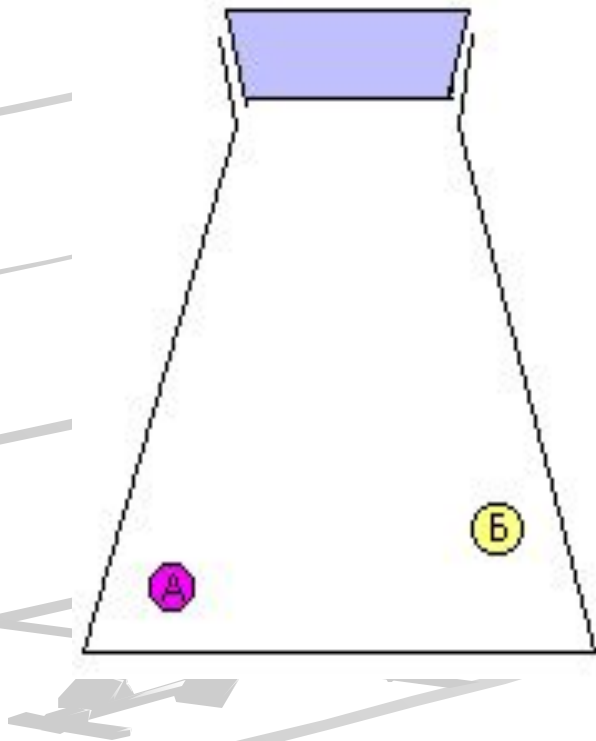


# Скорость химических реакций.

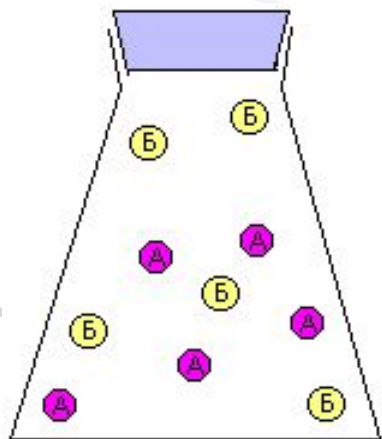


# Химическая реакция



- Это активное столкновение молекул, при котором происходит разрыв «старых» связей и образование «новых» связей

**Скорость химической реакции** - это число элементарных актов в единицу времени в единице объёма

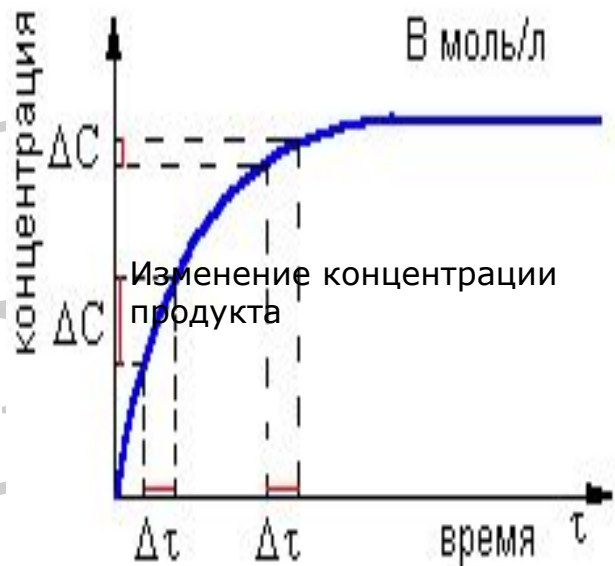


При протекании химических реакций происходит изменение концентраций веществ, участвующих в реакции:

- Концентрация реагирующих веществ уменьшается;
- Концентрация продуктов увеличивается



**Скорость гомогенной химической реакции - ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ реагента или продукта в единицу времени.**



# Формулы для расчета скорости реакции

**V** - для гомогенной реакции  
Реагирующие вещества  
находятся в одном агрегатном  
состоянии или фазе.

$$V = \Delta C / \Delta t$$

$\Delta C = C_2 - C_1$  ( молярные  
концентрации реагирующих или  
образующихся веществ)

$t = t_2 - t_1$  (момент времени)

Единица измерения скорости  
реакции - моль/ л·с

**V** - для гетерогенной реакции  
Реагирующие вещества  
находятся в разных  
агрегатных состояниях или  
разных фазах.

$$V = \Delta C / \Delta t \cdot S$$

S – площадь соприкосновения  
реагирующих веществ

Единица измерения скорости  
реакции - моль/ м<sup>2</sup>·с

*по приведённым формулам можно  
рассчитать лишь некоторую среднюю  
скорость данной реакции в  
выбранном интервале времени (ведь  
для большинства реакций скорость  
уменьшается по мере их протекания)*

## Задача:

- Химическая реакция протекает в растворе, согласно уравнению:
- $A + B = C$
- Исходная концентрация: вещества А – 0,80 моль/л. Через 20 минут концентрация вещества А снизилась до 0,74 моль/л.
- Определите среднюю скорость реакции за этот промежуток времени?

## Решение:

- Дано:  $C(A) = 0,80$  моль/л;  $C(A1) = 0,74$  моль/л;  
 $\Delta t = 20$  минут.

- Найти:  $V_{\text{гомог.}} = ?$

- Решение:

1. Определение средней скорости реакции в растворе производится по формуле:  $V = \Delta C / \Delta t$

Подставим значения в формулу:

$$V = 0,8 - 0,74 / 20 = 0,003 \text{ моль / л}\cdot\text{мин.}$$

Ответ:  $0,003$  моль / л·мин.

# *Факторы, влияющие на скорость реакции*

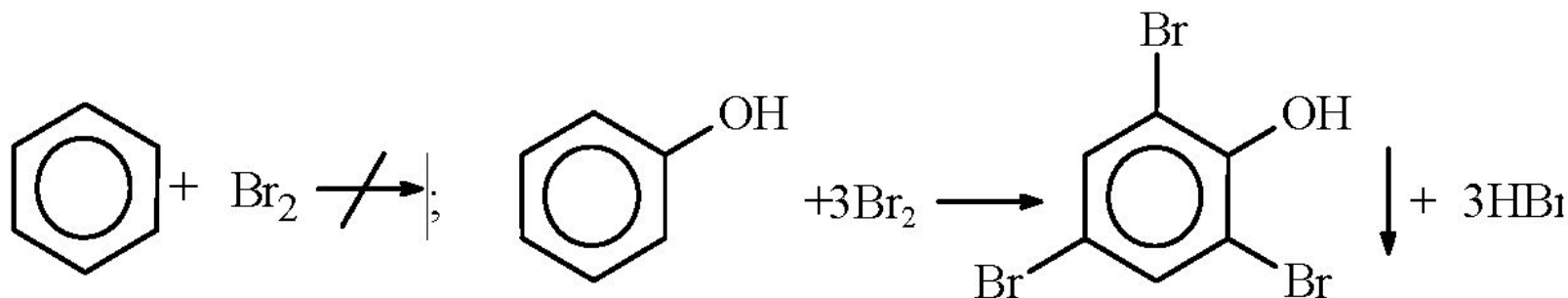
- Природа реагирующих веществ
- Площадь поверхности твердого вещества
- Концентрация реагирующих веществ
- Температура
- Катализатор



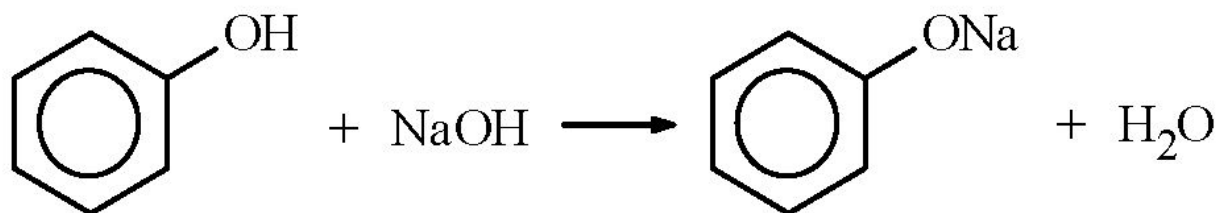
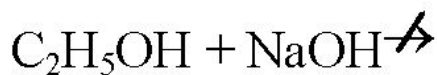
# 1. Природа реагирующих веществ

Под природой реагирующих веществ понимают их состав, строение, взаимное влияние атомов в веществах.

Примером взаимного влияния атомов в веществах могут служить серная и сернистая кислоты:



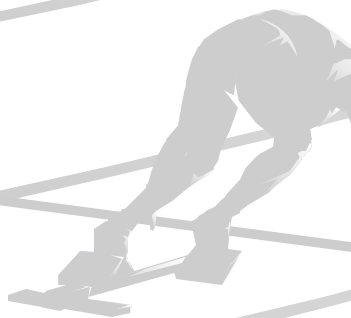
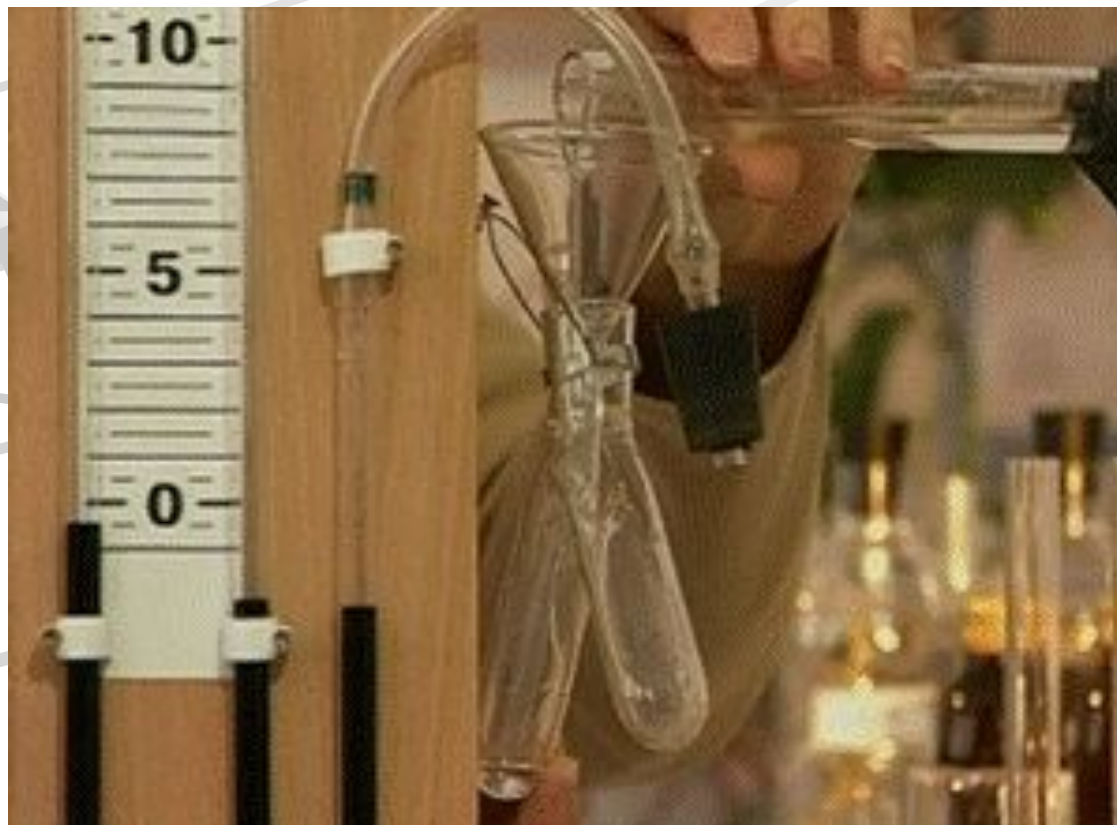
фенол и этанол:





## 2. Площадь поверхности твердого вещества

Если в реакции кроме жидкости (или газа) участвуют твердые вещества, площадь их поверхности влияет на скорость реакции. Чем больше поверхность твердых тел, тем больше и поверхность соприкосновения реагирующих веществ, и выше скорость реакции. Расплющим гранулы цинка – площадь их поверхности увеличится.



### 3. Концентрация реагирующих веществ

Чем больше концентрация реагирующих веществ, тем больше скорость химической реакции.

#### **Закон действующих масс (Н.И.Бекетов)**

Скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ



$k$  – константа скорости.



## 4. Влияние температуры

Правило Вант-Гоффа:

При повышении температуры на каждые 10 градусов скорость реакций увеличивается в 2-4 раза

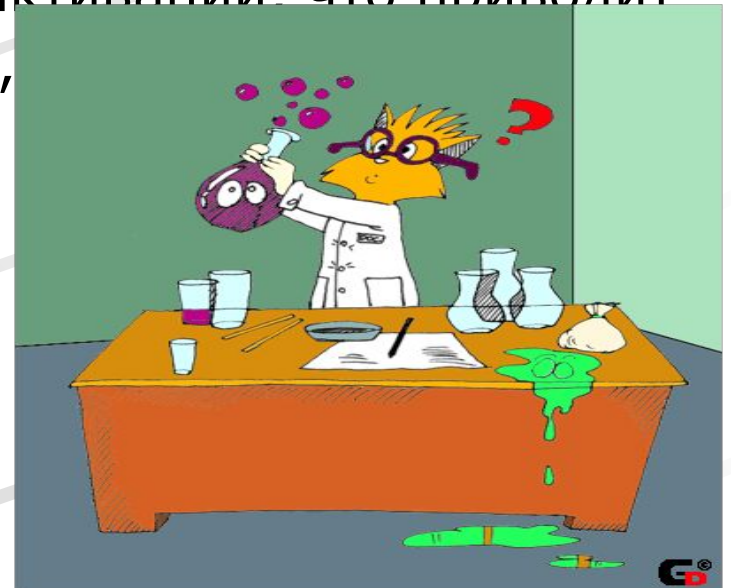
Математическая формула:  $V_2 / V_1 = Y^{\Delta t / 10}$

где  $V_2$  – скорость реакции при температуре  $t_2$ ,  
 $V_1$  – скорость реакции при температуре  $t_1$ ,  
 $Y$  – температурный коэффициент

Число, показывающее, во сколько раз увеличивается скорость реакции при повышении температуры на  $10^\circ \text{C}$ , называют **температурным коэффициентом**.

# 5. Катализатор

- Катализаторами называются вещества, которые влияют на скорость реакции, но сохраняют свой химический состав.
- Изменение скорости реакции под действием катализатора называется катализом.
- Катализаторы снижают энергию активации, что приводит к возрастанию активных молекул, увеличивается





# Закон действующих масс

## Н.И. Бекетов

Скорость химической реакции пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, взятых в степенях равных их стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции.

Для реакции:  $A+B=C$

$$V_1 = k_1 C_A \cdot C_B,$$

Для реакции:  $A+4B=D$

$$V_2 = k_2 C_A \cdot C_B^4.$$

В этих формулах:  $C_A$  и  $C_B$  – концентрации веществ А и В (моль/л),  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты пропорциональности, называемые **константами скоростей реакции**.

Эти формулы также называют **кинетическими уравнениями**.

# Теория активации

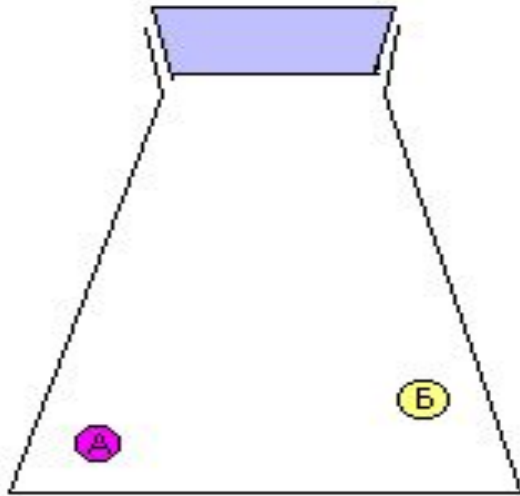


## Выводы:

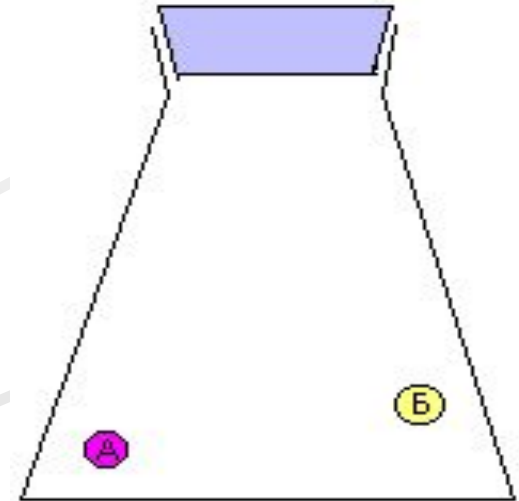
1. Повышение температуры усиливает скорость движения молекул, увеличивая тем самым число столкновений между ними.
  2. Реакция протекает только тогда когда сталкивающиеся молекулы имеют избыток энергии ( по сравнению с величиной энергии всех молекул при данной температуре) Такие молекулы называются активными.
  3. Один из способов активации молекул - повышение температуры, благодаря чему резко увеличивается скорость реакции.
- *Энергия, которую надо сообщить молекулам, чтобы превратить их в активные, называется энергией активации(  $E_a$ ).*

# Энергия активации

Реакция, которая происходит в замкнутом сосуде между некоторыми газообразными веществами А и Б по уравнению:



Для того, чтобы молекулы А и Б прореагировали между собой, они должны сначала столкнуться. Причем столкновение должно быть достаточно энергичным. Энергия, запасенная в молекулах А и Б, должна быть больше какой-то определенной величины - иначе они просто отталкиваются друг от друга, не вступая в реакцию



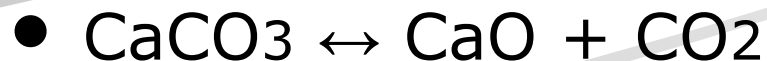
Если же энергия столкновения достаточно, образуется продукт В

# Примеры химических реакций

- Необратимые х.р.



- Обратимые х.р.





# Химическое равновесие



- Обратимая химическая реакция



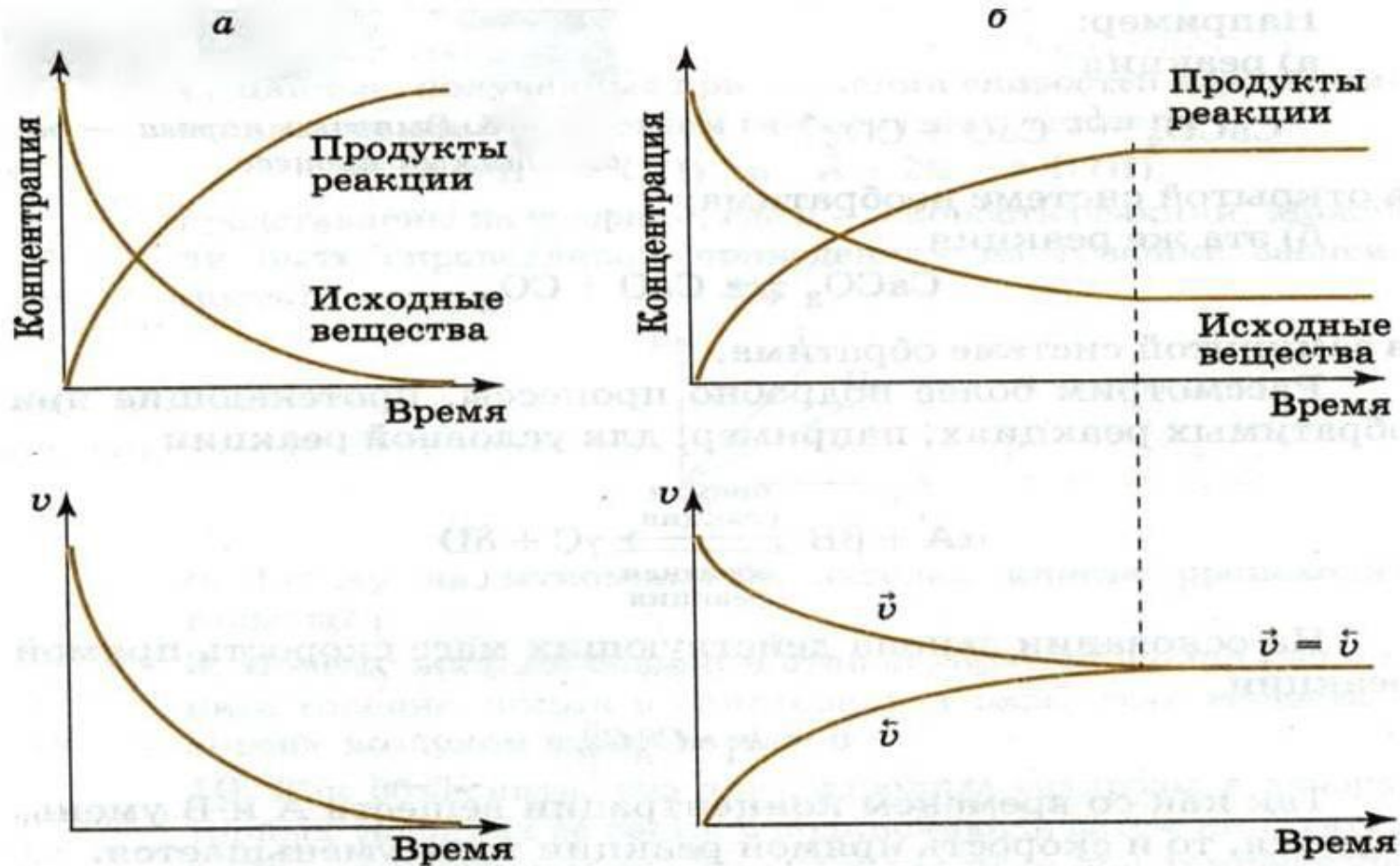
- По закону действующих масс



- Когда  $[H_2] \cdot [I_2] = [HI]^2$  или  $V_{пр.} = V_{обр.}$ .  
Наступает химическое равновесие

- Состояние обратимого процесса, при котором скорости прямой и обратной реакций равны, называют **химическим равновесием.**

# Изменение концентраций веществ и скоростей необратимой и обратимой реакций



- *Переход системы из одного состояния равновесия в другое называется **смещением химического равновесия.***

- **Правило смещения химического равновесия (принцип Ле-Шателье 1884 год)**

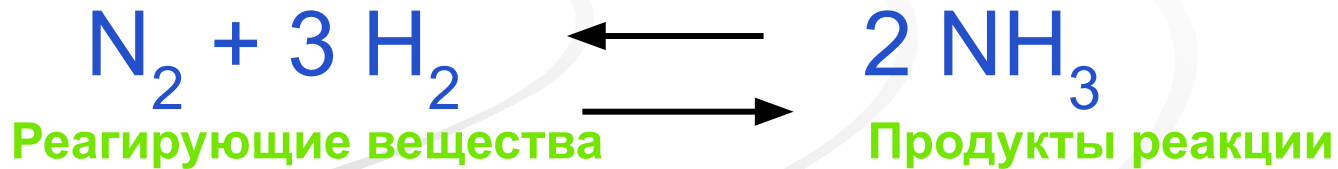
*Если на систему находящуюся в равновесии произвести внешнее воздействие, то равновесие сместится в ту сторону, где это воздействие ослабевает.*



*Факторы, влияющие на смещение равновесия:*

- 1. Концентрация –  $C$*
- 2. Температура –  $t$*
- 3. Давление –  $p$  ( для газов)*

# • 1. Концентрация



↑  $C_{\text{Р.В.}}$  равновесие сместится **вправо**


↑  $C_{\text{П.Р.}}$  равновесие сместится **влево**


*При увеличении концентрации реагирующих веществ, равновесие смещается в сторону продуктов реакции, преобладает прямая реакция.*

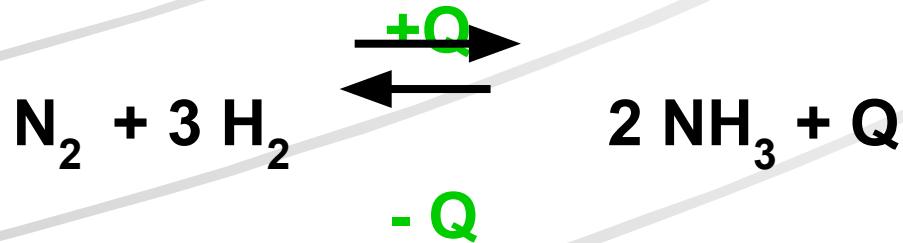
*При увеличении концентрации продуктов реакции, равновесие смещается в сторону реагирующих веществ реакции, преобладает обратная реакция.*

## • 2. Температура

- эндотермическая реакция ( - Q )
- экзотермическая реакция ( + Q )


$$t^0 \text{C} = + Q$$


$$t^0 \text{C} = - Q$$



$t^0 \text{C}$  равновесие сместится влево

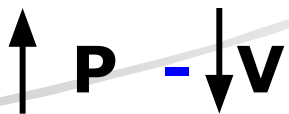


$t^0 \text{C}$  равновесие сместится вправо

- При увеличении температуры равновесие смещается в сторону эндотермической реакции. При уменьшении температуры – в сторону экзотермической реакции.

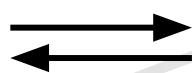
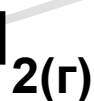
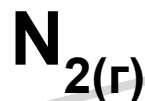
# • 3. Давление

- Давление применяется только для газов!



1V

3V



2V



4V

2V



равновесие сместится

вправо



равновесие сместится

влево

- При увеличении давления равновесие смещается в сторону той реакции, при которой объем образовавшихся газообразных продуктов уменьшается.
- При уменьшении давления равновесие смещается в сторону той реакции, при которой объем образовавшихся газообразных продуктов увеличивается.
- Если объемы газообразных продуктов одинаковы как в прямой, так и в обратной реакции - изменение давления не оказывает смещения равновесия.



## ● *Обобщение и выводы:*

- Химические реакции протекают с различными скоростями. Скорость химической реакции это изменение концентрации одного из реагирующих веществ за единицу времени.
- Чтобы началась химическая реакция нужно активировать молекулы. Энергия, которую надо сообщить молекулам, для их активизации, называется энергией активации.
- Скорость химической реакции зависит от температуры, концентрации, поверхности соприкосновения реагирующих веществ, природы реагирующих веществ, катализатора.
- В обратимых химических реакциях наступает динамическое химическое равновесие, когда скорости прямой и обратной реакции равны.
- Факторы влияющие на смещение химического равновесия – давление, температура, концентрация.
- Смещение химического равновесия происходит согласно