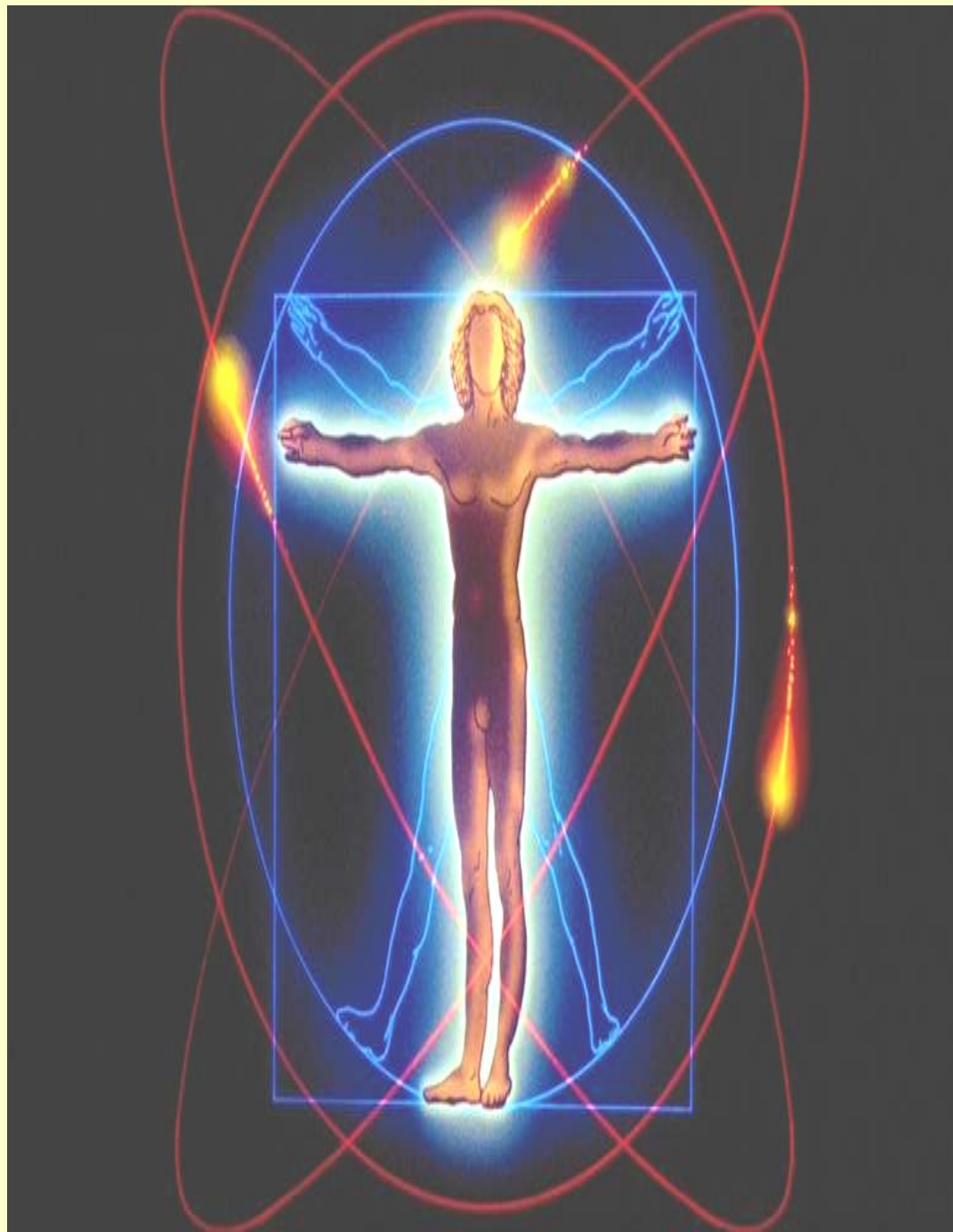


# ПРЕДМЕТ И ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ БИОФИЗИКИ



# ПРЕДМЕТ БИОФИЗИКИ

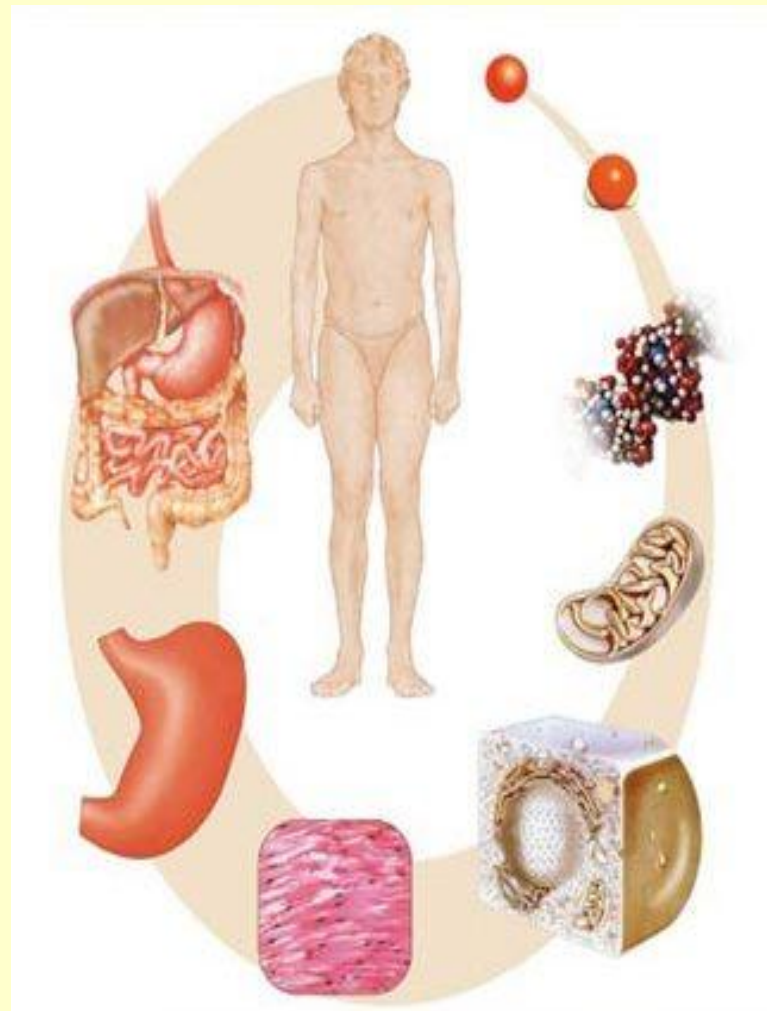
**Биофизика** – биологическая наука, которая описывает физические и физико-химические основы процессов жизнедеятельности организма, а также изучает действие физических факторов окружающей среды на живые организмы.

**Биофизика** является теоретической основой физиологии человека.

физиология

биофизика

организменный  
системный  
органный  
клеточный  
субклеточный  
молекулярный

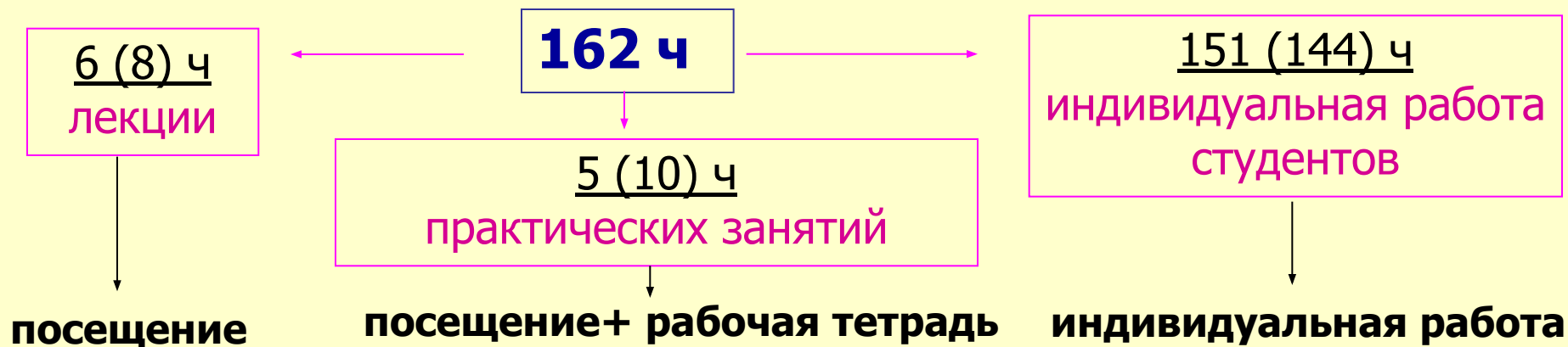


Согласно образовательно-профессиональной программе (ОПП) на изучение биофизики студентам фармацевтического факультета выделяется **162** учебных часа.

После изучения биофизики студент должен уметь:

1. Давать характеристику физико-химическим основам процессов жизнедеятельности в организме человека;
2. Характеризовать действие физических факторов/полей окружающей среды на организм человека;
3. Объяснять назначение, основные принципы устройства и работы медицинской аппаратуры.





## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тиманюк В.О., Животова Е.В. Биофизика. – К.: ИД «Профессионал», 2004. – 704 с.**
2. Медична і біологічна фізика. Т.1, 2 /Під. ред Чалого О.В. – К., 1999.
3. Ємчик Л.Ф., Кміт Я.М. Медична і біологічна фізика. – Львів: Світ, 2003.
4. Биофизика /Под ред. П.Г. Костюка. – К.: Выща. шк, 1988.- 503 с.

## **Индивидуальная работа**

выполняется студентами-заочниками в межсессионные период. Она содержит:

- а.** 10 задач по основным разделам биофизики,
- б.** 2 теоретических вопроса,
- в.** 3 ситуационные задачи (без вычислений).

В конце работы – список использованной литературы, дата окончания и подпись студента.

Работа отсылается в деканат для регистрации.

В летнюю сессию после аудиторных занятий при соблюдении всех учебных требований студент допускается к **экзамену**.

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УКРАИНЫ**

**Запорожский государственный медицинский университет**

*Кафедра медицинской физики, биофизики и высшей математики*

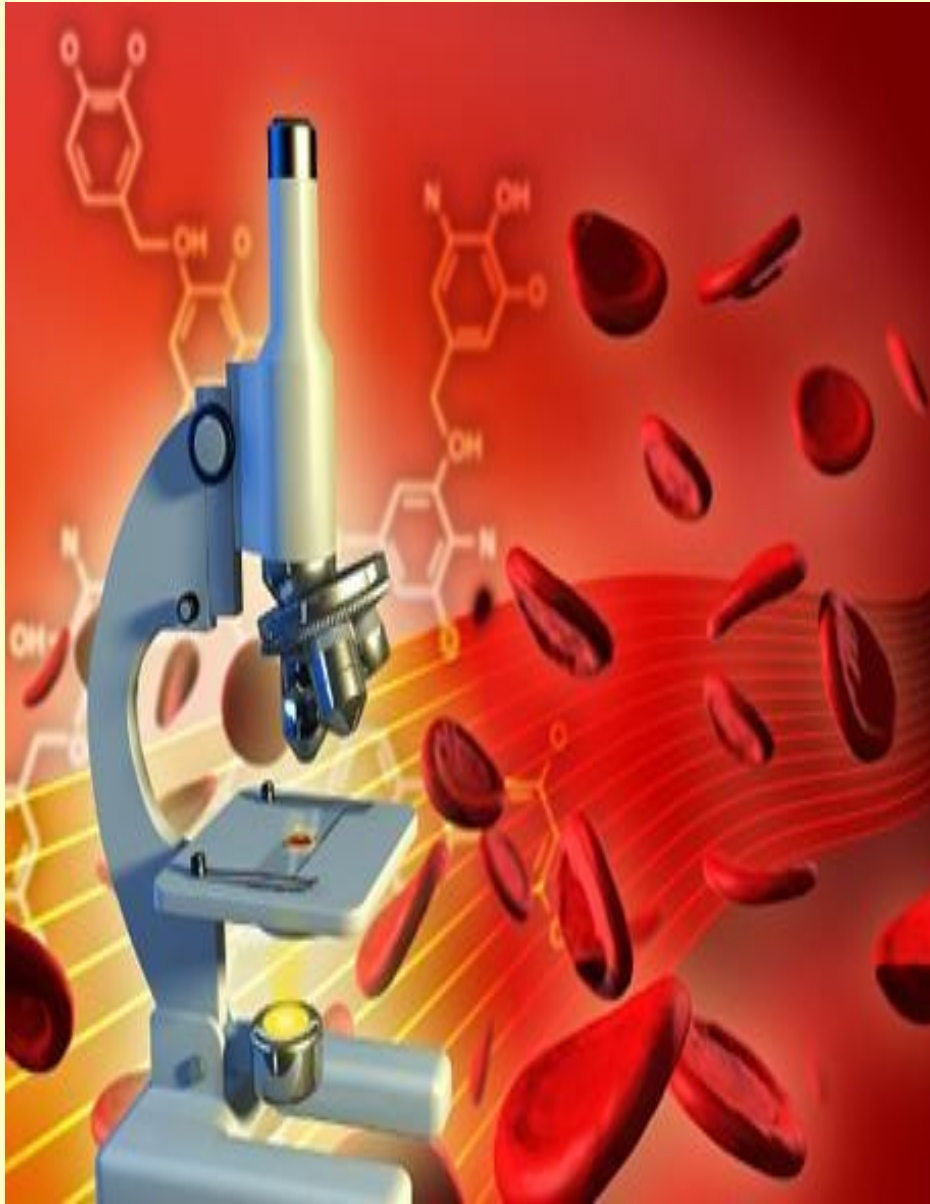
## **ИНДИВИДУАЛЬНАЯ РАБОТА ПО БИОФИЗИКЕ**

**Студента 1 курса 10 группы  
заочного отделения  
фармацевтического факультета  
ФНО**

**Вариант №55**

**Запорожье  
2014**

# ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ БИОФИЗИКИ



**1. ТЕРМОДИНАМИКА  
БИОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ**

**1. МОЛЕКУЛЯРНАЯ  
БИОФИЗИКА**

**1. БИОФИЗИКА  
КЛЕТОЧНЫХ  
ПРОЦЕССОВ**

**4. БИОФИЗИКА  
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**



# ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ БИОФИЗИКИ

## 1. ТЕРМОДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**Термодинамика** – это наука, которая изучает наиболее общие закономерности превращения энергии в термодинамических системах.

Законы термодинамики носят универсальный, фундаментальный характер и соблюдаются, независимо от того, где происходит процесс – в живой или неживой природе.

Термодинамика основана на **2 началах (законах)**.



**1. Закон сохранения энергии** постулирует наличие энергии как основное условие протекания любых процессов.

Термодинамика биологических процессов рассматривает организм человека как **открытую термодинамическую систему**, для которой характерен обмен веществом и энергией с окружающей средой.

Энергетические процессы в организме термодинамика характеризует с помощью таких фундаментальных понятий, как «внутренняя энергия системы», «теплота» и «работа», сумма которых остаётся постоянной.





Схематически получение и преобразование энергии в организме человека выглядит следующим образом:

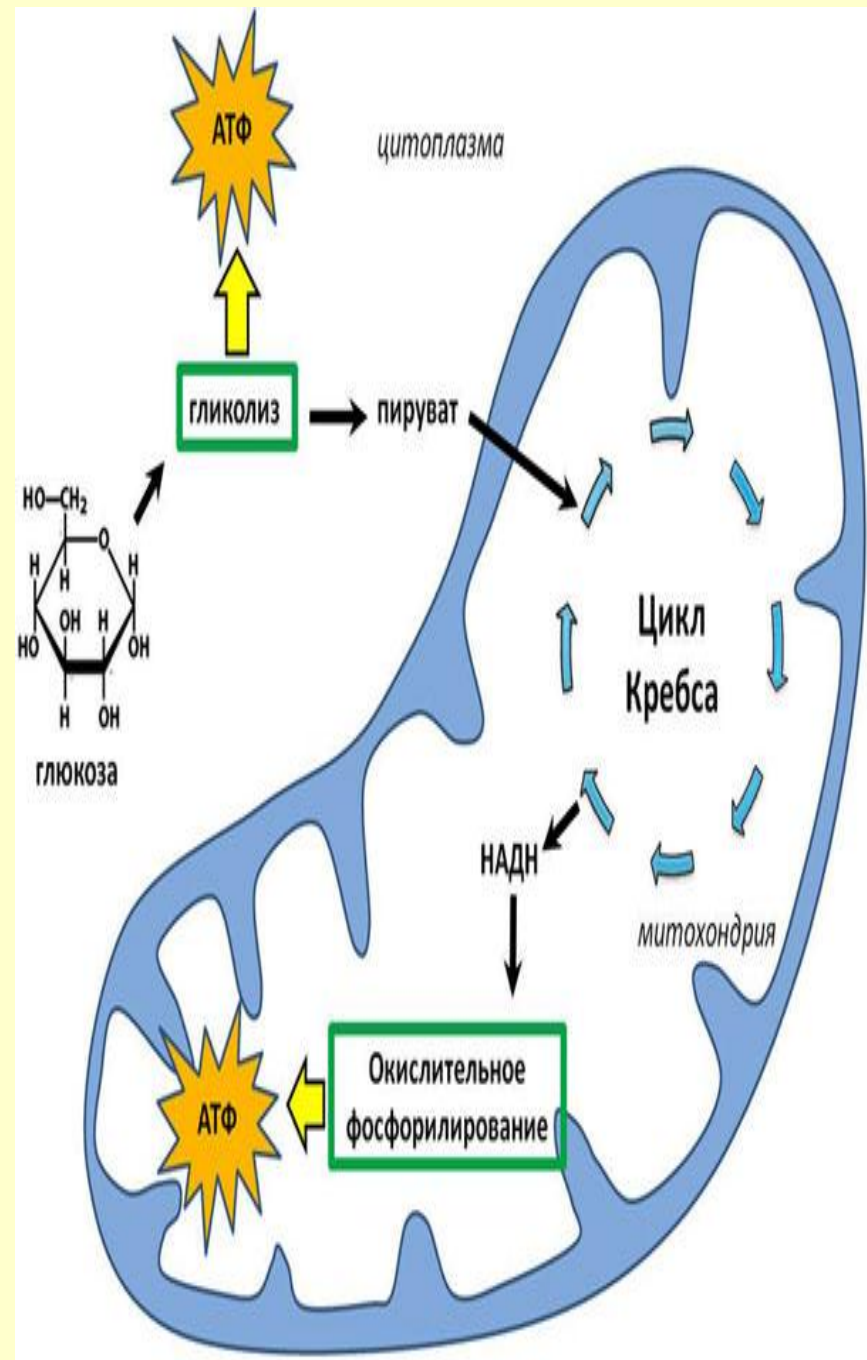


Образование АТФ происходит в ходе трёхэтапного процесса катаболизма пищевых веществ.

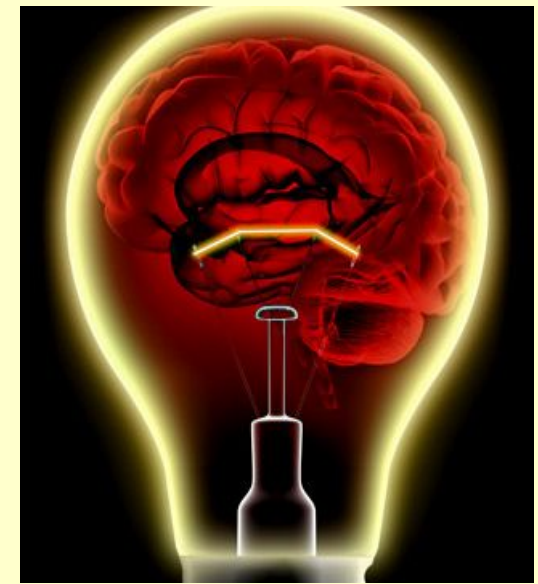
1 этап происходит в желудочно-кишечном тракте и не сопровождается образованием АТФ.

2 этап (бескислородный) осуществляется в цитоплазме клеток. Окисление 1 моля глюкозы приводит к образованию 2 молекул АТФ.

3 этап (окислительное фосфорилирование) происходит в митохондриях приводит к образованию 36 АТФ.



1. Окисление глюкозы – основной источник энергии для мозга, который является мощным потребителем энергии даже в покое. Она тратится на поддержание возбудимости нейронов, их фоновую активность и т.д.



2. Альтернатива окислению глюкозы – окисление жирных кислот (например, при окислении 1 моля стеариновой кислоты образуется 147 молекул АТФ ). Оно возможно в инсулинозависимых тканях, например, в скелетных мышцах.

3. Окисление глюкозы происходит в несколько этапов, суммарный энергетический выход которых такой же, как если бы оно происходило в 1 этап (принцип Гесса). Считают, что это важное приспособление, предохраняющее клетку от «перегрева», которое могло бы наступить при одномоментном выделении энергии.

4. В здоровом организме аминокислоты почти не используются для получения энергии.

**Основной обмен** – это лабораторный показатель, который характеризует базовые энерготраты организма в условиях, приближённых к наиболее экономному режиму жизнедеятельности.

1. В состоянии полного мышечного и психического покоя.

2. Натощак (через 12-18 часов после принятия пищи).

3. В горизонтальном положении;

4. При температуре комфорта (18-21 градусов для одетого человека).



Основной обмен зависит от возраста, веса и пола (у женщин меньше, чем у мужчин). Если принять его равным около 1700 ккал за сутки, то этой энергии хватит, чтобы вскипятить более 20л воды. **Жить – это уже работать!**

**Эргометрия** – измерение энерготрат организма с учётом вида выполняемой нагрузки с целью рационального питания, предупреждающего как дефицит энергии, так и излишнее энергопотребление.

Известно, что мышечная работа в зависимости от её интенсивности добавляет около 30-50% энерготрат к основному обмену.

Умственная работа почти ничего не добавляет, так как мозг потребляет стабильное (большое!!!) количество энергии в покое и при напряжённом мышлении. Но поддержание вертикальной позы тела и эмоции, сопровождающие умственную работу, увеличивают энерготраты в ходе её выполнения.





## 2. Второе начало термодинамики

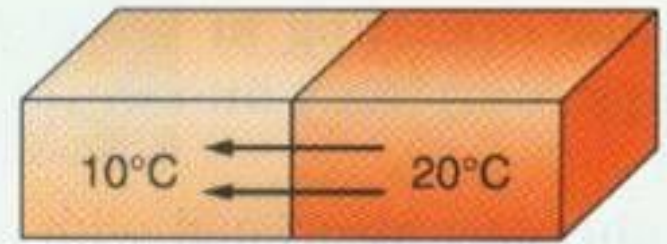
устанавливает направление самопроизвольно протекающих процессов. Может быть

сформулировано в виде запрета на те или иные процессы (с точки зрения их энергетики).

Теплота не может самопроизвольно передаваться от менее нагретого тела к более нагретому телу.

Невозможен вечный двигатель 2 рода, который бы всю подводимую к телу теплоту превращал бы в полезную работу (все процессы имеют КПД).

«Закон возрастания энтропии» - в любых самопроизвольных процессах энтропия увеличивается.



**направление  
теплового потока**

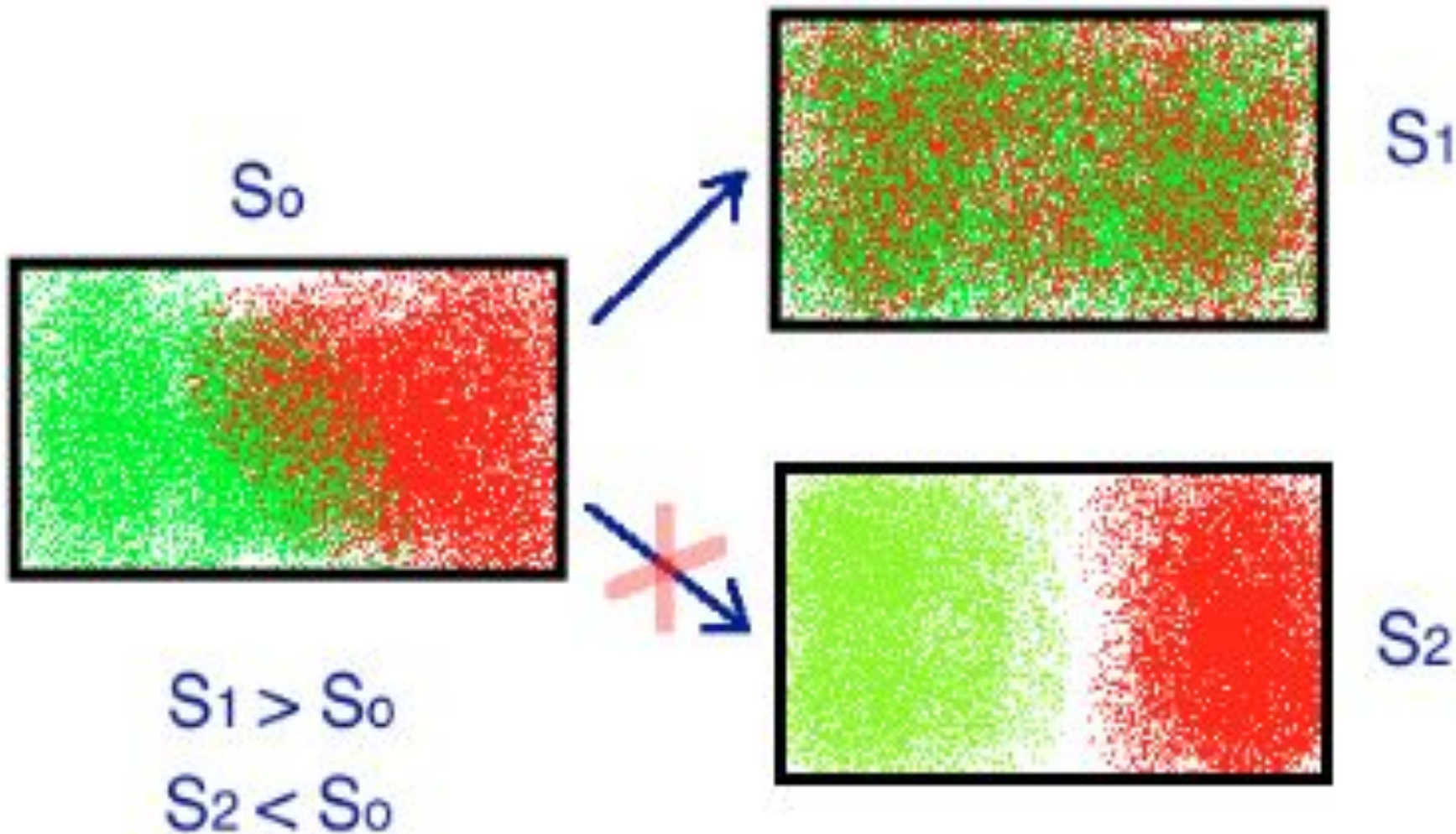


**тепловое  
равновесие**



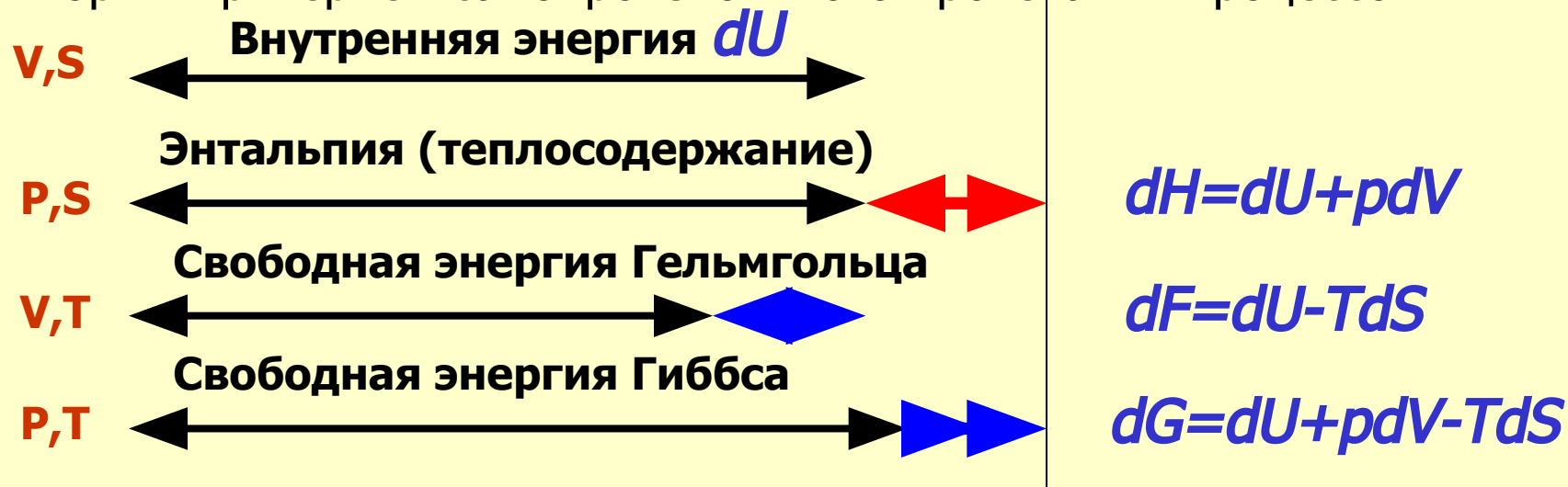
**невозможное  
направление  
теплового потока**

**Энтропия** – количественная мера рассеивания теплоты (показывает ту её часть, которая не превращается в работу), мера беспорядка в системе, функция термодинамической вероятности состояния системы, «стрела времени» и т.д.



# ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОТЕНЦИАЛЫ

характеризуют способность тела совершать работу в тех или иных условиях (при постоянстве определённой пары параметров) и являются вторым критерием самопроизвольного протекания процессов.



## Электрохимический потенциал

$$\mu = \mu_0 + R \cdot T \cdot \ln C + z \cdot F \cdot \varphi$$

$\mu_0$  — стандартный электрохимический потенциал

$R$  — универсальная газовая постоянная

$T$  — термодинамическая температура

$C$  — концентрация

$z$  — заряд

$F$  — число Фарадея

$\varphi$  — электрический потенциал

**В самопроизвольных процессах термодинамические потенциалы уменьшаются!!!**

Общее изменение энтропии  $dS$  открытой системы описывает уравнение Пригожина:  $dS = dSe + dSi$

$dSe$  – изменение энтропии организма за счёт обмена с внешней средой,  
 $dSi$  – изменение энтропии за счёт внутренних необратимых процессов.



В **стационарном состоянии**  $dS = 0$ , т.е. нарастание энтропии уравновешено её удалением.

$dS > 0$  – состояние дезадаптации и болезни,

$dS < 0$  – в процессе роста и развития.

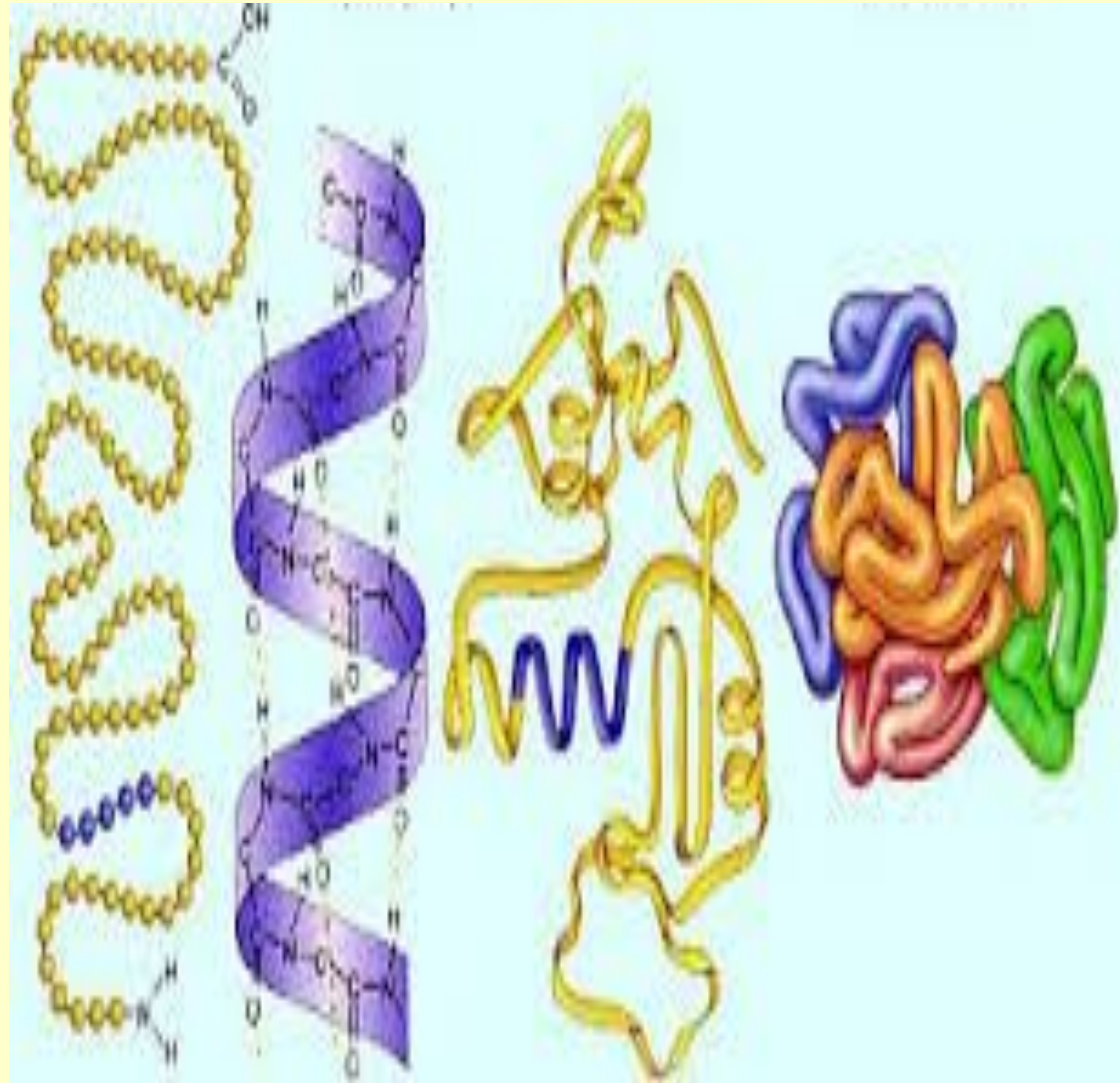


# ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ БИОФИЗИКИ

**II. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОФИЗИКА** изучает структурную организацию и связанные с ней механизмы функционирования биологических макромолекул – белков и нуклеиновых кислот.

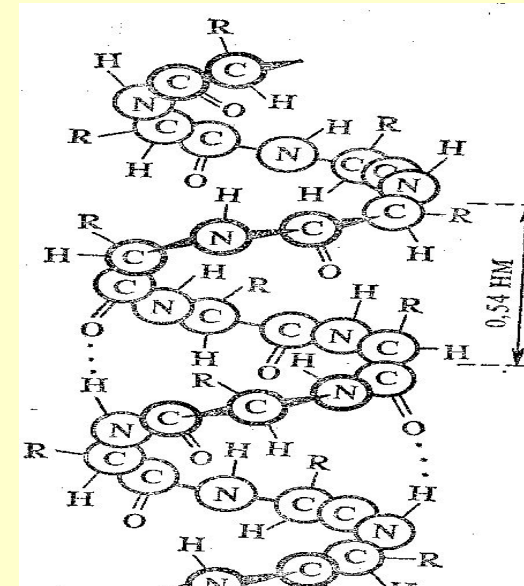
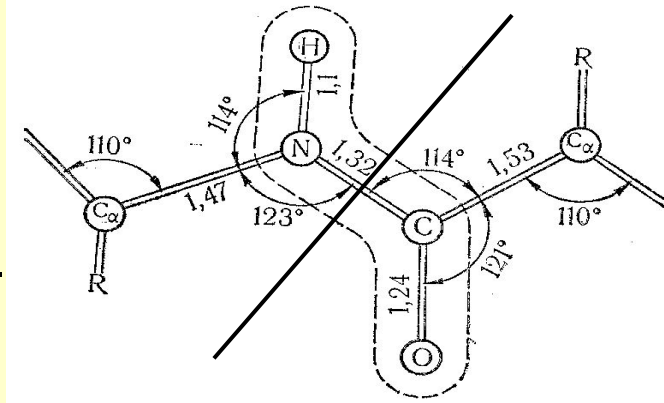
Основное внимание при изучении темы уделяется **белкам**, наличие которых в организме характеризует само понятие «жизнь».

В разделе рассматриваются уровни организации белковой молекулы (от первичной до четвертичной) и формирующие их химические силы и физические взаимодействия.

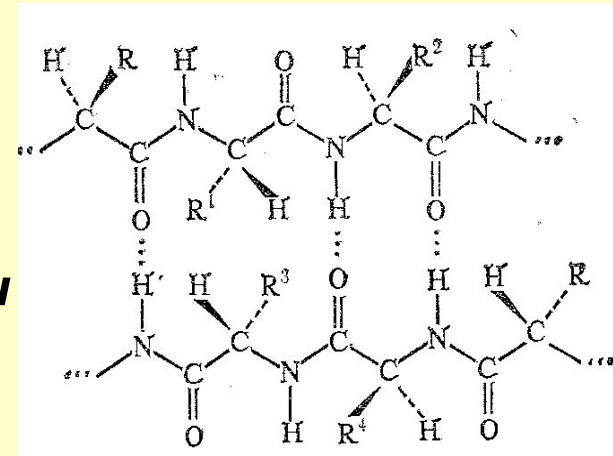




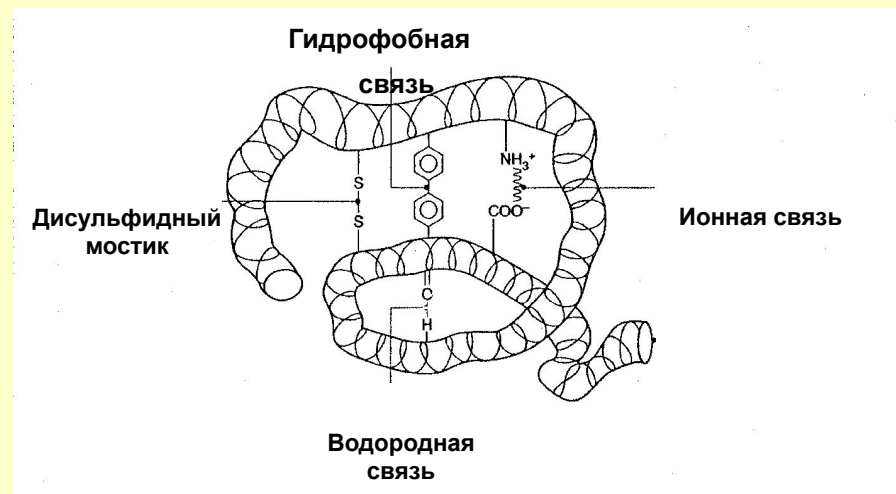
Последовательность аминокислот в белковой молекуле определяет **первичную структуру белка**. В ней заложены все его свойства! Она является устойчивой, т.к. фиксирована сильными ковалентными (пептидными) связями.

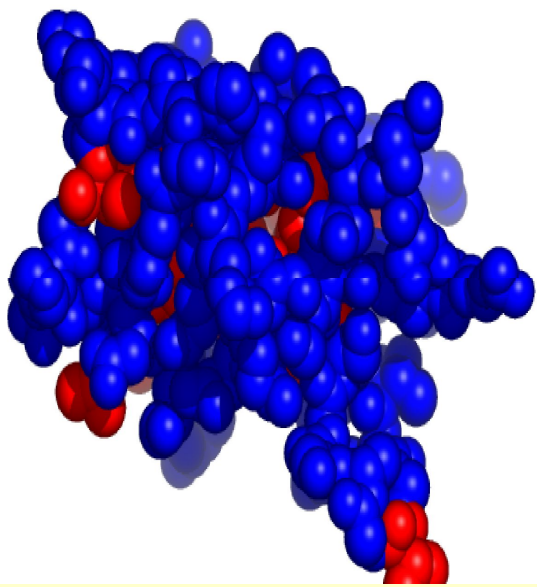


- **Вторичная структура** фиксирована водородными (слабыми) связями и существует в основных двух формах – **альфа-спираль** и **бета складчатая структура**.



- **Третичная структура** фиксирована всеми видами слабых взаимодействий (водородными связями, электростатическими, ван-дер-ваальсовыми и гидрофобными взаимодействиями).

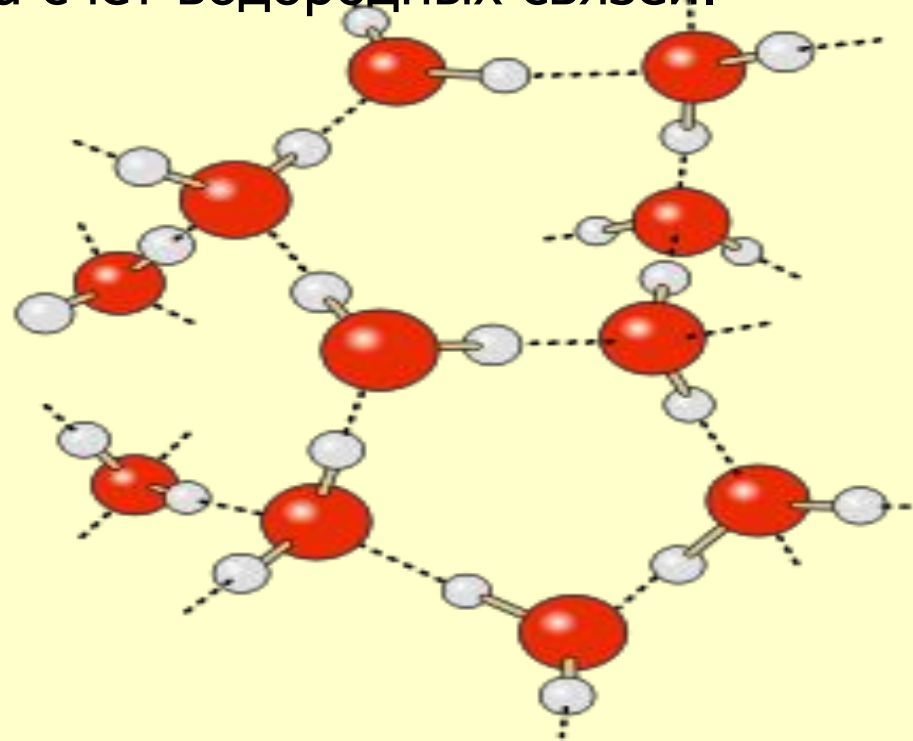
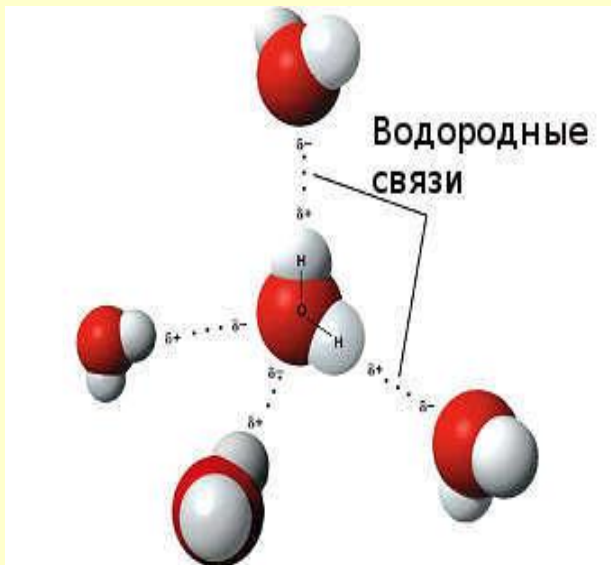




Глобула формируется на основе первичной и вторичной структуры белковой молекулы самопроизвольно (по термодинамическим причинам).

Основную роль в этом играют **гидрофобные взаимодействия** - термодинамически выгодное сближение гидрофобных частиц в водной среде.

Состояние воды как вещества описывает «модель мерцающих кластеров». Они образуются за счёт водородных связей.

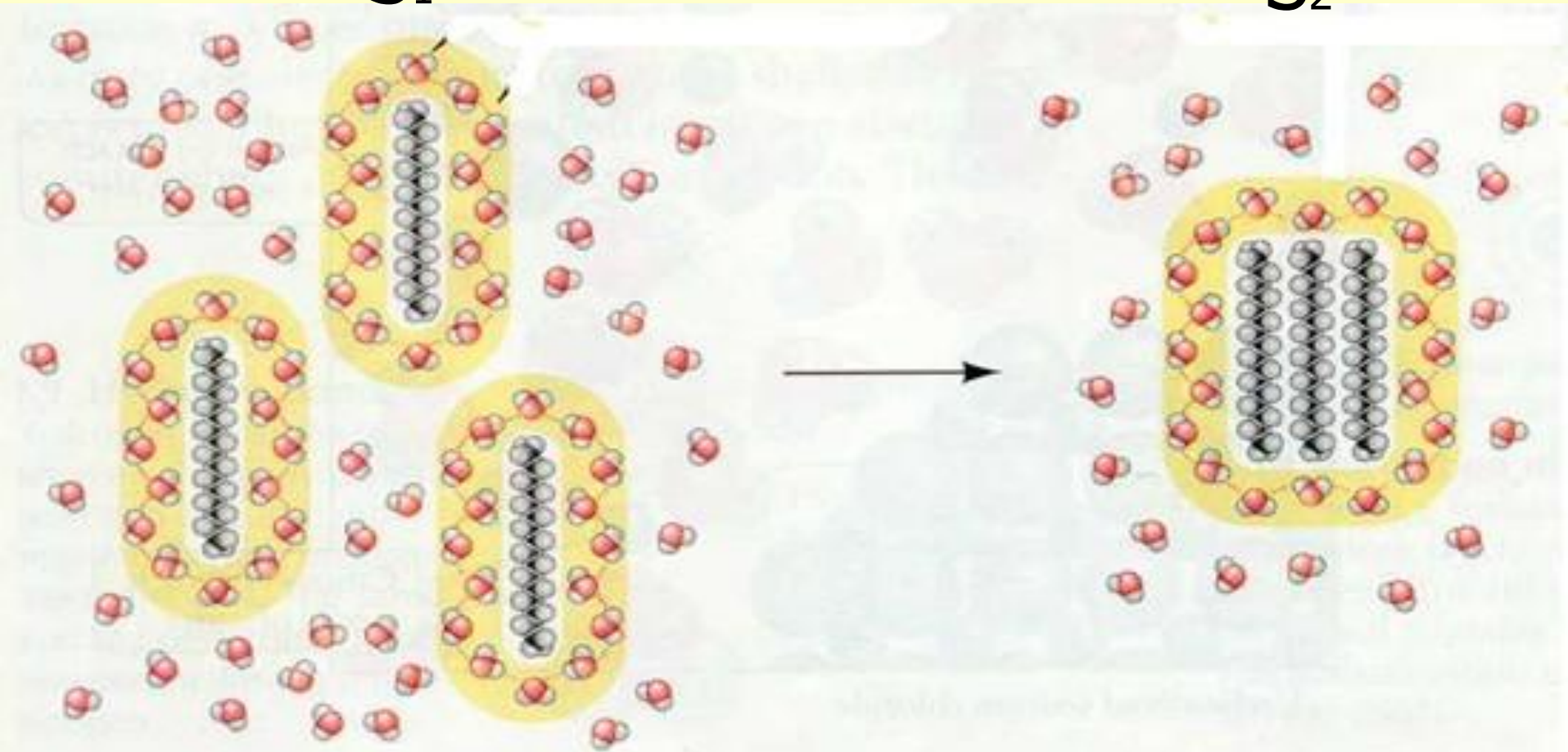


Добавление гидрофобных частиц ведёт к разрыву водородных связей в воде, молекулы которой пытаются новые установить связи с частицами. Это сопровождается кратковременным снижением энтропии системы. Это невыгодно с энергетической точки зрения: гидрофобные частицы отталкивают молекулы воды и сближаются друг с другом, увеличивая энтропию системы.

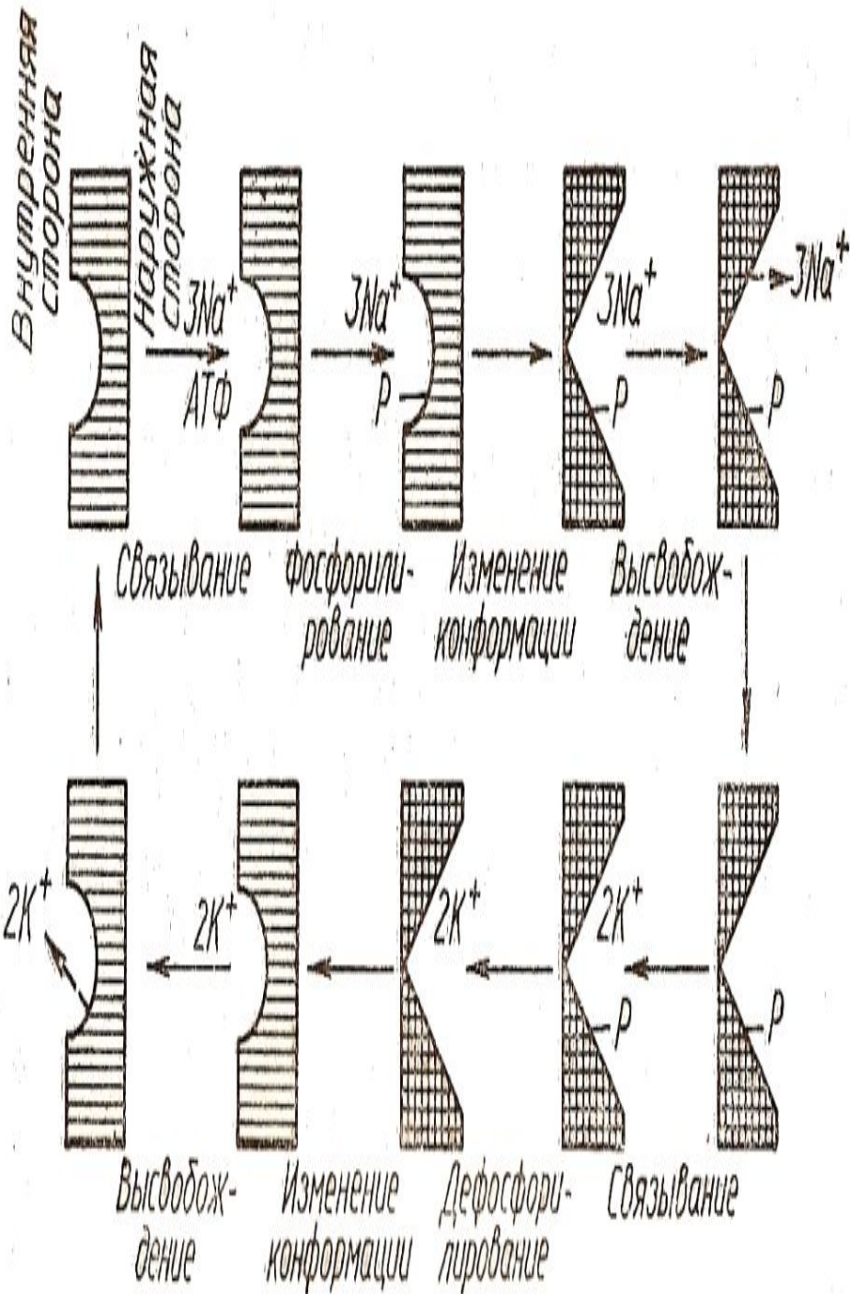
$$S_1 < S_2$$

$S_1$

$S_2$







Формирование пространственной укладки белковой молекулы с помощью слабых взаимодействий лежит в основе её способности **изменять конформацию, т.е. осуществлять функциональную активность.**

Изменение конформации белковой молекулы могут инициировать: присоединение субстрата к ферменту, или транспортируемого вещества к белку-переносчику, или реакция фосфорилирования.

Пример – изменение конформации натрий-калиевого насоса в ходе фосфорилирования-дефосфорилирования.

# ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ БИОФИЗИКИ

## III. БИОФИЗИКА КЛЕТОЧНЫХ

ПРОЦЕССОВ – объёмный раздел, в котором рассматриваются вопросы строения и функционирования биологических мембран, включая транспорт через них различных веществ, механизмы возникновения мембранного потенциала покоя и потенциала действия в возбудимых тканях организма, биофизические основы мышечного сокращения, действие на клетку внешних факторов.



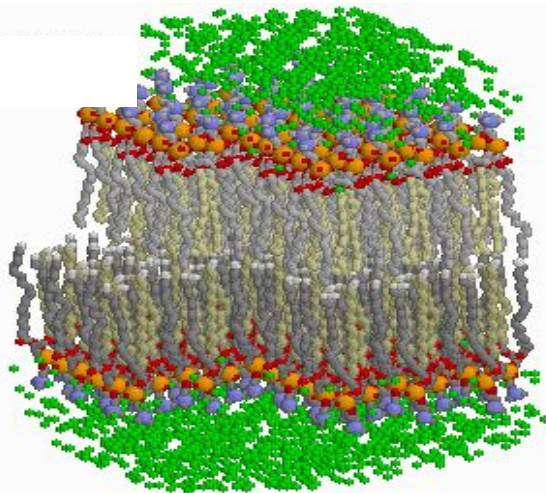
Особенность биофизического рассмотрения указанных вопросов - их описание с помощью определённых уравнений и моделей, что позволяет дать точную количественную оценку и предвидеть изменения транспортных и биоэлектрических явлений при смене условий жизнедеятельности клетки.



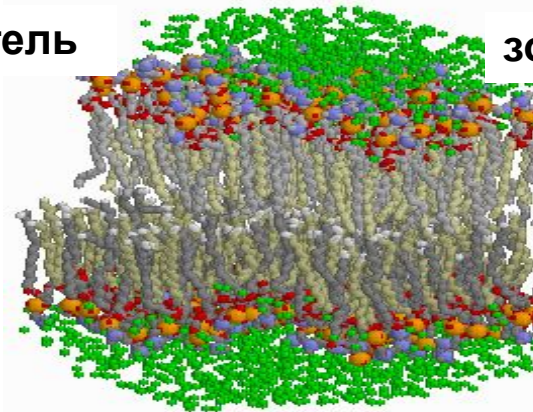


В ходе изучения биофизики биологические мембраны рассматриваются как «жидкие кристаллы», для которых характерны фазовые переходы (золь-гель), обсуждаются их физиологические условия (изменения температуры, химического состава мембран).

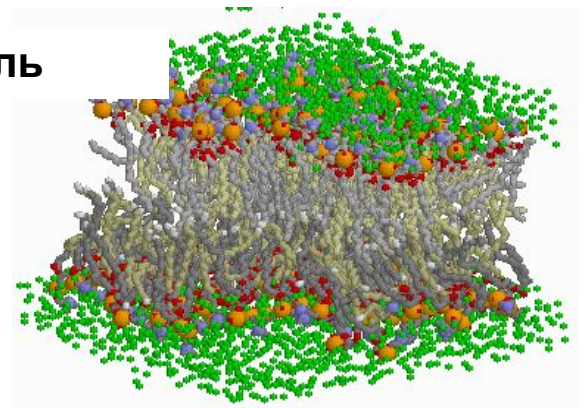
При изменениях текучести мембран могут нарушаться процессы жизнедеятельности клетки, в частности транспорт веществ, ферментная активность белков. Механизм действия некоторых фармацевтических препаратов заключается в нормализации химического состава мембранных липидов.



гель



золь

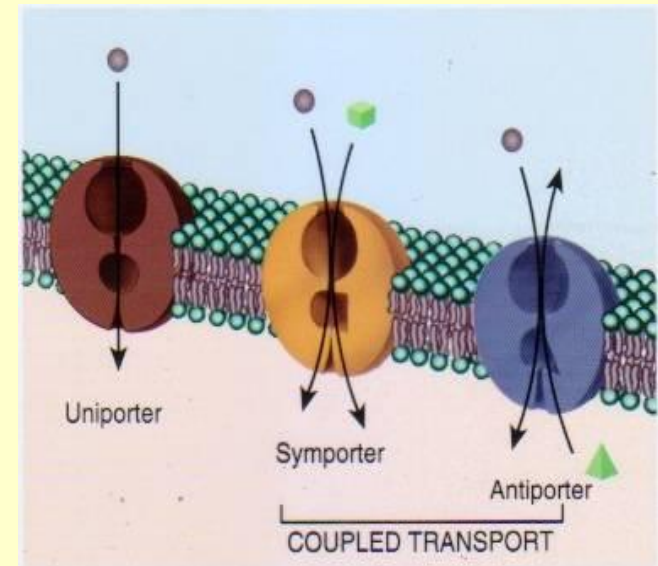
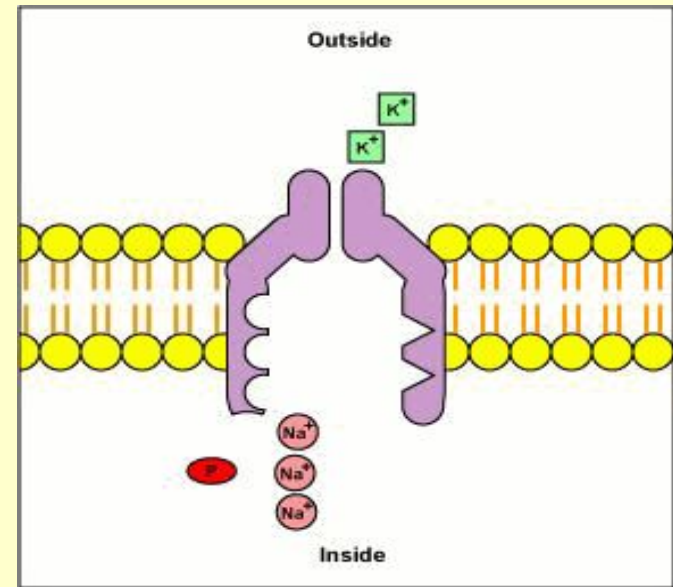


В ходе изучения раздела подробно рассматривается **транспортная функция биологических мембран.**

В разделе рассматриваются условия свободной диффузии, транспортные системы, которые осуществляют облегчённую диффузию веществ – белки-переносчики и ионные каналы, системы первично-активного (насосы, или АТФазы) и вторично-активного (симпорты и антипорты, или обменники) транспорта.

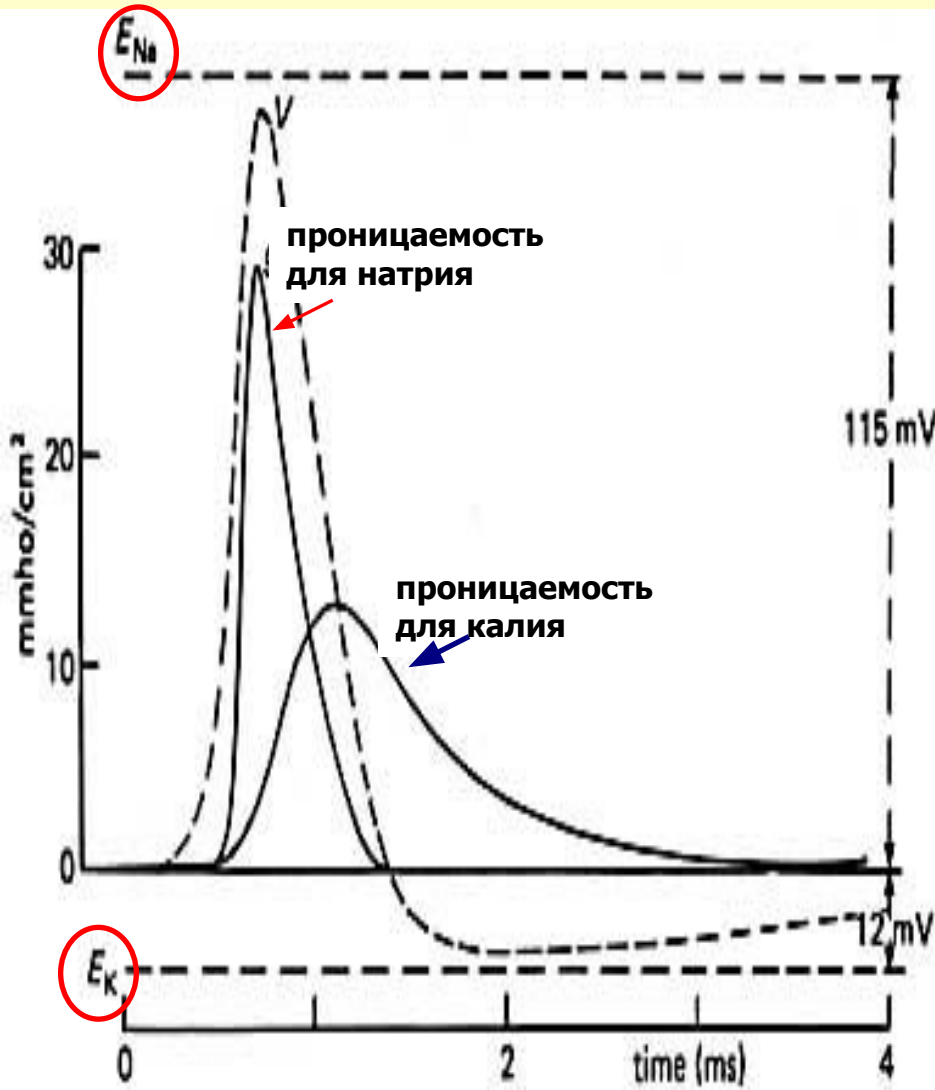
С точки зрения термодинамики объясняются различия пассивного и активного транспорта.

Транспортные белки мембраны – мишени действия многих фармакологических препаратов.

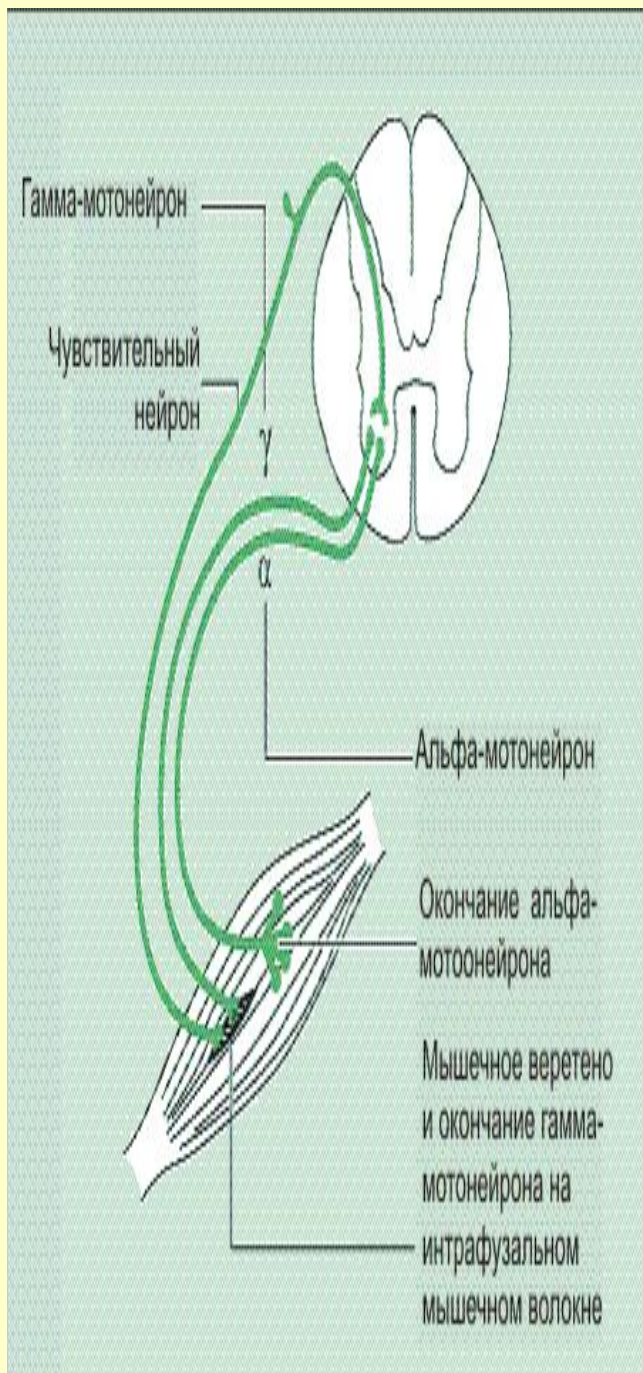




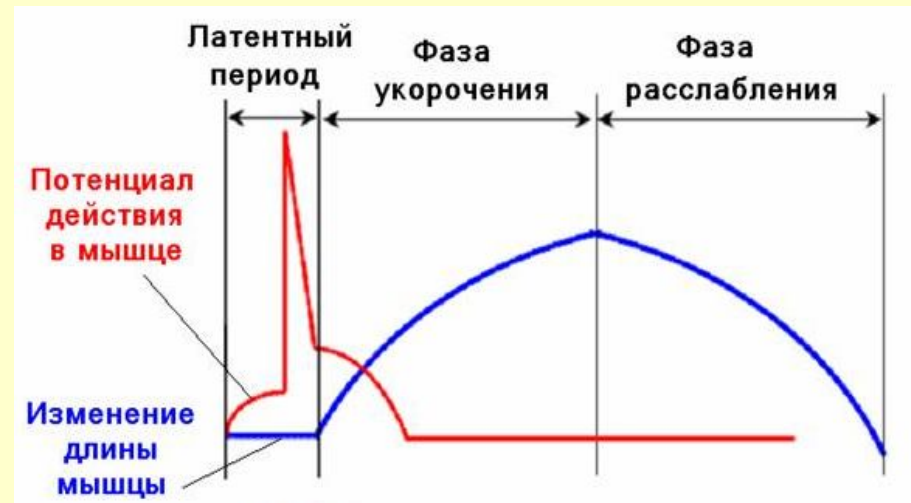
**Биоэлектрические процессы** являются основным фактором, обеспечивающим согласованное функционирование всех клеток, тканей, органов, систем и организма в целом.



При изучении раздела рассматриваются роль мембраны в формировании мембранного потенциала покоя и потенциала действия, ионные механизмы указанных потенциалов, значение свойств ионных каналов в биоэлектрических явлениях, а также их модели – уравнение Нернста и Гольдмана-Ходжкина.

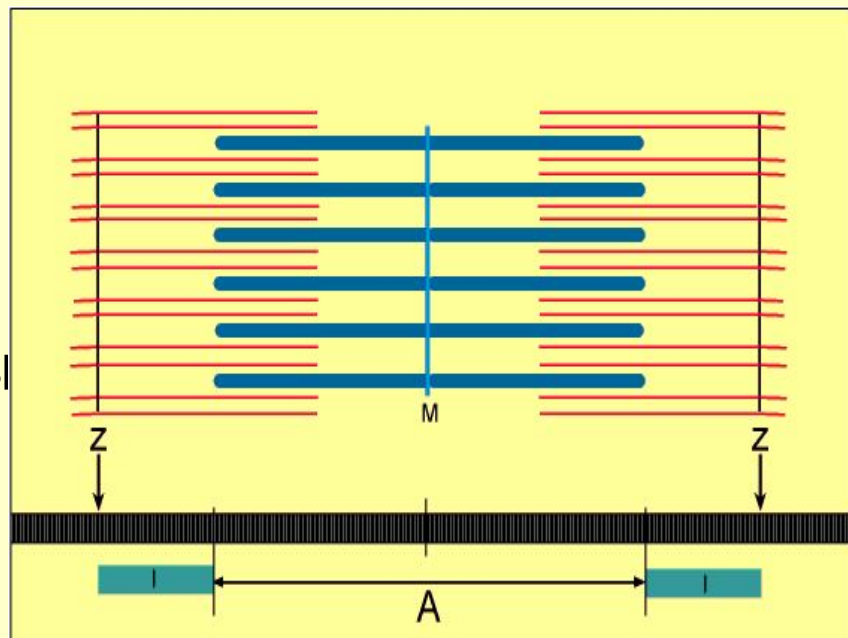
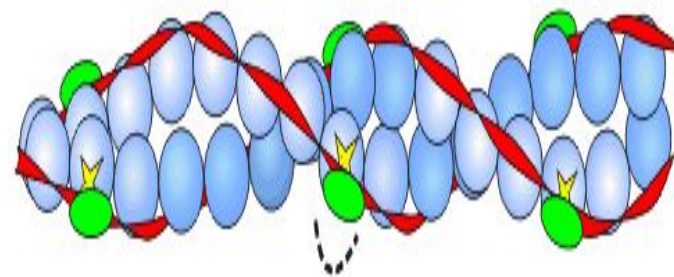


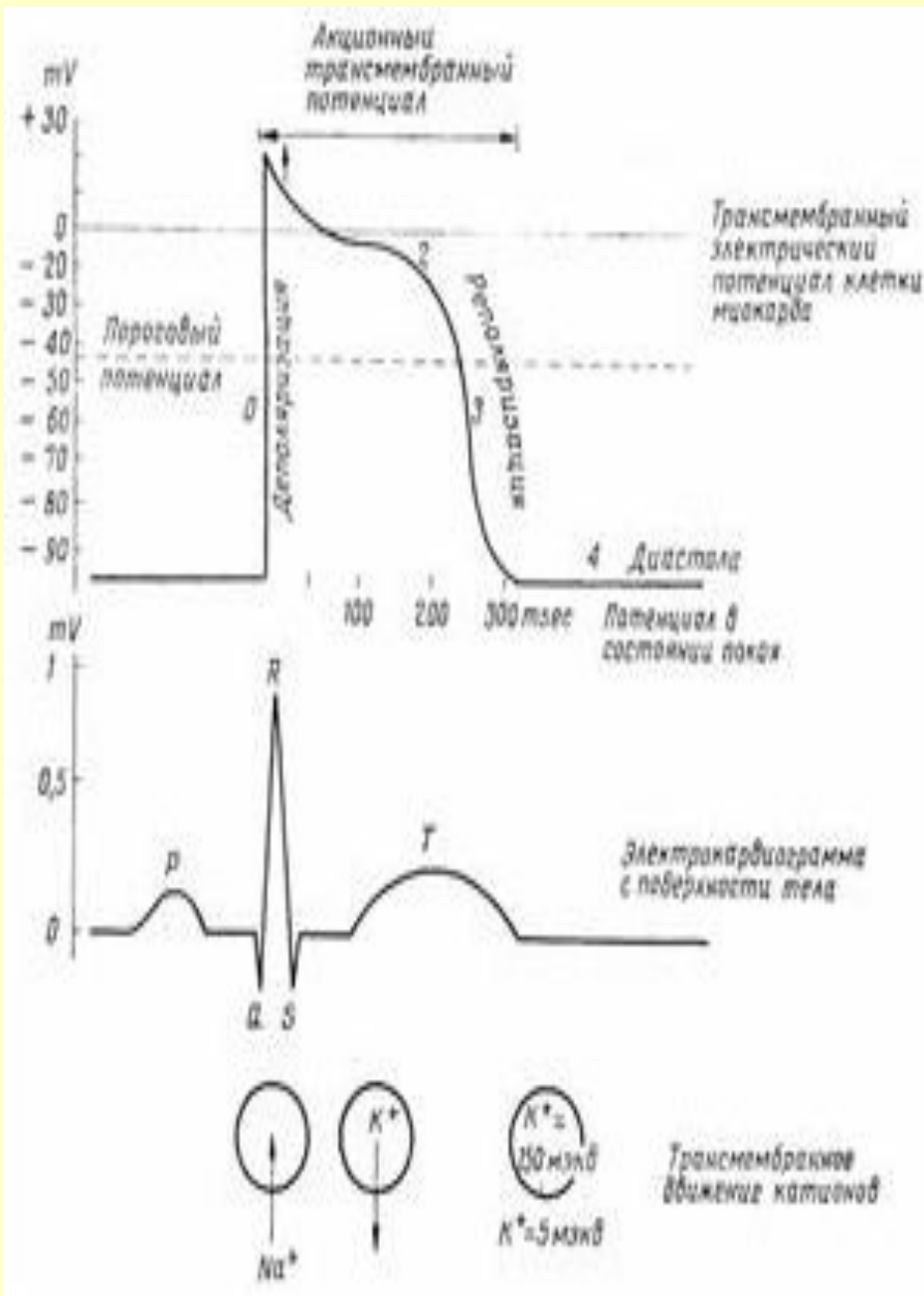
При изучении раздела обсуждаются механизмы и законы распространения ПД по немиелинизированным и миелинизированным нервным волокнам, роль ПД в нервной системе и в инициации мышечного сокращения, которое возможно только после деполяризации мембраны мышечного волокна посредством передачи нервных импульсов через нервно-мышечный синапс – концевую пластинку.





Биофизика мышечных сокращений рассматривает уровни организации скелетной мышцы - строение мышечной клетки, миофибрилл, саркомеров, актиновых и миозиновых протофибрилл, молекул актина и миозина. Рассматривается система электро-механического сопряжения, включающая Т-систему сарколеммы, саркоплазматический ретикулум, поперечные мостики миозиновой протофибриллы и тропонин-тропомиозиновый комплекс актиновой протофибриллы. Обсуждается роль кальция в мышечном сокращении, его энергетика и режимы.



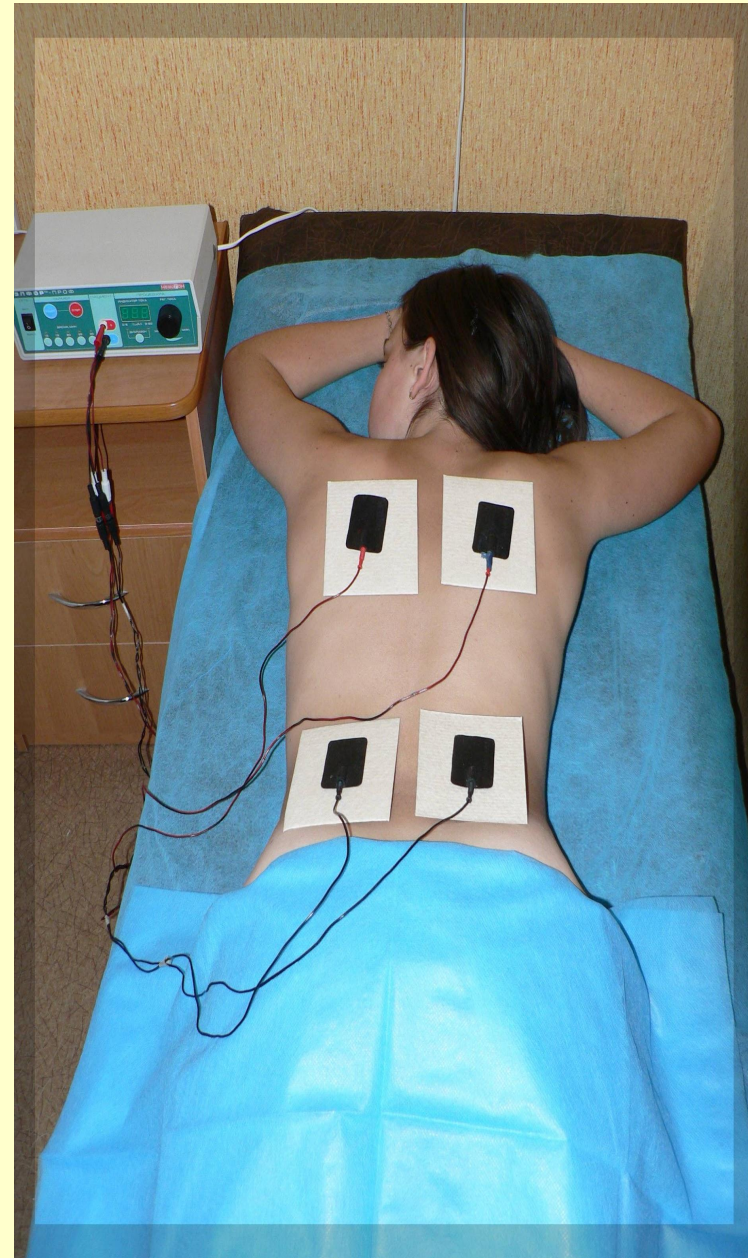


На основе представлений о биоэлектрических явлениях и механизмах мышечного сокращения рассматривается **дипольная теория формирования электрокардиограммы Эйнтховена.**

Знание механизмов формирования ЭКГ необходимо фармацевтам, так как её характеристики служат тестом фармакологического действия сердечных препаратов.

При изучении раздела также рассматриваются «пассивные» электрические свойства биологических объектов, которые проявляются при действии на живые организмы внешних факторов электромагнитной природы.

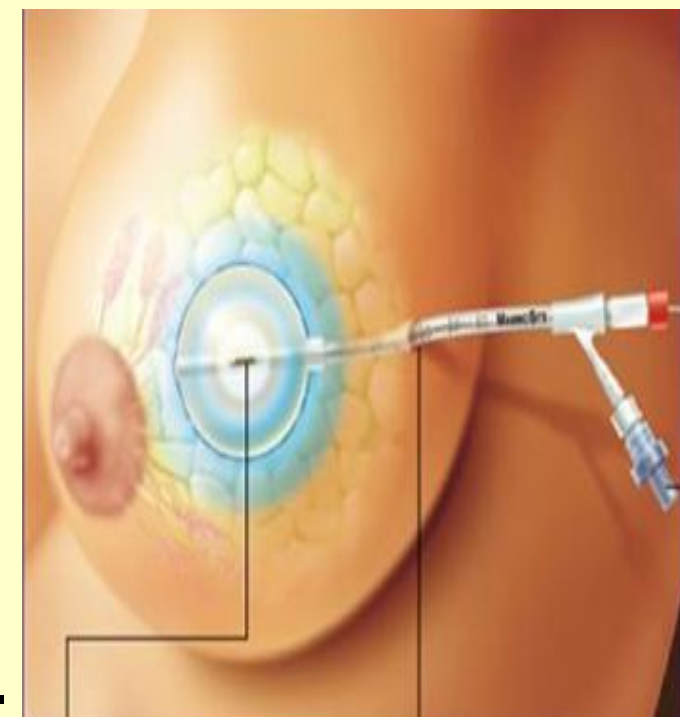
Ими являются электрические и магнитные поля природного и техногенного происхождения. Кроме того, дозированное воздействие факторами электромагнитной природы применяется в медицине с диагностической (реография, МРТ-томография) и терапевтической (лекарственный электрофорез, физиотерапия) целями.





В разделе биофизики клетки также рассматриваются вопросы **влияния радиоактивных излучений** на её жизнедеятельность. Обсуждаются механизмы радиоллиза молекул воды и биологических молекул – белков, липидов и ДНК, которые приводят к нарушениям биохимических процессов в клетке. Далее такие нарушения проявляются на субклеточном, клеточном, органном, организменном уровне.

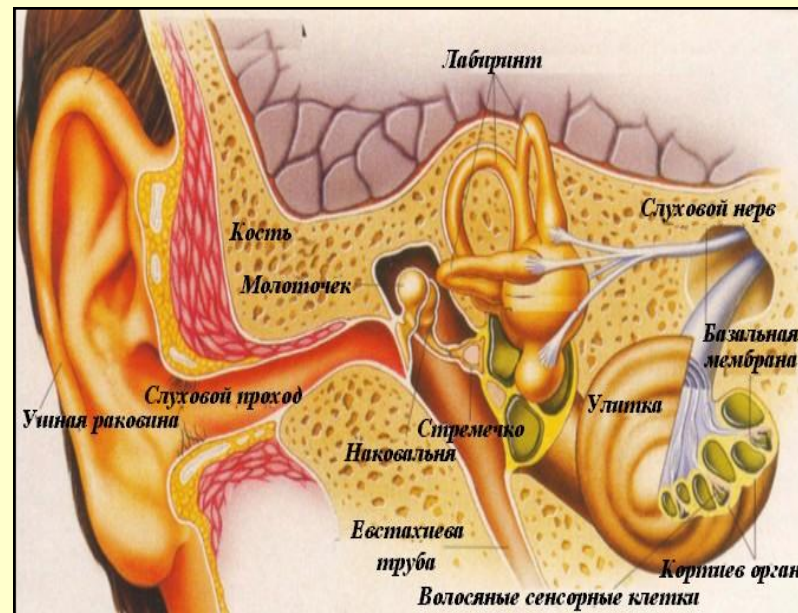
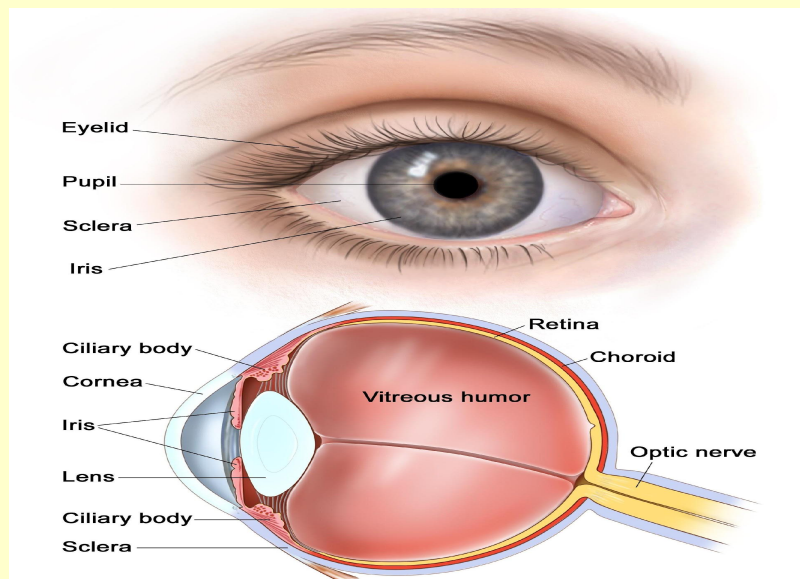
Рассматривается дозиметрия ионизирующих излучений, факторы, которые обуславливают степень радиобиологического поражения, радиосенсибилизаторы, радиопротекторы, радиофармпрепараты.



# ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ БИОФИЗИКИ

## IV. БИОФИЗИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

В разделе рассматриваются **сенсорные системы организма**. Основное внимание уделяется **биофизике зрения**, поскольку с его помощью мы получаем основную часть информации об окружающем мире, и **биофизике слуха** как чувства наиболее важного с точки зрения социального взаимодействия. Рассматриваются строение органов чувств, принципы преобразования рецепторами энергии световых и звуковых волн в энергию нервных импульсов.







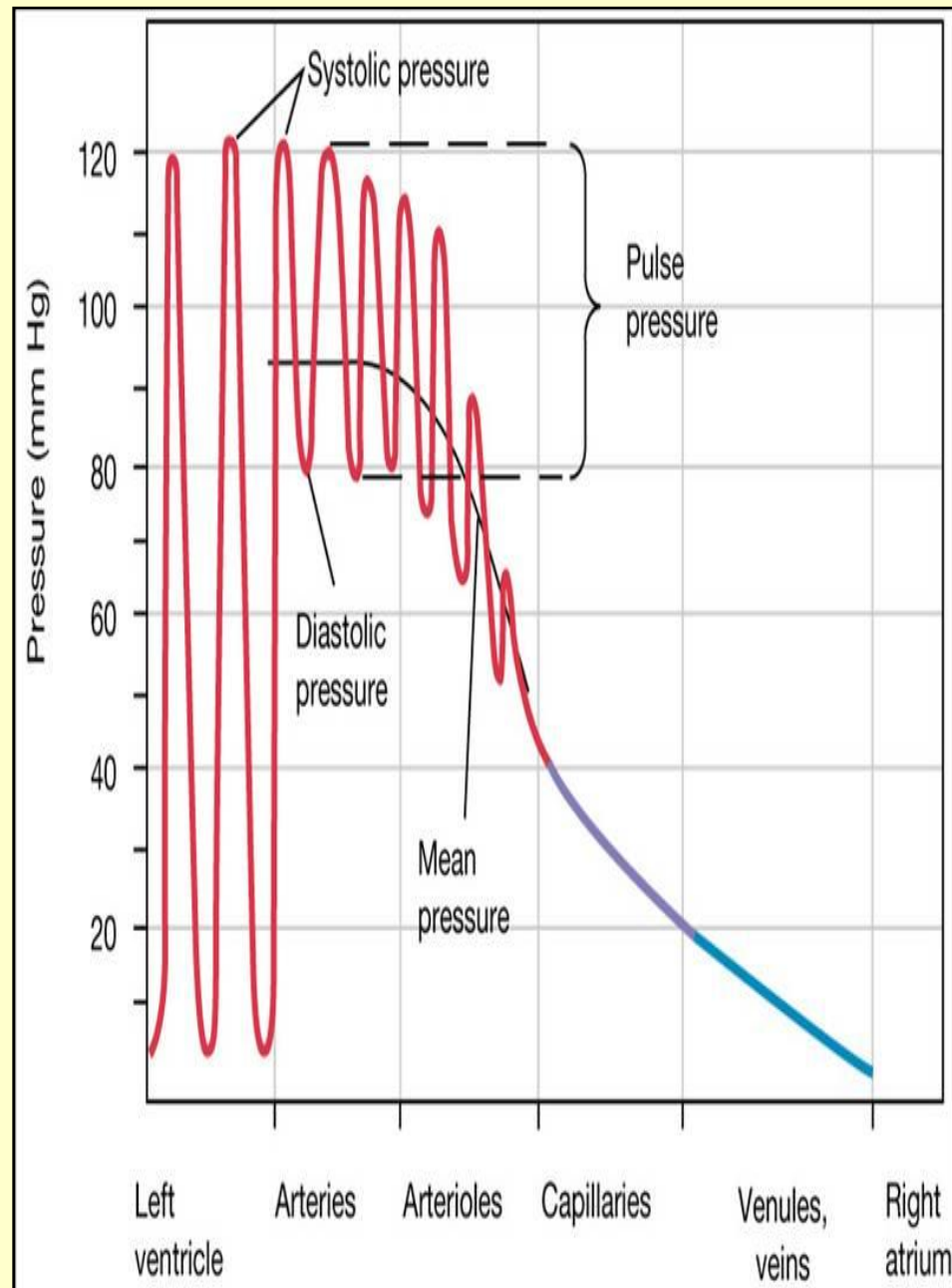
Другой частью раздела служит **биофизика кровообращения, или гемодинамика**, механизмы которой основаны на законах гидродинамики.

Среди них уравнение неразрывности потока, которое постулирует сохранение объёмной скорости крови в различных отделах сердечно-сосудистой системы,

и уравнение Пуазейля, связывающее объёмную скорость крови с разницей давления в артериях и венах и гидродинамическом сопротивлением течению крови.

Из закона Пуазейля следует зависимость величины артериального давления от объёмной скорости крови (минутного её объёма, МОК) и гидродинамического сопротивления (общего периферического сопротивления, ОПС).

На МОК и ОПС можно воздействовать лекарственными препаратами, увеличивая или снижая артериальное давление в случае необходимости.

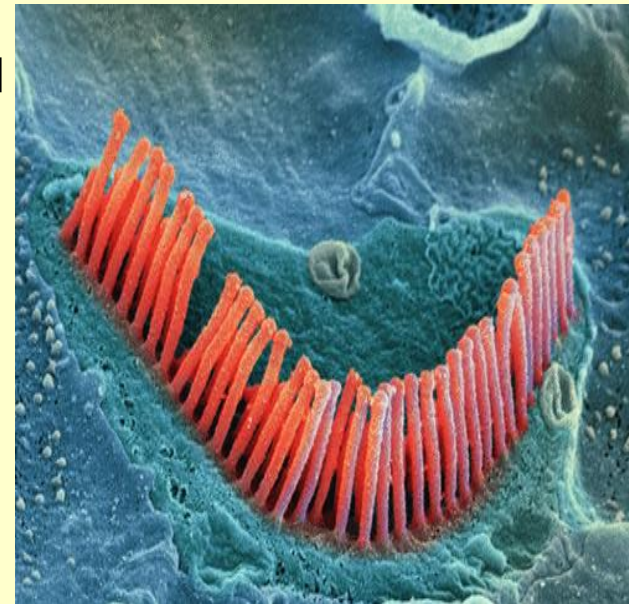


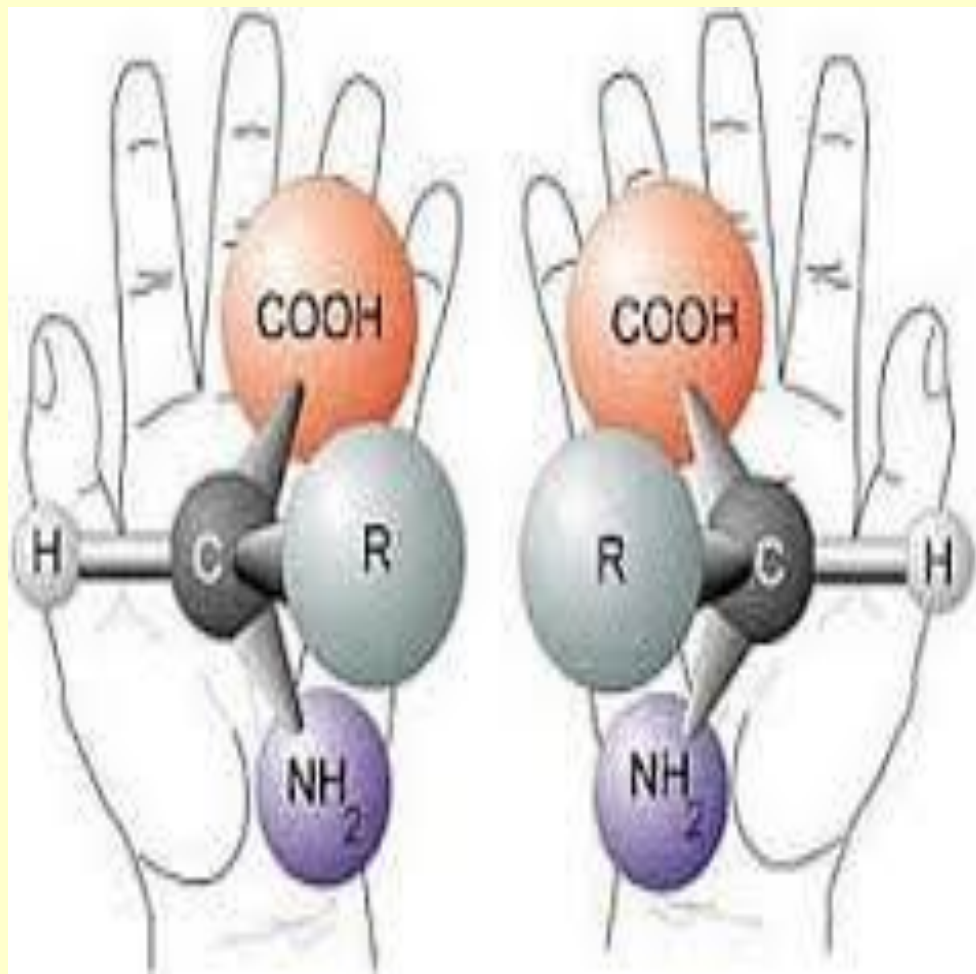
# МЕТОДЫ БИОФИЗИКИ

Физико-химические методы, которые применяют в исследовании живых объектов: электрофорез, ультрацентрифугирование, рентгеноструктурный анализ, нейтроноскопия, радиоспектроскопия электронного парамагнитного резонанса и ядерного магнитного резонанса, электронная микроскопия люминесцентный анализ, метод фиксации потенциала, «пэтч-клэмп» и т.д.

Основы этих методов рассматриваются в соответствующих темах курса.

Указанные методы также применяются для анализа структуры и свойств фармацевтических препаратов.





Одним из таких свойств фармацевтических препаратов (а также аминокислот и сахаров) является **хиральность молекул** – существование в двух изомерных формах (энантиомерах), представляющих «зеркальное отражение друг друга». Это обуславливает **оптическую активность** указанных веществ.

**Оптическая активность** – способность поворачивать плоскость поляризации поляризованного света влево (L-изомер) или вправо (D-изомер).

Оптическая активность аминокислот и сахаров обуславливает **хиральность живого**.





When Drug Molecules Look in the Mirror  
 When Drug Molecules Look in the Mirror

L- и D- изомеры лекарственных препаратов могут оказывать различное действие на организм (талидомид, инсулин, морфин, адреналин и др.) В лучшем случае – один из энантиомеров не обладает биологической активностью, в худшем – вызывает побочные действия.

При искусственном синтезе получают рацемат – смесь двух изомеров в равной концентрации.

**15% лекарств – очищенные энантиомеры.**

2001г. – Нобелевская премия по химии за работу «Ассиметричный биохимический синтез и зеркальный катализ».

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

