Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби

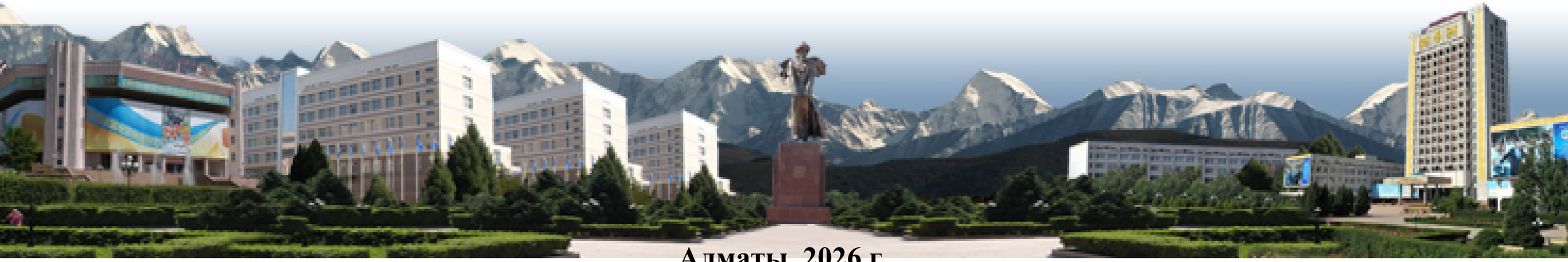
Факультет Химии и Химической Технологии

Лекция 6.
Коферменты. Химическое строение, свойства и физиологическая роль в организме

Цель:

изучить химическое строение, классификацию и физиологическую роль коферментов (коэнзимов) как небелковых компонентов сложных ферментов, их тесную взаимосвязь с витаминами группы В, механизмы переноса электронов, протонов и химических групп, а также принципы международной систематической номенклатуры и классификации ферментов (ЕС).

К.х.н., ассоциированный профессор Литвиненко Ю.А



Алматы, 2026 г.

Коферменты (или коэнзимы) — это небелковые органические молекулы, которые необходимы для работы ферментов, выступая в роли переносчиков атомов, электронов или групп атомов в химических реакциях. Большинство коферментов являются производными витаминов, особенно витаминов группы В. Они участвуют в различных биохимических процессах, таких как перенос ацильных групп (кофермент А) и электронов (НАД, ФАД).

Основные свойства и функции:

•Небелковая природа: Коферменты не являются белками, но необходимы для каталитической активности ферментов.

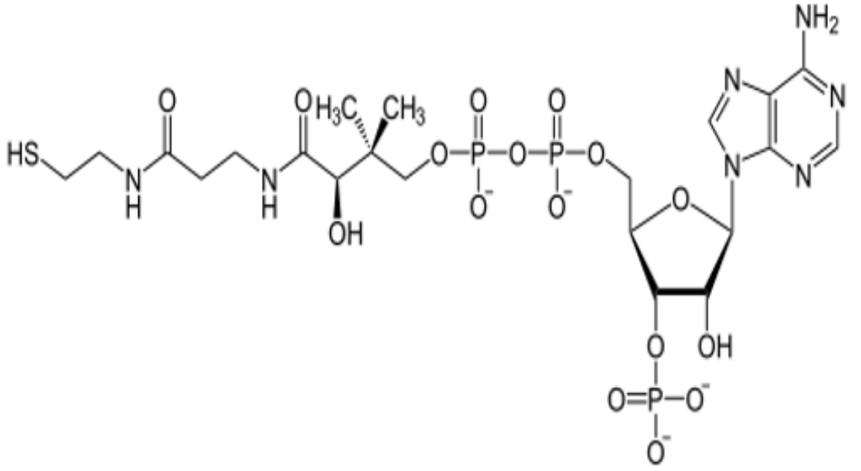
•Переносчики: Они переносят различные субстанции, такие как электроны, протоны, ацетильные группы, фосфатные группы и другие, участвуя в метаболических процессах.

•Производные витаминов: Многие коферменты — это витамины или их производные, например, тиаминпирофосфат (из витамина В1), никотинамидадениндинуклеотид (НАД, из ниацина, витамина В3) и ФМН/ФАД (из рибофлавина, витамина В2).

•Участие в активном центре: Кофермент в составе активного центра фермента связывается с субстратом и участвует в его химическом превращении.

•Необратимое превращение: Коферменты не подвергаются необратимым химическим изменениям в ходе реакции и могут многократно участвовать в каталитических процессах.

Кофермент А (КоА): Переносит ацильные группы (например, ацетил-КоА) в синтезе и окислении жирных кислот, а также в цикле лимонной кислоты.



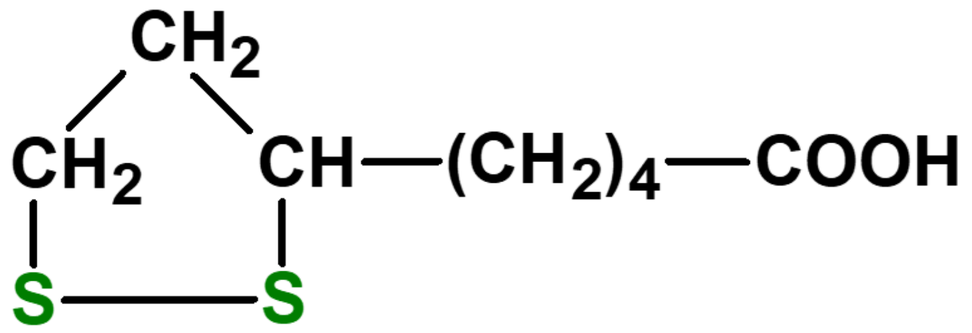
С КоА связан ряд биохимических реакций, лежащих в основе окисления и синтеза жирных кислот, биосинтеза жиров, окислительных превращений продуктов распада углеводов. Во всех случаях КоА действует в качестве промежуточного звена, связывающего и переносящего кислотные остатки на другие вещества. При этом кислотные остатки в составе соединения с КоА подвергаются тем или иным превращениям, либо передаются без изменений на определённые метаболиты.

Классификация коферментов:

По химическому строению

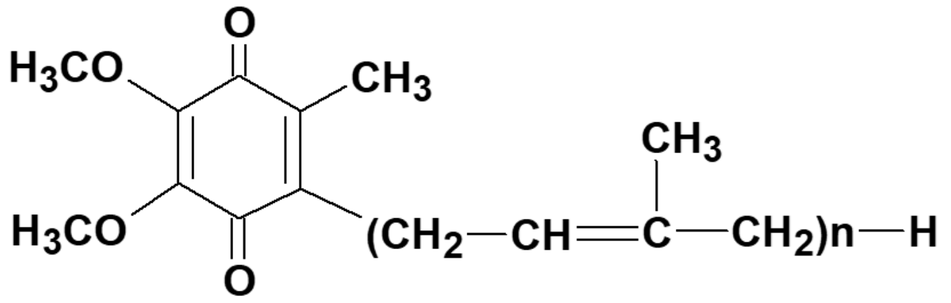
1. Алифатические (липоевая кислота);
2. Ароматические (коэнзим Q);
3. Гетероциклические (ТПФ, ПФ);
4. Нуклеотиды (НАД, НАДФ, ФАД, ФМН)

Липоевая кислота



Липоевая кислота (или альфа-липоевая кислота, АЛК) — это витаминоподобное вещество, которое действует как кофермент в выработке энергии и является мощным антиоксидантом, нейтрализующим свободные радикалы. Она участвует в регуляции уровня глюкозы в крови, поддерживает работу печени и нервной системы, а также может способствовать снижению веса и улучшению физической активности. АЛК содержится в продуктах животного происхождения (печень, почки) и некоторых растительных (бобовые, шпинат).

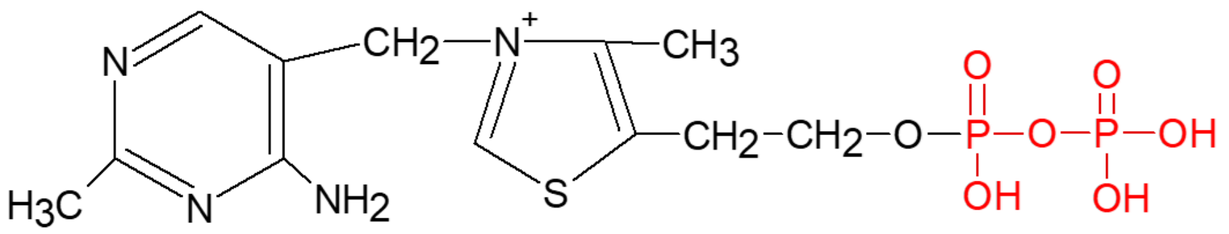
КоQ (коэнзим Q, убихинон)



КоQ – это сокращение от Кофермент Q, также известный как коэнзим Q или убихинон. Это жирорастворимое витаминоподобное вещество, присутствующее во всех живых клетках, выполняющее функцию в выработке клеточной энергии и выступающее как мощный антиоксидант. Название "убихинон" происходит от латинского "ubique", что означает "вездесущий".

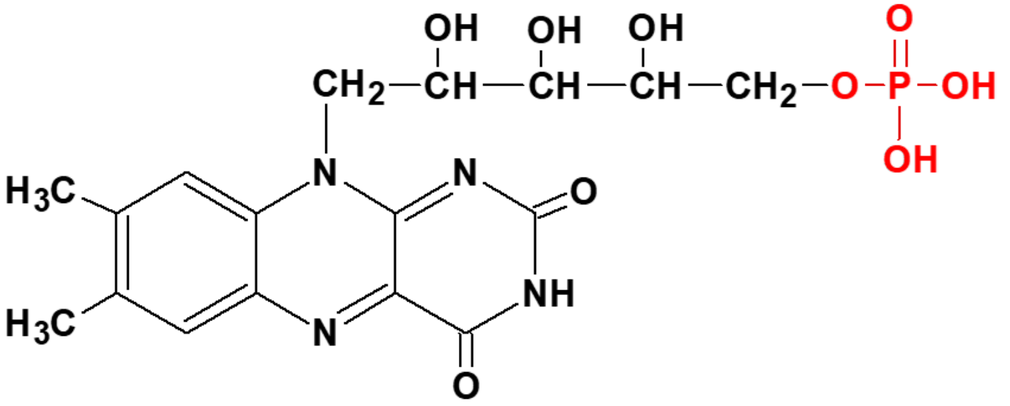
Энергетический обмен: КоQ играет ключевую роль в митохондриях, участвуя в процессе выработки АТФ (клеточной энергии), за что его называют "свечой зажигания клеток".

Тиаминпирофосфат (ТПФ)



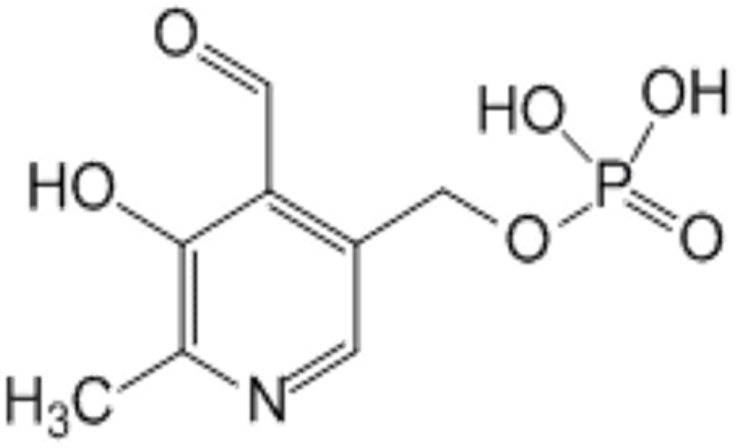
Тиаминпирофосфат (ТПФ), также известный как тиаминдифосфат или кокарбоксилаза, — это активная форма витамина B1, которая функционирует как кофермент в ряде ключевых ферментативных реакций, в том числе в окислительном декарбоксилировании кетокислот и углеводном обмене, а также участвует в проведении нервного возбуждения. Большая часть тиамина в организме человека представлена именно в форме ТПФ.
Участвует в реакциях переноса гидроксиалкильных групп и декарбоксилирования кетокислот.

Флавинмононуклеотид (ФМН)



Флавинмононуклеотид (ФМН, FMN) — это активная форма витамина B2 (рибофлавина), которая образуется путем фосфорилирования рибофлавина и функционирует как кофермент во многих окислительно-восстановительных реакциях в живых клетках, таких как перенос электронов в дыхательной цепи. Он играет важную роль в энергетическом обмене, является предшественником флавинадениндинуклеотида (ФАД) и используется в медицине и пищевой промышленности как краситель.
Также является переносчиком электронов в различных биохимических путях.

Пиридоксальфосфат (ПФ)



Пиридоксальфосфат (ПФ), или пиридоксаль-5-фосфат (P-5-P), — это активная форма витамина B6, которая участвует в более чем 100 биохимических реакциях, включая метаболизм белков, жиров и углеводов. Он играет важную роль в поддержании здоровья нервной системы, иммунитета, сердечно-сосудистой системы и участвует в синтезе нейромедиаторов, таких как серотонин и адреналин. ПФ также используется для профилактики и лечения дефицита витамина B6, а также в комплексной терапии различных заболеваний, в том числе анемии и дерматитов.

Участвует в реакциях трансаминирования и метаболизме аминокислот.

По выполняемым функциям:

1. Переносчики протонов и электронов (НАД, ФАД, Ко Q);
2. Переносчики групп (ТПФ, ПФ, КоА);
3. Коферменты синтеза и изомеризации

По механизму действия:

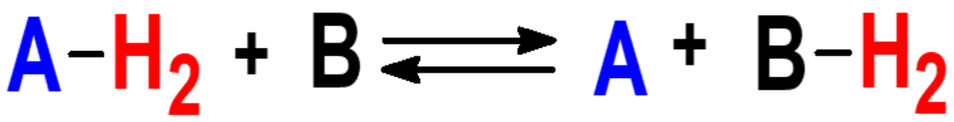
1. Коферменты с высоким потенциалом переноса энергии (переносчики энергии);
2. Коферменты, участвующие в окислительно-восстановительных реакциях;
3. Коферменты, формирующие активный центр фермента.

Коферментные функции водорастворимых витаминов

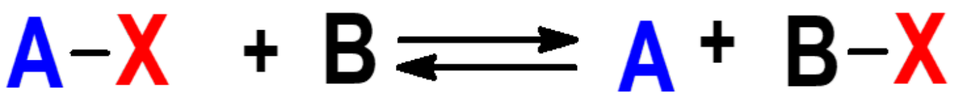
Витамин	Коферментная форма	Тип катализируемой реакции
B1, тиамин, антиневритный	Тиаминпиро-фосфат (ТПФ)	Окислительное декарбоксилирование α-кетокислот
B2 Рибофлавин	ФМН, ФАД	Перенос протонов и электронов (ОВР) (дегидрогеназы)
B3 Пантотеновая кислота, антидерма-титный	Кофермент (коэнзим) А	Перенос ацильных групп (ацилтрансферазы)
B5, PP Никоти-новая кислота, антипеллагри-ческий	НАД, НАДФ	Перенос протонов и электронов (ОВР) (дегидрогеназы)
B_6 Пиридоксин, антидерматитный	Пиридоксальфосфат (ПФ)	Перенос аминогрупп (трансаминазы) и декарбоксилирование (декарбоксилазы)
B_9, B_c Фолиевая кислота, антианемический	Тетрагидрофолат (ТГФК)	Перенос одноуглеродных групп (метитрансферазы)
B_{12} Кобаламин, антианемический	Дезоксиаденозил-кобаламин, метилкобаламин	Изомеразы, метилтрансферазы
C Аскорбиновая кислота, антискорбутный	Не известна	Реакции гидроксилирования (гидроксилазы)
H Биотин, антисеборейный	Биотин кофермент	Фиксация CO_2 (карбоксилазы)

Классификация ферментов

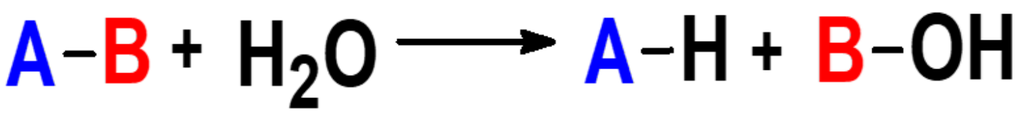
1. Оксидоредуктазы



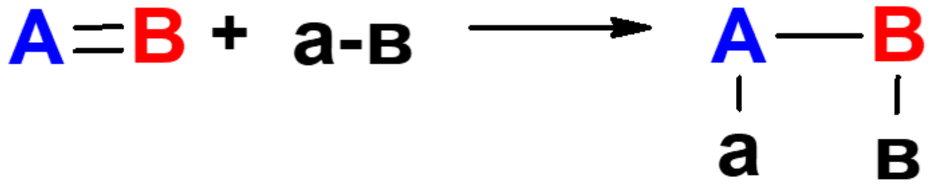
2. Трансферазы



3. Гидролазы



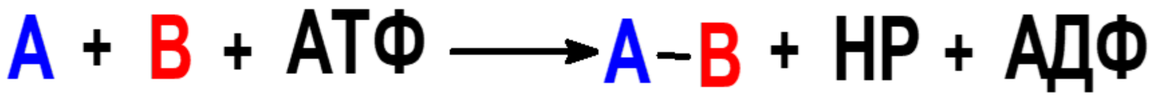
4. Лиазы

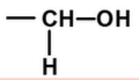
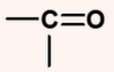
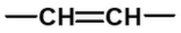
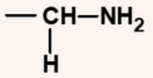
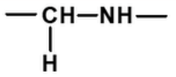


5. Изомеразы



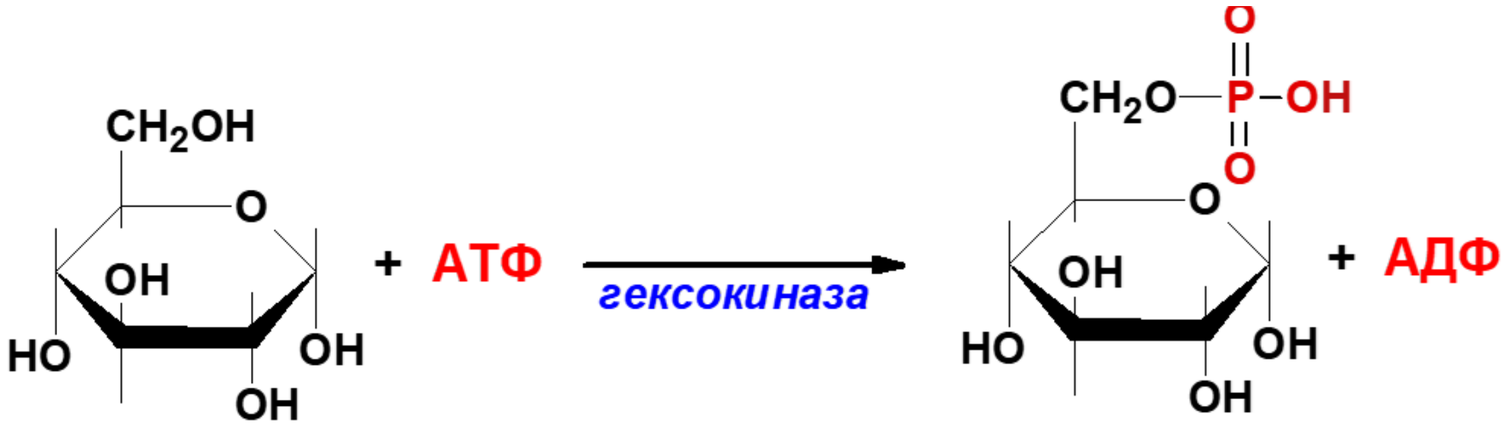
6. Лигазы (синтетазы)



класс	под-класс	катализируемая реакция
1.оксидоредуктазы		Гидрогенизация и дегидрогенизация
	1.1	
	1.2	
	1.3	
	1.4	
	1.5	
	1.6	НАДН, НАДФН

класс	под-класс	катализируемая реакция
2.транс-феразы		перенос функциональных групп
	2.1	Одноуглеродных групп
	2.2	Альдегидной или кетогруппы
	2.3	Ацила
	2.4	Гликозила
	2.5	Алкильной (но не метила) или арильной группы
	2.6	Азотсодержащей группы
	2.7	Фосфатсодержащей группы
	2.8	Серосодержащей группы

класс	под-класс	катализируемая реакция
3.гидролазы		гидролитические реакции
	3.1	Сложных эфиров
	3.2	Гликозидов
	3.3	Простых эфиров
	3.4	Пептидов
	3.5	Других C—N-связей
	3.6	Ангидридов кислот



глюкоза

глюкозо-6-фосфат

EC 2. 7. 1. 1

класс 2 – трансфераза

подкласс 7 – перенос фосфата

подподкласс 1 – акцептором фосфата является ОН-группа

D-гексозо-6-фосфотрансфераза