Контрольно-измерительные материалы
по дисциплине «Химия в медицине»
для специальности «Лечебное дело»

ЗАНЯТИЕ № 7

Тема: Понятие о фармакокинетике и фармакодинамике. Зависимость скорости реакции от температуры. Катализ. Особенности каталитической активности ферментов.

Вопросы для контроля усвоения темы занятия:

1. Значение химии для медицины;
2. Основные понятия катализа;
3. Виды катализа, его особенности;
4. Роль ферментативного катализа в биологических системах ;
5. Понятие фармакодинамики и фармакокинетики;
6. Основные механизмы действия лекарственных веществ;
7. Зависимость скорости ферментативного катализа от концентрации субстрата.

Катализ. Каталитические реакции.

Катализ позволяет ускорить (или замедлить) химические реакции, что имеет большое значение в промышленности. Часто возникает необходимость ускорить реакцию, тем самым сократить время, необходимое для выпуска готовой продукции, или, наоборот, замедлить скорость реакции, например, коррозионных процессов.

Катализ – явление изменения скорости химической реакции веществами, которые участвуют в реакции, но не входят в состав конечных продуктов.

Катализатор – вещество, которое участвует в процессе реакции к ее концу остается неизменным.

Каталитические реакции – реакции идущие в присутствии катализатора.

Автокаталитические реакции – реакции в которых катализатором является продукт этой реакции.

Каталитическая активность – изменение скорости реакции, под влиянием введенного катализатора.

К А Т А Л И З

положительный ускорение реакции

отрицательный (ингибирование) замедление реакции

Примером отрицательного катализа может быть ингибирование ферментов при взаимодействии с катионами элементов-токсикантов: Hg^{2+}, Pb^{2+}, Cd^{2+}, As^{3+}.

К А Т А Л И З

ГОМОГЕННЫЙ
катализатор и реагенты находятся находятся
в одной и той же фазе

ГЕТЕРОГЕННЫЙ
катализатор и реагенты находятся в разных фазах

Примером гомогенного катализа является реакция разложения пероксида водорода в присутствии солей железа(II) в водных растворах:

$$2H_2O_2 \xrightarrow{Fe^{2+}} 2H_2O + O_2$$

Примером гетерогенного катализа является синтез аммиака из водорода и азота в присутствии металлического железа:

$$3H_2 + N_2 \xrightarrow{Fe} 2NH_3$$

Разновидностью гомогенного катализа является *кислотно-основной катализ*. К таким реакциям относится омыление сложных эфиров и амидов:

$$CH_3COOC_2H_5 \leftrightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$$

Виды катализа.

Существует классификация видов катализа по:

- **По изменению скорости реакции:**
  - положительный (ускорение реакции);
  - отрицательный (замедление реакции).
- **По агрегатному состоянию:**
  - гомогенный (реагенты и катализатор находятся в одной фазе);
  - гетерогенный (реагенты и катализатор находятся в разных фазах).
- **По химической природе катализатора:**
  - кислотный (реакция протекает в присутствии кислот);
  - основной (реакция протекает в присутствии оснований);
  - катализ на металлах, оксидах металлов;
  - ферментативный (с использованием биологических катализаторов).
- **По физическому состоянию твёрдого катализатора:**
  - на металле;
  - на носителях (напыление катализатора на инертный носитель);
  - на смешанных катализаторах (смесь порошков металлов или их оксидов).
- **По избирательности действия:**
  - специфический катализ (катализатор из многих возможных в данной реакционной смеси «выбирает» одну);

- неспецифический катализ (катализатор может изменять скорость нескольких возможных между данными реагентами реакций).

Общие принципы катализа.

1. Катализаторы ускоряют только термодинамически возможные реакции.

2. Катализаторы ускоряют химическую реакцию, как правило, за счет снижения энергии активации реакции, образуя промежуточные соединения.

3. Катализаторы увеличивают скорости как прямой, так и обратной реакций, ускоряя достижение химического равновесия.

4. Катализаторы после завершения реакции остаются в неизменном виде и количестве.

5. Все каталитические реакции сложные, так как состоят, как минимум, из двух элементарных актов:

а) Реагент + катализатор промежуточное соединение;

б) Промежуточное соединение продукты реакции + катализатор.

6. Действие катализатора можно изменить: *промоторы* – усиливают, а *каталитические яды* – блокируют действие катализатора.

Промотирование – увеличение активности катализатора в присутствии веществ, которые сами не являются катализаторами данного процесса (промоторов).

Например, для катализируемой металлическим никелем реакции:

$$CO + H2 \rightarrow CH_4 + H2O$$

введение в никелевый катализатор небольшой примеси церия приводит к резкому возрастанию активности катализатора.

Отравление – резкое снижение активности катализатора в присутствии некоторых веществ (т. н. каталитических ядов). *Например*, для реакции синтеза аммиака (катализатор – губчатое железо), присутствие в реакционной смеси соединений кислорода или серы вызывает резкое снижение активности железного катализатора; в то же время способность катализатора адсорбировать исходные вещества снижается очень незначительно.

Действие некоторых лекарственных препаратов основано на промотировании или отравлении ферментов.

Механизм действия катализатора.

Влияние катализатора на скорость химической реакции заключается в его участии в этой реакции и изменении ее механизма.

Катализатор образует с реагентами промежуточные соединения – активированные комплексы, которые в дальнейшем превращаются в продукты реакции и свободный катализатор.

В присутствии катализатора:

• изменяется механизм реакции, и она направляется по пути с меньшим значением энергии активации каждой стадии (Ea′ < Ea; Ea′′ < Ea);

• возрастает скорость реакции (рис. 9);

• происходит определенная ориентация молекул в пространстве, удобная для данного химического взаимодействия;

• возрастает энтропия переходного состояния.

Ea

Например, реакция A + B → D происходит в несколько стадий:

1) A +K → [AK] 2) [AK] +B → D + K,

где K – катализатор, A и B – реагенты, D – продукт реакции.

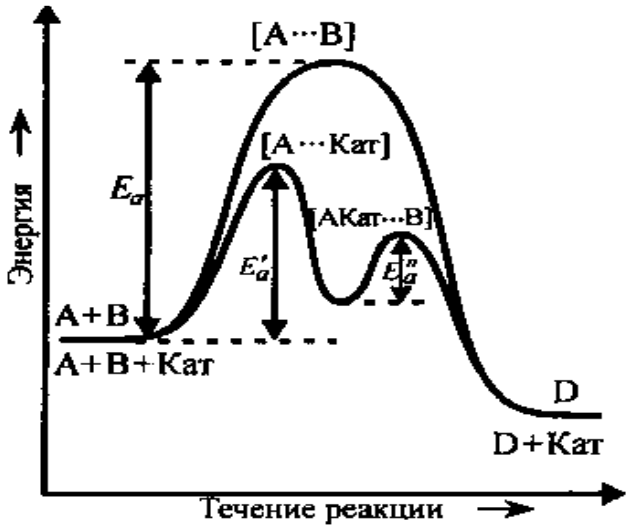


Рис. Энергетический профиль реакции без катализатора и с катализатором.

Ингибитор, в отличие от катализатора, повышает энергию активации. Ингибиторы препятствуют обычному течению химической реакции, вступая во взаимодействие с каким-либо промежуточным веществом, тем самым удаляя его из реакционной смеси. Это затрудняет протекание всей последовательности стадий сложной реакции.

Гомогенный катализ.

При гомогенном катализе реагирующие вещества и катализатор находятся в одной фазе (в растворе или в смеси газов). Гомогенные каталитические реакции состоят из двух элементарных реакций.

I. A +K → D + E

II. E + B → P + K

Продукт **E**, образующийся в результате взаимодействия катализатора **K** с первым реагентом **A,** во второй стадии реагирует со вторым реагентом **B** с образованием второго продукта **P**, а катализатор регенерируется. При этом лимитирующей могут быть разные стадии. Пример: реакция окисления ионов ванадия(III) ионами железа(III) протекает медленно. В присутствии гомогенного катализатора ионов меди(II) она ускоряется и протекает в две стадии:

$V^{3+} + Fe^{3+} \rightarrow V^{5+} + Fe^{2+}$

I. $V^{3+} + Cu^{2+} \rightarrow V^{5+} + Cu^{+}$

II. $Cu^{+} + Fe^{3+} \rightarrow Cu^{2+} + Fe^{2+}$.

Лимитирующей является первая стадия этого процесса.

Гетерогенный катализ.

При гетерогенном катализе реагирующие вещества и катализатор находятся в разных фазах, и химическая реакция протекает на границе фаз. Наибольшее практическое значение имеют каталитические реакции, когда катализатор находится в твердой фазе, а реагенты – в жидкой или газообразной. Примером гетерогенного катализа может служить реакция окисления SO_2 в SO_3 на катализаторе V_2O_5.

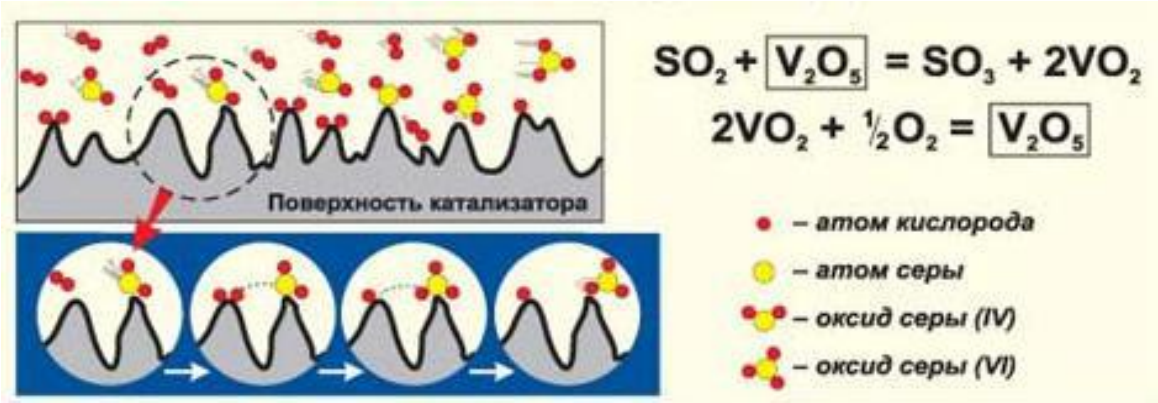


Рис. Схема каталитической реакции образования оксида серы(VI).

Гетерогенный катализ включает 2 стадии:

диффузионную (подвод реагентов и отвод продуктов реакции);
кинетическую (адсорбция реагентов, собственно химическое взаимодействие и десорбция продуктов).

В целом скорость определяется либо первой (диффузионный режим), либо второй (кинетический режим) стадией. Кинетический режим более вероятен для невысоких температур. При высоких температурах скорость реакции возрастает быстрее, чем скорость диффузии, которая становится лимитирующей стадией.

Особенности ферментативного катализа.

Ферменты (энзимы - биологические катализаторы) – это простые или сложные белки, состоящие из аминокислот и катализирующие химические реакции в живых системах.

Каталитической активностью обладает не вся молекула фермента, а её участок – **активный центр.**

Аллостерический фактор – второй участок молекулы, предназначенный для узнавания субстрата.

Классификация ферментов по химическому строению:

- ***простые*** (активный центр, сформирован только белковой молекулой);
- ***сложные*** (активный центр содержит небелковую составляющую). Например, в гемоглобине небелковая составляющая Fe (гем). Если его отделить от белка, то отдельно он не будет выполнять роль фермента.

Соединения активной группы (небелковой части) с белками значительно усиливает каталитическую активность фермента.

Специфические свойства ферментов:

- большой размер молекулы (10^{-5} – 10^{-7} м);
- высокая специфичность (каждый фермент катализирует только определенную химическую реакцию по принципу - «ключ в замке»);
- высокая каталитическая активность.

Например, 1моль алкогольдегидрогеназы за 1 секунду способствует превращению 720 моль этилового спирта в уксусный альдегид (температура 25 ^{0}C). Промышленный катализатор 1 моль за это же время но при 200^{0}C окисляет всего 1 моль спирта.

- работа в строго определенных условиях:

– температура:

36-38^{0}С (организм человека);

40-60^{0}С (растительные ферменты);

39-50^{0}С (животные ферменты);

70^{0}С (происходит необратимая декструкция белка).

– pH среды, определенная для каждого фермента. Для большинства ферментов приемлема pH среды 7,3-7,4. Но для некоторых pH является определенной величиной. Например, пепсин pH<2, трипсин pH – 8,5.

- не подчинение правилу Вант-Гоффа. Температурный коэффициент скорости биохимической реакции меньше 2-х. Увеличение температуры до 45-50^{0}С приводит к инактивации ферментов.
- роль промоторов (активаторов фермента) в организме выполняют катионы Mg, Mn, Zn,Co, K и анион Cl.

^{0}С ингибиторы ферментов:

– катионы Hg, Pb, Cd, As;

– инсектициды.

• инактивация – способность фермента утрачивать свою активность в процессе протекания каталитической реакции.

Чем большей активность обладает фермент, тем он сильнее разрушается в процессе катализа (отличие его от неорганических катализаторов).

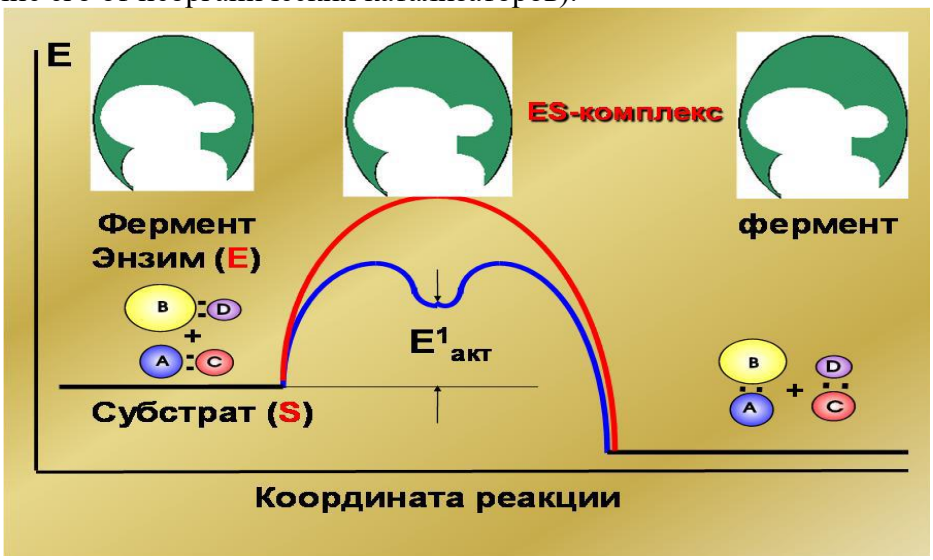


Рис. Энергетический профиль реакции в присутствии фермента.

Общие принципы кинетики химических реакций применимы и к ферментативным реакциям, однако у последних имеется важная отличительная особенность – ***явление насыщения субстратом***. Субстрат – объект воздействия фермента:

• При низкой концентрации субстрата скорость реакции возрастает пропорционально концентрации субстрата, т.е. в отношении субстрата реакция имеет I порядок.

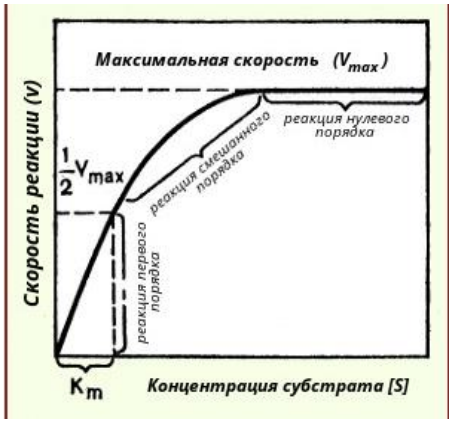
• По мере увеличения концентрации субстрата, скорость реакции растет медленнее, пропорциональность нарушается (реакция смешанного порядка).

• При дальнейшем увеличении концентрации субстрата, скорость реакции становится постоянной (реакция нулевого порядка). Происходит своего рода «насыщение» фермента субстратом.

$$E + S \underset{k1}{\overset{k2}{\leftrightarrow}} ES \qquad ES \underset{k3}{\overset{k4}{\leftrightarrow}} E + P$$

где E – фермент (энзим); S – субстрат; ES – фермент-субстратный комплекс; P – продукты реакции; $k1$, $k2$, k 3, k 4 – константы скорости прямых и обратных реакций.

Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата [S] представлена на рисунке



Количественное соотношение между скоростью ферментативной реакции и концентрацией субстрата [S] выражается **уравнением Михаэлиса-Ментен:**

$$\upsilon = \frac{\boldsymbol{\upsilon}\max \bullet [\boldsymbol{S}]}{\boldsymbol{K}\mathrm{m}+[\boldsymbol{S}]}$$

где $\boldsymbol{\upsilon}$max – максимальное значение скорости данной реакции; Km – «объединенная» константа Михаэлиса. 3

$$\frac{\boldsymbol{K}2+\boldsymbol{K}3}{\boldsymbol{K}1} \qquad \text{при } \upsilon = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{2}}\boldsymbol{\upsilon}\max$$

$$K_m = [S]$$

Константа Михаэлиса-Ментен служит мерой сродства субстрат к ферменту.

Ее значение равно концентрация субстрата, при которой скорость реакции равна половине своего максимального значения.

Организм, некоторое время, вместо погибших молекул фермента создаёт новые. Однако при их недостатке использует лекарственные ферментные препараты, полученные на базе природных.

Например:

– трипсин, химотрипсин (получены из ферментов поджелудочной железы);

– плазмин (фермент крови).

Исследование ферментативных процессов как в норме, так и при патологии необходимо для более глубокого понимания особенностей специфики обменных процессов в организме с целью научиться управлять ими.

Достижения ***энзимологии*** – учения о ферментах – нашли практическое применение в различных областях народного хозяйства – пищевой, легкой промышленности, сельском хозяйстве и, особенно, в медицине.

Возникла новая область медицины – ***медицинская энзимология***, включающая следующие разделы: ***энзимодиагностику*** (исследование ферментов в биологических жидкостях и тканях с диагностической и прогностической целью); ***энзимопатологию*** (использование ферментов для изучения патогенеза ряда заболеваний); ***энзимотерапию*** (применение ферментов, их активаторов и ингибиторов с лечебной целью).

Новым направлением энзимотерапии является ***системная энзимотерапия*** – применение комбинированных ферментов животного и растительного происхождения.

Фармокинетика. Фармакодинамика.

Фармакокинетика – раздел медицины, основанный на кинетических закономерностях химических и биологических процессов, происходящих с лекарственным препаратом в организме.

Фармакокинетика – наука о химических превращениях лекарства в организме.

К фармакокинетическим процессам относятся:

- ***всасывание*** (через растворение и диффузию) в кровоток.

Вещества основного характера (амины) всасываются в тонком кишечнике, нейтрального или кислого – в желудке. Всасывание характеризуется скоростью и степенью всасывания (***биодоступностью***).

- ***распределение по органам и тканям***.

Лекарственное вещество в организме распределяется между кровью, межклеточной жидкостью и клетками тканей с различной скоростью. Она зависит от сродства молекул вещества к биомакромолекулам крови и тканей.

- ***метаболизм*** - выделение лекарственного вещества в виде продуктов их биохимических превращений-метаболитов.

Метаболизму способствуют процессы окисления, восстановления, гидролиза. Часто метаболизм катализируется ферментами.

Метаболиты более полярные и лучше растворяются в воде по сравнению с исходными лекарственными веществами, поэтому быстрее выводятся с мочой.

Биологическое значение метаболизма – подготовка липорастворимых средств к выведению из организма.

- ***экскреция*** (выделение).

Выделение лекарственных веществ или метаболитов из организма происходит в зависимости от: скорости доставки вещества в выделительный орган с кровью; активности выделительных систем; растворимости лекарственных веществ (водорастворимые выводятся через почки, полярные вещества с молекулярной массой более 300 выводятся преимущественно с желчью и калом).

Пути выделения через слюну, грудное молоко, потовые железы менее интенсивны.

Фармакодинамика – наука о механизме действия лекарственных веществ на организм.

Механизм действия лекарственных веществ – это способы, которыми вещества вызывают фармакологические эффекты. К основным механизмам относят:

- Физический
- Химический
- Мембранный (физико-химический)
- Ферментативный
- Рецепторный

Физический механизм действия. Действие лекарственного вещества связано с его физическими свойствами.

Например, уголь активированный обладает большой поверхностной активностью. Это позволяет ему адсорбировать на своей поверхности газы, алкалоиды, токсины и др.

Прямое химическое воздействие. Лекарственное средство непосредственно взаимодействует с молекулами или ионами в организме.

Например, таким действием обладает препарат унитиол, относящийся к группе антидотов. В случае отравления тиоловыми ядами, в том числе солями тяжелых металлов,

унитиол вступает с ними в прямую химическую реакцию, в результате чего образуются нетоксичные комплексы, которые выводятся из организма с мочой.

Мембранный (физико-химический) механизм связан с влиянием лекарственного средства на токи ионов Na^+,K^+, Cl^- и др., определяющих электрический потенциал.

По такому механизму действуют средства для наркоза, антиаритмические препараты, местные анестетики и др.

Ферментативный механизм определяется способностью некоторых лекарственные вещества оказывать активирующее или угнетающее влияние на ферменты.

Рецепторный механизм. Рецепторы – это макромолекулярные структуры, обладающие избирательной чувствительностью к определенным химическим соединениям. Лекарственные вещества, активирующие рецепторы и вызывающие биологический эффект, называются ***агонистами***.

Лекарственные вещества связывающиеся с рецепторами, но не вызывающие их активации называются ***антагонистами***.

Например, наркотический анальгетик налбуфин стимулирует опиодные рецепторы, поэтому снижает болевую чувствительность.

Задание для самостоятельной работы. Вариант 1.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Чем определяется молекулярность химической реакции? Приведите примеры моно-, би- и тримолекулярных реакций.
2. Какие факторы влияют на константу скорости реакции?
3. Задача. Активность фермента пепсина за 14 дней уменьшилась на 6,85%. Рассчитайте константу скорости инактивации пепсина и время его полураспада.

Задание для самостоятельной работы. Вариант 2.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Что называется скоростью химической реакции? Какова её размерность?
2. Сформулируйте правило, выражающее зависимость скорости реакции от температуры. Кто его автор?
3. Задача: Константа скорости щелочного омыления бутилацетата при 20°С равна 15,2 л·моль$^{-1}$·мин$^{-1}$, а при 30°С - 4,73 л·моль$^{-1}$·мин$^{-1}$. Рассчитайте энергию активации этой реакции.

Задание для самостоятельной работы. Вариант 3.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Какие виды скорости химических реакций вы знаете? Приведите соответствующие уравнения.
2. Что такое гетерогенный катализ? Приведите пример.
3. Задача. Период полураспада сахарозы равен 180 минут. Вычислите константу скорости реакции и процент сахарозы, инвертируемой за 250 мин.

Задание для самостоятельной работы. Вариант 4.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Какие реакции называются параллельными? Приведите примеры.
2. Как экспериментально определить энергию активации реакции? Приведите формулу
3. **Задача.** За какое время разложится 7% вещества, если константа разложения равна $13{,}5 \cdot 10^{-3}$ мин$^{-1}$

Задание для самостоятельной работы. Вариант 5.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Что такое порядок химической реакции? Приведите пример реакции 1-го порядка и напишите кинетическое уравнение для неё.
2. Какие реакции называются последовательными? Приведите примеры.
3. **Задача**. Рассчитайте, сколько % вещества разложится за 11 дней, если константа разложения этого вещества равна $0{,}6 \cdot 10^{-4}$ дней$^{-1}$.

Задание для самостоятельной работы. Вариант 6.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Что такое порядок химической реакции? Приведите пример и напишите кинетическое уравнение реакции 2-го порядка для случая одинаковых начальных концентраций реагентов.
2. Какие реакции называются цепными? Приведите примеры.
3. **Задача.** Константа скорости щелочного омыления бутилацетата при 10 ^{o}C равна 1,94, а при 20 ^{o}C - 3,93 л·моль$^{-1}$·мин$^{-1}$. Рассчитайте энергию активации этой реакции.

Задание для самостоятельной работы. Вариант 7.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Изложите классификацию сложных реакций. Приведите пример для каждого вида реакции.
2. Какие вещества называются катализаторами? Чем объясняется механизм действия катализатора?
3. **Задача.** Константа скорости разложения лекарственного вещества в водном растворе при 20 ^{o}C равна $1{,}5 \cdot 10^{-8}$ с$^{-1}$. Рассчитайте время разложения этого вещества на.10 %.

Задание для самостоятельной работы. Вариант 8.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Почему во многих случаях порядок и молекулярность реакций не совпадают? Как называются такие реакции? Приведите примеры.
2. Дайте определение ферментативного катализа. Приведите примеры.
3. **Задача**. При аварии на АЭС в атмосферу выбрасывается изотоп ^{126}J с периодом полураспада 8 суток. За какое время он распадается на 90%? (Распад идёт по кинетике 1-го порядка).

Задание для самостоятельной работы. Вариант 9.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Что такое порядок химической реакции? Приведите пример реакции 2-го порядка (при различных начальных концентрациях реагентов) и напишите для неё кинетическое уравнение.

2. Дайте определение кислотно-основного катализа. Приведите примеры.

3. Задача. Константа скорости гидролиза лекарственного вещества в 10%-ном растворе при 313 К равна 6,6 $\cdot 10^{-6}$ мин$^{-1}$. Энергия активации реакции 55,2 кДж/моль. Рассчитайте константу скорости реакции при 20 ºС.

Задание для самостоятельной работы. Вариант 10.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Объясните, как скорость химической реакции зависит от величины энергии активации?
2. Какие реакции называются гетерофазными? Приведите примеры. Чем отличается протекание таких реакций от протекания гомофазных?
3. **Задача**. Рассчитайте, сколько % вещества разложится за 25 мин, если константа разложения этого вещества равна $17 \cdot 10^{-5}$ мин$^{-1}$

Задание для самостоятельной работы. Вариант 11.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Какие факторы влияют на константу скорости химической реакции?
2. Что такое гомогенный катализ? Какие его разновидности вам известны? Приведите пример кислотно-основного катализа.
3. **Задача.** Разложение вещества за 23 мин. происходит на 10%. Рассчитайте константу скорости реакции.

Задание для самостоятельной работы. Вариант 12.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Изложите закон действующих масс. Напишите его математическое выражение и назовите входящие в него величины.
2. Что такое гетерогенный катализ? Приведите примеры
3. **Задача**. При дегидрировании янтарной кислоты образуется малеиновая кислота. Реакция идёт по кинетике 1-го порядка с периодом полупревращения 15,86 мин. Сколько времени потребуется для дегидрирования 99 % янтарной кислоты?

Задание для самостоятельной работы. Вариант 13.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Опишите метод ускоренного старения лекарственных препаратов для определения сроков их годности?
2. Что такое ингибиторы? Приведите примеры использования ингибиторов в фармации.
3. **Задача.** Рассчитайте энергию активации химической реакции, если константа скорости этой реакции при 25° С равна 87 кДж/моль, а при 30° С 155 кДж/моль.

Задание для самостоятельной работы. Вариант 14.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Напишите уравнение Аррениуса для зависимости константы скорости химической реакции от температуры. Назовите входящие в него величины.
2. Что такое каталитические яды?
3. **Задача.**Период полупревращения вещества равен 18 минут, рассчитайте константу скорости данной реакции.(Разложение идет по кинетике 1-го порядка).

Задание для самостоятельной работы. Вариант 15.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Что такое время полупревращения реакции? Как его можно рассчитать?
2. Что такое энергия активации химической реакции?
3. **Задача.** Денатурация белка при 60 ^{o}C прошла на 50 % за 8 мин. За какое время белок денатурирует на 99%? Считать, что процесс идёт по кинетике 1-го порядка.

Задание для самостоятельной работы. Вариант 16.

Тема «ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА. КАТАЛИЗ»

1. Что такое молекулярность реакции ?
2. Какие виды катализа Вам известны? Охарактеризуйте каждый вид.
3. **Задача.** Константа скорости реакции при 10 ^{o}C равна $2{,}38 \cdot 10^{-3}$ мин$^{-1}$. Рассчитайте время, в течение которого разложится50% вещества.