

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Теоретические основы естествознания**

**Направление подготовки (специальность) 35.03.06 Агроинженерия**

**Профиль образовательной программы Технические системы в агробизнесе**

**Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лекция № 1 Место естествознания в системе наук, история развития.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Лекция № 2Методы естественнонаучного познания.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Лекция № 3Эволюция пространственно-временных представлений о мире.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4 Лекция № 4Физические основы естествознания.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5 Лекция № 5Современная астрономическая картина мира.....</b>	<b>13</b>
<b>1.6 Лекция № 6Биологическая форма материи.....</b>	<b>17</b>
<b>1.7 Лекция № 7Основы синергетики.....</b>	<b>21</b>
<b>1.8 Лекция № 8Происхождение и эволюция человека.....</b>	<b>22</b>
<b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Исследовательская работа «Наблюдение».....</b>	<b>26</b>
<b>2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Изучение законов равноускоренного движения.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Упругое и неупругое столкновение.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Определение наиболее вероятной скорости движения молекул азота.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5 Лабораторная работа № ЛР-5Распределение Больцмана.....</b>	<b>28</b>
<b>2.6 Лабораторная работа № ЛР-6Исследовательская работа «Изучение восприятия времени человеком».....</b>	<b>29</b>
<b>2.7 Лабораторная работа № ЛР-7Явления переноса.....</b>	<b>29</b>
<b>2.8 Лабораторная работа № ЛР- 8Цикл Карно.....</b>	<b>30</b>
<b>2.9 Лабораторная работа № ЛР- 9Движение заряженной частицы в однородном электрическом поле.....</b>	<b>31</b>
<b>2.10 Лабораторная работа № ЛР-10Проверка правил Кирхгофа.....</b>	<b>32</b>
<b>2.11 Лабораторная работа № ЛР-11Движение заряженной частицы в магнитном поле.....</b>	<b>33</b>
<b>2.12 Лабораторная работа № ЛР-12Электромагнитные колебания.....</b>	<b>34</b>
<b>2.13 Лабораторная работа № ЛР-13 Построение изображений в оптических приборах.....</b>	<b>34</b>
<b>2.14 Лабораторная работа № ЛР-14 Интерференция и поляризация света.....</b>	<b>35</b>
<b>2.15 Лабораторная работа № ЛР-15 Дифракция Френеля.....</b>	<b>36</b>

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1. 1 Лекция № 1 (2 часа).

**Тема:** «Место естествознания в системе наук, история развития»

### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Предмет, цели, задачи курса ТОЕ.
2. История развития естествознания.
3. Закономерности и особенности развития естествознания.

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

**Предмет, цели, задачи курса КСЕ.**

Результатами научных исследований являются теории, законы, модели, гипотезы, эмпирические обобщения. Всё это можно назвать одним словом – концепции.

Естествознание – раздел науки, который изучает мир как он есть, в его естественном состоянии, независимо от человека ( в отличии от гуманитарных наук, они изучают духовные продукты человеческой деятельности и технических наук, которые изучают материальную культуру).

К современному естествознанию относятся концепции возникшие в 20 веке, а также научные данные на которые опирается современная наука, на единое целое научных знаний, ставших достоянием человека в разное время истории.

Итак, расшифруем название полностью:

Современный – речь идёт о сегодняшнем, соответствующем, существующем сейчас представлении, взгляде на рассматриваемые вопросы.

Концепции – определённый способ понимания, трактовки каких-либо явлений, основная точка зрения, руководящая идея.

Естествознание – совокупность наук о природе, взятых в их взаимосвязи, как целое.

Т.е. из названия следует, что курс КСЕ посвящён рассмотрению общих, недетализированных представлений о том, как мы понимаем сегодня природу, каковы способы нашего познания природы. Ясно, что эти представления изменяются во времени. Одни у Аристотеля, другие у Ньютона, третьи у Эйнштейна.

Задачи курса КСЕ состоят в том, чтобы студенты, обучающиеся на гуманитарных, обществоведческих и экономических факультетах получили сведения о современных взглядах на природу, увидели необходимость как рационального, так и образного отражения окружающего мира, определённое место человека в этом мире, поняли различия между точными знаниями, верой и догадками. Основные разделы курса основываются на школьных знаниях по физике, химии, биологии, астрономии, но не повторяют их.

Деление естествознания на частные науки связано с удобством исследования отдельно, но природа – это единое целое, поэтому делается попытка показать естественные науки в их взаимосвязи, в единстве.

#### История развития естествознания.

В начале кратко рассмотрим общий характер развития естествознания в историческом аспекте. История естествознания и техники свидетельствует, что развитие их *неравномерно во времени*, т. е. имеют место как *эволюция*, т. е. постепенное накопление и совершенствование знаний, так и *революции* - т. е. относительно короткие периоды, когда происходит крутая ломка сложившихся представлений, концепций, самого стиля научного мышления. Последнее не означает, что объективное знание, накопленное ранее, всегда опровергается или становится ненужным. Революции в познании, в науке означают, что прежние представления оказываются недостаточными для понимания новых экспериментальных фактов, теряют свою универсальность. Их применимость для объяснения сложной действительности ограничивается определенными рамками приближения, появляются новые более адекватные действительности концепции и теории, существенно расширяющие глубину и возможности познания, т. е. появляется принципиально новый уровень познания и понимания природы.

История естествознания позволяет выделить эти революции, раскрыть их смысл и даже установить некоторую закономерность развития естествознания. Можно назвать несколько революций в познании людьми окружающего мира.

Естествознание выделяет в своём развитии 4 исторических типа революций:

Итак, развитие естествознания складывалось следующим образом. Развитие науки берёт своё начало ещё со второго века до н.э.

Зарождение научных знаний можно обнаружить в Древней Греции - древнегреческая (6 - 5 века до н. э.) *античная натурафилософия*, т. е. философия природы - умозрительного истолкования природы. Это еще не наука, в полном ее смысле, но все же попытки объективного познания материального мира, основанные на догадках и размышлении, которые создавали некоторую систему знаний. Для нее характерны: а) представление о единстве бесконечного многообразия явлений природы, б) поиски единых «начал» вещей, т. е. неких универсальных элементов. Демокрит (V век до н. э.), размышляя над устройством мира, создал представления о неделимых мельчайших элементах (частицах) материи – *атомах*.

В дальнейшем в древней Греции продолжалось развитие математики, механики, физики - Евклид, Эпикур, Архимед, Птолемей (II век до н. э.). Птолемей дал математическое обоснование геоцентрической системы – системы мира в центре которой находится Земля, и его труды в этой области, поддержанные церковью, определили такой взгляд на мир на целых 1375 лет, т. е. вплоть до Коперника.

В средневековье науки развивались в основном в Персии и Арабском мире, т. е. интерес к познанию природы не угасал, но в Европе существенное противодействие научному познанию оказывала католическая церковь. Появление новых более адекватных представлений об окружающем мире опрокидывало религиозные догмы о создании человека и природы всемогущественным богом, о Земле как о центре мира, данного богом и т. п., что вызывало жестокое преследование церкви. Однако продолжавшие развиваться натуралистическая, медицина, астрономия и даже алхимия уже содержали многие элементы науки, научного метода познания и содействовали накоплению объективных, научных знаний о мире.

1. Первая научная революция в познании природы произошла в эпоху Возрождения (XVI- XVII вв.) и начало ее связано с именами Николая Коперника (1473-1543 гг.), астронома Тихо Браге (1546-1601 гг.), философа и поэта итальянца Джордано Бруно (1548-1600 гг.), астронома немца Иоганна Кеплера (1571-1630 гг.) и с переворотом в астрономии, т. е. с переходом к подлинно научным представлениям о гелиоцентрической системе мира – система в центре которой находится Солнце.

Таким образом, можно считать, что в XVII веке сформировалось подлинно научное естествознание и началось его дальнейшее развитие как комплекса наук о природе. Это был период эволюционного развития, накопления знаний.

Итак, первая революция ознаменовала переход к классическому естествознанию.

Характеристики: механистическая КМ является общенациональной картиной реальности, мир рассматривается как жестко детерминированная система как целое свойства, которого определяются свойствами его частей. Лидером на этом этапе является физика. Субъект с его особенностями исключается из процесса познания.

2. Вторая научная революция - конец 18 – первая половина 19 века – выражается в переходе естествознания в дисциплинарно организованную науку. Механистическая КМ перестает быть общенациональной. Формируется специфическая КМ не сводимые к механической. (биол-я, химич, физич КМ).

Это этап бурного развития экспериментальных исследований, их систематизации и обобщения. В результате было открыто молекулярное и атомное строение вещества, периодический закон Д.И. Менделеева, развита теория химического строения вещества, и многое др.

К концу 19 века возникает ситуация, когда ряд установленных экспериментальных фактов не может быть объяснено теоретически с позиций имеющихся теорий. В частности – это законы фотоэффекта, теплового излучения, поведение света как потока частиц и одновременно волн. Возник кризис в науке, который обусловил необходимость революционной ломки, замены старых КЛАССИЧЕСКИХ концепций.

3. Третья научная революция - конец 19 – начало 20в. Преобразование параметров классической науки, развитие неклассического естествознания. НКМ представляет из себя относительно истинное знание, происходит интеграция частных КМ.

В начале 20 века возникают новые идеи и представления:

- о дискретности, квантованности изменения характеристик движущихся материальных тел – энергии и импульса,
- о квантовом характере потока светового излучения,
- о зависимости пространства, времени и массы тел от скорости движения.

Таким образом, на данном этапе лидером по-прежнему оставалась физика.

На данном этапе продолжалось бурное развитие экспериментальных исследований:

- открыты и изучены явление радиоактивности, сверхпроводимости,
- доказана дискретность электрического заряда,
- открыты многие элементарные частицы и развита их систематика

4. Четвёртая научная революция - конец 20в. – начало 21в. Происходят радикальные изменения в основании научного знания, рождение постнеклассической науки. НКМ – взаимодействие различных картин реальности.

Для этого этапа характерны крупные прорывы в технике: развитие и внедрение ЭВМ, микроэлектроники, атомной энергетики, космонавтики, лазерной техники.

Достигнуты большие достижения в таких областях как: квантовая физика и химия полупроводников, ядерная физика, биофизика, кибернетика.

Наука стала обязательным компонентом производительных сил человеческого общества, без которого невозможно развитие производства. Начинает своё развитие такое направление как СИНЕРГЕТИКА.

Теперь зная как проходило становление и развитие науки можем выделить закономерности развития естествознания.

#### **Закономерности и особенности развития естествознания.**

Развитие естествознания имеет черты и закономерности, присущие всякой науке.

К закономерностям развития естествознания можно отнести:

- 1) Обусловленность, в конечном: счете, практикой (практика - критерий истины).
- 2) Относительную самостоятельность.

- 3) Преемственность в развитии идей: и принципов, теорий и понятий, методов и приемов исследования, неразрывность всего познания Природы.
- 4) Постепенность развития при чередовании периодов относительно спокойного эволюционного развития и революций.
- 5) Взаимодействие с другими науками, взаимосвязь всех отраслей естествознания.
- 6) Противоречивость развития.
- 7) Повторяемость идей, представлений, с постоянными возвратами к пройденному, но на более высокой ступени понимания. (движение по спирали).

Особенности развития естествознания связаны, главным образом, со спецификой изучаемого предмета – Природы!

## 1. 2 Лекция № 2 (2 часа).

**Тема:** «Методы естественнонаучного познания»

### 1.2.1 Вопросы лекции:

1. Компоненты культуры и их специфика.
2. Роль науки в жизни общества.
3. Эмпирический и теоретический методы познания.
4. Проблема единства научного знания.
5. Научная картина мира.

### 1.2.2 Краткое содержание вопросов:

#### Компоненты культуры и их специфика.

Как бы ни были развиты наука, и техника они не заменят человеку духовный и нравственный труд, понимание себя и окружающего мира, не смогут сформулировать за него смысл жизни.

Культура — феномен, отличающий человеческую жизнедеятельность от других биологических форм жизни. Это концентрированное выражение достижений человечества.

Её принято делить на материальную и духовную соответственно двум основным видам производства.

Материальная культура — область практической деятельности человека и её результаты.

Духовная культура — сфера деятельности сознания и духовного производства, в том числе система мировидения, искусство и его предметы, нравственные ценности общества.

Нас интересует духовная культура. В ней можно условно выделить четыре большие области познавательной и творческой деятельности человека.

Наука выявляет объективные закономерности мира, является для человека основой освоения природы и прогнозирования своего будущего. *Научный метод* познания — это исторически сложившийся процесс получения знаний, истинность которых проверяется и доказывается человеческой практикой. Для науки характерен *дискурсивный* (рассудочный, объяснительный) подход, основанный на логическом, рациональном мышлении. Объективное преобладает над субъективным. Наука *экстравертна* (направлена наружу), *монологична*. Учёный, как правило, «задаёт вопросы», на которые ищет ответы, и результат во многом зависит от интеллектуальных и технических возможностей «вопрошателя». Наука — средство понимания и адаптации человека в окружающей его среде, фактор выживания и управления своим будущим.

*Культура естествознания* — точные науки и науки о природе, техника, информатика) опирается на научный метод.

*Культура гуманитарная* — включает искусство, науки о внутреннем мире человека и обществе (психологию, историю, право, социологию, культурологию и др.).

**Искусство:** Это специфическая художественно-образная форма восприятия и отражения действительности. Искусство обращено к переживанию в мире художественных образов. Оно предоставляет каждому человеку дополнительный жизненный опыт — воображаемый, но специально организованный, раздвигающий рамки реально житейского.

**Объектом** искусства являются истины, справедливость которых не может быть выведена логически: правда, ложь, красота, добро, ненависть, совесть. Затруднительно определить однозначно *цели* искусства, но одно из его предназначений — познание человеком красоты, правды, добра окружающего мира. Главный *метод* искусства — интуиция, то есть прямое усмотрение истины, синтетическое суждение, не требующее логического доказательства. Искусство субъективно: *главным критерием* его является личная удовлетворенность художника. Оно *интровертно* (направлено внутрь) и рефлексирует «в себя», но при этом *диалогично*.

**Религия** в жизни общества всегда занимала значительное место и составляла компонент общечеловеческой культуры. Она опирается на *иррациональное мышление*, способное вступать в противоречие с фактами и нормами бытия. Религия отрицает возможность разума познать мир, формулирует вневременные, «абсолютные» истины — *догмы*, требуя неукоснительной веры в них. Религиозные тексты всегда имеют личностную форму (послания пророков, жития святых и т.п.). Они

канонизированы и не допускают перевода в современную понятийную сетку. Таковыми являются тексты Библии, Корана, Евангелия от Луки или Матфея и др. Множественность религий объясняется содержательной связью со спецификой отдельных наций, этнических групп, регионов.

Религия – форма общественного сознания, которая опирается на представления о сверхъестественном и на веру в это сверхъестественное.

Наиболее сложную роль в системе общечеловеческой культуры занимает философия. **Философия** использует *интуитивное мышление*, базирующееся на глубоких и универсальных знаниях. Это позволяет ей постулировать фундаментальные принципы бытия — *онтологические постулаты* — и обосновывать их связь с мышлением.

Онтология — учение о бытии как таковом; метод связи категорий бытия и мышления.

### **Роль науки в жизни общества.**

Как социокультурный феномен наука всегда опиралась на сложившиеся в обществе культурные традиции, нормы и ценности. Отсюда культурная и технологическая функции.

1. производство научно-теоретического знания.
2. культурная (Наука является результатом культурного развития общества, с другой стороны она закрепляет в себе определённый уровень культурного развития общества)
3. социальной регуляции (Наука воздействует на потребности общества, становится необходимым условием рационального управления.)
4. непосредственные производительные силы (Н способствует приумножению производительных ресурсов общества)
5. разрешение глобальных проблем.
6. мировоззренческая
7. гуманитарная
8. интеграционная.

### **Научный метод. Эмпирический и теоретический методы познания.**

Методы, используемые в естествознании, можно разделить на:

- 1) общенаучные - это такие методы, которые находят применение во всех естественных науках (например, гипотеза, эксперимент и т.д.):
- 2) частные методы - это методы, применяемые лишь в узких областях конкретных естественных наук. Например, метод интегрирования по частям, метод условных рефлексов и т.д.

Все основные методы можно разделить на эмпирические и теоретические уровни исследования. Которые различаются по способам научного познания, способам деятельности.

1) в основе Э.У. лежит предметно-орудийная, научно-практическая деятельность, которая обеспечивает накопление и обобщение знаний. В основе Т.У. лежит абстрактно-теоретическая деятельность по созданию идеальных моделей и по строению различных знаний.

2) Уровни научного знания различаются по характеру и формам знания.

На Э.У. – фактуальное эмпирическое знание, которое отражает свойства, качества объектов реальности.

На Т.У. – отражаются существенные характеристики явлений в логически организованной форме (понятия, законы)

Нельзя делить эмпирическое и теоретическое знания.

Эмпирическое – чувственное

Теоретическое – рациональное.

Э.У. зад-т и работа разума, как и Т.У. использует сначала фактуальный материал => взаимосвязь, взаимодействие!

Эмпирический уровень:

Формы и методы эмпирического познания – те приёмы познания, которые являются содержанием практики или её непосредственным результатом.

1. Методы вычленения и исследования эмпирического объекта, к этой группе относятся:

Наблюдение – первичный элементарный процесс эмпирического познания, который характеризуется целенаправленным, организованным, систематическим восприятием предметов и явлений.

Измерение – количественный метод, основой которого является количественные отношения, выраженные числом или величиной. Позволяет установить числовое соотношение между свойствами предмета. Опирается на 2 операции: счёт, перечисление.

Эксперимент – метод эмпирического познания, который характеризуется вмешательством исследователя в положение изучаемых объектов, активным воздействием на предмет исследования.

2. методы обработки и систематизации полученного эмпирического знания:

Анализ – мысленное разложение изучаемого объекта, изучение целого через часть.

Синтез – мысленное соединение элементов и свойств объекта в единое целое.

Индукция – вывод, позволяющий двигаться от частных случаев к общим положениям.

Дедукция – вывод, позволяющий двигаться от общего положения к частным случаям.

Сравнение – устанавливаются признаки сходства или различия по каким-либо основаниям.

Обобщение – соединение сходных предметов по общим для них признакам.

Классификация – распределение предметов какого-либо рода по классам.

Моделирование – метод замещения изучаемого объекта подобным ему по ряду интересующих исследователя свойств и характеристик.

Теоретический уровень.

Теоретическое познание - уровень познания который опирается на работу сознания и разума.

Формирование понятий, умозаключений, законы, категории, принципы и т. д.

В основе Т.П. лежит операция – мышление.

Мышление представляется в виде структуры, которая имеет 2 основных уровня:

1. рассудок – в рамках образца, шаблона, нормы, на уровне рассудка учимся мыслить. Рассудок – первая стадия развития мышления.

2. разум – характерно творческое оперирование абстракциями, саморефлексия – задумываемся о природе вещей, явлений, можем на этом уровне познать суть вещей и выразить в логике.

Методы теоретического познания:

1. Формализация – отображение содержательного знания в знаково-символическом виде.

2. Аксиоматический – способ построения научной теории, при котором в её основу кладутся некоторые исходные положения – аксиомы (постулаты).

3. Гипотетико-дедуктивный – метод научного познания, сущность которого заключается в создании системы дедуктивно связанных между собой гипотез, из которых, в конечном счете, выводится утверждение об эмпирических фактах.

4. Восхождение от абстрактного к конкретному – метод теоретического изложения, состоящий в движении научной мысли от исходной абстракции через последовательные этапы углубления и расширения познания к результату – целостному воспроизведению в теории исследуемого объекта.

На современном этапе многие считают, что метод и методология отвлекают от науки – методологический негативизм. 2-ая крайность в современной науке – преувеличение метода. Проблема выбора метода становится слишком важной, что предмет исследования теряется. Метод – отмычка для всех форм знания, главное выбрать правильный метод – методологическая эйфория.

### **Проблема единства научного знания.**

Дифференциацию научного знания можно определять по следующим параметрам:

1) по предмету исследования.

2) по объекту исследования.

3) по отношению к субъективному фактору.

4) по рефлексивности.

5) по методам исследования.

Можно выделить следующие основные направления интеграции научного знания на современном этапе:

1) перенос идей и представлений из одной области знаний в другую;

2) эффективное использование понятийно-концептуального аппарата, методов и иных познавательных средств одних областей науки другими;

3) формирование комплексных, междисциплинарных проблем и направлений исследований. Особую разновидность комплексных проблем представляют собой глобальные проблемы;

4) формирование новых научных дисциплин «пограничного» типа на стыках известных ранее областей знания;

5) сближение наук, различающихся своими предметными областями, усиление взаимосвязи и взаимодействия естественных, общественных и технических наук;

6) сближение научных дисциплин различных типов — фундаментальных и прикладных, эмпирических и теоретических, высокоформализованных и описательных и др.;

7) универсализация средств языка науки;

8) выработка региональных и общеначальных форм и средств познания;

9) усиление взаимодействия между философией и нефилософским (частнонаучным) знанием, увеличение разнообразия каналов и форм связи между ними;

10) усиление интегративной роли философии.

Таким образом, развитие и дифференциация современной науки сопровождаются интеграцией ее различных направлений и отраслей, воспроизведением единого научного знания. Наука развивается как особая специфическая форма познания мира.

### **Научная картина мира.**

Картина мира возникает как результат синтеза фундаментальных открытий и результатов исследований всех отраслей и дисциплин естествознания.

Научная картина мира имеет 2 значения:

1. узкое – общая карта мира

2. широкое – специфическая карта мира

Научная карта мира – широкая панорама знаний о природе и человечестве, которая включает в себя наиболее важнейшие концепции, факты.

Роль научной карты мира – ядро мировоззрения.

Функции научной картины мира:

- интегративная (объединение знаний в систему)
- систематическая
- нормативная
- парадигмальная (влияет на поведение ученых)
- функция исторического характера

## 1. 3 Лекция № 3 (2 часа).

**Тема:** «Эволюция пространственно-временных представлений о мире»

### 1.3.1 Вопросы лекции:

1. Понятие пространства и времени.
2. Концепции пространства и времени.
3. Пространство и время в классической механике.
4. Пространство и время в СТО и ОТО.

### 1.3.2 Краткое содержание вопросов:

**Понятие пространства и времени. Концепции пространства и времени.**

В обосновании классической механики большую роль играли введенные И. Ньютоном понятия абсолютного пространства и абсолютного времени. Эти понятия лежат в основании субстанциальной концепции пространства и времени, в соответствии с которой материя, абсолютное пространство и абсолютное время — три независимые друг от друга субстанции, начала мира.

Абсолютное пространство — это чистое и неподвижное вместилище тел; абсолютное время — чистая длительность, абсолютная равномерность событий. Ньютон считал, что вполне возможно допустить существование мира, в котором есть только одно абсолютное пространство и нет ни материи, ни абсолютного времени; либо же существование мира, в котором есть пространство и время, но нет материи; либо же существование мира, в котором есть только время, но нет ни пространства, ни материи. По мнению Ньютона, абсолютное пространство и абсолютное время — это реальные физические характеристики мира, но они не даны непосредственно органам чувств, и их свойства могут быть постигнуты лишь в абстракции; возможно, только в будущем физика сумеет найти реальные системы, соответствующие абсолютному пространству и абсолютному времени. В своей же повседневной действительности человек имеет дело с относительными движениями, связывая системы отсчета с теми или иными конкретными телами, т.е. имеет дело с относительным пространством и относительным временем.

Физики долгое время полностью придерживались субстанциальной концепции Ньютона, повторяли его определения понятий абсолютного пространства и времени. Только некоторые философы критиковали понятия абсолютного пространства и абсолютного времени. Так, Г.В. Лейбниц, «вечный оппонент» Ньютона, выступил с критикой субстанциальной концепции и отстаивал принципы реляционной теории пространства и времени, считая «пространство, так же как и время, чисто относительным: пространство — порядком существований, а время — порядком последовательностей. Ибо пространство... обозначает порядок одновременных вещей, поскольку они существуют совместно, не касаясь их специфического способа бытия». Однако в XVIII в. критика субстанциальной концепции Ньютона и философская разработка реляционной теории пространства и времени не оказали существенного воздействия на физику. Естествоиспытатели продолжали пользоваться представлениями Ньютона об абсолютном пространстве и времени, различаясь между собой лишь признанием или непризнанием наличия пустого пространства.

Проблема пространства — особая проблема, объединяющая физику и геометрию. Долгое время молчаливо предполагалось, что свойства физического пространства являются свойствами евклидового пространства. Для многих это была само собой разумеющаяся истина. «Здравый смысл» был философски воплощен И. Кантом в его взглядах на пространство и время как неизменные априорные «формы чувственного созерцания». Из этого взгляда следовало, что те представления о пространстве и времени, которые выражены в геометрии Евклида и механике Ньютона, вообще являются единственными возможными.

Впервые по-новому вопрос о свойствах пространства был поставлен в связи с открытием неевклидовой геометрии. Безуспешность попыток ряда ученых многих поколений доказать пятый постулат Евклида привела к мысли о его недоказуемости, а вместе с тем и о возможности построения геометрии, основанной на других постуатах. Одним из первых пришел к этой мысли немецкий математик К.Ф. Гаусс, который еще в начале XIX в. стал размышлять над вопросом о возможности создания другой, неевклидовой, геометрии. Гаусс высказал мысль, что представления о свойствах пространства не являются априорными, а имеют опытное происхождение. Однако он не пожелал втягиваться в острую дискуссию и скрывал от

современников свои идеи о возможности неевклидовых геометрий, но когда эти идеи были «озвучены» другими, внимательно следил за исследованиями в этой области.

### **Пространство и время в классической механике**

Изучение механического движения макротел привело к созданию механики Ньютона. Раскрывая сущность пространства и времени, Ньютон предлагает различать два вида понятий: абсолютные (истинные, материалистические) и относительные (кажущиеся, обыденные) и дает им следующую типологическую характеристику: «Абсолютное, истинное, материалистическое время само по себе и своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью. Относительное, кажущееся, или обыденное, время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами внешняя мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как то: час, день, месяц, год...». Абсолютное пространство по своей сущности, не связано с объектами, помещенными в него, и безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным. Относительное пространство есть мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению его относительно некоторых тел, и которое в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное. Время и пространство составляют как бы вместилища самих себя и всего существующего. При таком понимании абсолютное пространство и время представлялись некоторыми самодовлеющими элементами бытия, существующими вне и независимо от каких-либо материальных процессов, как универсальные условия, в которые помещена материя. У Ньютона абсолютное пространство и время являются ареной движения физических объектов. Специальная теория относительности, созданная в 1905г. А. Эйнштейном, стала результатом обобщения и синтеза классической механики Галея-Ньютона и электродинамики Максвелла-Лоренца. «Она описывает законы всех физических процессов при скоростях движения, близких к скорости света, но без учета поля тяготения. При уменьшении скоростей движения она сводится к классической механике, которая, таким образом, оказывается ее частным случаем». В соответствии со специальной теорией относительности, которая объединяет пространство и время в единый четырехмерный пространственно-временной континуум, пространственно-временные свойства тел зависят от скорости их движения. Пространственные размеры сокращаются в направлении движения при приближении скорости тел к скорости света в вакууме (300 000 км/с), временные процессы замедляются в быстродвижущихся системах, масса тела увеличивается. Движение света принципиально отличается от движения всех других тел, скорость которых меньше скорости света. Скорость этих тел всегда складывается с другими скоростями. В этом смысле скорости относительны: их величина зависит от точки зрения. А скорость света не складывается с другими скоростями, она абсолютна, всегда одна и та же, и, говоря о ней, нам не нужно указывать систему отсчета. Абсолютность скорости света не противоречит принципу относительности и полностью совместима с ним. Постоянство этой скорости закон природы, а поэтому именно в соответствии с принципом относительности он справедлив во всех инерциальных системах отсчета. Скорость света одна и та же во всех телах, движущихся по отношению друг к другу равномерно и прямолинейно. Свет проходит с неизменной скоростью, приблизительно равной 300000 км/сек., мимо неподвижного тела, мимо тела, движущегося навстречу свету, мимо тела, которое свет догоняет. Далее Эйнштейн рассматривает относительность длин и промежутков времени, что приводит его к выводу о том, что понятие одновременности лишено смысла: "Два события, одновременные при наблюдении из одной координатной системы, уже не воспринимаются как одновременные при рассмотрении из системы, движущейся относительно данной". Коренным отличием специальной теории относительности от предшествующих теорий является признание пространства и времени в качестве внутренних элементов движения материи, структура которых зависит от природы самого движения, является его функцией. В подходе Эйнштейна пространству и времени придаются новые свойства: относительность длины и временного промежутка, равноправность пространства и времени. Если бы существовала мгновенная передача импульсов и вообще сигналов, то мы могли бы говорить о двух событиях, прошедших одновременно, т.е. отличающихся только пространственными координатами. Связь между событиями была бы физическим прообразом чисто пространственных трехмерных геометрических соотношений. Теория Эйнштейна исходит из ограниченности и относительности трехмерного, чисто пространственного представления о мире и вводит более точное пространственно-временное представление. С точки зрения теории относительности в картине мира должны фигурировать четыре координаты и ей должна соответствовать геометрия.

### **Пространство и время в СТО и ОТО**

Специальная теория относительности была создана Альбертом Эйнштейном в 1905 г. как результат обобщения и синтеза классической механики Ньютона и электродинамики Максвелла. Свою работу «К электродинамике движущихся сред» Эйнштейн начинает с двух предположений, которые в современной науке носят название постулатов теории относительности. Как писал сам Эйнштейн, он рассматривал эти постулаты как предпосылки для того, чтобы, «положив в основу теорию Максвелла для покоящихся тел, построить простую, свободную от противоречий электродинамику движущихся сред».

Постулаты теории относительности формулируются следующим образом:

- 1) принцип относительности: все законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчета;
- 2) принцип постоянства скорости света: скорость света в пустоте одинакова во всех инерциальных системах отсчета и не зависит от движения источников и приемников света.

Из этих двух принципов следуют все положения теории относительности. Следствием постоянства скорости является тот факт, что понятие одновременности событий, которым пользовались в ньютоновской механике для рассуждений о времени, становится относительным, зависящим от наблюдателя. В классической механике принимается, что одновременность двух событий, разобщенных некоторым расстоянием, может быть установлена путем переноса часов из одной точки в другую, и такое движение никак не должно сказываться на их ходе. Однако проверить одинаковость показаний часов в двух разных точках можно лишь с помощью сигнала, который распространялся бы из одной точки в другую мгновенно. Но таких сигналов в природе нет. Следовательно, решить вопрос о синхронизации часов можно только путем соглашения о том, когда эти часы следует считать идущими синхронно. За основу такого определения (соглашения) Эйнштейн берет скорость света в вакууме. Пусть по часам в точке А сигнал послан в момент времени  $t_1$  и после отражения в точке В возвратился в точку А в момент времени  $t_2$ . Тогда, по определению, часы в точке В синхронны с часами в точке А, если они идут одинаково быстро и в момент прихода светового сигнала в точку В часы, установленные в ней, показывают время  $t_3 = (t_1 + t_2)/2$ . Установив, что следует понимать под синхронно идущими в разных точках пространства покоящимися часами, Эйнштейн дал определение одновременности и времени. Но установленная таким образом одновременность событий в одной системе отсчета не будет таковой в другой системе, движущейся относительно первой. Таким образом, необходимо говорить о собственном времени в каждой системе отсчета. Абсолютного универсального времени не существует, а наши обыденные представления о таком времени – следствие того, что мы живем в мире малых скоростей и пользуемся при этом информационными (электромагнитными) волнами, распространяющимися со скоростями, сравнимыми со скоростью света.

Когда понятие одновременности потеряло смысл, потеряли смысл и другие понятия. Относительным стало время, так как наблюдатели расходятся в оценках времени, прошедшего между двумя одними и теми же событиями. При скорости, близкой к скорости света, время замедляется. Длина также стала относительной, т.е. зависящей от выбора системы отсчета. Например, если два космических корабля движутся относительно друг друга, то наблюдатель на каждом из кораблей будет видеть другой корабль сократившимся в направлении своего движения. При обычных скоростях такое сокращение мало. Земля, движущаяся вокруг Солнца со скоростью 30 км/с, показалась бы наблюдателю, покоящемуся относительно него, сократившейся лишь на несколько сантиметров. Но изменения длины становятся значительными, когда относительные скорости очень велики. Сокращение линейных размеров тел и замедление длительности промежутков времени – следствие различных процессов измерения, которыми пользуются различные наблюдатели в разных системах отсчета. Эйнштейн писал: «Вопрос о том, реально лоренцово сокращение или нет, не имеет смысла. Сокращение не является реальным, поскольку оно не существует для наблюдателя, движущегося вместе с телом; однако оно реально, так как оно может быть принципиально доказано физическими средствами для наблюдателя, не движущегося вместе с телом». Релятивистские эффекты изменения длины и времени экспериментально доказаны. Так, например, собственное время жизни пионов (пи-мезонов), образующихся в космических лучах в верхних слоях атмосферы, составляет  $10^{-8}$  с. За это время, даже если они будут двигаться со скоростью света, пионы пройдут расстояние не более, чем 300 см. Но приборы их регистрируют, они проходят путь в 10000 раз больший (30 км). Теория относительности объясняет это тем, что время  $10^{-8}$  с является естественным временем жизни частицы, измеренным по часам, движущимся вместе с мезоном, но в системе отсчета, связанной с Землей, время его жизни намного больше. За это время пионы и проходят земную атмосферу.

## 1.4 Лекция № 4 (2 часа).

**Тема:** «Физические основы естествознания»

### 1.4.1 Вопросы лекции:

1. Предмет и задачи физики.
2. Принципы симметрии и законы сохранения.
3. Структурная физика.
4. Идеи и понятия квантовой механики

### 1.4.2 Краткое содержание вопросов:

**Предмет задачи физики.**

Физика - это комплекс дисциплин, изучающих общие свойства структуры, взаимодействия и движения материи. Физику условно делят на три области: а) физику движения; 2) физику взаимодействия; в) структурную физику. Особое место в современной системе физических наук занимает статистическая физика.

Физика занимает ведущее место среди естественных наук. Ее математический аппарат наиболее развит. Она обладает самыми развитыми экспериментальными методами. Ее представления, результаты и

методы используются всеми без исключения естественными науками. Это приводит к образованию многочисленных стыковых наук - геофизика, физхимия, астрофизика и т.д.

### **Принципы симметрии и законы сохранения**

Под симметрией понимают однородность, пропорциональность, гармонию каких-то материальных объектов. Асимметрия – понятие противоположное. Любой физический объект содержит элементы симметрии и асимметрии. Рассмотрим симметрии в физике, химии и биологии.

В физике симметрия определяется следующим образом: если физические законы не меняются при определенных преобразованиях, которым может быть подвергнута система (физический объект), то считается, что эти законы обладают симметрией (или инвариантны) относительно этих преобразований.

Симметрии делят на *пространственно-временные* и *внутренние*, последние относятся только к микромиру.

Среди пространственно-временных рассмотрим основные.

1. Сдвиг времени. Изменение начала отсчета не изменяет физических законов. Время однородно по всему пространству.

2. Сдвиг системы отсчета пространственных координат. Такая операция не изменяет физических законов. Все точки пространства равноправны, и пространство однородно.

3. Поворот системы отсчета пространственных координат также сохраняет физические законы неизменными – значит, пространство изотропно.

4. Классический принцип относительности Галилея устанавливает симметрию между покоям и равномерным прямолинейным движением.

5. Обращение знака времени не изменяет фундаментальных законов в макромире, то есть процессы макромира могут описываться и при обращении знака времени. На уровне макромира наблюдается необратимость процессов, так как они связаны с неравновесным состоянием Вселенной.

### **Симметрия и законы сохранения**

В 1918 г. немецкий математик Эмми Нетер доказала фундаментальную теорему, устанавливающую связь между свойствами симметрии и законами сохранения. Суть теоремы в том, что непрерывными преобразованиями в пространстве-времени, оставляющими инвариантным действие, являются: сдвиг во времени, сдвиг в пространстве, трехмерное пространственное вращение, четырехмерные вращения в пространстве-времени. Согласно теореме Нетер, из инвариантности относительно сдвига во времени следует закон сохранения энергии; из инвариантности относительно пространственных сдвигов – закон сохранения импульса; из инвариантности относительно пространственного вращения – закон сохранения момента импульса; инвариантность относительно преобразований Лоренца (четырехмерные вращения в пространстве-времени) – обобщенный закон движения центра масс: центр масс релятивистской системы движется равномерно и прямолинейно. Теорема Нетер относится не только к пространственно-временным симметриям, но и к внутренним. Например, при всех превращениях элементарных частиц сумма электрических зарядов частиц сохраняется неизменной.

Закон сохранения заряда в макросистемах был подтвержден экспериментальным путем задолго до Нетер, в 1843 г. М. Фарадеем. Стого научного объяснения причин выполнения закона сохранения заряда пока нет. По мнению одного из наиболее известных физиков-теоретиков Р. Фейнмана закон сохранения энергии является наиболее трудным для понимания из всех законов сохранения, т.к. велика степень его абстрактности в отличие, например, от закона сохранения электрического заряда.

Энергию любого вида можно вычислить, используя известные соотношения, во многих случаях ее можно и измерить. Если сложить все значения, соответствующие энергии разных видов, то их сумма всегда будет одинаковой. Вместе с тем не существует никаких реальных частиц энергии, речь идет об абстрактном математическом правиле: существует число, которое не меняется, когда бы вы его ни подсчитали. Энергия может существовать во множестве различных форм. Есть энергия, связанная с движением тел или частиц (кинетическая энергия); энергия, связанная с гравитационным взаимодействием (потенциальная энергия); тепловая, электрическая и световая энергия; энергия упругости пружин; химическая энергия; ядерная энергия и, наконец, энергия, которой обладает частица в силу одного своего существования и которая прямо пропорциональна ее массе ( $E = mc^2$ ).

Многие из этих видов (форм) энергии связаны между собой. Например, тепловая энергия тела – это суммарная кинетическая энергия движения частиц в нем, световая энергия есть не что иное, как электромагнитная энергия, упругая энергия и химическая энергия имеют одинаковое происхождение – в основе той и другой лежат силы взаимодействия между атомами.

Когда изменяется энергия какого-то одного вида, в соответствии с законом сохранения должна измениться и какая-то другая энергия (ровно на столько же, но в обратную сторону). Например, если сжигать бумагу, химическая энергия будет уменьшаться, но появится теплота там, где ее раньше не было, а суммарная энергия должна остаться прежней.

В обычной практике справедливость закона сохранения энергии не всегда очевидна, иногда совершенно непонятно, откуда взялась та или иная энергия, или куда она исчезла. Но, как бы ни был сложен процесс энергетических преобразований, полная энергия всегда сохраняется, нарушений этого закона никто и никогда не фиксировал.

### **Структурная физика.**

Объектами структурной физики являются элементы структуры вещества (например, *молекулы, атомы, элементарные частицы*) и более сложное образование из них. Это:

1) **плазма** - это газ, в котором значительная часть молекул или атомов ионизирована;

2) **кристаллы** - это твердые тела, в которых атомы или молекулы расположены упорядочение и образуют периодически повторяющуюся внутреннюю структуру;

3) **жидкости** - это агрегатное состояние вещества, которое сочетает в себе черты твердого состояния (сохранение объема, определенная прочность на разрыв) и газообразного (изменчивость формы).

При выделении структурных уравнений вещества пользуются такими критериями:

- пространственные размеры: частицы одного уровня имеют пространственные размеры одного порядка (например, все атомы имеют размеры порядка  $10^{-8}$  см);

- время протекания процессов: на одном уровне оно примерно одного порядка;

- объекты одного уровня состоят из одних и тех же элементов (например, все ядра состоят из протонов и нейтронов);

- законы, объясняющие процессы на одном уровне, качественно отличаются от законов, объясняющих процессы на другом уровне;

- объекты разных уровней различаются по основным свойствам (например, все атомы электрически нейтральны, а все ядра положительно заряжены).

По мере открытия новых уровней структуры и состояний вещества объектная область структурной физики расширяется.

Необходимо учитывать, что при решении конкретных физических задач вопросы, связанные с выяснением структуры, взаимодействия и движения, тесно переплетаются.

В основе структурной физики лежит корпускулярный подход к описанию и объяснению природы.

### Идеи и понятия квантовой механики

В 1925 г. В. Гейзенберг построил так называемую матричную механику; а в 1926 г. Э. Шрёдингер разработал волновую механику. Вскоре выяснилось, что и матричная механика, и волновая механика — различные формы единой теории, получившей название квантовой (нерелятивистской) механики.

К созданию матричной механики В. Гейзенберг пришел в результате исследований спектральных закономерностей, теории дисперсии, где атом представлялся некоторой символической математической моделью — как совокупность гармонических осцилляторов. Эти исследования подтолкнули его к мысли о том, что представления об атоме как о системе, состоящей из ядра и вращающихся вокруг него электронов, которые обладают определенной массой и движутся с определенной скоростью по определенной орбите, нужно понимать лишь как аналогию для устновления математической модели; подлинные же характеристики атома нами не наблюдаются. Теория атомных явлений, по Гейзенбергу, должна ограничиваться установлением соотношений между величинами, которые непосредственно измеряются в экспериментальных исследованиях («наблюдаемыми» величинами, в терминологии Гейзенberга) — частотой излучения спектральных линий, их интенсивностью, поляризацией и т.п. А «ненаблюдаемые» величины, такие, как координаты электрона, его скорость, траектория, по которой он движется, и т.д., не следует использовать в теории атома. Вместо координат и скоростей электрона в его схеме фигурировали абстрактные алгебраические величины -матрицы. Матрицы соотносились с наблюдаемыми величинами простыми правилами.

Согласно принципу соответствия, соотношения величин новой теории должны быть аналогичными соотношениям классических величин. При этом каждой классической величине нужно найти соответствующую ей квантовую величину и составить соответствующие соотношения между найденными квантовыми величинами. Такие соответствия могут быть получены только из операций измерения. Анализируя закономерности измерения величин в квантовой механике, Гейзенберг приходит к важному принципиальному результату о невозможности одновременного точного измерения двух канонически сопряженных величин и устанавливает так называемое соотношение неопределенностей:

$$\Delta q_i \Delta p_i = \hbar,$$

где  $\Delta q_i$  — точность измерения какой-либо из координат частицы;  $\Delta p_i$  — точность одновременного измерения соответствующего импульса;  $\hbar$  — постоянная Планка. Этот принцип является основой физической интерпретации квантовой механики, ее математического аппарата, играет большую эвристическую роль.

Второе направление в создании квантовой механики опиралась на идею Л. де Броиля о волновой природе материальных частиц. На первые работы де Броиля, в которых высказывалась идея волн, связанных с материальными частицами, не обратили серьезного внимания. Де Броиль впоследствии писал, что высказанные им идеи были приняты с «удивлением, к которо-

му несомненно примешивалась какая-то доля скептицизма». Но не все скептически отнеслись к идеям де Броиля. Особенно сильное влияние эти идеи оказали на Э. Шрёдингера, который увидел в них основу для создания волнового варианта теории квантовых процессов. В 1926 г. Шрёдингер, развивая идеи де Броиля, построил так называемую волновую механику, в основе которой представление о том, что квантовые процессы следует понимать как некие волновые процессы, характеризуемые волновой функцией  $\psi$ . Функция  $\psi$  определяется дифференциальным уравнением («уравнение Шрёдингера»). Уравнение Шрёдингера описывает изменение во времени состояния квантовых объектов, характеризуемых волновой

функцией. Если известна волновая функция в некоторый начальный момент, то с помощью уравнения Шредингера можно найти волновую функцию в любой последующий момент времени  $t$ .

Кроме того, Шредингер поставил вопрос о связи его теории с теорией Гейзенберга и показал, что при всем различии исходных физических положений они математически эквивалентны. Иначе говоря, в квантовой механике разница между полем и системой частиц исчезает. Например, электрон, вращающийся вокруг ядра, можно представить как волну, длина которой зависит от ее скорости. Там, где укладывается целое число длин волн электрона, волны складываются и образуют боровские разрешенные орбиты. А там, где целое число длин волн не укладывается, гребни волн компенсируют впадины и орбиты не будут разрешены. Это также означает, что образ материальной точки, занимающей определенное место в пространстве, строго говоря, является приближенным и может быть сохранен только при рассмотрении макропроцессов, подобно тому как мы пользуемся представлением о световом луче, которое теряет смысл, если рассматривать явления дифракции и интерференции.

Математический аппарат квантовой механики оказался логически непротиворечивым, строгим и изящным, а отношения между математическими и физическими величинами устанавливаются строго и четко. Основные понятия квантовой механики — «квантовое состояние», «вектор состояния», «оператор» и др. Возможности аппарата квантовой механики возросли, когда анализ спектров атомов привел к ставлению о том, что электрону (и всем элементарным частицам) кроме заряда и массы присуща еще одна внутренняя характеристика — спин (собственный момент количества движения, имеющий квантовую природу). Представление о спине позволило В. Паули (1925) сформулировать принцип запрета (согласно которому в произвольной физической системе не может быть двух электронов, находящихся в одном и том же квантовом состоянии), который имел фундаментальное значение для построения теории атома, квантовой химии, теории твердого тела и др.

За относительно короткое время (нерелятивистская) квантовая механика нашла применение при решении большого круга теоретических и практических задач. Прежде всего это касается объяснения строения атомов и молекул, периодической системы элементов, химической связи. С помощью квантовой теории удалось построить также более совершенные теории твердого тела, электрической проводимости, термоэлектрических явлений, ферромагнетизма и т.д. Она позволила построить теорию радиоактивного распада, а в дальнейшем стала базой для ядерной физики и ядерной энергетики.

Вслед за основополагающими работами Шредингера по волновой механике были предприняты первые попытки релятивистского обобщения квантово-механических закономерностей, и уже в 1928 г. П. Дирак заложил основы релятивистской квантовой механики.

Параллельно со становлением квантовой механики открывались новые элементарные частицы. К открытию в конце XIX в. первой элементарной частицы — электрона — добавились открытия фотона (теоретически предсказан А. Эйнштейном, 1905, экспериментально обнаружен Р. Милликеном, 1915), протона (Э. Резерфорд, 1919), нейтрона (Дж. Чедвик, 1932), позитрона (К. Андерсон, 1932), мюонов (К. Андерсон и др., 1936); в 1930 г. В. Паули было предсказано существование нейтрино, — частицы, которая была экспериментально обнаружена лишь в 1953 г. Вместе с тем до Второй мировой войны открытие новых элементарных частиц (в основном в космических лучах) рассматривалось как закономерное уточнение квантовой картины материи, которое не несет в себе принципиальных неожиданностей. Ситуация резко изменилась в конце 1940-х — начале 1950-х гг., когда с созданием ускорителей заряженных частиц исследования в этой области получили дополнительный импульс и развернулись широким фронтом.

## 1. 5 Лекция № 5 (2 часа).

**Тема:** «Современная астрономическая картина мира»

### 1.5.1 Вопросы лекции:

1. Особенности астрономии XX в
2. Солнечная система
3. Звезды. Эволюция звезд.
4. Галактики. Виды галактик
5. Эволюция Вселенной

### 1.5.2 Краткое содержание вопросов:

**Особенности астрономии XX в**

В XX в. в астрономии произошли поистине радикальные изменения. Прежде всего значительно расширился и обогатился теоретический фундамент астрономических наук. Начиная с 1920—1930-х гг. в качестве теоретической основы астрономического познания стали выступать (наряду с классической механикой) релятивистская и квантовая механика, что существенно раздвинуло «теоретический горизонт» астрономических исследований. Кроме того, радикально изменился эмпирический базис астрономии — она стала всеволновой.

Общая теория относительности дала возможность разрешить парадоксы ньютоновской космологии, сформулировать конкретное представление о предмете космологии (физико-геометрические свойства Вселенной как целого), создать теоретические модели явлений галактических и космологических масштабов. По сути ОТО впервые поставила космологию — эту важную отрасль астрономии — на твердую научную почву.

Создание квантовой механики обеспечило переориентацию задач астрономии с изучения в основном механических движений космических тел (под влиянием гравитационного поля) на изучение их физических характеристик, послужило мощным импульсом развития как астрофизики, так и космогонического аспекта астрономии (в частности, построения теории строения звезд, источников энергии и механизмов эволюции звезд, звездных систем и др.).

Наряду с этим существенно совершенствовались и эмпирические методы астрономического познания. Уже в первой трети XX в. с созданием новых более мощных телескопов и разработкой более совершенных методов спектроскопии был открыт грандиозный мир галактик, получила мощный импульс внегалактическая астрономия (Э.Хаббл), кардинально продвинулись исследования в области звездной астрономии, что дало возможность выяснить эмпирические зависимости между параметрами звезд (диаграмма Герцшпрунга—Рессела) и др. Еще более радикальные изменения в эмпирическом базисе астрономии произошли во второй половине XX в. Если в классической астрономии существовал по сути один узкий канал получения информации об астрономических объектах — видимый свет (наблюдения невооруженным глазом, оптический телескоп), то во второй половине XX в. и в начале XXI в. получение такой информации осуществляется по четырем каналам.

Во-первых, это электромагнитные волны, причем не только в оптическом диапазоне. Астрономия стала всеволновой. Это значит, что наблюдения проводятся на всех диапазонах электромагнитных волн (радио, инфракрасный, оптический, ультрафиолетовый, рентгеновский и гамма-диапазоны). В настоящее время свыше 60% информации о космических объектах и процессах несут в себе внеоптические диапазоны электромагнитных волн, начиная с самых длинных радиоволн и заканчивая самым коротким гамма-диапазоном. Очень велико значение информации, которую несут, в частности, рентгеновские и гамма-лучи. Так, рентгеновские телескопы предоставляют сведения о черных дырах, фоновом излучении и др.; гамма-астрономия — о вспышках на Солнце, пульсарах, нейтронных звездах и др. При этом рентгеновские и гамма-лучи, излучаемые особенно мощными источниками, поглощаются в земной атмосфере, и поэтому непосредственно могут наблюдаваться только из космоса, со спутников, орбитальных станций либо (в некоторых случаях гамма-излучения) с высотных аэростатов.

Во-вторых, это космические лучи. На Землю из глубин космоса, а также от Солнца непрерывно льются потоки лучей. Некоторые из них достигают поверхности Земли, другие взаимодействуют с ее атмосферой. В космических лучах выделяется первичный состав (высокоэнергетические электроны, протоны, позитроны, антипротоны, тяжелые ядра и др.) и вторичный состав (частицы, образующиеся в результате взаимодействия частиц первичного состава со звездным, межзвездным, межпланетным и другим веществом).

В-третьих, это нейтринная астрономия. Как мы уже отмечали, нейтрино очень слабо взаимодействует с веществом и трудно регистрируется. Зато оно несет ценнейшую информацию о процессах, протекающих внутри звезд, Солнца, в глубинах Вселенной, вспышках сверхновых звезд и др. В частности, поток нейтрино был зафиксирован в 1987 г. во время вспышки сверхновой звезды в галактике, именуемой Большим Магеллановым облаком. Показательно, что детектор зафиксировал в этом потоке 12 нейтрино из 116 прошедших через него! На другой установке за 30 лет наблюдений удалось зафиксировать 2000 нейтрино от Солнца.

### **Солнечная система**

Самыми яркими из постоянно наблюдаемых нами небесных объектов, кроме Солнца и Луны, являются соседние с нами планеты. Они принадлежат к числу тех девяти миров (включая Землю), которые обращаются вокруг Солнца (а его радиус 700 тыс. км, т.е. в 100 раз больше радиуса Земли) на расстояниях, достигающих нескольких миллиардов километров. Группа планет вместе с Солнцем составляет Солнечную систему. Планеты хотя и кажутся похожими на звезды, в действительности гораздо меньше последних и темнее. Они видны только потому, что отражают солнечный свет, который кажется очень яркими, поскольку планеты гораздо ближе к Земле, чем звезды.

Кроме планет, в солнечную «семью» входят спутники планет (в том числе и наш спутник — Луна), астероиды, кометы, метеорные тела. Планеты расположены в следующем порядке: Меркурий, Венера, Земля (один спутник — Луна), Марс (два спутника), Юпитер (15 спутников), Сатурн (16 спутников), Уран (5 спутников), Нептун (2 спутника) и Плутон (1 спутник). Земля в 40 раз ближе к Солнцу, чем Плутон, и в 2,5 раза дальше, чем Меркурий. Возможно, что за Плутоном есть еще одна или несколько планет, но поиски их среди множества звезд слабее 15-й величины слишком кропотливы и не оправдывают затраченного времени. Возможно, они будут открыты «на кончике пера», как это уже было с Ураном, Нептуном и Плутоном.

Важную роль в Солнечной системе играет межпланетная среда, те формы вещества и поля, которые заполняют пространство Солнечной системы. Основные компоненты этой среды — солнечный ветер (поток заряженных частиц, в основном протонов и электронов, истекающих с поверхности Солнца); заряженные частицы высокой энергии, приходящие из глубин космоса; межпланетное магнитное поле; межпланетная

пыль (большая часть с массой  $10^{-3}$ — $10^{-5}$  г), основным источником которой являются кометы; нейтральный газ (атомы водорода и гелия).

По физическим характеристикам планеты делятся на две группы: планеты земного типа (Меркурий, Венера, Земля, Марс) и планеты-гиганты (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун). О Плутоне известно мало, но, по-видимому, он ближе по своему строению к планетам земной группы.

Строение планет. Строение планет слоистое. Выделяют несколько сферических оболочек, различающихся по химическому составу, фазовому состоянию, плотности и другим характеристикам.

Все планеты земной группы имеют твердые оболочки, в которых сосредоточена почти вся их масса. Венера, Земля и Марс обладают газовыми атмосферами. Меркурий практически лишен атмосферы. Окутан плотной атмосферой крупнейший спутник Сатурна — Титан, который по размерам больше планеты Меркурий. Титан — единственный спутник в нашей Солнечной системе, обладающий постоянной и плотной газовой атмосферой, которая состоит главным образом из азота и метана. Запущенная в 1997 г. к Сатурну автоматическая космическая станция «Кассини», уже передавшая изображения Сатурна, в 2004 г. должна сблизиться с Титаном, спустить на его поверхность, «прититанить» на парашюте космический зонд «Гюйгенс», который будет передавать информацию о состоянии атмосферы и поверхности Титана (ее температура —  $180^{\circ}\text{C}$ ).

### Звезды. Эволюция звезд

Звезда — плазменный шар. В звездах сосредоточена основная масса (98—99%) видимого вещества в известной нам части Вселенной. Звезды — мощные источники энергии. В частности, жизнь на Земле обязана своим существованием энергии излучения Солнца.

Вещество звезд представляет собой плазму, т.е. находится в ином состоянии, чем вещество в привычных для нас земных условиях. Плазма — это четвертое (наряду с твердым, жидким, газообразным) состояние вещества, представляющее собой ионизированный газ, в котором положительные (ионы) и отрицательные заряды (электроны) в среднем нейтрализуют друг друга. В земных условиях плазма встречается очень редко — в электрических разрядах в газах, молнии, в процессах горения и взрыва и др. Около Земли плазма существует в виде солнечного ветра, радиационных поясов, ионосферы и др. Зато во Вселенной в состоянии плазмы находится подавляющая часть вещества. Кроме звезд, это — межзвездная среда, галактические туманности и др. Итак, строго говоря, звезда — это не просто газовый шар, а плазменный шар.

Высокая светимость звезд, поддерживаемая в течение длительного времени, свидетельствует о выделении в них огромных количеств энергии. Современная физика указывает на два возможных источника энергии — гравитационное сжатие, приводящее к выделению гравитационной энергии, и термоядерные реакции, в результате которых из ядер легких элементов синтезируются ядра более тяжелых элементов и выделяется большое количество энергии.

Как показывают расчеты, энергии гравитационного сжатия было бы достаточно для поддержания светимости Солнца в течение всего лишь 30 млн лет. Но из геологических и других данных следует, что светимость Солнца оставалась примерно постоянной в течение миллиардов лет. Гравитационное сжатие может служить источником энергии лишь для очень молодых звезд. С другой стороны, термоядерные реакции протекают с достаточной скоростью лишь при температурах, в тысячи раз превышающих температуру поверхности звезд. Так, для Солнца температура, при которой термоядерные реакции могут выделять необходимое количество энергии, составляет, по различным расчетам, от 12 до 15 млн К. Такая колоссальная температура достигается в результате гравитационного сжатия, которое и «зажигает» термоядерную реакцию. Таким образом, в настоящее время наше Солнце является медленно горящей водородной бомбой.

Понятие звездной эволюции.

Основные фазы в эволюции звезды — ее рождение (звездообразование); длительный период (обычно стабильного) существования звезды как целостной системы, находящейся в гидродинамическом и тепловом равновесии; и, наконец, период ее «смерти», т.е. необратимое нарушение равновесия, которое ведет к разрушению звезды или к ее катастрофическому сжатию.

Ход эволюции звезды зависит от ее массы и исходного химического состава, который, в свою очередь, зависит от времени образования звезды и ее положения в Галактике в момент образования. Чем больше масса звезды, тем быстрее идет ее эволюция и

тем короче ее «жизнь». Для звезд с массой, превышающей солнечную массу в 15 раз, время стабильного существования оказывается всего около 10 млн лет. Это крайне незначительное время по космическим меркам, ведь время, отведенное для нашего Солнца, на 3 порядка выше — около 10 млрд лет.

Зездообразование начинается со сжатия и последующей фрагментации (под действием гравитационных сил) протяженных холодных облаков молекулярного межзвездного газа. Масса газа должна быть такой, чтобы действие сил гравитации преобладало над действием сил газового давления. При современных температурах межзвездного газа ( $10$ — $30$  К) его минимальная масса, которая может конденсироваться, коллапсировать, составляет не менее тысячи масс нашего Солнца. Каждый из образовавшихся фрагментов может в свою очередь разделяться на отдельные фрагменты (так называемая каскадная фрагментация). Последняя серия фрагментов и представляет собой материал, из которого непосредственно формируются звезды.

По мере сжатия в таком фрагменте постепенно выделяются ядро и оболочка. Ядро — это центральная, более плотная и компактная часть, достигшая гидростатического равновесия. Оболочка — это внешняя, протяженная, продолжающая коллапсировать часть газопылевого фрагмента. (Из материала оболочки впоследствии при ее преобразовании в газопылевой диск могут образовываться окружающие звезду планеты.) Процесс конденсации сопровождается возрастанием магнитного поля, ростом давления газа. Долгое время оболочка остается плотной и непрозрачной, что делает рождающуюся звезду невидимой в оптическом диапазоне. (Зато ее можно зафиксировать средствами радио- и инфракрасной астрономии.) Так постепенно формируются протозвезды — грандиозные непрозрачные массы межзвездного газа со сформировавшимся ядром, в которых гравитация уравновешивается силами внутреннего давления.

С образованием протозвезды рост массы ее ядра не прекращается. Масса ядра продолжает увеличиваться за счет выпадения газа на ядро из оболочки (акреция). Силы гравитации растут и разогревают ядро, которое претерпевает качественные изменения, в том числе возрастают его светимость и давление излучения. Затем рост ядра и конденсация газа из оболочки прекращаются. Оболочка постепенно «сдувается» излучением и рассеивается. А ядро со стороны приобретает вид звездного объекта. Этот процесс гравитационного сжатия длится относительно недолго (от сотен тысяч до нескольких десятков млн лет) и заканчивается тогда, когда температура в центре достигает тех значений (10—15 млн градусов), при которых включается другой источник энергии — термоядерные реакции. Сжатие при этом прекращается и процесс звездообразования завершается: протозвезда окончательно превращается в звезду.

### Галактики. Виды галактик

Вскоре после изобретения телескопа внимание наблюдателей привлекли многочисленные светлые пятна туманного вида, — так и названные туманностями, — видимые неизменно в одних и тех же местах. С помощью сильных телескопов У. Гершель и его сын Дж. Гершель открыли множество таких туманных пятен, а к концу XIX в. было обнаружено, что некоторые из них имеют спиральную форму. Но долго оставалось загадкой, что представляют собой эти туманности. Только в 1920-е гг. с помощью крупнейших в то время телескопов удалось разложить туманности на звезды. Стало ясно, что туманности — это не облака пыли, светящиеся отраженным светом, и не облака разреженного газа, а чрезвычайно далекие звездные системы галактики. Галактики — это гигантские звездные системы (примерно до  $10^{13}$  звезд). Такого же порядка ( $n = 13$ ) и массы галактик по отношению к массе Солнца.

Некоторые галактики можно разглядеть в хороший бинокль. Галактику Андромеды, большую по размерам и находящуюся достаточно близко к Солнцу (всего в 1,5 млн световых лет), в состоянии увидеть человек с хорошим зрением: это размытое пятно в созвездии Андромеды. Современные телескопы позволяют отыскать сотни миллионов и миллиарды галактик. В хорошо исследованной области пространства, на расстояниях 1500 Мпк, находится сейчас несколько миллиардов галактик. Таким образом, наблюдаемая нами область Вселенной — это прежде всего мир галактик.

Строение их различно. Но наиболее характерна и примечательна одна форма — уплощенный диск с выпуклостью в центре, откуда исходят спиральные рукава. Галактика Андромеды, как и наша собственная, принадлежит к спиральному типу галактик. Солнечная система расположена в одном из спиральных рукавов Галактики на расстоянии примерно двух третей ее радиуса от центра.

Следует помнить, что, наблюдая вселенную, мы видим галактики не такими, какие они есть теперь, а такими, какими они были в далеком прошлом. Свет от них приходит к нам через пространство в миллиарды и миллиарды километров, на преодоление которого он затрачивает миллионы лет. Свет от ближайшей к нам галактики Андромеды достигает Земли через 1,5 млн лет. С помощью больших телескопов можно наблюдать еще намного более далекие галактики, и мы видим их такими, какими они были миллиарды лет назад. Расстояние до самых дальних из наблюдаемых в настоящее время галактик — свыше 10 млрд световых лет.

Одна из центральных проблем внегалактической астрономии связана с определением расстояний до галактик и размеров самих галактик. Расстояния до ближайших галактик, которые можно разложить на звезды, определяются по их светимости. Сложнее оценить расстояние до далеких галактик.

В 1912 г. американский астроном В. Слайфер обнаружил эффект красного смещения в спектрах далеких галактик: их спектральные линии оказались смещеными к длинноволновому (красному) краю по сравнению с такими же линиями в спектрах источников, неподвижных относительно наблюдателя.

Чрезвычайно многообразны формы галактик. Типология форм галактик, разработанная еще Э. Хабблом, в основном сохранилась до настоящего времени. Хаббл выделял три основных типа галактик: эллиптические, имеющие круглую или эллиптическую форму (обозначаются E); это наиболее простые галактики, не содержащие горячих звезд, сверхгигантов, пыли и газовых туманностей; в центре их нет ядра; спиральные, которые Хаббл разбил на два семейства — обычные (S) и пересеченные (SB). У первых ветви выходят непосредственно из ядра; у вторых ядро пересечено широкой, яркой полосой, называемой перемычкой или баром; спиральные ветви отходят от концов бара; неправильные галактики (Ig) имеют клочковатое строение и неправильную форму; яркость и светимость их невелики; они изобилуют горячими сверхгигантами, газовыми туманностями и пылью (например, Большое и Малое Магеллановы Облака); к неправильным галактикам относятся также взаимодействующие галактики; большинство неправильных галактик — карлики.

Форма и структура галактик связаны с их основными физическими характеристиками: размером, массой, светимостью. И по этим характеристикам мир галактик оказался поразительно

### **Эволюция Вселенной**

Современная космология — это сложная, комплексная и быстро развивающаяся система естественно-научных (астрономия, физика, химия и др.) и философских знаний о Вселенной в целом, основанная как на наблюдательных данных, так и на теоретических выводах, относящихся к охваченной астрономическими наблюдениями части Вселенной. Глубинная связь космологии и физики базируется на том, что космологи в современной Вселенной ищут «следы» тех процессов, которые происходили в момент рождения Вселенной. А такими «следами» прежде всего выступают фундаментальные свойства физического мира — три пространственных измерения и одно временное; четыре фундаментальных взаимодействия; преобладание частиц над античастицами и др. Эмпирические данные, представленные главным образом внегалактической астрономией, свидетельствуют о том, что мы живем в эволюционирующей, расширяющейся, нестационарной Вселенной.

Имеет ли смысл рассматривать Вселенную в целом как единый целостный динамический объект? Современная космология в основном исходит из предположения, что на этот вопрос следует ответить положительно. Иначе говоря, предполагается, что Вселенная в целом подчиняется тем же естественным законам, которые управляют поведением ее отдельных составных частей. При этом определяющую роль в космологических процессах играет гравитация.

Поскольку именно тяготение определяет взаимодействие масс на больших расстояниях, а значит, динамику космической материи в масштабах Вселенной, то теоретическим ядром космологии выступает теория тяготения, а современной космологии — релятивистская теория тяготения. Поэтому современную космологию называют релятивистской.

Ньютоновская физика рассматривает пространство и время как «арену», на которой разыгрываются физические процессы; она не связывает воедино пространство и время. Согласно общей теории относительности (см. 9.2), распределение и движение материи изменяют геометрические свойства пространства-времени и в то же время сами зависят от них; гравитационное поле проявляется как искривление пространства-времени (чем значительнее кривизна пространства-времени, тем сильнее гравитационное поле).

Важнейшим направлением разработки теории нестационарной Вселенной в XX в. явилось исследование физических процессов в начальные моменты Вселенной. Центральным здесь оказался вопрос о смысле сингулярности. Что представляет собой сингулярность: чисто математическое выражение предела возможностей экстраполяции в прошлое уравнений общей теории относительности или отражение какого-то реального момента (начального состояния) нашего мира? Этот исследовательский поиск был нацелен на получение ответов на ключевые мировоззренческие вопросы: что происходило в начальные моменты Вселенной? что привело к ее расширению? какое научное значение следует вкладывать в метафору «рождение Вселенной»? Выдающимися достижениями на этом пути было создание теории горячей Вселенной, или Большого взрыва, и разработка принципов и понятий инфляционной космологии.

Качественно новым и глубоким шагом в изучении начальных состояний Вселенной была разработка модели горячей Вселенной. Ее основы были заложены в трудах американского физика русского происхождения Дж. Гамова и его сотрудников в 1948—1956 гг. В соответствии с этой концепцией Вселенная на ранних стадиях расширения характеризовалась не только высокой плотностью вещества, но и его высокой температурой.

Ключ к пониманию ранних этапов эволюции Вселенной — в гигантском количестве теплоты, выделившейся при Большом взрыве. В простейшем варианте теории горячей Вселенной предполагается, что Вселенная возникла спонтанно в результате взрыва из состояния с очень большой плотностью и энергией (состояние сингулярности). По мере расширения Вселенной температура падала (сначала быстро, а затем все медленнее) от очень большой до довольно низкой, обеспечивавшей возникновение условий, благоприятных для образования звезд и галактик. На протяжении около 1 млн лет температура превышала несколько тысяч градусов, что препятствовало образованию атомов, и, следовательно, космическое вещество имело вид разогретой плазмы, состоящей из ионизированных водорода и гелия. Лишь когда температура Вселенной понизилась приблизительно до температуры поверхности Солнца, возникли первые атомы. Таким образом, атомы — это реликты эпохи, наступившей через 1 млн лет после Большого взрыва.

## **1. 6 Лекция № 6 (2 часа).**

**Тема:** «Биологическая форма материи»

### **1.6.1 Вопросы лекции:**

1. Особенности живых систем
2. Основные уровни организации живого

### 3. Возникновение жизни на Земле

### 4. Развитие органического мира

#### **1.6.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **Особенности живых систем**

В основе современной биологической картины мира лежит представление о том, что мир живого — это грандиозная система высокоразвитых организованных систем. Любая система (и в неорганической, и в органической природе) состоит из совокупности элементов (компонентов) и связей между ними (структуры), которые объединяют данную совокупность элементов в единое целое. Биологическим системам свойственны свои специфические элементы и особенные типы связей между ними. Сначала об элементах и компонентах биологических систем. В них выражена дискретная составляющая живого. Живые объекты, системы в природе относительно обособлены друг от друга (особи, популяции, виды). Любая особь многоклеточного животного состоит из клеток, а любая клетка и одноклеточные существа — из определенных органелл. Органеллы образуются дискретными, обычно высокомолекулярными, органическими веществами. Биологические системы предельно индивидуализированы. Среди живых систем нет двух одинаковых особей, популяций, видов и др. Это способствует их адаптации к внешней среде.

Вместе с тем сложная организация немыслима без целостности. Целостность системы означает несводимость свойств системы к сумме свойств ее элементов. Целостность порождается структурой системы, типом связей между ее элементами. Биологические системы отличаются высоким уровнем целостности.

Живые системы — открытые системы, постоянно обменивающиеся веществом, энергией и информацией со средой. Обмен веществом, энергией и информацией происходит и между частями (подсистемами) системы. Для живых систем характерны отрицательная энтропия (увеличение упорядоченности), способность к самоорганизации.

Динамические процессы в биологических системах, их самоорганизация, устойчивость и переходы из стационарного состояния в нестационарное обеспечиваются различными механизмами саморегуляции. Саморегуляция — это внутреннее свойство биологических систем автоматически поддерживать на некотором необходимом уровне параметры протекающих в них процессов (физиологических и др.). Системы органического мира организованы иерархически и представлены большим количеством уровней структурно-функциональной организации. На каждом уровне складываются свои специфические механизмы саморегуляции, основанные, как правило, на принципе обратной связи (отрицательной или положительной), когда отклонение некоторого параметра от необходимого уровня приводит к «включению» функций, которые ликвидируют дисбаланс, возвращая данный параметр к нужному уровню. В случае отрицательной обратной связи знак изменения противоположен знаку первоначального отклонения, а при положительной обратной связи знак изменения совпадает со знаком отклонения; при этом система выходит из одного стационарного состояния и переходит в другое. Любая биологическая система способна пребывать в различных стационарных состояниях. Это позволяет ей, с одной стороны, функционировать в определенных отношениях независимо от среды, а с другой — адаптироваться к среде при соответствующих условиях.

Кроме стационарных, биологические системы имеют и автоколебательные состояния, когда значения параметров колеблются во времени с определенной амплитудой. Такие состояния являются основой периодических биологических процессов, биологических ритмов, биологических часов и др.

##### **Основные уровни организации живого**

Критериями выделения основных уровней выступают специфические дискретные структуры и фундаментальные биологические взаимодействия. На основании этих критериев достаточно четко выделяются следующие уровни организации живого: молекулярно-генетический, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический.

Молекулярно-генетический уровень. Знание закономерностей этого уровня организации живого — необходимая предпосылка ясного понимания жизненных явлений, происходящих на всех остальных уровнях организации жизни. На данном уровне организации жизни элементарной единицей являются гены, несущие в себе коды наследственной информации. В XX в. развитие хромосомной теории наследственности, анализ мутационного процесса, изучение строения хромосом, фагов и вирусов, развитие молекулярной биологии, биохимии позволили раскрыть основные черты организации элементарных генетических структур и связанных с ними явлений.

Выяснено, что основные структуры на этом уровне представлены молекулами ДНК, дифференцированными по длине на элементы кода — триплеты азотистых оснований, образующих гены. Основные свойства генов: способность их к конвариантной редупликации, локальным структурным изменениям (мутациям), способность передавать хранящуюся в них информацию внутриклеточным управляющим системам.

Молекула ДНК представляет собой две спаренные, закрученные в спираль нити, каждая из которых соединяется с другой водородными связями. Конвариантная редупликация происходит по матричному принципу: сначала разрываются водородные связи двойной спирали ДНК с участием фермента ДНК-полимеразы; затем каждая нить на своей поверхности строит соответствующую нить; после этого новые нити комплементарно соединяются между собой. Пиримидиновые и пуриновые основания комплементарных

нитей «сшиваются» между собой ДНК-поли-меразой. Этот процесс осуществляется очень быстро. Так, на самосборку ДНК примерно из 40 тыс. пар нуклеотидов требуется всего 100 с.

Организменный уровень. Следующий, более сложный, комплексный уровень организации жизни на Земле — организменный. Он связан с жизнедеятельностью отдельных биологических особей, дискретных индивидов. Индивид, особь — неделимая и целостная единица жизни на Земле.

В многообразной земной органической жизни особи имеют различное морфологическое содержание: одноклеточные, состоящие из ядра, цитоплазмы, множества органелл и мембран, макромолекул и т.д. Здесь и многоклеточная особь, образованная из миллионов и миллиардов клеток. Сложность многоклеточных особей неизмеримо выше сложности одноклеточных. Но и одноклеточная, и многоклеточная особи обладают системной организацией и выступают как единое целое.

Причины развития организма в онтогенезе являются предметом обстоятельного и интенсивного изучения эмбриологами, биохимиками, генетиками. Многие отрасли биологии изучают процессы и явления, происходящие в особи, согласованное функционирование ее органов и систем, механизм их работы, взаимоотношения органов, поведение организмов, приспособительные изменения и т.п. Пока не создана общая теория онтогенеза, не ясны все причины и факторы, определяющие строгую организованность этого процесса. Имеющиеся результаты позволяют понять только отдельные процессы, обеспечивающие индивидуальное развитие организма. Прежде всего это касается изучения дифференциации, т.е. образования разнообразных, специализированных для выполнения определенных функций частей организма. Онтогенез определяется деятельностию механизмов саморегуляции, согласованно реализующих наследственные свойства и работу управляющих систем в пределах особи.

Популяционно-видовой уровень. Особи в природе не абсолютно изолированы друг от друга, а объединены более высоким рангом биологической организации. Это популяционно-видовой уровень. Он возникает там и тогда, где и когда происходит объединение особей в популяции, а популяций в виды. Популяции характеризуются появлением новых свойств и особенностей в живой природе, отличных от свойств молекулярно-генетического и онтогенетического уровней.

Хотя популяции состоят из множества особей, они целостны. Их целостность в отличие от целостности молекулярно-генетического и онтогенетического уровней обеспечивается взаимодействием особей в популяциях и воссоздается через обмен генетическим материалом в процессе полового размножения. Виды — это системы популяций. Популяции и виды как надиндивидуальные образования способны к существованию в течение длительного времени и к самостоятельному эволюционному развитию.

Биогеоценотический уровень. Популяции разных видов взаимодействуют между собой. В ходе взаимодействия они объединяются в сложные системы — биоценозы. Биоценоз — совокупность растений, животных, грибов и микроорганизмов, населяющих участок среды с более или менее однородными условиями существования и характеризующихся определенными взаимосвязями между собой. Совокупность растений, входящих в биоценоз, называют фитоценозом, а совокупность животных — зооценозом. Компоненты, образующие биоценоз, взаимозависимы. Изменения, касающиеся только одного вида, могут сказаться на всем биоценозе и даже вызвать его распад.

Высокоорганизованные организмы для своего существования нуждаются в более простых организмах. Поэтому каждый биоценоз неизменно содержит как простые, так и сложные компоненты. Биоценоз только из бактерий или деревьев никогда не сможет существовать, как нельзя представить биоценоз, населенный лишь позвоночными или млекопитающими. Таким образом, низшие организмы в биоценозе — это не какой-то случайный пережиток прошлых эпох, а необходимая составная часть биоценоза.

ними может осуществляться в разных формах: газообразной, жидкой и твердой, а также в форме миграции животных.

### **Возникновение жизни на Земле**

Попытки понять, как возникла и развивалась жизнь на Земле, предпринимались еще в глубокой древности. В античности сложились два противоположных подхода к решению этой проблемы. Религиозно-идеалистический исходил из того, что возникновение жизни на Земле не могло осуществиться естественным, объективным, закономерным образом; жизнь является следствием божественного творческого акта (креационизм), поэтому всем существам свойственна особая, независимая от материального мира «жизненная сила» (*vis vitalis*), которая направляет все процессы жизни (витализм). В основе материалистического подхода лежало представление о том, что под влиянием естественных факторов живое может возникнуть из неживого, органическое из неорганического. При всей своей примитивности первые исторические формы концепции самозарождения сыграли прогрессивную роль в борьбе с креационизмом.

Идея самозарождения получила широкое распространение в Средневековье и эпоху Возрождения, когда допускалась возможность самозарождения не только простых, но и довольно высокоорганизованных существ, даже млекопитающих (мышей из тряпок). Например, в трагедии У. Шекспира «Антоний и Клеопатра» Леонид говорит Марку Антонию: «Ваши египетские гады заводятся в грязи от лучей вашего египетского солнца. Вот, например, крокодил...» Известны попытки Парацельса разработать рецепты искусственного человека (гомункулуса).

Невозможность произвольного зарождения жизни была доказана многими опытами. Итальянский ученый Ф. Реди экспериментально доказал невозможность самозарождения сколько-нибудь сложных животных.

Применение микроскопа в биологических исследованиях открыло большое разнообразие одноклеточных организмов. На этой основе вновь возродились старые идеи произвольного самозарождения простейших существ (абиогенез). Окончательно версия о самозарождении была развенчана Л. Пастером в середине XIX в. Пастер показал, что не только в запаянном сосуде, но и в незакрытой колбе с длинной S-образной горловиной хорошо прокипяченный бульон остается стерильным, потому что в колбу через такую горловину не могут проникнуть микробы. Это доказывало, что в наше время какой бы то ни было новый организм может появиться только от другого живого существа (биогенез).

Появление жизни на Земле пытались объяснить и занесением ее из других космических миров. В 1865 г. немецкий врач Г. Рихтер выдвинул гипотезу космозоев (космических зачатков), в соответствии с которой жизнь является вечной и зачатки, населяющие мировое пространство, могут переноситься с одной планеты на другую. Эта гипотеза была поддержана многими выдающимися учеными XIX в. — У. Томсоном, Г. Гельмгольцем и др. Сходную гипотезу, названную панспермией, в 1907 г. выдвинул известный шведский естествоиспытатель С. Аррениус: во Вселенной вечно существуют зародыши жизни, которые движутся в космическом пространстве под давлением световых лучей; попадая в сферу притяжения планеты, они оседают на ее поверхности и закладывают на этой планете начало живого.

Естествознание XX в. сделало шаг вперед в изучении жизни, ее проявлений на Земле и за ее пределами. Такие отрасли знаний, как биохимия, биофизика, генетика, молекулярная биология, космическая биохимия и др., расширили представления о сущности земной жизни, о возможности существования подобных явлений вне пределов нашей планеты. Сейчас уже определенно выяснено, что «азбука» живого сравнительно проста: в любом существе, живущем на Земле, присутствует 20 аминокислот, пять оснований, два углевода и один фосфат. Небольшое число одних и тех же молекул во всех живых организмах убеждает, что все живое должно иметь единое происхождение.

Отрицание возможности самозарождения жизни в настоящее время не противоречит представлениям о принципиальной возможности развития органической природы, жизни в прошлом из неорганической материи. На определенной стадии развития материи жизнь может возникнуть как результат естественных процессов, совершающихся в неорганической природе. Кроме того, элементарные химические процессы на начальных этапах возникновения и развития жизни могли происходить не только на Земле, но и в других частях Вселенной и в различное время. Поэтому не исключается возможность занесения определенных предпосыпочных факторов жизни на Землю из Космоса. Однако в изученной пока человеком части Вселенной только на Земле они привели к формированию и расцвету жизни.

Согласно положениям современной науки, жизнь возникла из неживого вещества в результате эволюции материи, является результатом естественных процессов, происходивших во Вселенной. Жизнь — это свойство материи, которое ранее не существовало и появилось в особый момент истории Земли. Возникновение жизни явилось результатом процессов, протекавших сначала миллиарды лет во Вселенной, а затем многие миллионы лет на Земле. От неорганических соединений к органическим, от органических к биологическим — таковы последовательные стадии процесса зарождения жизни.

Возраст Земли исчисляется примерно 4,6 млрд лет. Жизнь существует на Земле, видимо, около 3,8 млрд лет. Признаки деятельности живых организмов обнаружены в докембрийских породах, рассеянных по всему земному шару.

### **Развитие органического мира**

Основные этапы геологической истории Земли. Геологическая история Земли подразделяется на крупные промежутки — эры, эры — на периоды, периоды — на века. Разделение на эры, периоды и века, конечно, относительное, потому что резких разграничений между этими подразделениями не было. Но все же именно на рубеже соседних эр, периодов происходили существенные геологические преобразования — горообразовательные процессы, перераспределение суши и моря, смена климата и пр. Кроме того, каждое подразделение характеризовалось качественным своеобразием флоры и фауны.

Геологические эры Земли:

катахархей (от образования Земли 5 млрд лет назад до зарождения жизни);

архей, древнейшая эра (3,8 млрд — 2,6 млрд лет);

протерозой (2,6 млрд — 570 млн лет);

палеозой (570 млн — 230 млн лет) со следующими периодами:

кембрий (570 млн — 500 млн лет);

ордовик (500 млн — 440 млн лет);

силур (440 млн — 410 млн лет);

девон (410 млн — 350 млн лет);

карбон (350 млн — 285 млн лет);

пермь (285 млн — 230 млн лет);

мезозой (230 млн — 67 млн лет) со следующими периодами:

триас (230 млн — 195 млн лет);

юра (195 млн — 137 млн лет);

мел (137 млн — 67 млн лет);

кайнозой (67 млн — до нашего времени) со следующими периодами и веками:

палеоген (67 млн — 27 млн лет):

палеоцен (67—54 млн лет)  
эоцен (54—38 млн лет)  
олигоцен (38—27 млн лет)  
неоген (27 млн — 3 млн лет):  
миоцен (27—8 млн лет)  
плиоцен (8—3 млн лет)  
четвертичный (3 млн — наше время):  
плейстоцен (3 млн — 20 тыс. лет)  
голоцен (20 тыс. лет — наше время)

## 1.7 Лекция № 7 (2 часа).

**Тема:** «Основы синергетики»

### 1.7.1 Вопросы лекции:

1. Основные понятия синергетики.
2. Самоорганизующиеся системы и их свойства.
3. Примеры самоорганизации в системах различной природы.
4. Системный подход.

### 1.7.2 Краткое содержание вопросов:

**Основные понятия синергетики.**

В мифологии шумеров и египтян, а затем и древних греков существовали образы Хаоса и Порядка. Наряду с ними, возникло представление о третьем «нечто», осуществляющем переход от Хаоса к Порядку. Хаос соответствовал случайности, стихийности явлений, а Порядок, напротив, обеспечивал закономерное развитие в природе. У римлян возник аллегорический образ третьего участника - эволюционного перехода - бога богов, двуликого Януса, хранителя ключей от границы Порядка и Хаоса, который видит все в будущем и прошлом, непрерывно развертывает мир во времени, создает порядок вещей и подвергает их уничтожению, давая начало концу и конец началу.

Принцип триады получил широкое развитие у Фихте, Шеллинга и особенно Гегеля, а также в Христианском учении о Троице.

Современное изучение проблемы соотношения хаоса (беспорядка) и космоса (порядка) осуществляется с позиций новых наук: кибернетики, теории автоворонковых явлений и синергетики (теории самоорганизации).

Synergetikos - совместный.

Синергетика - направление междисциплинарных исследований, объект которых - процессы самоорганизации в открытых системах физической, химической, биологической, экологической и другой природы.

Синергетика как понятие означает совместное, согласованное, кооперативное действие, сотрудничество, взаимодействие различных элементов системы. По словам ее создателя — немецкого физика Германа Хакена (род. в 1927 г.), который занимается изучением систем, состоящих из многих подсистем самой различной природы — электронов, атомов, молекул, клеток, механических элементов, фотонов, органов животных и даже людей, это наука о самоорганизации, о превращении хаоса в порядок.

Объект изучения синергетики независимо от его природы обязан удовлетворять следующим требованиям:

- 1) открытость — обмен веществом, энергией и информацией с окружающей средой (реализуется т.н. процесс метаболизма);
- 2) неравновесность — при определенных значениях параметров, характеризующих систему, она переходит в критическое состояние, сопровождаемое потерей устойчивости;
- 3) выход из критического состояния, часто под воздействием, малых флуктуаций (случайное отклонение величины от ее среднего значения) осуществляется через скачок, т.е. резко, и система переходит в качественно новое состояние с более высоким уровнем упорядоченности.

**Скачок** — это крайне нелинейный процесс, при котором малые изменения параметров системы (обычно они называются управляющими) вызывают очень сильное изменение состояния системы, ее переход в новое качество. Например, при снижении температуры воды до определенного значения она скачком превращается в лед. Достаточно изменить температуру воды (управляющий параметр) около критической точки перехода всего лишь на доли градуса, чтобы вызвать ее практически мгновенное превращение в твердое тело.

Такие критические точки, вблизи которых система ведет себя неустойчиво и осуществляет смену режима развития или движения, называют точками **бифуркации**.

В этом процессе необходимо выделять две фазы:

1. плавную эволюцию, ход которой достаточно закономерен и жестко детерминирован,
2. скачки в точках бифуркации, протекающие случайным образом и поэтому случайно определяющие последующий закономерный эволюционный этап вплоть до следующего скачка в новой критической точке.

**Самоорганизующаяся называется такая система**, которая без специфического воздействия извне обретает какую-то пространственную, временную или функциональную структуру.

Модели синергетики - это модели нелинейных неравновесных систем, подвергающихся действию флуктуации. В момент перехода упорядоченная и неупорядоченная фазы отличаются друг от друга столь мало, что именно флуктуации переводят одну фазу в другую.

Основная идея синергетики – неравновесность является источником появления новой организаций, т.е. порядка. Неравновесное состояние вызывает эффекты корпоративности совместного поведения – война!

Основные свойства самоорганизующихся систем – открытость, нелинейность, диссипативность.

#### **Системный подход.**

Системный подход возник в 60—70-е гг. XX в.. Вообще, в познавательной практике встречается два типа множеств: 1) суммитивные, в которых целое = сумме частей; 2) собственно системы — множества, в которых части не только связаны, но и влияют друг на друга, качественно преобразуя целое. **Главная идея** системного подхода — представление сложного объекта любой природы целостностью. Основные понятия теории систем:

**Система** — комплекс целесообразно подобранных и взаимодействующих элементов. **Элемент** — предел делимости системы при сохранении её целостности, своего рода единица системы.

Цели системы осуществляются в ходе функционирования, т. е. деятельности, которая происходит на основе связей элементов. Различают внутренние и внешние связи. Если внешние связи у системы отсутствуют, система считается **замкнутой**, если внешние связи есть, **система открыта**. Разделение связей на внешние и внутренние относительно. Главные связи — *системообразующие*, они способствуют усилению целостности данной системы.

В процессе функционирования системы её элементы преобразуются в **компоненты**, которые уже нельзя рассматривать отдельно, вне системы. Удаление хотя бы одного компонента может привести к разрушению системы.

Обратная связь – связь от конечных этапов к начальным в уравнении состояния.

+ОС – способ сохранения стабильного состояния.

- ОС – уводят систему от положения равновесия, вызывают нарушения функционирования, но при этом являются источником совершенствования и развития системы.

**Развитие** системы связано с нарушением стабильности её функционирования, вызванной перестройкой внешних и внутренних связей, структуры в целом, изменением приоритетов в системе, роли и места отдельных компонентов.

## **1.8 Лекция № 8 (2 часа).**

**Тема:** «Происхождение и эволюция человека»

### **1.8.1 Вопросы лекции:**

1. Человек как предмет естественнонаучного познания.
2. Проблема появления человека на Земле.
3. Сходство и отличия человека от животных. Антропология.

### **1.8.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **Человек как предмет естественнонаучного познания**

Когда мы говорили о различии естественнонаучного и гуманитарного знания, то определили, что естествознание изучает природу, как она есть, а гуманитарные науки изучают духовные произведения человека. В каком смысле, учитывая такое разделение, можно говорить о человеке как предмете естествознания? В том смысле, что человек тоже естествен: во-первых, по своему происхождению, и, во-вторых, по своей природе, т. е. биологической основе своего существования. Человека можно рассматривать и как физическое тело и как биологическое существо, хотя он не сводится к этому.

В настоящее время в науке утвердилось представление, что человек — биосоциальное существо, соединяющее в себе биологическую и социальную компоненты. С этим можно согласиться, не забывая: 1) что человека можно рассматривать с физической точки зрения и изучать происходящие в нем химические процессы; 2) что не только человек обладает социальной формой существования, но и многие животные. Более того, с каждым годом этология накапливает все больше данных, свидетельствующих о том, что социальное поведение человека во многом генетически детерминировано.

Еще в античной философии много внимания уделялось определению природы человека. Киники видели ее в естественном образе жизни и ограничении желаний и материальных потребностей; Эпикур — в чувствах, общих у человека и животных; Сенека и стоики — в разуме. В западной философии, особенно в марксизме, на передний план выдвинулось представление о социальной сущности человека.

С точки зрения современной науки более точно разделять биологическую предопределенность существования человека и его родовую (собственно человеческую) сущность. Поисками границ между биологическим и специфически человеческим занимается наука, получившая название социобиологии. Эта наука в применении к изучению человека находится на стыке естественнонаучного и гуманитарного знания. Итак, человек как предмет естественнонаучного познания может рассматриваться в трех аспектах: 1) происхождение; 2) соотношение в нем естественного и гуманитарного; 3) изучение специфики человека методами естественнонаучного познания. Первое направление, традиционно называемое антропологией, изучает: когда, от кого и как произошел человек и чем он отличается от животных; второе направление — социобиология — изучает генетическую основу человеческой деятельности и соотношение физиологического и психического в человеке; к третьему направлению относится изучение естественнонаучным путем мозга человека, его сознания, души и т. п.

### **Проблема появления человека на Земле**

Как и в вопросе происхождения Вселенной и жизни, существует представление о божественном творении человека. «И сказал Бог: сотворим человека по образу нашему, по подобию нашему... И сотворил Бог человека по образу своему» (Бытие. 1.26,27). В индийской мифологии мир происходит из первого прачеловека — Пуруши.

Во многих первобытных племенах были распространены представления о том, что их предки произошли от животных и даже растений (на этом основано представление о тотемах), а такие верования встречаем у так называемых отсталых народов до сих пор. В античности высказывались мысли о естественном происхождении людей из ила (Анаксимандр). Тогда же заговорили о сходстве человека и обезьяны (Ганнон из Карфагена).

В настоящее время в связи с ажиотажем вокруг НЛО в моду вошли версии о происхождении человека от внеземных существ, посещавших Землю, или даже от скрещивания космических пришельцев с обезьянами. Но господствует в науке с XIX века вытекающая из теории эволюции Дарвина концепция происхождения человека от высокоразвитых предков современных обезьян. Она получила в XX веке генетическое подтверждение, поскольку из всех животных по генетическому аппарату ближе всего к человеку оказались у шимпанзе.

### **Сходства и отличия человека от животных**

Прежде чем говорить о времени появления человека мы должны выяснить вопрос об отличии человека от животных, поскольку именно представление о том, что такое человек, формирует выводы о его становлении. Сначала о сходстве человека и животных. Оно определяется, во-первых, вещественным составом, строением и поведением организмов. Человек состоит из тех же белков и нуклеиновых кислот, что и животные, и многие структуры и функции нашего тела такие же, как и у животных. Чем выше на эволюционной шкале стоит животное, тем ближе его сходство с человеком. Во-вторых, человеческий зародыш проходит в своем развитии те стадии, которые прошла эволюция живого. И, в-третьих, у человека имеютсяrudиментарные органы, которые выполняли важные функции у животных и сохранились у человека, хотя не нужны ему (например, аппендикс).

Однако и отличия человека от животных фундаментальны. К ним прежде всего относится разум. Что это такое? Изучение высших животных показало, что они обладают многим из того, на что раньше считались способны только люди. Эксперименты с обезьянами обнаружили, что они могут понимать слова, сообщать с помощью компьютера о своих желаниях, и с ними можно вести таким образом диалог. Но чем не обладают самые высшие животные, так это способностью к понятийному мышлению, т. е. к формированию отвлеченных, абстрактных представлений о предметах, в которых обобщены основные свойства конкретных вещей. Мышление животных, если о таковом можно говорить, всегда конкретно; мышление человека может быть абстрактным, отвлеченным, обобщающим, понятийным, логичным.

Чем выше способность к понятийному мышлению, тем выше интеллект человека. Оценить действительное значение разума помогает, в частности, соперничество человека с шахматным компьютером, который пытается выиграть за счет громадных скоростей перебора всех возможных вариантов.

Этология получает все больше данных о том, что в поведении человека и животных много схожего. Животные испытывают чувства радости, горя, тоски, вины и т. п.; у них есть любопытство, внимание, память, воображение. Тем не менее остается справедливым, что хотя животные имеют очень сложные формы поведения и создают изумительные произведения (например паутину, которую ткет паук), человек

отличается от всех животных тем, что до начала работы имеет план, проект, модель постройки. Благодаря способности к понятийному мышлению, человек сознает, что он делает, и понимает мир.

Вторым главным отличием является то, что человек обладает речью. Опять-таки, у животных может быть очень развитая система общения с помощью сигналов (что, кстати, позволило говорить о «цивилизации дельфинов»). Но только у человека есть то, что И. П. Павлов назвал второй сигнальной системой (в отличие от первой—у животных) — общение с помощью слов. Этим человеческое общество отличается от других общественных животных.

Что такое слово? Это видовой признак человека, который состоит в непосредственном доступе нашего сознания к высшему организующему началу бытия, к последнему звену восходящей цепочки мировых принципов, начинающейся с точного подбора физических констант. Так утверждает один из современных методологов науки, выводящий значение слова из утверждения, которым открывается одно из Евангелий: «В начале было Слово». С этих позиций и разум и слово появились задолго до человека, а не изобретены им. Они организовали биологическую материю, а затем были вложены в человека, что соответствует не только библейским текстам, но и философским системам Платона и Гегеля.

В естествознании же, пытающемся выяснить естественные причины человеческих способностей, известна гипотеза происхождения речи из звуков, произносимых при работе, которые потом становились общими в процессе совместного труда. Сначала появились корни глаголов, соответствующие определенным видам деятельности, затем другие части слова и речи. Такова суть гипотезы немецкого антрополога М. Мюллера. Таким же путем в процессе общественного труда постепенно мог возникнуть разум.

Способность к труду — еще одно фундаментальное отличие человека от животных. Конечно, все животные что-то делают, а высшие животные способны к сложным видам деятельности. Обезьяны, например, используют палки в виде орудий для доставания плодов. Но только человек способен изготавливать, творить орудия труда. С этим связаны утверждения, что животные приспособливаются к окружающей среде, а человек преобразует ее, и что в конечном счете труд создал человека.

Со способностью к труду соотносятся еще два отличительных признака человека: прямохождение, которое освободило его руки, и, как следствие, развитие руки, особенно большого пальца на ней. Наконец, еще два характерных признака человека, повлиявших на развитие культуры — использование огня и захоронение трупов.

Главные отличия человека от животных: понятийное мышление, речь, труд, — стали теми путями, по которым шло обособление человека от природы.

#### Антропология

В широком смысле «антропология» — наука о человеке (от греч. «антропос» — человек). Но так как человека изучает множество наук, как естественных, так и гуманитарных, то за антропологией в узком смысле осталась проблема происхождения человека и определения специфики его строения и эволюции.

Бурное развитие антропологии получила во второй половине XIX века после создания теории эволюции Дарвина. Э. Геккель выдвинул гипотезу о существовании в прошлом промежуточного между обезьяной и человеком вида, который он назвал питекантропом (букв. «Обезьяночеловек»). Он же предположил, что не современные обезьяны были предками человека, а дриопитеки («древесные обезьяны»), которые жили в середине третичного периода (70 млн. лет назад). От них одна линия эволюции пошла к шимпанзе и гориллам, другая — к человеку. 20 млн. лет назад под влиянием похолодания джунгли отступили и одной из ветвей дриопитеков пришлось спуститься с деревьев и перейти к прямохождению (так называемые «рамопитеки», остатки которых найдены в Индии и названы в честь бога Рамы).

В 1960 году английский археолог Л. Лики открыл в Восточной Африке «Человека Умелого», возраст которого 2 млн. лет, а объем мозга 670 куб. см. В этих же слоях были обнаружены орудия труда из расколотой речной гальки, заостренной при помощи нескольких сколов, которые он, как предполагают, изготавливал. Позже на озере Рудольф в Кении были найдены остатки существ того же типа возрастом 5,5 млн. лет. Наличие изготовленных орудий труда (если по этому факту судить о становлении человека) позволили существенно увеличить его возраст.

После этого укрепилось мнение, что именно в Восточной Африке в четвертичном периоде кайнозойской эры произошло разделение человека и человекообразных обезьян (не ранее, так как гены тех и других слишком сходны), т. е. разошлись эволюционные линии человека и шимпанзе. Эти выводы подтверждены измерениями по так называемым «молекулярным часам». Скорость изменения генов за счет точечных мутаций (изменений отдельных пар оснований ДНК) устойчива на протяжении долгих периодов времени, и ее можно использовать для датировки отхождения данной эволюционной ветви от общего ствола.

Что было причиной появления человека именно в одном месте? В Восточной Африке имеют место выходы урановых пород и существует повышенная радиация. Последняя, как доказано генетикой, вызывает мутации. Таким образом, здесь эволюционные изменения могли протекать более быстрыми темпами. Возникший вид, физически более слабый, чем окружение, должен был, чтобы выжить, начать изготавливать орудия, вести общественный образ жизни и развить разум как мощный инструмент слабого от природы существа, не обладающего достаточными естественными органами защиты.

«Человека Умелого» относят к австралопитекам (букв. «южная обезьяна»), остатки которого впервые найдены в Африке в 1924 году. Объем мозга австралопитека не превышал объема мозга человекообразных обезьян, но он был способен к созданию орудий труда. Это стало формой преодоления противоречия между

недостаточной естественной вооруженностью австралопитека и большой насыщенностью его существования опасными ситуациями.

Гипотетически предположенным Э. Геккелем питекантропом были названы остатки, обнаруженные в 1891 году на острове Ява. Существа, жившие 0,5 млн. лет назад, имели рост более 150 см, объем мозга примерно 900 куб. см. использовали ножи, сверла, скребки, ручные рубила. В 20-е годы XX века в Китае был найден синантроп («китайский человек») с близким к питекантропу объемом мозга. Он использовал огонь и сосуды, но не имел речи.

В 1856 году в долине Неандерталь в Германии обнаружили остатки существа, жившего 150-40 тыс. лет назад, названного неандертальцем. Он имел объем мозга, близкий к современному человеку, но покатый лоб, надбровные дуги, низкую черепную коробку; жил в пещерах, охотясь на мамонтов. У неандертальца впервые обнаружены захоронения трупов.

Наконец, в пещере Кро-Маньон во Франции в 1868 году были найдены остатки существа, близкого по облику и объему черепа (до 1600 куб. см.) к современному человеку, имевшему рост 180 см и жившему от 40 до 15 тыс. лет назад. Это и есть «Человек Разумный». В ту же эпоху появились расовые различия. У изолированных групп складывались особые признаки (светлая кожа у «белых» и т. п.).

Итак, линия эволюции человека выстраивается следующим образом: «Человек умелый» (австралопитек), «Человек прямоходящий» (питекантроп и синантроп), «Человек неандертальский», «Человек разумный» (кроманьонец). После кроманьонца человек не изменялся генетически, тогда как его социальная эволюция продолжалась.

У. Хавеллз утверждает, что человек современного типа возник 200 тыс. лет тому назад в Восточной Африке. Эта гипотеза получила название «Ноева ковчега», потому, что по Библии, все расы и народы произошли от трех сыновей Ноя — Сима, Хама и Иафета. В соответствии с этой версией питекантроп, синантроп и неандертальец — не предки современного человека, а различные группы гоминид (человекообразных существ), вытесненных «Человеком прямоходящим» из Восточной Африки. В пользу данной гипотезы свидетельствуют генетические исследования, которые не всеми антропологами и палеонтологами признаются надежными.

Альтернативная точка зрения мультирегиональной эволюции человечества (М. Уолпофф) утверждает, что только архаичные люди возникли в Африке, а современные — там, где они живут сейчас. Человек покинул Африку не менее 1 млн. лет назад. Эта гипотеза основывается на палеонтологическом сходстве между современными людьми и далекими предками, живущими в местах их обитания.

Какая из этих гипотез справедлива, сказать пока невозможно, так как палеонтологическая летопись неполна и промежуточные виды между человеком и обезьянами до сих пор в полном объеме неизвестны.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

### **2.1 Лабораторная работа № 1 ( 2 часа).**

**Тема:** «Исследовательская работа №1 «Наблюдение»»

**2.1.1 Цель работы:** провести наблюдение

**2.1.2 Задачи работы:**

Провести наблюдение объекта (явления), предложенного преподавателем.

**2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. наблюдаемый объект (предлагается преподавателем)

**2.1.4 Описание (ход) работы:**

- 1) Сформулировать цель наблюдения.
- 2) Определить и описать объект наблюдения.
- 3) Исследовать и перечислить средства и условия наблюдения.
- 4) Выбрать способ фиксирования результатов наблюдения.
- 5) Провести наблюдение.
- 6) Проанализировать результаты наблюдения, сформулировать выводы.
- 7) Составить письменный отчёт о проведённом наблюдении.

### **2.2 Лабораторная работа № 2 ( 2 часа).**

**Тема:** «Изучение законов равноускоренного движения »

**2.2.1 Цель работы:** Проверка кинематических уравнений с помощью компьютерной модели

**2.2.2 Задачи работы:**

1. Реализовать различные режимы движения в компьютерной модели
2. Построить графики зависимости координаты и скорости от времени

**2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

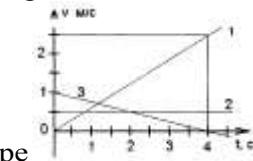
1. Компьютер
2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях»

**2.2.4 Описание (ход) работы:**

1. Загрузите программу "Физика в картинках".
2. Выберите раздел "Механика", затем лабораторную работу "Равноускоренное движение".
3. Реализуйте в компьютерном эксперименте следующие режимы движения:
  - а)  $v_0 = 0,2 \text{ м/с}, a = 0 \text{ м/с}^2$
  - б)  $v_0 = 0 \text{ м/с}, a = -0,5 \text{ м/с}^2$
  - в)  $v_0 = 1 \text{ м/с}, a = 0,1 \text{ м/с}^2$
  - г)  $v_0 = 1 \text{ м/с}, a = -0,1 \text{ м/с}^2$

Зарисуйте в тетради графики зависимости перемещения, координаты и скорости от времени.

4. На рисунке приведены графики скорости для нескольких режимов движения. Чему равно ускорение в каждом из этих случаев? Реализуйте эти режимы движения на компьютере
5. Начальная скорость человека  $v_0 = 1$  м/с. Известно, что двигаясь с постоянным ускорением, человек через 4 с остановился. Найдите его ускорение. Реализуйте это движение на компьютере. Через какое время он вернётся к точке старта?



## 2.3 Лабораторная работа № 3 ( 2 часа).

**Тема:** «Упругое и неупругое столкновение тел»

**2.3.1 Цель работы:** Проверка законов сохранения в механике с помощью компьютерной модели

### 2.3.2 Задачи работы:

1. Реализовать на модели и изучить различные виды удара

### 2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер

2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях».

### 2.3.4 Описание (ход) работы:

1. Загрузите программу “Физика в картинках”.
  2. Выберите раздел “Механика”, затем демонстрацию “Упругие и неупругие соударения” и ознакомьтесь с её работой.
  3. После этого в этой демонстрации нажмите вкладку “Вопросы”.
  4. Решив предложенную компьютером задачу, введите ответ в поле ввода.
  5. Проведите проверку вашего решения, нажав кнопку “Проверка” в нижней части экрана. Результат проверки в показать преподавателю.
  6. Переайдите к следующей задаче, для этого нажмите кнопку “Следующая” в нижней части экрана.
- Повторите пункты №4, №5, №6 лабораторной работы для всех последующих задач.
7. Решения всех задач записать в тетрадь.
- Замечание: после решения задач вернуться к модели вы можете при помощи вкладки “Старт”.
8. Сделайте вывод о проделанной работе и запишите его в тетрадь.
  9. Дополнительное задание: ознакомьтесь с работой демонстрации “Соударения шаров”, нажмите вкладку “Вопросы” в ней и ответьте на поставленные вопросы.
  10. Завершите работу программы.

## 2.4 Лабораторная работа № 4 ( 2 часа).

**Тема:** «Определение наиболее вероятной скорости движения молекул азота»

**2.4.1 Цель работы:** Исследование распределения молекул газа по скоростям

### 2.4.2 Задачи работы:

1. Изучить распределение молекул по скоростям

2. Определить наиболее вероятную скорость молекул

### 2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер
2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях».

#### 2.4.4 Описание (ход) работы:

1. Запустите программу “Молекулярная физика”
2. Ознакомьтесь с описанием компьютерной модели «Распределение Максвелла». Выберите в меню кнопку *Один газ*.
3. С помощью кнопки *Изменение T* установите температуру 450 К, считая  $T_0 = 600$  К.
4. Дождитесь, пока кривая распределения не станет максимально приближена к вершинам каждого из столбиков. Приостановите модель нажатием клавиши PAUSE (BREAK) на клавиатуре. (Для продолжения работы модели необходимо нажать ENTER)
5. Одно деление на оси абсцисс соответствует 90 м/с. (Рис.1) Измерьте:
  - число частиц  $n_1$ , скорости которых попали в интервал от 90 м/с до 180 м/с,
  - число частиц  $n_2$ , скорости которых попали в интервал от 270 м/с до 360 м/с,
  - число частиц  $n_3$ , скорости которых попали в интервал от 450 м/с до 540 м/с,
  - число частиц  $n_4$ , скорости которых попали в интервал от 630 м/с до 720 м/с
  - число частиц  $n_5$ , скорости которых попали в интервал от 810 м/с до 900 м/с
  - число частиц  $n_6$ , скорости которых попали в интервал от 1080 м/с до 1170 м/с
6. Постройте кривую распределения молекул по скоростям  $n_i (U)$ . Определите по графику наиболее вероятную скорость молекул. Таким образом, вы получите её экспериментальное значение.
7. Вычислите теоретическое значение наиболее вероятной скорости молекул азота ( $\mu = 0,028$  кг/моль) для заданной температуры по формуле (3) и сравните с экспериментальным.
8. Выполните пункты № 3 ÷ №7 лабораторной работы для температуры  $T = 600$  К. (Замечание: графики распределения первого и второго опыта необходимо строить в одних осях)
9. Сделайте вывод о проделанной работе и запишите его в тетрадь.

Завершите работу программы

## 2.5 Лабораторная работа № 5 ( 2 часа).

**Тема:** «Распределение Больцмана»

#### 2.5.1 Цель работы: изучение распределения Больцмана.

#### 2.5.2 Задачи работы:

1. Определение массы частицы.

#### 2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер
2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях».

#### 2.5.4 Описание (ход) работы:

1. Запустите программу “Молекулярная физика”.
2. Ознакомьтесь с описанием модели «Распределение Больцмана».
3. Установите число частиц в системе  $N = 50$ , температуру  $T_0$  и ускорение свободного падения равным  $g$ .
4. Дождитесь, пока кривая распределения не станет максимально приближена к вершинам каждого из столбиков. Приостановите модель нажатием клавиши PAUSE (BREAK) на клавиатуре. (Для продолжения работы модели необходимо нажать ENTER)
5. На диаграмме распределения Больцмана по оси ординат откладывается шкала высот  $h$  с ценой деления 0,5 см; по оси абсцисс число частиц. Используя данную диаграмму, определите:
  - среднее число частиц  $n_0$ , находящихся на высоте 0÷0,5 см,
  - среднее число частиц  $n$  находящихся на высоте 2 см, 3 см, ..., 9 см. (Рис. 1.) Полученные данные занесите в таблицу (кроме  $n_0$ ).

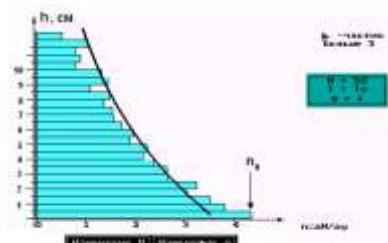


Рис. 1

6. Определите для каждого случая отношение числа частиц  $n_0$  к числу частиц  $n$  на высоте  $h$  и натуральный логарифм этого отношения  $\ln \frac{n_0}{n}$ .
7. Прологарифмировав формулу (3) получим  $\ln \frac{n_0}{n} = \mu gh/RT = mgh/kT$ . Считая температуру  $T_0 = 200$  К, вычислите массу  $m$  движущихся частиц используя полученную формулу. Определите среднее значение массы  $m_{cp}$ .
8. Не меняя число частиц в сосуде, установите температуру среды  $T = 2 T_0$ . Повторите пункты 3-6.
9. Постройте в одних координатных осях графики зависимости числа частиц ( $n$ ) от высоты ( $h$ ) для двух случаев ( $T = T_0$  и  $T = 2T_0$ )
10. Сделайте вывод о проделанной работе, завершите работу программы.

№ опыта	Высота, $h$ (м)	Число частиц, $n$	$\frac{n_0}{n}$	$\ln \frac{n_0}{n}$	Масса, $m$	$m_{cp}$

## 2.6 Лабораторная работа № 6 ( 2 часа).

**Тема:** «Исследовательская работа «Изучение восприятия времени человеком»

**2.6.1 Цель работы:** изучение особенностей восприятия времени человеком.

**2.6.2 Задачи работы:**

1. Определить длительность временного интервала в одну минуту, опираясь на внутреннее чувство времени.

**2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. секундомер (можно часы с секундной стрелкой).

**2.6.4 Описание (ход) работы:**

Работа выполняется в паре: экспериментатор-испытуемый. После проведения измерений экспериментатор и испытуемый меняются ролями.

- 1) Экспериментатор изучает измерительный прибор (секундомер), выясняет правила его использования, определяет цену деления и систематическую (приборную) погрешность  $\delta$  сист.
- 2) Экспериментатор интересуется, готов ли испытуемый: «Вы готовы?». Испытуемый сообщает о состоянии готовности.
- 3) Экспериментатор даёт сигнал к началу испытания: «Старт!», а затем следит за показаниями секундомера. Испытуемый, восприняв сигнал, сообщает экспериментатору об истечении одной минуты: «Стоп. Минута истекла».
- 4) Экспериментатор снимает показания секундомера и вносит результат в таблицу 1. Всего необходимо провести семь таких испытаний.
- 5) Экспериментатор вычисляет среднее значение  $\langle t \rangle$ , заполняет таблицу 1.

## 2.7 Лабораторная работа № 7 ( 2 часа).

## Тема: «Явления переноса»

### 2.7.1 Цель работы: Ознакомление с явлениями переноса

### 2.7.2 Задачи работы:

1. изучение диффузии газов
2. изучение теплопроводности газов
3. изучение вязкости

### 2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер
2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях».

### 2.7.4 Описание (ход) работы:

#### Задание 1. Диффузия газов.

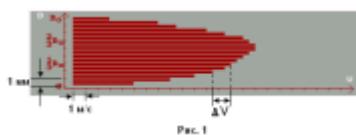
1. Ознакомьтесь с описанием компьютерной модели «Диффузия газов».
2. Выберите в меню кнопку «ПАРАМЕТРЫ ГАЗА» и установите число частиц  $n_1 = 1$ ,  $n_2 = 20$ .
3. Выберите в меню кнопку «ДИФФУЗИЯ». Пронаблюдайте выравнивание концентраций молекул одного сорта в сосудах, связанных капиллярным отверстием.

#### Задание 2. Теплопроводность.

1. Ознакомьтесь с описанием компьютерной модели «Теплопроводность».
2. Выберите в меню кнопку  $\Delta T$  и установите разность температур  $\Delta T = -160$  К.
3. Выберите в меню кнопку «ГИСТОГРАММА». Пронаблюдайте на протяжении 35 приближений выравнивание температур слоев газа.
4. Сделайте вывод о характере распределения температур слоев газа.

#### Задание 3. Вязкость.

1. Ознакомьтесь с описанием компьютерной модели «Вязкость».
2. Выберите в меню нижней части экрана кнопку «ЭКСПЕРИМЕНТ», установите «Поток газа». Затем необходимо нажать кнопку «Старт» в том же меню.
3. Диаметр трубы  $D_0 = 9$  мм, т.е. одно деление на оси ординат соответствует 1мм. Одно деление на оси абсцисс соответствует 1 м/с. Измерьте не менее 5 раз значение приращения скорости  $\Delta v$  при переходе от слоя, расположенного на отметке  $x_1 = 2$  мм, к слою, расположенному на отметке  $x_2 = 3$  мм. (Рис. 1).



4. Вычислите среднее значение приращения скорости  $\Delta v_{cp}$ . Определите градиент скорости:  $\Delta v_{cp} / \Delta x$ .
5. Рассчитайте вязкость азота по формуле (7), учитывая, что при нормальных условиях  $l_{cp} = 10^{-9}$  м,  $v_{cp} = 474$  м/с и  $\rho = 10^{-3}$  кг/м<sup>3</sup>.
6. Вычислите по формуле (5) силу внутреннего трения, действующую на площадь соприкосновения слоев  $S = 2 \cdot 10^{-4}$  (см<sup>2</sup>).
7. Сделайте вывод о проделанной работе.
8. Завершите работу программы.

## 2.8 Лабораторная работа № 8 ( 2 часа).

### Тема: «Цикл Карно»

### 2.8.1 Цель работы: Выяснить с помощью компьютерной модели зависимость КПД цикла от температуры термостатов

### 2.8.2 Задачи работы:

1. Изучить отличия графиков изотермического и адиабатного процессов
2. Определение зависимости КПД цикла Карно от температур нагревателя и охладителя

### **2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Компьютер
2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях».

### **2.8.4 Описание (ход) работы:**

Задание 1. Изотерма и адиабата.

1. Ознакомьтесь с описанием компьютерной модели «Изотерма и адиабата».
2. Пронаблюдайте экспериментальные графики изотермического и адиабатного процессов при различных температурах.

Задание 2. Определение зависимости КПД цикла Карно от температур нагревателя и охладителя..

1. Запустите программу «Молекулярная физика».
2. Ознакомьтесь с описанием компьютерной модели «Цикл Карно».
3. Нажмите кнопку ПУСК. Определите по строке параметров температуру нагревателя  $T_1$ .
4. Установите температуру  $T_1 = 380^0$ . Для этого нажмите кнопку “ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР” «», затем «». Если исходная температура ниже  $380^0$ , то перейдите с помощью клавиш клавиатуры к выше лежащей изотерме. Подтвердите свой выбор нажатием клавиши ENTER.
5. Аналогично установите температуру  $T_2 = 220^0$ .
6. Нажмите кнопку «». Зарисуйте цикл Карно в координатах  $p - V$ . Дождитесь пока модель завершит цикл и зарисуйте его в осях  $S - T$ , где  $S$  – энтропия.
7. Занесите в таблицу значение работы  $A$ , совершенной за цикл, количества теплоты  $Q_1$ , полученного от нагревателя и КПД машины.(Рис. 1)
8. Вычислите приращение энтропии  $\Delta S$ , полученное при изотермическом расширении по формуле  $\Delta S = \frac{Q_1}{T_1}$ .
9. Установите температуру  $T_2 = 200^0$ , а затем  $180^0$  и выполните пункты № 6, №7 и №8
10. Сделайте вывод о зависимости КПД тепловой машины и приращения энтропии от температур нагревателя и холодильника.
11. Завершите работу программы.

$T_1 - T_2 (^0 \text{C})$	$A, (\text{Дж})$	$Q_1, (\text{Дж})$	$\eta (\%)$	$\Delta S, (\text{Дж/К})$

### **2.9 Лабораторная работа № 9 ( 2 часа).**

**Тема:** «Движение заряженной частицы в однородном электрическом поле»

**2.9.1 Цель работы:** Изучение действия электрического поля на заряженную частицу

### **2.9.2 Задачи работы:**

1. Изучить траекторию движения заряженной частицы в электрическом поле
2. Определить удельный заряд частицы

### **2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Компьютер
2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях».

### **2.9.4 Описание (ход) работы:**

1. Выберите раздел «Электричество». Нажмите кнопку с названием данной работы.
2. Нажмите «мышью» кнопку «Выбор». Подведите курсор «мыши» к вектору  $E$  и установите напряженность  $E \geq 2 \text{ кВ/м}$ .

3. Аналогичным способом установите  $v_{ox} = 5 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ ,  $v_{oy} = 0 \text{ м/с}$ . Нажав «Старт», пронаблюдайте движение частицы. Изменяя  $V_{ox}$ , подберите минимальное значение, при котором частица вылетает из конденсатора. Запишите значение длины пластины конденсатора  $L(x)$ .
4. Зарисуйте движение частицы и укажите вектор начальной скорости и ускорение движения частицы.
5. Верните модель в исходные начальные условия ( $E, v_{ox}, v_{oy}$ ).
6. Нажмите «Старт» и проследите, чтобы электрон не вылетел из конденсатора. Если электрон «приземлился» на одной из пластин, то запишите в таблицу значения скорости  $V_{ox}, V_y$  и времени полета электрона  $t$ , полученные в ходе эксперимента. Если электрон вылетел из конденсатора, то измените величину начальной скорости, уменьшите или увеличьте напряженность поля и повторите опыт.
7. Используя формулу (4) рассчитайте ускорение электрона.
8. Вычислите величину удельного заряда  $q/m$ , выразив ее из формулы (2).
9. Повторите пункты 6–8 не менее пяти раз, изменяя каждый раз значение скорости  $V_{ox}$ . Данные занесите в таблицу.
10. Вычислите среднее арифметическое значение величины удельного заряда и сравните с табличным значением удельного заряда электрона ( $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ ,  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ ), рассчитайте  $\varepsilon_1$ .
11. Постройте график зависимости составляющей скорости  $V_y$  на вылете из конденсатора от обратной начальной скорости ( $v_y = f(1/v_{ox})$ ).
12. Определите по наклону графика экспериментальное значение удельного заряда частицы, используя формулу:

$$\frac{q}{m} = \frac{1}{EL} \cdot \frac{\Delta(v_y)}{\Delta(1/v_{ox})}$$

13. Определите относительную погрешность результатов измерения  $\varepsilon_2$ .

$$\varepsilon = \frac{|N_{\text{тбл}} - N_{\text{эксп}}|}{N_{\text{тбл}}} \cdot 100\%$$

14. Сформулируйте вывод по работе.

## 2.10 Лабораторная работа № 10 ( 2 часа).

**Тема:** «Проверка правил Кирхгофа»

**2.10.1 Цель работы:** Проверка правил Кирхгофа для разветвленных электрических цепей

### 2.10.2 Задачи работы:

1. Проверка первого правила Кирхгофа
2. Проверка второго правила Кирхгофа

### 2.10.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер
2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях».

### 2.10.4 Описание (ход) работы:

1. Зачертить в тетради цепи, указанные под номером вашего звена, и запишите параметры ЭДС источников и сопротивления резисторов.
2. Укажите направление токов в цепи и направление обходов в контурах.
3. Составьте уравнения по I правилу Кирхгофа для узлов А и В и по II правилу Кирхгофа для любых двух контуров.
4. В конструкторе электрических цепей соберите вашу цепь, соблюдая полярность источников тока (для изменения полярности, нажмите правой кнопкой «мыши» на источник тока, затем измените величину

- ЭДС на противоположную). Следует заметить, что при нажатии левой клавиши «мыши» – элемент устанавливается горизонтально, правой – вертикально.
- Запишите показания амперметров (по модулю). Амперметры следует поставить в каждое плечо цепи, а не только там, где они указаны на рисунках. (Для снятия показаний подведите курсор «мыши» к амперметру в цепи и нажмите правую клавишу «мыши».).
  - Подставьте все параметры  $(\varepsilon, R, I)$  в составленные уравнения и проверьте выполнение правил Кирхгофа.
  - Оформите результаты исследований в тетради и сделайте вывод.

## 2.11 Лабораторная работа № 11 ( 2 часа).

**Тема:** «Движение заряженной частицы в магнитном поле»

**2.11.1 Цель работы:** Изучение действия магнитного поля на движущийся заряд

**2.11.2 Задачи работы:**

1. Изучить картину линий магнитной индукции поля прямого провода, тора, соленоида

2. Изучить траекторию заряженной частицы, движущейся в магнитном поле

**2.11.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Компьютер

2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях».

**2.11.4 Описание (ход) работы:**

Задание 1.

В пункте меню «Магнитное поле» выберите последовательно «Два провода», «Соленоид» и «Тороид». Установливая сначала одинаковые, а затем различные по направлению силы тока, зарисуйте картину силовых линий магнитного поля для каждого случая.

Сделайте вывод о связи между величиной и направлением силы тока и густотой силовых линий, а также о вихревом характере магнитного поля.

Задание 2.

- В пункте меню «Движение заряженной частицы в магнитном поле» выберите любое место старта частицы, и по направлению движения частицы в магнитном поле с помощью правила левой руки определите знак ее заряда.
- Установите место старта частицы *из центра* магнита, выберите любую величину магнитной индукции  $\vec{B}$  и скорости частицы, и такое направление скорости частицы, при котором она совершает в однородном магнитном поле равномерное движение по окружности.

Указание: чтобы установить или изменить величину магнитного поля  $\vec{B}$ , нажмите кнопку «ПОЛЕ» (курсор мыши появится около синей стрелки, показывающей направление магнитного поля), измените длину вектора  $\vec{B}$  (скимая или растягивая синюю стрелку). Аналогично можно изменить длину вектора скорости  $\vec{v}$ , нажав кнопку «СКОРОСТЬ».

- Определите на экране монитора диаметр окружности в сантиметрах, тогда радиус  $R = \frac{D}{2} \cdot 10^{-2} \text{ м}$ .
- Измерьте линейкой на экране монитора длину  $k$  вектора скорости в миллиметрах, тогда  $v = k \cdot 10^6 \text{ м/с}$ . Считая заряженную частицу электроном, вычислите величину магнитной индукции, выразив вектор магнитной индукции  $B$  из формулы (3).  
Заряд электрона  $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ , масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ .
- По формуле (4) рассчитайте период обращения  $T$  электрона в однородном магнитном поле.
- Рассчитайте силу, действующую на электрон в магнитном поле по формуле  $F_e = qvB$ .

- Повторите пункты 2÷6 не менее чем для трех различных длин вектора скорости, изменения для каждого случая величину магнитного поля.
- Заполните отчетную таблицу:

<i>N<sub>2</sub></i>	<i>D, см</i>	<i>R, м</i>	<i>k, мм</i>	<i>U, м/с</i>	<i>B, Тл</i>	<i>T, с</i>	<i>F<sub>л</sub>, H</i>
1.							
2.							

- Сделайте вывод о характере движения частицы в магнитном поле в зависимости от ее скорости и величины магнитного поля.

## 2.12 Лабораторная работа № 12 ( 2 часа).

**Тема:** «Электромагнитные колебания»

**2.12.1 Цель работы:** Определение времени релаксации свободных колебаний в колебательном контуре

### 2.12.2 Задачи работы:

- Рассчитать период и время релаксации затухающих колебаний

### 2.12.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1.Компьютер

2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях».

### 2.12.4 Описание (ход) работы:

- Выберите работу «Свободные колебания в RLC контуре». Зарисуйте колебательный контур в тетрадь.
- Установите сопротивление  $R=0 \text{ Ом}$ , а индуктивность  $L$  и емкость  $C$  – в соответствии с вашим вариантом

Вариант	1 и 6	2 и 7	3 и 8	4 и 9	5 и 10
$C, \text{мкФ}$	28	26	24	22	20
$L, \text{мГн}$	40	38	36	34	32
$R, \text{Ом}$	7	8	9	10	11

- Нажмите кнопку «Старт» и пронаблюдайте график свободных незатухающих гармонических колебаний напряжения на обкладках конденсатора  $U_C$  от времени  $t$  в контуре.
- Используя формулу (7), рассчитайте период колебаний в контуре.
- Постройте график зависимости  $U_C(t)$ , для этого проградуируйте ось времени с учетом периода. Градуировка координатной оси предполагает нанесение конкретных чисел на эту ось (в данном случае необходимо расставить числа, соответствующие четверти периода, полу периоду, три четверти периода, периоду, двум периодам и т.д.). На оси ординат отложите произвольное значение амплитуды напряжения  $U_C$ .
- Установите величину сопротивления, соответствующую вашему варианту. На экране монитора линейкой измерьте величину начальной амплитуды  $A_0$  (в любых единицах), рассчитайте  $A(t)$  по формуле (6).
- Нажмите кнопку «Старт» и зарисуйте график затухающих колебаний напряжения на обкладках конденсатора в контуре с учетом градуировки оси времени.
- На графике укажите значение амплитуды  $A_0$  и  $A(t)$ . Определите время релаксации колебаний  $\tau_{\text{эксп}}$  по графику, которое соответствует амплитуде  $A(t)$ .
- Рассчитайте коэффициент затухания  $\beta$  по формуле (4) и время релаксации  $\tau_{\text{теор}}$  по формуле (5), и сравните его с экспериментальным значением:

$$\varepsilon = \left| \frac{\tau_{\text{эксп}} - \tau_{\text{теор}}}{\tau_{\text{эксп}}} \right| \cdot 100\%$$

- Сформулируйте выводы.

## 2.13 Лабораторная работа № 13 ( 2 часа).

**Тема:** «Построение изображений в оптических приборах»

**2.13.1 Цель работы:** изучение хода лучей в оптических приборах

**2.13.2 Задачи работы:**

1. построение изображений в линзах
2. изучение телескопа

**2.13.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Компьютер
2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях».

**2.13.4 Описание (ход) работы:**

Задание 1. Имеются собирающая линза 1 и рассеивающая линза 2, расположенные так, что их задние фокусы  $F_1$  и  $F_2$  совпадают (рис. 3). Среда между линзами, и по обе стороны от линз одна и та же. В передней фокальной плоскости линзы 1 помещается предмет  $P$ . Построив изображение предмета, ответить на вопросы:

1. Где располагается изображение предмета?
2. Каким будет изображение: а) действительным или мнимым, б) прямым или обратным?

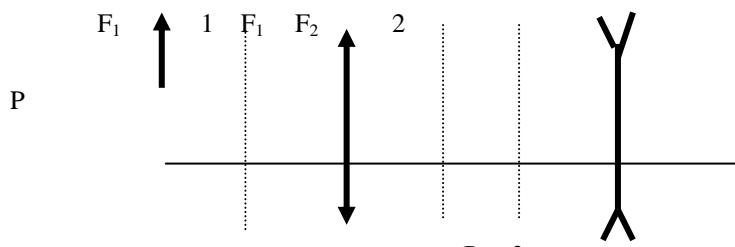


Рис 3

Задание 2.

1. В программе «Оптические инструменты» выберите «Телескоп».
2. С помощью кнопки «Объект» и стрелок на клавиатуре выберите в качестве объекта наблюдения желтые звезды.
3. Установите с помощью пункта меню «D» диаметр объектива 270 см.
4. Выберите пару голубых звезд, определите, при какой длине волны падающего света при данном диаметре объектива изображение звезд будет более четким.
5. Зарисуйте в тетрадь распределение интенсивностей света от источников в обоих случаях.
6. Выберите любой объект наблюдения. Установите диаметр объектива 180 см. Увеличивая диаметр объектива, наблюдайте за четкостью изображения.
7. Сделайте вывод о зависимости разрешающей способности прибора от диаметра объектива и длины волны падающего света.

## 2.14 Лабораторная работа № 14 ( 2 часа).

**Тема:** «Интерференция и поляризация света»

**2.14.1 Цель работы:** изучение явлений интерференции и поляризации

**2.14.2 Задачи работы:**

1. Определение длины волны света по интерференционной картине
2. Проверка закона Малюса

**2.14.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Компьютер
2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях».

#### 2.14.4 Описание (ход) работы:

##### Задание 1

1. Откройте работу «Волновая оптика на компьютере» (пункт меню «Интерференция», «Двулучевая интерференция»).
2. Соотношение интенсивностей падающих волн установить как  $I_1 : I_2 = 1 : 1$ , в процессе работы не изменять этот параметр.
3. С помощью кнопок « $\phi$ », « $\lambda$ » и стрелок на клавиатуре установите соответствующее угловое расстояние между источниками  $\phi$  и длину волны  $\lambda$  (см. таблицу №1, где номер вашего варианта соответствует номеру компьютера, за которым вы работаете).

Таблица 1

№ варианта	1, 8	3, 10	2	4	6	5	7	9
$\lambda_{01}$ , нм	400	360	400	360	400	360	400	360
$\lambda_{02}$ , нм	560	560	500	500	560	560	500	500
$\lambda_{03}$ , нм	700	700	630	700	700	630	630	630
$\phi$ , радиан	$0,02\pi$	$0,04\pi$	$0,06\pi$	$0,02\pi$	$0,04\pi$	$0,06\pi$	$0,02\pi$	$0,04\pi$

4. Угол  $\phi$  в процессе работы не изменять. Устанавливая поочередно  $\lambda_{01}$ ,  $\lambda_{02}$ ,  $\lambda_{03}$ , провести расчеты по пунктам 5÷8 для каждой из длин волн.
5. По графику распределения интенсивности света (на экране монитора) на интерференционной картине определите ширину интерференционной полосы  $\Delta x$  с достаточной точностью, учитывая масштаб и неполные деления (масштаб указан рядом с синусоидальным графиком).
6. По формуле (2) рассчитайте расстояние между источниками  $d$ , учитывая, что  $L=1\text{м}$ .
7. По формуле (3) определите длину волны излучаемого света  $\lambda_s$ .
8. Зная заданное значение  $\lambda_0$  (нм) и вычисленное  $\lambda_s$  (нм), определите относительную погрешность  $\varepsilon$  измерения для каждой экспериментальной длины волны по формуле:

$$\varepsilon = \left| \frac{\lambda_0 - \lambda_s}{\lambda_0} \right| \cdot 100\%$$

9. Все данные эксперимента занесите в таблицу 2 и сделайте вывод о проделанной работе и зависимости точности данного эксперимента от длины волны.

Таблица 2

$\lambda_0$ , нм	$\Delta x$ , нм	$d$ , м	$\lambda_s$ , нм	$\varepsilon$ , %

##### Задание №2

1. В программе «Волновая оптика на компьютере» выберите пункт меню «Поляризация», «Двоякотрепещущая пластина». В этой программе исследуется изменение интенсивности плоскополяризованного света при прохождении через поляризатор и анализатор.
2. В пункте меню «Пластина» установите толщину пластины равной 0,00 см с помощью стрелок на клавиатуре и клавиши Enter.
3. С помощью пунктов «P1» и «P2» установите поляризатор и анализатор.
4. Нажмите «Старт» и наблюдайте за интенсивностью прошедшего света. В левом нижнем квадрате интенсивность входящего света в поляризатор, в правом верхнем углу интенсивность выходящего света. Также вы можете менять цветовую гамму, т.е. выбрать синий, желтый или красный свет.
5. Используя кнопку «P2», установите угол наклона анализатора (будьте внимательны!)  $0,2\pi$ , затем  $0,4\pi$ ,  $0,5\pi$ ,  $0,7\pi$ , каждый раз наблюдая за интенсивностью прошедшего света.
6. Сделайте вывод о зависимости интенсивности прошедшего света от угла между анализатором и поляризатором.

#### 2.15 Лабораторная работа № 15 ( 2 часа).

Тема: «Дифракция Френеля»

2.15.1 Цель работы: определение длины волны света по дифракционной картине

2.15.2 Задачи работы:

1. определить длину волны света при 2-3 открытых зонах Френеля.

2.15.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Компьютер

2. ПО «Виртуальный практикум по физике в 2 частях».

**2.15.4 Описание (ход) работы:**

1. Откройте работу «Волновая оптика на компьютере», пункт меню «Дифракция», «Дифракция Френеля».
2. В пункте меню «Отверстие» установите «Круглое отверстие».
3. С помощью кнопки « $\lambda$ » и стрелок на клавиатуре установите соответствующие длины волн  $\lambda$  (смотри таблицу 1, где номер вашего варианта соответствует номеру компьютера, за которым вы работаете).

Таблица 1

№ варианта	1, 8	3, 10	2	4	6	5	7	9
$\lambda_{01}$ , нм	400	360	450	360	400	360	450	360
$\lambda_{02}$ , нм	560	630	500	560	500	500	560	500

4. Диаметр установить  $D=2\text{мм}$  и не изменять в ходе опыта.
1. Выберите первую длину волны из таблицы для вашего варианта. С помощью пункта « $z$ » установите такое расстояние от отверстия до экрана « $z_1$ », при котором число открытых зон Френеля  $m=2$ . Для этого с помощью стрелок на клавиатуре увеличивайте/уменьшайте « $z$ », фиксируя значение с помощью клавиши «Enter».
2. Установите такое « $z_2$ », при котором  $m=3$ .
3. По формуле  $\lambda_3 = r^2 \left| \frac{z_1 - z_2}{z_1 z_2} \right|$  (где  $r = \frac{D}{2}, \text{м}$ ) определите экспериментальную длину волны.
4. Зарисуйте график распределения интенсивности для  $m=2$  и  $m=3$ .
5. Повторите пункты 5÷7 для числа открытых зон Френеля  $m=3$  и  $m=4$ .
6. Установите вторую длину волны из таблицы для вашего варианта. Повторите пункты 5÷9.
7. Рассчитайте относительную погрешность  $\varepsilon$  измерения для каждой длины волны по формуле:

$$\varepsilon = \left| \frac{\lambda_0 - \lambda_3}{\lambda_0} \right| \cdot 100\%$$

8. Запишите результаты измерений и вычислений в таблицу 2.

Таблица 2

№ опыта	$\lambda_0$ , нм	$D$ , м	$r$ , м	$m$	$z$ , м	$\lambda_3$ , нм	$\varepsilon$ %
				2			
				3			

Сделайте вывод по результатам измерений и вычислений.