1. **Эволюция научного метода и естественнонаучной картины мира**

**Тема 2-01-01. Научный метод познания**

Методология

Свойства научного знания:

- объективность

- достоверность

- точность

- системность

Эмпирическое познание *(происходит накопление эмпирического материала (научные факты, эмпирические обобщения), преобладает чувственное познание)* и теоретическое познание *(на этом уровне происходит выявление законов, преобладает рациональное познание. Формы теоретического знания: проблема, гипотеза, теория)*

Методы научного познания:

- наблюдение *(чувственное отражение явлений)*

- измерение *(определение количественных значений свойств объектов с помощью приборов)*

- индукция *(получение общего вывода на основе частных посылок)*

- дедукция *(получение частных выводов на основе общих положений)*

- анализ *(разделение объекта на части)*

- синтез *(соединение частей объекта, познание его в единстве и взаимосвязи частей)*

- абстрагирование *(мысленное отвлечение от несущественных свойств объекта)*

- моделирование *(изучение с помощью модели)*

- эксперимент *(активное, строго контролируемое воздействие исследователя на объект)*

Гипотеза

Требования к научным гипотезам:

- соответствие эмпирическим фактам

- проверяемость (принципы верификации *(эмпирическая подтверждаемость)* и фальсификации *(эмпирическая опровергаемость)*)

Научная теория (*система законов, объясняющая явления в определенной области действительности)*

Область применимости теории

Принцип соответствия *(новая научная теория содержит в себе в качестве частного случая старую теорию, справедливость которой установлена экспериментально)*

**Тема 2-01-02. Естественнонаучная и гуманитарная культуры**

Естествознание как комплекс наук о природе (естественных наук *(физика, химия, биология, астрономия, география, геология, экология*)

Дифференциация наук *(разделение наук на отдельные дисциплины)*

Интеграция наук (*объединение наук)*

Гуманитарные науки *(науки об обществе и человеке)*

Гуманитарно-художественная культура, её основные отличия от научно-технической:

- субъективность знания

- нестрогий образный язык

- интерес к индивидуальным свойствам изучаемых предметов

- сложность (или невозможность) верификации и фальсификации

Математика как язык естествознания

Псевдонаука как имитация научной деятельности *(астрология, уфология, парапсихология, биоэнергетика)*

Отличительные признаки псевдонауки:

- фрагментарность

- некритический подход к исходным данным

- невосприимчивость к критике

- отсутствие общих законов

- неверифицируемость и/или нефальсифицируемость псевдонаучных данных

### Тема 2-01-03. Развитие научных исследовательских программ и картин мира (история естествознания, тенденции развития)

Научная (исследовательская) программа *(серия сменяющих друг друга теорий, объединенных основополагающими принципами)*

Древняя Греция: появление программы рационального объяснения мира

Принцип причинности в первоначальной форме (каждое событие имеет естественную причину) и его позднейшее уточнение (причина должна предшествовать следствию)

Атомистическая исследовательская программа Левкиппа и Демокрита: всё состоит из дискретных атомов; всё сводится к перемещению атомов в пустоте

Континуальная исследовательская программа Аристотеля: всё формируется из непрерывной бесконечно делимой материи, не оставляющей места пустоте

Взаимодополнительность атомистической и континуальной исследовательских программ

Научная (или натурфилософская) картина мира как образно-философское обобщение достижений естественных наук

Фундаментальные вопросы, на которые отвечает научная (или натурфилософская) картина мира:

- о материи

- о движении

- о взаимодействии

- о пространстве и времени

- о причинности, закономерности и случайности

- о космологии (общем устройстве и происхождении мира)

Натурфилософская картина мира Аристотеля *(геоцентризм)*

Научные картины мира: механическая *(17 в.)*, электромагнитная *(19 в.)*, неклассическая (1-я половина XX в.), современная эволюционная

**Тема 2-01-04. Развитие представлений о материи**

Фалес: проблема поиска первоначала *(Фалес: первоначалом всего сущего является вода)*

Абстракция материи *(материя – объективная реальность)*

Механическая картина мира: единственная форма материи – вещество, состоящее из дискретных корпускул

Материальная точка — основная абстракция классической механики *(тело, обладающее массой, размерами которого в данной задаче можно пренебречь)*

Атомно-молекулярное учение

Учение о составе — первый уровень научного химического знания

Учение о строении — второй уровень научного химического знания

Электромагнитная картина мира: две формы материи — вещество и непрерывное электромагнитное поле

Волна как распространяющееся возмущение физического поля

Длина волны

Спектр электромагнитных волн *(по мере уменьшения длины волны: радиоволны, инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение, гамма-излучение)*

Эффект Доплера: зависимость измеряемой длины волны от взаимного движения наблюдателя и источника волн *(если источник отдаляется от наблюдателя, то измеряемая длина волны увеличивается)*

Современная научная картина мира: три формы материи — вещество, физическое поле, физический вакуум

**Тема 2-01-05. Развитие представлений о движении**

Гераклит: идея безостановочной изменчивости вещей

Учение Аристотеля о движении как атрибуте материи и разнообразии форм движения

Механическая картина мира: единственная форма движения — механическое перемещение

Описание механического движения материальной точки: координаты, скорость, траектория

Система отсчёта, её основные элементы: тело отсчета, система координат («линейка»), часы

Первый закон Ньютона (закон инерции): сохранение скорости тела в отсутствие воздействий на него

Второй закон Ньютона: воздействие на тело вызывает изменение его скорости (ускорение) *F=ma*

Электромагнитная картина мира: движение — не только перемещение зарядов, но и изменение поля (распространение волн)

Волновые процессы: интерференция и дифракция *(огибание волнами препятствий)*

Понятие состояния системы как совокупности данных, позволяющих предсказать её дальнейшее поведение

Движение как изменение состояния

Химическая форма движения: химический процесс

Учение о закономерностях химических процессов — третий уровень научного химического знания

Биологическая форма движения: процессы жизнедеятельности, эволюция живой природы

Эволюционная химия — четвёртый уровень научного химического знания

Современная научная картина мира: эволюция как универсальная форма движения материи

Многообразие форм движения, их качественные различия и несводимость друг к другу

**Тема 2-01-06. Развитие представлений о взаимодействии**

Представления Аристотеля о взаимодействии: одностороннее воздействие движущего на движимое; первоначальная форма концепции близкодействия (передача воздействия только через посредников, при непосредственном контакте)

Механическая картина мира:

- возникновение концепции **взаимо**действия (третий закон Ньютона) *(F=-F действие равно противодействию)*

- открытие фундаментального взаимодействия (закон **всемирного** тяготения)

- принятие концепции дальнодействия (мгновенной передачи взаимодействия через пустоту на любые расстояния)

Электромагнитная картина мира:

- открытие второго фундаментального взаимодействия(электромагнитное)

- возврат к концепции близкодействия (взаимодействие передаётся только через материального посредника — физическое поле — с конечной скоростью)

- полевой механизм передачи взаимодействий (заряд создаёт соответствующее поле, которое действует на соответствующие заряды)

Современная научная картина мира:

- четыре фундаментальных взаимодействия *(по мере увеличения интенсивности: гравитационное, слабое, электромагнитное, сильное)*, (гравитационное *(самое слабое, в нем участвуют все частицы, распространяется сколь угодно далеко)*, электромагнитное *(участвуют только заряженные частицы, распространяется сколь угодно далеко)*, сильное *(образование атомных ядер из протонов и нейтронов, а также протонов и нейтронов из кварков, действует на коротком расстоянии, участвуют только адроны)* и слабое *(распады ядер, взаимопревращение элементарных частиц, действует на коротком расстоянии, участвуют все частицы)*)

- квантово-полевой механизм передачи взаимодействий (заряд испускает виртуальные частицы-переносчики соответствующего взаимодействия, поглощаемые другими аналогичными зарядами)

- частицы-переносчики фундаментальных взаимодействий (фотоны *(электромагнитное)*, гравитоны *(гравитационное)*, глюоны *(сильное)*, промежуточные векторные бозоны *(слабое)*)

- характеристики фундаментальных взаимодействий определяются свойствами частиц-переносчиков: масштабы, в которых эффективно фундаментальное взаимодействие, определяются массой его частиц-переносчиков и способностью его зарядов взаимно компенсироваться

Фундаментальные взаимодействия, преобладающие между объектами:

- микромира (сильное, слабое и электромагнитное)

- макромира (электромагнитное)

- мегамира (гравитационное)

Примеры объектов, стабильность которых обеспечивается конкретным видом взаимодействия:

- атом, молекула, вещество – электромагнитное

- планетные системы, галактики - гравитационное

- ядра атомов - сильное

*Между звездами и планетами – гравитационное, между атомами, молекулами, между атомным ядром и оболочкой – электромагнитное; химическое движение имеет электромагнитную природу*

**2. Пространство, время, симметрия**

**Тема 2-02-01. Принципы симметрии, законы сохранения**

Понятие симметрии в естествознании: инвариантность относительно тех или иных преобразований

Нарушенные (неполные симметрии)

Эволюция как цепочка нарушений симметрии

Простейшие симметрии:

- однородность (одинаковые свойства во всех точках)

- изотропность (одинаковые свойства во всех направлениях)

Симметрии пространства и времени *(геометрические симметрии)*:

- однородность пространства

- однородность времени

- изотропность пространства

Анизотропность времени *(времени необратимо)*

Теорема Нётер как общее утверждение о взаимосвязи симметрий с законами сохранения

Закон сохранения энергии как следствие однородности времени

Закон сохранения импульса (количества поступательного движения) как следствие однородности пространства

Закон сохранения момента импульса (количества вращательного движения) как следствие изотропности пространства

Связь второго закона термодинамики (закона несохранения энтропии) с анизотропностью времени *(закон возрастания энтропии определяет направление («стрелу») времени. Время необратимо)*

**Тема 2-02-02. Эволюция представлений о пространстве и времени**

Понимание пространства и времени как инвариантных самостоятельных сущностей (пустота у древнегреческих атомистов; Абсолютные пространство и время Ньютона)

Понимание пространства и времени как системы отношений между материальными телами (пространство как категория места, время как мера движения у Аристотеля; изменение пространственных и временн**ы**х промежутков при смене системы отсчёта у Эйнштейна)

Классический закон сложения скоростей как следствие ньютоновских представлений об Абсолютном пространстве и Абсолютном времени

Концепция мирового эфира

Нарушение классического закона сложения скоростей в опыте Майкельсона-Морли *(эфирного ветра не существует, скорость света постоянна)*

Современная научная картина мира:

- отказ от идеи Абсолютных пространства и времени, мирового эфира и других выделенных систем отсчета

- признание тесной взаимосвязи между пространством, временем, материей и её движением

**Тема 2-02-03. Специальная теория относительности**

Принцип относительности Галилея *(законы механики инвариантны относительно смены системы отсчета)*

Принцип относительности (первый постулат Эйнштейна): законы природы инвариантны относительно смены системы отсчёта

Инвариантность скорости света (второй постулат Эйнштейна)

Постулаты Эйнштейна как проявление симметрий пространства и времени

Основные релятивистские эффекты (следствия из постулатов Эйнштейна):

- относительность одновременности

- относительность расстояний (релятивистское сокращение длин)

относительность промежутков времени (релятивистское замедление времени)

- инвариантность пространственно-временного интервала между событиями- инвариантность причинно-следственных связей

- единство пространства-времени

- эквивалентность массы и энергии *(E=mc2 масса тоже относительна: чем быстрее тело движется, тем больше его масса)*

Соответствие СТО и классической механики: их предсказания совпадают при малых скоростях движения (гораздо меньше скорости света)

*Примечание: относительны – значит, различны в различных системах отсчета, инвариантны – значит, одинаковы во всех системах отсчета*

**Тема 2-02-04. Общая теория относительности**

Общая теория относительности (ОТО): распространение принципа относительности на неинерциальные системы отсчета

Принцип эквивалентности: ускоренное движение неотличимо никакими измерениями от покоя в гравитационном поле

Взаимосвязь материи и пространства-времени: материальные тела изменяют геометрию пространства-времени, которая определяет характер движения материальных тел *(в гравитационном поле пространственно-временной континуум искривляется, т.е. пространственные отрезки сокращаются, а время замедляется)*

Соответствие ОТО и классической механики: их предсказания совпадают в слабых гравитационных полях

Эмпирические доказательства ОТО:

- отклонение световых лучей вблизи Солнца

- замедление времени в гравитационном поле

- смещение перигелиев планетных орбит

**3. Структурные уровни и системная организация материи**

**Тема 2-03-01. Микро-, макро-, мегамиры**

Вселенная в разных масштабах: микро-, макро- и мегамир

Критерий подразделения: соизмеримость с человеком (макромир) и несоизмеримость с ним (микро- и мегамир)

Основные структуры микромира: элементарные частицы, атомные ядра, атомы, молекулы

Основные структуры мегамира: планеты, звёзды, галактики

Единицы измерения расстояний в мегамире: астрономическая единица (в Солнечной системе), световой год, парсек (межзвёздные и межгалактические расстояния)

Звезда как небесное тело, в котором естественным образом происходили, происходят или с необходимостью будут происходить реакции термоядерного синтеза

Атрибуты планеты:

- не звезда

- обращается вокруг звезды (например, Солнца)

- достаточно массивно, чтобы под действием собственного тяготения стать шарообразным

- достаточно массивно, чтобы своим тяготением расчистить пространство вблизи своей орбиты от других небесных тел

Галактики — системы из миллиардов звёзд, связанных взаимным тяготением и общим происхождением

Наша Галактика, её основные характеристики:

- гигантская (более 100 млрд. звёзд)

- спиральная

- диаметр около 100 тыс. световых лет

Пространственные масштабы Вселенной: расстояние до наиболее удалённых из наблюдаемых объектов более 10 млрд. световых лет

Вселенная, Метагалактика, разница между этими понятиями

**Тема 2-03-02. Системные уровни организации материи**

Целостность природы

Системность природы

Существование систем – как результат взаимодействий их компонентов

Аддитивные свойства систем (аддитивность) *(это свойства систем, равные сумме свойств элементов)*

Интегративные свойства систем (интегративность) *(это свойства, которые не равны сумме свойств элементов)*

Совокупности, не являющиеся системами, например, созвездия (участки звёздного неба, содержащие группы звёзд с характерным рисунком) и др.

Иерархичность природных структур как отражение системности природы: структуры данного уровня входят как подсистемы в структуру более высокого уровня, обладающую интегративными свойствами

Взаимосвязь системных уровней материи: физического, химического, биологического, социального *(сложные формы движения материи основываются на простых, но не сводятся к ним)*

Редукционизм и витализм как примеры несистемного подхода к взаимоотношениям системных уровней организации материи *(редукционизм – сложные формы движения полностью сводятся к простым)*

*Витализм: биологическую форму движения материи нельзя объяснить через простые формы движения. Жизнедеятельность живых организмов виталисты объясняют наличием «жизненной силы»*

Иерархические ряды природных систем:

- физических (фундаментальные частицы — составные элементарные частицы — атомные ядра — атомы — молекулы — макроскопические тела)

- химических (атом — молекула — макромолекула – вещество)

- астрономических (звёзды с их планетными системами — галактики — скопления галактик — сверхскопления галактик)

**Тема 2-03-03. Структуры микромира**

Элементарные частицы

Фундаментальные частицы – по современным представлениям, не имеющие внутренней структуры и конечных размеров (например, кварки, лептоны)

Частицы и античастицы

Принцип Паули *(частицы с полуцелым спином не могут одновременно находиться в одном и том же состоянии, например, в атоме не может быть электронов, у которых все квантовые числа одинаковы)*

Классификация элементарных частиц:

- по массе: с нулевой массой (фотон); лёгкие (лептоны); тяжёлые (адроны)

*(к лептонам относятся электрон и нейтрино, к адронам – протоны и нейтроны, протоны и нейтроны состоят их 3х кварков)*

- по времени жизни: стабильные (протон, электрон, нейтрино), нестабильные (свободный нейтрон *(живет не более 10 минут, затем распадается на протон, электрон и антинейтрино)*) и резонансы (нестабильные короткоживущие)

- по зарядам (электрическому, цветовому, гравитационному – масса)

- по спину: бозоны *– кванты полей* (с целочисленным спином — фотон, мезоны) и фермионы *- частицы вещества* (с полуцелым спином — все лептоны, кварки, барионы), подчиняющиеся принципу Паули

Бозонная природа частиц-переносчиков фундаментальных взаимодействий *(частицы-переносчики являются бозонами, т.е. у них целочисленные спины)*

Вещество как совокупность устойчивых фермионных структур (кварки — нуклоны — атомные ядра — атомы с их электронными оболочками)

Размеры и масса ядра в сравнении с атомом *(масса ядра составляет большую часть массы атома, размеры ядра малы по сравнению с размерами атома)*

Виртуальные частицы *(это частицы, существующие очень короткое время, поэтому их нельзя зарегистрировать)*

Физическое поле как совокупность реальных и виртуальных частиц

Физический вакуум как наинизшее энергетическое состояние физических полей, в котором отсутствуют реальные частицы

**Тема 2-03-04. Процессы в микромире**

Взаимопревращения элементарных частиц (распады, рождение новых частиц при столкновениях, аннигиляция)

Возможность любых реакций элементарных частиц, не нарушающих законов сохранения (энергии, заряда и т.д.)

Естественная радиоактивность — явление самопроизвольного распада атомных ядер, его вероятностный характер

Основные виды радиоактивного распада: альфа- и бета-распады, деление

Энергия связи ядра (дефект массы) *(масса ядра всегда меньше суммы масс входящих в него частиц. Эта разница называется дефектом масс. Обусловлено тем, что при объединении нуклонов в ядро, выделяется энергия связи нуклонов друг с другом. Сильнее всего связаны нуклоны в ядрах с массовыми числами 50-60 (в середине периодической таблицы). Поэтому энергия выделяется как при делении тяжелых ядер, так и при слиянии (синтезе) легких ядер в одно ядро)*

Выделение энергии при радиоактивном распаде

Цепная реакция деления ядер (исходные ядра 🡪 дочерние ядра + нейтроны 🡪 деление других ядер, стимулированное образующимися нейтронами)

Реакции синтеза легких атомных ядер *(термоядерные реакции)*

Выделение энергии в реакциях ядерного синтеза в сравнении с реакциями деления ядер

Термоядерные реакции, необходимые для них условия (чрезвычайно высокие температура и давление)

Естественные термоядерные реакторы – звёзды

Энергия связи нуклонов в ядре в сравнении с энергией связи электронов в атоме *(энергия связи нуклонов в ядре намного больше энергии связи электронов в атоме)*

**Тема 2-03-05. Химические системы**

Атом *(наименьшая химическая частица, состоит из ядра и электронной оболочки)*

Изотопы *(атомы одного и того же химического элемента, ядра которых содержат одинаковое число протонов, но разное число нейтронов)*

Невозможность классического описания поведения электронов в атоме *(возможно только вероятностное описание)*

Дискретность электронных состояний в атоме *(энергия электронов в атоме имеет дискретные значения)*

Организация электронных состояний атома в электронные оболочки

Переходы электронов между электронными состояниями как основные атомные процессы (возбуждение и ионизация)

Химический элемент (*разновидность атома с определенным зарядом ядра)*

Молекула *(наименьшая частица вещества, определяющая его свойства)*

Вещества: простые и сложные (соединения) *(молекулы простых веществ состоят из атомов одного и того же химического элемента)*

Понятие о качественном и количественном составе вещества *(качественный состав: из каких химических элементов состоит вещество)*

Катализаторы *(вещества, которые ускоряют химические реакции)*

Биокатализаторы (ферменты)

Полимеры *(вещества, молекулы которых состоят из большого числа повторяющихся звеньев (групп атомов), называемых мономерами)*

Мономеры

Периодический закон Д. И. Менделеева *(свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от заряда ядра)*

Периодическая система как графическое отображение периодического закона: периоды (физический смысл номера периода), группы (физический смысл номера группы) *(номер периода совпадает с количеством электронных оболочек, номер группы совпадает с количеством электронов на внешней оболочке)*

**Тема 2-03-06. Реакционная способность веществ**

Химический процесс

Тепловые эффекты процессов (экзо-, эндотермические) *(экзотермические – это реакции, протекающие с выделением тепла)*

Понятие о химической кинетике *(наука о закономерностях химических процессов)*

Факторы, влияющие на реакционную способность веществ: влияние концентрации - закон действующих масс *(скорость реакции прямо пропорциональна концентрации реагирующих веществ)*

Факторы, влияющие на реакционную способность веществ: влияние температуры -правило Вант-Гоффа *(при увеличении температуры на 100 скорость реакции возрастает в 2-4 раза)*

Энергия активации (энергетический барьер реакции) *(это избыточная энергия, которой должны обладать молекулы для того, чтобы их столкновение могло привести к образованию нового вещества)*

Факторы, влияющие на реакционную способность веществ: катализ

Понятие об автокатализе *(явление, при котором в качестве катализаторов выступают продукты реакции)*

Состояние равновесия *(состояние системы, при котором скорости прямой и обратной реакции равны)* и условия его смещения: принцип Ле Шателье *(если на систему, находящуюся в равновесии, оказать внешнее воздействие, то в результате протекающих в ней процессов равновесие сместится в том направлении, которое ослабляет это воздействие)*

**Тема 2-03-07. Особенности биологического уровня организации материи**

Системность живого *(живая природа представляет собой иерархически организованную систему)*

Иерархическая организация живого: клетка – единица живого

Иерархическая организация природных биологических систем:

биополимеры – органеллы – клетки – ткани – органы – организмы – популяции – виды

Иерархическая организация природных экологических систем:

особь – популяция – биоценоз – биогеоценоз – экосистемы более высокого ранга (саванна, тайга, океан) – биосфера)

Химический состав живого: элементы-органогены, микроэлементы, макроэлементы, их основная роль в живом

Химический состав живого: атом углерода – главный элемент живого, его уникальные особенности:

- способность атомов связываться друг с другом с образованием разнообразных структур, являющихся несущей основой органических молекул *(многообразие органических молекул)*

- способность связываться с другими атомами близких радиусов (кислородом, азотом, серой) с образованием менее прочных связей (возникновение функциональных групп), которые обусловливают химическую активность органических соединений

- способность к образованию двойных, тройных связей – другая причина химической активности

- функциональные группы (если их не менее двух в молекуле) и кратные связи обусловливают способность к образованию высокомолекулярных соединений

- возможность существования в виде асимметричного (хирального) центра – одна из причин хиральности молекул живого

Химический состав живого: вода, ее роль для живых организмов:

- высокая полярность молекул воды и как следствие – ее химическая активность и высокая растворяющая способность

- высокие теплоемкость, теплота испарения и теплота плавления – основа поддержания температурного гомеостаза живых организмов и регулирования климата планеты

- аномальная плотность в твердом состоянии – причина существования жизни в замерзающих водоемах

- высокое поверхностное натяжение – жизнь на поверхности гидросферы, передвижение растворов по сосудам растений

Химический состав живого: особенности органических биополимеров как высокомолекулярных соединений – высокая молекулярная масса, способность образовывать пространственные и надмолекулярные структуры, разнообразие строения и свойств

Симметрия и асимметрия живого

Хиральность молекул живого *(способность отклонять поляризованные лучи света)*

Открытость живых систем *(они обмениваются с окружающей средой веществом и энергией)*

Открытость живых систем

Обмен веществ и энергии

Самовоспроизведение

Гомеостаз как относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды живой системы

Каталитический характер химии живого

Специфические свойства ферментативного катализа: чрезвычайно высокие избирательность и скорость ферментативных реакций, главные причины чего – комплементарность фермента и реагента, высокомолекулярный характер фермента

**Тема 2-03-08. Принципы воспроизводства живых систем**

Полипептиды как предшественники белков

Белки как высокомолекулярные соединения с особым комплексом свойств

Аминокислоты – мономеры белков

Уровни организации белковой молекулы (первичная *(последовательность аминокислот в белковой молекуле)*, вторичная *(образование спирали)*, третичная *(спираль сворачивается в шарик – глобулу)*, четвертичная *(объединение нескольких глобул)*)

Функции белков: ферментативная, регуляторная, транспортная, защитная, двигательная *(сократительные белки)*

Липиды и их функции: энергетическая, структурная (липидные мембраны)

Углеводы и их функции: энергетическая, структурная

Нуклеотиды – мономеры нуклеиновых кислот *(состоят из азотистого основания, дезоксирибозы или рибозы, и остатка фосфорной кислоты)*

Нуклеиновые кислоты (полинуклеотиды) - ДНК, РНК *(в молекулах РНК вместо тимина урацил, вместо дезоксирибозы - рибоза)*

Азотистые основания: аденин, гуанин, цитозин, тимин, урацил

Комплементарность, комплементарные пары азотистых оснований *(способность азотистых оснований избирательно соединяться друг с другом: А-Т (аденин соединяется с тимином), Г-Ц(гуанин – с цитозином))*

Комплементарность цепей ДНК – основа важнейших функций: хранения и передачи наследственной информации

Функции нуклеиновых кислот и процессы редупликации *(удвоение цепи ДНК)*, транскрипции (*переписывание информации с ДНК на информационную РНК)*, трансляции *(синтез белка на основе генетического кода информационной РНК)*

Генетический код

Кодон (триплет) *(элементарная единица наследственности, кодирующая одну аминокислоту, состоит из 3х нуклеотидов. Вырожденность кода: одной аминокислоте может соответствовать несколько триплетов))*

Свойства генетического кода: триплетность, вырожденность, однозначность, универсальность, непрерывность (отсутствие пробелов и знаков препинания между триплетами (кодонами))

**4. Порядок и беспорядок в природе**

**Тема 2-04-01. Динамические и статистические закономерности в природе**

Детерминизм (жёсткий) как идея полной предопределённости всех будущих событий

Критика концепции детерминизма Эпикуром, его учение о неустранимой случайности в движении атомов

Механи(сти)ческий детерминизм как:

- утверждение о единственно возможной траектории движения материальной точки при заданном начальном состоянии;

- лапласова концепция полной выводимости всего будущего (и прошлого) Вселенной из её современного состояния с помощью законов механики

Детерминистское описание мира: **динамическая теория**, которая однозначно связывает между собой значения физических величин, характеризующих состояние системы

Примеры динамических теорий:

- механика,

- электродинамика,

- термодинамика,

- теория относительности,

- эволюционная теория Ламарка,

- теория химического строения

Невозможность **абсолютно** точного задания начального состояния системы вследствие неизбежной погрешности измерений

Невозможность **достаточно** точного задания начального состояния систем с **динамическим хаосом**, для которых любая допущенная в измерениях или расчётах погрешность очень быстро нарастает с течением времени

Примеры систем с динамическим хаосом: погода и климат, турбулентность, фондовые рынки

Отличие хаоса (непредсказуемость возникает вследствие слишком сильной чувствительности поведения системы к начальным условиям) от беспорядка (поведение системы определяется постоянно действующими на неё неконтролируемыми факторами).

Описание систем с хаосом и беспорядком: **статистическая теория**, которая однозначно связывает между собой **вероятности** тех или иных значений физических величин

Основные понятия статистической теории:

- случайность (непредсказуемость)

- вероятность (числовая мера случайности)

- среднее значение величины

- флуктуация (случайное отклонение системы от среднего (наиболее вероятного) состояния)

Примеры статистических теорий:

- молекулярно-кинетическая теория (исторически первая статистическая теория),

- квантовая механика, другие квантовые теории

- эволюционная теория Дарвина,

- молекулярная генетика

Соответствие динамических и статистических теорий: их предсказания совпадают, когда можно пренебречь флуктуациями; в остальных случаях статистические теории дают более глубокое, детальное и точное описание реальности

**Тема 2-04-02. Концепции квантовой механики**

Корпускулярные свойства света: фотоэффект *(выбивание электронов из вещества под воздействием света)*

Волновые свойства частиц. Дифракция электронов

Корпускулярно-волновой дуализм как всеобщее свойство материи *(каждый материальный объект имеет как корпускулярные, так и волновые свойства)*

Мысленный эксперимент «микроскоп Гейзенберга» *(чтобы наблюдать микрочастицу, нужно на нее направить пучок света, при этом меняется ее импульс)*

Соотношение неопределенностей координата-импульс (скорость) *(чем точнее измеряется координата, тем менее точно измеряется импульс)*

Соотношение неопределенностей энергия-время *(чем меньше промежуток времени, в течение которого протекает процесс, тем больше неопределенность в значении энергии частицы ΔE\*Δt≥t)*

Принцип дополнительности как утверждение о том, что:

- невозможны невозмущающие измерения (измерение одной величины делает невозможным или неточным измерение другой, дополнительной к ней величины)

- полное понимание природы микрообъекта требует учёта как его корпускулярных, так и волновых свойств, хотя они не могут проявляться в одном и том же эксперименте

- (в широком смысле) для полного понимания любого предмета или процесса необходимы несовместимые, но взаимодополняющие точки зрения на него

Описание состояния в квантовой механике: волновая функция *(характеризует вероятность нахождения электрона в данной области)*

Статистический характер квантового описания природы *(законы микромира являются статистическими, т.е. вероятностными)*

Соответствие квантовой и классической механики: их предсказания совпадают для макроскопических объектов, для которых несущественны соотношения неопределённостей и корпускулярно-волновой дуализм

**Тема 2-04-03. Принцип возрастания энтропии**

Формы энергии: тепловая, химическая, механическая, электрическая

Первый закон термодинамики — закон сохранения энергии при ее превращениях

Первый закон термодинамики как утверждение о невозможности вечного двигателя первого рода

Изолированные и открытые системы *(открытые системы обмениваются с окружающей средой веществом и энергией)*

Термодинамическое равновесие как состояние, к которому самопроизвольно стремится любая изолированная система

Признаки равновесного состояния:

- однородность

- отсутствие потоков вещества, энергии, заряда и т.п.

Второй закон термодинамики как принцип возрастания энтропии в изолированных системах

Энтропия как измеряемая физическая величина (приведенная теплота)

Изменение энтропии тел при теплообмене между ними

Второй закон термодинамики как принцип направленности теплообмена (от горячего к холодному)

Качество (ценность) энергии *(качество энергии – это ее способность совершать работу; самая низкокачественная энергия – это тепловая энергия при наименьшей температуре)*

Высококачественные формы энергии: механическая, электрическая

Низкокачественная форма энергии: теплота

Понижение качества тепловой энергии с понижением температуры

Энтропия как мера некачественности энергии

Второй закон термодинамики как принцип неизбежного понижения качества энергии

Второй закон термодинамики как утверждение о невозможности вечного двигателя второго рода

Энтропия как мера молекулярного беспорядка

Второй закон термодинамики как принцип нарастания беспорядка и разрушения структур

Закономерность эволюции на фоне всеобщего роста энтропии

Энтропия открытой системы: производство энтропии в системе, входящий и выходящий потоки энтропии

Термодинамика жизни: добывание упорядоченности из окружающей среды *(живые организмы потребляют химическую энергию пищи (энергию упорядоченного движения) и рассеивают ее в виде тепловой энергии (энергии беспорядочного движения частиц))*

**Тема 2-04-04. Закономерности самоорганизации. Принципы универсального эволюционизма**

Синергетика — теория самоорганизации

Междисциплинарный характер синергетики

Самоорганизация в природных и социальных системах как самопроизвольное возникновение упорядоченных неравновесных структур в силу объективных законов природы и общества

Примеры самоорганизации в простейших системах: лазерное излучение, ячейки Бенара, реакция Белоусова-Жаботинского, спиральные волны

Необходимые условия самоорганизации: неравновесность и нелинейность системы

Признак неравновесности системы: протекание потоков вещества, энергии, заряда и т.д.

Диссипация (рассеяние) энергии в неравновесной системе *(энергия упорядоченного движения рассеивается в виде энергии теплового движения)*

Диссипативная структура — неравновесная упорядоченная структура, возникшая в результате самоорганизации *(она существует только при непрерывном притоке и оттоке энергии)*

Пороговый характер (внезапность) явлений самоорганизации *(при плавном изменении внешних условий свойства системы меняются скачкообразно)*

Точка бифуркации как момент кризиса, потери устойчивости *(критическое состояние системы, при котором она случайно выбирает один из возможных путей дальнейшего развития)*

Рост флуктуаций по мере приближения к точке бифуркации (теоретическое положение и примеры)

Стабилизация флуктуаций за точкой бифуркации (порядок из хаоса)

Синхронизация частей системы в процессе самоорганизации

Понижение энтропии системы при самоорганизации

Повышение энтропии окружающей среды при самоорганизации

Универсальный эволюционизм как научная программа современности, его принципы:

- всё существует в развитии;

- развитие как чередование медленных количественных и быстрых качественных изменений (бифуркаций);

- законы природы как принципы отбора допустимых состояний из всех мыслимых;

- фундаментальная и неустранимая роль случайности и неопределенности;

- непредсказуемость пути выхода из точки бифуркации (прошлое влияет на будущее, но не определяет его);

- устойчивость и надежность природных систем как результат их постоянного обновления

**5. Панорама современного естествознания**

### Тема 2-05-01.Космология (мегамир)

Космология – наука о Вселенной в целом, ее строении, происхождении и эволюции

Космологические представления Аристотеля: шарообразная неоднородная Вселенная

Геоцентрическая система мира Птолемея *(Земля – в центре Вселенной)*

Гелиоцентрическая система мира Коперника *(Солнце – в центре)*

Ньютоновская космология: безграничная, бесконечная, однородная и неизменная Вселенная

Общая теория относительности как теоретическая основа современной научной космологии

Вселенная Эйнштейна: однородна, изотропна и равномерно заполнена материей, преимущественно в форме вещества

Космологическая модель Фридмана: Вселенная нестационарна *(может только либо расширяться, либо сжиматься)*

Наблюдаемая однородность Вселенной в очень больших масштабах

Наблюдательное подтверждение нестационарности Вселенной: красное смещение в спектрах галактик, возникающее благодаря эффекту Доплера при их удалении от наблюдателя (разбегание галактик)

Закон Хаббла: скорость разбегания галактик пропорциональна расстоянию до них *V=H\*r*

Постоянная Хаббла *(75 км/с\*МПк)*

Возраст Вселенной — понятие (время, прошедшее с момента начала расширения) и современные оценки (12–15 млрд. лет)

Понятие о космологической сингулярности *(нулевой объем с бесконечной плотностью)*

Три фридмановских модели эволюции Вселенной, критерий выбора между ними: средняя плотность материи во Вселенной *(а) если средняя плотность вещества во Вселенной меньше некоторой критической величины, то расширение Вселенной будет продолжаться всегда с ускорением; б) если средняя плотность вещества во Вселенной равна критической величине, то расширение Вселенной происходит с постепенным уменьшением скорости; в) если средняя плотность вещества во Вселенной больше критической величины, тогда гравитационное поле, порожденное материей, искривляет Вселенную, замыкая ее на себя; расширение Вселенной остановится и она снова начнет сжиматься, затем снова произойдет взрыв и т.д. (концепция пульсирующей Вселенной или замкнутая модель))*

Современная оценка средней плотности материи во Вселенной–с высокой точностью равна критическому значению

Вклад основных видов материи в её среднюю плотность во Вселенной:

- обычное вещество (в основном, звёзды в галактиках) — менее 5%

- «тёмное вещество» (взаимодействует с обычным веществом только гравитационно, распределено в пространстве неоднородно)

- «тёмная энергия» (строго однородна, создаёт всемирное отталкивание) — более 70%

**Тема 2-05-02. Геологическая эволюция**

Земля как планета, ее отличия от других планет земной группы *(у Земли сильное магнитное поле, хорошо развитая гидросфера. В атмосфере Земли мало углекислого газа, много свободного кислорода и паров воды. Хорошо развита биосфера)*

Химический состав Земли *(железо 34,6%, кислород 29,5%, кремний – 15,2%, марганец – 12,7%)*

Магнитное поле Земли, его структура и роль для жизни на планете *(образуется во внешнем ядре благодаря циркуляции электрических токов, защищает Землю от космических излучений)*

Внутреннее строение Земли (ядро внутреннее *(твердое железо и никель)* и внешнее *жидкое железо и никель)*, мантия, земная кора), методы

исследования (сейсморазведка)

Формирование прото-Земли из планетезималей *(крупные объекты)*, её гравитационное сжатие, разогрев и начало дифференциации *(на ядро, мантию и кору)*

Эволюция земной коры: тектоника литосферных плит, её движущие силы

Возраст Земли *(4,5 млрд лет)*, методы его оценки (радиометрия земных горных пород и метеоритов)

Возникновение океанов и атмосферы *(В результате выделения газов и водяных паров из недр Земли в процессе вулканической деятельности)*

Атмосфера Земли, ее структура (тропосфера *(нижний слой, до 10-18 км)*, стратосфера *(до 50 км)*, ионосфера *(до 80 км, состоит из ионов – электрических заряженных частиц)*) и химический состав *(78% азота, 21 % кислорода, 1% другие газы)*

Циркуляция атмосферы и климат Земли

Гидросфера *(водная оболочка Земли, 97% - соленая вода, 2% - ледники, 1% - пресная вода)*

**Тема 2-05-03. Происхождение жизни (эволюция и развитие живых систем)**

Первичная атмосфера Земли *(не содержала свободного кислорода, она состояла из углекислого газа, метана, аммиака и водяных паров и др. газов)*

Абиогенный синтез *(синтез органических веществ из неорганических)*

Предбиологический отбор *(естественный отбор: отбор коацерватов, наиболее устойчивых к условиям среды)*

Коацерваты *(сгустки органических веществ, отграниченные от окружающей среды мембраной)*

Гетеротрофы *(животные, грибы, питаются органическим веществом)*

Автотрофы (*растения, синтезируют органическое вещество из неорганического)*

Анаэробы *(организмы, живущие в отсутствии свободного кислорода)*

Аэробы *(организмы, которые могут существовать только при наличии свободного кислорода)*

Прокариоты *(клетки, лишенные ядра – бактерии, сине-зеленые водоросли)*

Эукариоты *(клетки с ядром – все остальные организмы)*

Голобиоз *(точка зрения, согласно которой у живых организмов вначале появилась способность к обмену вещества)*

Генобиоз *(точка зрения, согласно которой у живых организмов вначале появилась способность к самовоспроизведению)*

Исторические концепции происхождения жизни: креационизм *(божественное сотворение)*, гипотеза панспермии *(жизнь занесена из космоса)*, биохимическая эволюция, постоянное самозарождение, стационарное состояние *(жизнь существовала всегда)*

**Тема 2-05-04. Эволюция живых систем**

Эволюция, ее атрибуты: самопроизвольность, необратимость, направленность

Дарвинизм *(эволюционное учение Дарвина; основные факторы эволюции – наследственность, изменчивость, естественный отбор)*

Генофонд *(совокупность различных генов в популяциях или видах)*

Борьба за существование

Синтетическая теория эволюции, её основные положения:

– элементарная эволюционная структура – популяция *(популяция – это совокупность особей одного вида, населяющих определенную территорию и свободно скрещивающихся между собой)*

– элементарный наследственный материал – генофонд популяции

– элементарное явление эволюции – изменение генофонда популяции

– элементарные эволюционные факторы: мутационный процесс, популяционные волны, изоляция, естественный отбор; их эволюционное значение

– единственный направляющий фактор эволюции — естественный отбор

Микроэволюция *(эволюция на уровне популяций, приводит к образованию новых видов)*

Макроэволюция *(эволюция на надвидовом уровне, приводит к образованию отрядов, классов, типов и т.д.)*

Формы отбора: движущий (направленный) *(способствует сдвигу среднего значения признака при изменении условий среды, в результате появляются новые формы жизни)*, стабилизирующий *(способствует сохранению признаков вида в постоянных условиях среды)*, дизруптивный *(действует в разнообразных условиях среды, встречающихся на одной территории, и поддерживает несколько различных форм жизни, в результате популяция разрывается на несколько различных групп)*

**Тема 2-05-05. История жизни на Земле и методы исследования эволюции (эволюция и развитие живых систем)**

Понятия о геологических эрах и периодах *(эры: 1) архей 3,5 млрд лет назад, начало жизни на Земле; 2) протерозой 2,6 млрд лет назад, появление беспозвоночных животных; 3) палеозой 570 млн лет назад, появляются рыбы; 4) мезозой 230 млн лет назад, появляются рептилии; 5) кайнозой 66 млн лет назад, появляются млекопитающие)*

Связь границ между эрами с геологическими и палеонтологическими изменениями

Некоторые важнейшие ароморфозы: фотосинтез, эукариоты, многоклеточные, скелет

Основные таксономические группы растений и животных и последовательность их эволюции:

- рыбы

- земноводные (амфибии)

- пресмыкающиеся (рептилии)

- птицы

- млекопитающие

- голосеменные

- покрытосеменные

- цветковые

Прокариоты *(клетки без ядра – бактерии и сине-зеленые водоросли)*

Филогенез *(историческое развитие видов, родов, отрядов, классов, типов)*

Онтогенез *(индивидуальное развитие организма от момента зарождения до смерти)*

Адаптация *(приспособление организмов к условиям окружающей среды)*

Ароморфоз *(приспособление, резко повышающее уровень организации живых организмов, например, появление постоянной температуры тела)*

Понятие о флоре, фауне *(флора – растительный мир, фауна – животный мир)*

Методы исследования эволюции: палеонтология (ископаемые переходные формы,

палеонтологические ряды, последовательность ископаемых форм)

Методы исследования эволюции: биогеография (сопоставление видового состава с историей территорий, островные формы, реликты)

Методы исследования эволюции: морфологические методы (установление связи между сходством строения и родством сравниваемых форм, рудиментарные органы, атавизмы)

Методы исследования эволюции: эмбриологические методы (зародышевое сходство, принцип рекапитуляции)

Методы исследования эволюции: генетические, экологические, методы биохимии и молекулярной биологии

**Тема 2-05-06. Генетика и эволюция**

Генетика *(наука о наследственности и изменчивости)*

Ген *(участок молекулы ДНК, определяющий развитие одного признака, или синтез одного белка)*

Аллель *(гены, располагающиеся в гомологических хромосомах и отвечающие за развитие одного признака)*

Рецессивные и доминантные гены *(доминантные гены подавляют проявление рецессивных генов)* Гомозиготы *(клетки, содержащие одинаковые гены данной аллельной пары (АА или аа*)) гетерозиготы *(клетки, содержащие различные гены данной аллельной пары (Аа))*

Хромосомы

Геном *(совокупность генов, содержащихся в данной растительной или животной клетке)*

Генотип *(совокупность всех генов конкретного организма)*

Фенотип *(совокупность всех признаков и свойств организма)*

Свойства генетического материала: дискретность, непрерывность, линейность, относительная стабильность

Изменчивость: наследуемая (генотипическая, мутационная)

Изменчивость: ненаследуемая (фенотипическая, модификационная)

Виды мутаций: генные *(изменения структуры ДНК в пределах одного гена)*, хромосомные *(изменения структуры хромосом)*, геномные *(изменения числа хромосом)*

Свойства мутаций: случайность, внезапность, ненаправленнность, неоднократность и наследуемость

**6. Биосфера и человек**

**Тема 2-06-01 Экосистемы (многообразие живых организмов - основа организации и устойчивости биосферы)**

Понятия об экосистеме и биогеоценозе *(комплекс живых и неживых компонентов, в котором происходит круговорот веществ)*  
Элементы экосистем (биотоп *(место обитания)*, биоценоз *(сообщество организмов)*)

Биотическая структура экосистем: продуценты *(растения, синтезируют органическое вещество из неорганического)*, консументы *(животные)*, редуценты *(микроорганизмы и грибы, разлагают органическое вещество)*

Виды природных экосистем (озеро, лес, пустыня, тундра, .., океан, биосфера)

Пищевые (трофические) цепи, пирамиды

Энергетические потоки в экосистемах, правило 10% *(в цепях питания при переходе с одного трофического уровня на другой усваивается только 10% энергии, остальное рассеивается в виде тепла)*

Экологические факторы: биотические *(влияние одних видов на другие)* и абиотические *(температура, свет, влажность, химические вещества)* факторы, антропогенные факторы Формы биотических отношений (хищник-жертва, паразитизм, нейтрализм)

Толерантность, пределы толерантности *(не только недостаток, но и избыток какого-либо фактора – тепла, света, влажности и т.д. – может ограничивать существование организма. Диапазон значений параметров окружающей среды, при котором организм может существовать, составляет пределы толерантности)*

Среда обитания и экологическая ниша *(совокупность условий, необходимых для существования популяций)*

**Тема 2-06-02. Биосфера**

Понятие о биосфере *(совокупность живых организмов на Земле вместе со средой обитания)*

Вещество: живое, косное *(неживое вещество)*, биокосное *(формируется в результате взамиодействия живого и неживого вещества, например, почва, озерная вода)*, биогенное *(образуется в результате жизнедеятельности живых организмов – нефть, уголь, известняки, газы атмосферы)*

Системные свойства биосферы: постоянство массы живого вещества в ходе геологических периодов

Системные свойства биосферы: постоянство числа видов на протяжении геологических периодов

Геохимические функции живого вещества:

- газовая *(поглощение и выделение углекислого газа и кислорода)*

- концентрационная *(способность живых организмов накапливать определенные химические элементы – залежи мела, известняки, нефть, уголь)*

- деструктивная *(разрушение и переработка органических останков, в результате чего происходит круговорот веществ в природе)*

- средообразующая *(преобразование окружающей среды под воздействием живого вещества)*

- энергетическая *(обеспечиваются потоки энергии, растения преобразуют солнечную энергию в биохимическую энергию живого вещества)*

Биогенная миграция атомов химических элементов *(круговорот веществ при участии живых организмов)*

Биогеохимические принципы миграции: стремление к максимуму проявления

Биогеохимические принципы миграции: эволюция видов, увеличивающих биогенную миграцию *(крупные животные сменяются мелкими, появляются все более сложные формы жизни)*

**Тема 2-06-03. Человек в биосфере**

Антропогенез *(происхождение человека)*

Палеонтология *(наука об ископаемых животных и растениях)*

Приматы *(отряд млекопитающих, включающий обезьян и человека)*

Основные этапы эволюции рода Homo и его предшественников (стадиальная концепция): протоантропы (австралопитеки), архантропы, палеоантропы, неоантропы

Виды:

– Человек умелый (Homo habilis),

– Человек прямоходящий (Homo erectus)

– Человек разумный (Homo sapiens)

Характерные особенности человека: трудовая деятельность, использование огня, развитие речи, способность к абстрактному мышлению, наличие фонда социальной и культурной информации

Возрастание роли социальных эволюционных факторов (передача накопленных знаний, технологий, традиций) и ослабление биологических (движущего и дизруптивного отборов, изоляции, популяционных волн)

Неолитическая революция *(9 тыс. до н.э. скотоводство, земледелие, оседлый образ жизни, доместикация – одомашивание животных, рост народонаселения, освоение металлургии*

Экологические последствия неолитической революции *(опустынивание из-за сжигания лесов, сокращение численности животных)*

Коэволюция *(совместная эволюция различных видов, их приспособление друг к другу. Коэволюция приводит к увеличению разнообразия и сложности в природе)*

**Тема 2-06-04 Глобальный экологический кризис (экологические функции литосферы, экология и здоровье)**

Загрязнение окружающей среды:

- ингредиентное *(совокупность веществ, качественно или количественно чуждых биоценозу)*

- физическое (или параметрическое) *(изменение качественных параметров окружающей среды – шумовое, световое, тепловое, электромагнитное, радиационное)*

- деструктивное *(изменение ландшафта и экосистем в процессе природопользования)*  
Индикаторы глобального экологического кризиса:

- усиление парникового эффекта *(из-за увеличения содержания газов, поглощающих инфракрасное излучение)*

- проблема озонового слоя

- деградация лесных, земельных, водных ресурсов

- снижение биоразнообразия

Понятие ноосферы как этапа развития биосферы при разумном регулировании отношений человека и природы

Устойчивое развитие как компромисс между стремлением человечества удовлетворять свои потребности и необходимостью сохранения биосферы для будущих поколений