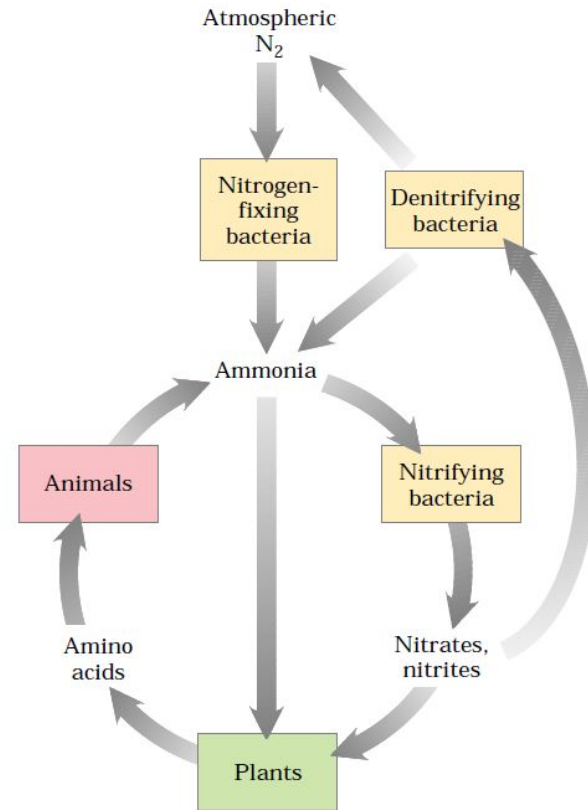
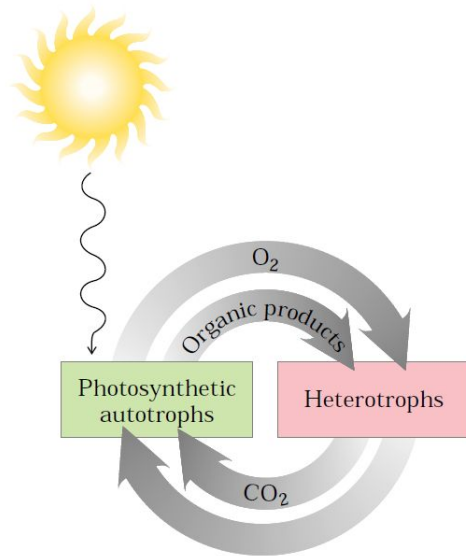
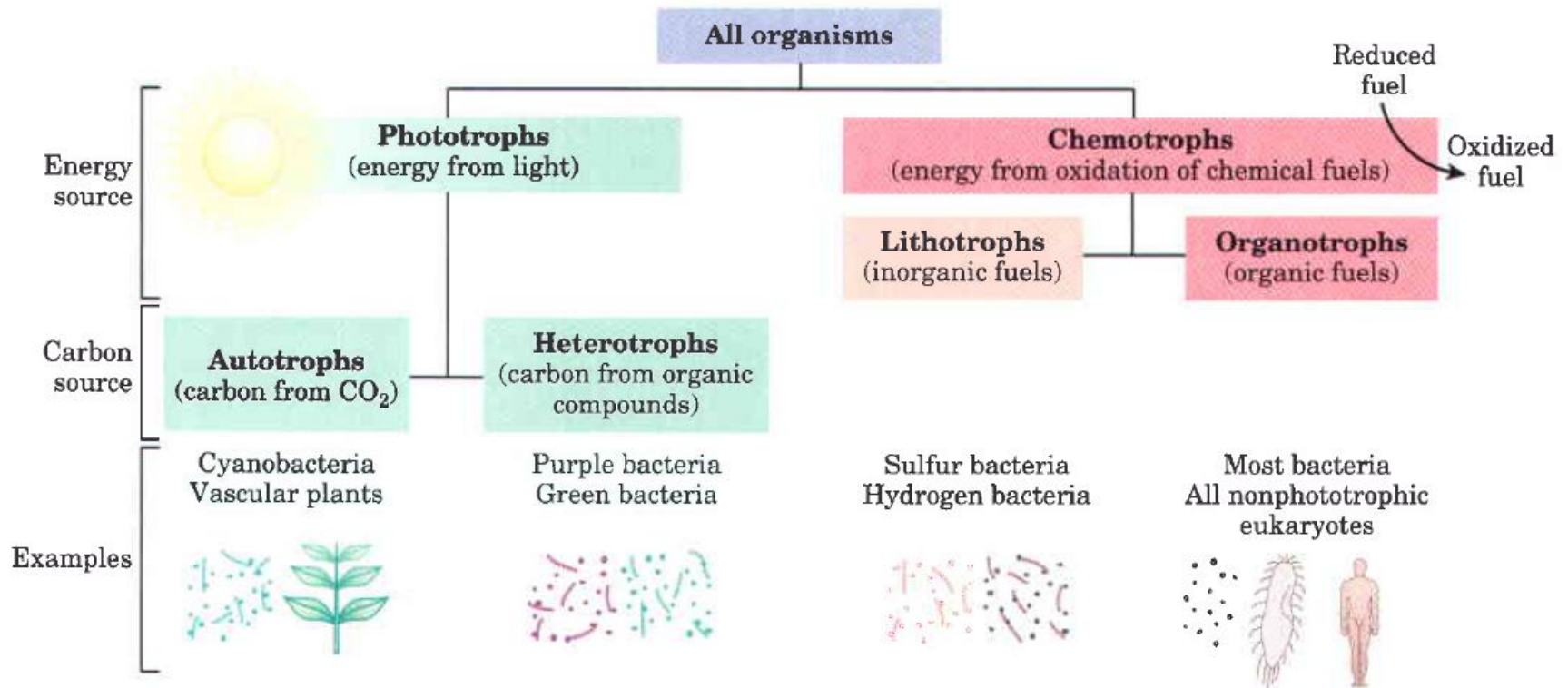


# Законы биоэнергетики

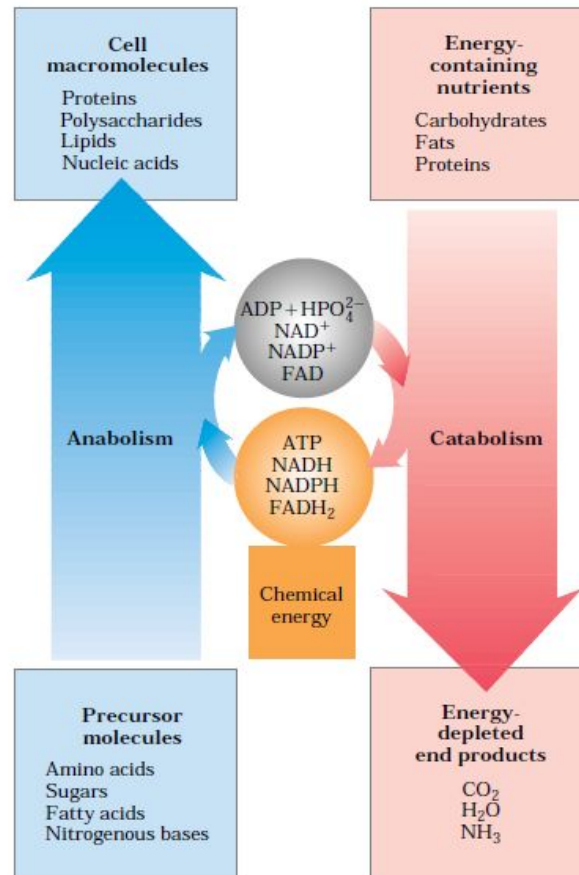
# Круговороты основных биогенных элементов



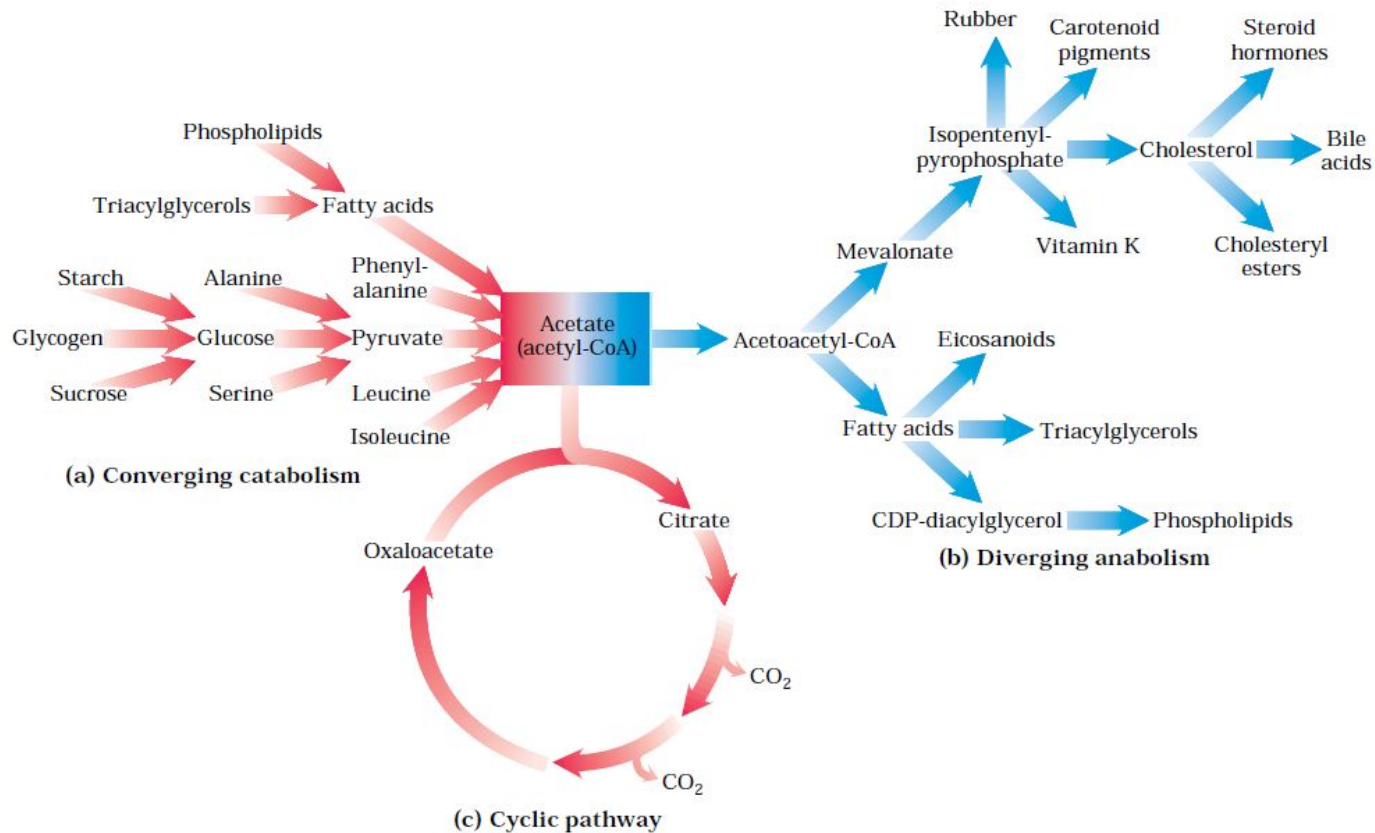
# Классификация организмов относительно способов извлечения ими энергии



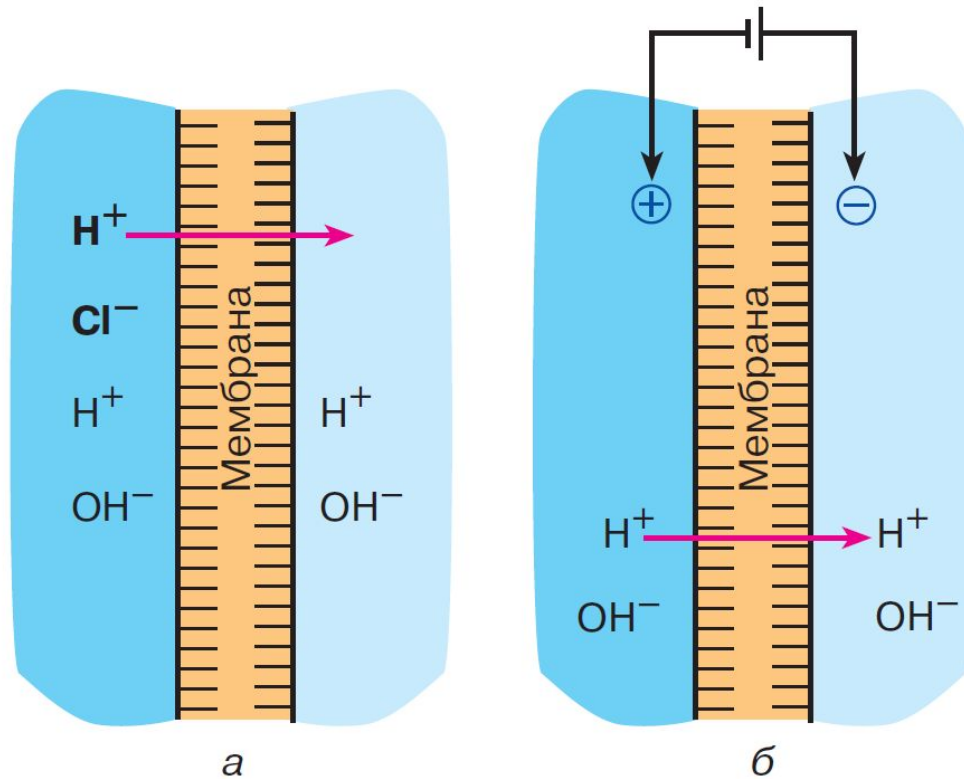
# Направленность и взаимосвязь катаболических и анаболических этапов метаболизма



# 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

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

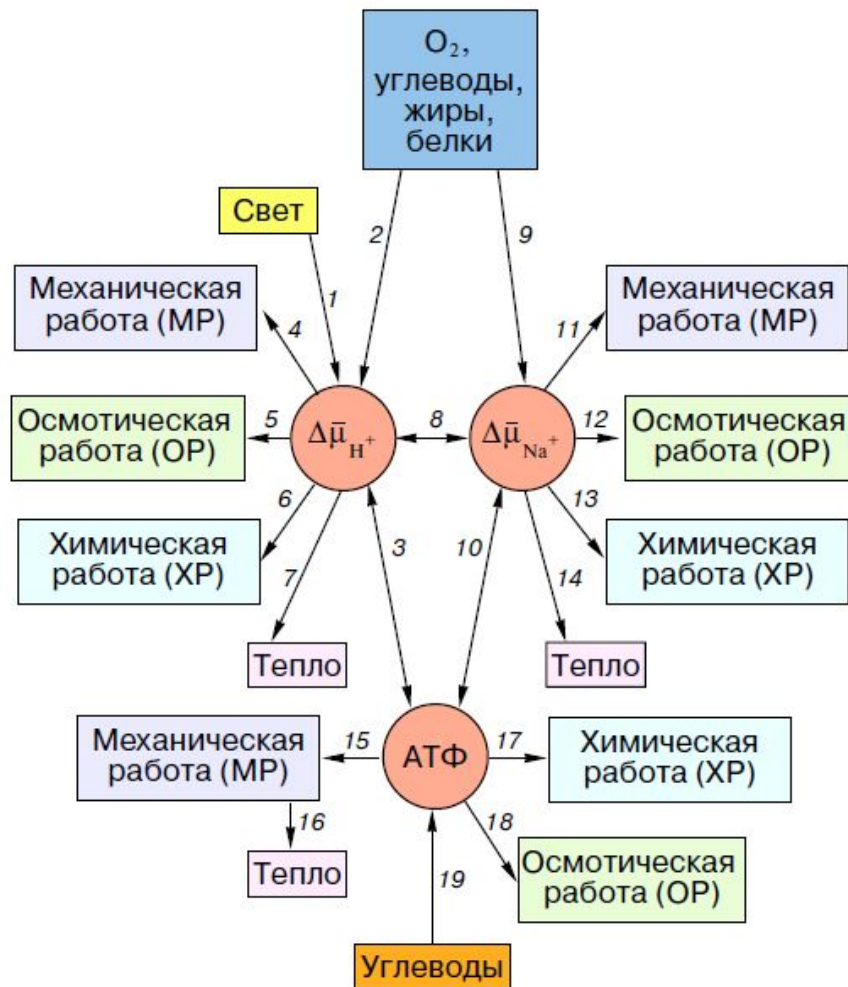


## Законы биоэнергетики. Второй закон

*Клетка всегда имеет как минимум две формы энергии:*

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

# Использование и взаимосвязь форм энергии в клетке



## Законы биоэнергетики. Третий закон

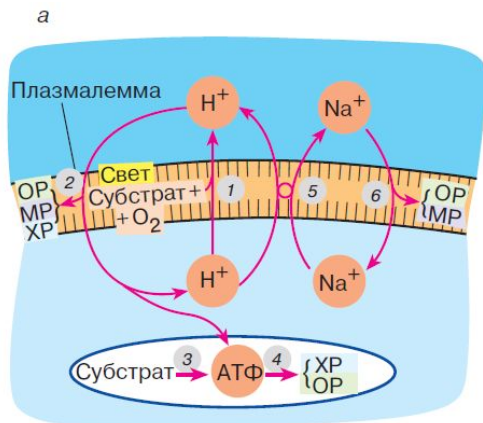
*Энергетические формы могут превращаться одна в другую*

***Na<sup>+</sup>-АТФ-синтаза*** :  $\text{АТФ} \leftrightarrow \Delta \mu_{\text{Na}^+}$ ,

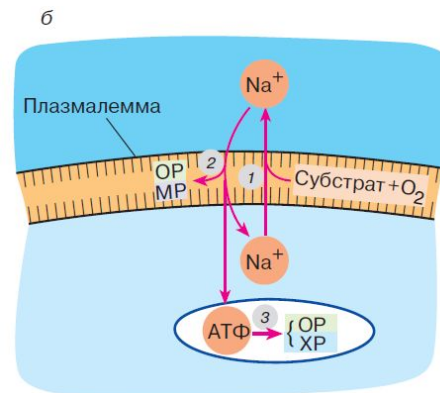
***H<sup>+</sup>-АТФ-синтаза*** :  $\text{АТФ} \leftrightarrow \Delta \mu_{\text{H}^+}$ ,

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

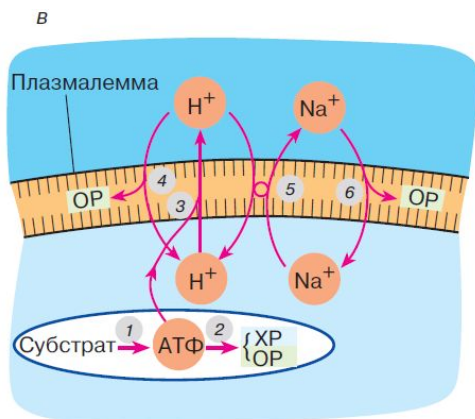
# Энергетика бактерий



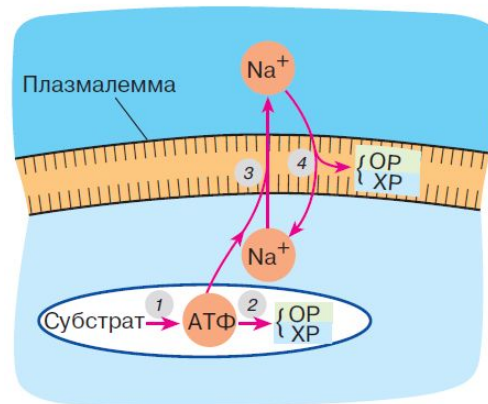
а. морские аэробы.  $\Delta \mu_{H^+}$



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



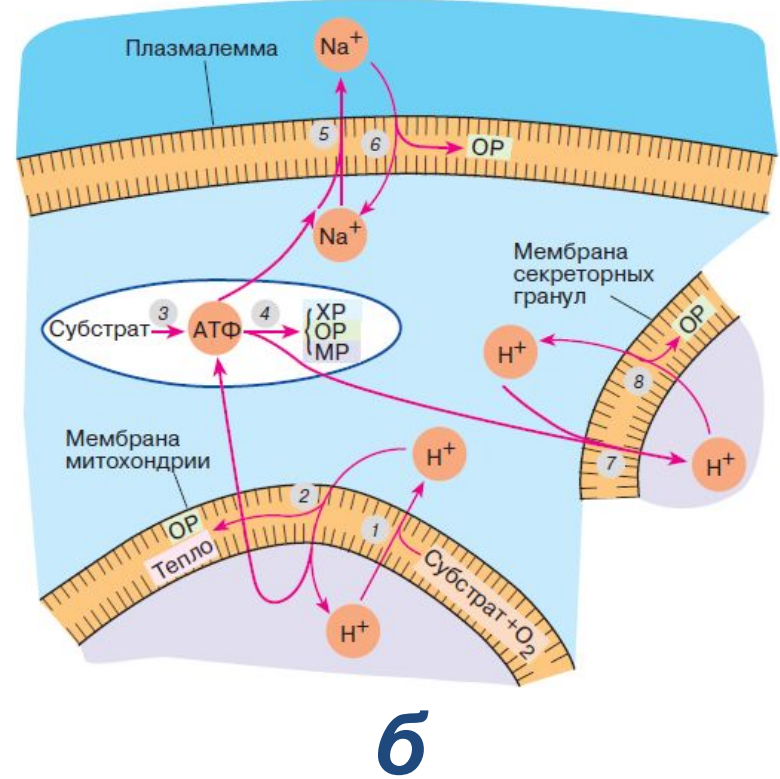
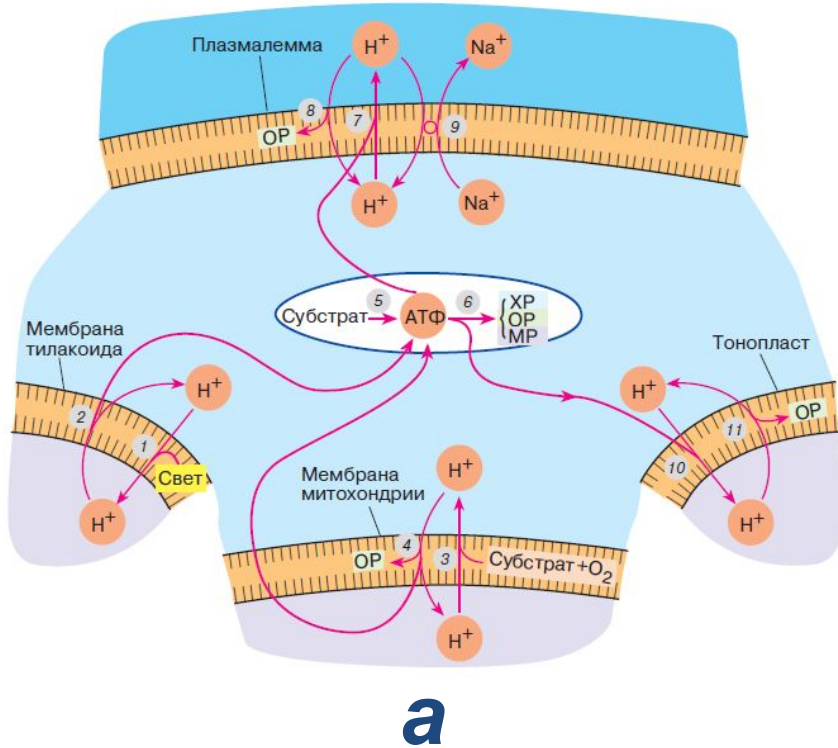
а. морские анаэробы.  $\Delta \mu_{H^+}$



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

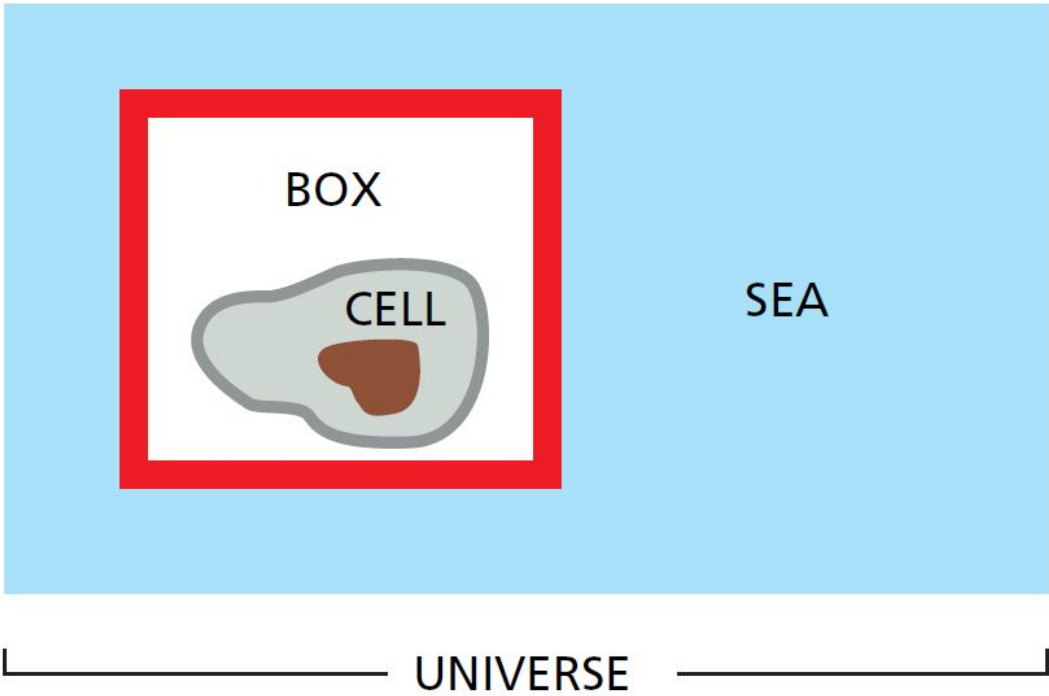
- ***Гомогенные системы*** - состоят из одной фазы (физиологический раствор, плазма крови);
- ***Гетерогенные системы*** - состоят из двух фаз или более.

# Типы систем в зависимости от связи со средой

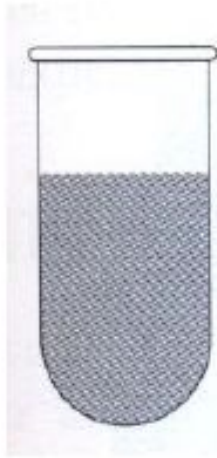
- *Открытые*
- *Закрытые*
- *Изолированные*

# Основы термодинамики

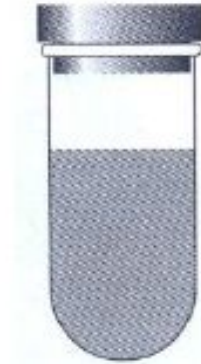
- ***Состояние системы - совокупность условий существования и состава системы***



# 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

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

$\Delta Q$  - теплообмен

$\Delta A$  – 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

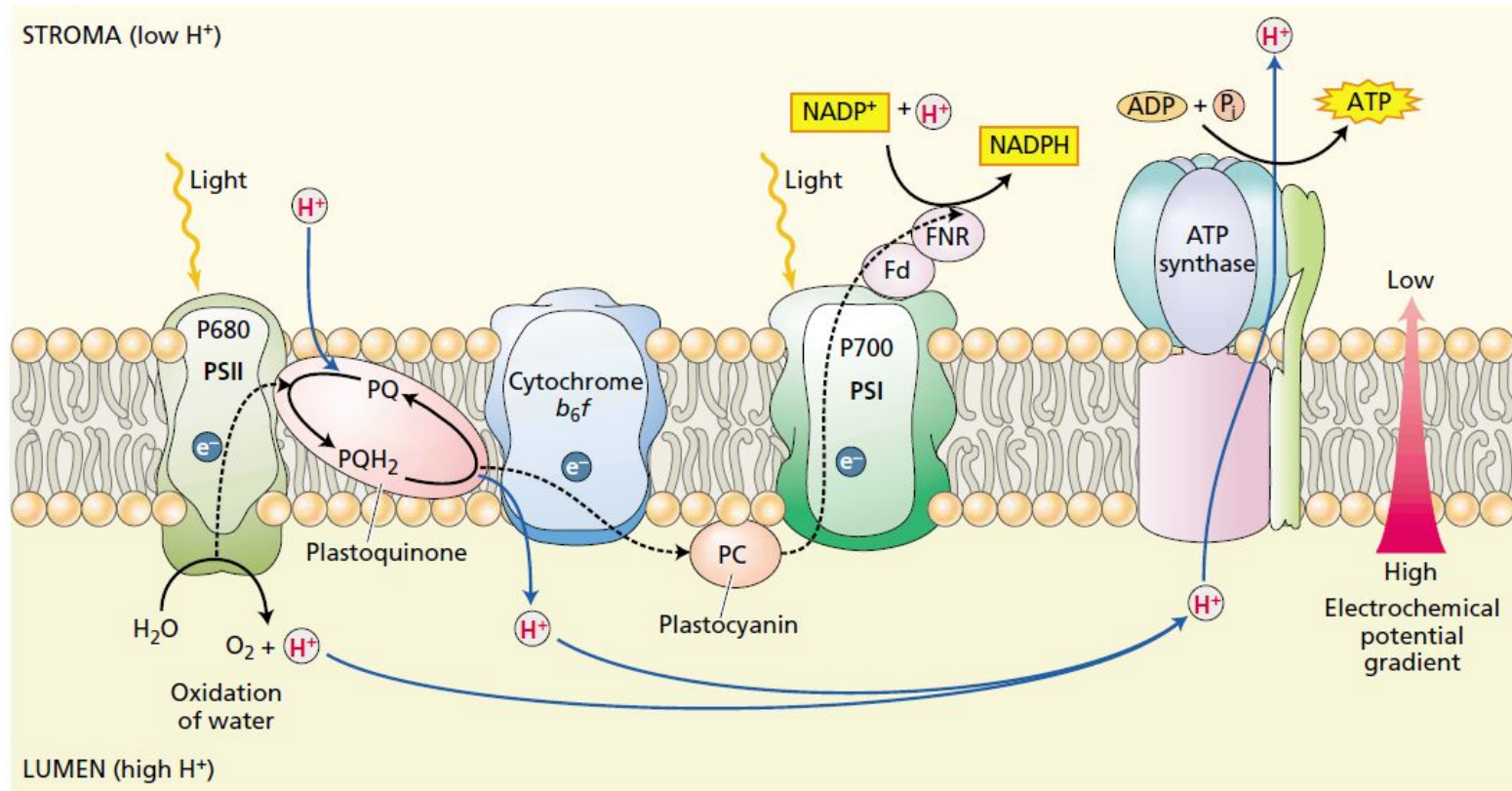
G – свободная энтальпия, свободная энергия Гиббса

# Связь энергии и энтальпии

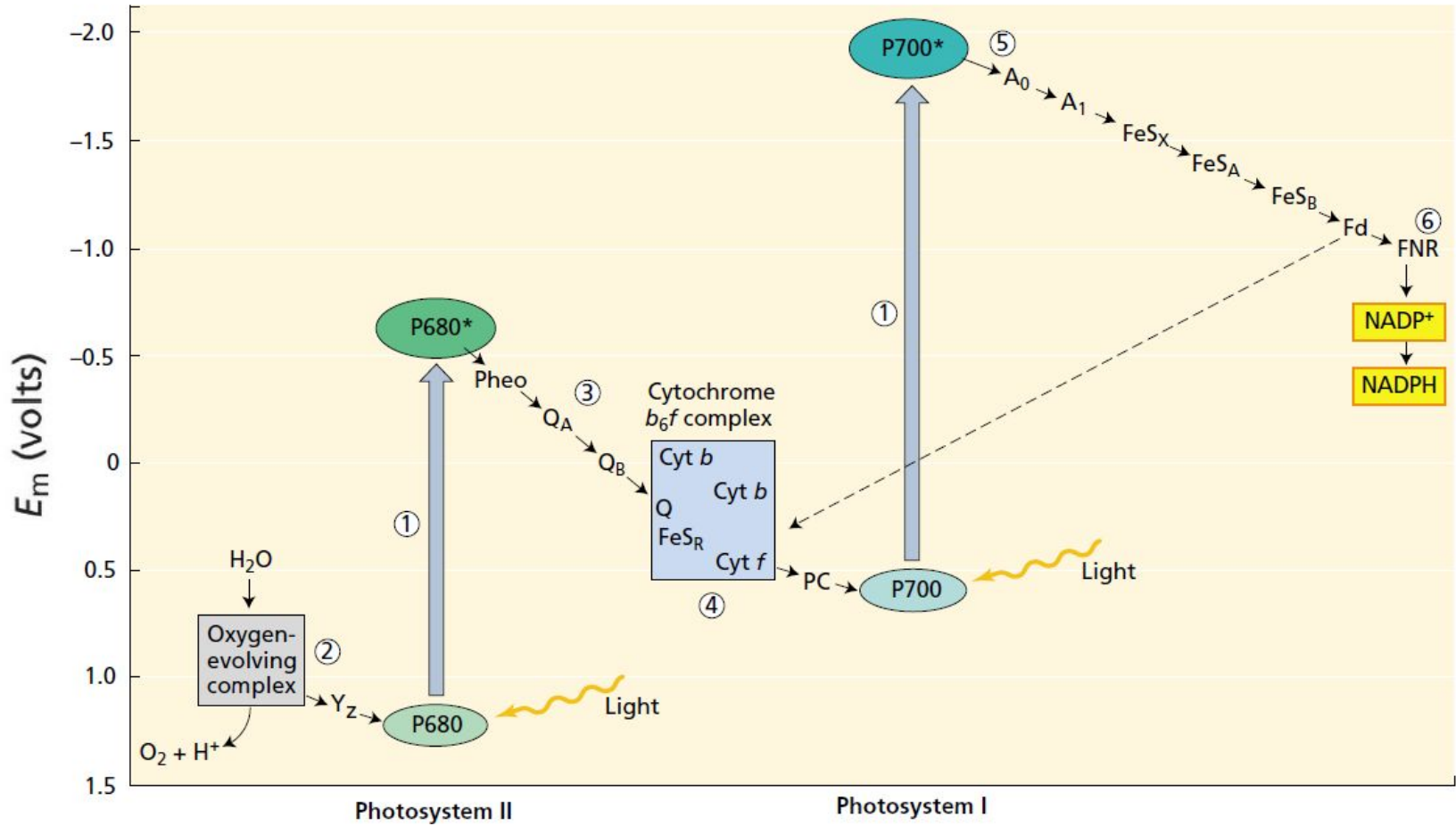
- $\Delta H = \Delta U + p \Delta V; \quad \Delta G = \Delta F + p \Delta V$

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

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

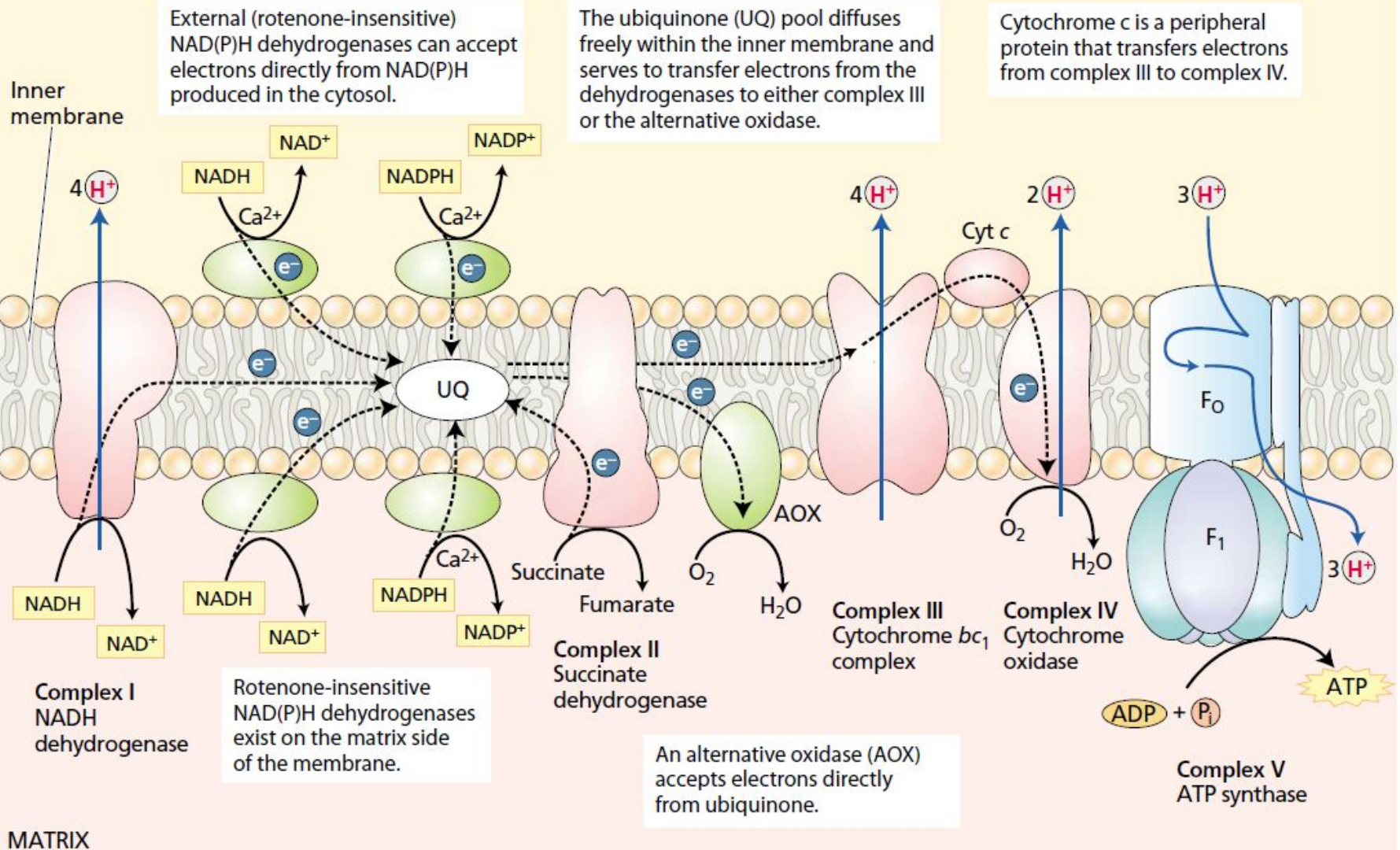


# Z-scheme

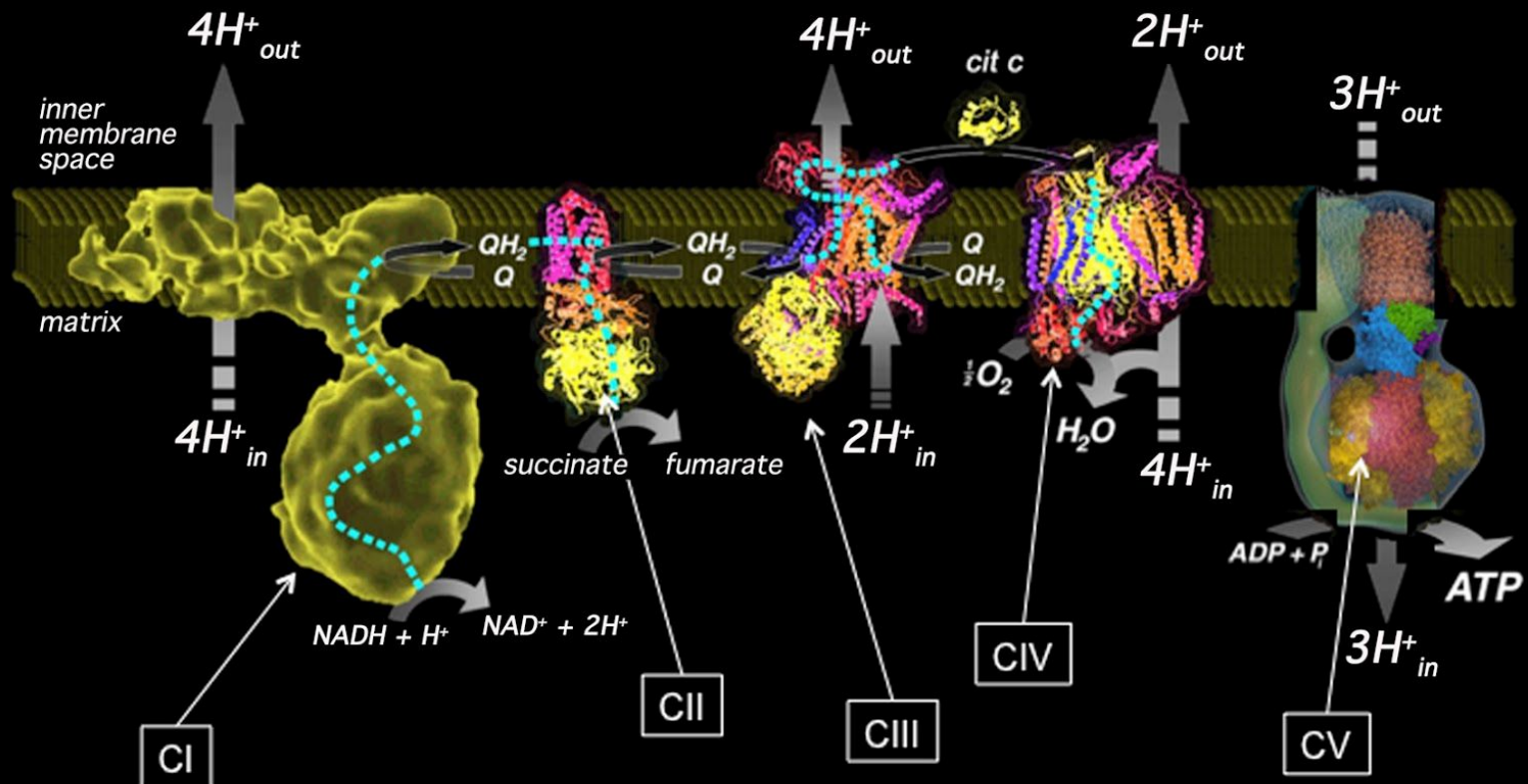


# ЭТЦ митохондрии (ОХРНОС)

INTERMEMBRANE SPACE



# OXPHOS System Yesterday



# OXPHOS System Today

