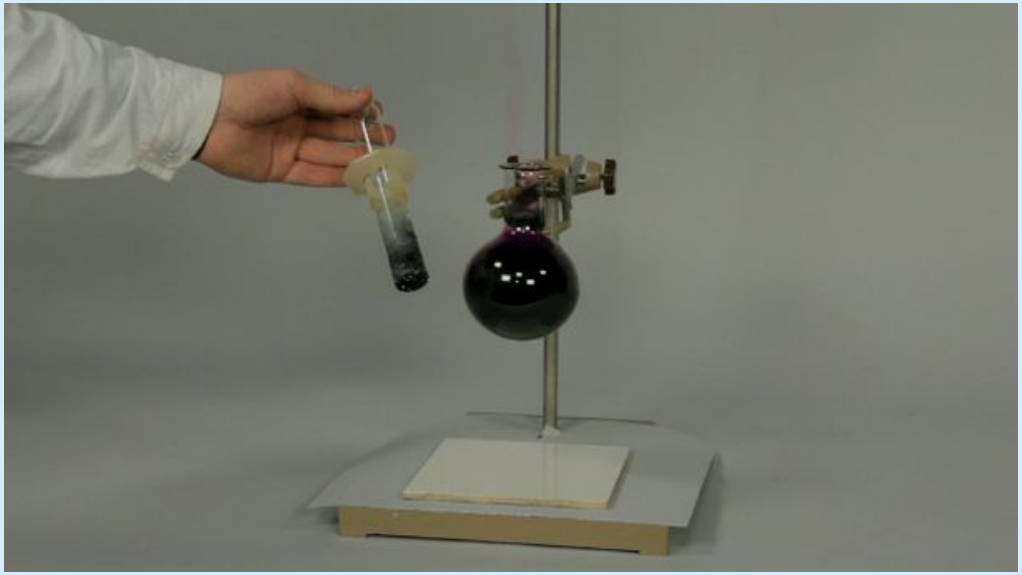
ОМСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
КАФЕДРА ХИМИИ

Скорость химических реакций. Химическое равновесие

1. *Скорость реакции.*
2. *Зависимость скорости от природы веществ.*
3. *Закон действующих масс.*
4. *Зависимость скорости от давления.*
5. *Зависимость скорости от температ*
6. *Катализ.*
7. *Химическое равновесие.*
8. *Принцип Ле Шателье.*
9. *Тестовые задания.*

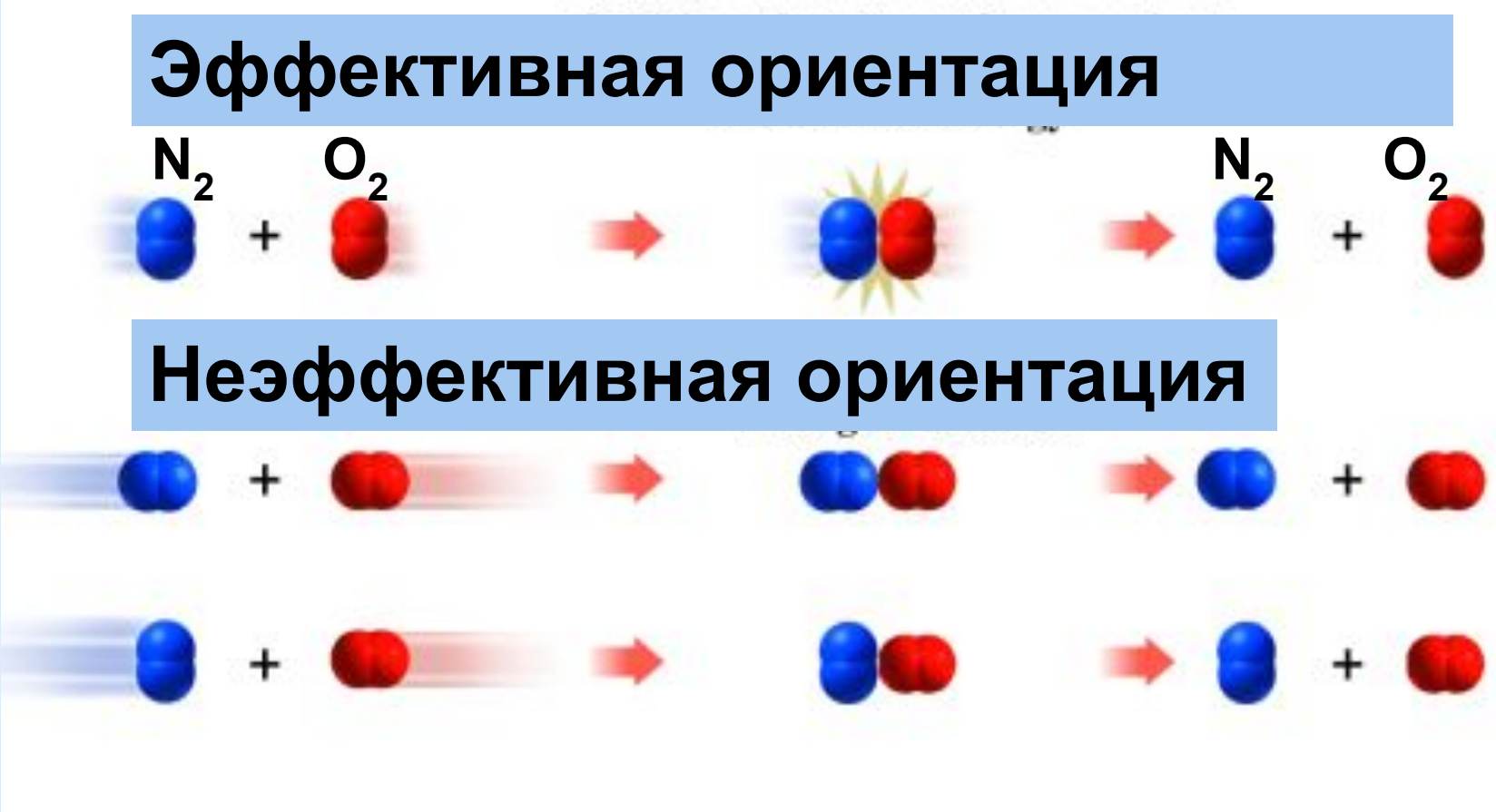
Лектор: зав. кафедрой химии, доктор биологических наук, профессор Степанова Ирина Петровна

Закономерности протекания химических реакций во времени, их механизм и скорость изучает специальный раздел химии-*химическая кинетика.*

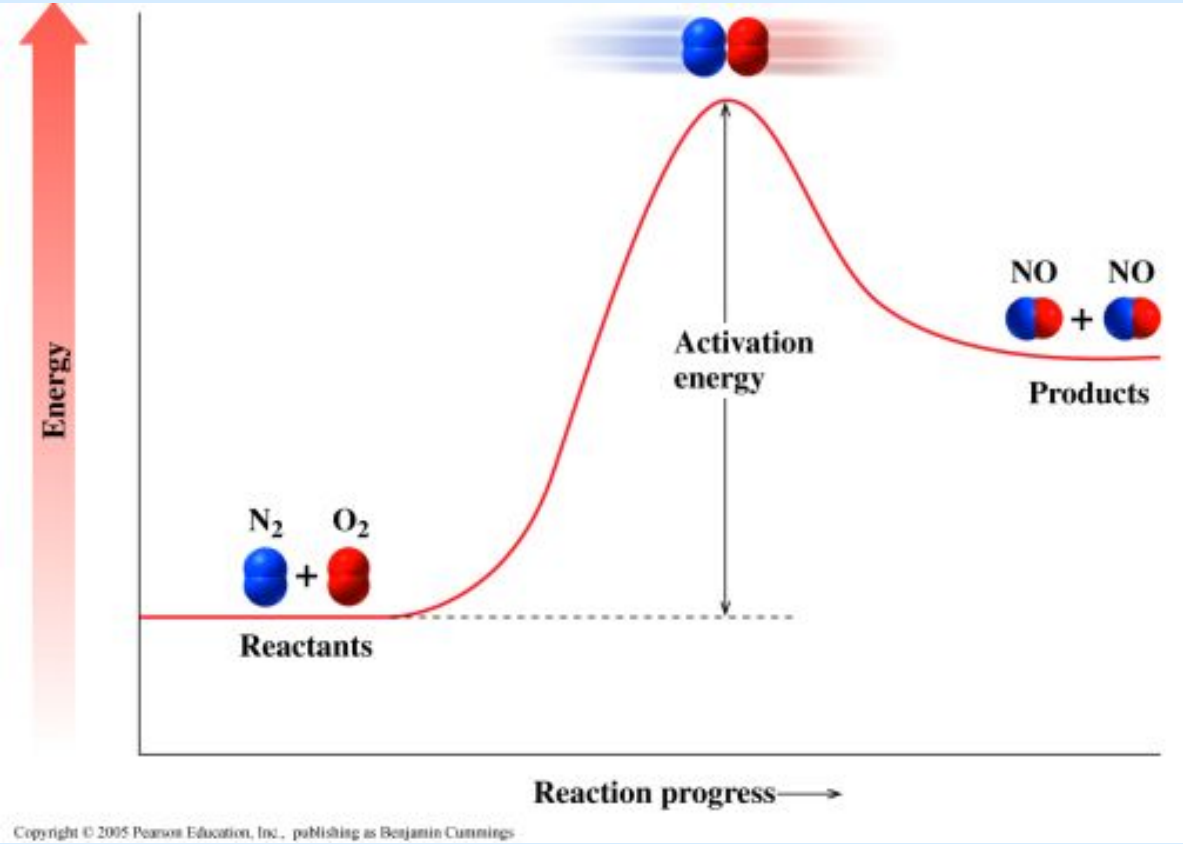


Скорость реакции

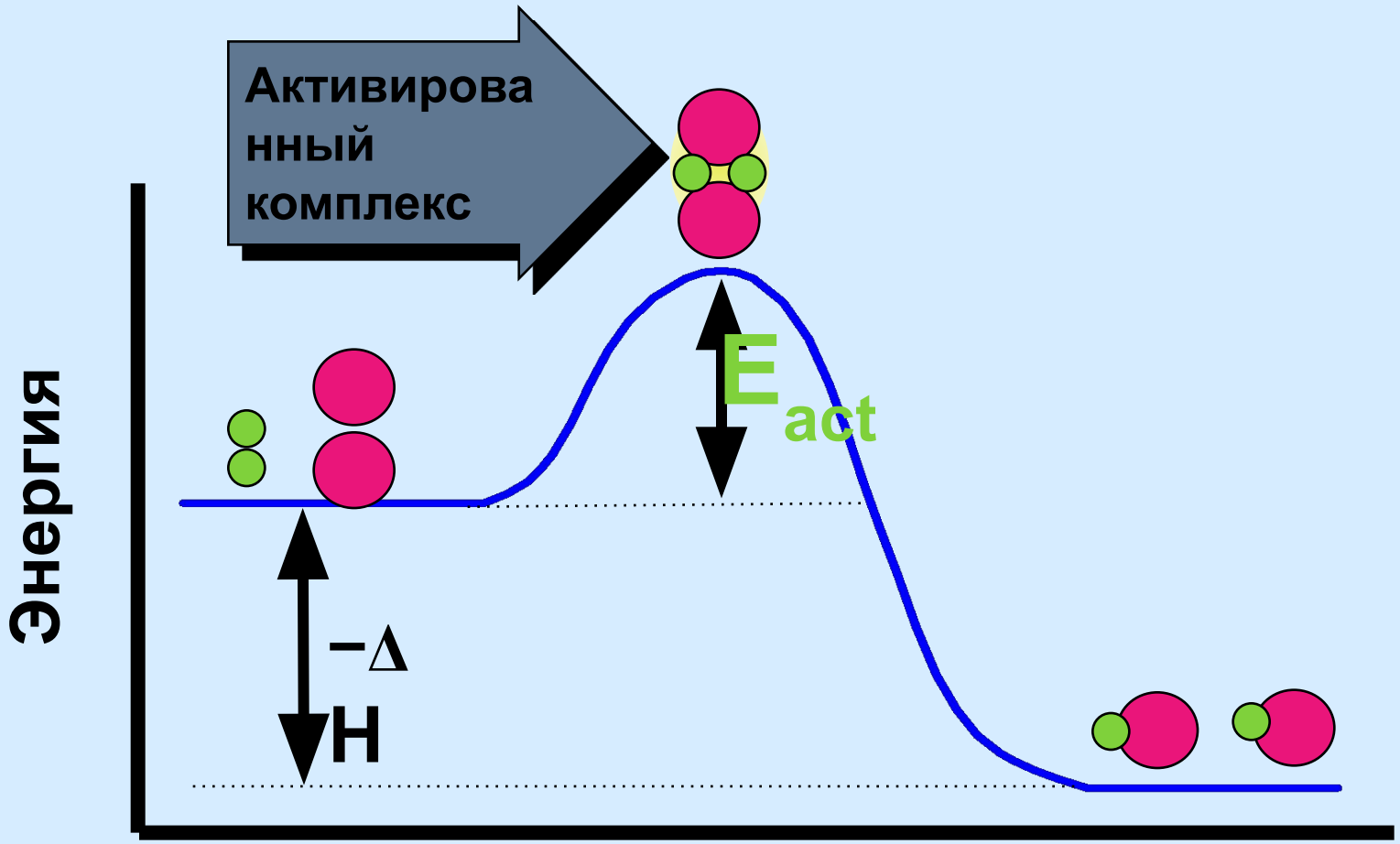
Под скоростью химической реакции понимают число элементарных взаимодействий, происходящих в единицу времени в единице объема системы (для гомогенных реакций) или на единице поверхности раздела фаз (для гетерогенных реакций).


Эффективная ориентация
N_2
O_2
N_2
O_2
Неэффективная ориентация

Энергетическая диаграмма реакции



Энергетическая диаграмма реакции



Для гомогенных реакций:

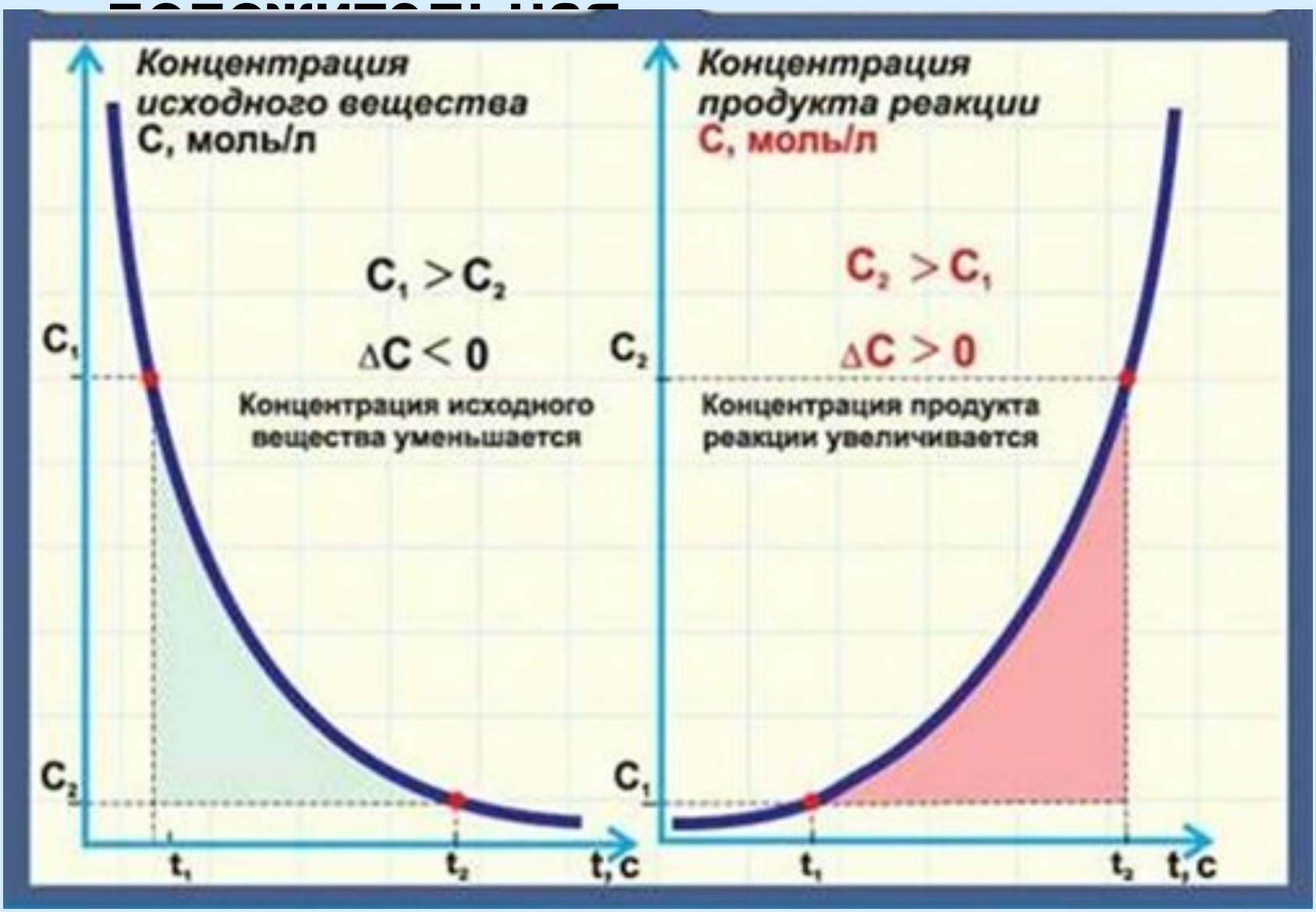
- $$V = \pm \frac{\Delta n(x)}{V \cdot \Delta\tau} = \pm \frac{\Delta C(x)}{\Delta\tau}$$

$$\Delta C = C_2 - C_1 \text{ [моль/л]}$$

$$\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1 \text{ [с; мин; ч]}$$

Скорость реакции

Скорость - величина положительная



Для гетерогенных реакций:

- $$V = \pm \frac{\Delta n(x)}{S \cdot \Delta \tau}$$

$\Delta n = n_2 - n_1$ [моль]

$\Delta \tau = \tau_2 - \tau_1$ [с; мин; ч]

S - [м^2]

Скорость химической реакции зависит от ряда факторов:

1) **Природы реагирующих веществ**

2) **Концентрации веществ**

3) Давления

4) Температуры

5) **Наличия катализатора или ингибитора**

Зависимость скорости от природы веществ

I. Влияние природы реагирующих веществ

рассматривают с разных позиций:

а) Фазовое состояние веществ-реагентов

Гомогенные реакции протекают быстрее гетерогенных:

$Ba(OH)_2$(р-р) + H_2SO_4(р-р) → $BaSO_4$↓+ $2H_2O$ – быстрее

C(тв) + O_2(г) = CO_2 – медленнее

Особенно быстро идет процесс в сторону связывания ионов в нерастворимый, газообразный продукт или слабый электролит при взаимодействии растворов сильных электролитов (реакция нейтрализации, осаждения).

Зависимость скорости от природы веществ

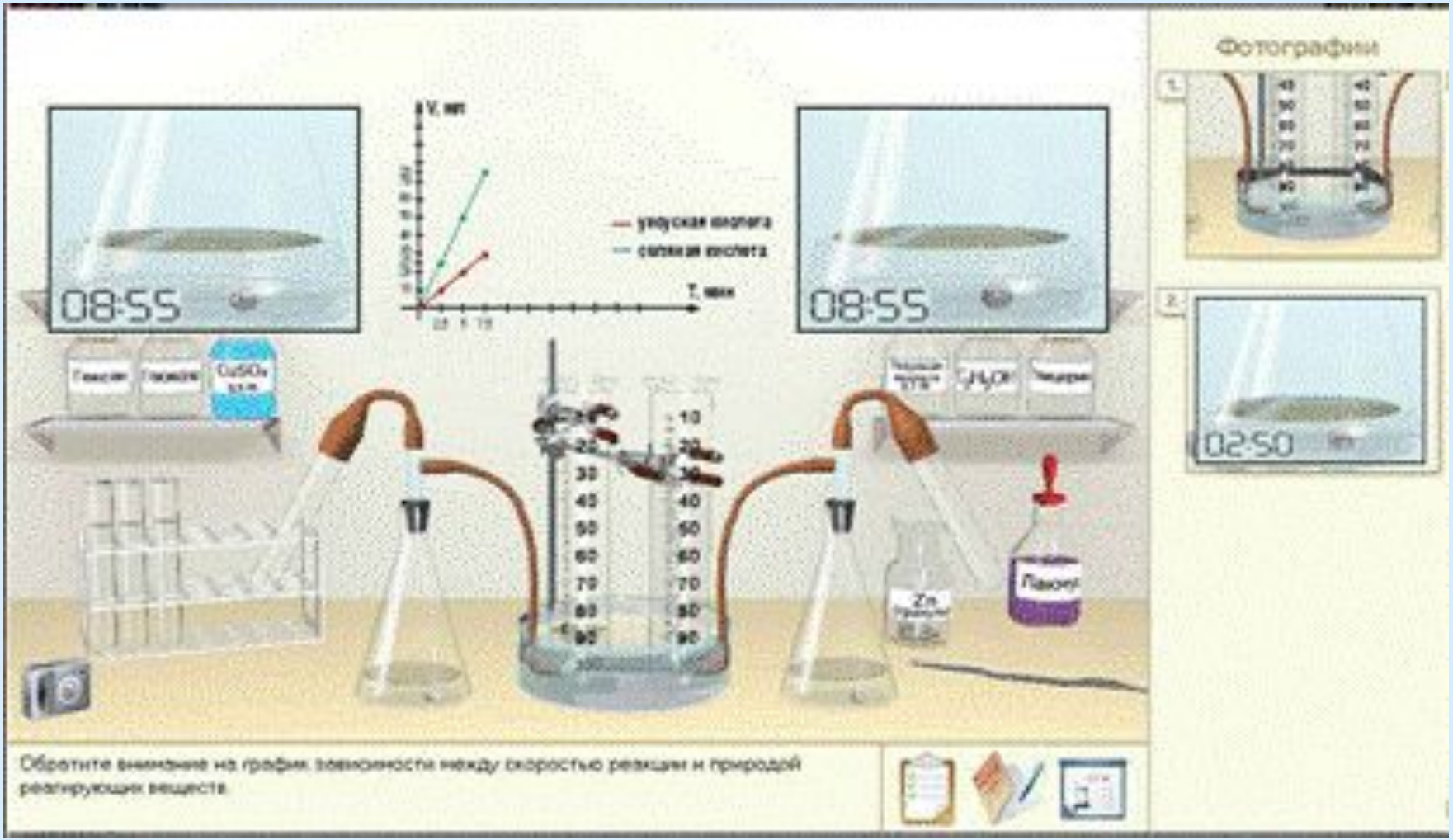
б) *Характер связи в реагент*

Быстрее всего протекают реакции между веществами с ионной связью, медленнее – с неполярной ковалентной:

$AgNO_3 + KCl = AgCl\downarrow + KNO_3$ - мгновенно

$H_2 + I_2 \leftrightarrow 2HI$ – медленно

Зависимость скорости от природы веществ



Зависимость скорости от природы веществ

в)*Активность металла* (строение атома)

Чем активнее металл, тем выше скорость реакции:

$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$ – медленнее

$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2$ – быстрее (калий более активный металл)

Зависимость скорости реакции от природы реагирующих веществ

Тесты

1.С наименьшей скоростью происходит взаимодействие метана с:

1) фтором	3) бромом
2) иодом	4) хлором

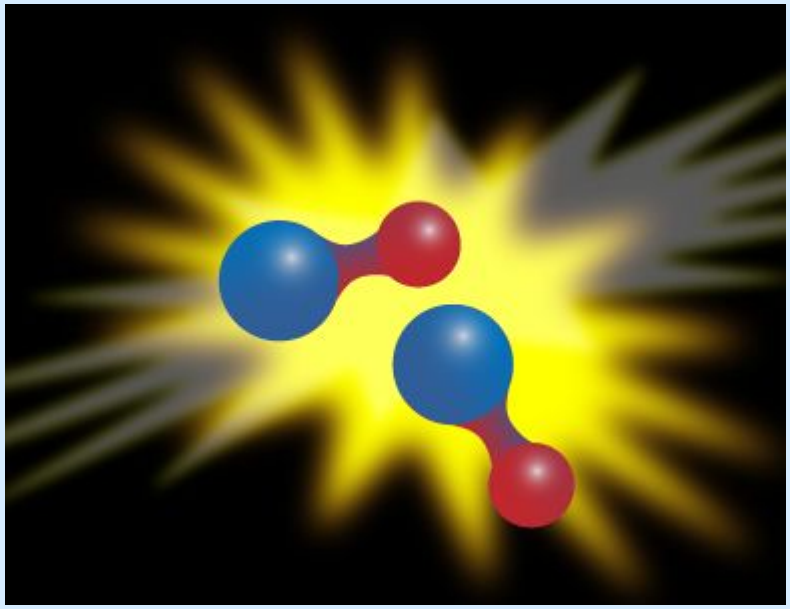
Тесты

2. С наибольшей скоростью при комнатной температуре протекает реакция между:

1) Fe и $H_2SO_{4(р-р)}$	3) $BaCl_{2(р-р)}$ и $Na_2SO_{4(р-р)}$
2) C_2H_5OH и Na	4) $Al(OH)_3$ и $HCl_{(р-р)}$

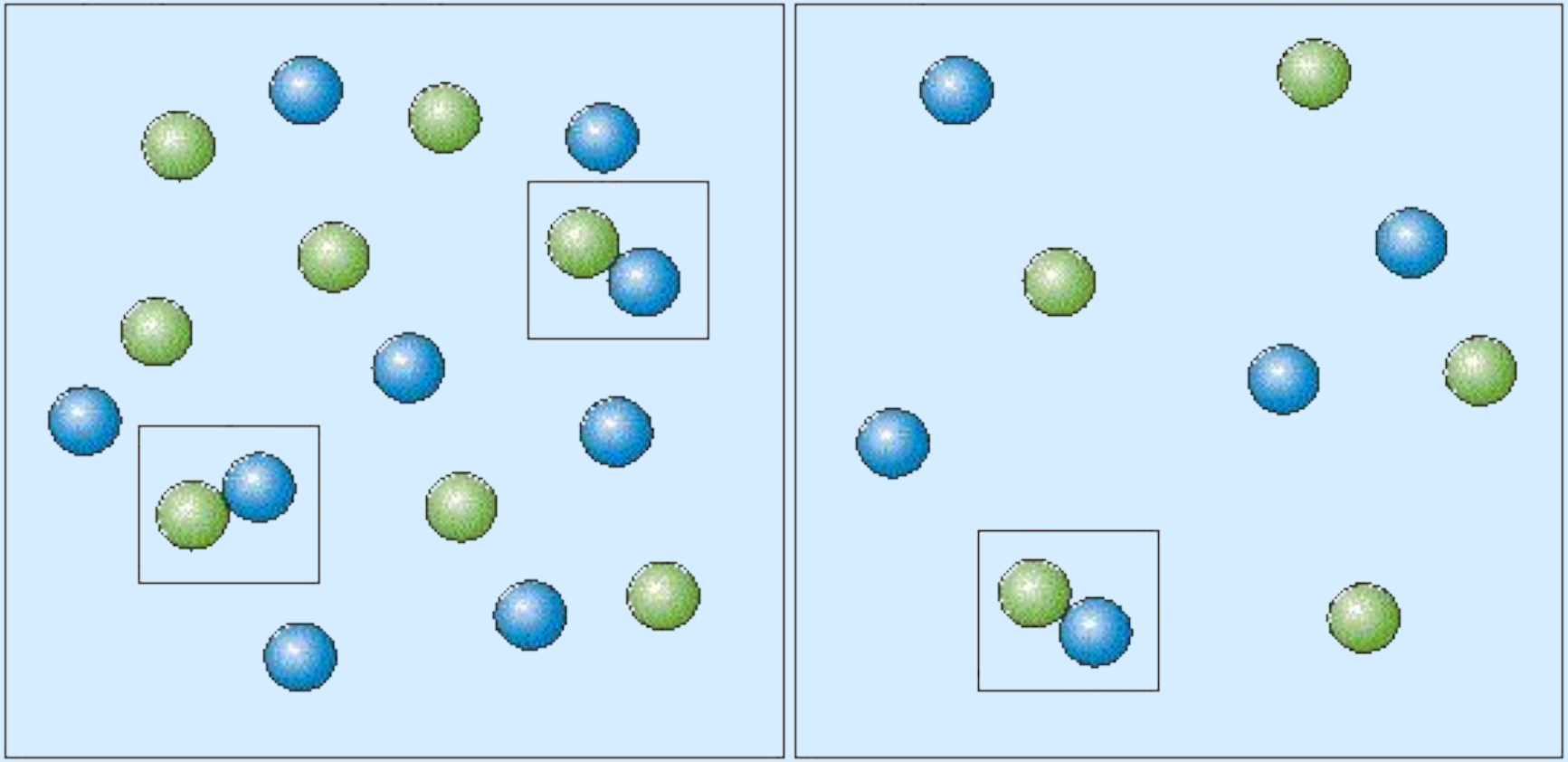
Закон действующих масс

II. Влияние концентрации на скорость реакции



Новые вещества образуются в результате соударения (сталкивания) частиц исходных веществ.

Чем больше исходных частиц в единице объема, то есть чем больше концентрация, тем выше скорость реакции.

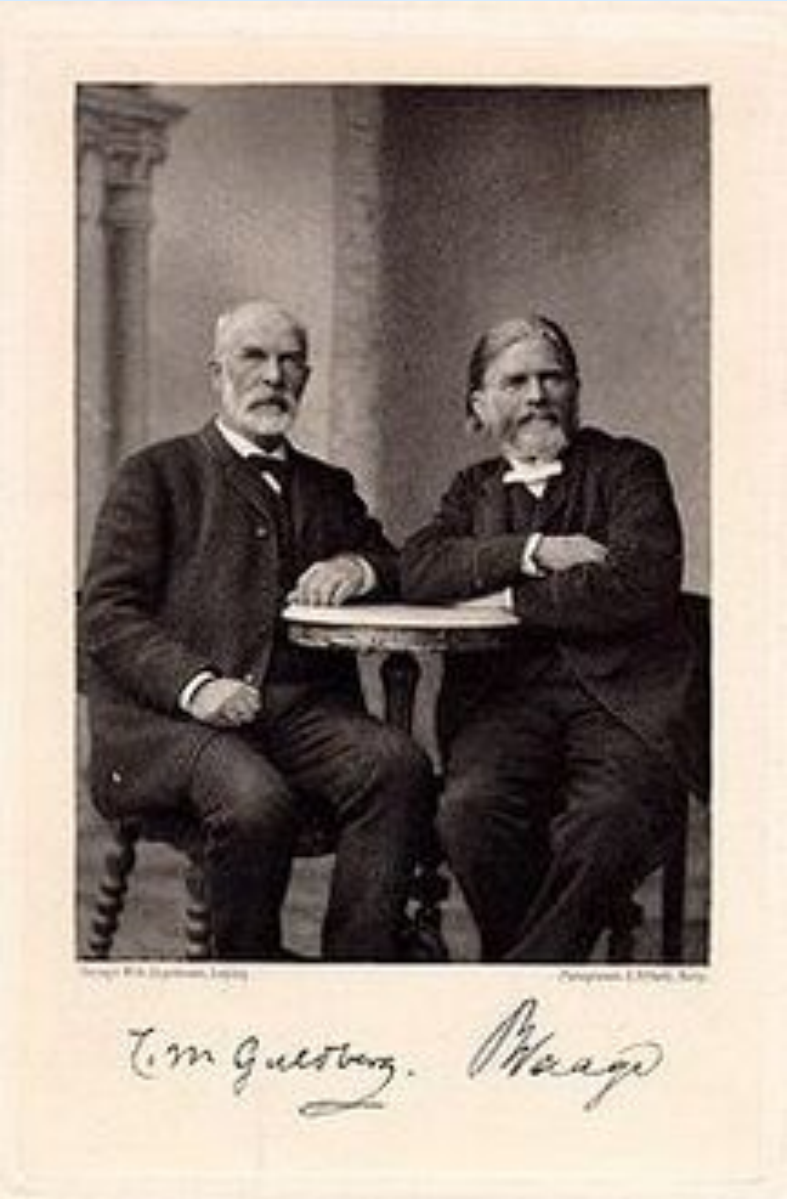


Влияние концентрации на скорость реакции

Закон действующих масс

Математически зависимость скорости от концентрации выражается <u>основным законом кинетики - законом действующих масс</u> (Гульдберг, Вааге)

При постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентрации реагирующих веществ, взятых в степени соответствующих стехиометрических коэффициентов.



$$aA + вB \Rightarrow cC + dD,$$

$$v_{пр} = k_1 C_A^a C_B^в,$$

$$v_{обр} = k_2 C_C^c C_D^d,$$

$$K_1 C_A^a C_B^в = K_2 C_C^c C_D^d,$$

$$K_1 = K_2,$$

Слева направо: Гульдберг, Вааге

Зависимость скорости реакции от концентрации реагентов

Закон действующих масс

$$aA + вB \rightarrow cC + dD$$

Кинетическое уравнение реакции имеет вид:

$$V = k \cdot C^a(A) \cdot C^b(B)$$

где:

V - скорость реакции;

К - константа скорости реакции, зависит от природы реагирующих веществ и температуры;

С(А) и С(В)-концентрации реагирующих в-в жидкой и газовой фаз **[моль/л].**

В кинетическом уравнении реакции не учитывается концентрация веществ твердой фазы, т.к. в этом случае реакция идет на ее поверхности.

Чем больше поверхность твердой фазы реагента, тем выше скорость реакции.

Для этого реагенты измельчают.

Зависимость скорости реакции от площади соприкосновения реагирующих веществ

Тесты

3. Во сколько раз изменится скорость элементарной реакции $2A + B = A_2B$, если концентрацию вещества А уменьшить в 2 раза?

1) увеличится в 4 раза	3) уменьшится в 4 раза
2) уменьшится в 2 раза	4) увеличится в 2 раза

Тесты

4. Реакция протекает по уравнению

$$N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3.$$

Как изменится скорость реакции, если концентрацию азота увеличить в 4 раза, а концентрацию водорода — в 2 раза?

1) увеличится в 8 раза	3) уменьшится в 32 раза
2) уменьшится в 8 раза	4) увеличится в 32 раза

Константа равновесия

Запишем кинетические уравнения для обратимой реакции:

$$aA + вB \leftrightarrow cC + dD$$

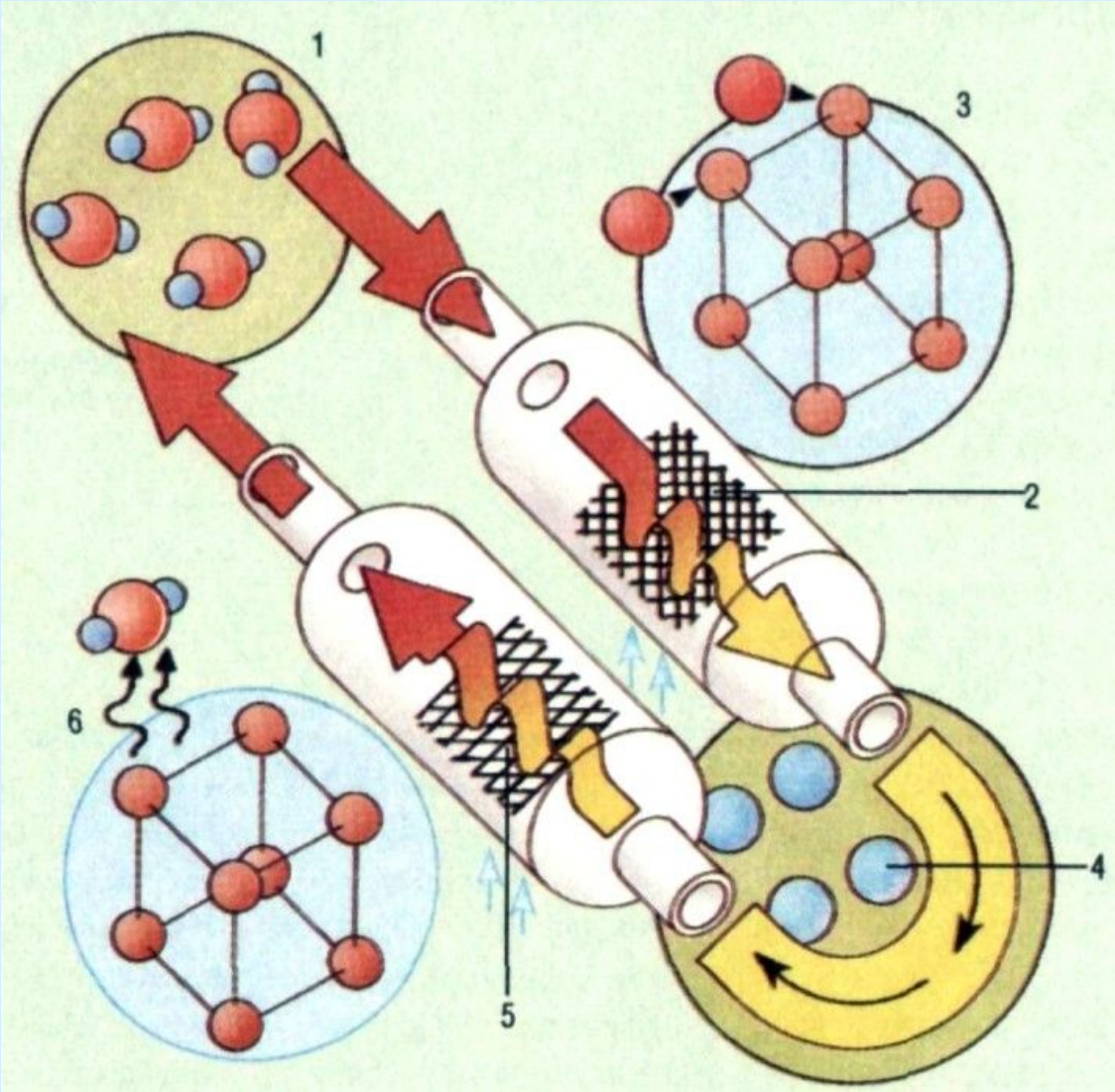
$$V_1 = k_1\, C^a(A) \cdot C^b(B)$$

$$V_2 = k_2\, C^c(C) \cdot C^d(D)$$

V_1 – *скорость прямой реакции*

V_2 – *скорость обратной реакции*

k_1, k_2 – *константы скорости реакции*



Обратимая реакция

Константа равновесия

В момент равновесия реакции учитываются равновесные концентрации веществ :

$$V_1 = k_1 [A]^a \cdot [B]^b$$

$$V_2 = k_2 [C]^c \cdot [D]^d ,$$

где [ ] – равновесные концентрации.

В момент равновесия скорость прямой реакции равна скорости обратной реакции

$$V_1 = V_2$$

Константа равновесия

- $$k_1\ [A]^a \cdot [B]^b = k_2\ [C]^c \cdot [D]^d$$

Отношение констант

$$\frac{k_1}{k_2} = K$$ **- константа равновесия реакции**

$$K = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

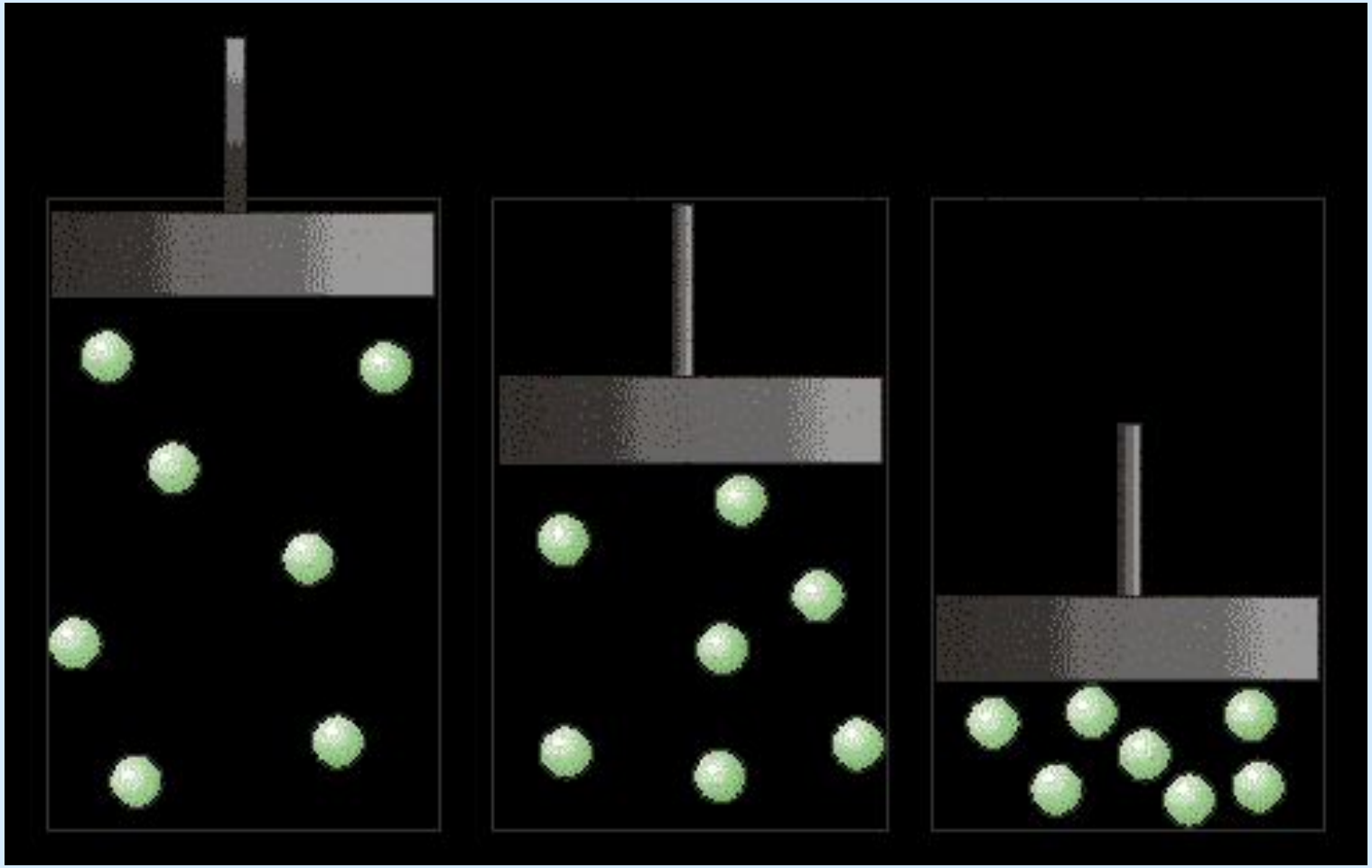
Константа равновесия характеризует состояние химического равновесия данной реакции.

III. Зависимость скорости от давления

Давление практически не влияет на скорость реакции с участием веществ твердых и жидких.

Для газов с увеличением давления возрастает концентрация веществ газовой фазы, а значит увеличивается скорость реакции.

Эта зависимость подчиняется кинетическому уравнению реакции.



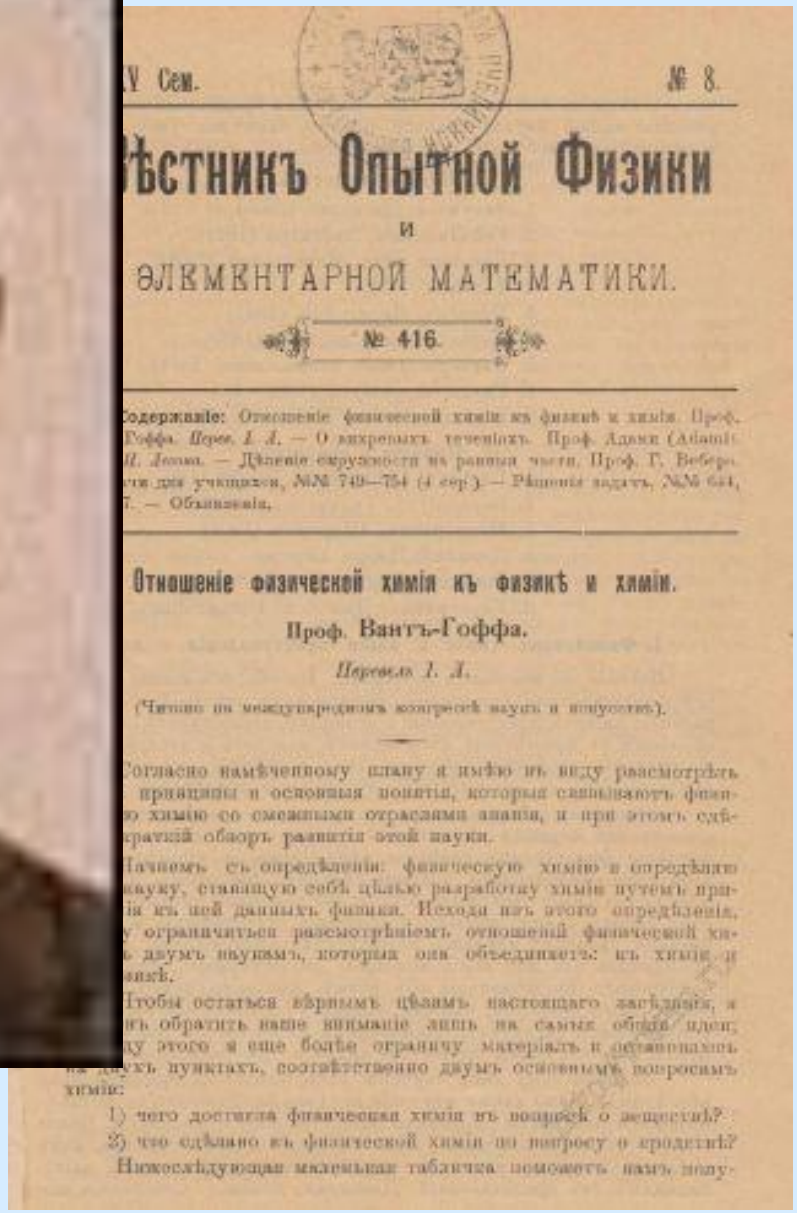
Зависимость скорости от давления

IV. Зависимость скорости реакции от температуры

Определяется правилом Вант-Гоффа:

При повышении температуры на каждые 10°С скорость большинства химических реакций возрастает в 2-4 раза.

Зависимость скорости реакции от температуры



V Сем. № 8.

ѢСТНИКЪ ОПЫТНОЙ ФИЗИКИ

и

ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕМАТИКИ.

№ 416.

Содержаніе: Отношеніе физической химіи къ физикѣ и химіи. Проф. Гоффа. Перев. І. Л. — О вихревыхъ теченіяхъ. Проф. Адами (Adams). Д. Леонт. — Дѣйствіе окружности на равныя части. Проф. Г. Вебера. ...тія для учащихся, №№ 749—754 (4 сер.). — Рѣшенія задачъ, №№ 644, ...7. — Объявленія.

Отношеніе физической химіи къ физикѣ и химіи.

Проф. Вантъ-Гоффа.

Перевелъ І. Л.

(Чтеніе на международномъ конгрессѣ наукъ и искусствъ).

Согласно намѣченному плану я имѣю въ виду разсмотрѣть принципы и основныя понятія, которыя связываютъ физическую химію со смежными отраслями знанія, и при этомъ сдѣлать краткій обзоръ развитія этой науки.

Начнемъ съ опредѣленія: физическую химію я опредѣляю какъ науку, ставящую себѣ цѣлью разработку химіи путемъ приложенія къ ней данныхъ физики. Исходя изъ этого опредѣленія, я ограничусь разсмотрѣніемъ отношеній физической химіи къ двумъ наукамъ, которыя она объединяетъ: къ химіи и физикѣ.

Чтобы остаться вѣрнымъ цѣлямъ настоящаго засѣданія, я хочу обратить наше вниманіе лишь на самыя общія идеи; ...ду этого я еще болѣе ограничу матеріалъ и остановлюсь на двухъ пунктахъ, соотвѣтственно двумъ основнымъ вопросамъ химіи:

1) чего достигла физическая химія въ вопросѣ о веществѣ?

2) что сдѣлано въ физической химіи по вопросу о продуктѣ?

Нижеслѣдующая маленькая табличка поможетъ намъ полу-

Вант-Гофф

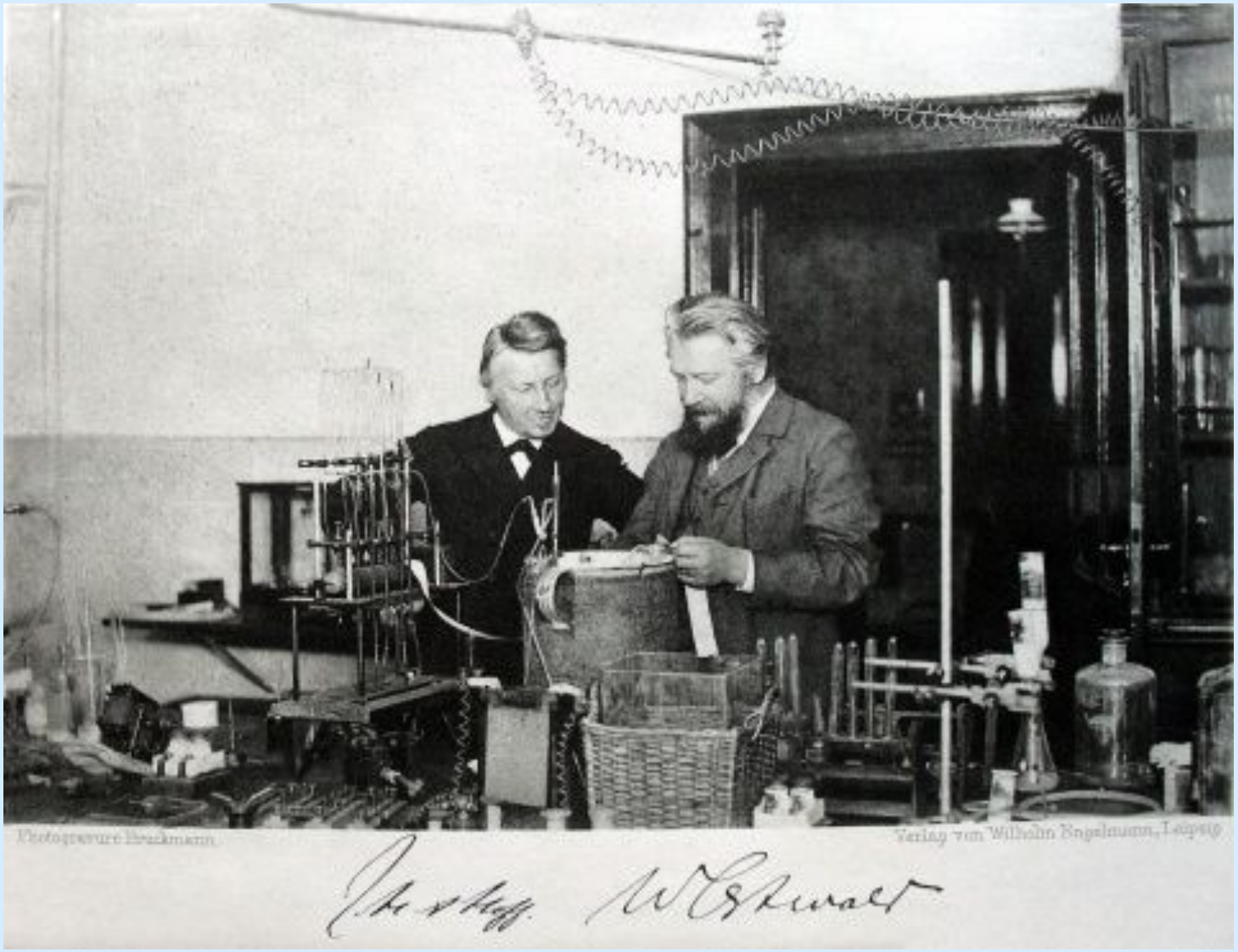
Зависимость скорости реакции от температуры

$$Vt_2 = Vt_1 \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

$$\frac{Vt_2}{Vt_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

V_{t_1} и V_{t_2} и — скорости реакций при начальной (t_1) и конечной (t_2) температуре;

γ — коэффициент скорости реакции, показывающий, во сколько раз увеличивается скорость реакции при повышении температуры на 10°С .



Справа: Вант-Гофф

Тесты

5. При увеличении температуры от 10 до 30°С скорость реакции, температурный коэффициент которой равен 3:

1) увеличится в 3 раза	3) уменьшится в 9 раз
2) уменьшится в 3 раза	4) увеличится в 9 раз

V. Влияние катализатора на скорость химической реакции

Катализаторы **- специфические вещества, которые влияют на скорость реакции, участвуют в реакции, но к концу реакции качественно и количественно сохраняются.**

Катализ ***- явление изменения скорости реакции в присутствии подобных веществ.***

Влияние катализатора на скорость реакции

Катализ

Положительный катализ - увеличение скорости реакции в присутствии **катализатора.**

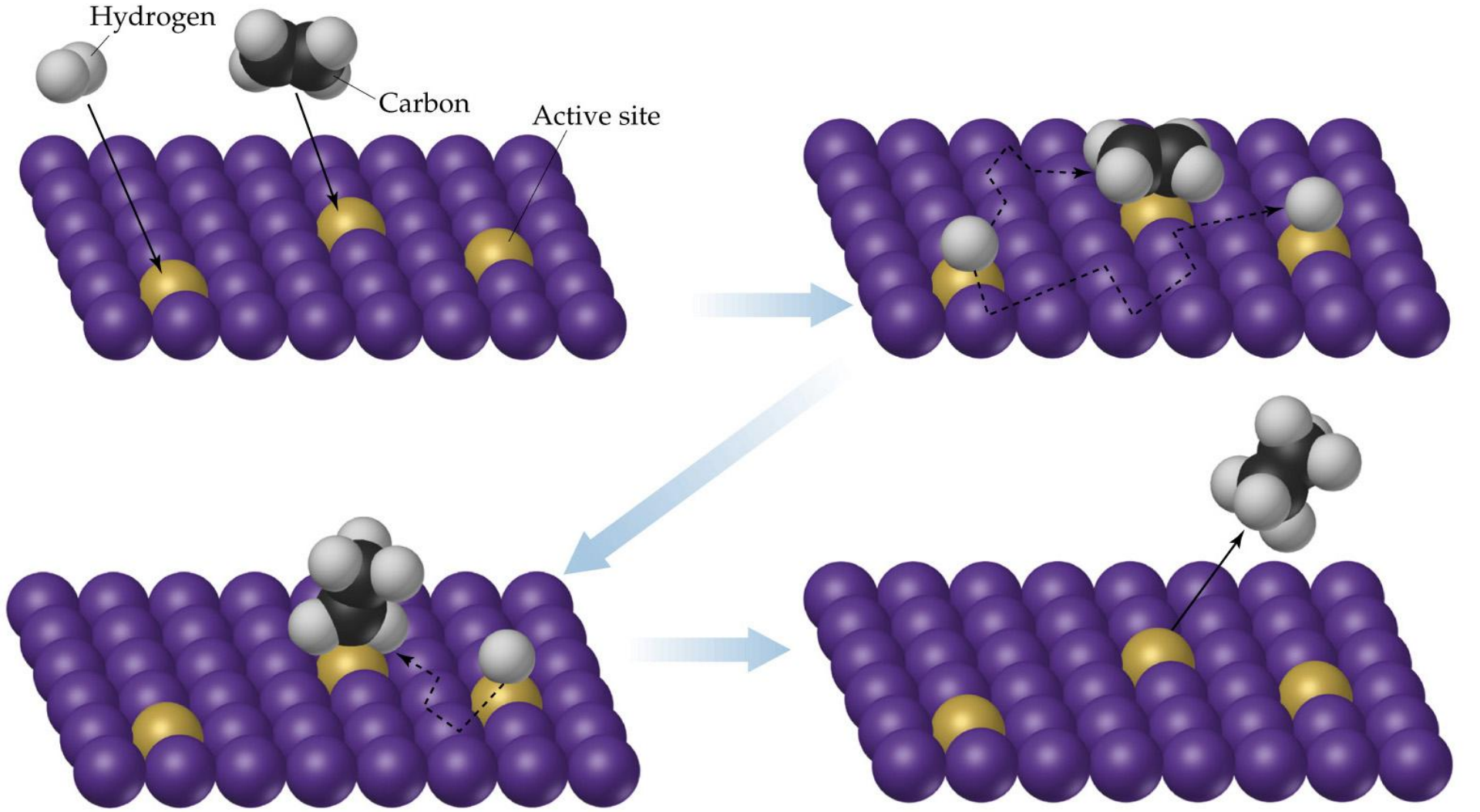
Отрицательный катализ - снижение скорости реакции в присутствии **ингибитора.**

Катализ (по фазовому состоянию)

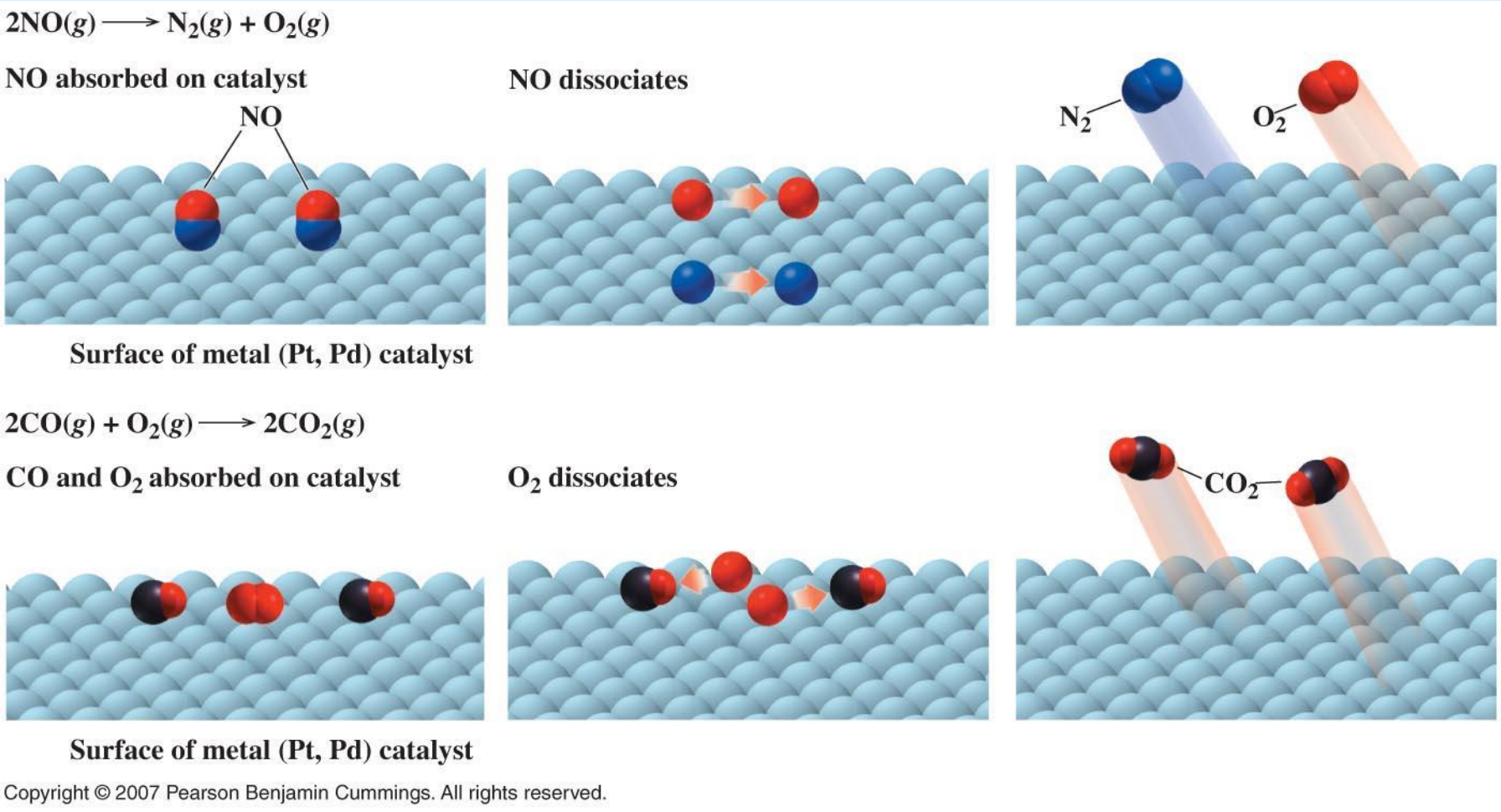
Гомогенный катализ ***- реакция протекает во всём объёме системы. При этом катализатор и реагенты находятся в одной фазе.***

Гетерогенный катализ ***- реакция протекает на поверхности твёрдого катализатора. При этом катализатор и реагирующие вещества находятся в разных фазах.***

Гетерогенный катализ

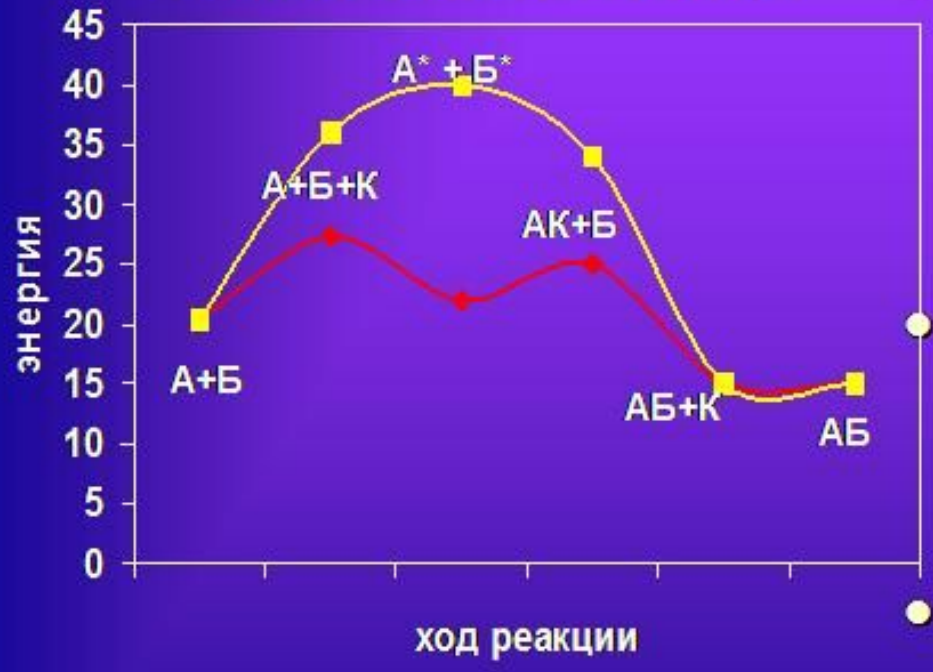


Гетерогенный катализ



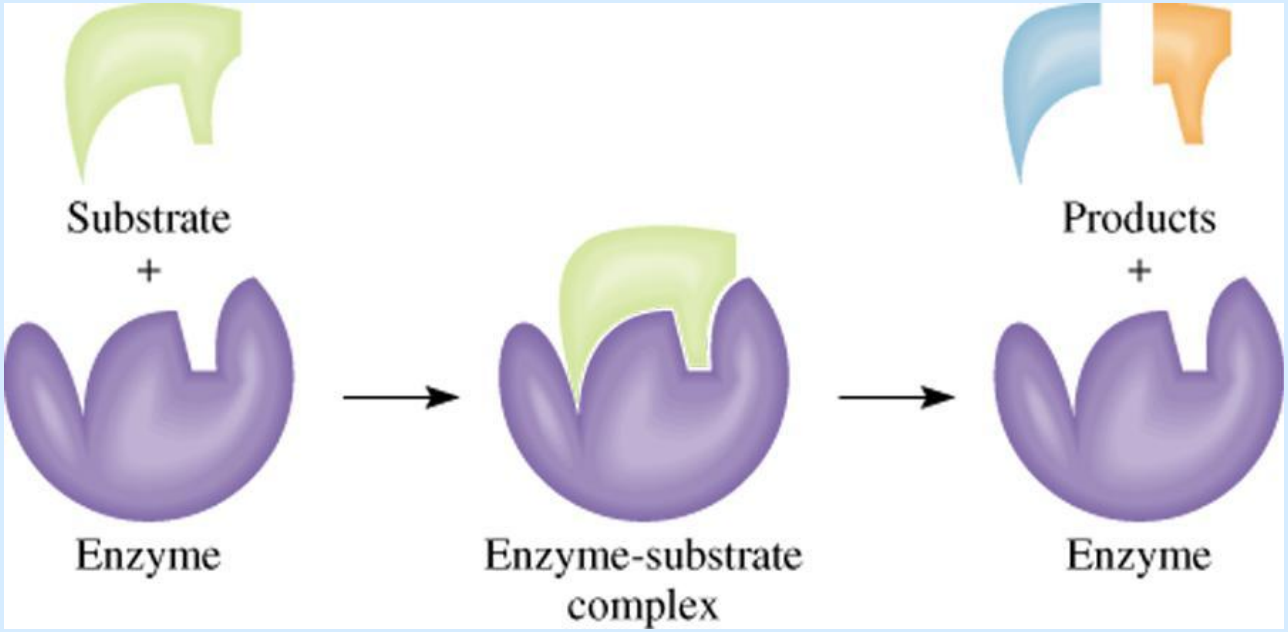
Copyright © 2007 Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

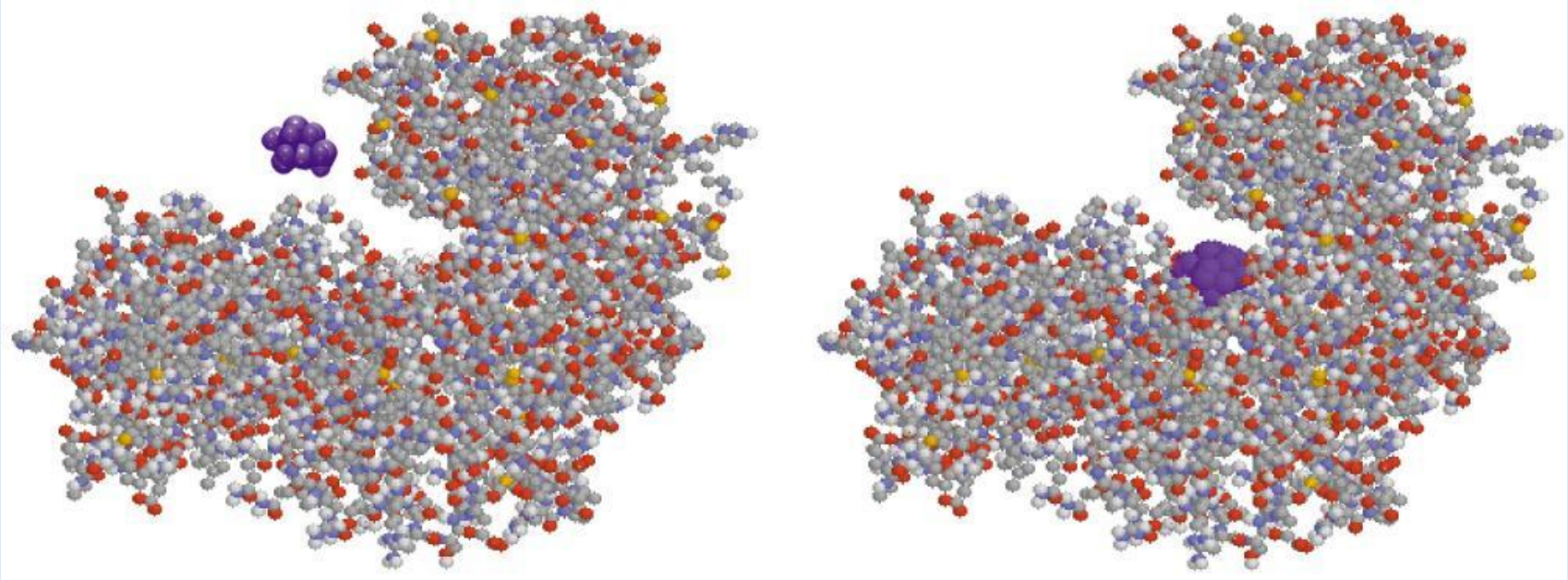
Энергетическая диаграмма реакции с участием катализатора



- Катализатор ускоряет реакцию, понижая энергию активации исходных веществ.
- Катализатор не входит в состав продуктов реакции
- Катализатор обладает избирательностью

Ферментативный катализ





Тесты

6. На скорость химической реакции

$$Zn + CuCl_2 = ZnCl_2 + Cu$$

не оказывает влияния увеличение:

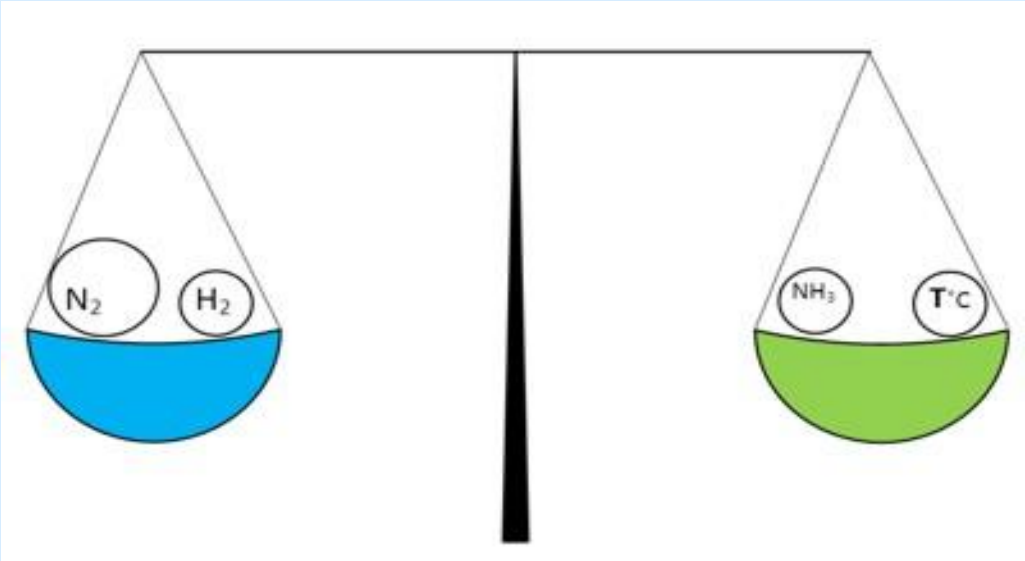
1) площади поверхности соприкосновения реагирующих веществ	3) концентрации $CuCl_2$ в растворе
2) температуры	4) давления

Тесты

7. Уменьшение скорости синтеза аммиака произойдет, если:

1) увеличить концентрацию азота	3) использовать катализатор
2) уменьшить температуру	4) увеличить давление

Химическое равновесие. Смещение химического равновесия . Принцип Ле-Шателье



Химические реакции можно разделить на две группы: необратимые и обратимые.

Необратимые реакции идут только в одном направлении и завершаются полным превращением исходных веществ в конечные продукты.

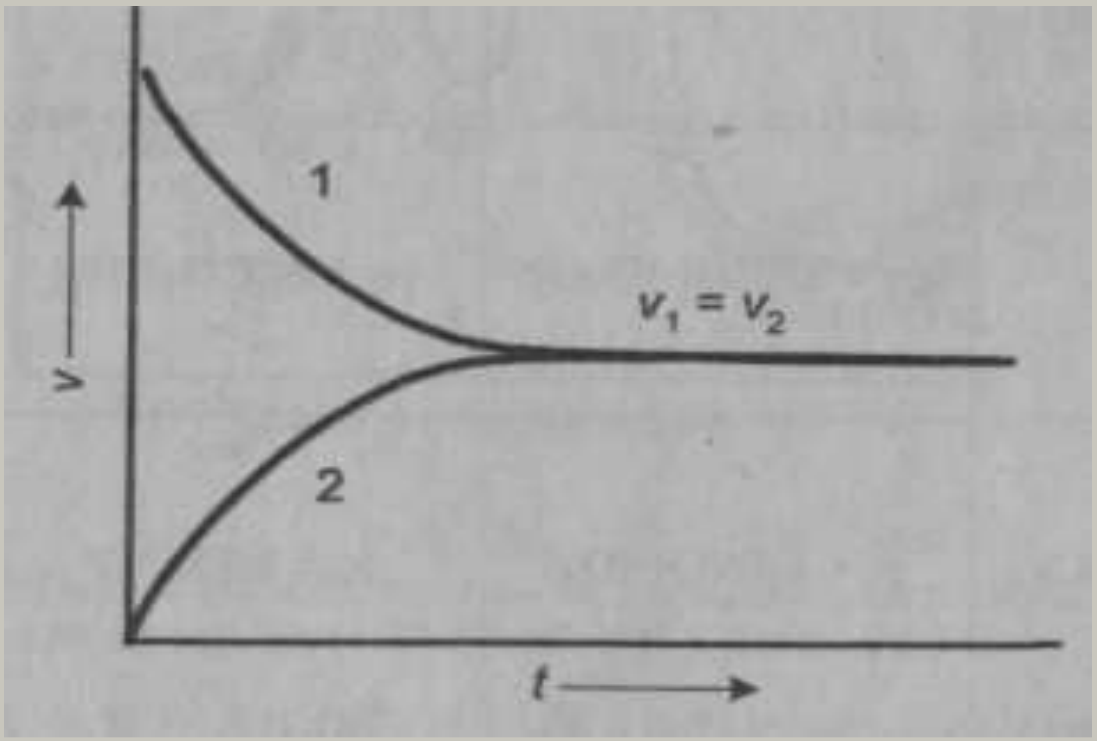
Например,

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

<u>Обратимые реакции</u> одновременно протекают в двух взаимно противоположных направлениях. Например,

$$H_2 + I_2 \leftrightarrow 2HI$$

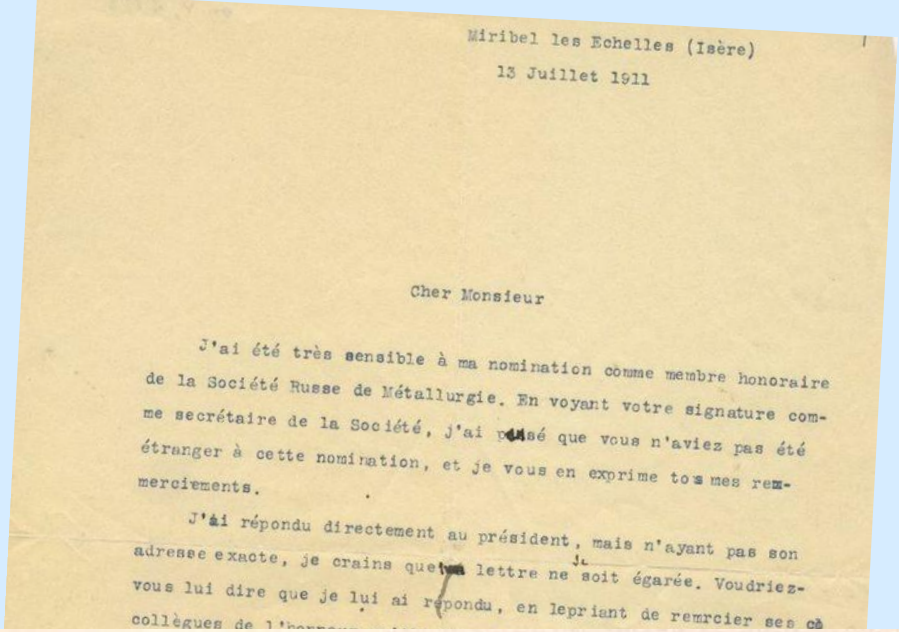
Химическое равновесие — это состояние системы, при котором скорость прямой реакции v_1 равна скорости обратной реакции v_2



Переход системы из одного равновесного состояния в другое называют смещением, или сдвигом положения равновесия.

Направление сдвига химического равновесия в результате изменения внешних условий определяется принципом подвижного равновесия, или <u>принципом Ле-Шателье, Брауна:</u>

Если на систему, находящуюся в равновесии, производится какое-либо внешнее воздействие (изменяются концентрация, температура, давление), то это воздействие благоприятствует протеканию той из двух противоположных реакций, которая ослабляет произведенное воздействие.



Miribel les Echelles (Isère)

13 Juillet 1911

Cher Monsieur

J'ai été très sensible à ma nomination comme membre honoraire de la Société Russe de Métallurgie. En voyant votre signature comme secrétaire de la Société, j'ai pensé que vous n'aviez pas été étranger à cette nomination, et je vous en exprime tous mes remerciements.

J'ai répondu directement au président, mais n'ayant pas son adresse exacte, je crains que ma lettre ne soit égarée. Voudriez-vous lui dire que je lui ai répondu, en lepriant de remrcier ses collègues de l'hon

Фердинанд Браун (1850—1918); физик, лауреат Нобелевской премии по физике 1909 г.

Анри Луи Ле Шателье (1850-1936). Французский физико-химик

Факторы, влияющие на смещение химического равновесия:

концентрация реагентов

температура

давление

I. Влияние изменения концентрации веществ на смещение химического равновесия

$$A + B \leftrightarrow C + D$$

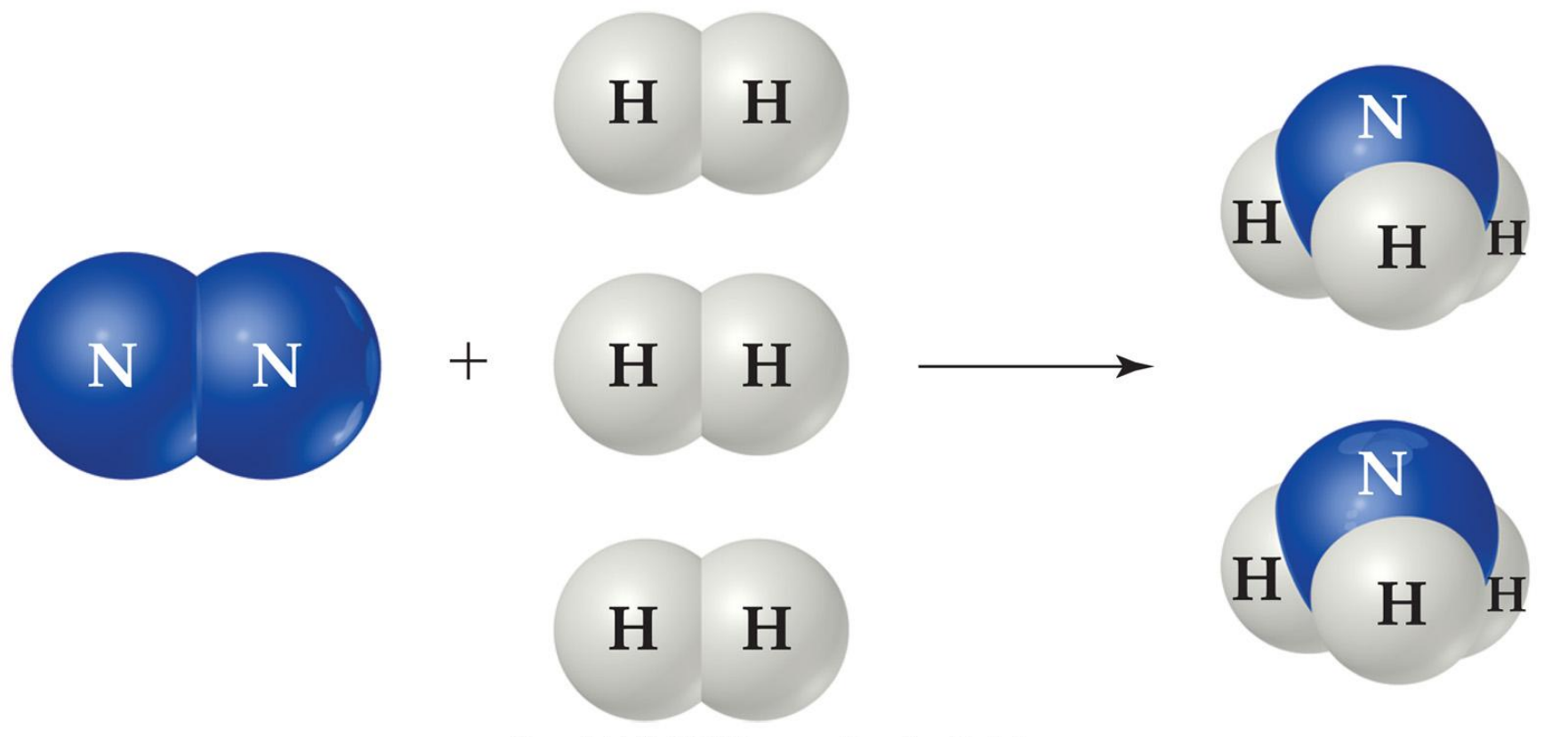
а) Увеличение концентрации исходных веществ или уменьшение концентрации продуктов смещает равновесие

вправо $\rightarrow$ ***[A]↑; [B]↑; [C]↓; [D]↓***

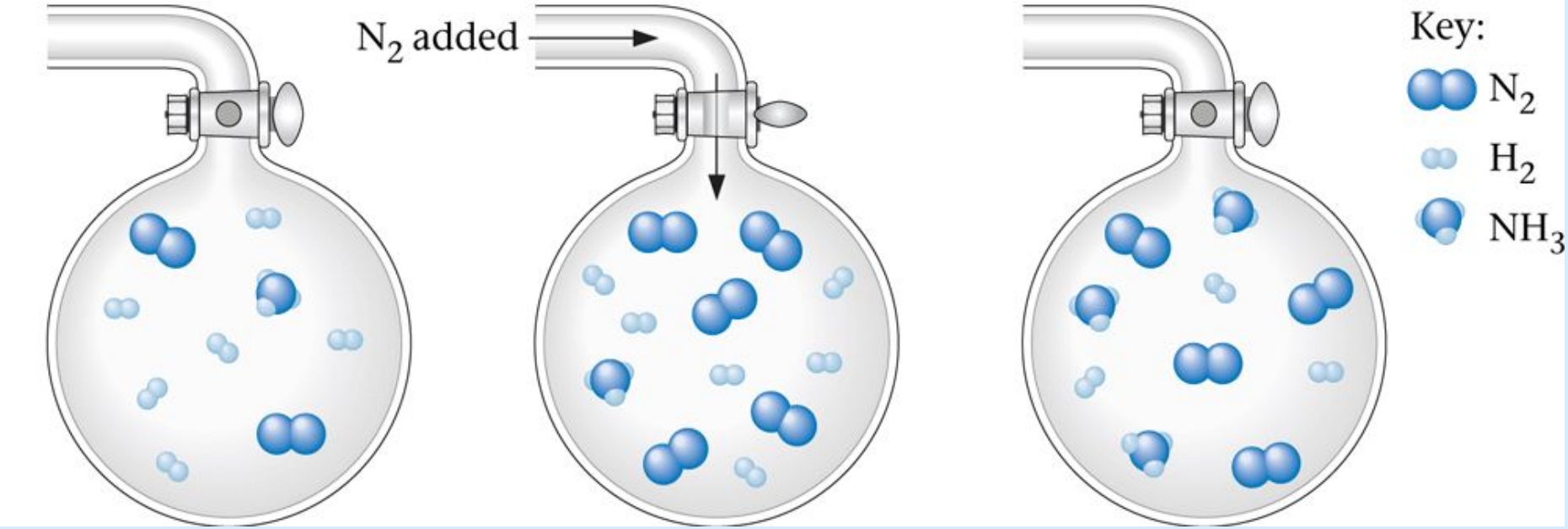
б) Увеличение концентрации продуктов реакции или уменьшении концентрации исходных веществ смещает равновесие влево $\leftarrow$ ***[C]↑; [D]↑; [A]↓; [B]↓***

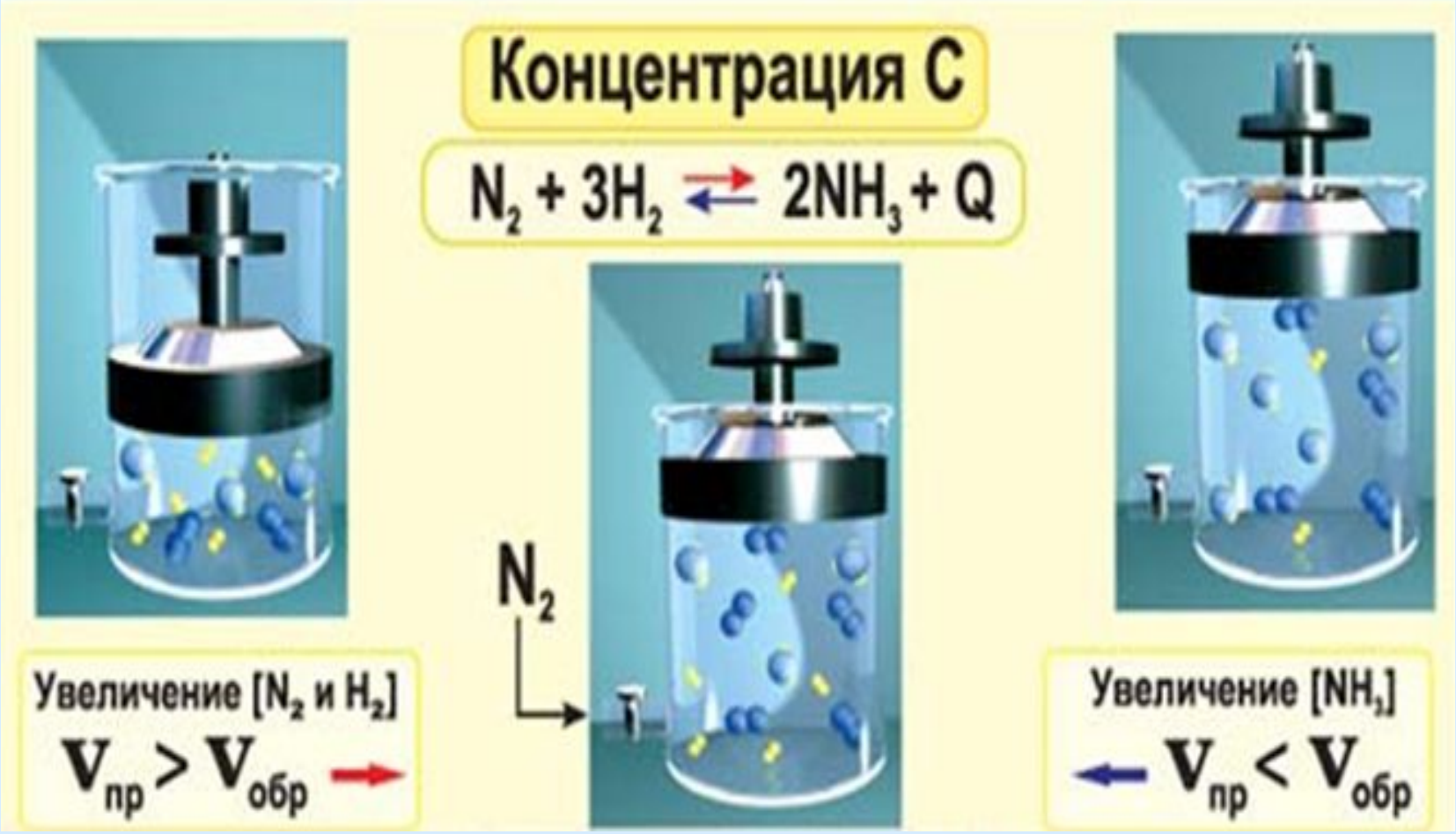
При этом не учитывают вещества в

Пример: Реакция синтеза аммиака



Повышение концентрации азота увеличивает концентрацию аммиака




Концентрация С
$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3 + Q$
N_2
Увеличение [N_2 и H_2]
$V_{пр} > V_{обр}$
Увеличение [NH_3]
$V_{пр} < V_{обр}$

II. Влияние изменения температуры на смещение химического равновесия

Анализ производится с учетом теплового эффекта реакции (Q)

а) Повышение температуры смещает равновесие в сторону эндотермической реакции (-Q)

б) Понижение температуры – в сторону экзотермической (+Q)

Смещение химического равновесия

III. Влияние давления на химическое равновесие

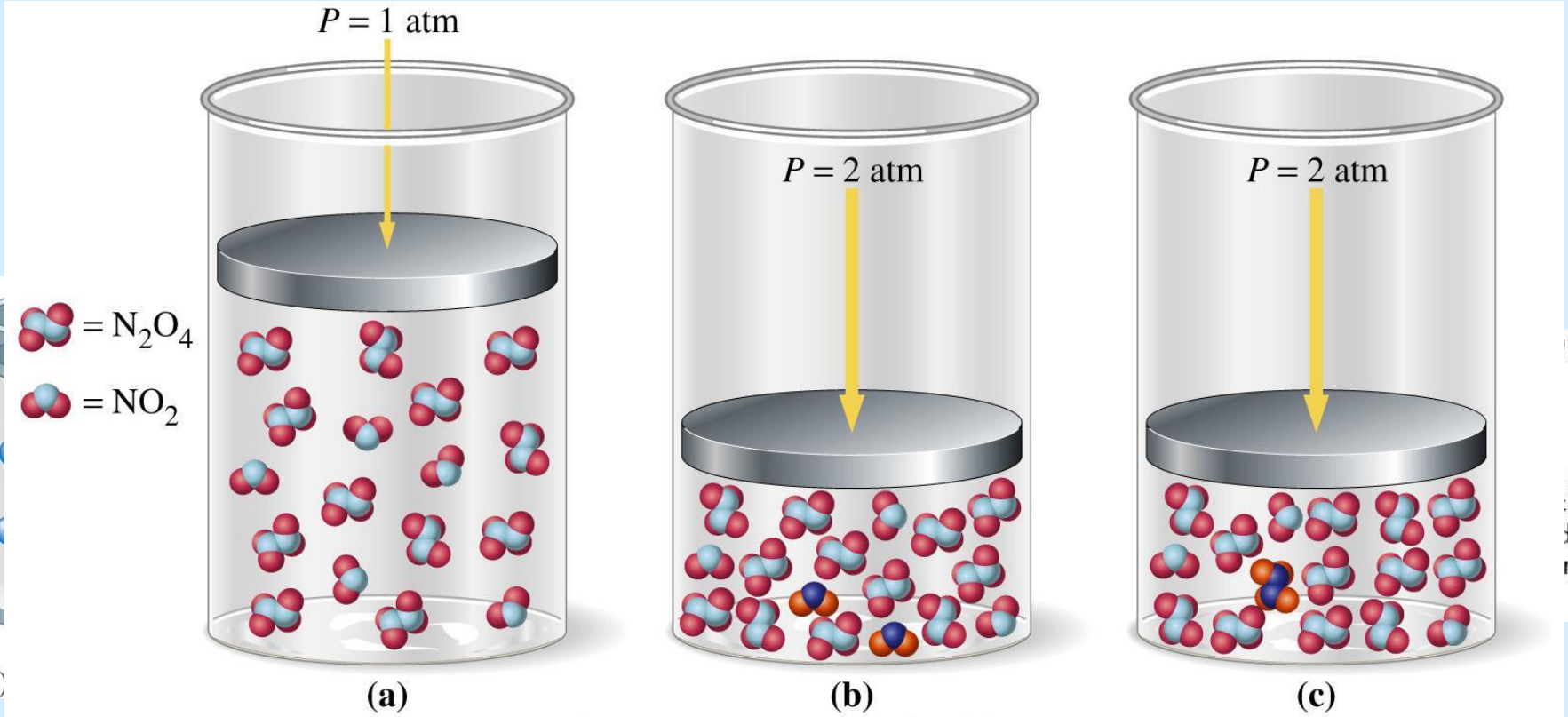
Имеет место только в случае участия в реакции газообразных веществ

а) Увеличения давления смещает равновесие в сторону меньшего числа частиц газа (меньшего объема системы)

б) Уменьшение давления смещает равновесие в сторону большего числа частиц газа (большего объема системы)

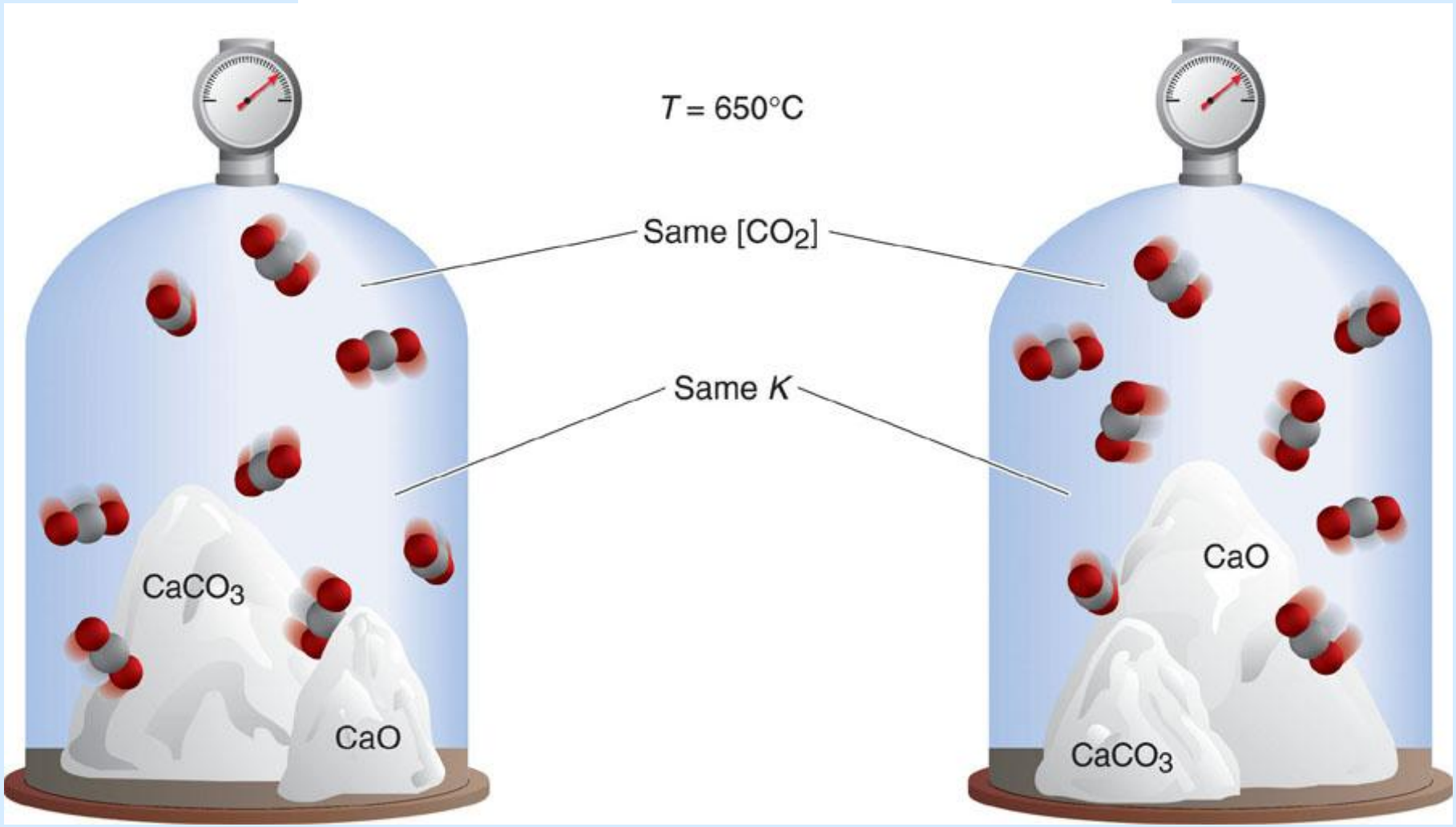
в) В случае равного числа частиц газа слева и справа давление не оказывает влияния на смещение равновесия.

Смещение химического равновесия



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

$$CaCO_3\ (s) \rightleftharpoons CaO\ (s) + CO_2\ (g)$$



IV. Влияние катализатора на химическое равновесие

Катализатор одновременно равно увеличивает скорость прямой и обратной реакций и не влияет на смещение химического равновесия.

Например: Чтобы сместить равновесие вправо в реакции синтеза аммиака:

$$N_2\,(г) + 3H_2\,(г) \leftrightarrow 2NH_3\,(г) + Q,$$

т.е. <u>увеличить выход аммиака необходимо</u>:

1) Повысить концентрацию N_2 и H_2;

2) Понизить концентрацию NH_3 – отводить продукт из сферы реакции.

3) Понизить температуру, т.к. прямая реакция экзотермическая + Q

4) Повысить давление, т.к. в ходе

Смещение химического равновесия

$$N_2\,(г) + 3H_2\,(г) \leftrightarrow 2NH_3\,(г) + Q$$

Чтобы сместить равновесие <u>влево</u> необходимо:

1) Понизить концентрацию N_2 и H_2

2) Повысить концентрацию NH_3

3) Повысить температуру, т.к. обратная реакция эндотермическая -Q

4) Понизить давление, т.к. в ходе обратного процесса увеличивается объем системы.

Тесты

1. При комнатной температуре с наибольшей скоростью происходит химическая реакция между водой и:

1) барием	3) медью
2) цинком	4) кальцием

Тесты

2. С наибольшей скоростью с кислородом при комнатной температуре реагирует:

1) Sn	3) Ca
2) Al	4) Mn

Тесты

3. Самая высокая скорость реакции разбавленной серной кислоты с

1) магнием	3) медью
2) цинком	4) железом

Тесты

4. Какой из факторов не оказывает влияния на скорость химической реакции в растворах?

1) концентрация веществ	3) использование ингибитора
2) использование катализатора	4) объем реакционного сосуда

Тесты

5. Самая высокая скорость реакции разбавленной серной кислоты с:

1) магнием	3) медью
2) цинком	4) железом

Тесты

6. При комнатной температуре с наибольшей скоростью протекает реакция между:

1) Zn и HCl (1 %-ный раствор)	3) Zn и HCl (10 %-ный раствор)
2) Zn и HCl (30 %-ный раствор)	4) $ZnCl_2$ (раствор) и $AgN0_3$ (раствор)

Тесты

7. Взаимодействие какой пары веществ будет протекать с большей скоростью:

1) Pb и HCl	3) Zn и HCl
2) Fe и HCl	4) Mg и HCl

8. Зависимость скорости химической реакции от концентрации реагирующих веществ в наибольшей мере справедлива для реакций, протекающих:

1) между твердыми веществами	3) между растворами веществ и твердыми веществами
2) между растворами веществ	4) между газами и твердыми веществами

Тесты

9. На скорость химической реакции

$$2NH_{3(г)} \leftrightarrow N_{2(г)} + 3H_{2(г)}$$

не влияет изменение:

1) концентрации аммиака	3) Концентрации водорода
2) давления	4) температуры

Тесты

10. При увеличении температуры на каждые 10° скорость большинства реакций:

1) увеличивается в 2—4 раза	3) увеличивается в 10 раз
2) увеличивается в 100 раз	4) не изменяется

Тесты

11. Если температурный коэффициент химической реакции равен 2, тогда при повышении температуры от 20°С до 50°С скорость реакции:

1) увеличивается в 8 раз	3) уменьшается в 2 раза
2) уменьшается в 4 раза	4) увеличивается в 6 раз

Тесты

12. На скорость химической реакции между раствором серной кислоты и железом не оказывает влияния:

1) концентрация кислоты	3) измельчение железа
2) температура реакции	4) увеличение давления

Тесты

13. С наименьшей скоростью протекает реакция между:

1) железным гвоздем и 4 %-ным раствором $CuSO_4$	3)железной стружкой и 4 %-ным раствором $CuSO_4$
2) железным гвоздем и 10 %-ным раствором$CuSO_4$	4) железной стружкой и 10 %-ным раствором $CuSO_4$

14. Как повлияет на скорость элементарной реакции А + В = АВ увеличение концентрации вещества А в 3 раза?

1) скорость увеличится в 3 раза	3) скорость уменьшится в 9 раз
2) скорость уменьшится в 3 раза	4) скорость не изменится

Тесты

15. Согласно термохимическому уравнению

$$2NO + O_2 \leftrightarrow 2NO_2 + 113{,}7 \text{ кДж}$$

при образовании 1 моль NO_2:

1) выделяется 113,7 кДж теплоты	3) выделяется 56,9 кДж теплоты
2) поглощается 56,9 кДж теплоты	4) поглощается 113,7 кДж теплоты

Тесты

16. Согласно термохимическому уравнению

$$3Fe_3O_{4(к)} + 8Al_{(к)} = 9Fe_{(K)} + 4Al_2O_{3\{к)} + 3330 \text{ кДж}$$

можно утверждать, что при образовании 2 моль оксида алюминия:

1) выделяется 1665 кДж теплоты	3) выделяется 3330 кДж теплоты
2)) поглощается 1665 кДж теплоты	4) поглощается 3330 кДж теплоты

17. В реакции $CO_{(г)} + 2H_{2(г)} \leftrightarrow CH_3OH_{(г)} + Q$ равновесие сместится в сторону продуктов реакции при:

1) повышении температуры и повышении давления	3) повышении температуры и понижении давления
2) понижении температуры и повышении давления	4) понижении температуры и понижении давления

Тесты

18. Реакция, в которой повышение давления вызовет смещение равновесия вправо, - это:

1) $H_{2(г)} + I_{2(г)} \leftrightarrow 2HI_{(г)}$	3) $CH_{4(г)} + 4S_{(к)} \leftrightarrow CS_{2(г)} + 2H_2S_{(г)}$
2) $C_{(к)} + CO_{2(г)} \leftrightarrow 2CO_{(г)}$	4) $C_2H_{4(г)} + H_{2(г)} \leftrightarrow C_2H_{6(г)}$

СПАСИБО ЗА ВАШЕ ВНИМАНИЕ!