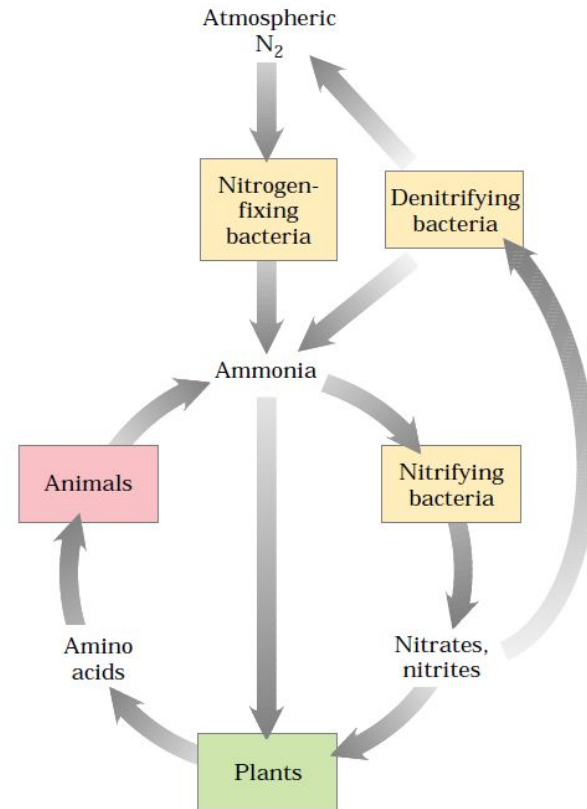
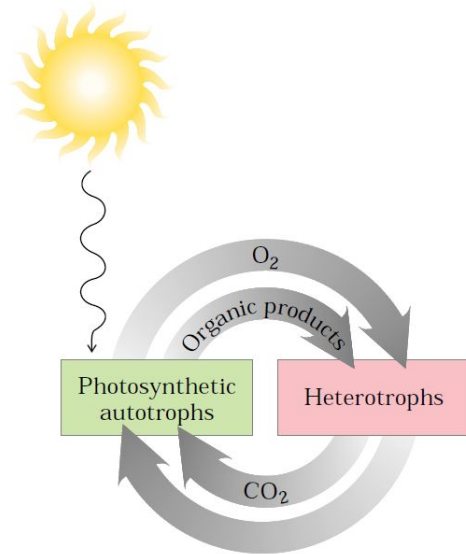
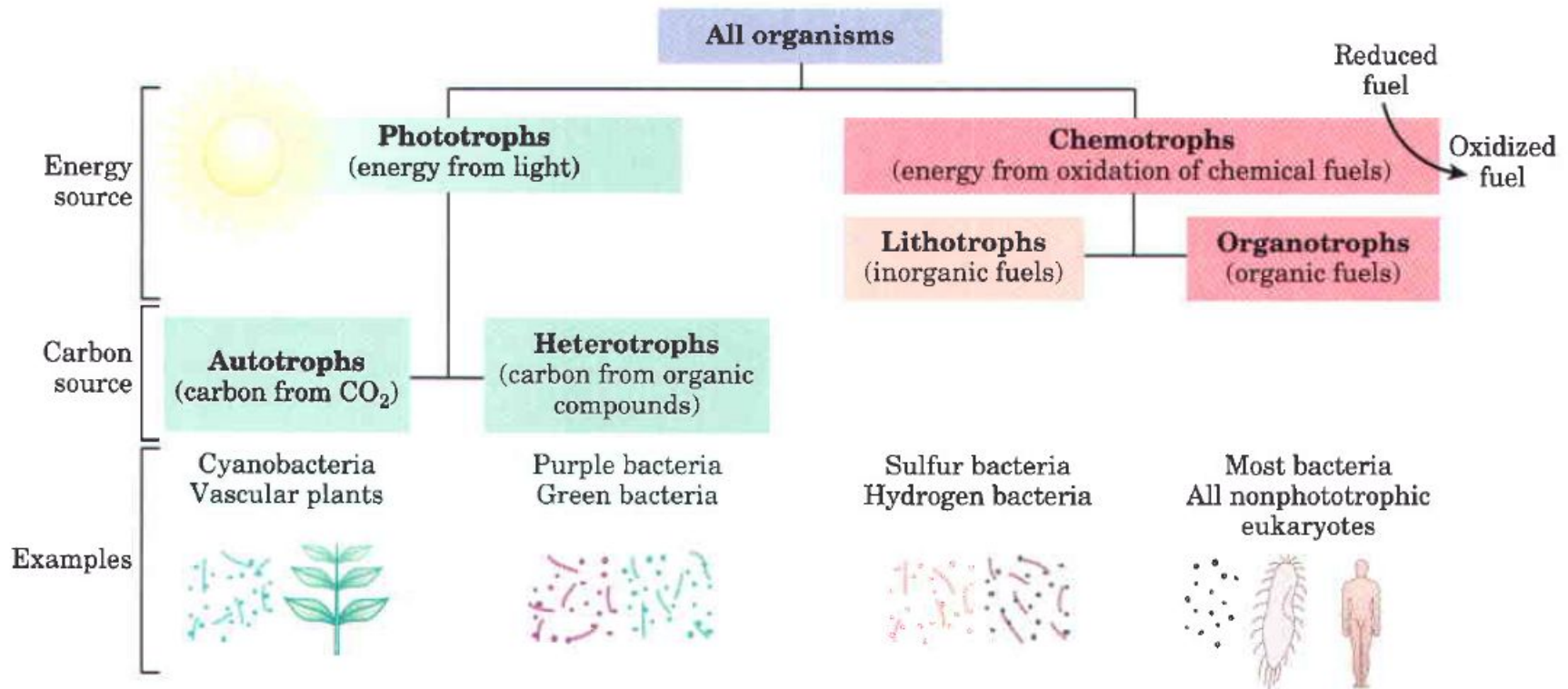


Законы биоэнергетики

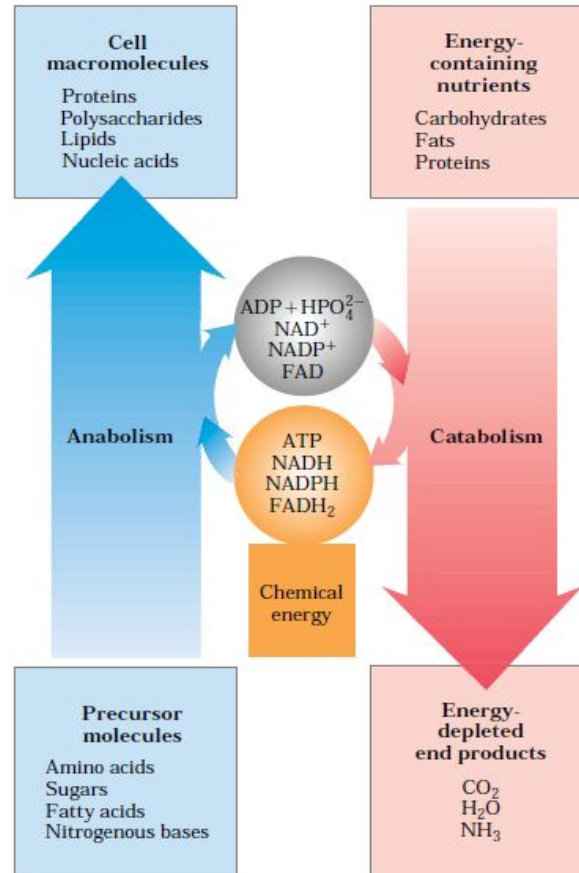
Круговороты основных биогенных элементов



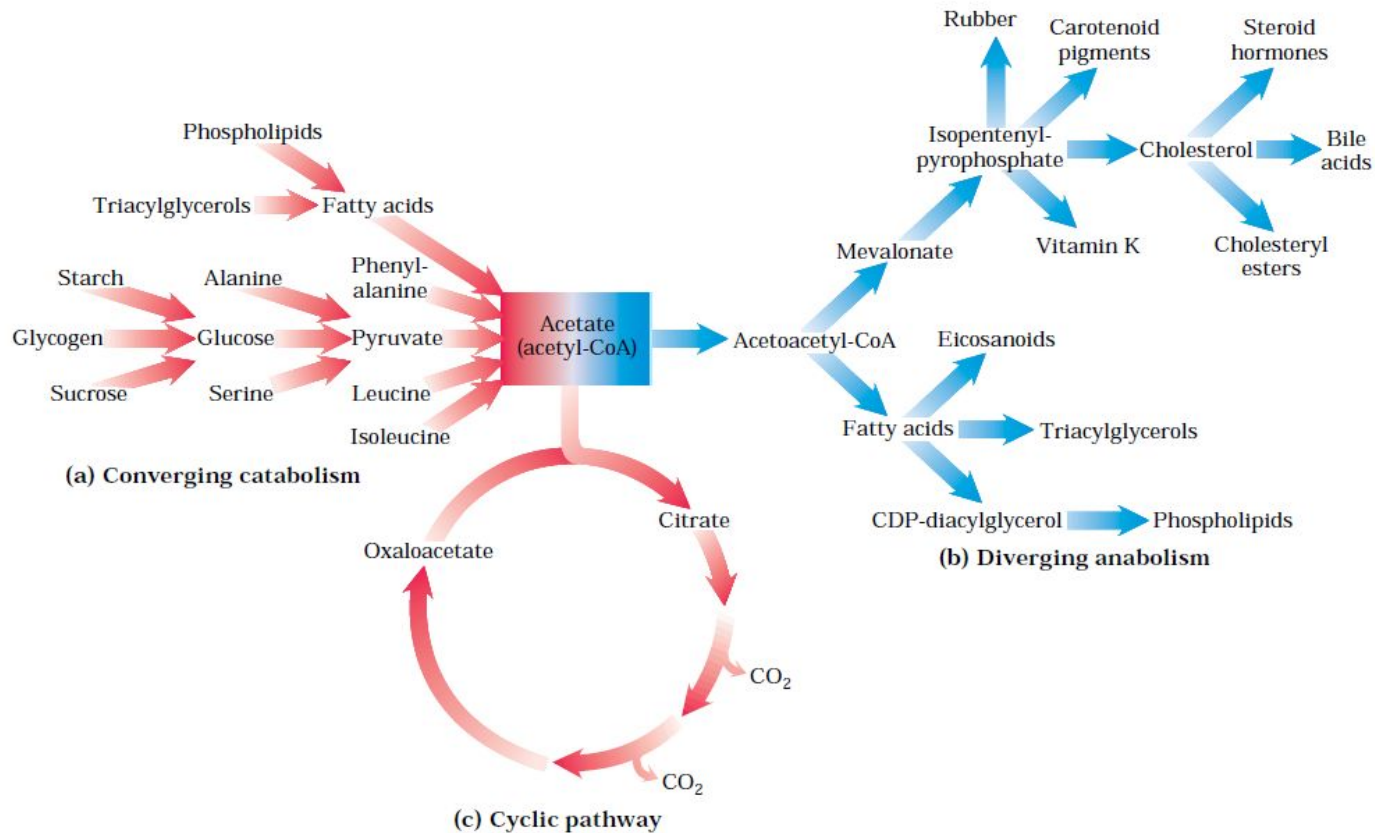
Классификация организмов относительно способов извлечения ими энергии



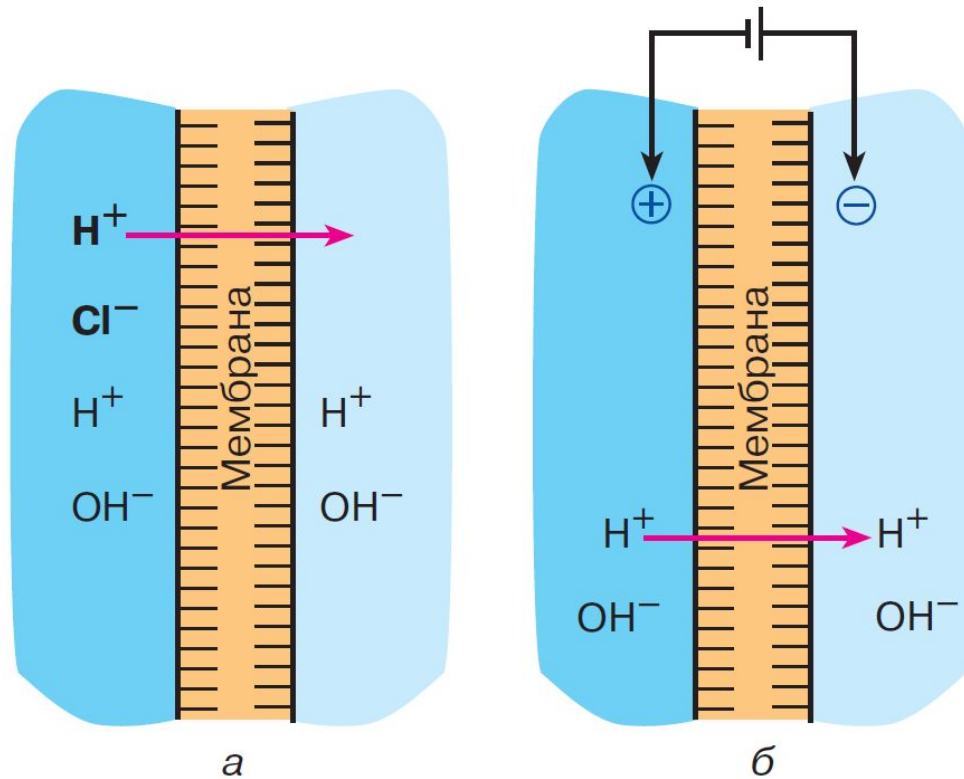
Направленность и взаимосвязь катаболических и анаболических этапов метаболизма



Функциональная структура процессов катаболизма и анаболизма



Законы биоэнергетики. Мембранный потенциал



Формы протонного потенциала: а – градиент кислотности,
б – градиент электрического
поля

Законы биоэнергетики. Мембранный потенциал

- **Протонный потенциал** – потенциальная энергия ионов H^+
- $\Delta\bar{\mu}_{H^+}$ - разность H^+ - потенциалов между сторонами мембраны

$$\Delta\bar{\mu}_{H^+} = \Delta\Psi - 0.06\Delta pH, \text{ Вольт}$$

$$\Delta\bar{\mu}_{Na^+} = \Delta\Psi - 0.06\Delta pNa, \text{ Вольт}$$

$\Delta\Psi$ - разность электрических потенциалов

ΔpH - разность химических потенциалов H^+

Законы биоэнергетики. Первый закон

Клетка избегает прямого использования энергии внешних ресурсов для совершения полезной работы

Перед использованием, энергия запасается в виде:

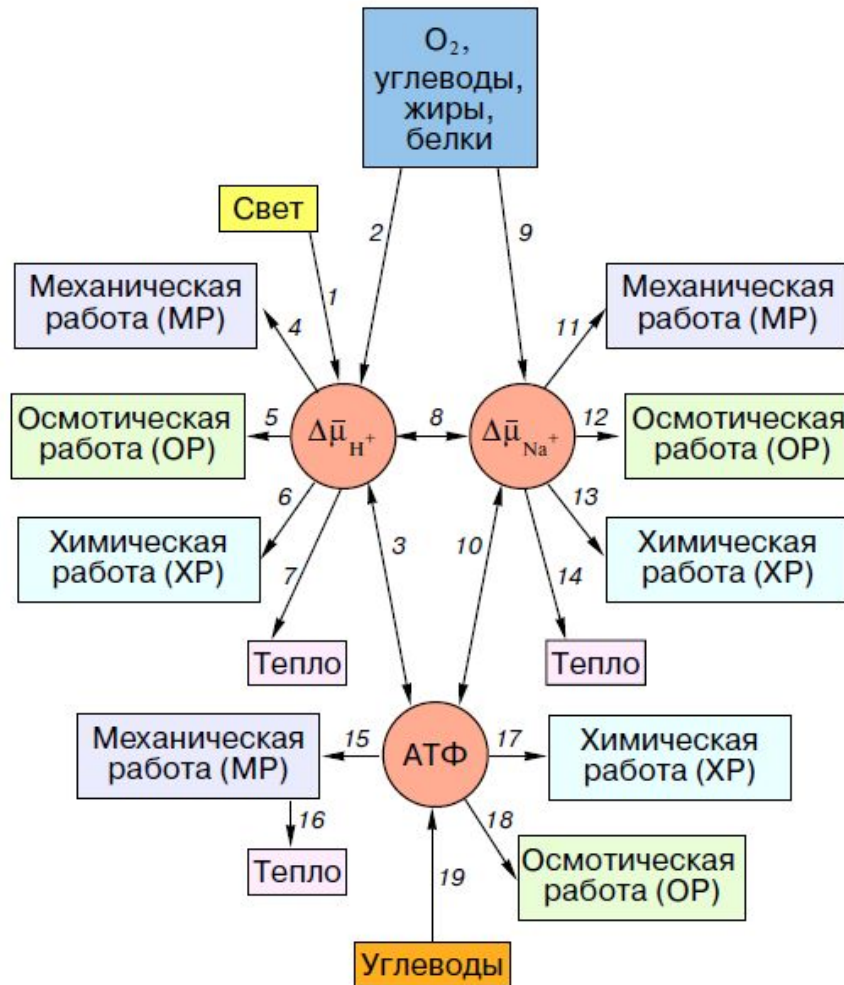
- АТФ
- $\Delta\bar{\mu}_{H^+}$
- $\Delta\bar{\mu}_{Na^+}$

Законы биоэнергетики. Второй закон

Клетка всегда имеет как минимум две формы энергии:

- *макроэргические связи АТФ*
- *энергию, связанную с мембраной*
($\Delta \mu_{H^+}$ либо $\Delta \mu_{Na^+}$)

Использование и взаимосвязь форм энергии в клетке



Законы биоэнергетики. Третий закон

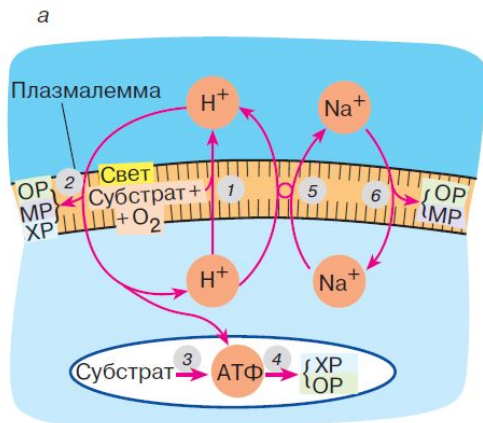
Энергетические формы могут превращаться одна в другую

Na⁺-АТФ-синтаза : $\text{АТФ} \leftrightarrow \Delta \mu_{\text{Na}^+}$,

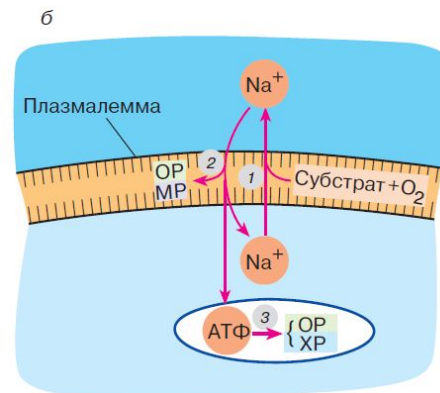
H⁺-АТФ-синтаза : $\text{АТФ} \leftrightarrow \Delta \mu_{\text{H}^+}$,

H⁺/Na⁺-антипорт: равновесие $\Delta \mu_{\text{H}^+} \leftrightarrow \Delta \mu_{\text{Na}^+}$

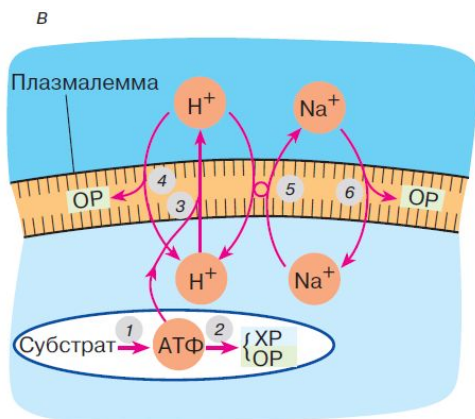
Энергетика бактерий



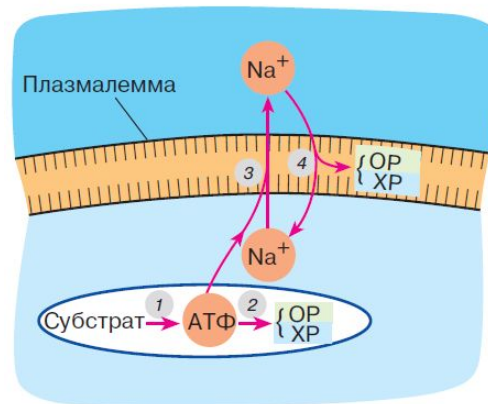
а. морские аэробы. $\Delta \mu_{H^+}$



б. морские аэробы. $\Delta \mu_{Na^+}$



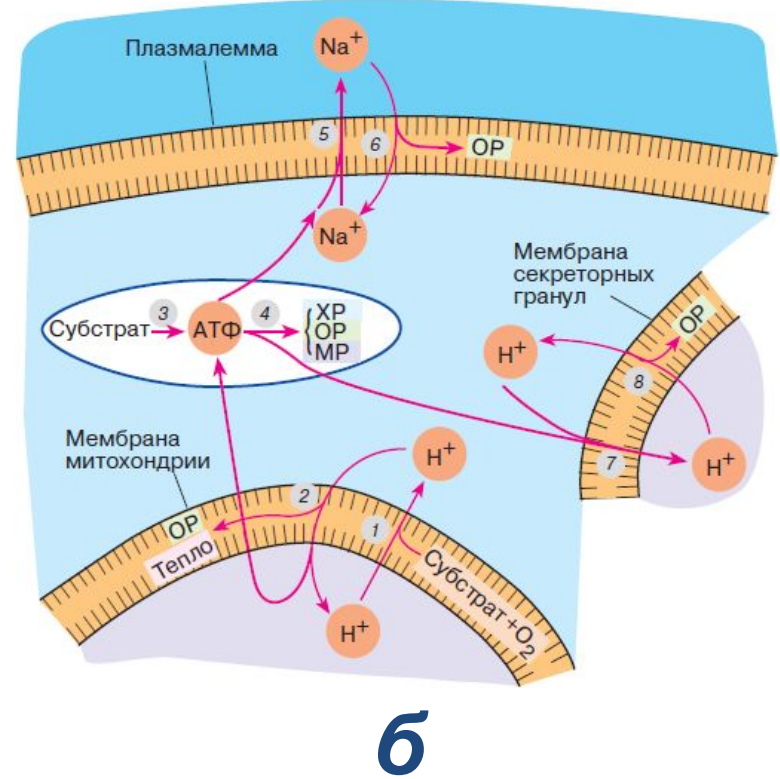
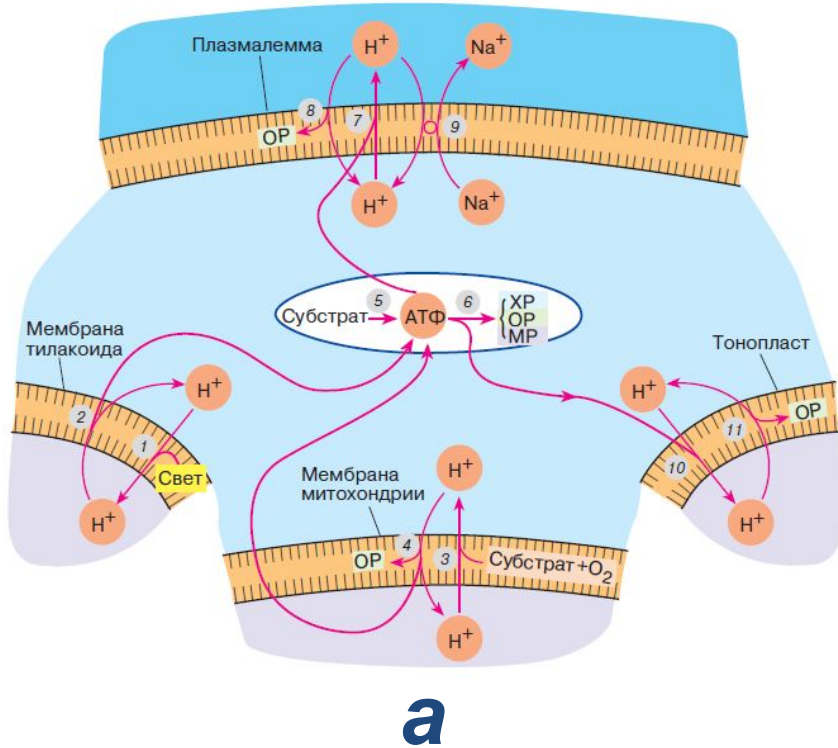
а. морские анаэробы. $\Delta \mu_{H^+}$



а. морские анаэробы. $\Delta \mu_{H^+}$

Энергетика клеток растений (а) и животных (б)

(б)



Основы термодинамики

- *Энергия (от гр. energeia - деятельность) - одно из основных свойств материи,*
- *мера её движения и взаимодействия;*
- *мера перехода одной формы движения в другую;*
- *степень изменчивости системы;*
- *способность производить работу*

Основы термодинамики

- **Работа** - упорядоченная форма передачи энергии, связанная с преодолением внешнего сопротивления
- **Теплота** - неупорядоченная форма передачи энергии в результате контакта непрерывно движущихся микрочастиц

Основы термодинамики

- **Система** - это тело или совокупность тел, выделенных из пространства
- **Среда** - всё, что окружает систему
- **Фаза** - часть системы, имеющая одинаковые во всем объеме физические и химические свойства и отделенная от других частей поверхностью раздела

Виды системы в зависимости от фаз

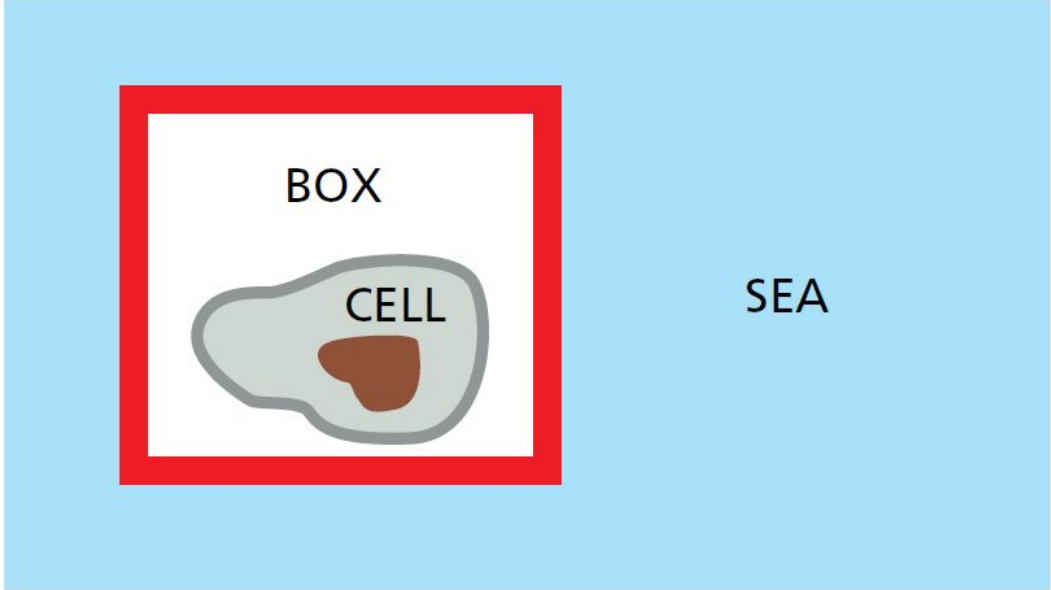
- ***Гомогенные системы*** - состоят из одной фазы (физиологический раствор, плазма крови);
- ***Гетерогенные системы*** - состоят из двух фаз или более.

Типы систем в зависимости от связи со средой

- *Открытые*
- *Закрытые*
- *Изолированные*

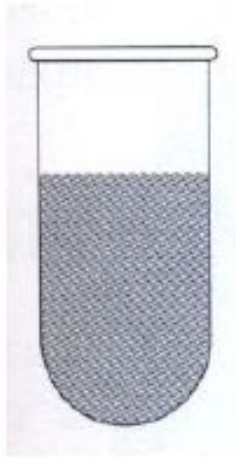
Основы термодинамики

- ***Состояние системы - совокупность условий существования и состава системы***

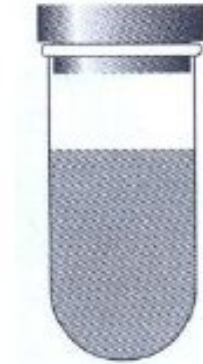


UNIVERSE

Типы термодинамических систем



Открытая:
обмен веществом и энергией



Закрытая:
обмен энергией,
но НЕ веществом



Изолированная:
НЕТ обмена веществом
и НЕТ обмена энергией

Термодинамика. Первый закон

- Общее количество энергии (U) замкнутой системы сохраняется постоянным

$$U = \text{const}$$

ИЛИ

$$\Delta U = 0$$

Термодинамика. Первый закон

$$U_2 - U_1 = \Delta U = \Delta Q + \Delta A$$

ΔQ - теплообмен

ΔA – произведенная над системой работа

Термодинамика. Второй закон

- *Процессы, связанные с превращениями энергии, могут происходить самопроизвольно только при условии, что энергия переходит из концентрированной формы в рассеянную*
- *Различные виды энергии стремятся превратиться в теплоту, а теплота стремится рассеяться, т.е. теплоту нельзя полностью превратить в работу*

Свободная энергия и энтальпия

$$U = F + TS$$

U – внутренняя энергия

F – свободная энергия

T – абсолютная температура

S – энтропия

Свободная энергия и энтальпия

- при **постоянном объеме** и **изменении давления**:

$$\Delta U = \Delta F + T \Delta S$$

- для систем (в т.ч. биологических), существующих при **постоянном давлении**, но при **изменении объема**

$$\Delta H = \Delta G + T \Delta S$$

H – внутренняя энтальпия

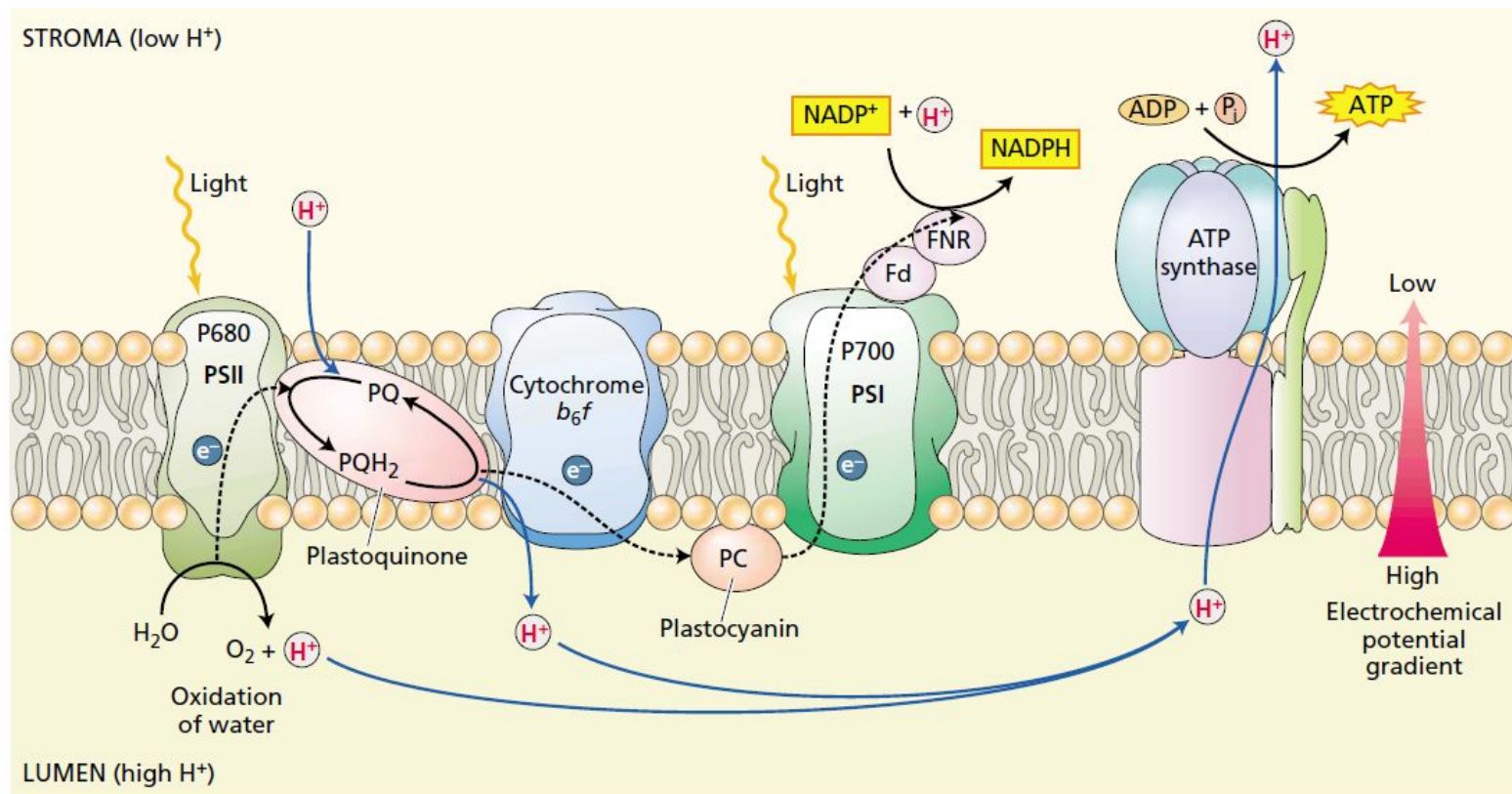
G – свободная энтальпия, свободная энергия Гиббса

Связь энергии и энтальпии

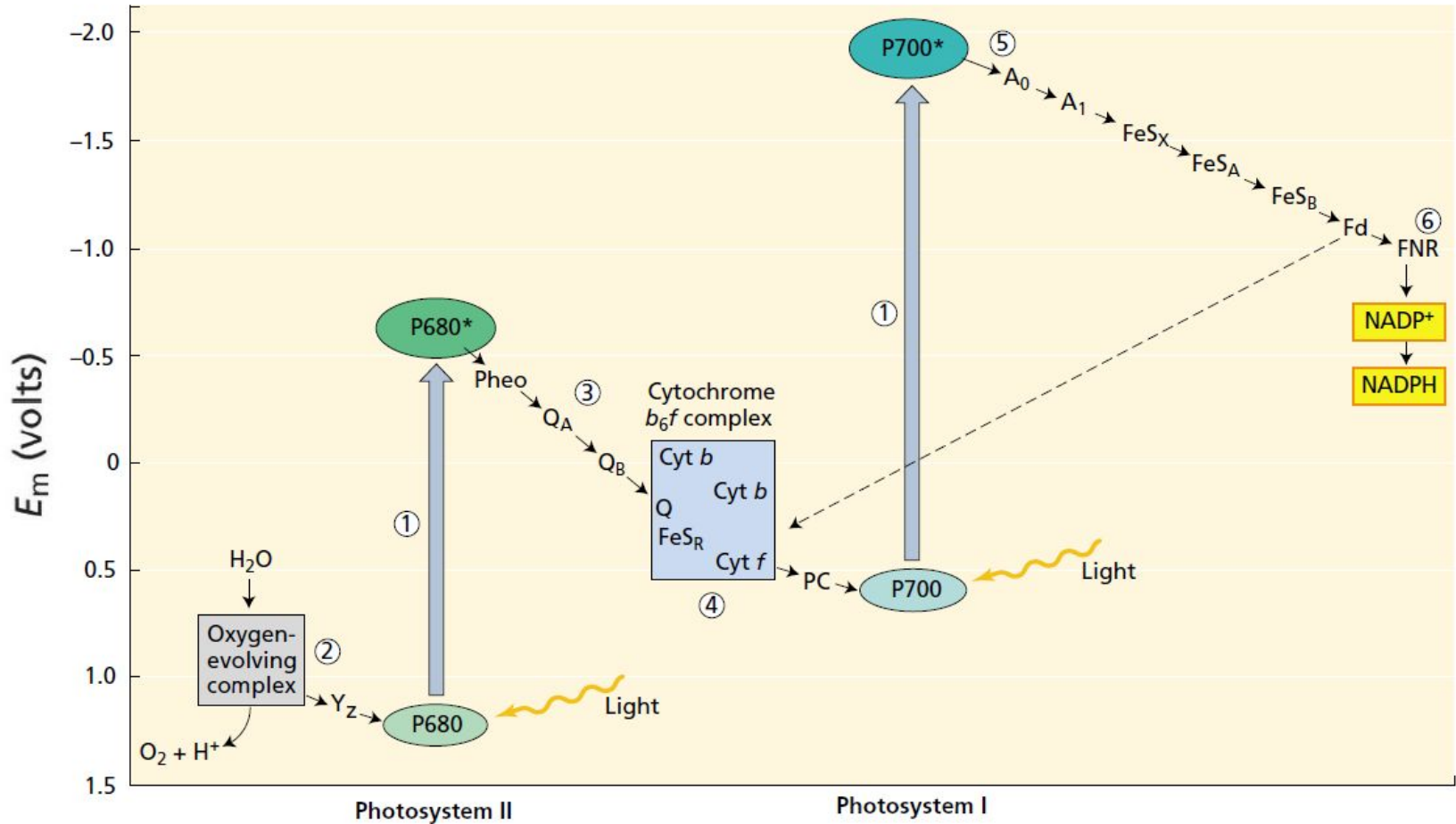
- $\Delta H = \Delta U + p \Delta V; \quad \Delta G = \Delta F + p \Delta V$

$p \Delta V$ – полная работа изменения объема системы

Перенос электронов и протонов по системе белковых компонентов мембраны тилакоида. Синтез АТФ

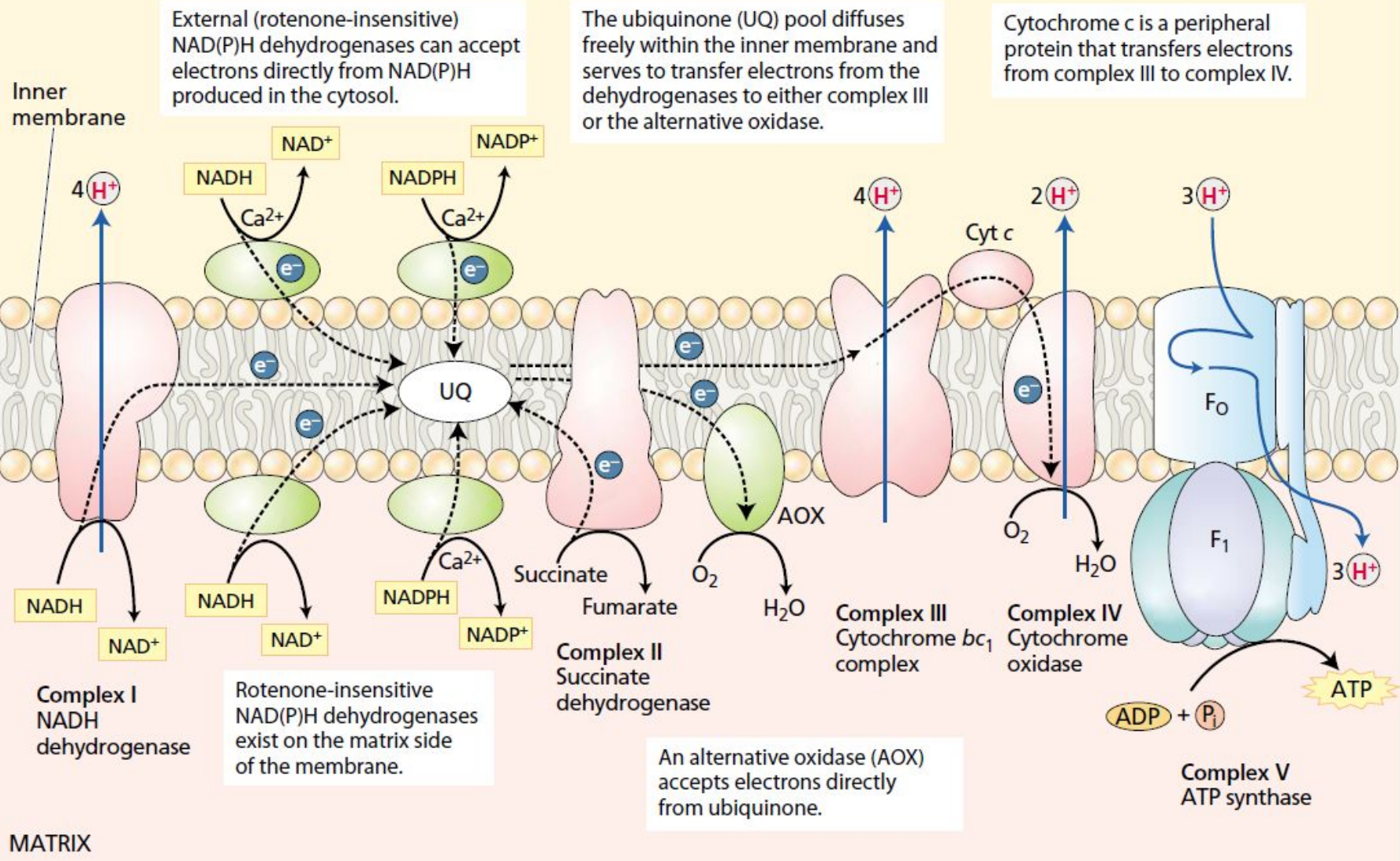


Z-scheme

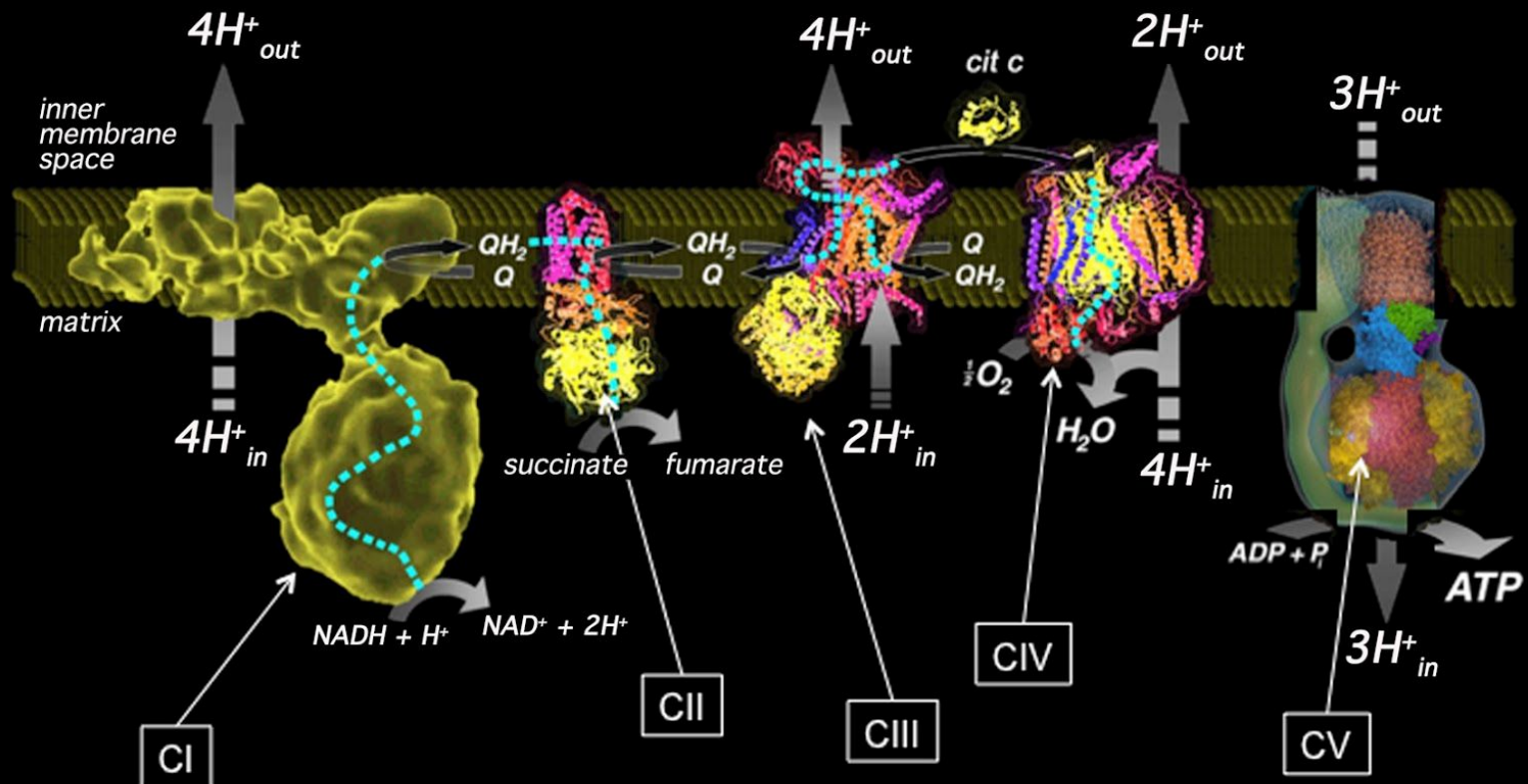


ЭТЦ митохондрии (ОХРНОС)

INTERMEMBRANE SPACE



OXPHOS System Yesterday



OXPPOS System Today

