

Санкт-Петербургский Государственный Университет Аэрокосмического Приборостроения

Институт радиотехники и инфокоммуникационных технологий

Кафедра биотехнических систем и технологий

## Биофизические основы живых систем

### Раздел 1. Основные понятия, предмет и задачи биофизики



Курс читает  
Яфаров Александр Захарович, к.т.н.  
[az-yafarov@yandex.ru](mailto:az-yafarov@yandex.ru)

**Биоф́изика** (от др.-греч. βίος — жизнь, др.-греч. φύσις — природа):

- раздел биологии, изучающий физические аспекты существования живой природы на всех её уровнях, начиная от молекул и клеток и заканчивая биосферой в целом;
- раздел современной **математической физики**, изучающий биологические объекты как разновидность сложных нелинейных физических систем;
- наука о физических процессах, протекающих в биологических системах разного уровня организации, и о влиянии на биологические объекты различных физических факторов. Биофизика призвана выявлять связи между физическими механизмами, лежащими в основе организации живых объектов, и биологическими особенностями их жизнедеятельности.

**Термин «биофизика»** стал повсеместно использоваться в научной литературе с 1892 года, когда **Карл Пирсон**, написавший книгу «Грамматика науки», сказал, что наука, которая пытается показать, что факты биологии – морфологии, эмбриологии и физиологии образуют частные случаи приложения общих физических законов, названа этиологией. И может быть ее стоит назвать биофизикой. Примерно в это же время немецкие ученые во главе с **Адольфом Ойгеном Фиком** называли данную область знаний **медицинской физикой**. Французские же исследователи во главе с физиологом Ж.А.Д'Арсонвалем предпочитали термин «биологическая физика» еще до Пирсона.

**Предметом биофизики** считают физические и физико-химические процессы, которые лежат в основе жизни. Существуют и другие определения предмета этой науки. Так, например, лауреат Нобелевской премии Альберт Сент-Дьёрдьи говорил, что **биофизика – это всё то, что интересно.**

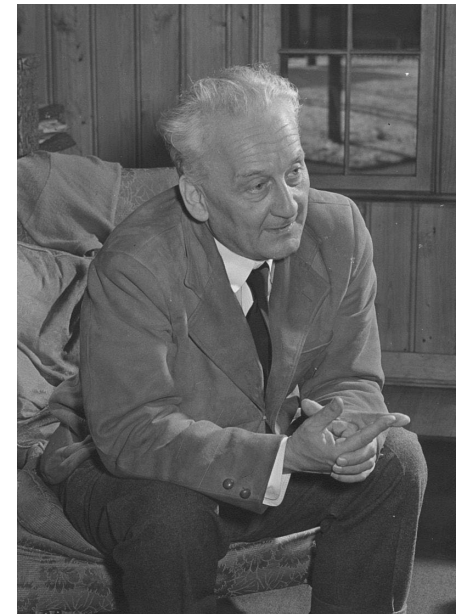
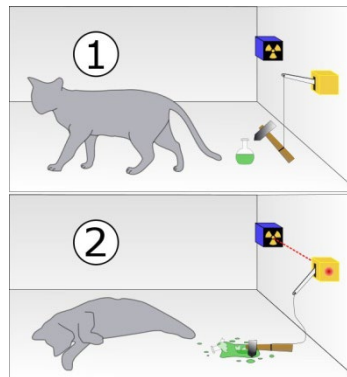
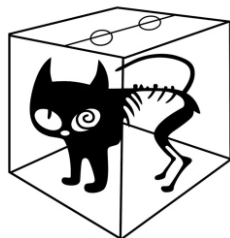
Альберт Сент-Дьёрдьи (венг. Szent-Györgyi Albert, 16 сентября 1893, Будапешт — 22 октября 1986, Вудс-Хол) — американский биохимик венгерского происхождения, **впервые сумел выделить витамин С** и провел фундаментальные исследования в областях биологического окисления и мышечного сокращения. В 1937 году Сент-Дьёрдьи удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине за цикл работ по биологическому окислению, а в 1954 — премии Альберта Ласкера за фундаментальные медицинские исследования и вклад в исследование сердечно-сосудистых заболеваний.

В 1945 году Эрвин Шредингер (1887-1961) издал свой труд "Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки"



Эрвин Шредингер - австрийский физик-теоретик, один из создателей квантовой механики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1933)

SCHRODINGER'S CAT IS  
**A · L · I · V · E**

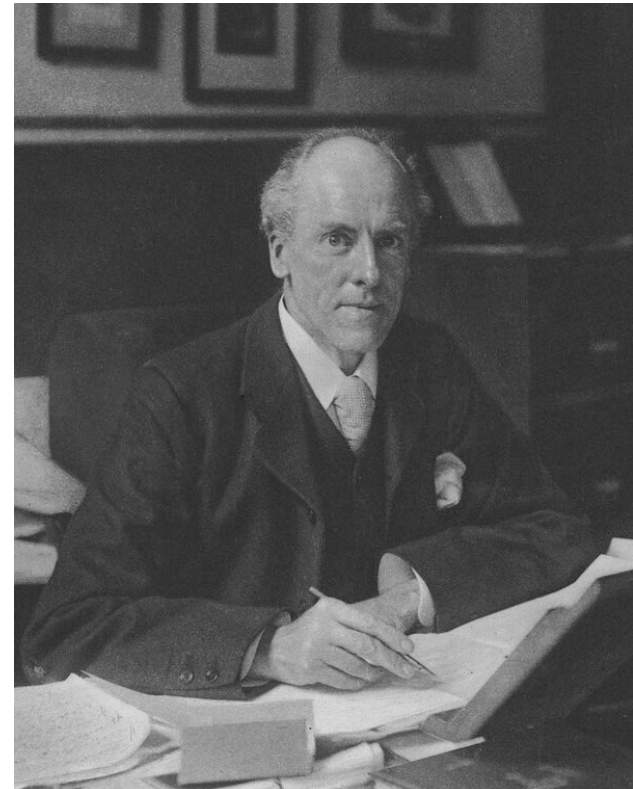


**Карл Пёрсон** (англ. Karl (Carl) Pearson, 1857-1936) — английский математик, статистик, биолог и философ; основатель математической статистики, один из основоположников биометрики.

Автор свыше 650 опубликованных научных работ. В русскоязычных источниках его иногда называют Чарлз Пирсон.

Карл Пирсон опубликовал основополагающие труды по математической статистике (более 400 работ по этой теме). Разработал теорию корреляции, критерии согласия, алгоритмы принятия решений и оценки параметров. С его именем связаны такие широко используемые термины и методы, как:

- Коэффициент вариации
  - Коэффициент корреляции Пирсона и корреляционный анализ
  - Критерий согласия Пирсона (критерий хи-квадрат)
  - Множественная регрессия, нелинейная регрессия
  - Нормальное распределение
  - Ранговая корреляция
  - Распределение Пирсона
- и многие другие. Методы Пирсона имеют предельно общий характер и применяются практически во всех естественных науках.



## Вклад Карла Пирсона в развитие современной науки

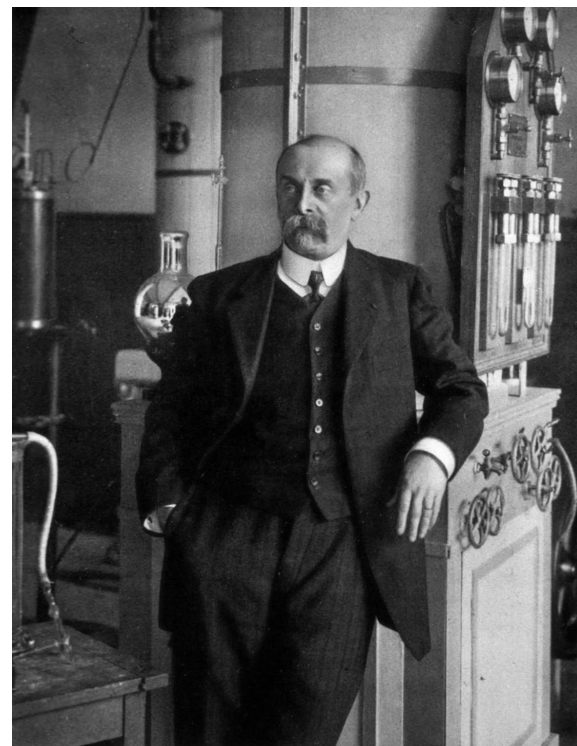
Вероятно, наиболее часто в прикладной практике используется критерий хи-квадрат Пирсона, ставший незаменимым средством для решения нескольких задач — проверка согласия реального и предполагаемого распределения случайной величины, проверка однородности разных выборок или независимости факторов. До изобретения компьютеров неоценимую помощь специалистам оказывали составленные Пирсоном таблицы типовых распределений.

Пирсон ввёл наглядное представление распределения случайной величины с помощью гистограммы, ввёл и исследовал понятия стандартного отклонения, коэффициента асимметрии распределения. Для распределений, не соответствующих нормальному закону, Пирсон предложил «метод моментов», позволяющий найти теоретический закон, наилучшим образом соответствующий эмпирической выборке.

Пирсон первым ввёл в науку понятие **корреляции** как вероятностный аналог причинно-следственной связи, но он же первым предупредил, что корреляционная связь шире, чем причинно-следственная, и, вообще говоря, доказанная корреляция двух факторов не означает, что один из факторов является причиной другого (например, они оба могут быть следствием третьего фактора). Подобная путаница стала распространённой со второй половины XX века.

**Жак Арсен д'Арсонваль** (фр. Jacques Arsène d'Arsonval 1851—1940) — французский физиолог и физик, член Французской академии наук. Посвятил много лет изучению действия переменных токов на биологические объекты.

В 1891 году д'Арсонваль обратил внимание на способность токов высокой частоты проходить через животный организм, не вызывая раздражения тканей и оказывая при этом различные физиологические эффекты, в зависимости от способа применения и характера этих токов. Эти исследования д'Арсонваля повлияли на разработку методов электролечения, которое и называли в честь д'Арсонваля — **дарсонвализация**. Сделав после проведенных физиологических экспериментов научно-физический анализ, д'Арсонваль способствовал тем самым развитию новой области биологии — биофизики. Кроме того, д'Арсонваль в 1881 году запатентовал гальванометр у которого подвижная катушка с проводником вращалась под действием протекавшего через неё тока в поле неподвижного постоянного магнита, став таким образом изобретателем магнитоэлектрического измерительного механизма. Этот гальванометр, в отличие от своих предшественников, не реагировал на магниты или железные предметы, находящиеся рядом, был очень чувствителен и позволял обнаружить ток силой 10 микроампер.





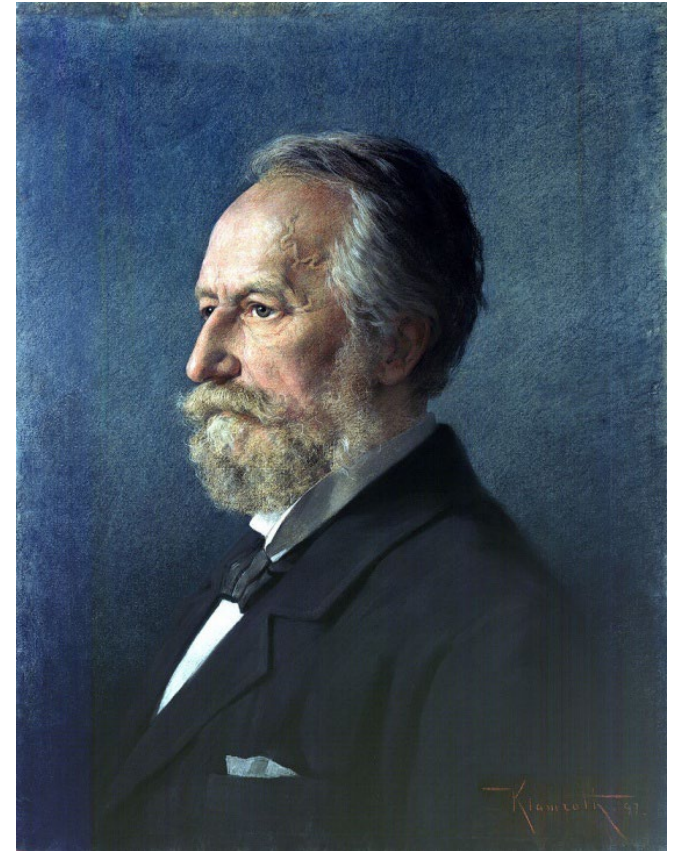
**Адольф Ойген Фик** (нем. Adolf Eugen Fick; 1829—1901) — немецкий физик и физиолог. Брат анатома Франца Людвига Фика, дядя офтальмолога Адольфа Гастона Ойгена Фика (изобрёл контактные линзы).

Фик начал свою работу в изучении математики и физики, прежде чем обрёл склонность к медицине. Затем он получил докторскую степень в области медицины из Марбургского университета в 1851 году. Как медицинской выпускник, он начал свою работу в качестве прозектора.

В 1855 году он представил **закон диффузии Фика**.

В 1870 году он став первым, измерившим сердечный выброс, используя то, что сейчас называется принципом Фика.

Фику удалось **дважды опубликовать свой закон диффузии**, так как он применяется в равной степени в физиологии, и в физике. Его работа привела к разработке прямого метода Фика для измерения сердечного выброса.

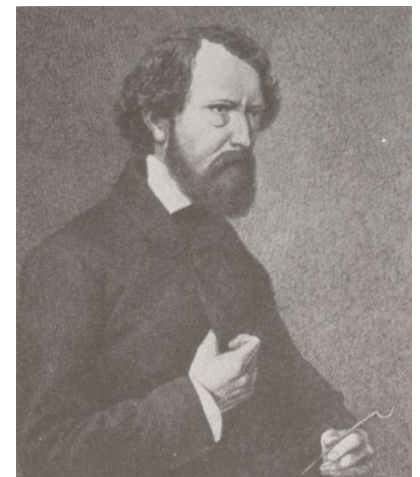


**Метод определения сердечного выброса Фика**, в качестве индикатора предложено использовать кислород. Для измерения СВ определяют количество кислорода, поглощаемое из воздуха за определенный отрезок времени. Одновременно берут пробы артериальной и смешанной венозной, взятой из устья легочной артерии, крови и определяют в них содержание кислорода. При этом необходимо определить разницу в содержании кислорода в артериальной и венозной крови, то есть измерить количество кислорода, которое связывается каждым кубическим сантиметром крови во время ее прохождения через легкие. Сердечный выброс вычисляют по формуле:  $СВ = ПО_2 / (СаО_2 - СвО_2)$ , где СВ — сердечный выброс, л/мин (фактически — количество крови, проходящей через малый круг кровообращения);  $ПО_2$  — потребление кислорода, мл/мин,  $СаО_2$  — содержание кислорода в артериальной, а  $СвО_2$  — в венозной крови, мл/л.

---

**Франц Людвиг Фик** (нем. Franz Ludwig Fick; 1813—1858) — немецкий анатом. Брат физиолога Адольфа Фика, отец офтальмолога Адольфа Гастона Ойгена Фика.

Фик изучал **механику развития роста костей**, особенно черепа. Он изобрел модели из бумаги, изображающие различные части мозга, которые стали прототипом моделей в медицине. Фик писал про анатомию человека и патологию. Он изучал механизм видения и функцию сетчатки. Фик исследовал функционирование и эффективность вкусовых рецепторов и описал анатомию ушей слона.

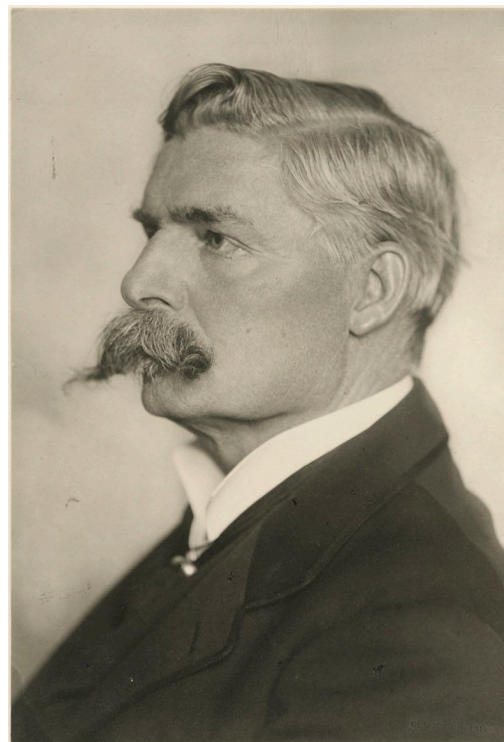




**Адольф Гастон Ойген Фик** (нем. Adolf Gaston Eugen Fick; 1852—1937) — немецкий медик, офтальмолог. Изобретатель контактных линз.

Сын анатома Франца Людвига Фика. После ранней смерти отца воспитывался в семье дяди, физиолога Адольфа Ойгена Фика. Изучал медицину в Вюрцбурге, Цюрихе, Марбурге и Фрайбурге.

В 1887 году была изготовлена первая успешная модель контактной линзы, которую он проверял в первую очередь на кроликах, затем на себе, и, наконец, на небольшой группе добровольцев. Это считалось первой успешной моделью контактной линзы. Его идея была выдвинута независимо несколькими новаторами в последующие годы. Во время Первой мировой войны Фик возглавлял полевые госпитали во Франции, России и Турции. В то же время он продолжал работать над офтальмологической анатомией и оптикой. Адольф Гастон Ойген Фик — отец архитектора Родериха Фика.



**Пётр Петро́вич Ла́зарев** (1878—1942) — русский и советский физик, биофизик и геофизик, педагог, академик АН СССР. С 1918 года — первый главный редактор и издатель журнала «Успехи физических наук».

В 1919—1931 годах П. П. Лазарев — директор организованного по его инициативе и при его активном участии **Института физики и биофизики** Наркомздрава — первого в России научно-исследовательского учреждения по физике и биофизике.

Вклад в науку

**Биофизика.** Создал физико-химическую теорию возбуждения (ионная теория возбуждения), вывел единый закон раздражения, исследовал процесс физиологической адаптации органов чувств (преимущественно зрения, а также слуха, вкуса и обоняния) к действующим на них раздражителям, вывел единый закон раздражения, разрабатывал проблему применения законов термодинамики к биологическим процессам. Вывел законы действия электрического тока на нервную ткань. Дал теоретический вывод основных законов физиологического возбуждения — законов Нернста и Пфлюгера.



**Геофизика.** Организатор и руководитель крупномасштабного геофизического проекта по исследованию Курской магнитной аномалии. Автор ряда работ в области теоретической геофизики, связанных с исследованием Курской магнитной аномалии. Организатор экспериментов по выяснению причины океанических течений (зависимость от пассатов).

## Глеб Михайлович Франк (1904— 1976) — советский биофизик.

Основные труды посвящены биологическому действию УФ-излучения, биофизике мышечного сокращения, нервного возбуждения. Участвовал в создании первого советского электронного микроскопа.

По инициативе Франка был создан Координационный центр комплексных исследований в области биологической физики.

Вице-президент Международной организации по изучению живой клетки при ЮНЕСКО (с 1964). Член Совета Международной организации биофизиков (с 1961 года). Действительный член Международной астронавтической академии (с 1966). Почётный член АН ВНР (1973) и АН ГДР (1975).



### Библиография:

Митогенетические лучи и деление клеток / Папка: Д. [Бажанов], С. Я. Залкинд, Г. М. Франк. — [Москва ; Ленинград : Гос. изд-во], 1930 (М.: тип. «Красный пролетарий»). — 190 с., [2] с. объявл. : ил., черт., граф.; 20х14 см. — (Новейшие течения научной мысли; 30-31).

Об исследовании быстросовершающихся перемещений веществ в организме с помощью  $\gamma$ -излучающихся изотопов / Г. Габелова, Г. М. Франк. — [Женева] : [б. и.], [1958]. — 16 с., 6 л. ил.; 28 см. — (Вторая Межд. конф. ООН по применению атомной энергии в мирных целях;).

О некоторых вопросах биофизического анализа радиобиологических эффектов / Г. М. Франк, Н. А. Аладжалова, А. Д. Снежко. — [Женева] : [б. и.], [1958]. — 33 с.; 27 см. — (Вторая Межд. конф. ООН по применению атомной энергии в мирных целях;).

Физико-химические механизмы биологической подвижности и их моделирование : Докл.-прогноз. — Москва : [б. и.], 1973. — 48 с.; 21 см. — (Прогнозы развития науки/ АН СССР).

Франк, Глеб Михайлович. Биофизика живой клетки. Избранные труды. — Москва, 1982.

## **Предпосылки к формированию биофизики как науки:**

1. В трудах основоположника учения о кровообращении, английского врача и анатома Гарвея (16-17век) были использованы прямые наблюдения на людях и применено учение о гидродинамике;
2. Принципы механики использовал Джованни Борелли (17 век) для объяснения физических основ ходьбы, бега, плавания, полета;
3. В 18 веке в работах Леонарда Эйлера идеи механики были использованы для создания учения о гемодинамике - движении крови и других биологических жидкостей;
4. Михаил Васильевич Ломоносов проводил теоретические работы по термодинамике, в области цветного зрения (теория " трехкомпонентного цветного зрения");
5. Значительный вклад в развитие биофизики внёс Антуан Лоран Лавуазье. Он доказал, что дыхание животных равнозначно окислению и горению веществ;
6. В конце 18 века Л. Гальвани и А. Вольт установили наличие "животного" электричества и химического источника электрического тока в живом организме;
7. Юлиус Роберт Майер (1814-1878) в 1842 году дал формулировку первого закона термодинамики для живых организмов;
8. В 1886 г. немецкий исследователь Юлий Бернштейн зарегистрировал потенциал действия, который возникал и развивался по принципу "всё или ничего".

## **Предпосылки к формированию биофизики как науки:**

9. Герман Людвиг Фердинанд Гельмгольц в 1856-1867 гг. выпустил трехтомник по физиологической оптике. Он разработал офтальмологическое зеркало, экспериментально обосновал трехкомпонентную гипотезу цветового зрения. В области физиологии слуха разработал резонансную теорию слуха.
10. В 1920 году Нобелевская премия присуждена Вальтеру Нернсту за создание ионной теории биоэлектрических явлений, объясняющей происхождение потенциала действия и покоя.

## **Значимые результаты в биофизике, как новой науки:**

1. Труды Нобелевского лауреата Арчибальда Хилла по термодинамике мышечного сокращения;
2. Нобелевская премия 1963 г присуждена Алану Ходжкину, Эндрю Филдингу Хаксли, Джону Экклсу за создание мембранной теории биоэлектrogenеза.

**Модель Ходжкина — Хаксли** — математическая модель, описывающая генерацию и распространение потенциалов действия в нейронах. Подобные модели были созданы впоследствии и для других электрически возбуждаемых клеток — например, для сердечных миоцитов; все модели такого рода описывают автоволновые процессы в активных средах.

# Основные понятия биофизики

Термин «биофизика» впервые использовал в 19 веке Карл Пирсон.

**Биофизика** – наука, изучающая физические и физико-химические процессы, протекающие в биологических системах, а также влияние на них различных физических факторов.

**Биофизика** с помощью физических методов и подходов изучает живые организмы на различных уровнях организации.

**Объект биофизики** – живые системы при сопоставлении с неживой природой.

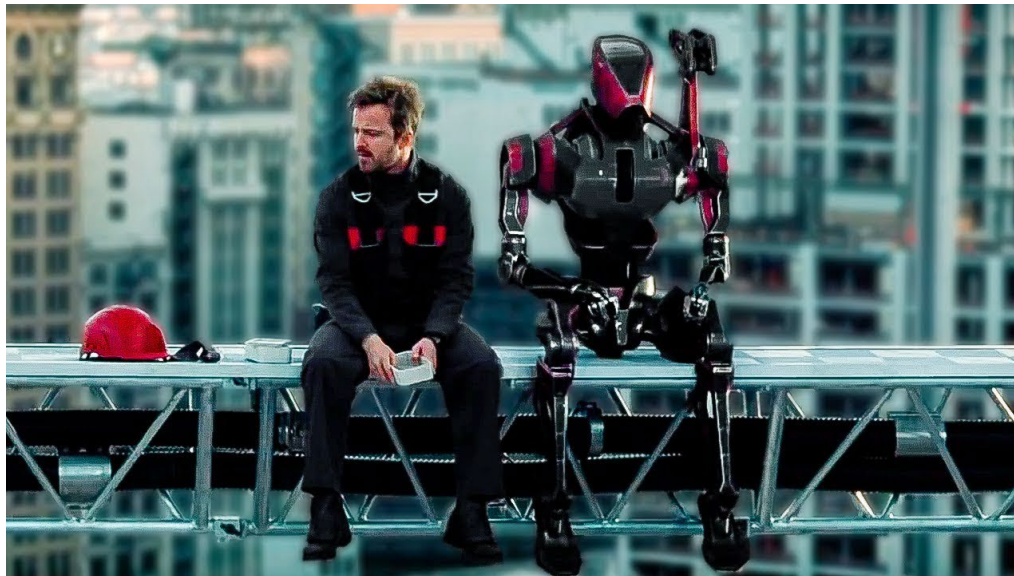
**Живой организм** – это открытая, саморегулирующаяся, самовоспроизводящаяся и развивающаяся гетерогенная система, важнейшими функциональными веществами которой являются биополимеры: белки и нуклеиновые кислоты.



# Основные понятия биофизики

## Характерные особенности живых систем:

1. Высокая упорядоченность, дискретность и целостность, многоуровневая организация;
2. Способность к самовоспроизведению;
3. Способность к развитию в направлении усложнения организации;
4. Раздражимость;
5. Наличие обмена веществ с окружающей средой;
6. Способность к адаптации;
7. Наличие биопотенциалов.



# Основные понятия биофизики

## Основные признаки живой материи:

1. **Питание.** Пища – источник энергии и веществ, необходимых для роста и других процессов жизнедеятельности.
2. **Дыхание.** В процессе дыхания происходит высвобождение энергии при расщеплении высокоэнергетических соединений. Высвобождаемая энергия запасается в молекулах АТФ.
3. **Раздражимость.** Живые существа способны реагировать на изменение внешней и внутренней среды
4. **Подвижность.** Живые организмы способны перемещаться из одного места на другое.
5. **Выделение.** Это способность живых организмов к выведению из организма конечных продуктов обмена веществ.
6. **Размножение.** Выживание определенного вида обеспечивается сохранением главных признаков родителей у потомства путем бесполого или полового размножения.
7. **Рост.** Объекты неживой природы растут за счет присоединения вещества к наружной поверхности, а живые организмы – изнутри за счет питательных веществ которые организм получает в процессе питания.

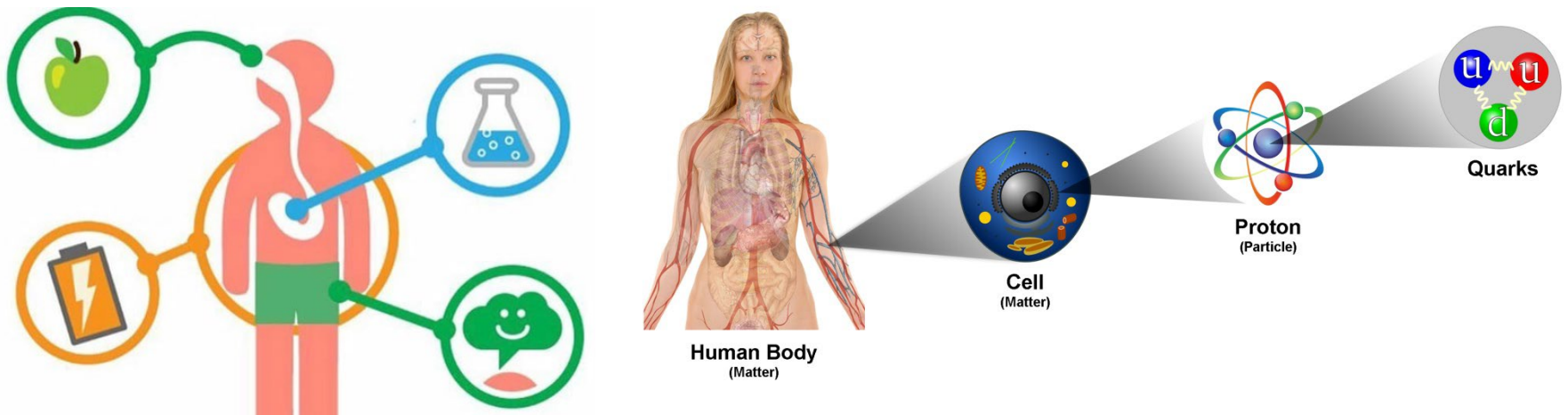
# Основные понятия биофизики

## Принципы структуры живых организмов:

1. единство элементарного состава
2. единство типов химических связей
3. единство мембранного типа строения субклеточных органелл
4. единство клеточного строения
5. единство строения многоклеточных организмов

## Принципы функционирования живых организмов:

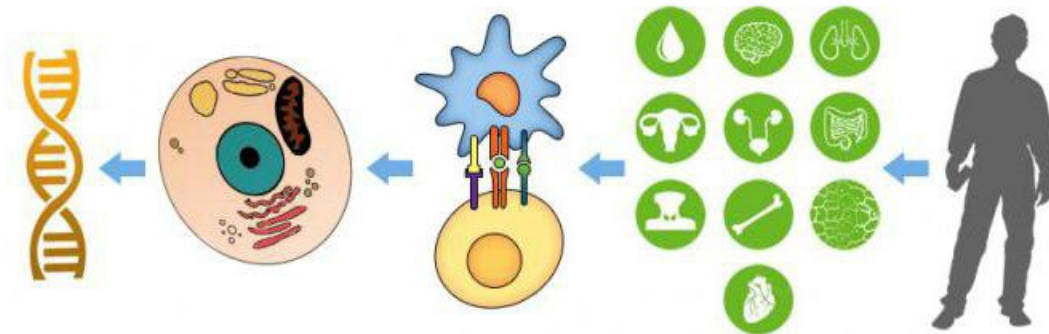
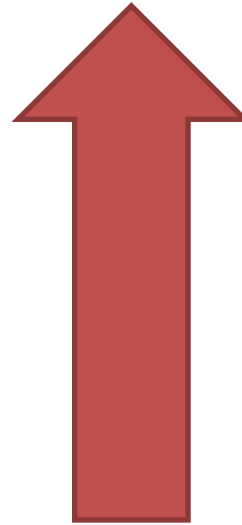
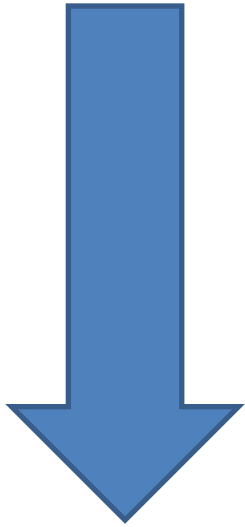
1. единство биохимических реакций и циклов
2. единство дыхания
3. единство движения
4. единство наследования основных принципов структуры и функций



# Основные понятия биофизики

Биофизика исследует живые системы на уровне:

- молекул
- органелл
- отдельных клеток
- тканей
- органов
- систем организма
- отдельных организмов
- популяций
- биоценозов
- экосистем



# Основные направления исследований в рамках биофизики:

1. Изучение на молекулярном уровне структуры субклеточных образований и механизмов их функционирования;
  2. Выяснение связей между структурой и функциональными свойствами биополимеров и других биологически активных веществ;
  3. Выявление общих законов обмена веществ и энергии на уровне клетки и организма;
  4. Исследование молекулярных механизмов мембранного транспорта, дыхания, подвижности;
- 
5. Создание и теоретическое обоснование физико-химических методов исследования биообъектов;
  6. Создание и теоретическое обоснование физико-химических методов воздействия на биообъекты;
  7. Физическое истолкование различных функциональных явлений (генерация и распространение нервного импульса, мышечное сокращение, рецепция, зрение, фотосинтез и других явлений);
  8. Моделирование сложных систем и предсказание их поведения.

# Разделы классической биофизики:

1. Молекулярная биофизика;
2. Биофизика клетки;
3. Биофизика сложных систем.

## **Молекулярная биофизика исследует:**

1. Строение и физико-химические свойства макромолекул и других биологически активных соединений;
2. Механизм работы биомолекул;
3. Взаимодействия молекул и их превращения.

**Биофизика клетки исследует** физико-химические процессы, лежащие в основе жизнедеятельности клетки, и роль в них внутриклеточных, особенно, мембранных структур.

В рамках исследований биофизики клетки выделяют направления:

- Биофизика сократительных систем
- Биофизика проводимости
- Биофизика органов чувств

**Биофизика сложных систем исследует** ткани, органы, организмы и их популяции, в том числе методами математического моделирования.



# Методы анализа молекул в биофизике

## Методы анализа структуры и свойств биомолекул

### Прямые методы

дифракция рентгеновских  
лучей  
(рентгеноструктурный  
анализ)

прямая информация о пространственной структуре  
(расположении всех атомов в пространстве).  
Необходимы гомогенные, хорошо очищенные,  
кристаллические препараты вещества

### Непрямые методы исследования структуры и свойств

(позволяют изучать биомолекулы в растворе в условиях, когда их состояние и поведение приближено к нативному состоянию молекул в клетке)

электронная микроскопия

форма и размер макромолекул, упаковка  
субъединиц, расположение субъединиц в  
ассоциатах

электрофорез,  
седиментационный  
анализ,  
хроматография

чистота препарата, субъединичный состав,  
форма и размер макромолекул,  
молекулярная масса

# Методы анализа молекул в биофизике

Абсорбционная  
спектроскопия  
(спектрофотометрия)

вторичная структура макромолекул,  
ионизация отдельных групп,  
контроль технологических процессов

Дифференциальная  
спектрофотометрия

конформационные изменения макромолекул

Инфракрасная  
спектроскопия  
(ИК-спектроскопия)

вторичная структура макромолекул  
изменение структуры макромолекул

Круговой дихроизм  
(КД-спектроскопия)  
Спектроскопия  
комбинационного  
рассеяния

вторичная структура, связывание с лигандами

конформационные изменения макромолекул

**Седиментационный анализ** — совокупность методов определения размеров частиц в дисперсных системах и молекулярной массы макромолекул в растворах полимеров по скорости седиментации (осаждения частиц) в условиях седиментационно-диффузного равновесия.

**Лиганд** (от лат. *ligare* «связывать») — атом, ион или молекула, связанные с другим атомом (акцептором) с помощью донорно-акцепторного взаимодействия. Понятие применяется в химии комплексных соединений, обозначая присоединенные к одному или нескольким центральным (комплексообразующим) атомам металла частицы. Чаще всего такое связывание происходит с образованием так называемой «координационной» донорно-акцепторной связи, где лиганды выступают в роли основания Льюиса, то есть являются донорами электронной пары. При присоединении лигандов к центральному атому химические свойства комплексообразователя и самих лигандов часто претерпевают значительные изменения.

# Методы анализа молекул в биофизике

Флуоресцентная  
спектроскопия  
(флуоресценция)

конформационные изменения макромолекул,  
подвижность групп и динамика структуры

ЯМР  
(ядерный магнитный  
резонанс)

конформация макромолекул, изменения структуры

ЭПР  
(электронный  
парамагнитный  
резонанс)

конформация макромолекул, подвижность групп

Масс-спектрометрия

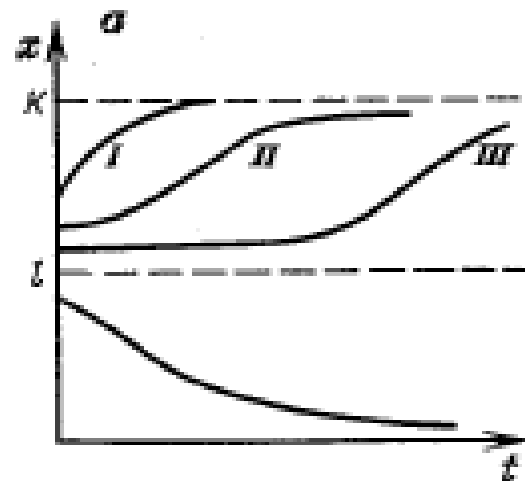
выявление и идентификация биомолекул,  
исследование структуры биомолекул

# Применение методов и результатов исследований биофизики

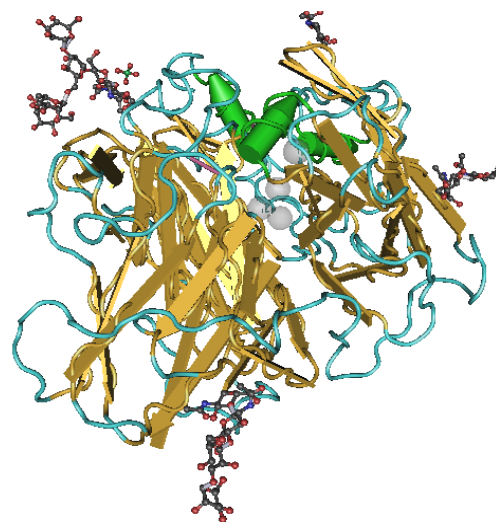
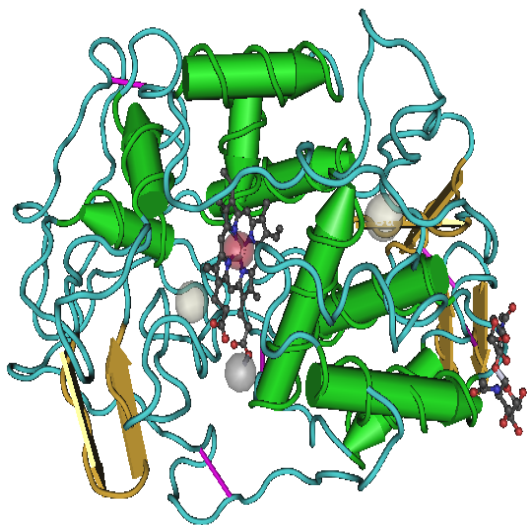
## Моделирование биологических систем

а) математическое моделирование

$$\dot{x} = a \frac{\beta x^2}{\beta + \tau x} - \gamma x - \sigma x^2.$$



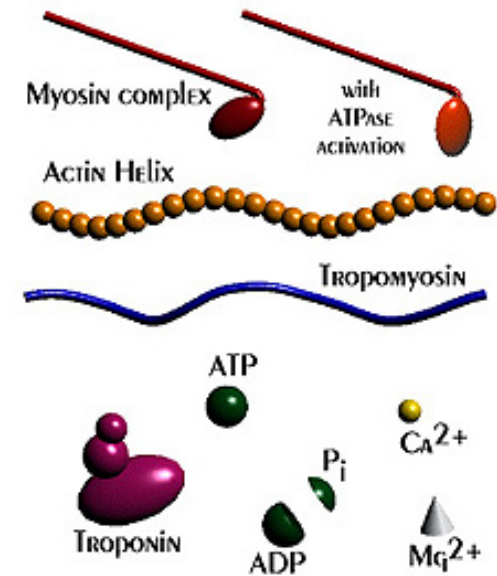
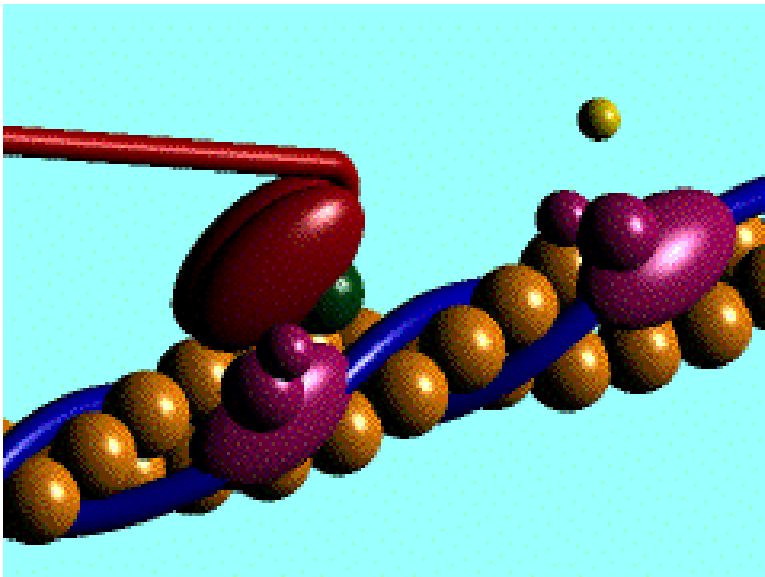
б) моделирование структуры биомакромолекул



# Применение методов и результатов исследований биофизики

## Моделирование биологических систем

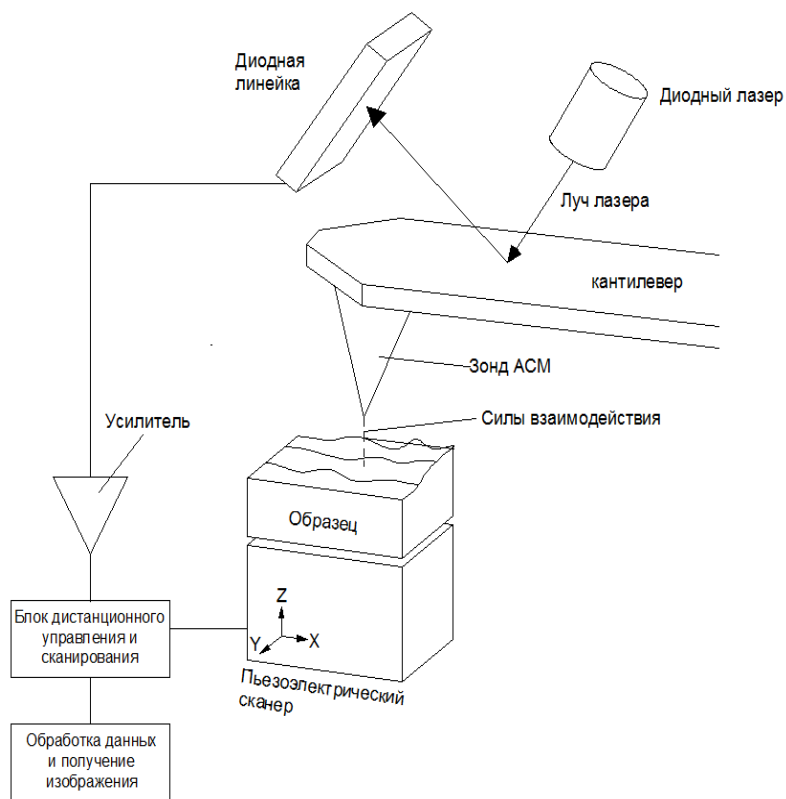
в) сложные модели биологических явлений и процессов



# Применение методов и результатов исследований биофизики

Создание методов исследования биообъектов (в том числе нанобиообъектов)

атомно-силовая микроскопия

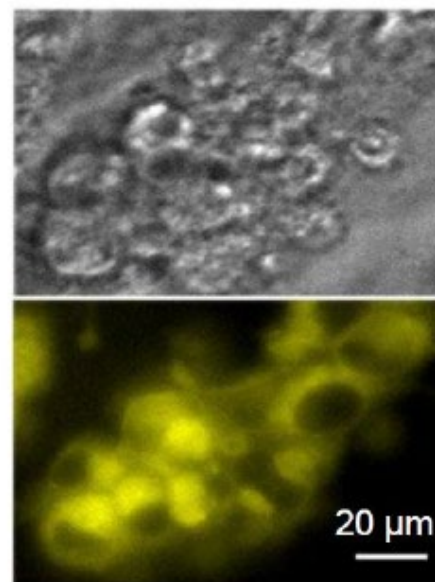
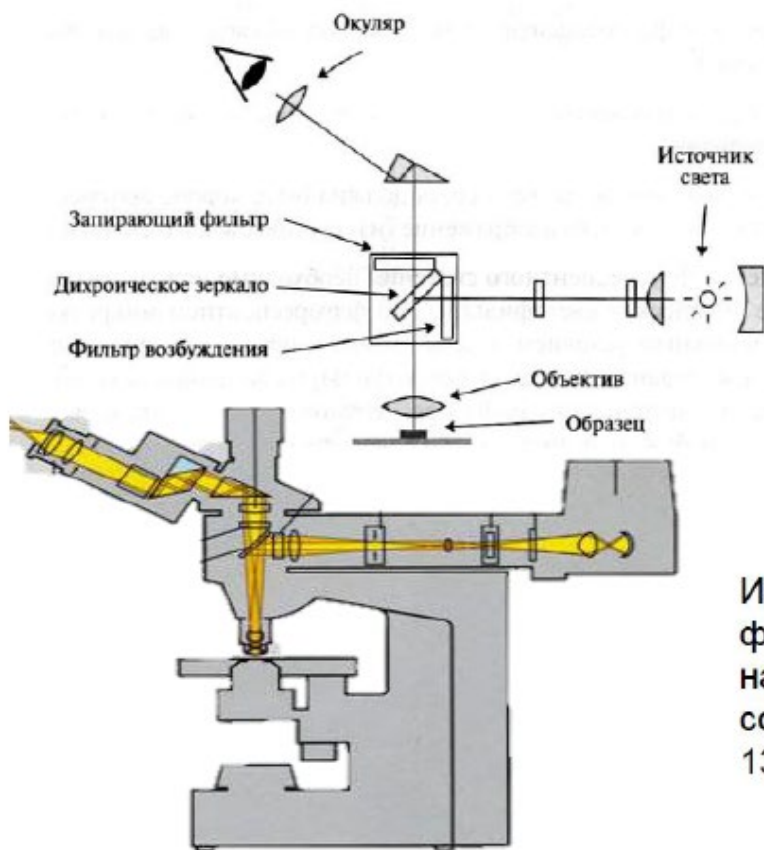




# Применение методов и результатов исследований биофизики

Создание методов исследования биообъектов (в том числе нанобиообъектов)

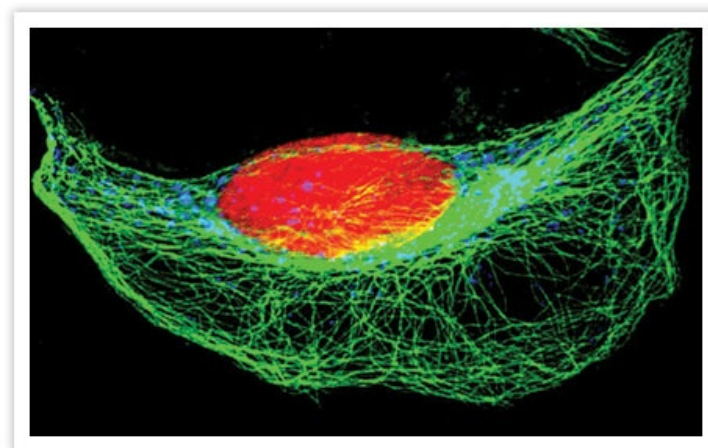
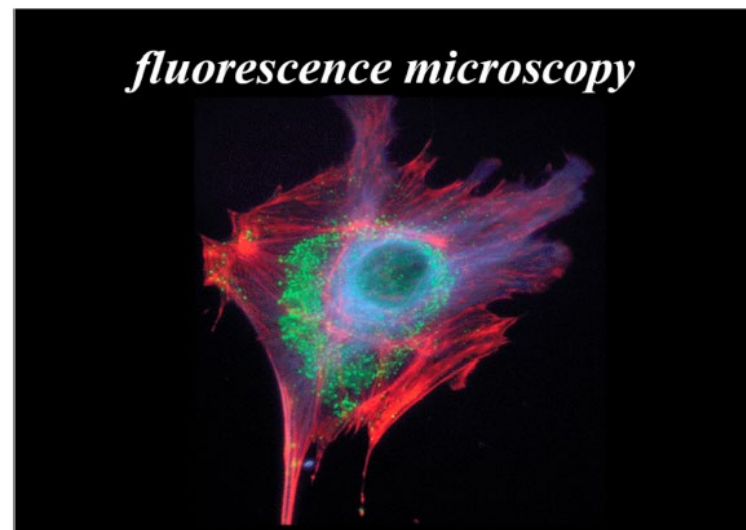
Флуоресцентная микроскопия



Изображение клеток в обычном и  
флуоресцентном микроскоп (после  
насыщения люминесцирующим  
составом). J. American Chemical Society  
131, 10077–10082 (2009)

# Применение методов и результатов исследований биофизики

Создание методов исследования биообъектов (в том числе нанобиообъектов)



# Применение методов и результатов исследований биофизики

Флуоресцентная гибридизация *in situ*, или метод FISH (англ. fluorescence in situ hybridization — FISH), — цитогенетический метод, который применяют для детекции и определения положения специфической последовательности ДНК на метафазных хромосомах или в интерфазных ядрах *in situ*. Кроме того, FISH используют для выявления специфических мРНК в образце ткани. В последнем случае метод FISH позволяет установить пространственно-временные особенности экспрессии генов в клетках и тканях.

Метод FISH используют в преимплантационной, пренатальной и постнатальной генетической диагностике, в диагностике онкологических заболеваний, в ретроспективной биологической дозиметрии.

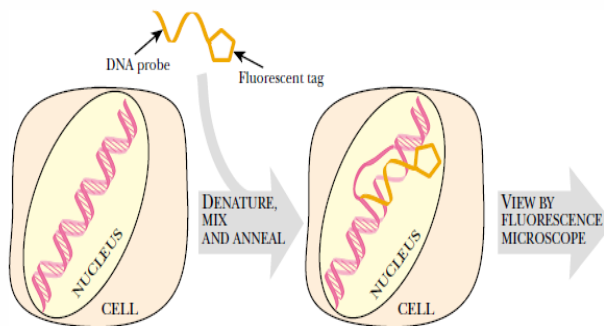
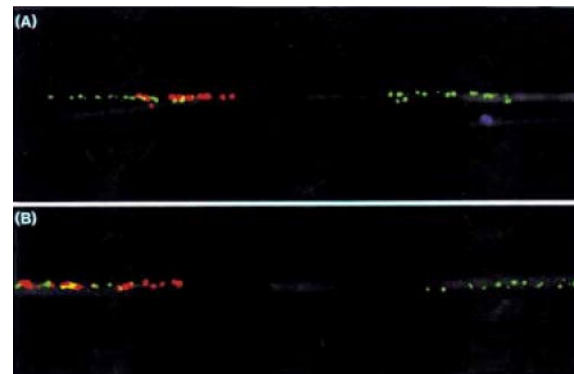
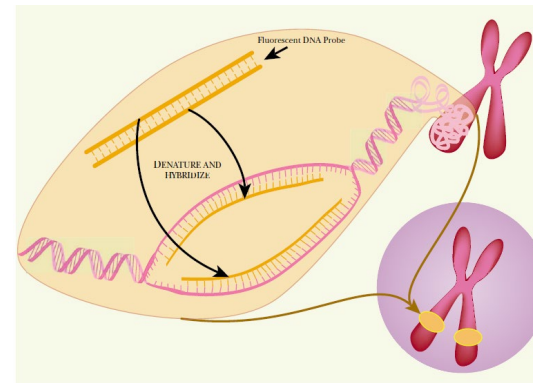
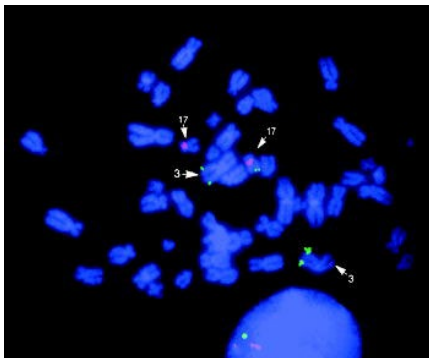


FIGURE 21.34 Fluorescence in Situ Hybridization—Principle



# Применение методов и результатов исследований биофизики

Создание биочипов как в интегрированных устройств, включающих мембрану (как правило, но не обязательно), биологический (ферменты, ткани, бактерии, дрожжи, антигены/антитела, липосомы, органеллы, рецепторы, ДНК) или биохимический чувствительный элемент (рецептор или систему распознавания), первичный преобразователь сигнала и его усилитель.

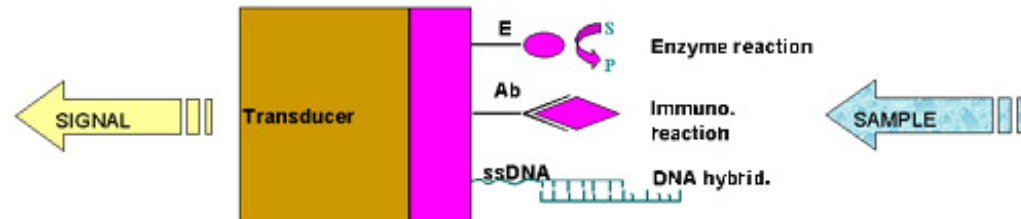
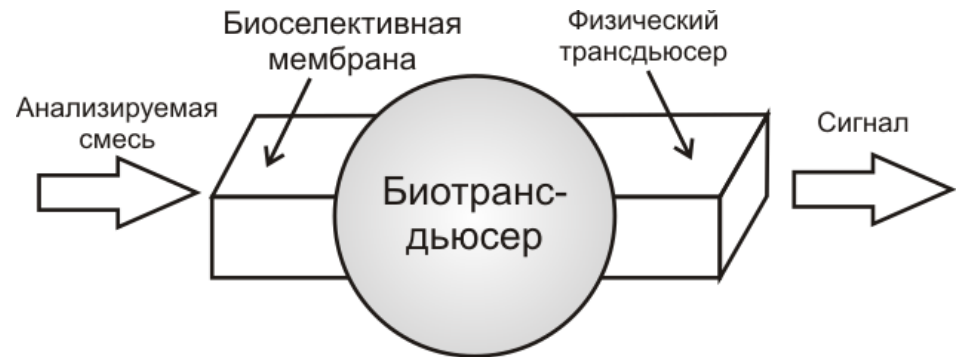
Биоспецифическое комплементарное взаимодействие

фермент – субстрат  
фермент – ингибитор  
фермент – кофактор

рецептор – гормон  
транспортные белки – лиганды  
антитело – антиген

одноцеп. ДНК – компл. одноцеп. ДНК  
одноцеп. ДНК – мРНК

**Комплементарным** называется такой вид взаимодействия неаллельных генов, при котором действие гена из одной аллельной пары дополняется действием гена из другой аллельной пары, в результате чего формируется качественно новый признак.



# Применение методов и результатов исследований биофизики



# Применение методов и результатов исследований биофизики

**Визуализация биологических объектов. Зелёный флуоресцентный белок (ЗФБ)** (англ. green fluorescent protein, **GFP**) — белок, выделенный из медузы *Aequorea victoria*, который флуоресцирует в зелёном диапазоне при освещении его светом от синего до ультрафиолетового диапазона. В настоящее время ген белка широко используется в качестве светящейся метки в клеточной и молекулярной биологии для изучения экспрессии клеточных белков. Разработаны модификации белка для применения в биосенсорах. Созданы цельные светящиеся животные (например, свиньи), у которых ЗФБ внесён в геном и передаётся по наследству. Созданы также ЗФБ-содержащие вирусные векторы, позволяющие локально вводить желаемый ген в организм животного и проследивать экспрессируемый белок. В 2008 году Осаму Симомура, Мартин Чалфи и Роджер Тсьен получили Нобелевскую премию по химии «за открытие и разработку зелёного флуоресцентного белка GFP».

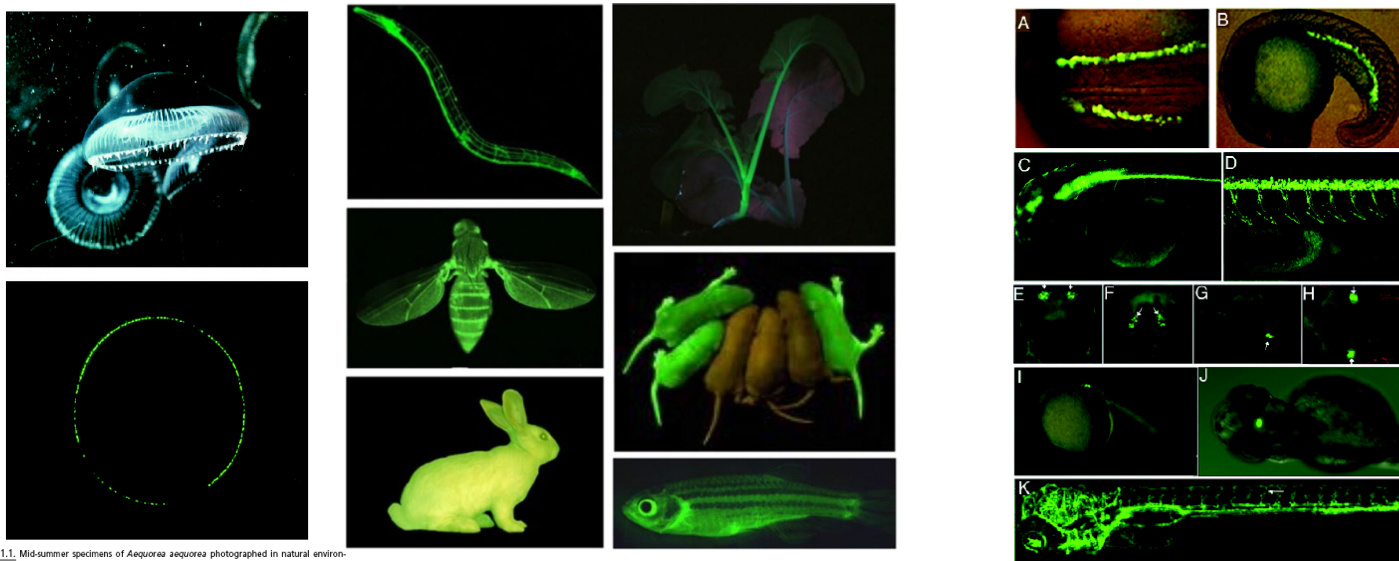
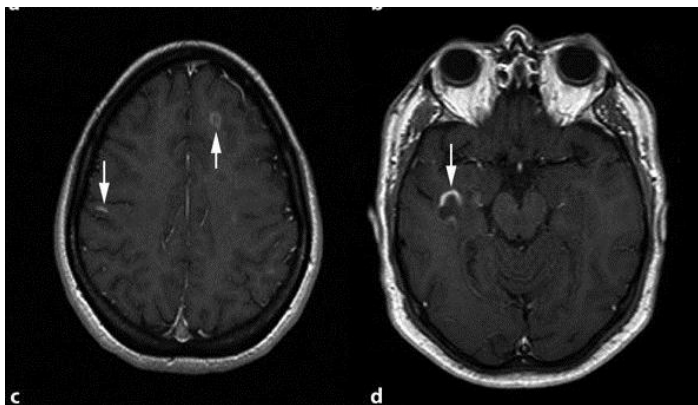


Figure 1.1. Mid-summer specimens of *Aequorea victoria* photographed in natural environment (top) and in seawater supplemented with KCl in darkroom (bottom), both at the University of Washington's Friday Harbor Laboratories.

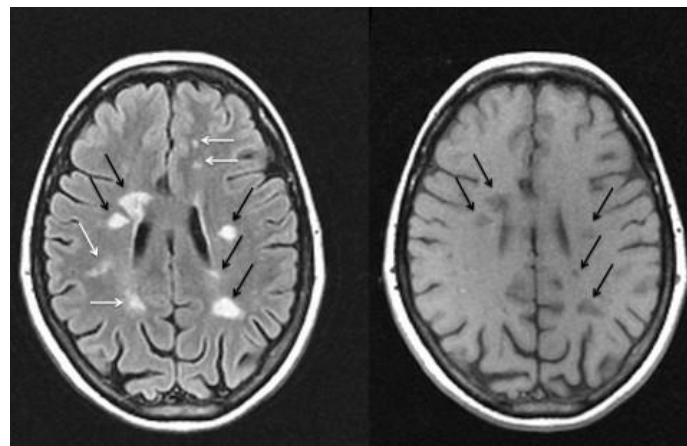


# Применение методов и результатов исследований биофизики

**Визуализация биологических объектов.** Визуализация с помощью рентгеновского излучения, ядерно-магнитного резонанса, эмиссионного излучения.

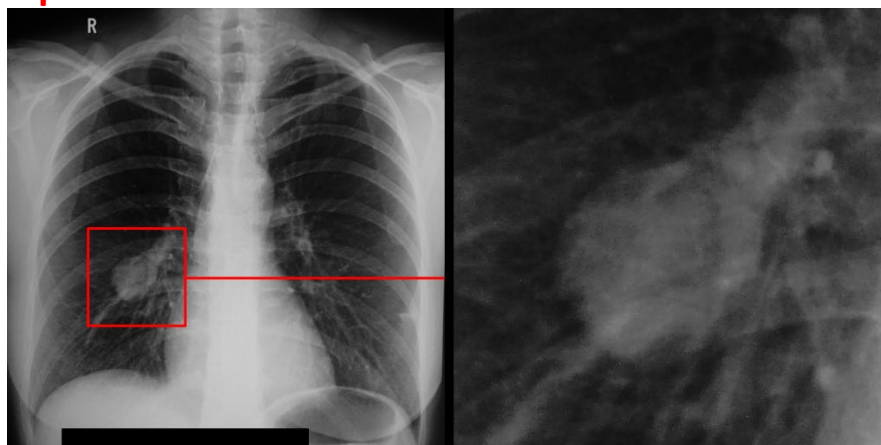
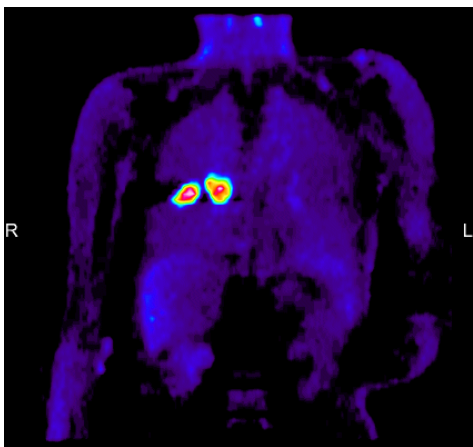


контрастирование бляшек при рассеянном склерозе



Метастазы в головном мозге  
с контрастом                      без контраста

**Визуализация и уничтожение опухолей при онкологических заболеваниях**



# Особенности изучения биофизики в направлении биотехнические системы и технологии

В соответствии с предметом изучения биофизика является биологической наукой. Однако методы изучения биологических объектов и способы анализа полученных данных, говорят о том, что **биофизика может рассматриваться как раздел физики биологических процессов.**

Первым и основным методом, который применялся в биофизике, стал **метод внешних аналогий**, рассматривающий живой организм как физическую систему.

В настоящее время метод внешних аналогий успешно применяется в биофизике. Так, сокращение мышц уподобляют обратному пьезоэффекту и моделируют на этом основании. Амебное перемещение клеток рассматривают как движение капли ртути в кислотном растворе. Проведение нервного импульса моделируют так же, как миграцию царапины по проволоке из железа, которую обработали азотной кислотой. Применение таких моделей имеет существенные ограничения. Появление новых аппаратов для проведения исследований заставляет создавать новые модели одного и того же биологического процесса.

Например, рефлекторную деятельность во времена Декарта рассматривали в аналогии с работой паровой машины, позднее в аналогии с телефонной станцией, сейчас аналогию проводят с компьютером.

# Особенности изучения биофизики в направлении биотехнические системы и технологии

Современную биофизику можно рассматривать как физическую химию и химическую физику биологических систем. В исследованиях этой науки используют основной принцип эмпирического рассмотрения природных явлений – количественный анализ реакций организма на применяемые стимулы, при этом строятся функциональные зависимости между ними. В настоящее время функциями организма считают его форму деятельности с определенным результатом в конце. Проявлением этого результата служат физиологические свойства.

Во внутренние механизмы этих функций нельзя проникнуть, если применять классические подходы физиологии, так как они обладают физической и химической природой. Нахождение новых знаний возможно с помощью биофизики и биохимии. Допустим необходимо рассмотреть биопотенциалы. При этом биофизик будет интересоваться, механизмом появления электромагнитных процессов в живых тканях, физическим основанием процесса возникновения потенциала, искать каков источник энергии для него. Для физиолога биопотенциал будет, показателем жизнедеятельности организма, количественной характеристикой физиологических свойств. Рассматривая электрокардиограмму, физиолог будет делать вывод о свойствах сердечной мышцы. Биофизик будет исследовать физическую природу электрогенеза в миокарде и электрические процессы, происходящие в сердце.

# Направления исследований в рамках биофизики

По номенклатуре ЮНЕСКО биофизика является разделом биологии и имеет код 2406

Согласно номенклатуре ЮНЕСКО в биофизике выделяются разделы:

2406.01 Биоакустика (коммуникация и локация в воздушных и водной средах)

2406.02 Биоэлектричество (мембранный потенциал, информационные и интегральные процессы, ЦНС и ВНС)

2406.03 Биоэнергетика (энергообеспечение и теплопродукция)

2406.04 Биомеханика

2406.05 Биооптика (биолюминесценция, зрение и обработка информации)

2406.06 Медицинская физика (методы диагностики, физиотерапии и патогенез)

2406. Биофизика сложных систем (системогенез, первичный синергогенез, эволюция, индивидуальное развитие, уровни организации биосистем)

2406. Биофизика сенсорных систем (психофизика)

2406. Биофизика среды обитания (экологическая, космофизика)

2406. Биофизика периодических процессов (биоритмология)

2406. Биофизика развития и эволюции

2406. Биофизика метаболизма (массоперенос, терморегуляция, гемодинамика)

2406.99 Прочие



# THE END

