# ОГЛАВЛЕНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ. 4](#_Toc423035127)

[Цель 7](#_Toc423035128)

[Тема 1. Основа периодизации истории физики. 7](#_Toc423035129)

[Лекция 1. Периодизации истории физики. 7](#_Toc423035130)

[Понятие истории физики 8](#_Toc423035131)

[Понятие физики как науки 8](#_Toc423035132)

[Периодизации истории физики 8](#_Toc423035133)

[Этапы научного исследования. 11](#_Toc423035134)

[ТЕМА 2. «Предыстория физики. Период возникновения отдельных элементов физических знаний (VI в. до н. э. – ХVI в.)» 12](#_Toc423035135)

[Лекция 2. «Поиск первоосновы и блестящие идеи». Эпоха античности (VI в. до н. э.– V в. н. э.). 12](#_Toc423035136)

[Краткое описание исторического периода и географического положения научных школ античности. 12](#_Toc423035137)

[Научные школы античности 13](#_Toc423035138)

[Фалес 17](#_Toc423035139)

[Анаксимандр 18](#_Toc423035140)

[Анаксимен 20](#_Toc423035141)

[Гераклит 20](#_Toc423035142)

[Пифагор 20](#_Toc423035143)

[Платон 21](#_Toc423035144)

[Аристотель 21](#_Toc423035145)

[Лекция 2. Атомы, пустота, физическая сущность вещей и поэзия Лукреция Кара. 24](#_Toc423035146)

[Демокрит и «яблочные» атомы 24](#_Toc423035147)

[Эпикур 25](#_Toc423035148)

[Лукреций Кар. Поэзия и физическая сущность вещей 26](#_Toc423035149)

[Лекция 3. Изобретения и открытия античности. 33](#_Toc423035150)

[Евклид 37](#_Toc423035151)

[Птолемей 38](#_Toc423035152)

[Лекция 2 «Достижения средневековья (VI – ХIV вв.) или время застоя и зарождения естествознания» 40](#_Toc423035153)

[Альхазен (Ибн аль-Хайсам) и его оптика 40](#_Toc423035154)

[П. Перегрин и магнетизм. 41](#_Toc423035155)

[Р. Бэкон и опыт как основа познания. 42](#_Toc423035156)

[Лекция 3.Эпоха Возрождения 43](#_Toc423035157)

[Коперник и идеи о вращении небесных тел. Сила всемирного тяготения**.** 44](#_Toc423035158)

[Пророчества гения да Винчи. 45](#_Toc423035159)

[«Звездные» открытия и начало оптики как науки Кеплера. 47](#_Toc423035160)

[Галилей. Главное событие Возрождения: экспериментальный метод исследования, основы новой, неаристотелевской механики. 49](#_Toc423035161)

[Декарт. Оптика, механика, общее строение вселенной и рационализм как универсальный метода познания 54](#_Toc423035162)

[Паскаль. Основной закон гидростатики 55](#_Toc423035163)

[Тема 3. Период становления физики как науки (начало ХVII в.– 80-е гг. ХVII в.). 57](#_Toc423035164)

[Лекция 4. Первые самостоятельные шаги физики: успешно, серьезно и основательно. 57](#_Toc423035165)

[Галилей, Гюйгенс. Вращательное движения и теория маятника или кто изобрел часы? 58](#_Toc423035166)

[Свет. Снеллиусом с закон преломления света. Гримальди с интерференцией, дифракцией и картой Луны. 60](#_Toc423035167)

[Торричелли, Паскаль. Учение об атмосферном давлении, первый барометр и основы гидравлики. 62](#_Toc423035168)

[Роберт Бойль и газ (закон Бойля-Мариотта). 65](#_Toc423035169)

[Тема 4. Период классической физики (конец XVII в.– начало ХХ в.) 69](#_Toc423035170)

[Лекция 5. Первый этап – второй этап (конец ХVII в. – 60-е гг. ХIХ в.) от И. Ньютона до Дж. Максвелла (1687 – 1859) 69](#_Toc423035171)

[Иссак Ньютон. Физика и ее математически обеспеченная целостность: системность, структурированность, закономерность. 70](#_Toc423035172)

[Ньютон и Гук. Споры: научные и не совсем… 74](#_Toc423035173)

[Д. Бернулли. Гидро и аэродинамика 77](#_Toc423035174)

[Лекция 79](#_Toc423035175)

[Лекция 6. Второй - третий этап (60-е гг. ХIХ – конец ХIХ в.) «Необъяснимое породило революцию» 119](#_Toc423035176)

[Философия и физика. Мышление должны быть экономным. 119](#_Toc423035177)

[Термодинамика. Три начала. 120](#_Toc423035178)

[Кинетическая теория газов. Уравнение Больмана. 121](#_Toc423035179)

[Законы термодинамики и статистическая физика 123](#_Toc423035180)

[Электродинамика. Магнетизм и электрический ток. Электрон 123](#_Toc423035181)

[Электронная теория. Электрон. Ответ древним 124](#_Toc423035182)

[Классическая физика столкнулась с необъяснимым. Период релятивистской и квантовой физики (начало 20 века - ...) 124](#_Toc423035183)

[Возникновение теории относительности (СТО) 125](#_Toc423035184)

[Тема 5. Период современной физики (с 1905): 128](#_Toc423035185)

[Лекция 7. Возникновение и развитие квантовой физики 128](#_Toc423035186)

[Возникновение и развитие квантовой физики 129](#_Toc423035187)

[Гипотеза Планка и её развитие. 129](#_Toc423035188)

[Опыт Резерфорда и теория Бора. 133](#_Toc423035189)

[Развитие теории Бора и её трудности 135](#_Toc423035190)

[Создание квантовой механики 136](#_Toc423035191)

[Волновая функция 137](#_Toc423035192)

[Парадокс Эйнштейна, Подольского и Розена (ЭПР) 138](#_Toc423035193)

[Развитие теории Эйнштейна. 141](#_Toc423035194)

[Лекция 8. Физика 20 века 142](#_Toc423035195)

[Физика микромира в 20 веке. 142](#_Toc423035196)

[Новые тенденции в науке на рубеже тысячелетий. 143](#_Toc423035197)

[3. Физика в Московском Университете за 250 лет. 143](#_Toc423035198)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 145](#_Toc423035199)

[Список литературы 146](#_Toc423035200)

# ВВЕДЕНИЕ.

ФГОС ВПО для направления «Физика» предъявляют современные требования к уровню подготовленности выпускника, а также к организации и содержанию образовательного процесса. Кроме обязательной, инвариантной части, предполагающей содержание базовой подготовки, в образовательной программе должны быть вариативные модули, значительно выходящие за пределы обязательных учебных дисциплин. Такое содержание позволить предложить студентам высшего образования возможность углублённого и расширенного изучения научного знания. Формами освоения таких модулей могут быть курсы по выбору, факультативы, курсы для дополнительной самостоятельной учебной работы. Данное требование закономерно и оправданно запросами современной жизни. Сегодня требуется не узкопрофильный специалист, а человек способный и готовый конструктивно и оперативно адаптироваться к постоянно изменяющимся условиям жизни, следовательно, уровень его компетенции должен отвечать вызовам стремительно меняющейся цивилизации. Следовательно, закономерно возникшее требование общества и государства, предъявляемое к содержательному компоненту компетенции выпускника ВУЗа. В результате освоения ООП ВПО по направлению «Физика» выпускник должен обладать следующими компетенциями. Общепрофессиональными: способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач (ПК-1); способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики своей научно-исследовательской деятельности (ПК-2). Компетенциями, позволяющими осуществлять научно-исследовательскую деятельность: способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики (в соответствии с профилем магистерской программы) и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (ПК-3); способностью и готовностью применять на практике навыки составления и оформления научно-технической документации, научных обзоров, докладов и статей (в соответствии с профилем магистерской программы) (ПК-4). Кроме того, воспитательная функция образования также вменяется в обязанность Вуза, что предполагает наличие у выпускника общекультурной компетенции. А именно: способностью демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук (ОК-1); способностью порождать новые идеи (креативность) (ОК-5); способностью применить основные методы защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ОК- 18); способностью использовать нормативные правовые документы в своей деятельности (ОК-20);

Наличие данных компетенций требует формирования определенных знаний, умений и навыков в процессе обучения. В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать: основные этапы развития отдельных разделов физики, основные этапы развития физики в целом, как совокупности этих разделов, связь развития физики с развитием техники и других наук; уметь: сопоставлять физические представления на различных этапах развития науки, оценивать роль конкретных открытий и исследований в развитии физики, анализировать значение рассматриваемых исторических фактов с точки зрения современных физических представлений; владеть: навыками работы с исторической и мемуарной литературой, навыками критического анализа популярной литературы по темам, связанным с историей науки.

Даже поверхностный анализ этих требований четко показывает, что для их выполнения требуется системная, межпредметная, углубленная и расширенная подготовка студентов. В отличие от основных, базовых дисциплин в ООП ВПО по направлению «физика», образовательный курс по истории физики, опираясь на базовый цикл естественнонаучной и общественной дисциплины, носит смежный, межпредметный и интегративного характер. Это особенность позволяет формировать естественнонаучную картину мира студентов в генезисе ее возникновения и развития. Иначе говоря, за счет изучения научного фактического знания в логике ее развития, выпускник получает одновременно составляющие всех трех компетенций: он знает идею физики, может сам отследить логику ее возникновения и развития, установить закономерности и сделать прогноз ее развития и использования. Таким образом, в рамках реализации задач повышения качества профессиональной подготовки выпускников высшего образования, целесообразность разработки и использования образовательного курса по истории физики в ООП ВПО очевидна.

К сожалению, на сегодняшний момент курс «История физики» в ИМФИ КГПУ им. В. П. Астафьева отсутствует. Именно эта проблема побудила к выполнению данной работы. Очевидная нужность и целесообразность такого курса обучения определяет актуальность работы.

**Целью** изучения дисциплины «История физики» является формирование представлений о физике и методах научного познания в историческом аспекте ее развития. **Задачами:** раскрытие и анализ истории возникновения и развития фундаментальных принципов, идей, понятий, законов, теорий и концепций физики как науки; формирование общепрофессиональных, общекультурных компетенций, а также компетентности в области научных исследований.

Предполагается, что курс должен содержать изучение основных этапов развития физики, начиная с элементов науки, существовавших в древних цивилизациях. В курсе должен быть рассмотрен период сохранения элементов античной физики в работах средневековых ученых, развитие основных направлений классической физики, начиная от Галилея вплоть до конца 19-го века, возникновение основных направлений современной физики, связь физики и техники, роль физики в современном мире, основные проблемы, стоящие перед современной физикой. Это требование определило цель, объект и предмет нашей работы.

**Цель**: разработка содержания курса лекций по учебной дисциплине «История физики с периода античности (VI в. до н. э.– V в. н. э.) до периода современной физики.

**Объект**: история физики как науки

**Предмет**: содержание курса лекции по истории физики как науки

**Задачи:**

1. сбор материала по теме лекций
2. составление плана лекций
3. отбор материала для лекций
4. составление конспекта лекций

**Методы**: при разработке лекций отобранный материал располагался согласно хронологическому методу и методу «по лицам».

**Структура работы**. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, основной главы, заключения, списка литературы и приложений.

# ГЛАВА I.

# Тема 1. Основа периодизации истории физики.

# Лекция 1. Периодизации истории физики.

*План*

1. *Понятие истории физики*
2. *Понятие физики как науки*
3. *Периодизации истории физики*
4. *Этапы научного исследования*

*Понятие истории физики*

История физики – это интегральная отрасль науки, возникшая на стыке естественнонаучных общественных наук, предметом изучения которой является возникновение и развитие физики как науки. История физики изучает развитие физики как нечто единое и целое общественное явление, возникшее на определённой стадии развития человеческого общества, также оно рассматривается с точки зрения взаимосвязи и его изменения с развитием общества.

*Понятие физики как науки*

**Физика как наука природе возникла во второй половине 17 века.** До этого времени была натуральная философия, которая представляла собой целостную систему общих законов естествознания. Физика как наука с течением времени развивалась, и это развитие имеет свой особый тип закономерности. Особенность состоит в том, что в физике присутствует **процесс смены периодов эволюционных и революционных** (изменений теорий, основных принципов). В эволюционный период развитие идет под общими взглядами, мнениями физиков. Благодаря устойчивым традициям, общей методике исследований, то есть существует общая научная атмосфера. Глобальное научное знание не меняется, изучаются конкретные вопросы, уточняются закономерности, методы принимают более совершенный вид. Но с течением времени появляются новые вопросы, которые не объясняются имеющийся информацией, и тогда появляются ученые с новыми идеями и теориями. Так происходит процесс смены периода эволюционного на революционный. Вследствие чего, устанавливаются новые теории, новая общая атмосфера. Таким образом, возникает потребность в периодизации истории физики.

*Периодизации истории физики*

Существует несколько методов [1].

1. **Хронологический,** то есть по течению времени, к примеру, по векам.

Данный подход был связан с тем, что основная часть рассматриваемой истории приходилась на период, когда еще физическая наука развивалась в общей системе наук. Здесь этот подход правомерен, так как временные интервалы обширны, а фактический материал, относящийся к области физики, ограничен [1].

1. Другой метод называется **«по лицам»**. Это означает, что история физики будет излагаться в «лицах», то есть в идеях и суждениях ученых. Метод хорошо реализуем от Аристотеля до Ньютона и затем Максвелла. В этот период исследования велись отдельными учеными, а начиная с XX века – коллективами, где исследования уже планировались авторскими коллективами.
2. **Метод периодизации по общественно-экономическим формациям.** История науки – органическая часть истории общества. Что означает - развитие обусловлено потребностями практики.
3. **Существует внутренняя логика развития физики,** и четвертый метод основывается на ней. На момент периода классической физики, наука стала представлять собой разветвленную ветвь, которая взаимодействует с другими науками и с жизнью общества. Появилась необходимость учета внешних связей, а также того факта, что физика будучи развивающейся наукой порождает другие области знаний, которые со временем получат возможность развиваться самостоятельно.

Храмов Ю. А. [2] предложил схему периодизации физики и определил основные этапы ее развития:

**ОСНОВНЫЕ ПЕРИОДЫ И ЭТАПЫ В РАЗВИТИИ ФИЗИКИ**

1. **Предыстория физики. Период возникновения отдельных элементов физических знаний (VI в. до н. э. – ХVI в.):**

* эпоха античности (VI в. до н. э.– V в. н. э.);
* средние века (VI – ХIV вв.);
* эпоха Возрождения (ХV – ХVI вв.).

1. **Период становления физики как науки (Начало ХVII в.– 80-е гг. ХVII в.).**
2. **Период классической физики (конец XVII в.– начало ХХ в.):**

* первый этап (конец ХVII в. – 60-е гг. ХIХ в.);
* второй этап (60-е гг. ХIХ – конец ХIХ в.);
* третий этап (конец ХIХ – начало ХХ в.).

1. **Период современной физики (с 1905):**

* первый этап (1905 – 1931);
* второй этап (1932 – 1954);
* третий этап (с 1955).

**Началом третьего периода Ю. А. Храмов [2] выбрал 1955 год**, и обосновал данный выбор следующим: «С начала 50-х годов благодаря появлению современных ускорителей было открыто немало новых элементарных частиц – антипротон (1955), антинейтрон и антинейтрино (1956), ряд гиперонов, явление взаимопревращения частиц, появились доказательства внутренней структуры нуклона, в частности установлено, что нуклон изменяет свое состояние при взаимодействии с частицами высоких энергий. Физики проникли на новый уровень материи – субъядерные, в области порядка 10-14 см. Все это дает основания говорить о новом этапе в развитии физики, начавшемся в 50-х годах (условно возьмем 1955, когда ученые впервые проникли в мир нуклона – опыты Хофштадтера по бомбардировке нуклонов электронами высоких энергий) и продолжающемся и сейчас».

Как написал Храмов Ю. А. [2]: – «история физики хранит немало событий и фактов, оказавших большое влияние на ход развития этой древней науки и составивших золотой фонд ее памяти. Размещенные в строгой временной последовательности, эти факты дают возможность проследить генезис основных физических идей и теорий, их взаимосвязь, преемственность и эволюцию, тенденции развития, а некоторые из них, в силу своей фундаментальной роли, открывают новые страницы в летописи физики, изменяя или пополняя научную картину природы.

Столетиями эволюционировали физические знания: от первых интуитивных и наивных идей о природе материи (атомах вещества) до современных представлений о частицах. И как любая другая наука физика прошла долгий и сложный путь развития».

*Этапы научного исследования.*

**Любое научное исследование всегда проходит три этапа, и на основании этого история физики включает для себя три задачи:**

1. Отбор, проверка и систематизация, накопленных фактов.
2. Ответить на вопрос: почему именно так развивалась физика. То есть анализируем прохождение процесса развития.
3. Выявление и описание общих закономерностей развития физики.

*Выводы:*

В физике исследование происходит путем эксперимента. Можно ли историю физики исследовать тем же методом? История физики – не экспериментальная наука, следовательно, и метод выбирается другой – метод исторического исследования.

# ТЕМА 2. «Предыстория физики. Период возникновения отдельных элементов физических знаний (VI в. до н. э. – ХVI в.)»

# Лекция 2. **«Поиск первоосновы и блестящие идеи». Эпоха античности (VI в. до н. э.– V в. н. э.).**

*План*

1. *Краткое описание исторического периода и географического положения научных школ античности.*
2. *Научные школы античности. Фалес, Анаксимандр, Анаксимен, Гераклит, Пифагор, Платон, Аристотель.*
3. *Выводы*

*Краткое описание исторического периода и географического положения научных школ античности.*

Эпоха античности во всех отраслях человеческого знания явилась период описания и сбора информации. Человечество на ранних этапах своего развития могло себе позволить только наблюдать, зачастую с изумлением, за постоянно меняющимся вокруг миром и задавать себе больше вопросов, чем получать ответов. Древние философы и мудрецы, наблюдая, не только фиксировали происходящее, но и пытались объяснить. Эти попытки, хотя и были несовершенными, дали миру богатейший фактический материал для дальнейшего развития науки. Именно в это время зарождалось то, что потом будет назваться физика. По некоторым вопросам были выявлены важные знания и объяснены некоторые процессы, протекающие в мире, однако они являлись несистематичными и случайными. Человечество, выйдя из периода выживания, стремительно расширяло границы жизнедеятельности, развивалась земледельчество, скотоводство, ремесло, процветала торговля и военное дело. Эти социально-экономические достижения заставляли людей задумываться, обращать внимание на изменение погодных условий, смены дня и ночи, времен года, просчитывать торговые пути, открывать и изобретать способы строительства. Сама жизнь предоставила тем, кто был способен размышлять богатейший фактический материал. Строительство пирамид в Египте заставило увидеть силу, заключенную в рычаге, нагруженная телега столкнула с трением и инерцией. Анализ карт того периода указывает на высокую плотность расселения на определенных территориях *(см. Рис 1, 2. «Карты расположения научных школ»).* В силу географической близости и постоянной торговли знания быстро распространялись, дополняя друг друга. К числу первых наук можно отнести астрономию и математику, которые были зарождены в Вавилонии, Египте, Индии и Китае.

Прародителями современной физики и философии стали основные направления и школы. Человечество, увидев однажды как из семени вырастает стебель, а камень превращается в песок, сделало вывод, что все состоит из всего и задумалось: **«Что же является первоосновой всего, из чего всего состоит и из чего порождается».** **Так возникла идея, прародительница физики элементарных частиц.** Разные мудрецы ответили на этот вопрос неоднозначно. Так возникли научные школы и основные идеи.

*Научные школы античности*

Таблица 1

*Основные идеи, суждения и учения научных школ античности и отдельных натурфилософов.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Школа/  направление | Автор | Первооснова | Основные идеи | Приложение идей |
| М  И  Л  Е  Т  С  К  А  Я  Ш  К  О  Л  А | Фалес Thales.jpg | Вода | Вода – первооснова.  Все возникает из воды и в неё превращается. | Понимание происхождения мира (нахождение естественных причин явлений и вещей) |
| Анаксимандр  Anaximander.jpg | Апейрон (бесконечное божественное начало) | Айперон – первооснова. | Понимание происхождения мира (нахождение естественных причин явлений и вещей) |
| Анаксимен  Anaximenes.jpg | Воздух | Воздух – первооснова. | Понимание происхождения мира. (нахождение естественных причин явлений и вещей) |
| Диалектика Гераклита | Гераклит  Heraclitus, Johannes Moreelse.jpg | Огонь | Учение об огне. Тождество противоположностей. Нет ничего неизменного. «Все течет, все меняется». | Понимание происхождения и устройства мира (нахождение естественных причин явлений и вещей) |
| Пифагорейский союз | Пифагор  Kapitolinischer Pythagoras.jpg | Число | Количественные закономерности развития мира. | Познать и описать душу человека |
| Платоники | Платон  Head Platon Glyptothek Munich 548.jpg | Идеи | Учение о познании, о душе | Познание самих сущностей вещей |
| Школа Аристотеля | Аристотель  Aristoteles Louvre.jpg | Материя, форма, действующая причина, цель | Учение о четырех причинах. Учение о движении. | Понимание происхождения мира (нахождение естественных причин явлений и вещей. Стремление систематизировать научные знания |
| А  Т  О  М  И  С  Т  Ы | Демокрит  Democritus2.jpg | Атомы | Атомы и пустота | Понимание происхождения мира. (нахождение естественных причин явлений и вещей. |
| Эпикур  Epicurus-PergamonMuseum.png | Атомы | Теория познания, Учение о природе | Понимание происхождения мира. (нахождение естественных причин явлений и вещей. |
| Лукреций  Lucretius1.png | Атомы | Поэма «О природе вещей» | Понимание происхождения и описания мира. (нахождение естественных причин явлений и вещей. |
|  | Сократ  Философия Сократа |  | Признание единства знания и добродетели. Диалектика Сократа. «Никто не делает зла по доброй воле» | Познание человеческого сознания, души, человеческой жизнь в целом |
|  | Архимед  здесь должен быть рисунок |  | Основной закон гидростатики: закон Архимеда. Рычаг. Зеркало Архимеда | Для нахождения объема тела неправильной формы (по легенде: короны) |
|  | Эвклид  Euklid-von-Alexandria 1.jpg |  | «Начала» Эвклида. Законы перспективы (оптика). | Систематизация основных положений той или иной математической науки. |

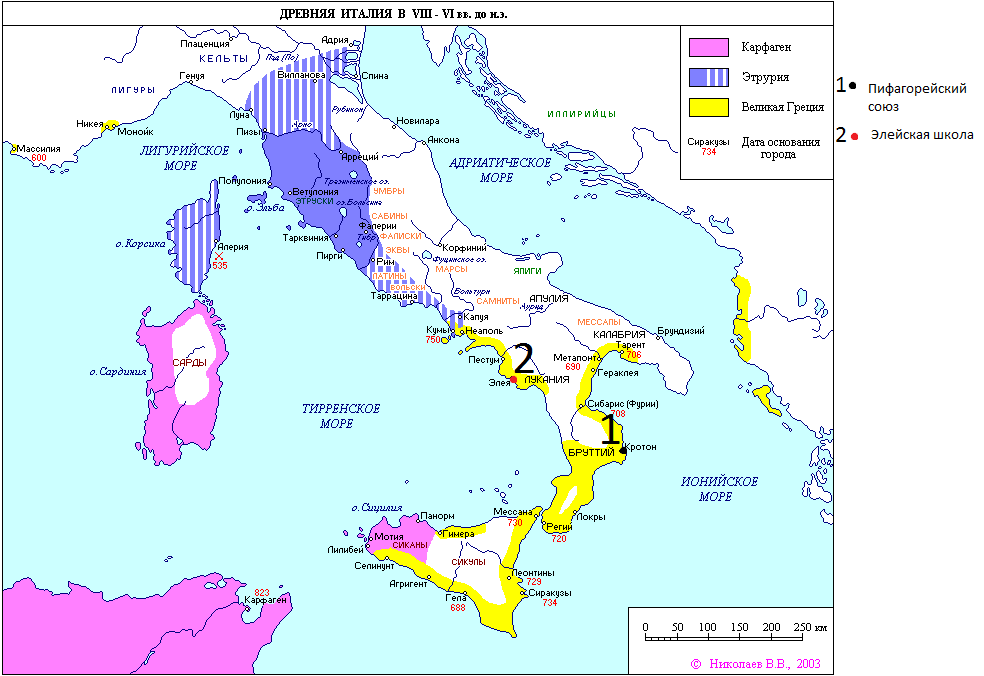


Рис 1. «Карты расположения научных школ»



Рис 2. «Карты расположения научных школ»

*Фалес*

Анализируя по картам географическое расположение школ, несложно заметить, что они возникали они в точках оживлённой жизнедеятельности. Милетская школа была основана в городе Милет. В то время город был крупнейшим торгово-ремесленным и культурным древнегреческим центром на западном берегу Малой Азии, связанным морскими путями и с Востоком и Западом. Основатель ионийской (милетской) натурфилософской школы **Фалес Милетский,** живший в 640/624 — 548/545 до н.э. считается основоположником греческой философии и науки, один из «семи мудрецов», заложивших основы греческой культуры и государственности. **Его основные научные идеи и заслуги:**

* Замена мифологического толкования окружающего мира на научное.
* Идея о том, что *«Земля находится в центре Вселенной; при уничтожении Земли рухнет весь мир»*. Следовательно, по Фалесу, Земля является центром и все небесные явления обращаются вокруг нее. **Таким образом, именно Фалес был основоположником геоцентрической системы мира.**
* **Теорема Фалеса.** Существует легенда. Когда Фалес был в Египте правил фараон Амасис. И для того, чтобы удивить и поразить фараона, мудрец решил узнать высоту пирамиды. Что он сделал: подождал, пока длина его тени и его рост совпали, и тогда тем же методом измерил длину тени пирамиды.

Для этого использовал подобие треугольников. Впоследствии эта теорема была названа именем Фалеса: **если параллельные прямые, пересекающие стороны угла, отсекают равные отрезки на одной его стороне, то они отсекают равные отрезки и на другой его стороне.**

*Анаксимандр*

Представителем той же школы что и Фалес, был его ученик **Анаксимандр**. **Ему принадлежат идеи:**

* Абстрактное понятие **первовещества**, заполняющее собой все и назвал его **апейрон** (бесконечное, божественное начало).
* **Понятие горизонта**.
* **Система мира.** Система мира Анаксимандра почти не отличается от системы мира Фалеса. Пути небесных тел – круги, что было идеей новаторской для того времени.

К примеру, кольцо Луны в 19 раз превышает Землю.

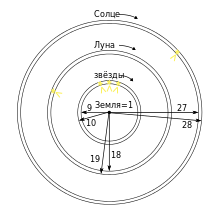
[](https://www.google.ru/search?q=%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0+%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%B0+%D1%84%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%B0&newwindow=1&biw=1366&bih=677&es_sm=93&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0CCIQsARqFQoTCKOPiY-ukMYCFYYULAod7GIAWw)

Рис 3. «Система мира Анаксимандра»

Таблица 2

«Параметры космологической системы Анаксимандра (реконструкция Джерарда Наддафа [3])»

|  |  |
| --- | --- |
|  | Джерард Наддаф |
|  | Радиус |
| Земля | 1 |
| Звезды (кольцо) | 7/9 |
| Луна (кольцо) | 17/19 |
| Солнце (кольцо) | 27/29 |

*Анаксимен*

**И у Анаксимандра был ученик – Анаксимен**, который был последним представителем милетской школы. Как и его учитель, полагал, что существует некая материя, лежащая в основе всего. **Этой материей он считал воздух, говоря, что из него создается все.** Анаксимен полагал, что из воздуха, не имеющего предела, создается мир, и все вещи по сути своей воздух, находящиеся в разных состояниях. *Когда воздух нагревается, то создается огонь, а когда происходит охлаждение, то, к примеру, ветер, вода, земля. Небесные светила возникают, порожденные огнем, а тот в свою очередь, когда воздух нагревается.*

Анаксимен не разделял взгляды своего учителя насчет системы мира, полагая, что Земля удерживается от падения воздухом. Он был тем, кто впервые предположил, что звезды – самые далекие объекты от Земли.

*Гераклит*

**Дальнейшее развитие натурфилософии продолжалось в Эфесе. Гераклит,** также, как и философы милетской школы, полагал, что существует первоматерия, но в отличие от последних, утверждавших, что все возникает из первовещества, рассматривает мир как **«вечно живой огонь»**. Это значит, что все произошло от огня, и в соответствие ему нестабильно, находится в постоянном изменении.

*Пифагор*

**Другая идея о основе всего сущего принадлежит Пифагору**. **Его основа – это идеальное начало в виде числа.**

**Иначе говоря, чтобы познать мир, нужно познать управляющие им числа.**

Пифагор также был известен как создатель религиозно-философской школы пифагорейцев.

**Основу философского учения пифагорейцев составляют две противоположности — «предел» и «беспредельное».** То есть, беспредельное не является основой всего сущего, а если так, то тогда нечто определенное (предел) не может существовать.

Среди последователей и учеников помимо обычного населения, также оказалась знать, которая попыталась распространить пифагорейское учение, через изменение законов. Это спровоцировало мятежи, так как большинство населения не разделяет взглядов пифагорейцев. В тот момент погибло много людей. И пифагорейский союз перестал существовать.

*Платон*

**Противник милетской школы Платон, считал, что в основе лежат абсолютные сущности – идеи.**

Об этом он рассказывает в диалоге «Тимей» [4]:

Во-первых, есть тождественная идея, нерожденная и негибнущая, ничего не воспринимающая в себя откуда бы то ни было, и сама ни во что не входящая, незримая и никак иначе не ощущаемая, но отданная на попечение мысли. Во-вторых, есть нечто подобное этой идее и носящее то же имя — ощутимое, рождённое, вечно движущееся, возникающее в некоем месте и вновь из него исчезающее, и оно воспринимается посредством мнения, соединенного с ощущением. В-третьих, есть ещё один род, а именно пространство: оно вечно, не приемлет разрушения, дарует обитель всему роду, но само воспринимается вне ощущения, посредством некоего незаконного умозаключения, и поверить в него почти невозможно.

*Аристотель*

**Аристотель, ученик Платона**, все учения и идею учителя **свел в единое целое, то есть систематизировал.**

**В основе мира по Аристотелю - геоцентрическая система. Он был тем, кто первым в своих сочинениях употребил термин «физика».**

Существует «Аристотелев корпус», в который включены труды Аристотеля, написанные им самим, такие как: Категории / Κατηγοριῶν / Categoriae (о логике), Физика / Φυσικὴ ἀκρόασις / Physica (о природе), а также те, которые написаны другими авторами. Труды, не принадлежащие Аристотелю, но изгалающие его учения, к примеру: О мире / Περὶ κόσμου / De mundo, Механика / Μηχανικά / Mechanica. В этих трудах речь идет о природе. Также, существуют другие, в которых авторство Аристотеля является сомнительным: Афинская полития / Ἀθηναίων πολιτεία. Труд описывает этику и политику.

Аристотель не поддерживал своего учителя за введение ненаблюдаемых абсолютных сущностей и не принимал ряд идей предшественников (гелиоцентризм, атомизм и др.). **Физика Аристотеля основана на целесообразности природы.**

Он говорит о том, что мир един, что идеи и вещи не могут быть самостоятельными. Когда идеи и вещи соединяются, то образуется идеальная первопричина – форма. Также форма означает суть вещи.

Таким образом, мы может перейти к ***учению о 4-х первопричинах***, которое он развивает в книге «Метафизика».

1. **Материя** – то, из чего произошла вещь. Бесформенная материя – небытие, соответственно и форма не существует без материи. Первичная форма – это пять первоэлементов, соответственно: воздух, вода, земля, огонь и эфир, иначе небесная субстанция.
2. **Форма** – суть, или же мир идей как души вещей. Как говорилось выше, соединение формы и материи.
3. **Движущая первопричина** – то есть то, откуда идет начало изменения. Именно за счет движения одни формы перетекают в другие. Все движется, иначе все изменяется. В движении происходит слияние фoрмы и мaтерии.
4. **Цель** – не имеет материальной формы. Каждая вещь имеет цель. Высшая цель всего сущего – Благо.

Кроме того, Аристотель полагал движение как переход от возможного к действительному, благодаря этому процессу форма воплощается в материю.

**Учение о движении по Аристотелю, есть любое количественное и качественное изменение, благодаря которому явление реализуется.**

Он определил **шесть форм движения.** Однако, представляет интерес *локальное движение*, то есть механическое и *движение всех остальных тел*. Механическое – движение небесных тел, соответственно идеальное, так как движение происходит по замкнутой кривой без приложения каких-либо сил. Движение остальных тел, обусловленное законами природы, к примеру тело падает вниз, значит тяжелое; взлетает вверх, соответственно легкое.

Далее, Аристотель, анализирую потенцию и акт, пришел к выводу, что, то и другое невозможно, так как сущее, оно уже действительно, а из не-сущего, иначе говоря, из ничего что-то возникнуть не может.

То есть речь идет об **«Учение о потенции (возможности) и акте (действительности)».** Существует некая апория элейцев, иначе логически верное суждение, которое невозможно в действительности. Апория, по которой сущее возникает из уже сущего, или из не-сущего. Акт – осуществление чего-либо в действительности, а потенция – сила, способная осуществить. Прежде чем, вещь будет существовать в реальности, она существует в потенции.

**Таким образом можно делать вывод, что Аристотель – основоположник формальной логики, которая до сих пор определяет стиль научного мышления.**

*Вывод «Первооснова есть. Но что она?»*

Наблюдая явления роста и распада, соединения и разложения, первые мыслители заметили, что некоторые свойства и состояния, вещей во всех превращениях сохраняются. **Эту постоянно сохраняющуюся основу вещей они назвали первоматерией.** Одни философы считали, что все вещи состоят из жидкой материи (воды), другие — из огненной материи, третьи — из воды, огня, земли и воздуха. [5]

**Установление строгой связи явлений с доказательствами – это то, что характеризует любую науку**. Но, характерными чертами древнегреческого естествознания были множество накопленных фактов и большое количество гипотез и теорий, а также слабый эмпирический фундамент. В эту эпоху зародились начальные идеи об атомарном, дискретном строении материи.

# Лекция 3. Атомы, пустота, физическая сущность вещей и поэзия Лукреция Кара.

План

1. Демокрит и «яблочные» атомы
2. Эпикур
3. Лукреций Кар и физическая сущность вещей
4. Вывод

Демокрит и «яблочные» атомы

Слово «атом» — греческого происхождения, и переводится оно «неделимый».

Впрочем, есть сведения, что уже в 7 веке до н.э. в системе знаний **индийского мудреца Канады** материальная субстанция строилась из **атомов, которые соединялись попарно.** В качестве связующих сил предполагалось наличие «воли Бога или еще чего-либо». Очень интересно, что о существовании атомов мудрец считал возможным узнать «не восприятием, а рассуждением». [6].

По легенде, Демокрит, сидя у моря на камне, держал в руке яблоко и размышлял: «Если я буду резать это яблоко ножом на все более мелкие части, всегда ли у меня в руках будет оставаться часть, которая все еще имеет свойства яблока?» Обдумав эту гипотезу, **Демокрит пришел к следующим выводам:**

* «Начало вселенной — атомы и пустота, все же остальное существует лишь во мнении.
* Миров бесчисленное множество, и они имеют начало и конец во времени.
* И ничто не возникает из небытия, не разрешается в небытие.
* И атомы бесчисленны по величине и множеству, носятся же они во вселенной, кружась в вихре, и таким образом рождается все сложное: огонь, вода, воздух, земля… Атомы же не поддаются никакому воздействию и неизменяемы вследствие твердости». [6]

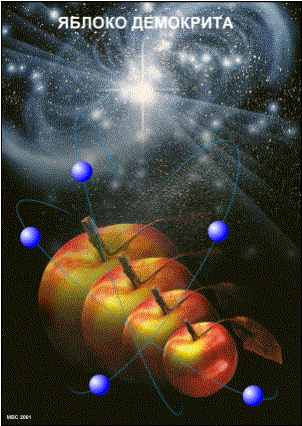
[](https://www.google.ru/search?q=%D1%8F%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BE+%D0%B4%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B0+%D1%84%D0%BE%D1%82%D0%BE&newwindow=1&es_sm=93&biw=1366&bih=677&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=jfR0VcncC4KdygOKgYKoAQ&ved=0CBsQsAQ)

Рис 4. «Яблоко Демокрита»

Древнегреческие философы давно спорили о том, подвержена ли изменениям суть наблюдаемого мира или же все изменения происходят только во вне. Демокрит представлял изменения во Вселенной иначе: существующая связь между атомами менялась, а сами атомы оставались неизменными и неделимыми.

*Эпикур*

Идеи Демокрита развивал **Эпикур.** Он говорил об этике – учении о поведении, приводящем к счастью, при этом определяя место человека в природе, иначе в физике. **Учение об атомах у Демокрита и Эпикура схожи, есть некоторые отличия:**

1. Движение атомов обуславливается внутренними свойствами (потоком частиц), а не внешней необходимостью. При этом возникал вопрос, полагая, что движение атомов определено: почему человек также не запрограммирован?
2. Атом не движется прямолинейно, он может самопроизвольно отклонятся.

*Лукреций Кар. Поэзия и физическая сущность вещей*

Об Эпикуре говорится в поэме **Лукреция Кара «О природе вещей»** [7]. Поэма полностью дошла до нас, и известный советский физик Вавилов С. И. говорил о ней:

**«Такая двухтысячелетняя действенность – редчайший случай в истории культуры, заслуживающий особого внимания».**

Вавилов С. И. в своей статье об этой поэме говорит о том, что Лукреция интересует именно физическая сущность явлений, а не явления сами по себе. Это объясняет, то, что поэма и в наше время действенна.

Лукреций был тем, у кого множество идей родились раньше времени. Стоит привести наиболее интересные рассуждения Лукреция из поэмы «О природе вещей».

Сам Лукреций, говорит о себе, как о человеке, находящимся в ранее неизведанном. Вот эти строки:

*По бездорожным полям Пиэрид я иду, по которым****Раньше ничья не ступала нога . . . . . . . . . . . . .***

*(IV, 1–2)*

У Лукреция существует принцип сохранения тел:

*За основание тут мы берём положенье такое:****Из ничего не творится ничто по божественной воле.*** *. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .  
. . . отнюдь не в ничто превращаются вещи,****Но разлагаются все на тела основные обратно.****. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .  
Словом, не гибнет ничто, как будто совсем погибая,  
Так как природа всегда возрождает одно из другого  
И ничему не даёт без смерти другого родиться.*

*(I, 149–150; 248–249; 262–264)*

Это его исходная аксиома. В этом отрывке обращаем внимание на «тела», здесь же нет объяснения того, как Лукреций их понимает.

*. . . ведь то, что является признаком тела: ….*

***Противодействовать и не пускать . . . ,–***

*(I, 336–337)*

А также:

*Действовать иль подвергаться воздействию тело*

*лишь может. . .*

*(I, 443)*

    Данное определение до некоторой степени совпадает с имеющейся, гораздо более современной концепцией Бошковича об элементарных телах (о которой можно более подробно прочитать в книге Годыцкого-Цвирко A. M [8]). Понятия массы и энергии, которые в то время еще не существовали, не позволяли Лукрецию дать иное определение телам.

Также, Лукреций опередил свое время в понимании пространства и вселенной, говоря о первом – что оно безгранично, а о втором – что бесконечна.

***Нет и краёв у неё, и нет ни конца ни предела.*** *И безразлично, в какой ты находишься части вселенной:  
Где бы ты ни был, везде, с того места, что ты занимаешь,  
Всё бесконечной она остаётся во всех направленьях . . .*

*(I, 964–967)*

Материя тоже бесконечна.

*. . . природа блюдёт, чтоб вещей совокупность предела  
Ставить себе не могла: пустоту она делает гранью  
Телу, а тело она ограждать пустоту принуждает,****Чередованьем таким заставляя быть всё бесконечным****.*

*(I, 1008—1011)*

Строкой «**Чередованьем таким заставляя быть всё бесконечным**», Лукреций полагает, что вселенная повторяется.  С одной стороны, кажется, что картина мира Лукреция схожа со схемой Ньютона, но с другой нельзя сказать, что они совпадают – видны существенные отличия. Между абсолютным пространством Ньютона и телами нет никакой связи, иначе говоря это пространство в одних случаях безгранично пустое. В отличии от классической схемы Ньютона пространство-пустота Лукреция и тела обусловлены друг другом.

    Первооснова Лукреция – атомы, и представлял он их абсолютно твердыми, плотными. Это рассуждение вполне приближено к элементарным частицам современной физики. Соответственно пытается доказать, беря за основу имеющегося определение тела:

*Прежде всего, раз уж найдено здесь основное различье  
Между вещами двумя, по их двоякой природе,–  
Именно, телом и местом, в котором всё происходит,–  
То существуют они непременно вполне самобытно.  
Ибо, где есть то пространство, что мы пустотой называем,  
Тела там нет, а везде, где только находится тело,  
Там оказаться никак не может пустого пространства.****Значит, начальные плотны тела, и нет пустоты в них.***

*(I, 503–510)*

    Это доказательство вполне логично, но берем во внимание, что Лукреций жил в эпоху античности, и дать доказательство, которое бы соответствовало современности, не мог. Что можно сказать о его определении плотности, или же твёрдости. Плотность, как современное понятие применяется к любым телам: к сложным к примеру, кристаллу, и к элементарной частице, – к примеру, протону, а Лукреций, представляя “абсолютную плотность”, имеет ввиду плотность тела без пустот.

Эпикур и Лукреций в своем учении полагают, что движение присуще первоосновам, как тело и вес. Именно вес и падение тел определяют ограниченность их движения:

*Если же думаешь ты, что стать неподвижно способны  
Первоначала вещей и затем возродить в них движенье,  
Бродишь от истины ты далеко в заблужденьи глубоком.  
Ведь, в пустоте находясь и витая по ней, неизбежно****Первоначала вещей уносятся собственным весом  
Или толчками других .*** *. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .*

*(II, 80–85)*

    Говоря о фотонах современной физики, нельзя сказать, что они находятся в покое, и в этом смысле первоосновы Лукреция можно сравнить с «атомами света».

    Далее Лукреций, приводит доказательство, на примере движения пылинок в солнечном луче. **Получившаяся картина вполне правильная иллюстрация теории броуновского движения.** И эта картина опережает свое время на два тысячелетия:

*Вот посмотри: всякий раз, когда солнечный свет проникает  
В наши жилища и мрак прорезает своими лучами,****Множество маленьких тел в пустоте, ты увидишь, мелькая,  
Мечутся взад и вперёд в лучистом сиянии света;****Будто бы в вечной борьбе они бьются в сраженьях и битвах  
В схватки бросаются вдруг по отрядам, не зная покоя,****Или сходясь, или врозь беспрерывно опять разлетаясь****.  
Можешь из этого ты уяснить себе, как неустанно  
Первоначала вещей в пустоте необъятной мятутся.  
Так о великих вещах помогают составить понятье  
Малые вещи, пути намечая для их постиженья.*

*(II, 114–124)*

    Затем Лукреций описывает его на более глубоком уровне:

*Знай же: идёт от начал всеобщее это блужданье.****Первоначала вещей сначала движутся сами,****Следом за ними тела из малейшего их сочетанья,  
Близкие, как бы сказать, по силам к началам первичным,****Скрыто от них получая толчки, начинают стремиться,  
Сами к движенью затем понуждая тела покрупнее.****Так, исходя от начал, движение мало-помалу  
Наших касается чувств, и становится видимым также  
Нам и в пылинках оно, что движутся в солнечном свете,  
Хоть незаметны толчки, от которых оно происходит.*

*(II, 132–141)*

    Можно заметить главное положение **современной теории броуновского движения.** Единственная неточность заключается в том, что на самом деле, движение пылинок в солнечном луче искажается тепловыми вихрями, радиометрическим эффектом и пр. Стоит напомнить, что Лукреций жил две тысячи лет назад, и заострение внимания на данной неточности становится неактуальным.

Лукреций жил в эпоху, когда микроскопов не существовало, но это не помешало ему образно, но с предельной точностью объяснить, отсутствие видимого движения первооснов в больших телах:

*Здесь не должно вызывать удивленья в тебе, что в то время  
Как обретаются все в движении первоначала,****Их совокупность для нас пребывает в полнейшем покое,–*** *Если того не считать, что движется собственным телом,–  
Ибо лежит далеко за пределами нашего чувства  
Вся природа начал. Поэтому, раз недоступны  
Нашему зренью они, то от нас и движенья их скрыты.****Даже и то ведь, что мы способны увидеть, скрывает  
Часто движенья свои на далёком от нас расстояньи:****Часто по склону холма густорунные овцы пасутся,  
Медленно идя туда, куда их на пастбище тучном  
Свежая манит трава, сверкая алмазной росою;  
Сытые прыгают там и резвятся, бодаясь, ягнята.  
Всё это издали нам представляется слившимся вместе,  
Будто бы белым пятном неподвижным на склоне зелёном.  
Также, когда, побежав, легионы могучие быстро  
Всюду по полю снуют, представляя примерную битву,  
Блеск от оружия их возносится к небу, и всюду  
Медью сверкает земля, и от поступи тяжкой пехоты  
Гул раздается кругом. Потрясённые криками, горы  
Вторят им громко, и шум несётся к небесным созвездьям;  
Всадники скачут вокруг и в натиске быстром внезапно  
Пересекают поля, потрясая их топотом громким.****Но на высоких горах непременно есть место, откуда  
Кажется это пятном, неподвижно сверкающим в поле.***

*(II, 308–332)*

    Данный способ объяснения ничуть не уступает в убедительности методу с использованием микроскопа. Однако, эта картина состояния движения вещества не оказала практически никакого влияния на других философов того времени. С удивительной прозорливостью из чисто умозрительных представлений Лукреций, просто предполагая, очень точно утверждает, что тела в пустоте падают с одинаковой скоростью, вне зависимости от веса. При этом Галилей сделает этот вывод на тысячелетия позже. Лукреций утверждает, что тело в воде или в воздухе:

***Падать быстрее должно в соответствии с собственным весом  
Лишь потому, что вода или воздуха тонкая сущность*** *Не в состояньи вещам одинаковых ставить препятствий,  
Но уступают скорей имеющим большую тяжесть.  
Наоборот, никогда никакую нигде не способна  
Вещь задержать пустота и явиться какой-то опорой,  
В силу природы своей постоянно всему уступая.****Должно поэтому всё, проносясь в пустоте без препятствий.  
Равную скорость иметь, несмотря на различие в весе.***

*(II, 231–239)*

Лукреций также рассуждает о строении Вселенной:

*Трудно наверно решить, какая же действует в этом  
Мире причина; но то, что возможно и что происходит****В разных вселенной мирах, сотворённых на разных началах,*** *Я объясняю и ряд излагаю причин, по которым****Может движенье светил совершаться в пространстве вселенной****.  
Всё же из этих причин непременно одна побуждает  
Звёзды к движенью и здесь; но какая – предписывать это  
Вовсе не должен тот, кто исследует всё постепенно.*

*(V, 526–533)*

 Есть представление о Земле как о бесконечном полупространстве, которая ограничена плоскостью. Вследствие чего, полагается, что первоосновы, которые находятся под действием тяготения, должны в пустоте перемещаться параллельным отвесным потоком с одинаковой скоростью. Следуя этой логике, столкновение между собой первооснов невозможно ввиду параллельности. Что делает образование вещей соответственно невозможным.

  Эпикур и Лукреция вводят спонтанные отклонения первооснов, что решает данную трудность. Обращаясь к Меммию, Лукреций пишет:

*«Я бы желал, чтобы ты был осведомлён здесь точно так же,  
Что уносясь в пустоте, в направлении книзу отвесном,  
Собственным весом тела изначальные в некое время****В месте неведомом нам начинают слегка отклоняться****,  
Так что едва и назвать отклонением это возможно.  
Если ж, как капли дождя, они вниз продолжали бы падать,****Не отклоняясь ничуть на пути в пустоте необъятной,  
То никаких бы ни встреч, ни толчков у начал не рождалось.  
И ничего никогда породить не могла бы природа».***

*(II, 216–224)*

*Вывод «Жизнь первоосновы»*

Сомнений в наличии первоосновы уже нет, но и названия конкретного нет тоже. Но замечательно уже то, что ее описали . То есть по сути, была создана умозрительная модель атома, его свойств и закономерностей взаимодействия. Первооснова неделима, тверда и взаимодействуют между собой и миром особым образом.

# Лекция 4. Изобретения и открытия античности.

*Пока одни поэтично рассуждали,*

*другие просто изобретали……*

*План*

1. *Архимед*
2. *Евклид*
3. *Птолемей*

*Архимед*

В эпоху античности сыграл важную роль **Архимед**, который вошел в историю, как основатель **статики и гидростатики**. Условие равновесия он получил непосредственно из постулатов, проводя экспериментов с рычагами. Также его можно считать прародителем математической физики. Решение научных проблем, происходило на основании строгих геометрических доказательствах. Именно на основании экспериментальных данных был сформулирован **закон гидростатики Архимеда.**

Существует легенда о короне царя Гиерона. Архимеду предстояло определить изготовлена она из чистого золота или ювелир, делавший ее, добавил серебро. На тот момент уже был известен удельный вес золота, но корона имела форму, не позволяющую точно измерить ее объем. Архимеда это озадачило, и он на протяжении долгого времени думал. Однажды садясь в ванну, наполненную водой, он обратил внимание на то, что *вытекает из нее воды ровно столько, сколько занимает объем его тела.* Соотнести данное наблюдение с короной не составило труда. Если положить корону в воду и измерить объем, вытесненной ей воды, то можно будет установить ее объем. Если верить легенде [9], Архимед будучи голым выбежал голые на улицу, крича «Эврика!», иначе «Нашел!». Таким образом, так был открыт основной закон гидростатики: закон Архимеда.

Формулируется этот закон следующим образом: на тело, погружённое в жидкость (или газ), действует выталкивающая сила, равная весу жидкости (или газа) в объёме тела.

Существует также еще одна легенда, Гиерон построил тяжелый многопалубный корабль под названием «Сиракузия». Построен он был в подарок, а именно египетскому царю Птолемею. Когда корабль был готов к спуску на воду, оказало, что сделать это не удается. Архимед выручил Гиерона, соорудив систему блоков - полиспаст, благодаря которой все получилось. Согласно легенде, Архимед сказал:

**«Будь в моём распоряжении другая Земля, на которую можно было бы встать, я сдвинул бы с места нашу». Или же самый известный вариант: «Дайте мне точку опоры, и я переверну мир».**

Однако, сделать нечто подобное в свое время он бы естественно не смог, потому что поднять что-либо размером с Землю хоть на один сантиметр, ему бы нужно было двигать несколько десятков миллионов лет, не говоря о том, что рычаг бы потребовался невероятно длинный.

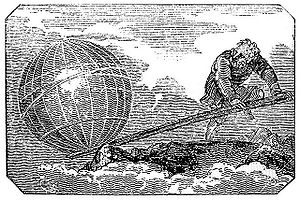


Рис 5. «Архимед, переворачивающий Землю»

Вследствие чего Архимед сформулировал закон равновесия, связав понятия силы, груза, плеча.

**«Усилие, умноженное на плечо приложения силы, равно нагрузке, умноженной на плечо приложения нагрузки, где плечо приложения силы — это расстояние от точки приложения силы до опоры, а плечо приложения нагрузки — это расстояние от точки приложения нагрузки до опоры».**

Следующая легенда утверждает, что при обороне Сиракуз великий Архимед, помимо создания подъемных и метательных машин, придумал способ, благодаря которому он с помощью зеркал, сжег корабли Марцелла. Однако, труды античных историков, не упоминают об Архимеде и его зеркалах. Диодор Сицилийский – историк, существовавший на рубеже нашей эры, написал «Римскую историю», в которой упоминались зеркала в одной из частей. **Описания зеркал были пересказаны двумя византийскими учеными:**

1. *Архимед... самым невероятным образом сжег римский флот. Направив особого рода зеркало на Солнце, он собрал пучки его лучей и, благодаря толщине и гладкости зеркала, сумел зажечь солнечным светом воздух так, что возникло колоссальное пламя. Он направил лучи на стоявшие на якоре корабли, и они сгорели дотла.*

*2. Когда Марцелл убрал корабли на расстояние, превышающее полет стрелы, старик соорудил особое шестиугольное зеркало; на расстоянии, пропорциональном размеру зеркала, он расположил похожие четырехугольные зеркала, которые можно было перемещать с помощью специальных рычагов и шарниров. Зеркало он обратил к полуденному солнцу - зимнему или летнему - и, когда пучки лучей отразились в нем, огромное пламя вспыхнуло на кораблях и с расстояния полета стрелы превратило их в пепел.*

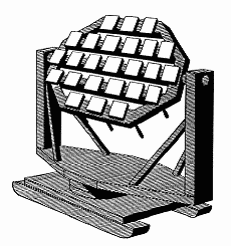


Рис 6. «Зеркало Архимеда»

*Зеркало Архимеда* – это большого размера деревянная рама на подвижной восьмиугольной доске, как показано на рисунке, на которой были установлены двадцать пять больших квадратных бронзовых зеркал, по одному из мнений – из щитов, используемые в то время воинами. Зеркала были установлены таким образом, чтобы все их лучи пересекались в одном и том же месте на расстоянии около 100 м.

**Можно обратить внимание, что, зеркало Архимеда, являлось прообразом современных гелиоконцентраторов, которые сейчас используются в солнечной энергетике.**

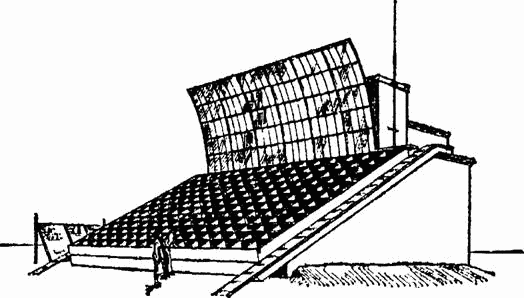


Рис 7. «Гелиоконцентратор»

*Евклид*

Гениальный геометр **Евклид,** кроме создания геометрии на 2000 лет, написал первый трактат по оптике, содержание которого основано на прямолинейном распространении света.

**Платон выдвинул теорию зрительных лучей, в которой идет речь о том, что из глаза исходят лучи, сталкиваясь с предметами, освещают их и таким образом мир становится видимым.**

**Евклид, опираясь на эту теорию, пришел к выводу о прямолинейности распространения света и установил закон отражения.**

Также, он геометрически вывел **законы перспективы**, когда наблюдал оптические явления, и результатом стали четырнадцать исходных положений.

**Геометрически вывел законы перспективы:**

* Лучи, исходящие из глаза, распространяются прямолинейно и расходятся в бесконечность.
* Фигура, охватываемая совокупностью зрительных лучей, есть конус, вершина которого расположена в глазу, а основание - на поверхности видимых предметов.
* Видимы те предметы, на которые падают зрительные лучи, и невидимы те, на которые зрительные лучи не падают.
* Предметы, видимые под большими углами, кажутся больше, видимые под меньшими углами кажутся меньше, а видимые под равными углами кажутся одинаковыми.
* Предметы, видимые под большими углами. различаются более отчетливо.
* Все лучи обладают одинаковой скоростью.
* Луч есть прямая линия, средние участки которой соединяют концы.
* Все, что видимо, видимо в прямолинейном направлении.

**В трактате «Оптика»** Эвклид, упоминает законе отражения, считает тем, что уже известно, и говорит, что доказательство этого закона приводится в трактате **«Катоптрика»,** к сожалению, который не сохранился.

*Птолемей*

**Птолемей, в трактате "Оптика",** осуществил наиболее полное исследование преломления света, в двух средах – в стекле и в воде, оформленные в таблицах. Он искал причину того, о чем говорится в законе отражения Евклида, и причину неравенства углов при преломлении. Птоломей считал угол преломления пропорциональным углу падения. Однако, закон преломления будет открыт Снеллиусом в XVII веке.

**Также, К. Птоломей окончательно оформил геоцентрическую модель мира.**

У Птолемея в центре Вселенной – Земля, соответственно вокруг нее – все остальные космические тела, известные ему. Он полагал, что Луна – это самое близкое к Земле космическое тело. Далее расположил Меркурий и Венеру, а после – орбиту Солнца. Затем остальные три планеты: Марс, Юпитер и Сатурн. Относительно Солнца получились две группы планет: внешние и внутренние.

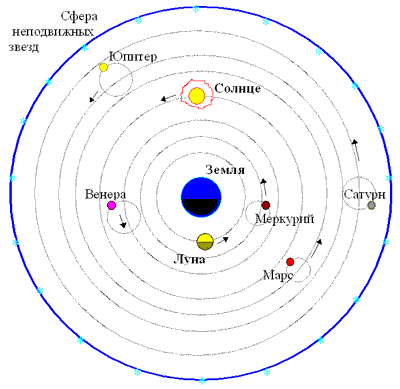


Рис 8. Геоцентрическая модель мира Птоломея.

*Вывод «Пока одни поэтично рассуждали, другие просто изобретали*»

Основали статику и гидростатику, открыли закон равновесия, закон отражения, законы перспективы, изобрели зеркало Архимеда - прообраз современных гелиоконцентраторов, которые сейчас используются в солнечной энергетике, провели полное исследование преломления света, создали геоцентрическую модель мира. Эпоха античности во всех отраслях человеческого знания явилась периодом описания и сбора информации. Древние философы и мудрецы, наблюдая, не только фиксировали происходящее, но и пытались объяснить. Именно в это время зарождалось то, что потом будет назваться физика. И хотя идеи и учения того времени отличаясь оригинальностью, были несистематичны и неструктурированны, они послужили прекрасной базой для дальнейшего этапа развития физики.

# Лекция 5 «Достижения средневековья (VI – ХIV вв.) или время застоя и зарождения естествознания»

*План*

1. *Альхазен (Ибн аль-Хайсам) и его оптика*
2. *П. Перегрин и магнетизм.*
3. *Р. Бэкон и опыт как основа познания.*
4. *Вывод*

В средние века арабами была создана огромная империя, в которой в начальный момент к греческой культуре отношение было недоверчивое и презрительное. Начиная с середины 8 века мнение арабов меняется. В процессе смешения культур на первых этапах в первую очередь стали переводиться на арабский язык с греческого и сирийского труды греческих естествоиспытателей. **Начинают возникать школы в новых столицах – Дамаске и Багдаде.** **Интересовали арабских ученых в большинстве случаев механические и оптические исследования**. Аристотель был канонизирован, его учения взяты за основу. Исследования в механике арабы проводили, опираясь на Аристотеля. Однако, кроме области гидростатики, других значительных изменений и идей в эту область они не привнесли. **В это время на основе принципа сообщающихся сосудов объяснили действие артезианских колодцев, а также стали применяться гидростатические весы.**

*Альхазен (Ибн аль-Хайсам) и его оптика*

Наиболее выдающимся арабским физиком-оптиком был **Альхазен (Ибн аль-Хайсам)**. Альхазеном был написан трактат под названием **«Книга оптики»**, в которой он выдвигает свою идею о теории зрения. Альхазен дает описание строения глаза, которое уже было известно по исследованиям Галена. Но он опровергнул представления Платона и Евклида, что световые лучи испускаются глазом и сталкиваясь с вещами делают мир видимым. Доказательство несостоятельность этих представлений он демонстрирует посредством нескольких экспериментов, к примеру, показывая, что при попадании на глаза яркого солнечного света происходит ослепление.

Согласно Альхазену влияют на глаз **естественный свет (солнечный**) и **цветовые лучи (солнечный свет, который отразился от цветных вещей).** И происходит создание зрительного образа посредством лучей, испускаемыми видимыми телами, которые и попадают в глаз.

**Также, Альхазен утверждал, что каждой точке наблюдаемого предмета есть возможность соотнести некоторую воспринимающую точку глаза.**

Это можно понять следующим образом: восприятие всего тела согласно Альхазену происходит путем, что из каждой точки тела исходит бесконечное число лучей и в зрачок попадает соответственно столько же.

**Альхазен первым объяснил этот принцип действия (камеры-обскуры),** и основанием для объяснения послужил принцип прямолинейного распространения света. Зная, что если долго смотреть на Солнце, то можно ослепнуть, Альхазен для наблюдений за затмениями пользовался специальными палатками. В этих палатках он делал маленькое отверстие и лучи солнечного света, проходя через него, образовывали на противоположной стенке палатки изображение солнца, тем самым позволяя ему безопасно наблюдать за затмением. Благодаря опыту, он снова доказал, несостоятельность теории испускания глазом лучей света.

*П. Перегрин и магнетизм.*

Существует очень старая легенда, которая повествует о пастухе по имени Магнус. В один момент он заметил, его палка, железный наконечник которой и гвозди его сапог притягиваются к чёрному камню. *Этот камень получил название «камнем Магнуса», в честь имени пастуха или просто «магнитом», в честь холмов Магнезии, где шла добыча железной руды.*

**В 1269 П. Перегрин написал трактат «О магнитах»** - первое научное изучение свойств магнита. В трактате автор указывает, какие признаки отличают хороший «магнитый камень» от плохого и как распознать его полюса.

**Приводит описание эксперимента и его инструкцию, показывающего, что разноименные полюса магнита притягиваются, а одноименные — отталкиваются.**

П. Перегрин описывает свойство, что плавающий магнит всегда указывает на север:

***«к звезде, которую называют мореходной, оттого, что она находится около полюса; но на самом деле он поворачивается не к упомянутой звезде, а к полюсу...».***

Также, описывает конструкцию магнитного инструмента, «***при помощи которого определяют на горизонте азимут Солнца, Луны и любой звезды».***

Трактат Перегрина – это первое серьезное исследование магнетизма с использованием опытов, при этом сам автор представляет собой ученого, рассуждающего на основе экспериментов.

Р. Бэкон и опыт как основа познания.

В этот же период жил **Р. Бэкон**, который спорил со схоластами, и **полагавший основу познания в опыте**. Бэкон не поддерживал идею о единой первооснове, лишённой качеств. Он отрицал учение об атомизме, а также учение о неделимости атомов и пустоте. Считал основой любого познания мира - опыт. **Бэкон выделял два типа опыта**:

1. **Жизненный опыт, получаемый в течение жизни.**
2. **Опыт – доказательство, получаемы через внешние эмоции и чувства.**

Опыт может касаться только материального мира. Однако, как утверждал Бэкон, опыт может быть еще и духовный, доступный только избранным, посредством некого мистического состояния, называемого внутренним озарением. Именно опыты привели его к тому, что он измерил фокусное расстояние сферического зеркала.

*Вывод «Затишье перед бурей»*

Развитие физики в этом периоде не отличалось активностью достижений. Области гидростатики, оптики (трактат «Книга оптики», Альхазен (Ибн аль-Хайсам)), первое серьезное исследование магнетизма с использованием опытов (П. Перегрин, трактат «О магнитах») – вот области развития физики этого периода. Но прекрасным было уже и то, что опыт, эксперимент начал обретать свою научную силу (Р. Бэкон спорил со схоластами и полагавший основу познания в опыте). Возникла насущная потребность - новое знание, которое могло быть получено только через экспериментальное изучение мира. Так зарождалось естествознание.

# *Лекция 6. Эпоха Возрождения*

*План*

1. *Коперник и идеи о вращении небесных тел. Сила всемирного тяготения*
2. *Пророчества гения да Винчи.*
3. *«Звездные» открытия и начало оптики как науки Кеплера.*
4. *Галилей. Главное событие Возрождения: экспериментальный метод исследования, основы новой, неаристотелевской механики.*
5. *Декарт. Оптика, механика, общее строение вселенной и рационализм как универсальный метода познания*
6. *Паскаль. Основной закон гидростатики*
7. *Вывод: Эксперимент, естествознание, рационализм как метод познания мира. Завершение предыстории физики*

15-16 век – век эпохальный и значимый в истории человечества. Ремесленники Европы вышли в города, изнутри разрушили господство натурального хозяйства, своими руками перевернули весь уклад жизни человечества. Они хотели производить, много, гораздо больше чем требовалось для личных нужд, совершенствовали орудия труда, изобретали и открывали. Промышленная революция стала толчком и превратила эти века в эпоху возрождения. Это было время, когда пассионарная энергия, недовольство, копившееся восемь столетий, вырвались наружу и взорвали застой и стагнацию. **Это время рывка и изменения в научном знании, охватившее все стороны человеческого знания о мире**. **Это время изменения взглядов на место человека в мире и методы научного познания.** **Время рождения новой науки – экспериментального естествознания.**

Коперник и идеи о вращении небесных тел. Сила всемирного тяготения**.**

Начало первой научной революции положил Коперник. **Он создал гелиоцентрическую картину мира, которую описал в книге «Малые комментарии».** Основной труд "О вращениях небесных сфер" в 6 томах был опубликован перед самой его смертью.

***Проблемы, описанные Коперником:***

1. **Почему движение звезд происходит незаметно – скорей всего, расстояние до них настолько велико, что мы не видим их смещения.**
2. **Почему тела не падают с земли – в следствие движение вместе с землей (не нужно внешних сил).**

**Описание движения небесных тел – эпициклы, эксцентрики**

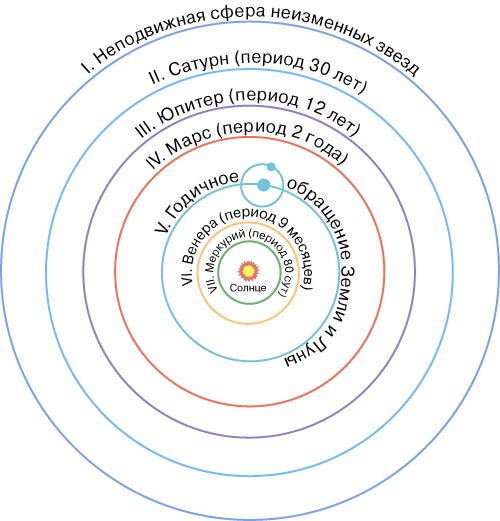
[](https://www.google.ru/search?q=%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA+%D0%B3%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BC+%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%B0&newwindow=1&es_sm=93&biw=1366&bih=677&tbm=isch&imgil=t73VhbI1is1bwM%253A%253BWqL8N1zBpJ9fyM%253Bhttp%25253A%25252F%25252Fwww.krugosvet.ru%25252Fenc%25252Fnauka_i_tehnika%25252Fastronomiya%25252FASTRONOMIYA_I_ASTROFIZIKA.html%25253Fpage%2525253D0%25252C4&source=iu&pf=m&fir=t73VhbI1is1bwM%253A%252CWqL8N1zBpJ9fyM%252C_&usg=__v0mBLNqp8-udkWu93ReNUKSjHkU%3D&ved=0CDUQyjdqFQoTCNWA_cjSkMYCFcGPLAodVnkAFw&ei=azd-VZWfC8GfsgHW8oG4AQ#imgrc=t73VhbI1is1bwM%253A%3BWqL8N1zBpJ9fyM%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.krugosvet.ru%252Fimages%252F1002119_0510_010.gif%3Bhttp%253A%252F%252Fwww.krugosvet.ru%252Fenc%252Fnauka_i_tehnika%252Fastronomiya%252FASTRONOMIYA_I_ASTROFIZIKA.html%253Fpage%253D0%252C4%3B500%3B521)

Рис 9. "О вращениях небесных сфер" Коперник

Коперник придавал Земле три вращения: **первое** — вращение Земли вокруг своей оси с угловой скоростью ω; **второе** (со скоростью ω′) — вокруг оси мира, которая перпендикулярна плоскости земной орбиты и проходит через её центр; **третье** (с противоположно направленной скоростью ω′′) — вокруг оси, параллельной оси мира и проходящей через центр Земли. Два последних вращения образуют (при точном совпадении ω′ и ω′′ по величине) пару вращений, эквивалентную поступательному движению Земли вокруг Солнца по круговой орбите [10].

Коперник был тем, кто одним из первых предположил существование всемирного тяготения. В его книге [11] говорится:

**Я думаю, что тяжесть есть не что иное, как некоторое стремление, которым божественный Зодчий одарил частицы материи, чтобы они соединялись в форме шара. Этим свойством, вероятно, обладают Солнце, Луна и планеты; ему эти светила обязаны своей шаровидной формой.**

*Пророчества гения да Винчи.*

Наиболее ярким представителем этой эпохи является **Леонардо да Винчи**. В области механики наиболее важным было изучение Леонардо центров тяжести плоских и объемных фигур. Также, как и Архимед, он берет за основу математические доказательства, чтобы найти центр тяжести тетраэдра. В статике расширяет понятие момента силы по отношению к точке.

Леонардо был тем, кто первым объяснил, почему небо синее. В его книге **«О живописи» он написал:**

**«Синева неба происходит благодаря толще освещённых частиц воздуха, которая расположена между Землёй и находящейся наверху чернотой».**

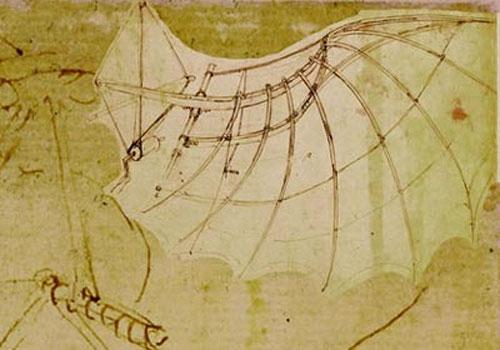
Леонардо очень тщательно и долговременно наблюдал за полетом птиц, в процессе он смог сформулировать сознательный метод научного исследования, это и является одним из главных результатом его работ.

План исследований полета птиц у него выглядел так:

**«Если хочешь говорить о таких вещах, ты должен в первой части определить природу сопротивления воздуха; во второй - строение птицы и ее оперения; в третьей - действие этого оперения при различных движениях; в четвертой - роль крыльев и хвоста»**

**Не только метод научного исследования сформулировал да Винчи** изучая полет птиц. Его мечтой был – полет человека. В начале Леонардо по подобию птиц разрабатывал устройство полёта при помощи крыльев, человек должен был подниматься в воздух, посредством мышечной силы. Потом он выяснил, что мускульной силы недостаточно, и перешел к другой идее.

Рис 10. «Устройство для полета человека Л. Д. Винчи»



Да Винчи представлял такое устройство, с которым у человека отсутствует соединение, для того, чтобы управлять им, а для этого нужна свобода движений. Этот аппарат, полагал он, должен был приводить себя в движение сам. Современный человек сразу проведет **аналогию с аэропланом**.

Также, у да Винчи есть любопытный чертеж, который он описывал так: «Если у вас есть достаточно льняной ткани, сшитой в пирамиду с основанием в 12 ярдов (примерно 7 м 20 см), то вы сможете прыгать с любой высоты без всякого вреда для своего тела».

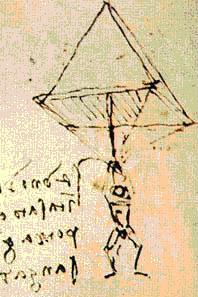


Рис 11. «Чертеж парашюта да Винчи»

Несколько веков после сказанного Леонардо такое устройство получило название **«парашют».**

*«Звездные» открытия и начало оптики как науки Кеплера.*

Будучи великолепным наблюдателем, Тихо Браге за много лет составил объёмный труд по наблюдению планет и сотен звёзд, причём точность его измерений была существенно выше, чем у всех предшественников. Для повышения точности Браге применял как технические усовершенствования, так и специальную методику нейтрализации погрешностей наблюдения. Особо ценной была систематичность измерений.Для повышения точности Браге применял как технические усовершенствования, так и специальную методику нейтрализации погрешностей наблюдения. Особо ценной была систематичность измерений [12].

В течение нескольких лет Кеплер пристально изучает данные, полученные Браге и в конце приходит к **выводу, что траектория движения Марса – эллипс, а не круг по представлениям того времени. В одном из фокусов этого эллипса располагается Солнце — это положение в современное время называется первым законом Кеплера.**

Продолжив анализировать труды Браге Кеплер подходит к **открытию второго закона**: про радиус-вектор, который соединяет планету и Солнце, и который в равные промежутки времени описывает равные площади. Это привело его к выводу, **что чем больше расстояние разделяющее планету от Солнце, тем медленнее ее движение.**

Этим законам была дана формулировка Кеплером в **1609 году в его книге «Новая астрономия»,** при этом они распространялись только по отношению к Марсу для того, чтобы избежать бурных негодований со стороны других ученых.

В 1618, продолжая исследования в астрономии Кеплер **открыл третий закон**:

**отношение куба среднего удаления планеты от Солнца к квадрату периода обращения её вокруг Солнца есть величина постоянная для всех планет: a³/T² = const.**

Кеплер описывает этот закон в книге *«Гармония мира»,* при этом, уже не опасаясь осуждения применяет его ко всем планетам Солнечной системы.

**Эти три закона позволили точно объяснить неравномерность движения планет.** *Первый закон* говорит о том, что планеты движутся по эллипсу. *Второй закон* установил, зависимость скорости планеты от расстояния от Солнца. *Третий закон* дает возможность расчета данной скорости, а также период обращения, которое совершает планета вокруг Солнца.

Несмотря на то, что система мира Кеплера основывалась на модели Коперника, общего у них только суточное вращение Земли. **Кеплер ввел понятие планетной орбиты.** Орбиты небесных тел у Коперника – круги, а у Кеплера — эллипсы, при этом общим фокусом орбит является Солнце.

Кеплер был тем, кто ввел термин **инерция**, понимая его как свойство тел, заключающееся в сопротивлении внешней силе, которая оказывает действие на тело.

**В 1604 году Кеплером был написан трактат по оптике «Дополнения к Вителлию», а в 1611 году, «Диоптрика».** Считается, что именно с этих книг начинается серьезное изучение оптики. **В этих произведениях раскрыта геометрическая и физиологическая оптика. Он пишет о преломлении света, об общей теорию линз.**

С точки зрения современной науки Кеплер описал механизм зрения довольно верно, а также объяснил зачем глазу хрусталик.

На этом основании Кеплер построил схему телескопической подзорной, который был произведен в 1613 году Кристофом Шайнером. В итоге этот телескоп получил широкое распространение.

*Галилей. Главное событие Возрождения: экспериментальный метод исследования, основы новой, неаристотелевской механики.*

Но все же главным для развития физики в эпоху Возрождения — это появление **нового метода исследования – экспериментального**. И первый в этом – **Галилей**. В 1624 году Галилей опубликовал **«Письма к Инголи».** Самая важная научная ценность этого произведения — Галилей заложил основы новой, неаристотелевской механики, в дальнейшем дополненная и углубленная спустя 12 лет в последнем сочинении, которое называется **«Беседы и математические доказательства двух новых наук»,** где излагаются основы кинематики и сопротивления материалов**.** В первом сочинении Галилей четко формулирует **принцип относительности** для равномерного движения:

**Результаты стрельбы будут всегда одинаковые, к какой бы стране света она ни была направлена… это произойдет потому, что так же должно получаться, будет ли Земля в движении или стоять неподвижно… Дайте движение кораблю, и притом с какой угодно скоростью; тогда (если только движение его будет равномерным, а не колеблющимся туда и сюда) вы не заметите ни малейшей разницы (в происходящем) [**13].

Если говорить современным языком, то **Галилей объявил однородность пространства**, то есть отсутствие центра мира и то что инерциальные системы отсчёта находятся в равноправии друг с другом. Аргументы Галилея в этом сочинении, хоть и не явно, но предполагается, что законы, которые действуют на планете Земля, должны действовать и на небесные тела. И это вразрез с учением Аристотеля.

Античные и средневековые философы объясняли явления и процессы мира, путем некой «метафизической сущности», для объяснения которой придумывались различные ее свойства. Галилей не принимал такой путь:

*Поиск сущности я считаю занятием суетным и невозможным, а затраченные усилия — в равной мере тщетными как в случае с удалёнными небесными субстанциями, так и с ближайшими и элементарными; и мне кажется, что одинаково неведомы как субстанция Луны, так и Земли, как пятен на Солнце, так и обыкновенных облаков… [Но] если тщетно искать субстанцию солнечных пятен, это ещё не значит, что нами не могут быть исследованы некоторые их характеристики, например место, движение, форма, величина, непрозрачность, способность к изменениям, их образование и исчезновение [14].*

Галилей является одним из тех, основал **механицизм**. Этот подход полагает Вселенную механизмом, размеры которого неисчислимы, а процессы, происходящие в природе — как совокупность причин. Главная причина – механическое движение. Об этом он писал в труде **«Пробирных дел мастере**» [15]:

*Никогда я не стану от внешних тел требовать чего-либо иного, чем величина, фигура, количество, и более или менее быстрые движения для того, чтобы объяснить возникновение ощущений вкуса, запаха и звука; я думаю, что если бы мы устранили уши, языки, носы, то остались бы только фигуры, числа, движения, но не запахи, вкусы и звуки, которые, по моему мнению, вне живого существа являются не чем иным, как только пустыми именами.*

Для проектирования и постановки опыта, а также дальнейшего осмысления его результатов, для начала требуется предварительно составить теоретическую модель исследуемого явления, и основой её Галилей полагал математику: книга природы «написана на языке математики» [16]; *«Тот, кто хочет решать вопросы естественных наук без помощи математики, ставит неразрешимую задачу. Следует измерять то, что измеримо, и делать измеримым то, что таковым не является».* [17]

Опыт Галилей полагал как осознанный и обдуманный вопрос, который задается природе. При этом, это мог быть и мысленный эксперимент, если результаты этого опыта не требуют подтверждения. Полученные результаты должны были быть проанализированы, и этот анализ мог привести к изменению исходной модели или даже ее замещению. Таким образом, эффективный путь познания, по мнению Галилея, состоит в сочетании синтетического (в его терминологии, **композитивный метод**) и аналитического (**резолютивный метод**), чувственного и абстрактного [15].

В последней книге, написанной Галилеем, он дал корректную формулировку **законам падения**:

**скорость нарастает пропорционально времени, а путь — пропорционально квадрату времени [18].**

В соответствии с изложенным выше методом он сразу же для подтверждения законов падения привел результаты эксперимента. Также, Галилей рассмотрел и обобщённую задачу:

**исследовать поведение падающего тела с ненулевой горизонтальной начальной скоростью.**

Галилей сделал верное предположение, что полёт этого тела будет представлять собой **суперпозицию (наложение) двух «простых движений»:** **равномерного горизонтального движения по инерции и равноускоренного вертикального падения.**

Также, Галилей доказал, что указанное выше, а также **любое брошенное под углом к горизонту тело летит по параболической траектории** [18].

Галилей сформулировал **первый закон механики (закон инерции),** тем самым опровергнув второй закон Аристотеля**:**

**при отсутствии внешних сил тело либо покоится, либо равномерно движется.**

Галилей понимал инерцию, как *«неистребимо запечатлённое движение».* Правильную формулировку закона позднее дали Декарт и Ньютон; тем не менее общепризнанно, что само понятие «движение по инерции» впервые введено Галилеем, и первый закон механики по справедливости носит его имя [19].

Галилей является одним из тех, кто да основу принципа относительности в классической механике, в последствии который был назван в его честь. **В «Диалоге о двух системах мира» Галилей сформулировал принцип относительности следующим образом** [19]:

**Для предметов, захваченных равномерным движением, это последнее как бы не существует и проявляет своё действие только на вещах, не принимающих в нём участия.**

Все эти открытия Галилея, дали ему возможность опровергнуть в большинстве своем доводы противников гелиоцентрической системы мира, полагавших, что вращение Земли заметно сказалось бы на явлениях и процессах, происходящих на её поверхности, например, «выбивало бы почву из-под ног». На эти доводы Галилей однозначно высказал:

**«Будут безрезультатны любые опыты, которые должны были бы указывать более против, чем за вращение Земли» [19].**

В 1609 году Галилей построил свой первый телескоп с выпуклым объективом и вогнутым окуляром. Труба давала приблизительно трёхкратное увеличение [20]. **При этом термин «телескоп» ввел именно Галилей.**

Посредством данного телескопа он провел некоторые наблюдения, которые в свою очередь показали, что Луна, также, как и Земля, имеет не однообразный рельеф, поверхность была испещрена горами и кратерами. Также Галилей объяснил пепельный цвет Луны, как результат попадания солнечного света.

Благодаря Галилею представления о Млечной пути, как о сплошном сиянии, распались также как сама галактика на миллиарды звезд, которые отдельны друг от друга.

Галилей всегда яро поддерживал систему Коперника, и в «Диалоге о двух системах мира» он обосновал это [19]:

**Венера и Меркурий никогда не оказываются в противостоянии, то есть в стороне неба, противоположной Солнцу. Это означает, что они вращаются вокруг Солнца, и их орбита проходит между Солнцем и Землёй.**

*Декарт. Оптика, механика, общее строение вселенной и рационализм как универсальный метода познания*

Во времена жизни Галилея также существовало и иное направление физики, представителем которого был **Декарт**.

Исследования Декарта в области физики относятся в основной своей массе к механике, оптике и общему строению Вселенной. Физика Декарта была полностью материалистической:

**Вселенная целиком заполнена движущейся материей и в своих проявлениях самодостаточна.**

Он считал, что атомов и пустоты нет и быть не может, и в своих научных трудах относился к сторонникам атомизма резко негативно. Декарт, вместо атомов, внедрил объемный класс ненаблюдаемых тонких материй, посредством которых делал попытку объяснить действие теплоты, тяготения, электричества и магнетизма.

**Основными видами движения Декарт считал движение по инерции**, которое сформулировал (1644) так же, как позднее Ньютон, **и материальные вихри, возникающие при взаимодействии одной материи с другой** [21]. Взаимодействие он полагал как нечто механическое, как к примеру соударение.

В 1637 году была опубликована **«Диоптрика»,** где Декарт описывал **законы распространения света, отражения и преломления, идея эфира как переносчика света, объяснение радуги**. Декарт был тем, кто первый вывел закон преломления света в математическом виде (независимо от В. Снеллиуса) на границе двух различных сред. Благодаря формулировке закона преломления данной Декартом, ученые того времени смогли успешно улучшить оптические приборы, которые широко использовались в астрономии и навигации (а с течением времени и в микроскопии).

**Философия Декарта полагала дуализм души и тела, иначе говоря двойственность идеального и материального**, при том, имеется ввиду что душа и тело – независимые и самостоятельные начала.

В 1644 году выходит в свет труд «Первоначала философии», в котором Декартом были сформулированы главные тезисы:

**«Бог сотворил мир и законы природы, а далее Вселенная действует как самостоятельный механизм.**

**В мире нет ничего, кроме движущейся материи различных видов. Материя состоит из элементарных частиц, локальное взаимодействие которых и производит все природные явления.**

**Математика — мощный и универсальный метод познания природы, образец для других наук».**

*Паскаль. Основной закон гидростатики*

**Паскаль Блез** (19.06.1623-19.08.1662) – французский математик, физик, философ и писатель.

Основные физические работы посвящены **гидростатике**, важнейшие из них:

* **формулировка фундаментального закона о полной передаче жидкостью производимого на нее давления (закон Паскаля);**
* **установил принцип действия гидростатического пресса;**
* также высказал **идею о зависимости атмосферного давления от высоты;**
* **открыл зависимость давления от температуры и влажности воздуха и предложил использовать барометр для предсказания погоды**.

Впоследствии в его честь названа единица давления – «паскаль».

В конце 1646 года Паскаль, решил повторить опыт Торичелли. Далее он провел серию опыт несколько другого вида, **пытаясь доказать, что пространство в трубке над ртутью не заполнено ни её парами, ни разреженным воздухом, ни некой «тонкой материей».** В 1647 году Паскаль написал трактат «Новые опыты, касающиеся пустоты», в котором изложил результаты данных экспериментов. Паскаль утверждал:

**что пространство в верхней части трубки «не заполнено никакими известными в природе веществами … и можно считать это пространство действительно пустым, до тех пор, пока экспериментально не доказано существования там какого-либо вещества».**

**Таким образом, Паскаль дал предварительное доказательство возможности пустоты и того, что гипотеза Аристотеля о «боязни пустоты» имеет пределы.**

Впоследствии Паскаль **стремился доказать, что давление воздуха удерживает столбик ртути в стеклянной трубке.**

На основе результатов опытов он смог сделать вывод:

**что давление воздуха есть частный случай равновесия жидкостей и давления внутри них.**

Тем самым, Паскаль подтвердил предположение Торричелли о существовании **атмосферного давления**.

**«Трактат о равновесии жидкостей»** был опубликован в 1663, в котором Паскаль формирует идею гидравлического пресса:

**«сосуд, наполненный водою, является новым принципом механики и новой машиной для увеличения сил в желаемой степени, потому что с помощью этого средства человек сможет поднять любую предложенную ему тяжесть».**

Также отмечает, что принцип его действия следует тому же закону, что и принцип действия рычага, блока, бесконечного винта. Паскаль вошёл в историю науки, начав с простого повторения опыта Торричелли, он опроверг одну из основных аксиом старой физики и установил **основной закон гидростатики** [22].

*Вывод: Эксперимент, естествознание, рационализм как метод познания мира. Завершение предыстории физики*

Критика, использование, опровержение привычных многовековых истин, из глубины веков, свержение классических авторитетов и переосмысление их идей - вот чем был пропитан век возрождения. Эксперимент, естествознание, рационализм как метод познание пришли на смену наблюдению и философствованию. Серьезные успехи и открытия в области оптики, «земной» и «небесной» механики привели к рождению не просто открытий, а научных направлений. Успехи физики 16 века c одной стороны не выглядят слишком впечатляюще, в них больше случайности и хаотичны, но с другой эти открытия помогли зародиться новой культуре. Этим завершается период Возрождения в физике, завершается и ее предыстория, начинается новая фаза – становления физики как научной дисциплины.

# ***Тема 3.*** *Период становления физики как науки (начало ХVII в.– 80-е гг. ХVII в.).*

# **Лекция 7.** *Первые самостоятельные шаги физики: успешно, серьезно и основательно.*

*План*

1. *Галилей, Гюйгенс. Вращательное движения и теория маятника или кто изобрел часы?*
2. *Свет. Снеллиусом с закон преломления света. Гримальди с интерференцией, дифракцией и картой Луны.*
3. *Торричелли, Паскаль. Учение об атмосферном давлении, первый барометр и основы гидравлики.*
4. *Роберт Бойль и газ (закон Бойля-Мариотта).*

*Галилей, Гюйгенс. Вращательное движения и теория маятника или кто изобрел часы?*

В период становления физики как самостоятельной науки была создана *теория маятника* (Галилей, Гюйгенс), разработана *теория вращательного движения* (Гюйгенс).

Теоретическая разработка проблемы маятника имела прямую связь с решением практической задачи измерения времени: **свойство маятника сохранять постоянный период колебаний, открытое Галилеем, сразу натолкнуло на мысль применить маятник для измерения времени.**

Галилей понимал, что период колебания маятника зависит лишь от длины нити, на которой подвешен груз. Также, что можно считать период колебаний независящим от амплитуды колебаний. Разбирая влияние различных факторов на период качания маятника, **Галилей в "Первом дне" "Бесед" говорит:** "*Что касается, далее, отношения времени качания тел, подвешенных к нитям различной длины, то промежутки времени относятся между собой, как корни квадратные из длин маятников, и обратно: длины маятников стоят между собой в двойной пропорции времён, т. е. относятся друг к другу как квадраты времён качания".*

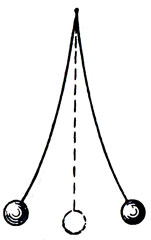
**

Рис 12. «Маятник Галилея»

Галилей первым развил теорию маятника. Почти за сто лет до Гюйгенса он **доказал, что период качания маятника зависит лишь от длины подвеса, если массой подвеса можно пренебречь по сравнению с массой качающегося тела.**

**Галилей доказал также, что период качания маятника не зависит от амплитуды его качания.**

При помощи маятников Галилей очень наглядно показал неправильность утверждения Аристотеля, что скорость падения тела зависит от его веса.

Разработка и осуществление практически пригодных часов принадлежит голландскому ученому **X. Гюйгенсу (1629-1695).** В 1657 г. Гюйгенс запатентовал изобретенные им часы с маятником. Одновременно он **разработал теорию маятника.** **Гюйгенс разработал также теорию вращательного движения для материальной точки, равномерно движущейся по окружности.**

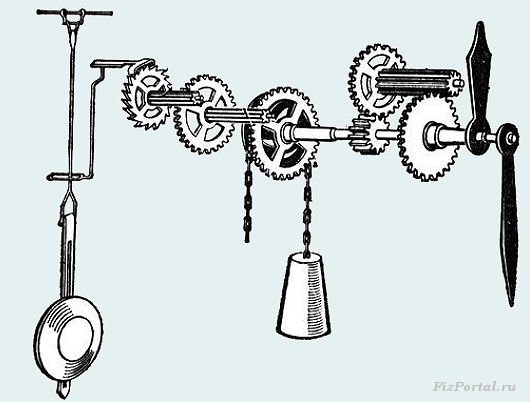
****

Рис 13. «Часы X. Гюйгенса»

В последней, пятой части своего сочинения Гюйгенс дает тринадцать теорем о центробежной силе. Гюйгенс приводит в ней несколько фундаментальных формул.

*Свет. Снеллиусом с закон преломления света*. *Гримальди с интерференцией,* *дифракцией и картой Луны.*

Также, был установлен *закон преломления света.* Впервые он был экспериментально установлен голландским ученым **Снеллиусом** (1580-1626) на границе воздух – вода, однако, Снеллиус не дал его современной формулировки. Позднее в современной формулировке он был опубликован Декартом в сочинении "Диоптрика" (1637). Декарт вывел этот закон теоретически, исходя из постулатов о различной скорости света в средах с различной плотностью. Открытие закона преломления света давало возможность приступить к количественному расчету оптических систем. В дальнейшем была получена формула линзы и развиты основы теории оптических систем.

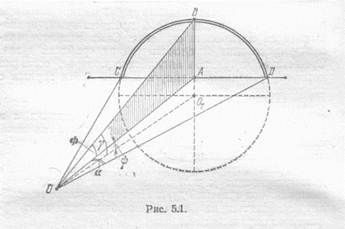


Рис 14. «Формула линзы Снеллиуса»

**Предложил использовать метод подобия треугольников при проведении геодезических измерений, при помощи которого нашёл решение задачи, названной впоследствии «задачей Потенота»**:

найти точку, из которой стороны данного (плоского) треугольника видны под заданными углами.

**В его работе «Eratosthenes Batavus» («Голландский Эратосфен»), опубликованной в 1617 году**, описывался метод триангуляции и приводились результаты измерений между городами Берген-оп-Зомом и Алкмаром дуги меридиана 1°11′30″.

**В 1621 году открыл закон преломления света**. Однако результаты многочисленных экспериментов по оптике опубликованы не были. Позже они были обнаружены в архивах Рене Декартом, который использовал их при написании своих «Рассуждений о методе ...» в приложении «Диоптрика» (1637).

**Закон Снеллиуса** (также Снелля или Снелла) описывает преломление света на границе двух прозрачных сред. Также применим и для описания преломления волн другой природы, например, звуковых.

В этот же период были открыты явления *интерференции* и *дифракции* света. Эти явления были впервые описаны итальянским ученым **Ф. Гримальди** (1618--1663) в его труде "Физико-математические рассуждения о свете, цветах и радуге" (1665).

Гримальди заметил, что если на пути узкого пучка световых лучей поставить предмет, то на экране, поставленном сзади, не получается резкой тени. Края тени размыты, кроме того, вдоль тени появляются цветные полосы. **Открытое явление Гримальди назвал дифракцией**, но объяснить его правильно не сумел. Он понимал, что наблюдаемое им явление находится в противоречии с законом прямолинейного распространения света, а вместе с тем и с корпускулярной теорией. Однако он не решился полностью отказаться от этой теории.

Другой опыт, описанный Гримальди, заключался в следующем: свет пропускался через два узких отверстия в ставне, расположенных близко друг к другу, так что на экране два кону­са лучей накладывались друг на друга. Рассматривая картину на экране.

**Гримальди пришел к выводу, что "прибавле­ние света к свету" (интерференция) может привести к уменьшению его интенсивности.**

В 1665 г. Гримальди открыл дифракцию света. Кроме того, совместно с Дж. Б. Риччиоли составил карту Луны и ввёл название лунных образований, употребляющиеся по сей день.

*Торричелли, Паскаль. Учение об атмосферном давлении, первый барометр и основы гидравлики.*

В период становления физики как самостоятельной науки было создано ***учение* об *атмосферном давлении*** (**Торричелли, Паскаль**) В 1603 г. Э. Торричелли (1608-1647) провел первый опыт с трубкой, наполненной ртутью и пришел к заключению о возможности существования пустоты, а также измерил величину атмосферного давления.

**Имя Торричелли навсегда вошло в историю физики как имя человека, впервые доказавшего существование атмосферного давления и сконструировавшего первый барометр – прибор для измерения атмосферного давления.**

Позже Декарт высказал мысль, что атмосферное давление должно уменьшаться с высотой и что это можно проверить, подняв барометр в гору. Такой опыт проделал **Б. Паскаль (1623-1663)** и установил, что, действительно, высота ртутного столба с подъемом уменьшается. Опыты Торричелли-Паскаля привели к изобретению нового прибора - барометра, который начал применяться в метеорологических исследованиях.

**Торичелли** был наиболее блестящим из прямых учеников Галилея. Известен как автор концепции атмосферного давления и продолжатель дела Галилея в области разработки новой механики.

Основные работы в области пневматики и механики. В 1643 стимулировал изучение вакуума (*Торичеллева пустота*), нанеся удар по утверждению: “природа боится пустоты”. **Сформулировал (1641) закон вытекания жидкости из отверстий сосуда (формула Торичелли).**

Первые работы Торичелли были посвящены исследованию механического движения: формулировка принципа движения центра тяжести, изучение движения тела, брошенного под произвольным углом, и истечения жидкости из отверстия в дне сосуда. **Он выдвинул гипотезу, эквивалентную закону сохранения энергии.** Основным же достижением Торичелли является открытие и исследование атмосферного давления, что вызвало большой резонанс среди физиков. Он также по существу открыл закон о распространении давления газа во все стороны, который окончательно сформулировал Паскаль.

**В основном труде по механике «О движении свободно падающих и брошенных тяжёлых тел» (1641)** Торричелли развил идеи Галилея о движении, сформулировал принцип движения центров тяжести, решил ряд задач баллистики. Использовал кинематические представления, в частности, принцип сложения движений, причём в понимании движения по инерции продвинулся дальше Галилея.

До середины XVII века считалось непререкаемым утверждение древнегреческого учёного Аристотеля о том, что вода поднимается за поршнем насоса потому, что «природа не терпит пустоты». Однако при сооружении фонтанов во Флоренции обнаружилось, что засасываемая насосами вода не желает подниматься выше 34 футов. Недоумевающие строители обратились за помощью к престарелому Галилею, который сострил, что, вероятно, природа перестает бояться пустоты на высоте более 34 футов, но все же предложил разобраться в этом своим ученикам — Торричелли и Вивиани. Трудно сказать, кто первым догадался, что высота поднятия жидкости за поршнем насоса должна быть тем меньше, чем больше её плотность. Так как ртуть в 13 раз плотнее воды, то высота её поднятия за поршнем будет во столько же раз меньше. Тем самым опыт получил возможность «перейти» со стройплощадки в лабораторию и был проведен Вивиани по инициативе Торричелли. Осмысливая результаты эксперимента, **Торричелли в 1643 году сделал два вывода**: ***пространство над ртутью в трубке пусто*** (позже его назовут «торричеллиевой пустотой»), а ***ртуть не выливается из трубки обратно в сосуд потому, что атмосферный воздух давит на поверхность ртути в сосуде.* Из этого следовало, что воздух имеет вес**. Это утверждение казалось настолько невероятным, что не сразу было принято учёными того времени.

*Роберт Бойль и газ (закон Бойля-Мариотта).*

Открытие атмосферного давления в середине XVII в. послужило отправной точкой для начала глубоких, всесторонних исследований свойств газа. **Из газовых законов первым был открыт закон, устанавливающий связь давления газа с занимаемым им объемом. Он был опубликован в 1660 г. английским физиком.**

Истоки исследований **Бойлем** свойств газов, по всей видимости, лежат в работах по усовершенствованию воздушного насоса, разработанного Отто Герике. Пытаясь понять принцип работы насоса, он изобрел несколько несложных приборов, которые позволяли измерять изменение объема данного количества воздуха при изменении его давления.

*Один из этих приборов представлял из себя изогнутую, запаянную с одного конца, стеклянную трубку, которая заполнялась ртутью. При заполнении трубки ртутью, в ее коротком отростке оставался запертый столбик воздуха. Когда Бойль доливал в длинный отросток ртуть, длина воздушного столбика уменьшалась. При изменении этой длины в два раза, разность уровней ртути в коленах оказывалась равной атмосферному давлению. Опыт наводил на мысли о существовании обратно пропорциональной зависимости между давлением и объемом. При повторных опытах Бойль доливал ртуть малыми порциями и получил полное подтверждение своему предположению.*

Закон Бойля в 1679 г. был переоткрыт французским физиком **Эдмом Мариоттом.** Во Франции этот закон до сих пор называют законом Мариотта. При этом никто не оспаривает приоритета Бойля. Но дело в том, что Бойль свое открытие считал просто интересным свойством воздуха, тогда как Мариотт этому закону нашел разнообразные применения, в частности, показал, как вести расчет высоты местности по показаниям барометра.

**Утверждение закона состоит в следующем: при постоянных температуре и массе газа произведение давления газа на его объём постоянно.**

** p_1 V_1 = p_2 V_2**

Здесь р1 и V1 – соответственно начальные давление и объем данной массы газа; р2 и V2 – конечные.

В изучении природы он был последователем Бэкона Веруламского, противником схоластической философии и давал предпочтение опыту перед умозрением; иногда это направление мешало ему делать обобщения смысла замеченных им явлений. Весьма важный физический закон сжатия газов, который носит теперь его имя **(закон Бойля — Мариотта)**, остался бы, может быть, незамеченным Бойлем, если б не первоначальное указание его ученика Ричарда Таунли на правильность сжатия газов с увеличением давления в опытах Бойля.

*Он доказал, что явление капиллярности, а именно поднятие жидкостей в узких трубках, происходит в разреженном пространстве, чем и опровергнул существовавшее тогда мнение, что в этом явлении участвует атмосферное давление. Опыт ему доказал также, что сифон не может в разреженном воздухе служить для переливания жидкостей, что дым, как и всякое другое тело, падает, следовательно, подвержен действию тяжести, что трение тел и гашение извести отделяют теплоту и в разреженном воздушном пространстве.*

**Эти и многие другие опыты Бойль производил при помощи воздушного насоса, незадолго перед тем изобретённого Отто фон Герике,** но получившего различные усовершенствования в руках Бойля. После появления сочинения Герике, в котором описаны его опыты над электричеством и магнетизмом, Бойль занялся воспроизведением этих опытов и внёс в них, как всегда, нечто новое; однако он иногда ошибался, как, например, в том случае, когда полагал, что железо отпадает от магнита под колоколом воздушного насоса вследствие разрежения воздуха.

**Бойль принимает, подобно своим предшественникам, существование в природе абсолютно пустого пространства**, в котором находятся материальные частицы определённой величины и формы; атомы жидкостей находятся в постоянном движении, а твёрдых тел — в покое, промежутки же между частицами наполнены некоторым очень тонким веществом. Для объяснения сцепления твёрдых тел он ошибочно принимает давление на них воздуха — общераспространённое тогда мнение.

**Физические и химические изменения вещества Бойль объяснял соединением и разъединением атомов, отрицал существование четырёх элементов (Аристотель) или трёх алхимических и высказал проницательную догадку, что истинные элементы будут найдены при последовательном разложении тел.**

*Вывод «физика – самостоятельная наука»*

Вращательное движения и теория маятника; свет, интерференция, дифракция и законы преломления света; карта Луны и учение об атмосферном давлении, первый барометр, часы и основы гидравлики и свойства газа. В сравнении с прежним периодом эксперимент занял прочное место и его ценность уже не подлежит сомнению. =научная мысль проникает все глубже, результатами опытов становятся уже не эпизодические сюжеты о свойствах вещей, а системные, структурные выводы. Теперь уже не рассуждение подтверждено практикой, а скорее эксперимент заставляет искать объяснение. Таким образом, в течение небольшого для науки временного отрезка (начало и середина 17 века) произошло *становление физики как самостоятельной науки.* Становление физики как самостоятельной науки сопровождалось развитием экспериментального метода познания природы, заложенного Галилеем, и выдающимися достижениями в области механики, оптики, физики жидкостей и газов.

# ***Тема 4. Период классической физики (конец XVII в.– начало ХХ в.)***

Классическая физика — физика до появления квантовой теории и теории относительности. Основы классической физики были заложены в средние века Ньютоном и другими физиками.

**Классическая физика основана на следующих принципах:**

* причины должны быть жестко связаны со следствиями (детерминизм)
* пространство обладает евклидовой геометрией
* течение времени одинаково в любых системах отсчета и не зависит от скорости их движения относительно друг друга.

Период классической физики в принятой схеме делится на три этапа: от И. Ньютона до Дж. Максвелла (1687 – 1859), от Дж. Максвелла до В. Рентгена (1860 – 1894) и от В. Рентгена до А. Эйнштейна (1895 – 1904).

# Лекция 8. Первый этап – второй этап (конец ХVII в. – 60-е гг. ХIХ в.) от И. Ньютона до Дж. Максвелла (1687 – 1859)

*План*

1. *Иссак Ньютон. Физика и ее математически обеспеченная целостность: системность, структурированность, закономерность*
2. *Ньютон и Гук. Споры: научные и не совсем…*
3. *Д. Бернулли. Гидро и аэродинамика*
4. *вывод*

*Иссак Ньютон. Физика и ее математически обеспеченная целостность: системность, структурированность, закономерность.*

Первый этап проходит под знаком полного господства механики Ньютона, его механическая картина мира совершенствуется и уточняется, физика представляется уже целостной наукой.

**Ньютоном были открыты четыре закона механики:**

**I закон, или закон инерции.** (Фактически, это закон, открытый еще Галилеем, но сформулированный более строго): **всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, пока оно не будет вынуждено изменить его под действием каких-то сил.**

**II закон.** Этот закон по праву является ядром механики. Он связывает изменение импульса тела (количества движения) kse4002с действующей на него силой kse4004, т.е. **изменение импульса тела в единицу времени равно действующей на него силе и происходит в направлении ее действия.** Так как в механике Ньютона масса не зависит от скорости (в современной физике, как мы впоследствии увидим, это не так), то

kse4006

где, а – ускорение противодействия равны по величине и противоположны по направлению. Масса в этом выражении предстает как мера инертности. Нетрудно увидеть, что при постоянной силе воздействия ускорение, которое можно придать телу тем меньше, чем больше его масса.

**III закон отражает тот факт, что действие тел всегда носит характер взаимодействия, и что силы действия и противодействия равны по величине и противоположны по направлению.**

**IV закон, сформулированный Ньютоном – это закон всемирного тяготения.**

Размышляя о движении Луны, Ньютон сделал вывод, что она на орбите удерживается той же силой, под действием которой камень падает на землю, т.е. силой тяготения: **«Луна тяготеет к Земле и силою тяготения постоянно отклоняется от прямолинейного движения и удерживается на своей орбите».** Используя формулу своего современника Гюйгенса для центростремительного ускорения и астрономические данные, он нашел, что центростремительное ускорение Луны в 3600 раз меньше ускорения падения камня на Землю. Поскольку расстояние от центра Земли до центра Луны в 60 раз больше радиуса Земли, то можно предположить, что сила тяготения убывает пропорционально квадрату расстояния. Затем, на основе законов Кеплера, описывающих движение планет, Ньютон распространяет этот вывод на все планеты.

**«Силы, которыми главные планеты отклоняются от прямолинейного движения и удерживаются на своих орбитах, направлены к Солнцу и обратно пропорциональны квадратам расстояний до центра его».**

Наконец, высказав положение о всеобщем характере сил тяготения и одинаковой их природе на всех планетах, показав, что «**вес тела на всякой планете пропорционален массе этой планеты»**, установив экспериментально пропорциональность массы тела и его веса (силы тяжести), **Ньютон делает вывод, что сила тяготения между телами пропорциональна массе этих тел**. Так был установлен знаменитый закон всемирного тяготения, который записывается в виде:

kse4010, где g - гравитационная постоянная, впервые определенная экспериментально в 1798 г. Г. Кавендишем. По современным данным g = 6,67\*10-11Н\*м2/кг2.

Важно отметить, что в законе всемирного тяготения масса выступает в качестве меры гравитации, т.е. определяет силу тяготения между материальными телами.

**В письме к Пардизу Ньютон сформулировал «золотое правило науки» [23]:**

*«Лучшим и наиболее безопасным методом философствования, как мне кажется, должно быть сначала прилежное исследование свойств вещей и установление этих свойств с помощью экспериментов, а затем постепенное продвижение к гипотезам, объясняющим эти свойства. Гипотезы могут быть полезны лишь при объяснении свойств вещей, но нет необходимости взваливать на них обязанности определять эти свойства вне пределов, выявленных экспериментом… ведь можно изобрести множество гипотез, объясняющих любые новые трудности».*

Такой подход не только ставил вне науки умозрительные фантазии (например, рассуждения картезианцев о свойствах «тонких материй», будто бы объясняющих электромагнитные явления), но был более гибким и плодотворным, потому что допускал математическое моделирование явлений, для которых первопричины ещё не обнаружены. Это и произошло с тяготением и теорией света — их природа прояснилась гораздо позже, что не мешало успешному многовековому применению ньютоновских моделей.

**Ньютон, так же как Галилей, полагал, что в основе всех процессов природы лежит механическое движение**[24]:

*«Было бы желательно вывести из начал механики и остальные явления природы… ибо многое заставляет меня предполагать, что все эти явления обусловливаются некоторыми силами, с которыми частицы тел, вследствие причин покуда неизвестных, или стремятся друг к другу и сцепляются в правильные фигуры, или же взаимно отталкиваются и удаляются друг от друга. Так как эти силы неизвестны, то до сих пор попытки философов объяснить явления природы и оставались бесплодными».*

**Свой научный метод Ньютон сформулировал в книге «Оптика» [**23]:

*«Как в математике, так и при испытании природы, при исследовании трудных вопросов, аналитический метод должен предшествовать синтетическому. Этот анализ заключается в том, что из экспериментов и наблюдений посредством индукции выводят общие заключения и не допускают против них никаких возражений, которые не исходили бы из опытов или других надёжных истин. Ибо гипотезы не рассматриваются в экспериментальной философии. Хотя полученные посредством индукции из экспериментов и наблюдений результаты не могут ещё служить доказательством всеобщих заключений, всё же это — наилучший путь делать заключения, который допускает природа вещей».*

**Огромной заслугой Ньютона перед развитием физики является решение двух фундаментальных задач.**

1. ***Создание для механики аксиоматической основы, которая фактически перевела эту науку в разряд строгих математических теорий.***
2. ***Создание динамики, связывающей поведение тела с характеристиками внешних воздействий на него (сил).***

**Ньютону принадлежат фундаментальные открытия в оптике.** Ньютон создал математическую теорию открытых Гуком интерференционных колец, которые с тех пор получили название **«кольца Ньютона».** В письме к Флемстиду, он изложил подробную теорию астрономической рефракции[25]. Но его главное достижение — **создание основ физической (не только геометрической) оптики как науки[26] и разработка её математической базы, превращение теории света из бессистемного набора фактов в науку с богатым качественным и количественным содержанием, экспериментально хорошо обоснованным[25]. Оптические опыты Ньютона на десятилетия стали образцом глубокого физического исследования[26].**

*Ньютон и Гук. Споры: научные и не совсем…*

В 1675 году Ньютон прислал Научному Обществу свой трактат с новыми исследованиями и рассуждениями о природе света. Роберт Гук на заседании заявил, что всё, что есть ценного в трактате, уже имеется в ранее опубликованной книге **Гука «Микрография».** В частных беседах он обвинял Ньютона в плагиате[23]:

«**Я показал, что господин Ньютон использовал мои гипотезы об импульсах и волнах»** (из дневника Гука).

Гук оспаривал приоритет всех открытий Ньютона в области оптики, кроме тех, с которыми он был не согласен[27]. Ольденбург тут же известил Ньютона об этих обвинениях, и тот расценил их как инсинуации. На этот раз конфликт удалось погасить, и учёные обменялись примирительными письмами (1676). Однако с этого момента и вплоть до смерти Гука (1703) Ньютон никаких работ по оптике не публиковал, хотя у него накопился огромный материал, систематизированный им в классической монографии «Оптика» (1704).

**Другой приоритетный спор был связан с открытием закона тяготения.** **Ещё в 1666 году Гук пришел к выводу, что движение планет есть суперпозиция падения на Солнце благодаря силе притяжения к Солнцу, и движения по инерции по касательной к траектории планеты.** По его мнению, эта суперпозиция движения и обусловливает эллиптическую форму траектории планеты вокруг Солнца[28]. Однако доказать это математически он не смог и послал в 1679 году Ньютону письмо, где предложил сотрудничество по решению этой задачи. В этом письме было также изложено предположение об убывании силы притяжения к Солнцу обратно пропорционально квадрату расстояния[29]. В ответ Ньютон заметил, что ранее занимался проблемой движения планет, но оставил эти занятия. Действительно, как показывают найденные впоследствии документы, Ньютон занимался проблемой движения планет ещё в 1665—1669 гг., когда он **на основании III закона Кеплера установил, что «стремление планет удалиться от Солнца будет обратно пропорционально квадратам их расстояний от Солнца»**[30]. Однако представление об орбите планеты как исключительно результате равенства сил притяжения к Солнцу и центробежной силы у него до конца в те годы ещё не выработалось[30].

Впоследствии переписка между Гуком и Ньютоном прервалась. Гук вернулся к попыткам построения траектории планеты под действием силы, убывающей по закону обратных квадратов. Однако эти попытки также оказались безуспешными. Между тем, Ньютон вернулся к изучению движения планет и решил эту задачу.

Когда Ньютон готовил к публикации свои «Начала», Гук потребовал, чтобы Ньютон в предисловии оговорил приоритет Гука относительно закона тяготения. Ньютон возразил, что Буллиальд, Кристофер Рен и сам Ньютон пришли к той же формуле независимо и раньше Гука[23]. Разгорелся конфликт, немало отравивший жизнь обоим учёным.

Современные авторы отдают должное и Ньютону, и Гуку. Приоритет Гука заключается в постановке задачи о построении траектории планеты благодаря суперпозиции её падения на Солнце по закону обратных квадратов и движения по инерции. Возможно также, что именно письмо Гука непосредственно подтолкнуло Ньютона завершить решение этой задачи. Однако сам Гук задачу не решил, а также не догадался об универсальности гравитации.

**Рассуждения С. И. Вавилова[25], приводят к следующему выводу.** «*Если связать в одно все предположения и мысли Гука о движении планет и тяготении, высказанные им в течение почти 20 лет, то мы встретим почти все главные выводы «Начал» Ньютона, только высказанные в неуверенной и мало доказательной форме. Не решая задачи, Гук нашел её ответ. Вместе с тем перед нами вовсе не случайно брошенная мысль, но несомненно плод долголетней работы. У Гука была гениальная догадка физика-экспериментатора, прозревающего в лабиринте фактов истинные соотношения и законы природы. С подобной редкостной интуицией экспериментатора мы встречаемся в истории науки ещё у Фарадея, но Гук и Фарадей не были математиками. Их дело было довершено Ньютоном и Максвеллом. Бесцельная борьба с Ньютоном за приоритет набросила тень на славное имя Гука, но истории пора, спустя почти три века, отдать должное каждому. Гук не мог идти прямой, безукоризненной дорогой «Математических начал» Ньютона, но своими окольными тропинками, следов которых нам теперь уже не найти, он пришел туда же».*

В дальнейшем отношения Ньютона с Гуком оставались напряжёнными. Например, когда Ньютон представил Обществу придуманную им новую конструкцию секстанта, Гук тут же заявил, что изобрёл такой прибор более 30 лет назад (хотя никогда секстантов не строил) [23]. Всё же Ньютон сознавал научную ценность открытий Гука и в своей «Оптике» несколько раз упомянул своего, уже покойного, оппонента[31].

Помимо Ньютона, Гук вёл приоритетные споры со многими другими английскими и континентальными учёными, в том числе с Робертом Бойлем, которого он обвинил в присвоении усовершенствования воздушного насоса, а также с секретарём Королевского общества Ольденбургом, заявив, что с помощью Ольденбурга Гюйгенс украл у Гука идею часов со спиральной пружиной[23].

*Д. Бернулли. Гидро и аэродинамика*

В 1738 г. Вышла в свет работа **Д. Бернулли** **«Гидродинамика», в которой помещено уравнение стационарного движения идеальной жидкости:**

**\tfrac{\rho v^2}{2} + \rho g h + p = \mathrm{const}**

где, р – статическое давление в жидкости; ρ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения; h – высота столба жидкости; ν – скорость потока жидкости.

**Эффект Бернулли — это то, благодаря чему птицы и самолеты могут летать.** Разрез крыла у них практически одинаковый: за счет сложной формы крыла создается разница обтекающих его сверху и снизу воздушных потоков, что позволяет телу подниматься вверх

***А основополагающая идея здесь такова****: воздушный поток разрезается надвое передней кромкой крыла, и часть его обтекает крыло вдоль верхней поверхности, а вторая часть — вдоль нижней. Чтобы двум потокам сомкнуться за задней кромкой крыла, не образуя вакуума, воздух, обтекающий верхнюю поверхность крыла, должен двигаться быстрее относительно самолета, чем воздух, обтекающий нижнюю поверхность, поскольку ему нужно преодолеть большее расстояние.*

 В случае с самолетом воздух обтекает крыло самолета снизу медленнее, чем сверху. И благодаря этому эффекту обратной зависимости давления от скорости давление воздуха снизу, направленное вверх, оказывается больше давления сверху, направленного вниз. В результате, по мере набора самолетом скорости, возрастает направленная вверх разность давлений, и на крылья самолета действует нарастающая по мере разгона ***подъемная сила***. Как только она начинает превышать силу гравитационного притяжения самолета к земле, самолет в буквальном смысле взмывает в небо. Эта же сила удерживает самолет в горизонтальном полете: на крейсерской скорости и высоте подъемная сила уравновешивает силу тяжести.

**Более всего Даниил Бернулли прославился трудами в области математической физики и теории дифференциальных уравнений** — его считают, наряду с Д’Аламбером и Эйлером, основателем математической физики. Физик-универсал, он основательно обогатил кинетическую теорию газов, гидродинамику и аэродинамику, теорию упругости и т. д. **Он первый выступил с утверждением, что причиной давления газа является тепловое движение молекул. В своей классической «Гидродинамике» Даниил Бернулли вывел уравнение стационарного течения несжимаемой жидкости (закон Бернулли), лежащее в основе динамики жидкостей и газов. С точки зрения молекулярной теории он объяснил закон Бойля — Мариотта.**

Даниилу Бернулли принадлежит одна из первых формулировок закона сохранения энергии (живой силы, как тогда говорили), а также (одновременно с Эйлером) первая формулировка закона сохранения момента количества движения (1746). Он много лет изучал и математически моделировал упругие колебания, ввёл понятие гармонического колебания, сформулировал принцип суперпозиции колебаний.

В математике опубликовал ряд исследований по теории вероятностей, теории рядов, численным методам и дифференциальным уравнениям. Он первый применил математический анализ к задачам теории вероятностей (1768), до этого в ней использовался только комбинаторный подход. Бернулли продвинул также математическую статистику, рассмотрев с применением вероятностных методов ряд практически важных задач.

*Вывод*

Физика, получив математическое обеспечение, обеспечила себе целостность, возможность прогнозировать эксперимент и его результаты через построение математических моделей. Отныне физика окончательно превратилась в настоящую науку.

*Теория теплоты в 18 веке*

В середине 18 века при исследовании фазового перехода открыта скрытая теплота парообразования (**Блэк**), скрытая теплота плавления.

В 1757 Блэк ввёл понятие скрытой теплоты, открыв теплоту плавления и парообразования, хотя эти труды были опубликованы лишь в 1779.

Затем, с 1759 по 1763, Блэк обнаружил различие между количеством теплоты и ее температурой, ввёл понятие теплоёмкости.

В 1976 году в честь Джозефа Блэка назван кратер на Луне.

*Период невесомых. Теория теплоты*

Итоги века – в книге "Мемуар о теплоте", **Лавуазье.**

**Явления тепла, тесно связанные с процессом горения, составляли предмет изучения Лавуазье. Вместе с Лапласом, будущим творцом «Небесной механики», Лавуазье даёт начало калориметрии**; они устраивают ледяной калориметр. С помощью его они измеряют теплоёмкости многих тел и теплоты, освобождающиеся при различных химических превращениях, например, при сгорании угля, фосфора, водорода, при взрыве смеси селитры, серы и угля.

**Этими работами они кладут основание новой области исследования — термохимии и устанавливают её основной принцип, сформулированный ими в следующей форме:** *«Всякие тепловые изменения, которые испытывает какая-нибудь материальная система, переменяя своё состояние, происходят в порядке обратном, когда система вновь возвращается в своё первоначальное состояние».*

В 1781—82 годах они дают известный способ определять расширение твёрдых тел. Выработанные ими методы они вслед за тем применяют для изучения животной теплоты. Производя исследования над составом воздуха, Лавуазье установил те изменения, которым подвергается воздух при процессе дыхания животных.

**Лапласс**

Лаплас помимо всего прочего **доказал устойчивость солнечной системы**, состоящую в том, что благодаря движению планет в одну сторону, малым эксцентриситетам и малым взаимным наклонам их орбит, должна существовать неизменяемость средних расстояний планет от Солнца, а колебания прочих элементов орбит должны быть заключены в весьма тесные пределы.

Лаплас предложил первую математически обоснованную космогоническую гипотезу образования всех тел Солнечной системы, называемую его именем: **гипотеза Лапласа**. Он также первый высказал предположение, что некоторые наблюдаемые на небе туманности на самом деле — галактики, подобные нашему Млечному пути.

**Он далеко продвинул теорию возмущений** и убедительно показал: все отклонения положения планет от предсказанных законами Ньютона (точнее говоря, предсказанных решением задачи двух тел) объясняются взаимовлиянием планет, которое можно учесть с помощью тех же законов Ньютона.

В 1809 году Лаплас занимался проблемами акустики; он вывел формулу для скорости распространения звука в воздухе.

**Фактически предсказал черные дыры:**

*Если бы диаметр светящейся звезды с той же плотностью, что и Земля, в двести пятьдесят раз превосходил диаметр Солнца, то вследствие притяжения звезды ни один из испущенных ею лучей не смог бы дойти до нас; следовательно, не исключено, что самые большие из светящихся тел по этой причине являются невидимыми.*

Беркли, **Юнг.**

Оптические наблюдения привели Юнга к мысли, что господствовавшая в то время корпускулярная теория света неверна. Он высказался в пользу волновой теории. Его идеи вызвали возражения английских учёных; под их влиянием Юнг отказался от своего мнения. Однако в трактате по оптике и акустике «Опыты и проблемы по звуку и свету» (1800) учёный вновь пришёл к волновой теории света и впервые рассмотрел проблему суперпозиции волн. Дальнейшим развитием этой проблемы явилось открытие Юнгом принципа интерференции (сам термин был введён Юнгом в 1802 году).

Франция, Германия – **Кант** разработал космогоническую гипотезу происхождения Солнечной системы из гигантской первоначальной газовой туманности **(«Всеобщая естественная история и теория неба», 1755 год);**

Воззрения Канта на человека отражены в книге «Антропология с прагматической точки зрения» (1798 год). Главная её часть состоит из трёх разделов в соответствии с тремя способностями человека: познание, чувство

*Принципы и математический аппарат механики*

**Эйлер** рассмотрел законы Ньютона, выдвинул на первый план второй закон, переписал его математическим языком для системы материальных точек, например, твёрдого тела. Ввёл понятия момента инерции, свободных осей, центра масс. После Эйлера задачи механики стало возможно решать для многих точек.

Эйлер охотно участвовал в научных дискуссиях, из которых наибольшую известность получили[33]:

* спор о струне;
* спор с Д’Аламбером о свойствах комплексного логарифма;
* спор с Джоном Доллондом о том, возможно ли создать ахроматическую линзу.

Во всех упомянутых случаях позиция Эйлера поддержана современной наукой.

В 1736 году вышел двухтомный трактат Эйлера **«Механика, или наука о движении, в аналитическом изложении»**, знаменовавший новый этап в развитии этой древней науки и посвящённый динамике материальной точки. В отличие от основоположников данного раздела динамики — Галилея и Ньютона, пользовавшихся геометрическими методами, 29-летний Эйлер предложил регулярный и единообразный аналитический метод решения различных задач динамики: составление дифференциальных уравнений движения материального объекта и их последующее интегрирование при заданных начальных условиях.

В первом томе трактата рассматривается движение свободной материальной точки, во втором — несвободной, причём исследуется движение как в пустоте, так и в сопротивляющейся среде. Отдельно рассматриваются задачи баллистики и теория маятника. Здесь Эйлер впервые записывает дифференциальное уравнение прямолинейного движения точки, а для общего случая криволинейного её движения вводит естественные уравнения движения — уравнения в проекциях на оси сопровождающего трёхгранника.

Последний результат был опубликован Эйлером в его втором фундаментальном трактате по аналитической динамике — **книге «Теория движения твёрдых тел»** (1765). Основное её содержание посвящено, однако, другому разделу механики — динамике твёрдого тела, основоположником которого и стал Эйлер.

**Клеро.** В 1758 году согласно Галилею, должна была появиться комета. Но не появилась. Клеро же перенёс её появление на весну 59-го, ошибившись всего на пару дней, что и позволило утвердиться теории Ньютона во Франции. **Сводил задачи динамики к задачам статики. То есть можно объяснять движение тел со связями.**

Огромны заслуги Клеро в механике и особенно в утверждении системы Ньютона, которая даже в середине XVIII века всё ещё находила на континенте Европы немало противников.

Основные трудности модель Ньютона встречала в теории движения Луны. Расхождения («неравенства») между видимым движением лунного апогея и вычисленным по закону всемирного тяготения оказывались столь значительными, что многие ученые, даже такие, как Эйлер, Даламбер и сам Клеро, высказывали сомнения в точности этого закона. **По предложению Эйлера Петербургская академия наук объявила в 1749 году свой первый научный конкурс на следующую тему:**

***«Согласуются или же нет все неравенства, наблюдаемые в движении Луны, с теорией Ньютона? И какова истинная теория всех этих неравенств, которая позволила бы точно определить местоположение Луны для любого времени?»***

Как раз в это время Клеро нашёл остроумный способ приближённого решения «задачи трёх тел». Он уточнил свои прежние вычисления, и они с высокой точностью совпали с последними результатами наблюдений. На основании отзыва Эйлера, книга Клеро «Теория Луны, выведенная из единственного начала притяжения, обратно пропорционального квадратам расстояний», была заслуженно удостоена премии (1751).

Вскоре небесную механику ожидал новый триумф. Уже Галлей понял, что кометы, наблюдавшиеся в 1607-м и 1682-м годах — это одна и та же комета, получившая имя Галлея. Следующее появление этой кометы ожидалось в начале 1758 года. Однако Клеро, проведя точные вычисления с учётом влияния Юпитера и Сатурна, предсказал (осенью 1758 года), что комета появится позднее и пройдёт перигелий в апреле 1759 года. Он ошибся всего на 31 день.

Ещё один вклад Клеро в механику — создание им динамической теории относительного движения. Он также далеко развил (вслед за Ньютоном и Маклореном) теорию фигур равновесия жидкой массы.

Стали развиваться и процветать вариационные принципы механики. Появляется некий принцип **Даламбера - Лагранжа.**

Метод Лагранжа. В 1788 году вышла "Аналитическая механика". Там он проанализировал всё, что было до него, и поставил задачу решения механических проблем без использования картинок.

*Электричество и магнетизм*

В 1729 **Грэй** поделил материал на проводники и непроводники. **Открыл в 1729 явление электропроводности, установив, что электричество может передаваться от одного тела к другому по металлической проволоке или прядильной нити, но не может передаваться по шелковой нити. Первый разделил все тела на проводники и непроводники электричества. Надежно подтвердил существование явления электростатической индукции и показал, что электрический заряд распределяется по поверхности тела.**

**Наиболее существенные достижения Грея связаны с опытами 1720-х гг., приведшими, по сути дела, к открытию передачи электричества на расстояние.** *Первоначально Грей заметил, что пробка, которой заткнута стеклянная трубка, притягивает мелкие кусочки бумаги и соломы, если потереть трубку. Воткнув в середину трубки деревянную щепку, Грей обнаружил, что этот же эффект имеет место на конце щепки. Постепенно удлиняя щепку, а затем заменив её пеньковой верёвкой и наконец шёлковой нитью, Грей довёл расстояние, на которое передавался электрический заряд, до 800 футов. При этом он установил, что по земле электричество не передаётся, сделав, тем самым шаг в направлении разделения всех веществ на проводники и изоляторы.*

**Открытие закона Кулона.**

**Открытию закона Кулоном способствовало то обстоятельство, что силы взаимодействия между зарядами велики.** Поэтому здесь не нужно было применять особо чувствительную аппаратуру, как при проверке закона тяготения в земных условиях. **Несложное устройство, получившее название крутильных весов Кулона,** позволило ответить на вопрос, как взаимодействуют друг с другом неподвижные заряженные тела. *Крутильные весы — это просто подвешенная на тонкой упругой проволочке палочка, на одном конце которой закреплен заряженный металлический шарик, а на другом — противовес. Еще один шарик закреплен возле весов неподвижно. Сила взаимодействия измерялась по закручиванию проволочки, и исследовалась зависимость силы от расстояния и величины зарядов.*

Опыты Кулона привели к открытию закона, поразительно напоминающего закон тяготения. **Сила взаимодействия неподвижных заряженных тел прямо пропорциональна произведению их зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.** Сразу надо оговориться, что, как и ньютоновский закон, закон Кулона **справедлив только для «точечных» зарядов**, т. е. для зарядов, геометрические размеры которых малы по сравнению с расстоянием между ними. Вообще же сила зависит от геометрических размеров и формы заряженных тел. **Ее обычно называют кулоновской.**

Открытие закона Кулона впервые позволило рассматривать заряд как определенное количество — измерять его.

**В 1791 году в «Трактате о силах электричества при мышечном движении» было описано сделанное Гальвани знаменитое открытие.** Сами явления, открытые Гальвани, долгое время в учебниках и научных статьях назывались **«гальванизмом».** Этот термин доныне сохраняется в названии некоторых аппаратов и процессов. Свое открытие сам Гальвани описывает следующим образом:

*«Я разрезал и препарировал лягушку… и, имея в виду совершенно другое, поместил её на стол, на котором находилась электрическая машина…, при полном разобщении от кондуктора последней и на довольно большом расстоянии от него. Когда один из моих помощников острием скальпеля случайно очень легко коснулся внутренних бедренных нервов этой лягушки, то немедленно все мышцы конечностей начали так сокращаться, что казались впавшими в сильнейшие тонические судороги. Другой же из них, который помогал нам в опытах по электричеству, заметил, как ему казалось, что это удается тогда, когда из кондуктора машины извлекается искра… Удивленный новым явлением, он тотчас же обратил на него мое внимание, хотя я замышлял совсем другое и был поглощен своими мыслями. Тогда я зажегся невероятным усердием и страстным желанием исследовать это явление и вынести на свет то, что было в нём скрытого».*

**Классические опыты Гальвани сделали его отцом электрофизиологии**. Гальвани, осуществив ряд экспериментов, пришел к выводу о существовании нового источника и нового вида электричества. Его привели к такому выводу опыты составления замкнутой цепи из проводящих тел и металлов (лучше всего по признанию самого учёного было использовать разные металлы, например, железный ключ и серебряную монету) и лягушечного препарата.

*Наука в России 18 века.*

До реформ Петра I учебных заведений было весьма мало, да и те теологические. После смерти Петра в 1725 году открывается Императорская Петербургская Академия Наук. Поначалу академиков завозили из-за рубежа, им платили очень большие деньги, потому первоначальный состав был блестящий. Однако из-за интриг впоследствии многие уезжали. Академия должна была содержать университет, для подготовки замены "привозным" академикам. Что тем не нравилось. Там же была организована гимназия. Первые академики появились в 1745 году, сразу два. Тредиаковский и Ломоносов. Они стали профессорами (тогда - академиками).

**Михаил Васильевич Ломоносов**.

**Ломоносов был сторонником корпускулярной философии.** Корпускулярная философия основана Лейбницем, её придерживался Вольф - учитель Ломоносова. Но у них корпускулы - идеальное начало, а Ломоносов читал Бойля с его реальными корпускулами. **Развивал свою молекулярно-кинетическую теорию. Его поддерживал Эйлер**.

**Ломоносов открыл закон сохранения массы** - обжиг свинца в запаянной реторте. Лавуазье же опубликовал свои результаты. Построил «ночезрительную» трубу, в которую хорошо видно ночью, и открыл с её помощью атмосферу Венеры.

Был сторонником волновой теории света. Ньютона и Декарта он уважал, но считал, что идти надо своим путём. В качестве примера приводил алмаз - в нём лучи распространяются, не мешая друг другу, что невозможно для корпускул.

*Скорость света.*

Античные учёные, за редким исключением, считали скорость света бесконечной. Галилей и Гук допускали, что она конечна, хотя и очень велика, в то время как Кеплер, Декарт и Ферма по-прежнему отстаивали бесконечность скорости света.

**Первую оценку скорости света дал Олаф Рёмер (1676).** Он заметил, что, когда Земля и Юпитер находятся по разные стороны от Солнца, затмения спутника Юпитера Ио запаздывают по сравнению с расчётами на 22 минуты. **Отсюда он получил значение для скорости света около 220 000 км/с — неточное, но близкое к истинному.**

В 1849 году скорость света была измерена в земных условиях Физо.

**Опыт Физо́ — опыт по определению скорости света в движущихся средах (телах), осуществлённый в 1851 Луи Физо. Опыт демонстрирует эффект релятивистского сложения скоростей.**

*Луч от источника разделяется полупрозрачной пластинкой на два луча, один из которых, отражаясь от зеркал, проходит через текущую в трубах воду по направлению её движения, а другой — против её движения. После этого оба луча попадают в интерферометр, где и наблюдается интерференционная картина. Измерения производились сначала при неподвижной воде, а затем — при движущейся. По смещению интерференционных полос определялась разность времён прохождения лучей в движущейся и неподвижной среде, а, следовательно, и величина α*

*Электромагнетизм.*

1831 год - **Фарадей** открыл электромагнитную индукцию, лежащую в основе современного промышленного производства электричества и многих его применений. **Создал первую модель электродвигателя.** Среди других его открытий — первый трансформатор, химическое действие тока, законы электролиза, действие магнитного поля на свет, диамагнетизм. Первым предсказал электромагнитные волны. Фарадей ввёл в научный обиход термины ион, катод, анод, электролит, диэлектрик, диамагнетизм, парамагнетизм и др.

Фарадей — основоположник учения об электромагнитном поле, которое затем математически оформил и развил Максвелл. Основной идейный вклад Фарадея в физику электромагнитных явлений заключался в отказе от ньютонова принципа дальнодействия и во введении понятия физического поля — непрерывной области пространства, сплошь заполненной силовыми линиями и взаимодействующей с веществом.

*Открытие закона сохранения и превращения энергии.*

В первую половину 19 века в 40-е года стало ясно, что магнетизм и электричество взаимосвязаны - Ампер говорил об изгнании магнитной жидкости. Изгнана цветовая жидкость - вместо неё колебания среды. Однако непонятно, как связаны работа и теплота и откуда тепловая жидкость берётся.

**Томпсон впервые показал связь между механической работой и внутренней энергией и рассматривал последнюю как результат особого вида движения частиц материи.** Вместе с Гемфри Дэви он значительно способствовал становлению кинетической теории теплоты. Ранее на то, «что причиною теплоты является внутреннее вращательное движение связанной материи», указывал только М. В. Ломоносов

**Лазель Карно в 1803 году ввёл определение работы согласно современному представлению. Доказал теорему Карно: чтобы движение передавалось как можно более эффективно, нельзя чтобы оно передавалось скачками.**

1824 году Сади Карно пришел к выводу: **«Движущая сила тепла не зависит от агентов, взятых для её развития; её количество исключительно определяется температурами тел, между которыми, в конечном счете, производится перенос теплорода»**

Закон сохранения и превращения энергии открыли Майер (первый), Джоуль и Гельмгольц. Каждый добавлял что-то своё.

**Майер - первым осознал и сформулировал всеобщность закона сохранения энергии.**

*При исследовании законов функционирования человека у него возник вопрос, не изменится ли количество теплоты, выделяемое организмом при переработке пищи, если он при этом будет совершать работу. Если количество теплоты не изменялось бы, то из того же количества пищи можно было бы получать больше тепла путём перевода работы в тепло (например, через трение). Если же количество теплоты изменяется, то, следовательно, работа и тепло должны быть как-то связаны между собой и с процессом переработки пищи.* **Подобные рассуждения привели Майера к формулированию закона сохранения энергии в качественной форме:**

**Движение, теплота, и, как мы намерены показать в дальнейшем, электричество представляют собой явления, которые могут быть сведены к единой силе, которые изменяются друг другом и переходят друг в друга по определенным законам**

Ему же принадлежит обобщение закона сохранения энергии на астрономические тела. **Майер утверждает, что тепло, которое поступает на Землю от Солнца, должна сопровождаться химическими превращениями или механической работой на Солнце:**

**Всеобщий закон природы, не допускающий никаких исключений, гласит, что для образования тепла необходима известная затрата. Эту затрату, как бы разнообразна она ни была, всегда можно свести к двум главным категориям, а именно, она сводится либо к химическому материалу, либо к механической работе**

Рассуждения Майера и опыты Джоуля доказали эквивалентность механической работы и теплоты, показав, что количество выделяемой теплоты равно совершённой работе и наоборот, однако, формулировку в точных терминах закону сохранения энергии первым дал Герман Гельмгольц[25]. В отличие от своих предшественников, **Гельмгольц** связывал закон сохранения энергии с невозможностью существования вечных двигателей. В своих рассуждениях он шёл от механистической концепции устройства материи, представляя её как совокупность большого количество материальных точек, взаимодействующих между собой посредством центральных сил. Исходя из такой модели, Гельмгольц свёл все виды сил (позднее получивших название видов энергии) к двум большим типам: живым силам движущихся тел (кинетической энергии в современном понимании) и силам напряжения (потенциальной энергии). **Закон сохранения этих сил был им сформулирован в следующем виде:**

**Во всех случаях, когда происходит движение подвижных материальных точек под действием сил притяжения и отталкивания, величина которых зависит только от расстояния между точками, уменьшение силы напряжения всегда равно увеличению живой силы, и наоборот, увеличение первой приводит к уменьшению второй. Таким образом, всегда сумма живой силы и силы напряжения постоянна.**

## Лекция 9. Второй - третий этап (60-е гг. ХIХ – конец ХIХ в.) «Необъяснимое породило революцию»

***от Дж. Максвелла до В. Рентгена (1860 – 1894)***

***и от В. Рентгена до А. Эйнштейна (1895 – 1904).***

*План*

1. *Философия и физика. Мышление должны быть экономным.*
2. *Термодинамика. Три начала.*
3. *Кинетическая теория газов. Уравнение Больмана.*
4. *Законы термодинамики и статистическая физика*
5. *Электродинамика. Магнетизм и электрический ток. Электрон*
6. *Электронная теория. Электрон. Ответ древним*
7. *Классическая физика столкнулась с необъяснимым. Период релятивистской и квантовой физики (начало 20 века - ...)*
8. *Возникновение теории относительности (СТО)*
9. *Вывод*

Во второй половине 19 века происходит завершение формирования классической физики.

*Философия и физика. Мышление должны быть экономным.*

**В то время наиболее распространенной философией стал махизм.**

В основании махизма лежит принцип экономии мышления. Экономию мыслительной деятельности Мах полагал основной характеристикой познания, обосновывая тем, что главная потребность любого организма в самосохранении. **Авенариус данную идею поддерживал, и предлагал принцип наименьшей траты сил.**

Мах объяснение явлений считал необязательной частью, даже лишней. И с целью экономии предлагал этим пренебречь. К примеру, поиск причин он предлагал заменить нахождение функциональной зависимости признаков явлений.

*Термодинамика. Три начала.*

В начале второй половины 19 века результатом работ троих ученых, таких как: Ю. Р. Майера, Дж. П. Джоуля и Г. Гельмгольца, было открыто и сформулировано **первое начало термодинамики:**

**термодинамическая система может совершать работу только за счёт своей внутренней энергии или каких-либо внешних источников энергии.**

Также имеется и другая формулировка:

**первое начало термодинамики означает невозможность существования вечного двигателя первого рода, который совершал бы работу, не черпая энергию из какого-либо источника.**

В 1848 Томсон ввел понятие абсолютной температуры в одной из статей «Biogr.-Litter. Handwörterbuch Poggendorffa» (1896).

В 1850 Клаузиус дает первую формулировку **второго начала термодинамики** в работе «О движущей силе теплоты и о законах, которые можно отсюда получить для теории теплоты», 1850 года:

**«Теплота сама собой не может переходить от тела холодного к телу горячему».**

А в 1851 - Вильям Томсон (Кельвин) дает вторую формулировку:

**нельзя получить тепло от тела путём его охлаждения ниже температуры самого холодного из окружающих тел.**

Обе формулировки эквивалентны для второго закона термодинамики.

Согласно Нернсту **третье начало термодинамики**:

**изменение энтропии DS стремится к нулю при любых обратимых изотермических процессах, совершаемых между двумя равновесными состояниями при температурах, приближающихся к абсолютному нулю (ΔS -> 0 при Т -> 0).**

Историю открытия этих законов можно подробно и с наибольшим интересом прочитать в книге Дмитрия Самина «100 великих научных открытий».

**Теорема Нернста** – **утверждение, что энтропия химически однородного твердого или жидкого тела при абсолютном нуле температуры равна нулю**. Эта теорема применяется только для изолированных систем. А для любых систем, которые находятся в термодинамическом равновесии, распространил ее М. Планк.

Говоря о Нернсте, в 1921 г. ученому была вручена Нобелевская премия по химии, присужденная в 1920 г. «в признание его работ по термодинамике». **В своей Нобелевской лекции Нернст сказал, что:**

**«более 100 проведенных им экспериментальных исследований позволили собрать вполне достаточно данных, подтверждавших новую теорему с той безошибочностью, какую допускает точность временами очень сложных экспериментов».**

Работая вместе, Клаузиус и Кельвин предположили **возможное существование тепловой смерти вселенной.** Иначе говоря, это состояние вещества и энергии во Вселенной, когда характеризующие их градиенты исчезнут.

Однако, эта гипотеза применяется к изолированным или замкнутым системам и не вполне понятно, почему Вселенную тоже к ним относят.

Такие гипотезы могут породить сомнения в истинности термодинамики.

*Кинетическая теория газов. Уравнение Больмана.*

Параллельно с развитием термодинамики, шло развитие **кинетической теории газов**. До этого времени газ понимали, как сплошной поток. Когда физики признали, что теплота – это не невесомое вещество, а движение, то долг науки заключался в том, чтобы выяснить и исследовать это движение.

В начале половины 19 века начали появляться работы, в которых пытались дать объяснение газовым законам и тепловым явлениям. Так англичанин **Ватерстон считал, что тела состоят из молекул, что их движение – есть теплота.**

**Крениг**, изучая это движение, привносит идею хаоса:

**«По отношению атомов газа гладкая стенка должна рассматриваться как очень неровная и поэтому траектория каждого атома настолько беспорядочна, что не поддается никакому расчету. Однако, по законам теории вероятности, вместо этой полной беспорядочности можно принять полную упорядоченность** [34].

Также, работа Максвелла являлась важным шагом **«Пояснение к динамической терии газов», где выводит распределение скоростей газовых молекул.**

В последующее время наиболее важные результаты были получены **Людовиком Больцманом.**

В 1872 он получает уравнение Больцмана, путем исследования соударения молекул газа. В процессе данного исследования впервые доказывает Н-теорему, которой это названия было дано позже. **Согласно этой теореме идеальный газ, находящийся в нестационарном состоянии, с течением времени сам по себе должен переходить в состояние статистического равновесия.**

Теория Броуновского движения была открыта в начале 20 века **Броуном**, когда тот проводил исследования пыльцы растений. Изначально его интересовало, каким образом она участвует в оплодотворении. Однажды, под микроскопом он изучал зерна растения кларкии хорошенькой, которые были взвешены в воде. В этот момент он обратил внимание на то, что микроскопические частички непрерывно движутся с места на место. В итоге он постановил, что эти движения никак не связаны с испарением жидкости или ее внутренними потоками, а именно связаны с самими частицами.

*Законы термодинамики и статистическая физика*

*Одно породило другое…..и началось!*

На основе кинетической теории была основана статистическая физика, с появлением работ Максвелла и Больцмана, которые были написаны начиная с 70-х годов.

В 1902 году в своей последней работе **«Основные принципы статистической механики» Гиббс** развивал следствия законов термодинамики. Говоря о задачах статистической механики, он говорит, что ее **задача – статистическое исследование поведения ансамблей, состоящих из механических систем.** Под ансамблем он понимал совокупность невзаимодействующих систем, состоящих в одной, но находящихся в различных состояниях.

Таким образом, он получил все три канонических распределения Гиббса.

В 1946 Боголюбов используя метод Гиббса, создает цепочку уравнений, которая распространяется для неравновесных систем.

*Электродинамика*. М*агнетизм и электрический ток. Электрон*

Идеи Фарадея и Томсона повлияли на Максвелла, и благодаря им, он вывел, что **магнетизм имеет вихревую природу, а электрический ток — поступательную.** Он создал новую механическую модель, включающие в себя «молекулярные вихри» и «холостые колёса». Под этим он понимал, что «молекулярные вихри» производят магнитное поле, а «холостые колеса» понимал, как мельчайшие частицы, роль которых обеспечивать вращение вихрей в одну сторону. Колеса Максвелл именовал «частичками электричества», которые формируют электрический ток. Тем самым он сформировал «правило буравчика».

В том числе Максвелл ввел эффект:

**изменения электрического поля (так называемый ток смещения, создаваемый сдвигом передаточных колёс, или связанных молекулярных зарядов, под действием поля) должны приводить к возникновению магнитного поля [35].**

Ток смещения позволил подойти к представлению о не замкнутости токов.

Также, Максвелл предсказал существование электромагнитных волн следующим: **носителем энергии, которая выделяется переменным током или переменными магнитными полями, являются электромагнитные волны.** При этом эти волны состоят из магнитного и электрического полей.

Герц заинтересовался данным открытием и поставил эксперимент. Он поставил на некотором удалении друг от друга вибратор и детектор для обнаружения электромагнитных волн. Благодаря данному опыту Герц установил факт существования электромагнитных волн.

*Электронная теория. Электрон. Ответ древним*

В 1897 **Томпсоном** было установлено существование электрона, то есть первой элементарной частицы.

Лоренц изучал электромагнитную теорию Максвелла. Лоренц обратил внимание на то, что в теории Максвелла совсем не идет речь о строении вещества. Он предложил идею, что все молекулы – это совокупность электрически заряженных частиц. В 1878 г. Лоренц написал статью "О соотношении между скоростью распространения света и плотностью, и составом среды", в которой вывел соотношение между показателем преломления и плотностью среды.

*Классическая физика столкнулась с необъяснимым. Период релятивистской и квантовой физики (начало 20 века - ...)*

В 1895 году **Рентгеном** были открыты Х-лучи, за что в дальнейшем он получил Нобелевскую премию. При этом лучи вели себя не по канонам классической физики, они могли проходить то, что другие были неспособны.

В 1887 г. **Г. Герц** обнаружил внешний фотоэффект, что значит при воздействии ультрафиолетового излучения на отрицательный электрод, электрический разряд появляется при меньшем напряжении, в отсутствие освещения напряжение понадобится большее. Герц не смог правильно объяснить этот эффект.

Невозможность объяснения многие полагали кризисом физики.

*Возникновение теории относительности (СТО)*

Теория относительности основывается на принципе относительности, открытым Галилеем (16-17 вв).

Она начала зарождаться из необходимости объяснения и решения электродинамической проблемы, движущихся тел. Полагая существования эфира, в котором распространяются электромагнитные волны, многие физики пытались его обнаружить. Предполагалось, что эфир проникает через все тела, но в их движении участия не принимает.

Опыт по обнаружению эфира был проведен в 1881 году **Майкельсоном и Морли**. Однако их эксперимент не смог этого доказать. Они пытались обнаружить движение земли через эфир. Однако:

**«Из всего сказанного, — заключают свою статью Майкельсон и Морли, — явствует, что безнадёжно пытаться решить вопрос о движении Солнечной системы по наблюдениям оптических явлений на поверхности Земли». Согласно примечанию, С. И. Вавилова «способ обработки таков, что всякие непериодические смещения исключаются. Между тем эти непериодические смещения были значительны. Максимальное смещение в этом случае составляет 1/10 теоретического»**.

Согласно этому опыту, отрицалось существование эфира. Однако, опыт Майкельсона и Морли до сих пор полагается одним из самых выдающихся опытов в истории физики. При этом Эйнштейн говорил, что этот опыт имел важное значение для создания теории относительности.

Эйнштейн, будучи еще учеником, мысленно представлял себе, что бы видел человек, за световой волной, если бы двигался со скоростью света. Именно эта мысль привела Эйнштейна к рассуждениям, которые в дальнейшем оформились в теорию относительности.

Эйнштейн писал о том, как он думал в самом начале своих рассуждений:

**«Необходимо было составить себе ясное представление о том, что означают в физике пространственные координаты и время некоторого события».**

Что значит принцип одновременности? Эйнштейн начал именно с этого. Ньютоновская механика полагает, что передача сигналов или информации возможна с бесконечной скоростью. Однако, теория Эйнштейна гласит, что **скорость света – конечна, и соответственно передача сигналов может проходить со скоростью равной скорости света или меньше. При том не зависимо от выбранной точки отсчета скорость света всегда будет иметь величину в триста тысяч километров в секунду.**

Вследствие этого он приходит к выводу, что «абсолютная одновременность» невозможна, тогда, следовательно, «абсолютное время», таким же образом не существует. Представление о времени, которое течет непрерывно и с одним темпом, при этом независимо от материи и ее движения оказывается неправдоподобным.

Теперь время понимается по-другому: **каждая система отсчета имеет свое собственное «локальное время».** Это был революционный шаг в развитии науки.

**Первый и самый важный постулат теории Эйнштейна**:

**во всех системах отсчета, движущихся по отношению друг к другу равномерно и прямолинейно, действуют одни и те же законы природы.**

Отсюда делается вывод, что принцип относительности классической механики распространяется на все процессы в мире. В случае, если в задаче нужно переходить из одной системы в другую, то переход этот обеспечивается путем **преобразований Лоренца**.

**Второй постулат Эйнштейна**:

**скорость света в вакууме одинакова для всех инерциальных систем отсчета. Она не зависит ни от скорости источника, ни от скорости приемника светового сигнала. Скорость света — это верхний предел для всех процессов, протекающих в природе. Скорость света — предельная скорость, ни один из процессов в природе не может иметь скорость, большую, чем скорость света.**

**Полагая скорость света постоянной, то из этого следует, что расстояние и время соответственно относительны.**

**Относительность расстояний** заключается в том, что расстояние – это не абсолютная величина, она находится в зависимости от скорости движения тела относительно системы отсчета, в котором она находится.

**Относительность промежутков времени** – если сравнивать две системы отсчета, которая из них первая находится в быстром движении, а вторая – в состоянии покоя, то будет происходить замедлении времени в первой системе по сравнению с временем во второй системе относительно первой.

Эти эффекты принято называть релятивистскими, иначе говоря их можно наблюдать при скоростях движения, близких к скорости света.

Что же произойдет, если на самом деле попытаться ускорить материальное тело до скоростей, близких к скорости света?

Теория относительности утверждает: **«Энергия равна массе, умноженной на квадрат скорости света»,** показывая эквивалентность массы и энергии. Эта формула может помочь ответить на вопрос: может ли тело преодолеть скорость света?

Основываясь на формуле, можно предположить, что в самом начале увеличение энергии тела будет сопровождаться едва заметным увеличением массы, соответственно инерции тела. Поэтому становится очевидно, что придать дальнейшее ускорение будет труднее. Соответственно, чем ближе к скорости света тело будет приближаться, тем труднее будет его разогнать, в следствие чего делается вывод, что преодолеть скорость света невозможно.

Важно обратить внимание на то, что **специальная теория относительности распространяется на тела, которые движутся равномерно, то есть с постоянной скоростью с сохранением направления движения.** Если же движение происходит с ускорением, то специальную теорию относительности применять нельзя.

СТО по праву может считаться революционной, в самом начале не все раздели веру в ее истинность, но были те, кто принял. **К примеру, Макс Планк писал:**

**«Эйнштейновская концепция времени превосходит по смелости все, что до этого времени было создано в умозрительном естествознании и даже в философской теории познания».**

*Вывод «Революционный поворот в науке»*

*А как красиво всё начиналось*

Накопленные идеи, экспериментальные факты, открытия и изобретения предыдущего этапа, математический аппарат, превративший любой физический опыт в истинно научный закономерно, дали толчок бурному развитию уже отдельных направлений физики как науки. Так три начала термодинамики развились в законы термодинамики и обосновали статистическую физику. Электродинамика, рассмотрев магнетизм обнаружила электрический ток и электроны. Газы показали свои закономерности и позволили их вычислить математически (кинетическая теория газов, уравнение Больмана). Но тут классическая физика столкнулась с необъяснимым. На помощь эксперименту опять пришли размышления и теоретические конструкты. Эйнштейн догадался: принцип относительности. Это был смелый и революционный шаг в развитии науки. Начался период релятивистской и квантовой физики (начало 20 века - ...)

# Тема 5. Период современной физики (с 1905):

# Лекция 10. Возникновение и развитие квантовой физики

*План*

1. *Гипотеза Планка и её развитие.*
2. *Опыт Резерфорда и теория Бора.*
3. *Развитие теории Бора и её трудности*
4. *Создание квантовой механики*
5. *Волновая функция*
6. *Парадокс Эйнштейна, Подольского и Розена (ЭПР)*
7. *Развитие теории Эйнштейна.*

*Возникновение и развитие квантовой физики*

*Гипотеза Планка и её развитие.*

**В конце 19 века стало очевидным невозможность создания теории излучения черного тела, оперируя законами классической физики**, которые полагали, что вещество должно излучать электромагнитные волны вне зависимости от величины температуры, также терять энергию и понижать температуру до абсолютного нуля. Иначе говоря, невозможно было достигнуть между веществом и излучением теплового равновесия. Опять же, это не соответствовало канонам классической физики.

**Макс Планк (1858-1947)** в течение пяти лет исследует проблемы излучения абсолютно чёрного тела, и в конце исследует это излучение методом максимальной энтропии Гиббса (1839-1903). **Для вычисления энтропии континуума гармонических осцилляторов Планк применяет искусственный прием:**

**замену непрерывного спектра энергетических состояний осцилляторов дискретным с шагом, пропорциональным частоте осциллятора, Δε=hν, намереваясь далее устремить величину h к 0 для перехода к правильному непрерывному распределению.**

Стоит отметить, что выходная формула верно описывает спектр излучения без использования предельного перехода. Планк думал, что это открытие будет таким же революционным, как ньютоновская механика, или же может оказаться – грубой ошибкой, поэтому долгое время не высказывал эту идею. В общем, квантовая теория получила такое развитие именно благодаря Планку, он был тем, кто в 1900 г. сформулировал постулат, согласно которому **вещество может испускать энергию излучения только конечными порциями, пропорциональными частоте этого излучения «квантами». При этом энергия порции равна частоте колебания, умноженной на константу, получившую названия постоянной Планка.**

Планк пишет об этом:

*«Именно в ту пору все выдающиеся физики обратились, как с экспериментальной, так и теоретической стороны, к проблеме распределения энергии в нормальном спектре. Однако ее они искали в направлении представления интенсивности излучения в ее зависимости от температуры, тогда как я подозревал более глубокую связь в зависимости энтропии от энергии. Так как значение энтропии тогда еще не нашло подобающего ему признания, то я нисколько не волновался за используемый мною метод и мог свободно и основательно проводить свои расчеты, не опасаясь вмешательства или опережения с чьей-либо стороны.*

*Так как для необратимости обмена энергии между осциллятором и возбужденным им излучением имеет особое значение вторая производная его энтропии по его энергии, то я вычислил значение этой величины для случая, стоявшего тогда в центре всех интересов винов-ского распределения энергии, и нашел замечательный результат, что для этого случая обратная величина такого значения, которую я здесь обозначил К, пропорциональна энергии. Эта связь так ошеломляюще проста, что я долгое время признавал ее совершенно общей и трудился над ее теоретическим обоснованием. Однако шаткость такого понимания скоро обнаружилась перед результатами новых измерений. Именно, в то время как для малых значений энергии, или для коротких волн, закон Вина отлично подтвердился также и впоследствии, для больших значений энергии, или для больших волн, установили сперва Люммер и Прингсгейм заметное отклонение, а проведенные Рубенсом и Ф.Курлбаумом совершенные измерения с плавиковым шпатом и калийной солью обнаружили совершенно иное, однако опять-таки простое отношение, что величина К пропорциональна не энергии, а квадрату энергии при переходе к большим значениям энергии и длин волн.*

*Так прямыми опытами были установлены для функции две простые границы: для малых энергий пропорциональность (первой степени) энергии, для больших квадрату энергии. Понятно, что так же как любой принцип распределения энергии дает определенное значение К, так и всякое выражение приводит к определенному закону распределения энергии, и речь идет теперь о том, чтобы найти такое выражение и, которое давало бы установленное измерениями распределение энергии. Но теперь ничего не было естественнее, как составить для общего случая величину в виде суммы двух членов: одного первой степени, а другого второй степени энергии, так что для малых энергий будет решающим первый член, для больших — второй; вместе с тем была найдена новая формула излучения, которую я предложил на заседании Берлинского физического общества 19 октября 1900 года и рекомендовал для исследования.*

*...Последующими измерениями формула излучения также подтверждалась, а именно, тем точнее, чем к более тонким методам измерения переходили. Однако формула измерения, если предполагать ее абсолютно точную истинность, была сама по себе только счастливо угаданным законом, имеющим только формальное значение».*

Наряду с Планком Альберт Эйнштейн пишет в **17 томе «Annalen der Physik»** три статьи под названиями:

* **«О движении взвешенных в покоящейся жидкости частиц, требуемом молекулярно-кинетической теорией теплоты»** – здесь он рассуждает о броуновском движении;
* **«К электродинамике движущихся сред»** – о специальной теории относительности;
* **«Об одной эвристической точке зрения, относящейся к возникновению и превращению света»** – о гипотезе световых квантов.

Говоря про волновую теорию света Эйнштейн утверждает, что она:

**«является вполне подходящей для представления чисто оптических явлений и никогда не будет заменена другой теорией».**

Существуют процессы мгновенные и средне по времени текущие. Оптические опыты относятся к средним по времени величинам, потому в то время мгновенные процессы поглощения и испускания света неверно понимаются. В следствие чего, Эйнштейн делает такой вывод. **Однако, он все же допускает, что энергия света**

**«состоит из конечного числа локализованных в точках пространства квант энергии, которые движутся, не делясь, и могут поглощаться и испускаться, как единое целое».**

Для подтверждения он рассматривает закон Вина, эксперментально полученный для излучения черного тела малых длин волн, и показывает, что при этом

**«энтропия монохроматического излучения достаточно малой плотности изменяется с объёмом по тому же закону, как и энтропия идеального газа или разбавленного раствора».**

Следствие тому:

**«излучение ничтожной плотности… ведет себя в термодинамическом отношении так, как если бы оно состояло из независящих друг от друга квантов энергии».**

*Свет обладает корпускулярно-волновым дуализмом.*

Обе теории света, корпускулярная и волновая созданы в середине 17 века. Согласно корпускулярной теории свет – это поток частиц, которые исходят от источника света. При этом их взаимодействие с веществом в процессе движения происходит по законам механики.

**Луи де Бройль** учитывал, что в природе все поддается симметрии и развивал представления о корпускулярно-волновом дуализме света, и в 1923 году выдвинул гипотезу о его универсальной применимости. Он полагал, что не только атомы света, но любые другие частицы обладают и корпускулярными, и волновыми свойствами.

Согласно де Бройлю, с каждым объектом в микромире связаны корпускулярные характеристики — энергия и импульс, и волновые — частота и длина волны.

Также, в 1912 **Питер Дебай** в труде «**К теории удельных теплоемкостей**», **Макс Борн** и **Теодор Карман** в трех статьях **«О колебаниях пространственной решётки», «О теории распределения собственных колебаний точечной решётки»** и **«К теории удельной теплоёмкости»** в 1913 году развивают **теорию теплоёмкости твердых тел, основанную на формуле Планка для средней энергии одного осциллятора — собственного колебания кристаллической решётки.**

*Опыт Резерфорда и теория Бора.*

В начале 20 века Резерфорд предложил новый способ изучения свойств частиц, используя при этом тонкую золотую фольгу, для рассеяния α-частиц на них. Результатом этого эксперимента являлось, что некоторые двигались по искривленной траектории, иногда под большими углами, что означало, что Модель Дж. Дж. Томпсона была неверна, согласно которой при рассеянии α-частиц должно было бы очень малое отклонение**. В 1911 году Резерфорд предложил планетарную модель. В 1912 в атоме было учтено ядро.**

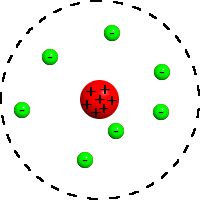


Рис. 15. Планетарная модель Резерфорда

**В 1913 году Нильсом Бором, была предложена полуклассическая модель атома, основанная на планетарной модели Резерфорда.** Если смотреть со стороны классической электродинамики, то электрон, находящийся в модели Резерфорда, совершая оборот вокруг ядра, излучает энергию непрерывно и быстро, следовательно, он ее тем самым израсходует и упадет на ядро. Для того, чтобы убрать возникшую проблему Бор предполагает, что электроны могут совершать движение только по определённым (стационарным) орбитам, и излучение или поглощение энергии происходит, когда электрон переходит с одной орбиты на другую. При этом Бор добавляет **условие, которое означает, что стационарными могут быть те орбиты, при движении по которым момент количества движения электрона равен целому числу постоянных Планка.**

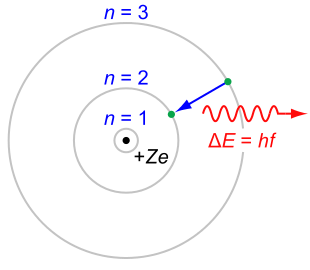


Рис. 16. Боровская модель водородоподобного атома (Z — заряд ядра), где отрицательно заряженный электрон заключен в атомной оболочке, окружающей малое, положительно заряженное атомное ядро. Переход электрона с орбиты на орбиту сопровождается излучением или поглощением кванта электромагнитной энергии (hν).

В следствие чего, Нильс Бор написал несколько статей, в которых были заключены пять его постулатов:

**1) испускание и поглощение энергии происходит не непрерывно, а только при переходах между состояниями;**

**2) динамическое развитие системы в стационарном состоянии описывается классическими законами, при переходах между квантовыми состояниями;**

**3) испускаемое при переходе излучение монохроматично и E = hv;**

**4) расстояние между энергетическими уровнями кратно h/2pi;**

**5) основное состояние любой квантовой системы определяется минимальным импульсом электронов h/2pi.**

*Развитие теории Бора и её трудности*

**Теория Бора имела серьезный недостаток, она позволяла вычислить энергию стационарных состояний только в случае кругового движения.** Однако, на тот момент не существовало нужных методов квантования. Метод, который предложил Планк, рассматривался для одномерного движения. Далее требовалось установить методы квантования, которые бы распространялись на случаи многомерного движения.

В 1916 году, был создан метод квантования Вильсона – Зоммерфельда, который позволял решать задачи, порожденные теорией Бора.

**Теория тонкой структуры линий Зоммерфельда** получила успех среди физиков. Зоммерфельд исследовал спектр водорода, посредством спектрографов с высокой разрешающей способностью. Выяснилось, что некоторые спектральные линии имеют более тонкую структуру и они состоят из совокупности близко находящихся линий. Однако, Бор, не учитывал этой тонкой структуры линий. Зоммерфельд предположил, что тонкую структуру следует рассматривать в связи с релятивистскими эффектами и воспользоваться уравнениями релятивистской механики Эйнштейна. При учете этих уравнений некоторые энергетические уровни расщепляются. Это и объясняет явление тонкой структуры.

**Более подробно прочитать о создании и развитии теории Бора в статье Милантьева В. П. «Создание теории Бора и ее развитие (к 90-летию боровской теории атома)» в журнале «Успехи физических наук».**

## Созда**н**ие квантовой механики

Термин «квантовая механика» впервые был употреблен Максом Борном в заголовке статьи в 1924 г. Квантовая механика была основана за удивительно короткое период с 1925 по 1927 г. Это был период революционных изменений в становлении новых понятий. Немецкий физик **Вернер Гейзенберг** в 1925 году представил матричную квантовую механику, ее первый вариант.

Гейзенберг утверждал, что в этой теории должны входить лишь соотношения между наблюдаемыми величинами, к примеру испускаемые и поглощаемые кванты, частота, которая проявляющаяся в цвете спектральных линий и амплитуда – в интенсивности. **Комбинационный принцип гласит, знание частот позволяет определить энергетический уровень в атоме.** **Знание амплитуд дает возможность вычислить вероятности квантовых переходов.** Согласно Гейзенбергу, это должно было привнести последовательность в теорию Бора.

К октябрю 1925 года Гейзенберг, Борн и Иордан было окончательно завершено построение матричной механики. **Ими было введено понятие канонических преобразований, иначе говоря тех преобразований, где сохранялись перестановочные соотношения.**

Идею Гейзенберга матричной механики развил Дирак, однако представил ее в другой форме. В ноябре 1925 года вышла в свет статья Дирака **«Основные уравнения квантовой механики».** В дальнейшем применил свою теорию для расчета атома водорода, он повторно установил все основные выводы Гейзенберга, Борна и Иордана.

В 1927 году он заложил основы квантовой электродинамики, впервые проквантовал. В 1928 году он создал квантовую релятивистскую теорию движения электрона. Также, совместно с Шредингером он был удостоен Нобелевской премии в 1933 г.

## Волновая функция

Дальнейшее развитие квантовая механика получилась с появлением работ Шредингера.

Шредингер, не поддерживал идею Гейзенберга и его матричную квантовую механику, раздумывал о построении новой, волновой механики. Он написал четыре статьи в 1926 году, где изложил свою идею **«Квантование как проблема собственных значений».**

Он писал:

**«Моя теория была инспирирована работами Луи де Бройля и коротким, но бесконечно дальновидным замечанием Эйнштейна. Я не представляю себе какой бы то ни было генетической связи с Гейзенбергом. Мне, конечно, было известно о его теории, но я чувствовал испуг, если не сказать, отвращение, от методов трансцендентной алгебры, которые казались мне очень трудными, и недостатка наглядности».**

Шредингер описал поведение электрона или любой другой частицы, избежав использование матричной механики Гейзенберга, при этом учитывая волновые свойства частицы. **Для описания этого поведения он использовал уравнения механики в форме Гамильтона-Якоби.** **Дальше он ввел новую функцию ψ-функцию (пси-функцию) посредством равенства**

**S0 = Klgψ,**

**где S0 - функция укороченного действия, К - постоянная с размерностью действия.**

Обоснование Шредингера:

***«Мы ищем такие реальные во всем пространстве, однозначные, конечные и дважды непрерывно дифференцируемые функции ψ, которые делают интеграл по всему пространству экстремальным. Это вариационное требование заменяет квантовые условия».***

Путем некоторых преобразований установилось уравнение Шредингера:

http://www.sernam.ru/archive/arch.php?path=../htm/lect_f_phis9/files.book&file=f_phis9_39.files/image014.gif,

Где Е – энергия атома.

**Символ ψ в квантовой физике означает волновую комплекснозначную функцию, которая описывает чистое состояние объекта.**

**В последующей статье Шредингер доказал, что обе механики, и его, и Гейзенберга обе достигли одного результата.** В последней статье 1926 года **Шредингер дал обоснование волновому уравнению для нестационарных состояний и рассмотрел теорию дисперсии.** В этой статье он попытался обобщить волновое уравнение и магнитное поле, однако ему это не удалось.

Гейзенберг и Шредингер кардинально расходились во мнениях. Первый считал, что частицы лишь физически существуют, а их волновой характер - нет. Шредингер же считал, наоборот.

## Парадокс Эйнштейна, Подольского и Розена (ЭПР)

Эйнштейн не признавал теорию Бора, как окончательно оформленную, не смотря на все доказательства. В 1935 году была написана опубликована статья Эйнштейна, Подольского и Розена (ЭПР) под названием **«Можно ли считать, что квантово-механическое описание физической реальности является полным?»**

**Проанализировав поведение системы, в которая включала в себя еще две подсистемы, взаимодействие которых происходило за некоторый промежуток времени, они сделали вывод, ответив на вопрос в названии своей статьи, что квантово-механическое описание реальности не является полным.**

Эта статья была раскритикована Бором, и поддержана Шредингером. Даже в наше время продолжаются споры, который породил данный парадокс, посредством которого, появилось множество проблем, затрагивающих сами основы квантовой механики.

В квантовой механике часто выносится на обсуждение вопрос о роли наблюдателя. Наблюдение невозможно совершить без вмешательства в исследуемою квантовую систему, в следствие чего происходит изменение ее состояния.

**Полагается, что наблюдения, а конкретно изменения, которые они вызывают приводят к замедлению квантовых процессов. Это утверждение называют квантовым эффектом Зенона.**

*Тяготение*

Создав теорию относительности, Эйнштейн начал попытки ее обобщения на неинерциальные системы отсчёта. В период с 1908 по 1916 годы Эйнштейн созда ОТО. Её построение, однако, демонстрировало, что это просто релятивистская теория тяготения.

**ОТО – это классическая теория. Возникает из вопросов, связанных с теорией гравитации Ньютона.**

F=G\frac{m_1 m_2}{r^2}

Где,  G — гравитационная постоянная, равная примерно 6,67545×10−11 м³/(кг·с²)[1].

1) Планк - масса инертная и масса гравитационная равны.

2) энергия должна обладать инертностью.

В 1911 придумал эксперимент с лифтом: если находимся внутри лифта, то для лифта неясно - движется ли пассажир или создаёт однородное гравитационное поле.

**Движение с ускорением и создание гравитационного поля - расширенный принцип эквивалентности. Приводит к**:

1) наличие гравитационного красного смещения.

2) эффект отклонения луча света в гравитационном поле.

3) ход часов замедляется в сильном гравитационном поле.

**Позже Эйнштейн (14-15 гг.) в основу настоящей теории положил локальный принцип эквивалентности:** *если есть система с гравитационном полем или потоками энергии, то 4хмерное пространство можно интерпретировать как факт отличия кривизны от нуля - то есть пространство становится не евклидовым, а каким-то другим.* Это приводит к тому, что метрика определяется не как в классической теории относительности, а неким метрическим тензором. **Гравитация определяет метрику пространства.** Всегда можно повернуть оси так, чтобы тензор стал соответствующим обычной теории относительности.

Локальный принцип: существует в любой точке своя система координат такая, что в ней действуест СТО в локальном смысле.

**То есть гравитации нет - есть метрика.**

**К 16 году Эйнштейн построил ОТО. Объяснил:**

1) отклонение луча света в гравитационном поле.

2) замедление хода часов.

3) гравитационное красное смещение.

4) объяснение движения перигелия Меркурия.

## Развитие теории Эйнштейна.

Ему не нравилось уравнение гравитационного поля - хотел получить стационарное решение, добавив альфа-член. **Фридман** получил нестационарное решение. В 1929 году Хаббл открыл нестационарность вселенной. Решение Фридмана стало востребованным.

Квантовая теория гравитация - очень трудна в проверке.

После долгих обсуждений теория Эйнштейна проявила множество проблем - например, чёрные дыры. Там должны существовать квантовые эффекты. Гравитационные волны ищут до сих пор.

В настоящий момент теория Эйнштейна владеет умами 97% людей, занимающихся гравитацией.

Есть ещё релятивистская теория гравитации. В 1908 году Эйнштейн хотел перейти к неинерциальной системе отсчёта. **Предложен подход, основаный не на кривизне пространства, а на релятивистской механике с ньютоновским потенциалом. Объясняются в основном те же эффекты с такой же точностью, но есть отличия, которые до сих пор пытаются подтвердить.**

**Трудности подхода Эйнштейна:**

1) Силы инерции и гравитации различны по природе.

2) Нельзя просто так переходить к геометрии. Нужно выбирать ту систему координат, которая соответствует данному эксперименту.

*Космология.*

Период - после построения теории относительности.

Появляется теория нестационарной вселенной. В 40х годах Гамов предложил теорию горячей вселенной и предсказал наличие реликтового излучения. В конце 60х, после открытия этого излучения, эта теория стала общепризнанной. В 2000м году попытались измерить кривизну вселенной - оказалась равной нулю в глобальном масштабе.

# Лекция 11. Физика 20 века

*План*

1. *Физика микромира в 20 веке.*
2. *Новые тенденции в науке на рубеже тысячелетий*
3. *Физика в Московском Университете за 250 лет.*

*Физика микромира в 20 веке.*

1. Что такое элементарная частица, начиная с древних греков.

**У греков - то, что не делится. И так 2000 лет. В 1897 открыт электрон.**

Третье - это то, что есть на данный момент мельчайшая частица. Четвёртое - то, о функционировании чего мы ничего не знаем.

**Периодизация.**

1897-1926 гг. Электроны и атомные ядра. Лично Резерфорд открыл ядро водорода - протон - в 1918. Формируется представление о фотоне как об элементарной частице.

1926-1935 гг. Лептоны и нуклоны. Предсказание позитрона. Открытие его и нейтрона в 1832. Установлена протон-нейтронная структура ядра - Иваненко. Возникает мезонная теория внутриядерных сил (Тамм, Иваненко, Юкава). Открыты и описаны сильное и слабое взаимодействия.

1935-1964 гг. Лептоны и адроны. Пытались найти пи-мезон. Нашли омега-минус-гиперон. Теория гиперона возникла в начале 40х годов.

1964-... (до сих пор). Лептоны и кварки. Гипотеза о кварках вошла в реальную жизнь. Возникла квантовая хромодинамика. В 1969 году появляется объединённая теория двух взаимодействий. Позже 74 г - появляется Великая теория трёх взаимодействий (без гравитационного). В 83 году были открыты частицы, предсказанные этой теорией. Но ни гравитон, ни гравитационные волны не открыты.

Есть лептоны и кварки, плюс появились фундаментальные бозоны - фотон в их числе.

Существование кварков до сих пор толком не доказано и, возможно, они являются подобием фононов.

*Новые тенденции в науке на рубеже тысячелетий.*

1) компьютерная технология. Прогресс с 40х по 90е был настолько колоссальным, что эпоху можно сравнить с ньютоновской. Интернет и электронные журналы тоже неплохи - несмотря на проблемы с правами собственности. Математическое моделирование. Непосредственно связано с прогрессом компьютерной техники.

2) появление новых областей и новое содержание старых. Биофизика. Астрофизика - физика в мире в целом. В 2000 году доказано, что вселенная плоская. Геофизика - переделаны многие теории. Физика космоса.

3) новые технологии. Новые виды связи. Нанопромышленность - почти демон Максвелла; убийство второго закона термодинамики.

*Физика в Московском Университете за 250 лет.*

1) От начала до Столетова. В 1754 году в июле утверждено "доношение" Шувалова о создании университета. Сенат отказать не мог. Университету пытались найти помещение. Но деньги разворовали и ничего не произошло. 12 января по старому стилю Елизавета Петровна подписала указ о создании Университета. Здание уже нашлось, видимо. Но открытие произошло позже - 7 мая по новому стилю. До этого шёл процесс подготовки. В марте 55 года Аргамаков стал директором университета и написал прошение о помощи в комплектации физкабинета у Петербургской Академии - так началась физика. Первые упоминание о лекциях по физике - 1756 год; неизвестно кем. 1757 год - первая фамилия - аббат Франкози. Иностранцы читали до 1791 года - до появления Страхова, первого отечественного академика. Кафедра физики называлась весьма экстравагантно. Страхов руководил до 1813 года - умер в эвакуации. В основном наука представляла собой геофизику. Он же написал "Краткое начертание физики", 1810, первый отечественный учебник по физике. После Страхова - Пригубский до 1827 года. Стал позже ректором. 1826 год - первая программа по физике - по указке сверху. С 28 по 36 гг - Павлов. Фактически излагал философию Шеллинга. Его учебник по физике был разгромлен Ленцем. 36 - 38 гг - Веселовский. 1839 - 1859 гг - Спасский М.Ф. Принципиально изменил чтение курса лекций. До него её читали всю сразу - и одним человеком. Поделил чтение физики на общую (профессора) и теоретическую (доценты). Опыт с маятником Фуко был повторён тут же - таков был уровень преподавателей. Любимов Н.А. - 1859 - 1882 гг. Физика стала подобной западным университетам. Ввёл реальные эксперименты, при нём появились опытные образцы, созданные тут же. Он написал множество учебников.

2) От Столетова до факультетов.

С 1882 года по 1893 - выходит за штат. В 1872 году создана первая физическая лаборатория в Московском Университете. До этого опыты ставились за границей.

В 88 году исследовал фотоэффект. Столетов считал, что надо готовить экспериментаторов - узких специалистов высокого уровня. До 30 года число студентов в области физики было около двух сотен.

После Столетова пришёл Умов - до 1911 года. На кафедре стало больше одного профессора.

Главное сделано Лебедевым - короткие длины волн и давление света.

В 1911 году разрешено допускать жандармов внутрь университетов - ректор ушёл в отставку. С 11 по 17 - Станкевич. Молекулярная физика. Имел скандальный характер. Соколов был немногим лучше. В 1903 году открыт Физический Институт. По плану должен был быть оштукатурен. Наука почти стояла на месте - кроме затмения 14 года не исследовали ничего.

17 год - Манилов стал министром образования и разрешил всем вернуться. Пропало множество кафедр и институтов. Но число студентов увеличилось - учились-то пока не надоест. Университет хотели закрыть в 31 году введена отделенческая система - факультеты были упразднены. Появилось отделение физики. Просуществовало недолго.

3) От факультетов до наших дней.

В 1933 году образован физический факультет (и другие) на базе НИИФ и физического отделения.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно поставленной цели и задачам работы мы изучили ряд литературных источников по истории физики, а также по физике. Развитие физики как науки рассматривалось с периода античности (VI в. до н. э.– V в. н. э.) до наших дней. Отобранный после изучения научной литературы материал был систематизирован в соответствии с хронологией, предложенной в периодизации Храмова Ю. А. [2]. Далее был разработан и оформлен курс лекций по истории физики. Каждая лекция рассматривает процесс возникновения, развития физических идей и открытий «по лицам» и по времени возникновения. Прослеживая события на каждом периоде, мы сделали попытку проследить логику развития, что нашло отражение в названии лекций и выводах по каждой. Курс разработан таким образом, что каждая его часть может быть использована изолированно, в качестве отдельных модулей. Электронная версия сопровождается навигацией, что делает работу с ними удобной и быстрой. Разработанный курс лекций может быть использован в курсах по выбору, в дистанционных программах обучения как в высшем,так и в среднем образовании. Такое содержание позволить предложить студентам высшего образования возможность углублённого и расширенного изучения физики через ее историю. Формами освоения таких модулей могут быть курсы по выбору, факультативы, курсы для дополнительной самостоятельной учебной работы.

# Список литературы

1. Николаев П.Н. (Павел Николаевич) История и методология физики. Том 1. Основы истории и методологии физики. М., 2014. – 127 с.
2. Храмов Ю.А. Биография физики: Хронологический справочник. К.: Техніка, 1983. - 342 с.
3. Naddaf G. The Greek Concept Of Nature. — Albany: State University of New York Press, 2005.
4. Платон, соб.сочинений в четыpех томах, т.3, М., "Мысль", 1994г.
5. Спиркин А.Г. Философия: Учебник. — М.: Гардарика, 1998. — 816с
6. Лурье С. Я. Демокрит. Тексты. Перевод. Исследования. Л., 1970
7. С .И. ВАВИЛОВ. ФИЗИКА ЛУКРЕЦИЯ. Т.2, М.: АН СССР, 1947, стр. 9
8. Годыцкий-Цвирко A. M. Научные идеи Р. И. Бошковича. М., 1959
9. Легенда приведена у Витрувия, «Об архитектуре», книга IX, глава 3
10. Веселовский И. Н. Очерки по истории теоретической механики. — М.: Высшая школа, 1974. — 287 с.
11. Коперник. О вращениях небесных сфер, 1964, с. 553, 562.
12. Белый Ю. А. Иоганн Кеплер. — М.: Наука, 1971.
13. Галилей Г. Послание к Франческо Инголи. Указ. соч.
14. Кузнецов Б. Г. Галилео Галилей. — М.: Наука, 1964. — 328 с
15. Галилей. Пробирных дел мастер. Указ. соч.
16. Шмутцер Э., Шютц В. Галилео Галилей. — М.: Мир, 1987. — 140 с.
17. Кузнецов В. И., Идлис Т. М., Гутина В. И. Естествознание. — М.: Агар, 1996. — С. 14. — ISBN 5-89218-006-9.
18. Галилео Галилей. День четвёртый. // Математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению. — М.-Л.: ГИТТЛ, 1934.
19. Галилей Г. Диалог о двух системах мира. Указ. соч. (День второй).
20. Шмутцер Э., Шютц В. Галилео Галилей. — М.: Мир, 1987. — 140 с.
21. Кузнецов Б. Г. Эволюция картины мира. Указ. соч., стр. 146, 151—152.
22. Тарасов Б. Н. Паскаль. — М.: Молодая гвардия, 1979. — 330 с.
23. Карцев В. П. Ньютон. — М.: Молодая гвардия, 1987. — (Жизнь замечательных людей).
24. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. — С. 662
25. Вавилов С. И. Исаак Ньютон. Глава 8.
26. Мандельштам Л. И. Оптические работы Ньютона.
27. Кудрявцев П. С. Курс истории физики. — Т. 1. — С. 199.
28. Nauenberg M. Robert Hooke’s Seminal Contributions to Orbital Dynamics // Physics in Perspective. — 2005. — Vol. 7. — P. 4-34..
29. Кирсанов В. С. Переписка Исаака Ньютона с Робертом Гуком: 1679—80 гг. // Вопросы истории естествознания и техники. — 1996. — № 4. — С. 3-39..
30. Кирсанов В. С. Ранние представления И. Ньютона о тяготении // Вопросы истории естествознания и техники. — 1993. — № 2. — С. 52..
31. Вавилов С. И. Исаак Ньютон. Глава 7.
32. Д. Антисери, Дж. Реале. Западная философия от истоков до наших дней. — СПб: Пневма, 2002. — Т. II. От Возрождения до Канта. — С. 150. — ISBN 5-9014151-05-4.
33. Математика XVIII столетия // История математики / Под редакцией А. П. Юшкевича, в трёх томах. — М.: Наука, 1972. — Т. III.
34. Kronig A. Ann. Phys. B. 99, S. 318
35. В. П. Карцев. Максвелл. — С. 213—219.