угарного газа минимальное?

○ 12-31. Если через смесь азота с водородом пропускать искровой разряд, то образуется лишь немного аммиака. Но если при этом газовая смесь находится над серной кислотой, то синтез идет до конца. Укажите, что является причиной такого изменения в ходе процесса.

○ 12-32. Какие вещества образуются при действии раствора гидроксида натрия на смесь равных объемов оксида азота (II) и оксида азота (IV), реагирующих согласно уравнению:



○ 12-33. Почему железная окалина при нагревании в непрерывном токе водорода восстанавливается в металлическое железо полностью, хотя восстановление водородом железной окалины относится к обратимым реакциям?

○ 12-34. Как влияет температура на процесс адсорбции и противоположный ему — процесс десорбции? Каким процессом является адсорбция: экзотермическим или эндотермическим?

○ 12-35. В какую сторону смещается равновесие гидролиза соли: а) при разбавлении раствора; б) при нагревании раствора?

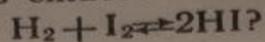
ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ¹

12-36. Во всех ли случаях...

воды

Изменится ли состав смеси со временем?

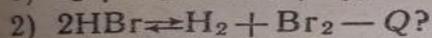
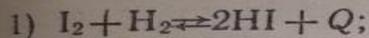
12-17. Изменится ли состояние равновесия в следующей системе, если смесь газов сжать:



12-18. Смесь водорода с кислородом можно хранить при обычной температуре неопределенно долго. Можно ли сказать, что здесь достигнуто состояние равновесия? Чтобы правильно ответить на этот вопрос, учтите представление о скорости реакции.

12-19. Изменится ли давление в замкнутой системе, если при нормальных условиях смешать равные объемы хлора и водорода и облучить смесь ультрафиолетовыми лучами? Ответ поясните.

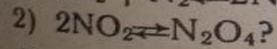
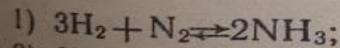
○ 12-20. В какую сторону смещаются равновесия при повышении температуры в следующих системах:



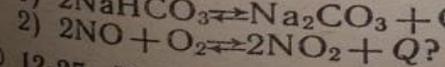
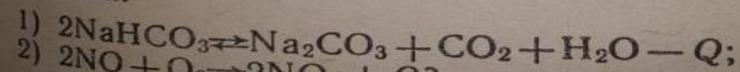
○ 12-21. Можно ли рассматривать как равновесную реакцию восстановления оксида меди (II) водородом? Ответ поясните.

○ 12-22. Почему железные опилки при нагревании в непрерывном потоке водяного пара до конца окисляются в железную окалину, хотя окисление железа водяным паром относится к обратным реакциям?

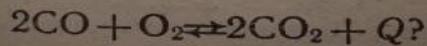
○ 12-23. В какую сторону сместятся равновесия при повышении давления в системах:



○ 12-24. Как изменятся равновесия при понижении температуры в системах:



○ 12-25. Как повлияет: а) повышение давления; б) повышение температуры; в) увеличение концентрации кислорода на равновесие системы:



- Тепловой эффект реакции (Q) – это количество теплоты (энергии), которая выделяется или поглощается в результате химической реакции.
- По тепловому эффекту реакции делятся
- на **экзо**термические (с выделением энергии) $+ Q$ и
- **эндо**термические (с поглощением энергии) $- Q$

Классификация химических реакций по тепловому эффекту

- Уравнения химических реакций, в которых указан тепловой эффект реакций, называются термохимическими

Термохимические уравнения

- На какие группы делят химические реакции по тепловому эффекту?
- $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 - 157 \text{ кДж}$
- $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5 + 3010 \text{ кДж}$
- $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + 63,6 \text{ кДж}$
- $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2610 \text{ кДж}$
- $\text{H}_2\text{O} + \text{C} = \text{CO} + \text{H}_2 - 132 \text{ кДж}$
- $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI} - 52 \text{ кДж}$
- $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 - 92 \text{ кДж} = 2\text{NH}_3$
- $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 393 \text{ кДж}$

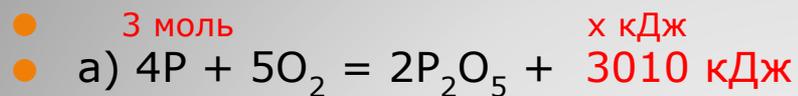
Термохимические уравнения

Задача

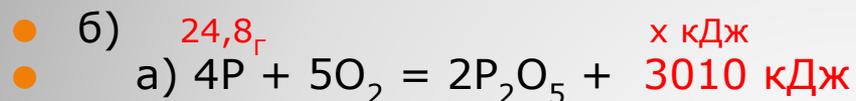
- Дано:
- а) $n(\text{P}) = 3$ моль
- б) $m(\text{P}) = 28,4\text{г}$
- в) $m(\text{P}) = 15,5\text{кг}$
- Найти: Q -?

**Вычисления по
термохимическим уравнениям**

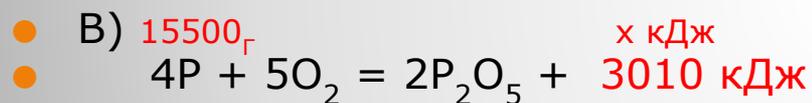
● Решение:



● 4 моль
● $Q = \frac{3 \text{ моль} * 3010 \text{ кДж}}{4 \text{ моль}} = 2257,5 \text{ кДж}$



● 124 Г
● $Q = \frac{24,8 \text{ Г} * 3010 \text{ кДж}}{124 \text{ Г}} = 602 \text{ кДж}$



● 124 Г
● $Q = \frac{15500 \text{ Г} * 3010 \text{ кДж}}{124 \text{ Г}} = 376250 \text{ кДж}$

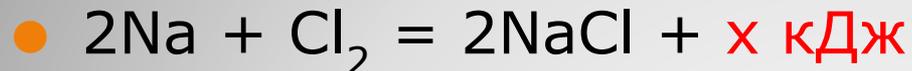
**Вычисления по
термохимическим уравнениям**

- Задача 2
- Дано:
- $m(\text{Na}) = 18,4\text{г}$
- $Q_1 = 328,88 \text{ кДж}$
- $Q_2 = ?$

**Вычисления по
термохимическим уравнениям**

● Решение:

● 18,4г 328,88 кДж



● 46г

●

● $Q_2 = \frac{46\text{г} * 328,88 \text{ кДж}}{18,4\text{г}} = 822,2 \text{ кДж}$

●



●

**Вычисления по
термохимическим уравнениям**