

Н.Г. БАРАНЕЦ

ИСТОРИЯ

И

ФИЛОСОФИЯ

ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

ББК 87.3

Б 24

Печатается по постановлению Ученого Совета
факультета гуманитарных наук и социальных технологий Ульяновского государственного
университета

Рецензент:

Доктор философских наук, профессор В.А. Бажанов

Баранец Н.Г. История и философия естествознания (методическое пособие для студентов).
Ульяновск: Издательство УлГУ, 2006.- 100 с.

Настоящее пособие адресовано студентам, изучающим курсы "История и философия естествознания" и "Философия и методология науки". Оно охватывает основной комплекс проблем по этим дисциплинам и будет для читателей проводником в том материале и той литературе, которые необходимы при подготовке к экзаменам.

©Баранец Н.Г., 2006

©Ульяновский государственный университет, 2006

Наука захватывает нас только тогда, когда, заинтересовавшись жизнью великих исследователей, мы начинаем следить за историей развития их открытий.

Дж. К. Максвелл

Развивая логическое мышление и рациональный подход к изучению реальности, наука сумеет в значительной степени ослабить суеверие, господствующее в мире. Нет сомнения в том, что любая научная работа, за исключением работы, совершенно не требующей "вмешательства разума" исходит из твердого убеждения (сродни религиозному чувству) в рациональности и познаваемости мира.

А. Эйнштейн

Задача представляемого пособия заключается в том, чтобы помочь студентам осмыслить и организовать материал по истории и философии естествознания. Существует большое количество учебных пособий по истории науки в целом, и истории её отдельных дисциплин, философии науки и философским проблемам конкретных наук. Эти работы часто написаны исследователями по-разному подходящими к проблеме структурирования и отбора многочисленных версий, концепций реконструкции науки и её истории. В этой ситуации необходимо такое пособие, которое послужит «проводником», позволяющим усваивать материал поэтапно в зависимости от уровня подготовки читателя, и представляющим список наиболее значимых исследований в области эпистемологии и истории науки.

Обращение к истории и философии науки имеет своим результатом не только обогащение соответствующими сведениями, но и понимание путей движения науки, что способствует расширению научного горизонта, повышает креативный потенциал ученого, формирует его нормативно-ценностную систему, определяющую его творчество и поведение в научном обществе.

Содержание методического пособия, в соответствии с программой курса, разделено на три главы. В первой главе рассмотрена наука как объект исторического и философского анализа. Во второй главе представлена структура и методы научного знания. В третьей главе описан механизм научного творчества и организация науки.

Кроме этого, в конце методического пособия находится «Летопись естественнонаучных открытий» в области физики, астрономии, химии, которая позволяет представить динамику развития естествознания.

В заключении предложены списки литературы, которые могут использоваться использована студентами для углубления знаний в области истории и философии естествознания, истории и философии науки.

Содержание курса "История и философия естествознания", преследует следующие цели:

- Сформировать у студентов целостную картину истории естествознания, основных этапов его становления и развития.
- Показать, что научная деятельность требует определенной логики исследования, доказательства, аргументации, последовательности и четкости выражения результатов научных исследований, методологии, основанной на теоретических знаниях о мире.
- Познакомить с формами организации научной деятельности и этосом научного сообщества.

Глава I. НАУКА КАК ОБЪЕКТ ИСТОРИЧЕСКОГО И ФИЛОСОФСКОГО АНАЛИЗА

1.1. Характеристика научного знания

В XX веке наука стала фактором общественного прогресса. Современная наука характеризуется следующими особенностями. Резким ростом количества ученых: на рубеже XVIII-XIX века – 10 тысяч, в 1900 г. – 100 тысяч, конец XX века – свыше 5 миллионов. Ростом научной информации: в XX веке научная информация удваивается за 10-15 лет. Сочетание тенденций специализации и междисциплинарного синтеза: в структуру науки входит около 15 тысяч дисциплин. Превращением научной деятельности в профессию: миллионы ученых работают в специальных научных институтах, лабораториях, экспертных комиссиях и советах. Наука стала непосредственной производительной силой, важнейшим фактором культурного развития.

Значимость науки как фактора обеспечивающего технический прогресс общества, сложность и противоречивость этого процесса, породили две противоположные позиции в его оценке – сциентизма и антисциентизма.

Сциентизм – это философско-мировоззренческий подход, основывающийся на идее, что научное знание это единственное истинное знание, а ценности научного сообщества должны стать теми регулятивами, которые станут детерминировать человеческую деятельность. Причем, наука отождествляется исключительно с естественно-математическим и техническим знанием, социальные науки познавательного значения не имеют.

Антисциентизм – это философско-мировоззренческая позиция, заключающаяся не только в критике науки и техники, которые не обеспечивают социальный прогресс и не улучшают жизнь людей, но и полагание их враждебными и чуждыми подлинной сущности человека. Абсолютизируя, негативные последствия НТР, антисциентисты отвергают значимость научного познания.

Синтез рациональных моментов позиций сциентизма и антисциентизма в отношении науки позволяет определить её место в современном мире и понять специфику научного познания.

Уточнения некоторые понятия, которые необходимы в анализе науки как формы знания. *Знание* – соответствующее реальному положению дел, оправданное фактами и рациональными аргументами убеждение субъекта. Различают знание объективированное (зафиксированное в различного рода текстах) и знание как состояние сознания субъекта; знание-умение или "знание как", и знание-информацию или "знание что" (характеризующее наличие у предметов определенных свойств и закономерностей). Считается, что знание должно соответствовать трем условиям – истинности (адекватности), убежденности (веры), оправданности, то есть знание есть адекватное и оправданное убеждение. Знание является формой социальной и индивидуальной памяти, свернутой схемой деятельности и обобщения, структурирования и осмысления объекта в процессе познания. В зависимости от средств кодификации сознанием информации различают перцептивное и понятийное знание, дискурсивное и интуитивное, явное и неявное (латентное), эмпирическое и теоретическое, научное и ненаучное.

Знание возможно типологизировать по видам деятельности практической, духовно-практической и теоретической. *Практическое знание* – это знание о том, как действовать в ходе преобразования природного и социального мира, какими свойствами обладают материалы, предметы, каков порядок операций в повседневной и специализированной деятельности. *Духовно-практическое знание* – это знание об общении, жизнедеятельности людей, это культурно-регулятивное и художественное знание. Существует в виде убеждений, стереотипов, норм, идеалов и ценностей, является основой личных, межгрупповых и социальных отношений в целом. *Теоретическое знание* – это научное, философское, теологическое и магическое знание, структурированное в концептуальные схемы.

Противопоставление практического и теоретического знания не совпадает с делением по критерию опытного происхождения. И теоретическому, и практическому знанию соответствует своя сфера опыта, а их различие определяется формами функционирования знания. Практическое знание вплетено в деятельность и общение, направлено на их ситуационное обслуживание и обладает слабой рефлексивностью. Практическое знание не продуцирует смыслы (относительно предметов и способов деятельности), но транслирует их в практику из других контекстов опыта. Теоретическое знание ориентировано на выработку новых смыслов и внесения их в реальность (наука, философия, теология, идеология). Теоретическое знание содержит схемы практической деятельности и общения, приобретающих в процессе рефлексивной разработки форму понятий, законов, теорий.

Вера – есть принятие сведений за истинные без достаточного доказательства. Эти сведения составляют предмет веры. В познании вера выполняет функцию посредника при реализации знания и способствует преодолению возникающих проблем, так как может выступать как способ аргументации и ориентирующая познавательная установка. Дифференцируется вера "в" (Бога, личность, политика, власть) и вера в "что" (направлена непосредственно на сведения). В западной эпистемологии есть традиция разделять веру как "Belief" (вера обоснованная, вытекающая из очевидных для субъекта фактов и соответствующая им) и веру как "Faith" (необоснованная, не связанная с очевидностью, выражает согласие с положением, полученным не путем дедукции, а на основании авторитетного источника информации).

Вера необходима, если субъект осознает недостаточность осмысления какого-либо положения в виде: логической недостаточности – при расхождении суждения с логическим контекстом базиса осмысления; психологической недостаточности – при расхождении между суждением и психологическим контекстом базиса осмысления; социальной недостаточности – при несоответствии общественного статуса субъекта и возможности проверить суждение.

Доверие и уверенность – это проявления веры. Доверие – это признание суждения, получающегося из общения с референтной группой. Уверенность – это признание суждения исходя из убеждения в достаточности своего творческого сознания. Твердость веры зависит от единства убеждения в ценности суждения и констатации его правдоподобия.

Познание – обусловленный общественно-исторический процесс приобретения и развития знания, его постепенного углубления, расширения и совершенствования. Познавательная деятельность представляет собой органическое слияние непосредственных и опосредованных, знаковых и образных, логически-рассудочных и интуитивно-смысловых компонентов.

Анализируя науку, как форму знания и вид деятельности, её, как правило, сравнивают с религией и философией.

	РЕЛИГИЯ	ФИЛОСОФИЯ	НАУКА
1.определение	отличается разделением мира на естественный и сверхъестественный, для контакта с последним используется система культа	представляет собой систему общих теоретических знаний на мир в целом и на место в нем человека; носит систематизированный и упорядоченный характер.	направлена на производство знаний о природе, обществе и самом познании; отличается строгой доказательностью и достоверностью выводов.
2.функции	- нормативизирующая (регламентация общественных отношений); -мировоззренческая (придание устойчивости человеческому бытию);	-мировоззренческая (гуманистическая, социально-аксиологическая, культурно-воспитательная); - методологическая (эвристическая, координирующая, логико-гносеологическая)	-познавательная (направлена на открытие законов устройства мира) -объяснительная (представляет систему знаний о мире, на основании обобщенных научных фактов, теорий и гипотез)

	-познавательная (объяснение мира естественного во взаимоотношении с миром сверхъестественным).	-креативная (удовлетворяет потребность философа к творческой реализации).	- креативная (удовлетворяет потребность ученого к творческой реализации) - прогностическая.
3.цель	предписать смысл жизни и модель поведения.	систематизировать знание о мире и искать смысл жизни.	получение новых знаний о реальности и представить варианты его возможного применения.
4.конечный продукт	субъективное знание, основанное на религиозном опыте и представленное религиозными фактами и религиозной картиной мира.	объективное знание в субъективно-личностной проекции, основано либо на результатах философских интуиций, либо на заимствованном знании из области науки или религии (в зависимости от направления), представлено концепциями и философской картиной мира.	объективное, системное, непротиворечивое знание, полученное экспериментально или в процессе моделирования; представлено научными фактами, установленными закономерностями, теориями и научной картине мира.
5.методы и средства	-религиозный опыт (по степени его интенсивности выделяют основоположников религии, святых, мистиков); -вера в высший авторитет и авторитет посредника; -логические методы (анализ, индукция, дедукция, аналогия, идеализация), которые используются в богословской аргументации.	-эмпирические методы (наблюдение, сравнение); - теоретические методы (аксиоматический, гипотетико-дедуктивный); -логические методы (анализ, абстрагирование, идеализация, индукция, аналогия, моделирование); - системный и структурно-функциональный подход; философские методы (метафизический и диалектический).	- эмпирические методы (наблюдение, сравнение, эксперимент); - теоретические методы (формализации, аксиоматизации, гипотетико-дедуктивный); - логические методы; - системный и структурно-функциональный подход; - экспериментальные установки и приборы.
6.предмет	Бог и его отношения с человеком.	человек и его место в мире, обществе.	природа, социум и человек (закономерности).
7.характер знания и его носители	массовое, доступное широким массам верующих, но есть и профессионалы – священнослужители, богословы.	два уровня – житейский и профессиональный.	элитарный, его носители ученые-профессионалы.

Научное знание является результатом научной деятельности, включающей процесс производства знания, его результат (систему знания) и участников процесса производства знания – ученых, как носителей определенной познавательной традиции, чья деятельность регулируется определенной нормативно-ценностной системой.

Наука – это особый тип духовной деятельности, направленный на получение систематического, упорядоченного, обоснованного, объективно-истинного знания о сущности предмета изучения. Наука оперирует абстракциями и идеализациями, что в известной степени определяет характер видения объекта познания.

Наука, выполняет ряд функций, из них наиболее важными являются: когнитивная (универсальная по своему характеру) и социальные (вариативные, зависящие от особенностей общества). Для самой науки существеннее её когнитивные функции, для общества важно выполнение ею социальных функций. Социальные функции подразделяются на первичные – являющиеся продуктом социального заказа (укрепление оборонной мощи, "престижная" функ-

ция), и вторичные – в большей степени связанные с потребностями самой науки как социального института и обеспечением её воспроизводства (подпитка системы высшего образования, интеллектуальное обеспечение других сфер деятельности, интеллектуализация общества).

Познание не ограничивается сферой научного знания, оно в той или иной форме существует за пределами науки. Когда разграничивают научное и вненаучное знание, то важно понять, что вненаучное знание не является просто выдумкой. Оно производится в определенных интеллектуальных сообществах, в соответствии с другими (отличными от рационалистических) нормами, эталонами, имеет собственные источники и средства познания. Многие формы вненаучного знания старше знания, признаваемого в качестве научного, например, астрология старше астрономии, алхимия старше химии. В истории культуры многообразные формы знания, отличающиеся от классического научного образца и стандарта. Тем не менее, престижность науки обуславливает стремление некоторых типов знания претендовать на статус научных, хотя для этого нет оснований.

Паранаука - предположения о существовании и механизме паранормальных явлений (телепатия, ясновидение, психокинез). Псевдонаука - повествование о загадочных явлениях, лишенное критической рефлексии (истории о древних астронавтах, снежном человеке, чудовище из озера Лох-Несс). Девиантная наука - знания о явлениях, которые не вписываются в данный момент в господствующую картину мира, которое с течением времени может стать научным знанием. Отличительной особенностью девиантного знания является то, что им занимаются, как правило, люди, имеющие научную подготовку, но по тем или иным причинам выбирающие весьма расходящиеся с общепринятыми представлениями методы и объекты исследования. Представители девиантного знания работают, как правило, в одиночестве либо небольшими группами. Результаты их деятельности, равно как и само направление, обладают довольно-таки кратковременным периодом существования. "Народная" наука - обыденное, несистематизированное знание (включает здравый смысл, приметы, назидания, рецепты, личный опыт).

1.2. Концепции исследования развития науки

В философии науки сосуществует три основные модели исторических реконструкций науки: история науки как *кумулятивный*, поступательный, прогрессивный процесс; история науки как развитие через *научные революции*; история науки как совокупность индивидуальных, частных ситуаций (*case study*). Кумулятивистская модель исторического развития науки связана с позитивистской философией, и вместе с трансформацией последней в середине XX века, видоизменилась, превратившись в модель научных революций.

Классический позитивизм (сер. XIX – к. XIX в.) базировался на *принципе* рационализма и описания (в процессе познания не раскрывается причина и сущность явления, оно лишь описывается). *Проблематика* была опосредована задачей доказать необходимость очищения науки от метафизических наслоений и систематизацией естественнонаучного знания (в системах О. Конта, Г. Спенсера была систематизирована механистическая научная картина мира). *Цель* философии виделась в разработке общенаучных методов познания и создании системы научного знания.

Эмпириокритицизм (рубеж XIX-XX вв.) сохраняет установки и принципы позитивизма, но основную *задачу* философии Р. Авенариус, Э. Мах видели не в построении всеобъемлющей системы научного знания, а в создании теории научного знания. Предложенная теория научного знания, исходила из: убеждения, что познавательный процесс начинается с ощущения, поэтому весь "опыт" может быть редуцирован к чувственному опыту; допущения фундаментального закона развития всякого знания – закона экономии мышления. В соответствии с законом экономии мышления описание мира должно включать только "нейтральные элементы опыта"; реальны лишь эти "элементы" и их функциональные связи. Понятия являются символами, обозначающими "комплекс ощущений", а наука в целом есть совокупность гипотез, подлежащих замещению непосредственным наблюдением. Поэтому эмпириокритицисты "очищали" понимание опыта от "метафизических" понятий – причинности, необходимости, материи, субстанции.

Неопозитивизм (20-е г. XX в. – 40-е г. XX в.) исходил из предпосылки, что предметом философии не может быть теория познания, связанная с мировоззренческой проблематикой. Философия - это особый способ теоретизирования, задачей которого является логический анализ научных высказываний и обобщений. Осмыслением философско-методологических проблем, возникших в ходе научной революции начала XX века осуществлялось Р. Карнапом, М. Шликом, Г. Рейхенбахом, А. Тарским. Предметом обсуждения были вопросы о роли знаково-символических средств научного мышления, отношения теоретического аппарата и эмпирического базиса науки, природы и функций математизации и формализации знания. Своей задачей неопозитивисты считали перестройку языка науки таким образом, чтобы он был лишен неточности, присущей языку метафизики. Для проверки научного знания использовался *принцип верификации* (Б. Рассел). Согласно этому принципу, всякое научно осмысленное утверждение может быть сведено к совокупности протокольных предложений, фиксирующих данные "чистого опыта" и выступающих в качестве функции истинности элементарных утверждений исчисления высказываний. Но было установлено, что в структуре научного знания нет эмпирических утверждений, свободных от явной или скрытой теоретической интерпретации. Стали различать *непосредственную верификацию* – прямую проверку утверждений, формирующих данные наблюдений и экспериментов, и *косвенную верификацию* – заключающуюся в установлении теоретических и логических отношений между косвенно верифицируемыми и непосредственно верифицируемыми утверждениями. Анализ условий и схем верифицируемости научных утверждений, гипотез и теорий был предметом логико-методологических исследований неопозитивистов.

Постпозитивизм (50-е гг. XX в. – 90-е гг. XX в.) пересмотрел задачу философии, определив предмет изучения не научные высказывания, а науку как целостную, динамическую систему.

К. Поппер исходил из предпосылки, что законы науки не выражаются аналитическими суждениями и в то же время не сводятся к наблюдениям. Это значит, что эти законы не верифицируемы, поэтому он предложил принцип *фальсификации* (принципиальная опровержимость или фальсифицируемость любого утверждения относимого к науке). Если научная теория построена так, что не допускает опровержения, то она стоит вне науки, суть которой видится в конкуренции сменяющих друг друга теорий и выдвигаемых гипотез. К. Поппер подчеркивает теоретическую "нагруженность" фактов – не существует чистых, не направленных теоретическими ожиданиями наблюдений, поэтому исследование начинается не с наблюдения, а с проблем, стимулирующих творческое воображение, ведущих к выдвижению гипотез.

Т. Кун разрабатывает теорию научных революций и смены парадигм (совокупность идей, методов, образцов решения задач, которые объединяют ученых длительное время "нормального" развития науки). И. Лакатос в качестве структурно-диалектической единицы модели науки рассматривает научно-исследовательские программы (представляет собой непрерывную последовательность теорий, объединяемых базисом неопровержимых положений, вокруг которого выстраивается "защитный пояс" из гипотез и теоретических идей, подвергаемых фальсификации), которые защищаясь от противоречащих фактов порождают *вспомогательные теории до тех пор, пока не появится новая, соперничающая программа*.

Наука как традиция

В работе "Структура научных революций" (1962) Т. Кун представил как процесс кумулятивного развития науки прерывается некумулятивными скачками – научными революциями и поставил один из важнейших для философии науки вопросов о том, как в рамках традиции появляется новое. Т. Кун рассматривал традицию как основной конструирующий фактор в научном развитии.

"Нормальная наука" это наука традиционная, представители которой опираются на определенную парадигму (совокупность убеждений, ценностей и технических средств, принятых научным сообществом), а точнее дисциплинарную матрицу. Понятие "дисциплинарной матрицы" отражает принадлежность ученого к определенной дисциплине и учитывает систему правил их научной деятельности. В состав дисциплинарной матрицы входят: символические обобщения (законов определений некоторых терминов теорий); ценностные установки, при-

нятые в данном научном сообществе и проявляющиеся при выборе направления исследования, при оценке полученных результатов; образцы решения конкретных задач и проблем.

Значение традиции состоит в том, что благодаря ей обеспечивается воспроизводство одних и тех же действий и способов поведения. Теоретическая концепция осмысливается и применяется к новым явлениям, реализуя при этом стандартные способы анализа и объяснения. Это является определяющим фактором организации научного сообщества, обеспечивающим условия взаимопонимания и сопоставимости результатов.

Традиции могут быть вербализованными, существовать в виде текстов (учебники, монографии, статьи, учебный курс), и невербализованными, в форме неявного знания (передается от учителя к ученику на уровне непосредственной демонстрации образцов, социальных эстафет). Традиции не только управляют ходом научного исследования, но так же определяют форму фиксации полученных результатов, принципы организации и систематизации знания.

Поучение нового знания и его организация связаны с феноменом новации. Новации весьма разнообразны, они могут состоять в постановке новых проблем, в построении новых классификаций и периодизаций, в разработке новых экспериментальных методов исследования, обнаружении новых явлений.

Обычно новации подразделяют на два типа: преднамеренные (возникающие как результат целенаправленного поиска), непреднамеренные (являющиеся результатом побочным результатом других исследований). Первый тип открытий происходит в области незнания, области целенаправленного планирования познавательной деятельности (например, П. Дирак теоретическим путем открыл позитрон). Второй тип открытий относится к области неведения (например, биологи в Австралии обнаружили новый вид – сумчатых животных, Рентген используя в экспериментах вакуумную трубку Крукса открыл лучи, получившие название рентгеновских). Специфика ситуации неведения состоит в том, что исследователь не формулирует проблемную ситуацию и не строит соответствующей исследовательской программы, позволяющей её разрешить.

Есть несколько *концепций объясняющих появление коренных новаций в науке.* Концепция "пришельцев" – в данную науку приходит представитель из другой области, не связанный с традициями этой науки (А. Вегенер астроном перенес внимание на метеорологию и выдвинул концепцию перемещения материков). Концепция "монтажа" – "пришелец" приносит в новую область исследования методы и подходы в ней не существовавшие, то есть происходит синтез традиций (Л. Пастер как химик принес новые приемы работы и получил новые результаты, хотя подобные эксперименты делались его предшественниками, но не так "чисто", так доказывая невозможность самозарождения жизни он не просто кипятил питательную среду, но фиксировал время и температуру кипячения, т.е. биологический эксперимент был обогащен количественными методами). Концепция "метафор" - появление новаций обусловлено переносом образцов, из одной области знания в другую, в форме метафор (теория образования коралловых островов Ч. Дарвина возникла под впечатление чтения им "Принципов геологии" Ч. Лайеля, на обложке учебника было изображение колон храма Юпитера со следами поднятий и погружений – идея об опускании дна океана и росте кораллов).

Особым видом новаций являются *научные революции*, которые отличаются своей масштабностью, так как связаны с перестройкой основных научных традиций и затрагивают мировоззренческие и методологические основания науки, изменяют стиль мышления ученых.

Выделяют три вида научных революций. *Первый вид связан с построением новых фундаментальных теорий.* Смена фундаментальных теоретических концепций в области определенной дисциплины приводит к принципиальным методологическим и мировоззренческим изменениям в других областях науки (*коперниковская и ньютоновская революции, возникновение квантовой механики и эволюционного учения*). *Второй вид заключается во внедрении новых методов исследования*, что приводит к смене стандартов научной работы и появлению новых областей знания (*появление микроскопа в биологии, радиотелескопа в астрономии*). *Третий вид научных революций состоит в открытии новых "миров"*, то есть обнаружением ранее неизвестных сфер действительности или областей познания (*открытие атомов, электромагнитных явлений, элементарных частиц, вирусов*).

Наука как социальный институт

Научное знание является продуктом деятельности конкретных ученых, чьей деятельности могут способствовать или препятствовать различные события как имеющие отношение к истории идей, так и внешних для научного сообщества (политические и социальные факторы), образующие "биографический контекст". По-существу, история науки можно изучать "объективизированно" как независимую от субъекта историю идей, и "персонализированно" как деятельность ученого по производству знания, погруженную в контекст социальных, политических, религиозных отношений. Первую методологическую установку отражает интернализм (А. Койре, Р. Холл, Дж. Агасси), рассматривающий историю научных идей, с внутренне присущими ей закономерностями. Вторую – экстернализм (Р. Мертон, А. Кромби, С. Лили), представляющий историю науки детерминированной социальными факторами.

Интерналисты реконструируют логику развития научных идей, а *экстерналисты* проводят социологические исследования истории науки. Эти позиции подчеркивают трудность изучения разнообразных форм социальных отношений в науке. В настоящее время наметилась тенденция к снятию жесткой демаркационной линии между социумом и знанием, так как теория как продукт научной деятельности является специфической конструкцией, несущей на себе печать ситуационной случайности и структуры интересов, вплетенной в процесс, породивший её. Продукты науки не могут быть поняты без анализа процедуры их конструирования. Научная конструкция, появляется в результате рефлексии и выбора, который делает ученый в конкретной ситуации, поэтому инновация и её принятие являются моментом временной ситуации стабилизации внутри процесса конструирования знания, который в своей основе есть социальный процесс.

Признание многообразия форм социальности в науке привело к фокусированию внимания исследователей на субъекте научной деятельности (ученом, научном сообществе, научно-исследовательском коллективе). Научное сообщество имеет отличающий его механизм воспроизводства членов, для которых в производстве и трансляции научного знания заключается смысл профессиональной деятельности, сопряженной с их особой познавательной позицией, общностью ценностей, регулирующих их коммуникацию и креативность. Социально-когнитивными формами организации ученых в научном сообществе являются – научная школа, научно-исследовательский коллектив, коммуницирующая группа.

Научное сообщество можно рассматривать на следующих уровнях: как сообщество всех ученых, национальное научное сообщество, сообщество специалистов какой-либо научной дисциплины.

Наука как коммуникация

Наука как система коммуникации регулируется нормативно-ценностной системой. Члены научного сообщества, занимаясь научной деятельностью в разных формах, не только проводят собственные исследования, но и оценивают результаты деятельности своих коллег и осуществляют это, ориентируясь на определенные образцы критериев оценки и форм представления креативности.

Этос новоевропейской науки, по Р. Мернтону, определяется следующими факторами. Во-первых, главной целью науки – систематическим расширением сферы достоверного знания. Во-вторых, детерминирующим воздействием протестантской системы ценностей, придающей особое значение императивам полезности, рациональности, индивидуализма и антитрадиционализма. В-третьих, ориентацией на стандарты демократического, цивилизованного поведения. Этос науки сочетает социальные и познавательные нормы, регулирующие деятельность ученых.

Базовыми императивами, составляющими этос науки первоначально считались: универсализм, всеобщность, незаинтересованность и организованный скептицизм. *Норма универсализма* реализуется в установке ученых при оценке результатов своего исследования и оценке результатов коллег руководствоваться не личными симпатиями и антипатиями, но исключительно общими критериями и правилами обоснованности и доказательности знания. Именно за счет действия этой нормы в науке преодолевается различие и противоборство школ, групп и интеллектуальных традиций. *Норма всеобщности* заключается в том, что результаты научной деятельности рассматриваются как продукт социального сотрудничества и являются об-

щим достоянием научного сообщества, в котором доля индивидуального творчества строго ограничена личными открытиями. *Императив незаинтересованности* заключается в готовности ученого согласиться с любыми хорошо обоснованными аргументами и фактами, даже если они противоречат собственным убеждениям. *Норма организованного скептицизма* проявляется в установке предельной самокритичности в оценке собственных достижений и участии в рациональной критике имеющегося знания. Эта норма создает атмосферу ответственности, институционально подкрепляет профессиональную честность ученых, предписываемую им нормой бескорыстия. Ученый должен быть готов к критическому восприятию своего результата.

Позднее при изучении научного сообщества были выявлены такие нормы, составляющие его этос как оригинальность, эмоциональная нейтральность, независимость, интеллектуальная скромность. Кроме того, оказалось, что под воздействием таких факторов, составляющих часть жизни реального научного сообщества, как необходимость фиксировать приоритет открытия, исходя из этого функционирование системы вознаграждения, проявляются следующие "контрнормы": партикуляризм, пристрастность оценок. Сокрытие результатов или отставание права собственности на их использование, организованный догматизм в защите принятой какой-либо группой ученых концепции. Но исследования показывают, что в нормальной научной среде подобные девиантные действия происходят достаточно редко.

Функциональный смысл императивов научного этоса, их ориентирующая роль в поведении ученого обусловлены тем, что сама система распределения признания и, соответственно мотивация исследователя постоянно ставят его в ситуацию жесткого выбора одной из альтернатив. Так, ученый должен:

- как можно быстрее передавать свои научные результаты коллегам, но он не должен торопиться с публикациями;
- быть восприимчивым к новым идеям, но не поддаваться интеллектуальной "моде";
- стремиться добывать такое знание, которое получит высокую оценку коллег, но при этом работать, не обращая внимание на оценки других;
- защищать новые идеи, но не поддерживать опрометчивые заключения;
- прилагать максимальные усилия, чтобы знать относящиеся к его области работы, но при этом помнить, что эрудиция иногда тормозит творчество;
- быть крайне тщательным в формулировках и деталях, но не быть педантом, ибо это идет в ущерб содержанию;
- всегда помнить, что знание универсально, но не забывать, что всякое научное открытие делает честь нации, представителем которой оно совершено;
- воспитывать новое поколение ученых, но не отдавать преподаванию слишком много внимания и времени; учиться у крупного мастера и подражать ему, но не походить на него.

Исследовательские установки в проведении реконструкции история науки: презентизм и антикваризм

История науки одна из самых молодых отраслей исторического познания, целенаправленная разработка, которой началась в XIX веке. Задачи истории науки заключаются: в накоплении эмпирического материала, необходимого для создания общей теории науки; в трансляции исторической памяти или обеспечении преемственности в научном сообществе; создании образа науки в общественном сознании или общепросветительской.

Г.Лейбниц так сказал о пользе истории науки: "Полезно изучать открытия других таким способом, который и нам самим открыл бы источник изобретений и который известным образом дал бы нам самим возможность усвоить приемы изобретения. Я хотел бы, чтобы изобретатели дали нам историю путей, по которым они дошли до своих открытий. В тех случаях, когда они вовсе не сообщают нам этого, нужно испробовать отгадать эти пути, дабы наилучшим образом использовать их произведения".

Но, в реальности историк науки сталкивается с тем, что ученые не полно представляют путь ведущий к открытию, о некоторых причинах этого писал Поль Дирак "Воспоминаниях о необычной эпохе": "Физик предпочитает забыть путь, который привел его к открытию. Он шел по извилистой дороге, сворачивая иногда на ложные тропы, - об этом не хочется даже вспоминать. Ему, может быть стыдно, он даже разочарован в себе из-за того, что так долго возился. Когда открытие уже сделано, оно обычно кажется таким оче-

видным, что остается лишь удивляться, как никто не додумался раньше. В этих условиях никому не захочется вспоминать о той работе, которая привела к открытию".

Историк науки должен ответить на несколько вопросов – как происходило открытие, в чем оно состояло, как было оценено? Реконструкция истории науки предполагает представление хронологической шкалы достижений различных научных дисциплин, воспроизведение научной полемики и рассуждений ученых и изучение социального и культурного контекста, в котором происходило научное познание.

Существует две исследовательские установки в проведении реконструкции истории науки: "презентизм" и "антикваризм".

Например, алхимический рецепт XIV столетия – рецепт получения философского камня Джорджа Рипли, приведенный в "Книге двенадцати врат": "Чтобы приготовить эликсир мудрецов, или философский камень, возьми, сын мой, философской ртути и накаливай, пока она не превратится в зеленого льва. После этого прокаливай сильнее, и она превратится в красного льва. Дигерируй этого красного льва на песчаной бане с кислым виноградным спиртом, вытари жидкость, и ртуть превратится в камедообразное вещество, которое можно резать ножом. Положи его в обмазанную глиной реторту и не спеша дистиллируй. Собери отдельные жидкости разной породы, которые появятся при этом. Ты получишь безвкусную флегму, спирт и красные капли. Киммерийские тени покрывают реторту своим темным покрывалом, и ты найдешь внутри неё истинного дракона, потому что он пожирал свой хвост" Еще в 19 веке французский химик Жан – Батист Дюма "перевел" этот текст, придав ему вполне читаемый вид: "обнаружилось, что речь идет о химических превращениях свинца, его окислов и солей. Расшифровка текста становится возможной, если перевести алхимические термины примерно так: "философская ртуть" – свинец; "зеленый лев" – оксид свинца; "красный лев" – красный сурик; "кислый виноградный спирт" – винный уксус, который растворяет оксид свинца; "киммерийские тени" – черный налет на стенках реторты, который появляется вследствие разложения органических веществ при сильном нагревании. Выходит, что алхимики знали о превращениях свинца, его окислов и солей. Но это не совсем так, был зафиксирован факт превращения свинца, но не было теоретического осмысления того в чем состоит эта химическая реакция.

Презентизм предполагает рассказ о прошлом языком современности. Историк науки, будучи носителем современной ему культуры, её языка, идей, научных представлений обращаясь к исследованию интеллектуальной истории другого периода, вольно или невольно, модернизирует семантику, что может приводить к не вполне адекватной оценке событий. Например, можно ли считать, что алхимики знали превращение свинца и его окислов, если проводили эти реакции в процессе получения философского камня? С одной стороны, "да" так как именно описание этого процесса есть в алхимическом рецепте, но, с другой стороны, "нет" так как именно о превращении свинца и его окислов алхимики не говорили. Позиция антикваризма предполагает стремление исследователя восстановить прошлое во всей его внутренней целостности, без отсылок к современности. Действительно, невозможно просто перевести термин "флогистированный воздух" как "кислород", так как теряется связанный с понятием "флогистон" вера исследователей в существование особой субстанции. Но, историк науки никогда не сможет "вжиться" в прошлую действительность, так как "исторический зазор", между его жизненным миром и жизненным миром другой эпохи, не преодолит.

Позиции презентизма и антикваризма дополняют друг друга в историко-научной реконструкции: презентизм дает понимание прошлого, а антикваризм его объясняет.

1.3. История науки

Возникновение науки

По вопросу о происхождении науки существуют две противоположные точки зрения. Сторонники первой точки зрения считают научным всякое обобщенное знание и утверждают, что наука возникла в период, когда человек стал делать первые орудия труда. Другая крайняя точка зрения относит происхождение науки к довольно позднему периоду (XV-XVIII вв.), когда появилось экспериментальное естествознание. Современное науковедение не дает однозначного ответа на этот вопрос, т. к. из разного понимания сущности науки вытекают различные даты ее возникновения:

- если считать науку формой общественного сознания, то наука возникла в Древней Греции;
- если считать науку социальным институтом, то возникновение науки относится к Новому времени XVII – XVIII вв.;
- как система подготовки научных кадров наука возникла с середины XIX века;

Различное время рождения имеют и *конкретные науки*. Так, математика возникла в период Античности, естествознание - в Новое время, общественные науки - в XIX веке. Для решения этого вопроса необходимо выделить *критерии появления науки*: наличие социального запроса на научные знания; выделение особой группы людей, занимающихся наукой; возможность накопления научных знаний (на основе письменности); разработка познавательных приемов (сравнение, доказательство, анализ).

Совокупность таких условий складывается в Древней Греции в VII - VI вв. до н. э. Возникновению науки в Античный период предшествовал этап развития человеческой культуры и цивилизации на Древнем Востоке.

В самых древних восточных цивилизациях - *Египетской* и *Шумерской* существовал механизм хранения и передачи знаний. Эти цивилизации вырабатывали конкретные знания в области математики, астрономии и передавали их по принципу наследственного профессионализма, т. е. от старшего к младшему в касте жрецов. Передача знаний осуществлялась через *профессионально-именной* способ трансляции знаний - от жреца к посвященному. Процесс обучения сводился к пассивному усвоению готовых рецептов. *Универсально-понятийный* тип передачи знаний, характерный для современной науки, не регламентирует субъекта познания.

В древнеегипетской цивилизации, просуществовавшей около 4000 лет, происходило медленное, стихийное накопление знаний. Более динамично развивалась вавилонская цивилизация. Вавилонские жрецы настойчиво исследовали звездное небо и добились в этом больших успехов. Они создали астрономию как практическую деятельность.

Практический характер имели знания в Индии и Китае. Физические представления в Древнем Китае появились на основе различных форм технической деятельности, в процессе которых вырабатывались разнообразные технологические рецепты. Естественно, что, прежде всего, развивались механические знания. Так, китайцы имели представления о силе (то, что заставляет двигаться), противодействии (то, что останавливает движение), рычаге, блоке, сравнении весов (сопоставлении с эталоном). В области оптики китайцы имели представление об образовании обратного изображения в «camera obscura». Уже в VI веке до н. э. они знали явления магнетизма - притяжения железа магнитом, на основе чего был создан компас. В области акустики им были известны законы гармонии, явления резонанса. Но это были еще эмпирические представления, не имевшие теоретического объяснения.

В Древней Индии основу натурфилософских представлений составляло учение о пяти элементах - земле, воде, огне, воздухе и эфире. Существовала также догадка об атомном строении вещества. Были разработаны своеобразные представления о таких свойствах материи, как тяжесть, текучесть, вязкость, упругость, о движении и вызывающих его причинах. К VI в. до н. э. физические представления обнаруживают тенденцию перехода в своеобразные теоретические построения (в оптике, акустике).

Знания, накопленные у древневосточных цивилизаций, имели следующие общие черты: стихийность; несистематизированность; недоказательный характер знания; отсутствие критической позиции по отношению к знанию; невозможность коррекции знания; отсутствие теоретичности и фундаментальности; иррациональность; рецептурный характер (многие знания были простым набором алгоритмов и правил для решения задач).

Из этого можно заключить, что в древневосточных цивилизациях не существовало науки, но были подготовлены предпосылки для появления науки и существовали отдельные ее компоненты.

Античная наука (VII в. до н.э. – V в. н.э.)

Появление науки произошло в Древней Греции в VII-VI вв. до н. э. Этому способствовал ряд предпосылок, сложившихся в этой цивилизации:

- у греков отсутствовала закрытость касты жрецов, и поэтому научные знания были доступны любому свободному гражданину, имеющему к ним интерес;
- демократическая форма правления в государстве, что гарантировало гражданские права и необходимость их отстаивания с помощью риторики, основанной на аргументации и убеждении оппонента.

Это способствовало развитию логического, рационального стиля мышления, необходимого для науки.

Процесс становления древнегреческой науки шел через отделение мифа от логоса, т. е. научного элемента от фантастического.

Греческая наука стала деятельностью по получению новых знаний. Ее *цель* можно определить как получение истины из интереса к ней. Греческая наука *системна* и *рациональна*.

Вместе с тем, у греков было пренебрежение к физическому труду, что привело к *отсутствию эксперимента*, невозможности использования ее достижений в производстве и для потребностей практики. Это определило в целом *умозрительный характер греческой науки* и оторванность ее от жизни.

В Древней Греции возникли первые *научные программы*:

Математическая программа Пифагора. В ее основе лежит представление о том, что Космос – это упорядоченное выражение целого ряда сущностей, которые можно постигать различными путями. Пифагор нашел эти сущности в числах и представил их в качестве первоосновы мира. Причем цифры не являются кирпичиками мира, а отражают количественные отношения действительности: движение небесных тел, пропорции тела человека и др. Именно школа Пифагора стоит у истоков теоретической системы математики – они стали строго выводить одни математические положения из других, т.е. ввели математическое доказательство.

Следующий шаг в формировании этой программы сделали софисты и элеаты, разработавшие теорию доказательства (Апории Зенона). В них он сумел показать невозможность описания движения непротиворечивым образом.

Платон, разделив мир вещей и идей, полагал, что мир идей организован на основании математических закономерностей, которые пытался установить. О значении, которое он придавал математике, свидетельствует надпись над входом в платоновскую Академию: “Несведущим в геометрии вход воспрещен”. Эта высокая оценка математики определялась философскими взглядами Платона. Он считал, что только занятия математикой являются реальным средством познания вечных, идеальных, абсолютных истин. Платон не отвергал значения эмпирического знания о мире земных вещей, но считал, что это знание не может быть основой науки, так как приблизительно, неточно и лишь вероятно. Только познание мира идей, прежде всего с помощью математики, является единственной формой научного, достоверного познания. Математическими образами и аналогиями пронизана вся философия Платона. Он первым сделал ясные формулировки логики как науки, но мало пользовался ими в отношении естествознания.

Атомизм - вторая важнейшая программа античности, оказавшая огромное влияние на все последующее развитие науки. Основателями этой научной программы являются Левкипп и Демокрит. Согласно данной теории, в основе мироздания лежат неделимые частицы-атомы и пустота. Ничто не возникает из несуществующего и не исчезает в небытие. Возникновение вещей есть соединение атомов, уничтожение - распад атомов. Причиной возникновения является вихрь, собирающий атомы вместе. В основе данного объяснения лежит механистическая причина - движение атомов. Атомизм оказал значительное влияние на физику Нового времени, основанную на механистическом подходе.

Программа Аристотеля - третья научная программа античности. Пытаясь найти свой путь, возражая Демокриту и Платону, Аристотель выделяет четыре причины бытия: формальную, материальную, действующую и целевую. Предметом науки, по Аристотелю, должно стать изучение неизменной, но познаваемой сущности мира.

Средством познания мира по Аристотелю является логика, которая позволяет правильно организовать мышление. Задача логики познать истинное соотношение между общим и частным. Способ познания состоит в выведении из общего частного, потому что общее (идея) как истинное бытие, составляет причину явлений и то, из чего и посредством чего может быть понято и объяснено воспринятое явление. Наука должна показать как из познанного в форме понятия общего вытекает воспринятое частное. Общее же представляет, в то же время, основание, посредством которого и из которого доказывается частное.

Свое теоретическое учение Аристотель применил к громадному материалу, собранному непосредственным наблюдением в зоологии, физике, обществознании. В его трудах заложены начатки почти всех конкретных естественных наук.

Эти три основные научные программы античности заложили основы естествознания и науки вообще. Одним из наиболее существенных процессов этого времени заключается в том, что был осознан и опробован механизм замещение вещей, их свойств и отношений идеальными объектами.

Евклидова геометрия - первая стандартная научная теория. Из дошедших до нас сочинений Евклида наиболее знамениты «Начала», в которых формулируются исходные положения геометрии, излагаются основы геометрической алгебры, рассматриваются теории отношений и ее применению к решению алгебраических задач, теории целых и рациональных чисел, рассматриваются основы стереометрии. Изложение, подчинено строгой логике, при-

чем теоремы выводятся из корректно сформулированных физических гипотез и математических посылок. В «Началах» Евклида завершена античная математика, как стройная наука, исходящая из определений, постулатов и аксиом. Математика Евклида - вершина древнегреческой дедуктивной науки.

В эллинистический период теоретическому осмыслению были подвергнуты эмпирические военные приемы, что привело к формулированию базовых физических законов в области статики, гидростатики. Так, Архимед создал теорию рычага, сформулировал законы плавающих тел.

В эллинистический период были заложены методологические основы науки – разработано систематическое наблюдение.

Так, Гиппарх из Никей (190 - 125 гг. до н. э.) выдающийся древнегреческий астроном вел первые систематические астрономические наблюдения. Наблюдение новой звезды (134 г. до н. э.) побудило его к созданию звёздного каталога, который был использован впоследствии Птолемеем. Этот каталог содержит положения 850 звёзд, разделённых по степени яркости на 6 звёздных величин. Путём сравнения найденных им точек расположения звёзд с теми, которые были обозначены в других каталогах, Гиппарх открыл явление прецессии равноденствий. Он исследовал видимое движение Солнца и Луны и составил таблицы этого движения. Рассчитал аномалии солнечного движения и объяснил их тем, что Солнце проходит эксцентрический путь вокруг Земли. Он также вычислил с большой точностью наклонение эклиптики; определил с ошибкой менее 5% расстояние от Земли до Луны и неточно - от Земли до Солнца; вычислил продолжительность тропического года как равную 365 суткам 5 ч 55 мин (истинная продолжительность - 365 суток 5 ч 48 мин 46 с) и продолжительность синодического месяца, получив значение 29 суток 12 ч 44 мин 2.5 с, которая лишь на 1 с меньше истинного; разработал теорию затмений; ввёл географические координаты - широту и долготу; заложил основы тригонометрии, в частности, разделив окружность на 360°, поделённых в свою очередь, на минуты и секунды; изобрёл новые инструменты. Он повысил точность наблюдений, применив крест нитей для наведения на светило в угломерных инструментах - секстантах и квадрантах.

Соединение результатов систематических наблюдений, проводить вычисления и умения создавать идеальные модели привели к тому, что античная наука продуцировала адекватную реальности модель солнечной системы. Современникам Аристотеля уже было известно, что планета Марс в противостоянии, а также Венера во время попятного движения значительно ярче, чем в другие моменты. По теории сфер они должны были бы оставаться всегда на одинаковом расстоянии от Земли. Именно поэтому тогда возникали и другие представления о строении мира. Так, Тераклит Понтийский (388 - 315 гг. до н. э.) предполагал, что Земля движется «...вращательно, около своей оси, наподобие колеса, с запада на восток вокруг собственного центра». Он высказал также мысль, что орбиты Венеры и Меркурия являются окружностями, в центре которых находится Солнце. Вместе с Солнцем эти планеты будто бы и обращаются вокруг Земли.

Еще более смелых взглядов придерживался Аристарх Самосский (ок. 320 до н. э., Самос, Греция - 250 до н. э., Александрия, Египет). Архимед в своем сочинении «Псаммит» («Исчисление песчинок»), обращаясь к Гиерону Сиракузскому, писал о взглядах Аристарха так:

«Ты знаешь, что по представлению некоторых астрономов мир имеет форму шара, центр которого совпадает с центром Земли, а радиус равен длине прямой, соединяющей центры Земли и Солнца. Но Аристарх Самосский в своих «Предложениях», написанных им против астрономов, отвергая это представление, приходит к заключению, что мир больших размеров, чем только что указано. Он полагает, что неподвижные звезды и Солнце не меняют своего места в пространстве, что Земля движется по окружности вокруг Солнца, находящегося в его центре, и что центр сферы неподвижных звезд совпадает с центром Солнца, а размер этой сферы таков, что окружность, описываемая по его предположению, Землей, находится к расстоянию неподвижных звезд в таком же отношении, в каком центр шара находится к его поверхности».

Таким образом, примерно за полторы тысячи лет до Николая Коперника Аристарх Самосский развил идею гелиоцентризма на основе космологических вычислений.

Античность постепенно накапливает эмпирические биологические знания, формирует концептуальный аппарат протобиологии. Как и в других областях естествознания, в накоплении биологических знаний конструктивную роль сыграла пифагорейская школа. К представителям пифагорейской школы относится Алкмеон Кротонский, которого считают основоположником античной анатомии и физиологии. О нем сообщают, что он первый начал анатомировать трупы животных для научных целей. Алкмеон признавал мозг органом ощущений и мышления и уяснил роль нервов, идущих от органов чувств (глаз, ушей) к мозгу. Он считал, что нормальное функционирование организма предполагает равновесие заключающихся в нем «сил», «стихий» — влажного и сухого, теплого и холодного, горького и сладкого и др. Нарушение этих равновесий (например, охлаждение) и является, по его мнению, главной причиной заболеваний.

Одной из древних медико-биологических школ была Книдская школа, сложившаяся еще в VI в. до н.э. под влиянием восточной медицины. Она продолжала традиции вавилонских и египетских врачей. Ее принципы нацеливали на детальное описание отдельных комплексов болезненных симптомов и требовали разработки для каждой болезни свой особой (и часто сложной) терапии. Сочинения представителей Книдской школы до нас не дошли, но их фрагменты, очевидно, вошли в состав трактатов Свода Гиппократа.

С именем Гиппократ, современника Демокрита, связан тот период развития биологии и медицины, когда мидико-биологические знания начали отпочковываться от религии, магии и мистицизма. Гиппократ и его ученики считали, что медицина должна основываться не на умозрительных схемах и предположениях или фантазиях, а на скрупулезном, тщательном (эмпирическом) наблюдении и изучении больного на накоплении и обобщении медицинско-го опыта.

Гиппократ развивает идею о естественных причинах болезней. К таким причинам он относит и факторы, исходящие из внешней среды, и возраст больного, и его образ жизни, и его наследственность и др. Гиппократ учил, что лечить надо не болезнь, а больного, поэтому все назначения должны быть строго индивидуальны. Один из теоретических принципов Гиппократова учения — единство жизни как процесса. Он считал, что основу всякого живого организма составляют четыре "жидкости тела" — кровь, слизь, желчь желтая и черная. Отсюда — и четыре типа темпераментов людей — сангвиници, флегматици, холерици и меланхолици. Весь организм оживотворяется пневмой — воздухоподобным веществом, которое во все проникает и все осуществляет — жизненные процессы, мышление, движение и проч.

Свод Гиппократ сложился в Косской медицинской школе, получившей свое наименование от острова Кос. Из Косской медицинской школы вышли пользовавшиеся известностью и славой Праксагор и его ученик Герофил, который в первой половине III в. до н.э. считался величайшим греческим врачом. В конце своей жизни Праксагор с группой учеников переселился в Александрию и заложил здесь основания Александрийской медицинской школы.

Герофил развивал эмпирическую традицию античной биологии и медицины, выше всего ставил наблюдение и опыт. В его эпоху в Александрии уже не имел силы предрассудок, запрещавший анатомирование трупов. Более того, древние авторы сообщают слухи о том, что Герофил проводил опыты по вивисекции над преступниками, которые поставлялись ему царем. Он изучал строение и функционирование нервной системы, провел четкое различие между артериями и венами и пришел к правильному заключению (окончательно доказанному лишь несколько столетий спустя Галеном), что артерии получают кровь от сердца. Герофил впервые оценил диагностическое значение пульса, хотя связывал его с механизмом дыхания. Герофил дал подробное описание анатомии глаза, печени и других органов тела, провел сопоставительное изучение устройства человека и животных, внес существенный вклад в разработку анатомической терминологии. В сфере практической медицины он уделял большое внимание фармакологии, действию лекарственных препаратов, особенно тех, которые изготовлялись из трав, разработке правил диеты, лечебной физкультуры.

Завершителем античной биолого-медицинской традиции был Клавдий Гален. Родился в Пергаме, в семье архитектора, изучал философию и медицину, с 162 г жил в Риме. Гален был прекрасным анатомом. Поскольку в Риме в ту эпоху вскрытие трупов было запрещено, он изучал анатомию не только человека, но и разных животных — быков, овец, свиней, собак и др. Он заметил большое сходство в строении человека и обезьяны, проводя опыты над маленькой мартышкой, которая в то время водилась на юге Европы. Физиологические воззрения Галена базировались во многом на трудах Гиппократ. Гален детально изучал центральную и периферическую нервные системы, искал связь спинномозговых нервов с процессами дыхания и сердцебиения. Он окончательно доказал, что артерии наполнены кровью, а не воздухом. Гален закладывал предпосылки научного экспериментального метода в биологии и физиологии.

В греческой науке воплотились такие свойства, как объективность, идеальное моделирование действительности, поиск первоосновы, что позволяет констатировать появление науки как особого типа отношения к реальности.

Средневековая наука(V- XIVвв.)

Средневековая наука не предложила новых фундаментальных научных программ. Ее значение состояло в том, что был предложен ряд новых обобщений, уточнений, понятий и методов исследования, которые подготовили основу механики Нового времени.

Основными чертами средневековой науки являются:

- **Теологизм** - толкование любых проблем с точки зрения Священного писания. Считалось, что природа создана Богом для блага человека, а явления природы являются промыслом божьим, непостижимым для человека. В целом толкование явлений действительности сводилось к констатации проявления божественного промысла.

- **Моральный символизм** - характерная черта средневекового знания. Интерес к явлениям природы ведет не к научным обобщениям, а делает их символами церкви, например, Луна - это образ Церкви, отражающая божественный свет; ветер - символ Духа и т. д.

Например, Исидор Севильский (570 – 636), епископ Севильский в трактате "О природе вещей", так характеризовал небо: "В духовном понимании небо это церковь, которая сверкает в этой жизни добродетелями святых, подобно светилам небесным. Часто под небом подразумеваются все святые и ангелы, ибо небеса, о которых сказано "Небеса проповедуют славу Божию", следует считать пророками и апостолами, ведь именно они возвестили миру о его пришествии и смерти, и они же – о воскресении Христа и о его славе. Святой Амвросий в написанных им книгах о сотворении мира так говорил о небе: "по-гречески небо называется Uranus, у латинян же оно называется caelum, что из-за блестящих звезд, как бы нанесенных резцом, оно кажется чеканным, подобно тому, как мы называем

чеканным серебром, искрящееся выпуклым узором. Писание же показывает, насколько тонка природа неба, говоря, что Он укрепил небо как дым"

- **Рациональность** – ориентированность на постижение явлений на основе разума. Это выразилось в господстве схоластического метода с его необходимым компонентами — цитированием авторитетов, что лишало первостепенной значимости задачу по исследованию естества Природы и дедуктивным способом рассуждения. Но, значение разума, в рамках официальной доктрины средневековья уменьшалось по отношению к главенствующей роли веры и истины откровения. Разум не имел значения главного арбитра в вопросах истины, к тому же Бог, благодаря своему всемогуществу, может действовать и вопреки естественному порядку.

- **Отсутствие содержательной определенности научных понятий** явилось следствием утраты наукой в раннем средневековье своих теоретических позиций.

Например, задача сблизить аристотелевскую и библейскую концепции вселенной достигалась этимологическим методом сближения подчас противоречащих друг другу понятий и идей. Исидор представляет, казалось бы, библейскую картину мира: "Вселенная – это небеса, земля, море и то, что в них создано Богом, о котором сказано: "И вселенная была сотворена Им". Вселенная (mundus) названа так по-латыни философами, потому что она находится в постоянном движении (motus), как, например, небеса, солнце, луна, воздух, моря. Её элементам не доступен никакий покой, и потому она всегда находится в движении. Поэтому также элементы казались Варрону живыми созданиями, поскольку, говорит он, они движутся сами собой. Греки приняли название вселенной от слова "украшение" (ornament) по причине разнообразия элементов и красоты созвездий. И она называется у них "космос", что означает "украшение". Потому что мы не видим телесными глазами ничего более прекрасного, чем вселенная" (Исидор. Этимология) Исходя из христианского догмата о творении, Исидор преобразует образ вселенной под влиянием идей, заимствованных у античных авторов, в частности, придавая ей постоянное движение – в отличие от неподвижного мира Библии. Для него несущественно противоречие между принципиально отличающимися между собой концепциями вечного и бескрайнего космоса греков и имеющей начало, сотворенной и ограниченной в пространстве Вселенной в Библии.

- **Появление идеи экспериментальности** - логически вытекает из утверждения церкви о том, что мир создан для человека, который является его господином и имеет право его переделывать. На уровне философского заявления сформулирована идея о роли опытного знания, наблюдения и эксперимента в познании (Р. Гроссет, Р. Бэкон).

В деятельности английского епископа Роберта Гроссетеста (1175-1253) и английского францисканского монаха Роджера Бэкона (ок. 1214-1292) была осмыслена роль опытного знания.

Медиевисты считают Гроссетеста пионером средневековой науки. Ему принадлежат трактаты «О тепле Солнца», «О радуге», «О линиях угла и фигурах», «О цвете», «О сфере», «О движении небесных тел», «О кометах». Сопровождающее их математическое обоснование связано с символикой цифр: «Форма как наиболее простая и не сводимая ни к чему сущность приравнивается им к единице; материя, способная под влиянием формы изменяться, демонстрирует двойственную природу и потому выражается двойкой; свет как сочетание формы и материи — это тройка, а каждая сфера, состоящая из четырех элементов, есть четверка. Если все числа сложить, — пишет Гроссетест, — будет десять. Поэтому десять — это число, составляющее сферы универсума». Гроссетест описывает широко распространенный метод наблюдения за фактами, называя его резолюцией, обращается к методу дедукции, а соединение двух конечных результатов образует, по его мнению, метод композиции.

Источники сообщают много удивительного о персоне Роджера Бэкона, в частности то, что он пытался смоделировать радугу в лабораторных условиях. Ему принадлежит идея подводной лодки и летательного аппарата. Он с огромной убеждающей силой призывал перейти от авторитетов к вещам, от мнений к источникам, от диалектических рассуждений к опыту, от трактатов к природе. "Опытная наука – владычица умозрительных наук". Он стремился к количественным исследованиям, к всемерному распространению математики, "которая есть дверь и ключ к наукам", без неё невозможно никакое исследование и знание

- **представление о научном знании как системе взаимосвязанных дисциплин (отражающих целостность и иерархичность организации универсума)** – что воплотилось в двух основных формах: в выделении семи свободных искусств для образования и создания многочисленных классификаций наук.

Семь свободных искусств делились на низшую ступень (тривий) – грамматика, риторика (искусство литературно выражаться) и диалектика (искусство доказывать и спорить); и высшую ступень (квадривий) – арифметика, геометрия (описание земли), музыка (церковное пение) и астрономия (вычисление календаря и Пасхи). Семь свободных искусств были подготовительным этапом для дальнейшего специального образования. Если систематизация "искусств" в средневековье подчинялась практическим целям образования, то систематизация и классификация "наук" была по преимуществу умозрительной, логической конструкцией, отражающей общие взгляды ученого на Иер и структуру познания. Поэтому все науки, от теологии до естественнонаучных дисциплин и математики, объединялись понятием "философия". В основу средневековой систематизации "наук" легло учение Аристотеля о разделе-

нии между умозрительными (теоретическими) и практическими науками. К первым он отнес метафизику, математику (арифметика, геометрия, астрономия, оптика, гармония, механика) и физику (все естественные науки), ко вторым – политику, экономику, этику. Научам Аристотель противопоставлял "производящие искусства" – медицину, гимнастику, грамматику, музыку, риторику и поэтику. Средневековье познакомилось с аристотелевской классификацией через труды Боэция, который целью философии видел познание мироздания, а вершиной познание универсального разума. Теоретическая (спекулятивная) философия делится им на "натуральную философию" (физика – исследует предметы, которые не существуют вне движения), математику (рассматривает материальные предметы лишённые движения) и теологию (имеет дело с предметами абстрактными и лишёнными материи и движения). Наиболее полные классификации сложились к XII веку. Так, Гуго Сен-Викторский в "Дидактиконе" писал: "Философия делится на теоретическую, практическую, механическую и логическую; эти четыре раздела охватывают все научное знание". Теоретическая философия состоит из теологии, математики (арифметика, музыка, геометрия, астрономия), физики. Практическая философия – этика, экономика и политика. Логическая философия – грамматика, диалектика, риторика.

Кроме того, астрология, алхимия, ятрохимия, натуральная магия представлявшие собой промежуточное звено между натурфилософией и техническими ремеслами способствовали разрушению созерцательности и переходу к опытной науке. Фактическое ограничение рациональности за счет введения требования оценки практической пригодности идеальных объектов, через экспериментальную проверку, происходит только в XVII веке.

Наука была объявлена «служанкой богословия», средством решения чисто прикладных задач. На фоне общего упадка науки развивались арифметика, астрономия, необходимые для вычисления дат религиозных праздников.

Ситуация в средневековой науке стала меняться к лучшему с XII века, когда в научном обиходе стало использоваться научное наследие Аристотеля. Оживление в средневековую науку внесла схоластика, использовавшая научные методы (аргументацию, доказательство) в богословие. Самыми популярными книгами средневековья были энциклопедии, отражавшие иерархический подход к объектам и явлениям природы.

Основными научными достижениями эпохи средневековья можно считать следующие:

- Сделаны первые шаги к механистическому объяснению мира.
- Были усовершенствованы и созданы новые измерительные приборы.
- Началась математизация физики.
- Развитие специфических в средневековье областей знания - астрологии, алхимии, магии - привело к формированию зачатков будущих экспериментальных естественных наук: астрономии, химии, физики, биологии.

Эпоха Возрождения (XIV- н. XVI вв.) сделала значительный вклад в развитие науки благодаря новому пониманию роли человека в мире и развитию естественной магии.

Магия вышла из подполья культуры и стала общей темой философии и науки, не перестав играть роль идейной альтернативы господствующему религиозному сознанию. М. Фичино, П. дела Мирандола находили в магии Гермеса Трисмегиста гуманистические мотивы, Д. Бруно называл мага мудрецом, умеющим не только мыслить, но и действовать. Парацельс искал философский камень и универсальный ключ познания. Ф.Бэкон представлял науку не как созерцание (по – аристотелевски), а как активное действие, овладевающее природой по её собственным законам. Переход, и магия занимала важное место в его классификации наук. Переход от коперниковской небесной кинематики к динамике Кеплер совершал в убеждении, что небесные сферы вращаются духами. Р. Декарт в молодости штудировал "энциклопедию оккультных наук" Агриппы, надеясь постичь "чудесное основание" всего знания.

Наука о природе, возникая как синтез многообразных интеллектуальных традиций, долго несла отпечаток антихолостического и антирационального движения, выражающегося в наивной вере и оставались эмпирически-описательными. Натуральная магия, т. е. учение о тайных силах, присущих самой природе, а также практика их использования, были близки натуралистической науке. Адепты магии критически оценивали математизацию естествознания, считая, что "скрытые качества" (флогистон, теплород, эфир) нельзя исследовать с помощью одного разума, и настаивали на экспериментальном "вопросании природы".

Стихийно-эмпирическое накопление знаний о мире органических явлений длилось тысячелетиями. Но долгое время знания о биологических явлениях не выделялись из общей совокупности знаний о природе в самостоятельную отрасль. Биологические знания излагались вперемешку со знаниями о химических, физических, географических, климатических, метеоро-

рологических, социально-исторических явлениях. В эпоху Возрождения ситуация в сфере познания живого изменилась. Ренессансный гуманизм, пересмотрев представление о месте человека в природе, возвысил роль человека в мире. В человеке видели венец, природы, полагая, что уже в силу одного этого он достоин самого тщательного изучения, внимания и заботы. Отражением *главной ориентации* той эпохи — ориентации *на человека*, на совокупность его ближайших потребностей и прежде всего на решение наиболее близких ему медицинских проблем — было *быстрое развитие биологического познания*. Известный историк естествознания П. Таннери, характеризуя данный период развития биологии, писал: "...История науки в первой половине XVI столетия была в сущности только историей медицины". В сторону человека развернулась даже алхимия; результатом слияния алхимии с медициной стала ятрохимия. Основоположник ятрохимии Парацельс утверждал, что "настоящие цели алхимии заключаются не в изготовлении золота, а в приготовлении лекарств".

Новые взгляды на мир и человека позволили сделать выдающиеся научные открытия, создать новые теории и подготовить базу последующей научной революции, благодаря которой сформировалось классическое естествознание. Были сделаны открытия Н. Коперника, Д. Бруно, давшие науке гелиоцентризм и идею бесконечности Вселенной. Пока это были еще догадки, требовавшие естественнонаучного и философского обоснования.

Научная революция XVI - XVII вв.

Термин «научная революция» - классическое понятие для обозначения периода, охватывающего XVI и XVII века, со времени публикации «Об обращении небесных сфер» Коперника (1543) до выхода в свет «Математических начал натуральной философии» Ньютона (1687). Астрономия Коперника и физическое экспериментирование, с одной стороны, и аналитическая геометрия, дифференциальное и интегральное исчисление - с другой, привели к замене «библии» - мнений Аристотеля и донаучного анимизма - механистическим пониманием законов природы.

Отправной точкой первой научной революции, в результате которой появилась классическая наука и современное естествознание, стал выход книги Н. Коперника «Об обращении небесных сфер» в 1543 г. Высказанные в книге гелиоцентрические идеи были лишь гипотезой и нуждались в доказательстве.

Предшественники Коперника не имели смелости отказаться от самого геоцентрического принципа и пытались либо совершенствовать мелкие детали птолемеевской системы, либо обращаться к еще более древней схеме гомоцентрических сфер. Коперник сумел разорвать с этой тысячелетней консервативной астрономической традицией, преодолеть преклонение перед древними авторитетами. Он был движим идеей внутреннего единства и системности астрономического знания, искал простоту и гармонию в природе, ключ к объяснению единой сущности многих, кажущихся различными явлений. Результатом этих поисков и стала гелиоцентрическая система мира

В чем действительное достоинство, привлекательность и истинная сила теории Коперника? Почему она вызвала революционное преобразование всего естествознания?

В отличие от своих предшественников, Коперник пытался создать логически простую и стройную планетную теорию. В отсутствие простоты, стройности, системности Коперник увидел коренную несостоятельность теории Птолемея, в которой не было единого стержневого принципа, объясняющего системные закономерности в движениях планет. Н. Коперник писал: "Я ничем иным не был приведен к мысли придумать иной способ вычисления движений небесных тел, как только тем обстоятельством, что относительно исследований этих движений математики не согласны между собой. Начать с того, что движения Солнца и Луны столь мало им известны, что они не в состоянии даже доказать и определить продолжительность года. Затем, при определении движений не только этих, но и других пяти блуждающих светил, они не употребляют ни одних и тех же одинаковых начал, ни одних и тех же предположений, ни известных доказательств. Даже главного — вида мироздания и известную симметрию между частями его — они не в состоянии вывести на основании этой теории".

Коперник был уверен, что представление движений небесных тел как единой системы позволит определить реальные физические характеристики небесных тел, т.е. то, о чем в геоцентрической модели вовсе не было и речи. Поэтому свою теорию он рассматривал как теорию реального устройства Вселенной.

Возможность перехода к гелиоцентризму (подвижности Земли, обращающейся вокруг реального тела — неподвижного Солнца, расположенного в центре мира) Коперник совершенно справедливо усмот-

рел в представлении об относительном характере движения, известном еще древним грекам, но забытом в средние века. Неравномерное петлеобразное движение планет, неравномерное движение Солнца Коперник, как и Птолемей, считал кажущимся эффектом. Но он представил этот эффект не как результат подбора и комбинации движений по условным вспомогательным окружностям, а как результат перемещения самого наблюдателя. Иначе говоря, этот эффект объяснялся тем, что наблюдение ведется с движущейся Земли. Допущение подвижности Земли было главным новым принципом в системе Коперника.

Обоснование введения принципа гелиоцентризма Коперник усматривал в особой роли Солнца, отразившейся уже в птолемеевской схеме. В этой схеме планеты по свойствам их движений как бы разделялись Солнцем на две группы — нижние (ближе к Земле, чем Солнце) и верхние. Среди тех кругов, которые применялись для описания видимого движения планет, обязательно был один круг с годичным, как у Солнца, периодом движения по нему. Для верхних планет — это был первый, или главный эпицикл, для нижних — деферент. Кроме того, Меркурий и Венера (нижние планеты) вообще все время сопровождали Солнце, совершая около него лишь колебательные движения.

Революционное значение гелиоцентрического принципа состояло в том, что он представил движения всех планет как единую систему, объяснил многие ранее непонятные эффекты. Так, с помощью представления о годичном и суточном движениях Земли теория Коперника сразу же объяснила все главные особенности запутанных видимых движений планет (понятные движения, стояния, петли) и раскрыла причину суточного движения небосвода. Петлеобразные движения планет теперь объяснялись годичным движением Земли вокруг Солнца. В различии же размеров петель (и, следовательно, радиусов соответствующих эпициклов) Коперник правильно увидел отображение орбитального движения Земли: наблюдаемая с Земли планета должна описывать видимую петлю тем меньшую, чем дальше она от Земли. Впервые получила объяснение смена времен года: Земля движется вокруг Солнца, сохраняя неизменным в пространстве положение оси своего суточного вращения.

Теория Коперника логически стройная, четкая и простая. Она способна рационально объяснить то, что раньше либо не объяснялось вовсе, либо объяснялось искусственно, связать в единое то, что ранее считалось совершенно различными явлениями. Это — ее несомненные достоинства; они свидетельствовали об истинности гелиоцентризма. Н

Поиск аргументов в пользу гипотезы Коперника стал основной задачей научной революции XVI-XVII вв., которая началась с работ Г. Галилея.

Г. Галилей заложил основы новой науки и мировоззрения нового типа. Новая научная методология Галилея может быть сведена к следующим положениям:

- *Объективность.* Ученый считал, что для формулирования четких суждений в науке необходимо учитывать только объективные, т. е. поддающиеся точному измерению, свойства предметов - размер, форма, количество, масса, движение. Только с помощью количественных измерений наука может получить истинные знания о мире. Субъективные свойства - цвет, звук, вкус, осязание и др. можно оставить без внимания.
- *Экспериментальность.* Проверка истинности гипотез осуществлялась ученым эмпирически. Для этой цели Галилей изобрел и усовершенствовал множество технических приборов и экспериментальных установок: линзу, телескоп, микроскоп, воздушный термометр, барометр и др. Он сам испытал изобретенный им водолазный колокол.
- *Доказательность.* Научная теория должна быть, по мысли ученого, иметь подтверждение. Галилей использовал доказательство как прием проверки истинности гипотезы.
- *Математизация.* Свою ориентацию на опыт Галилей сочетал с математическим осмыслением, которое ставил чрезвычайно высоко, считая возможным заменить математикой традиционную логику.
- *Аналитико-синтетический подход.* Галилей широко использовал в своей научной методологии анализ и синтез. При помощи аналитического метода он расчленил исследуемое явление на более простые составляющие его элементы. Проверка правильности высказанной гипотезы осуществлялась при помощи синтетического метода.

Особое значение для науки имели открытия Галилея в области механики. С помощью новой методологии им были опровергнуты догматические положения схоластической физики Аристотеля. Особенно важное значение имели работы Галилея о движении. Он установил, что:

- тяжелые тела не всегда движутся вниз, а легкие вверх (например, бревно в воде);

- тела разной массы падают с одинаковым ускорением, величина которого $9,8 \text{ м/с}^2$;

Галилей открыл и изучил инерцию, высказал идею об относительности движения. Законы механики Галилея в комплексе с его астрономическими открытиями подвели научную базу под теорию Коперника и способствовали утверждению гелиоцентрической доктрины в науке. Но остался нерешенным вопрос о соотношении земных и небесных движений, объясняющих движение самой Земли.

Завершил первую научную революцию И. Ньютон. Заслуга Ньютона заключается в том, что он:

- соединил механистическую философию Декарта, законы Кеплера о движении планет и законы Галилея о земном движении, сведя их в единую теорию;

- доказал существование тяготения как универсальной силы, которая является причиной замкнутых орбит, по которым движутся небесные тела. Каждая частица материи во Вселенной притягивает каждую другую частичку с силой прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

- математическим путем вывел эллиптическую форму планетных орбит;

- объяснил, что планеты движутся и одновременно удерживаются в пределах своих орбит под действием сил инерции и гравитации;

- разработал физический принцип дальнего действия, выражающийся в мгновенном воздействии тел друг на друга на разных расстояниях без посредников;

- ввел в физику понятия абсолютного пространства и абсолютного времени;

Результатом первой научной революции явилось возникновение естествознания и становление классической науки.

Значительные изменения происходят и в науках о живой природе, в способе биологического познания — вырабатываются стандарты, критерии и нормы исследования органического мира. На смену стихийности, спекулятивным домыслам, фантазиям и суевериям постепенно приходит установка на объективное, доказательное, эмпирически обоснованное знание. Благодаря коллективным усилиям ученых многих европейских стран такая установка обеспечила постепенное накопление колоссального фактического материала. Значительную роль в этом процессе сыграли Великие географические открытия. Фауна и флора вновь открытых стран и континентов не только значительно расширили эмпирический базис биологии, но и поставили вопрос о его систематизации.

Огромная описательная накопительная работа, проведенная в XVI—XVII вв. в биологии, имела важные последствия. Во-первых, она вскрыла реальное многообразие растительных и животных форм и наметила общие пути их систематизации. Если в ранних ботанических описаниях (О. Брунфельса, И. Бока, К. Клузиуса и др.) еще отмечается множество непоследовательностей и отсутствуют четкие принципы систематизации и классификации, то уже М. Лобеллий, К. Баугин и особенно А. Цезальпино закладывают программу создания искусственной систематики.

Во-вторых, накопительная биологическая работа в XVI—XVII вв. значительно расширила сведения о морфологических и анатомических характеристиках организмов. В трудах Р. Гука, Н. Грю, Я. Гельмонта, М. Мальпиги и др. получила развитие анатомия растений, были открыты клеточный и тканевый уровни организации растений, сформулированы первые догадки о роли листьев и солнечного света в питании растений. Установление пола у растений и внедрение экспериментального метода в ботанику — заслуга Р.Я. Камерариуса; садовод Т. Ферчайльд (не позже 1717 г.) создал первый искусственный растительный гибрид (двух видов гвоздики). На основе искусственной гибридизации совершенствовались методы искусственного опыления, закладывались отдаленные предпосылки генетики.

В-третьих, важным следствием развития биологии явилось формирование научной методологии и методики исследования живого. Поиски рациональной, эффективной методологии привели к стремлению использовать в биологии методы точных наук — математики, механики, физики и химии. Сформировались даже целые направления в биологии — иатромеханика, иатрофизика и иатрохимия. В русле этих направлений были получены отдельные конструктивные результаты. Так, например, Дж. Борелли подчеркивал важную роль нервов в осуществлении движения, а Дж. Майов одним из первых провел аналогию между дыханием и горением. Значительный вклад в совершенствование тонкой методики анатомического исследования внес Я. Сваммердам.

В-четвертых, следствием накопительной работы является развитие теоретического компонента биологического познания — выработка понятий, категорий, методологических установок, создание первых теоретических концепций, призванных объяснить фундаментальные характеристики живого. Прежде всего это касалось природы индивидуального развития организма, в объяснении которой сложилось два противоположных направления — *преформизм* и *эпигенез*.

Преформисты (Дж. Ароматари, Я.Сваммердам, А. ван Левенгук, Г.В. Лейбниц, Н. Мальбранш и др.) исходили из того, что в зародышевой клетке уже содержатся все структуры взрослого многоклеточного организма, потому процесс онтогенеза сводится лишь к количественному росту всех преобразованных зачатков органов и тканей. Преформизм существовал в двух разновидностях: *овистической*, в соответствии с которой будущий взрослый организм преобразован в яйце (Я. Сваммердам, А. Валлисниери и др.), и *анималькулистской*, сторонники которой полагали, что будущий взрослый организм преобразован в сперматозоидах (А. ван Левенгук, Н. Гартсекер, И. Либекюн и др.).

Уходящая своими корнями в аристотелизм, теория эпигенеза (У. Гарвей, Р. Декарт, пытавшийся построить эмбриологию, изложенную и доказанную геометрическим путем, и др.) полностью отрицала какую бы то ни было предопределенность развития организма и отстаивала точку зрения, в соответствии с которой развитие структур и функций организма определяется воздействием внешних факторов на непреформированную зародышевую клетку. Борьба между этими направлениями была острой, длительной, велась с переменным успехом. Каждое направление обосновывало свою позицию не только эмпирическими, но и философскими соображениями (так, преформизм хорошо согласовывался с креационизмом: Бог создал мир со всеми населяющими его существами, как теми, которые были и есть, так и теми, которые еще только появятся в будущем).

Научная революция XVII века привела к становлению классического естествознания.

Классическая и современная наука

Понятие классической науки охватывает период с XVII в. по 20-е годы XX в. Этот этап науки характеризуется рядом специфических особенностей:

- Стремление к завершенной системе знаний, фиксирующей истину в окончательном виде.
- Механистичность - представление мира в качестве машины, состоящей из элементов разной степени сложности. Даже живой организм понимался как механизм общемировой машины, функционирующей по законам механики.
- Натурализм - признание идеи самодостаточности природы, управляемой естественными, объективными законами.
- Метафизичность - рассмотрение природы как неизменного, неразвивающегося целого.
- Доминирование количественного сопоставления и оценки всех явлений над качественным.
- Причинно-следственный автоматизм - объяснение всех природных явлений естественными причинами.
- Аналитизм - доминирование в научном мышлении аналитической деятельности над синтетической.
- Геометризм - утверждение картины безграничного, однородного пространства, описываемого геометрией Евклида.
- Гипотетический метод познания. Внедрение этого метода связано с именем Галилея, который предлагал вести изучение не с эмпирического, а с теоретического. Затем требовалось осуществление эксперимента, который должен был подтвердить или опровергнуть гипотезу.
- Процедура объяснения сводилась к поиску механистических причин и субстанций - носителей сил.
- Механистическая картина природы рассматривалась как тождественная физической картине реальности, которая, в свою очередь, рассматривалась как общенаучная картина мира.

Классическая наука сформировала *классическую картину мира*. Установка на объективность и предметность научного знания достигалась в ней исключением всего, что относится к познающему субъекту и при выявлении очевидных "вытекающих из опыта" онтологических принципов. Философский компонент этой научной картины мира выразился в представлении о познании как наблюдении и экспериментировании с объектами природы, которые познаваемы вполне разумом, который дистанцирован от природы и вещей. Изучаемые объекты рассматривались как малые системы или своего рода механические устройства (характеризуются относительно небольшим количеством элементов, силовыми взаимодействиями жестким детерминизмом). При постижении этих объектов исходили из ряда допущений: 1)

свойства целого полностью определяются состоянием и свойствами его частей; 2) вещь – относительно устойчивое целое; 3) процесс – перемещение тел в пространстве с течением времени; 4) причинность – все настоящие и последующие состояния однозначно определяются предшествующими состояниями (окружающий мир – огромная механическая система, начальное состояние которой является заданным и все процессы в нем строго детерминированы).

В результате наука вытеснила религию в качестве интеллектуального авторитета, заняла ее место.

В XIX веке наука остается в целом механистической и метафизической, но в ней начинают формироваться *предпосылки второй глобальной революции*. Этому предшествуют *комплексные научные революции*, в результате которых в естествознании утвердились идеи всеобщей связи и началось стихийное проникновение *диалектических воззрений*.

В этот период на первый план выдвигаются физика и химия, изучающие взаимопревращения веществ и энергии. В геологии возникает теория развития Земли Ч. Лайеля, в биологии зарождается эволюционная теория Ж.-Б. Ламарка.

Особое значение имели революции, связанные с *тремя великими открытиями* второй трети XIX в.:

- *клеточной теории Шлейдена и Шванна* обосновала идею единства растительного и животного миров.

Содержанием этой идеи являлось представление о том, что единство органического мира должно иметь свое морфологическое выражение, проявляться в определенном *структурном подобии организмов*;

- *закона сохранения и превращения энергии Майера и Джоуля*;

Закон сохранения энергии имеет всеобъемлющее значение. Он применим ко всем без исключения явлениям природы. Энергия тел зависит от их скоростей, положения, температуры, формы, химического состава и т. д. Изменение энергии тел происходит либо за счёт работы, совершаемой этими телами, либо за счёт передачи энергии другим телам. Если мы рассматриваем все тела, участвующие в процессе, то полная энергия их остаётся неизменной.

Всякий процесс, происходящий в природе, можно рассматривать как превращение отдельных видов энергии друг в друга. *Установление закона сохранения и превращения энергии означает выработку представления о различных видах энергии, об их материальной сущности. Закон сохранения энергии связан с несотворимостью и неуничтожимостью движения.* Между качественно различными видами движения существует количественное отношение, общей мерой которого является энергия - свойство качественно различных форм движения материи переходить друг в друга в строго эквивалентных количествах.

- *эволюционного учения Дарвина*.

Положение о естественном отборе является ведущим принципом дарвиновской теории, который позволяет разграничить дарвинистские и недарвинистские трактовки эволюционного процесса. В нем отражается одна из фундаментальных черт живого - диалектика взаимодействия органической системы и среды. Дарвиновская теория эволюции опиралась на следующие *принципы*: борьбы за существование; наследственности и изменчивости; естественного отбора. Эти принципы являются краеугольным основанием научной биологии. Э. Геккель называл Дарвина “Ньютоном органического мира”.

Затем последовали *открытия, продемонстрировавшие диалектику природы* еще более полно:

- теория химического строения органических соединений А.М. Бутлерова;

- периодический закон Д. И. Менделеева;

- химическая термодинамика Я. Х. Вант-Гоффа;

- основы научной физиологии И. М. Сеченова;

- электромагнитная теория света Дж. Максвелла.

В итоге этой революции: разрушается статичность объяснительных схем классического естествознания, благодаря эволюционным идеям, пришедшим из области биологии, геологии, палеонтологии; механистическая картина природы перестаёт приравняться к общенаучной картине мира.

В результате этих научных открытий естествознание поднимается на качественно новую ступень и становится дисциплинарно организованной, систематизирующей наукой, т. е. наукой о предметах и процессах, их происхождении и развитии. В естествознании активно идет *процесс дифференциации* наук, т. е. дробление крупных разделов наук на более мелкие, например, выделение в физике таких разделов, как термодинамика, физика твердого тела, электричество, магнетизм и т. д.

К концу XIX в. появляются первые признаки процесса *интеграции* наук, который будет характерен для науки XX века. Это появление новых научных дисциплин на стыках наук, охватывающих междисциплинарные исследования, таких, как биохимия, геохимия, физическая химия и др.

В XIX - начале XX в. наука вступила в свой «золотой век». В ее важнейших областях произошли удивительные открытия, широко развернулась сеть научных институтов и академий, организованно проводящих различные исследования на основе соединения науки с техникой. Оптимизм этой эпохи был напрямую связан в верой в науку и ее способность преобразить жизнь человека.

Тем не менее, естествознание оставалось в рамках классической науки, основанной на метафизике и механицизме. Это противоречие было разрешено в ходе второй глобальной научной революции.

Вторая (новейшая) революция в естествознании началась с 90-х годов XIX в. и длилась до середины XX века. Она началась в физике, затем проникла в другие естественные науки, изменив основания науки в целом и создав феномен современной науки.

Толчком новейшей революции в естествознании послужил ряд ошеломляющих открытий в физике:

- электромагнитных волн Г. Герцем;
- рентгеновских лучей В. Рентгеном;
- радиоактивности А. Беккерелем;
- электрона Дж. Томсоном;
- светового давления П. Н. Лебедевым;
- введения идеи кванта М. Планком;
- создание теории относительности А. Эйнштейном;
- разработка моделей атома Э. Резерфордом, а затем Н. Бором.

Это первый этап новейшей революции в естествознании, связанный с физикой. Он сопровождался крушением прежних представлений о материи, ее свойствах, формах движения, пространстве и времени.

Второй этап научной революции начался с середины 20-х годов XX в. Он связан с созданием квантовой механики в сочетании с теорией относительности. В ходе этого этапа были пересмотрены многие важнейшие постулаты науки:

- учение об атомах как твердых и неделимых частицах было заменено моделями, которые почти целиком заполнены пустотой;
- трехмерное пространство и одномерное время превратились в относительные проявления четырехмерного пространственно-временного континуума; время течет по-разному для тех, кто движется с разной скоростью; вблизи тяжелых предметов время замедляется, а при определенных условиях может совсем остановиться;
- законы Евклидовой геометрии не обязательны в масштабах Вселенной; планеты движутся по эллиптическим орбитам не потому, что их притягивает Солнце, а потому, что пространство, в котором они движутся, искривлено;
- объекты микромира имеют двойную природу и обнаруживают себя как частицы, и как волны;
- стало невозможным одновременно вычислить местоположение частицы и измерить ее ускорение (принцип неопределенности).

Началом *третьего* этапа научной революции были:

- овладение атомной энергией в 40-е годы нашего столетия;
- зарождение ЭВМ и кибернетики.

- наступление эпохи НТР, слияние науки с производством и превращение науки в производительную силу.

В этот период, наряду с физикой стали лидировать химия, биология и цикл наук о земле. Вступление в XX в. ознаменовалось в биологии бурным развитием генетики. В 1900 г. законы Менделя были переоткрыты независимо сразу тремя учеными — Г. де Фризом в Голландии, К. Корренсом в Германии и Э. Чермаком в Австрии. Начало XX в. принято считать началом экспериментальной генетики, принесшей множество новых эмпирических данных о наследственности и изменчивости. К такого рода данным можно отнести: открытие дискретного характера наследственности; обоснование представления о гене и хромосомах как носителях генов; представление о линейном расположении генов; доказательство существования мутаций и возможность вызывать их искусственно; установление принципа чистоты гамет, законов доминирования, расщепления и сцепления признаков; разработка методов гибридологического анализа.

Преодоление противоречий между эволюционной теорией и генетикой было достигнуто в *синтетической теории эволюции*, которая выступает основанием всей системы современной эволюционной биологии. Принципиальные положения синтетической теории эволюции были заложены работами С. С. Четверикова (1926), а также Р. Фишера, С. Райта, Дж. Холдейна, Н.П. Дубинина (1929-1932) и др. Непосредственными предпосылками для синтеза генетики и теории эволюции выступали: хромосомная теория наследственности, биометрические и математические подходы к анализу эволюции, закон Харди — Вейберга для идеальной популяции (гласящий, что такая популяция стремится сохранить равновесие концентрации генов при отсутствии факторов, изменяющих его), результаты эмпирического исследования изменчивости в природных популяциях и др. В основе *синтетической теории эволюции* лежит представление о том, что элементарной “клеточкой” эволюции является не организм и не вид, а популяция. Именно популяция — та реальная целостная система взаимосвязи организмов, которая обладает всеми условиями для саморазвития, прежде всего способностью наследственного изменения в смене биологических поколений. Элементарной единицей наследственности выступает ген (участок молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты — ДНК, отвечающий за развитие определенных признаков организма). Наследственное изменение популяции в каком-либо определенном направлении осуществляется под воздействием ряда эволюционных факторов (изменяющих генотипический состав популяции): мутационный процесс (поставляющий элементарный эволюционный материал), популяционные волны (колебания численности популяции в ту или иную сторону от средней численности входящих в нее особей), изоляция (закрепляющая различия в наборе генотипов и способствующая делению исходной популяции на несколько самостоятельных), естественный отбор — процесс, определяющий вероятность достижения индивидами репродукционного возраста. Естественный отбор является ведущим эволюционным фактором, направляющим эволюционный процесс.

Революция в молекулярной биологии. Во второй половине 40-х гг. в биологии произошло важное событие — осуществлен переход от белковой к нуклеиновой трактовке природы гена. Предпосылки новых открытий в области биохимии складывались раньше. В 1936 г. в СССР А. Н. Белозерский получил из растения тимонуклеиновую кислоту, которая до тех пор выделялась лишь в животных организмах, что доказало тождество животных и растительных миров на молекулярном уровне. Важные идеи, открывавшие новые широкие ориентиры познания, намного опередившие свое время, были выдвинуты Н. К. Кольцовым. Так, еще в 1927 г. он высказал мысль о том, что при размножении клеток осуществляется матричная ауторепродукция материнских молекул.

Скачок в направлении их тесного взаимодействия произошел после того, как биология перешла от белковой к нуклеиновой трактовке природы гена. (В начале 40-х гг. впервые появился термин “молекулярная биология”) В 1944 г. американскими биохимиками (О. Эвери и др.) было установлено, что носителем свойства наследственности является ДНК. С этого времени началось лавинообразное развитие молекулярной биологии. Последовавшие в 1949—1951 гг. исследования Э. Чаргаффа, сформулировавшего знаменитые правила, объясняющие структуры ДНК, а также рентгенографические исследования ДНК, проведенные М. Уилкинсом и др., подготовили почву для расшифровки в 1953 г. (Ф. Крик, Д. Уотсон) структуры ДНК, которая показала, что молекула ДНК состоит из двух комплементарных полинуклеотидных цепей, каждая из которых выступает в качестве матрицы для синтеза новых аналогичных цепей. Именно поэтому в хромосомах клеток молекула ДНК способна к ауторепродукции. Свойство самоудвоения ДНК обеспечивает явление наследственности. Расшифровка структуры ДНК была великой революцией в молекулярной биологии и стала ключом к пониманию того, что происходит в гене при передаче наследственных признаков.

Но расшифровка структуры молекулы ДНК была лишь первым шагом на пути выявления механизма наследственности и изменчивости. Далее за относительно непродолжительный срок времени

были получены другие важнейшие результаты: выяснена роль транспортной-РНК и информационной-РНК; расшифрован генетический код; осуществлен синтез гена, теоретически решена проблема биосинтеза белка; расшифрована аминокислотная последовательность многих белков и установлена пространственная структура для некоторых из них; на этой основе выяснен принцип и особенности функционирования ферментативных молекул, химически синтезирован ряд ферментов; получены важные результаты в плане понимания организации вирусов и фагов, характер их биогенеза в клетке; заложены основы генной инженерии, содержанием которой является активное вмешательство человека в природу наследственности и ее изменение в соответствии с потребностями человека, общества (это имеет и свои нравственно-ценностные аспекты). В последние 40 лет молекулярная биология развивалась исключительно быстрыми темпами, открытие следовало за открытием. Общее направление этих открытий — выработка представлений о сущности жизни, о природе ее фундаментальных черт — наследственности, изменчивости, обмене веществ и др.

С середины XX века наука окончательно сливается с техникой, приведя к современной научно-технической революции.

Неклассическая картина мира сформировалась в ходе научной революции, длившейся с конца XIX по 40-е годы XX века. В физике она связана с открытием делимости атома, становлением релятивистской и квантовой теории; в космологии с концепцией нестационарной Вселенной; в биологии со становлением генетики; развитием кибернетики и теории систем. Для данной НКМ характерен отказ от претензии на возможность создания единственной теории и картины природы, и признание дополнительности разных описаний реальности. В ней учитывался принцип активности познающего субъекта, использующего в своей деятельности некоторые средства, вследствие чего сам изучаемый объект становится артефактом, то есть претерпевает определенные изменения и не представлен в процессе изучения таким, каким он является в природе сам по себе. В качестве объектов исследования рассматривались сложные саморегулирующиеся системы, имеющие уровневую организацию, относительно автономные подсистемы взаимодействие между которыми по своему характеру стохастическое, то есть вероятностное, причем, в этих системах существует управляющий уровень, обеспечивающий их целостность. Вселенная представлялась как иерархически организованная сложная динамическая система.

Изменились философские основания НКМ, в частности новые понятия вошли в категориальную матрицу и новым смыслом наполнилось содержание прежних категорий, так как изменился образ изучаемого объекта. Утверждается идея о несводимости состояний целого к сумме состояний его частей. По иному интерпретируется принцип причастности, в него включаются понятия "случайности", "вероятностной причинности". Новым содержанием наполняются понятия "вещь" и "процесс", так как изучаемый объект уже не определяется просто как относительно устойчивая, тождественная себе вещь, он определяется как процесс, характеризуемый устойчивыми состояниями и изменчивыми характеристиками.

Вторая научная революция значительно изменила стиль научного мышления и привела к формированию *современной науки*, базирующейся на идее *глобального эволюционизма*.

Одна из важнейших идей европейской цивилизации — идея развития мира. В своих простейших и неразвитых формах (преформизм, эпигенез, кантонская космогония) она начала проникать в естествознание еще в XVIII в. Но уже XIX в. по праву может быть назван *веком эволюции*. Сначала в геологии, затем биологии и социологии теоретическому моделированию развивающихся объектов стали уделять все большее и большее внимание.

Но в науках физико-химического цикла идея развития пробивала себе дорогу очень сложно. Вплоть до второй половины XX в. в ней господствовала исходная абстракция закрытой обратимой системы, в которой фактор времени не играет роли. Даже переход от классической ньютоновской физики к неклассической (релятивистской и квантовой) в этом отношении ничего не изменил. Правда, в классической термодинамике был сделан некоторый робкий прорыв — введено понятие энтропии и представление о необратимых процессах, зависящих от времени. Этим самым в физические науки была введена "стрела времени". Но, в конечном счете, и классическая термодинамика изучала лишь закрытые равновесные систе-

мы, а неравновесные процессы рассматривались как возмущения, второстепенные отклонения, которыми следует пренебречь в окончательном описании познаваемого объекта.

Проникновение идеи развития в геологию, биологию, социологию, гуманитарные науки в XIX — первой половине XX в. происходило независимо в каждой из этих отраслей познания. Философский принцип развития мира (природы, общества, человека) не имел общего, стержневого для всего естествознания (а также для всей науки) выражения. В каждой отрасли естествознания он имел свои (независимые от другой отрасли) формы теоретико-методологической конкретизации.

Только к концу XX в. естествознание нашло теоретические и методологические средства для создания единой модели универсальной эволюции, выявления общих законов природы, связывающих в единое целое происхождение Вселенной (космогенез), возникновение Солнечной системы и нашей планеты Земля (геогенез), возникновение жизни (биогенез) и, наконец, возникновение человека и общества (антропосоциогенез). Такой моделью является концепция глобального эволюционизма. В этой концепции Вселенная предстает как развивающееся во времени природное целое, а вся история Вселенной от Большого Взрыва до возникновения человечества рассматривается как единый процесс, в котором космический, химический, биологический и социальный типы эволюции преемственно и генетически связаны между собой. Космохимия, геохимия, биохимия отражают здесь фундаментальные переходы в эволюции молекулярных систем и неизбежности их превращения в органическую материю.

В концепции глобального эволюционизма подчеркивается важнейшая закономерность — направленность развития мирового целого на повышение своей структурной организации. Вся история Вселенной — от момента сингулярности до возникновения человека — предстает как единый процесс материальной эволюции, самоорганизации, саморазвития материи.

Важную роль в концепции универсального эволюционизма играет идея отбора: новое возникает как результат отбора наиболее эффективных формобразований, неэффективные же инновации отбраковываются историческим процессом; качественно новый уровень организации материи окончательно самоутверждается тогда, когда он оказывается способным впитать в себя предшествующий опыт исторического развития материи. Эта закономерность характерна не только для биологической формы движения, но и для всей эволюции материи. Принцип глобального эволюционизма требует не просто знания временного порядка образования уровней материи, а глубокого понимания внутренней логики развития космического порядка вещей, логики развития Вселенной как целого.

На этом пути очень важную роль играет так называемый *антропный принцип*. Содержание этого принципа в том, что возникновение человечества, познающего субъекта (а значит, и предваряющего социальную форму движения материи органического мира) было возможным в силу того, что крупномасштабные свойства нашей Вселенной (ее глубинная структура) именно таковы, какими они являются; если бы они были иными. Вселенную просто некому было бы познавать. Данный принцип указывает на глубокое внутреннее единство закономерностей исторической эволюции Вселенной, Универсума и предпосылок возникновения и эволюции органического мира вплоть до антропосоциогенеза. *Согласно этому принципу существует некоторый тип универсальных системных связей, определяющих целостный характер существования и развития нашей Вселенной, нашего мира как определенного системно организованного фрагмента бесконечно многообразной материальной природы. Понимание содержания таких универсальных связей, глубинного внутреннего единства структуры нашего мира (Вселенной) дает ключ к теоретическому и мировоззренческому обоснованию программ и проектов будущей космической деятельности человеческой цивилизации.*

В настоящее время идея глобального эволюционизма — это не только констатирующее положение, но и регулятивный принцип. С одной стороны, он дает представление о мире как о целостности, позволяет мыслить общие законы бытия в их единстве, а с другой — ориентирует современное естествознание на выявление конкретных закономерностей глобальной эволюции материи на всех ее структурных уровнях, на всех этапах ее самоорганизации.

Глава II. СТРУКТУРА И МЕТОДЫ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

2.1. Структура научного знания

В структуре научного знания выделяется три уровня: локальное знание (теория); знания, составляющие целую научную область; знания, представляющие науку.

Структуру локальной области знания образует уровень эмпирического и теоретического знания. Для знания, полученного на эмпирическом уровне, характерно то, что оно является результатом непосредственного контакта с исследуемым объектом (наблюдение, эксперимент), и представляет собой знание об определенных событиях, свойствах объекта и эмпирических закономерностях.

Теоретический уровень знания представляет собой объяснение объективной реальности (описание, систематизация и объяснение данных эмпирического уровня), но не непосредственное описание, а описание идеальных объектов, которые характеризуются определенным числом свойств (в отличие от реальных объектов).

Структура теоретического знания образуется проблемами, гипотезами и теориями.

Проблема – форма знания, содержанием которой является то, что не познано, но нужно познать (знание о незнании). В проблеме сформулированной в виде системы высказываний противоречие и неполнота, которые присутствуют в проблемной ситуации в скрытой форме, принимают явную и определенную форму. Проблема является частью проблемной ситуации, возникающей тогда, когда научное знание исчерпывает эвристический и методологический, потенциалы.

Выделяют, следующие, тактические приемы решения научных проблем:

- простая комбинаторика (заключается в подборе комбинаций возможного решения проблемы: вначале выделяются основные характеристики решаемой проблемы, затем для них находят все теоретически возможные комбинации всех выделенных значений, в результате получается "морфологическая таблица", где каждая из комбинаций рассматривается как возможное решение проблемы);
- латеральное (боковое) мышление (проявляется в неожиданных для самого ученого открытиях, в области смежной, побочной с интересующей его проблемой).
- аналогия (заключается в установлении сходства между предметами и явлениями, является структурным компонентом любой формы научного моделирования).
- редукция (представляет собой представление проблемы посредством систем более простых, то есть менее трудных задач).

Гипотеза – это форма знания, содержащая предположение, сформулированное на основе ряда факторов, истинное значение которого неопределенно и нуждается в доказательстве. Гипотеза требует проверки и обоснования, в процессе которых гипотеза либо подтверждается и становится теорией, либо видоизменяется и уточняется, либо отбрасывается и становится заблуждением.

Большая часть теоретических схем в науке конструируется не за счет схематизации опыта, а методом трансляции абстрактных моделей, которые заимствуются из ранее сложившихся областей знания и соединяются с новой "сеткой связей". Пример этого – при создании планетарной модели атома представления о центре потенциально отталкивающих сил внутри атома и электронах было использовано из теоретических знаний механики и электродинамики.

В процессе конструктивного обоснования гипотезы происходит постепенная перестройка первоначального варианта теоретической схемы до тех пор, пока не будет адаптирована к соответствующему эмпирическому материалу.

Пример этого изменения, которые внес Н. Бор в планетарную модель атома. Квантовая теория атома была развита Бором в 1913 году. В это время физики склонялись к планетарной модели атома. Согласно этой модели атом состоит из находящегося в центре тяжелого положительно заряженного ядра, в котором сосредоточена почти вся масса атома и электронов-«планет», вращающихся вокруг ядра. Справедливость этой модели, предложенной впервые Терреном, была подтверждена опытами Резерфорда, который показал, что внутри атома действительно находится ядро, обладающее положительным зарядом и чрезвычайно малыми размерами. Однако эта планетарная модель находилась в противоречии с выводами классической электродинамики об излучении ускоренно движущихся заряженных частиц. Планетарная модель предполагала, что электроны вращаются, подобно планетам, по кеплеровым орбитам вокруг центрального ядра и имеют частоту обращения, зависящую от их кинетической энергии

гии и изменяющуюся вместе с ней. Поэтому если классическая теория излучения применима к внутриатомным электронам, то электроны-планеты должны постепенно терять энергию, излучая волны непрерывно меняющейся частоты, и, в конце концов, упасть на ядро и нейтрализовать его. Таким образом, в рамках классической теории планетарная модель не позволяла объяснить ни монохроматический характер спектральных линий, ни устойчивость атомной системы. Такими были трудности, с которыми столкнулся Нильс Бор в начале своих исследований.

Громадная заслуга Бора состоит именно в том, что он ясно понял, что нужно сохранить планетарную модель атома, введя в нее фундаментальные идеи квантовой теории. В соответствии с этой теорией среди бесконечного множества всевозможных движений, допускаемых классической механикой, только некоторые квантованные движения оказываются устойчивыми и обычно осуществляются в природе. Для систем, совершающих одномерное периодическое движение, это условие квантования было введено Планком. Обобщение же этого условия на случай периодического движения, определяемого более чем одним параметром, к тому времени, когда Бор написал свои первые работы, еще не было известно.

Бор предположил, что движение атомных систем должно быть квантованным, то есть должно подчиняться некоторым условиям или, как иногда говорят, правилам квантования. Следовательно, каждый атом должен обладать некоторой последовательностью квантованных, или стационарных состояний. Если атом изолирован и образует замкнутую систему, то каждое из этих стационарных состояний характеризуется некоторым квантованным значением энергии. Таким образом, каждый вид атома характеризуется последовательностью квантованных значений энергии, соответствующих возможным различным стационарным состояниям. Иначе говоря, атому каждого элемента соответствует последовательность чисел, определяющих энергию различных состояний, в которых этот атом может находиться. Вывод, очевидно, прямо противоположный выводу классической электродинамики, согласно которой электроны-планеты, движущиеся с ускорением, должны были бы непрерывно излучать электромагнитные волны.

Почему электрон не падает на ядро? Постулируя стационарные состояния, теория Бора не объяснила, почему все-таки электрон, двигаясь ускоренно, не излучает и не падает в результате на ядро. Это, очевидно, объясняется тем, что падение электрона на ядро существенно уменьшило бы неопределенность его координат: если до падения на ядро электрон был локализован в пределах атома, то есть в области пространства размерами порядка 10^{-8} см, то после падения на ядро электрон должен быть локализован в области с линейными размерами меньше 10^{-12} см. Более сильная локализация микробъекта в пространстве связана с «размытием» его импульса, поэтому при падении на ядро среднее значение импульса электрона должно возрасти, для чего требуется затрата энергии. Получается, что нужно усилие отнюдь не для того, чтобы «удержать» электрон от падения на ядро, а совсем наоборот - нужно усилие, чтобы заставить электрон локализоваться в пределах ядра.

Если бы электрон упал на ядро, это должно было привести к его локализации в области с размерами от 10^{-8} до 10^{-12} см. При этом минимальная энергия должна возрасти - от 10 до 109 эВ (и больше). В результате минимальная энергия электрона оказывается на несколько порядков больше энергии связи нуклона в атомном ядре. Это значит, что в ядерной «потенциальной яме» электрон вообще не реализуется, так что никаким образом даже «насилно» нельзя его заставить локализоваться в пределах ядра. Тем самым не только снимается «проблема падения электрона на ядро», но и решается другой принципиальный вопрос: в состав атомного ядра электроны не входят.

Итак, только переход атома из одного стационарного состояния в другое с изменением энергии сопровождается излучением. Бор предположил, что каждая спектральная линия соответствует мгновенному переходу атома из одного квантового состояния в другое, характеризуемое меньшим значением энергии. Избыток энергии уносится излучением. При этом в квантовой теории вполне естественно считать, что энергия излучается в виде отдельных квантов, или фотонов. Таким образом, при переходе атома из одного стационарного состояния в другое он испускает фотон, энергия которого равна разности энергий начального и конечного состояний атома. Итак, Бор построил свою квантовую теорию атома на двух основных положениях:

- атом обладает последовательностью стационарных состояний, соответствующих движениям, удовлетворяющим условиям квантования Планка, и только эти состояния могут быть физически реализованы;

- спектральное излучение может испускаться лишь при переходе атома из одного стационарного состояния в другое, причем частота этого излучения определяется вышеуказанным правилом частот.

Теория – форма научного знания, дающая целостное отображение закономерных и существенных связей определенной области действительности. Теория выступает как средство обобщения чувственных данных, объединения результатов измерений, моделей, понятий, математических приемов в определенную связанную систему. На основании теории предсказывается по возможности широкий круг явлений, которые могут быть обнаружены в наблюдении и эксперименте. Теория является не просто средством описания, она является объяснением явления, то есть она имеет эвристический потенциал, позволяющий предвидеть новые явления.

Основные элементы теории: фундаментальные понятия, идеализированные объекты, принципы, законы.

Научное понятие – это мысленная характеристика предмета познания, определение его простых или сложных свойств.

В реальности научные понятия эволюционируют вместе с развитием научной дисциплины и пониманием сложности изучаемого объекта. *Подлинной субстанцией нашей Вселенной современная наука считает так называемый физический вакуум. Он принципиально не может восприниматься нашими чувствами и приборами, так как он ни от чего в нашем мире не отличается; поэтому его и называют вакуит - лат. «пустота».*

В то же время, вакуум может рассматриваться как сплошная среда, которой присущи известные свойства, выражаемые рядом физических констант. П. Дирак описал вакуум как море электронов с отрицательной энергией и бесконечной плотностью, в котором постоянно происходит порождение виртуальных пар электрон-позитрон (так называемое море Дирака). Его можно представить и как поле фотонов, либо виртуальных электрон-позитронных пар. А в теориях Великого объединения предлагается рассматривать вакуум как коллективное возбуждение гипотетических хиггсовых скалярных бозонов.

Иногда физический вакуум называют третьей формой материи. Но он может быть истолкован как нулевое состояние квантованного поля, в котором средняя напряженность всех полей равна нулю. Тем не менее, активность вакуума давно доказана рядом физических экспериментов. Два важнейших результата получены еще в 1947 г. Это, во-первых, «эффект Казимира» - притяжение близко расположенных металлических пластин в вакууме. Во-вторых, это так называемый лэмбовский сдвиг - смещение энергетических уровней электрона в атоме в результате его «дрожания» на орбите под воздействием вакуума.

Понятие может эволюционировать от статуса термина к категории. Термин появляется, когда связи, существующие в объекте, еще не слишком ясны, но, тем не менее, очевидны. Когда в процессе познания область исследования становится определенной, тогда понятия, её описывающие, становятся "строгими", определенными.

Понятие превращается в категорию, когда они становятся необходимы для развития целой отрасли знания. Например, формирование генетики привело к тому, что категориальный аппарат биологических наук пополнился, прежде всего, понятием гена. Категориями становятся не столько совершенно новые, не существовавшие ранее понятия, сколько понятия, уже прошедшие определенный путь в науке, но находившиеся до этого на периферии. Так, с развитием генетики категориями стали такие понятия как наследственность, изменчивость, мутация, до этого не выделявшиеся из других биологических понятий. С развитием науки некоторые категории наполняются новым содержанием, что способствует расширению сферы их применимости и трансформирует их статус. Так, понятие космоса, бывшее натурфилософской категорией, пережило ряд метаморфоз в астрономии XVIII-XIX веков, прежде чем, приобрело нынешнее значение в астрофизике.

Идеализированные объекты - это особый род мысленных объектов, которые не существуют и даже не могут существовать в качестве реальных объектов, создаваемые познающим субъектом (материальная точка, идеальный газ, абсолютно черное тело, объекты геометрии). Выделяют следующие способы образования идеализированных объектов.

- если абстрагироваться от одних свойств реальных объектов, удерживая в то же время другие их свойства, то вводят объект, которому присущи только эти оставшиеся свойства. Так, например, в ньютоновской небесной механике мы абстрагируемся от всех свойств Солнца и планет (размера, строения, химического состава) и представляем их как движущиеся материальные точки, обладающие лишь гравитационной массой.

- можно абстрагироваться от некоторых отношений изучаемых объектов друг к другу. С помощью такой абстракции образуется, например, понятие идеального газа. *Абстрагируясь от взаимодействия между молекулами реального газа, и рассматривая его частицы как обладающие лишь кинетической энергией и взаимодействующие только при соударении, мы получаем идеализированный объект — идеальный газ.*

- возможно приписывать реальным объектам отсутствующие у них свойства или мыслить присущие им свойства в некотором предельном значении. *В оптике, усиливая присущие всем телам свойства отражения и поглощения падающей на них энергии, образуются особые идеализированные объекты — абсолютно черное тело и идеальное зеркало.*

- идеализированным объектом может стать любой реальный предмет, который мыслится в несуществующих, идеальных условиях. *Именно таким образом возникает понятие инерции. Представив идеальных условия, в которых на движущееся тело не оказываются внешних воздействий, получается, что оно будет двигаться бесконечно долго и при этом равномерно и прямолинейно.*

Идеализированный объект делает возможным создание теории. *Научные теории, прежде всего, отличаются положенными в их основу идеализированными объектами.* Понятия и утверждения теории вводятся и формулируются как характеристики ее идеализированного объекта. Основные свойства идеализированного объекта описываются системой фундаментальных уравнений теории. Различие идеализированных объектов теорий приводит к тому, что каждая гипотетико-дедуктивная теория имеет свою специфическую систему фундаментальных уравнений. *В классической механике мы имеем дело с уравнениями Ньютона, в электродинамике — с уравнениями Максвелла, в теории относительности — с уравнениями Эйнштейна и т. п.* Идеализированный объект дает интерпретацию понятий и уравнений теории. Уточнение уравнений теории, их опытное подтверждение и коррекция ведут к уточнению идеализированного объекта или даже к его изменению. Замена идеализированного объекта теории означает переинтерпретацию основных уравнений теории.

Закон является базовым элементом теории, выражающим сущность изучаемого объекта в его целостности и конкретности. Закон – это связь, которая характеризуется основными признаками существенного отношения: всеобщностью, необходимостью, повторяемостью, устойчивостью.

Научный закон – форма организации научного знания, состоящая в формулировке всеобщих утверждений о свойствах и отношениях исследуемой предметной области.

Эмпирические законы – это наиболее развитая форма вероятностного эмпирического знания, с помощью индуктивных методов фиксирующего количественные и иные зависимости, полученные опытным путем, при сопоставлении фактов наблюдения и эксперимента. *Пример эмпирических законов закон Гука (при небольших деформациях тел возникают силы, примерно пропорциональные величине деформации); закон валентности (в большинстве случаев атомы объединяются в химические соединения согласно их валентности, определяемой положением в Периодической таблице элементов).*

На ранних этапах развитие естественных наук, в основном, шло по пути накопления подобных законов. Со временем их количество возросло настолько, что возник вопрос о нахождении новых законов, позволяющих описать эмпирические в более сжатой форме.

Пример. Закон Бойля Мариотта, в соответствии с ним для любого газа произведение его объема на давление есть величина постоянная. Этот закон был сформулирован так – на основе статистической обработки табличных данных, которыми экспериментально зафиксирована зависимость между давлением и объемом некоторых газов, получен соответствующий факт, а затем распространен на все газы. Закон Бойля-Мариотта имеет крайне ограниченный характер, поскольку не учитывает поведения газов при высоких давлениях. Более общие выводы потребовали введения допущения о так называемых идеализированных предметах, которые не поддаются изучению эмпирическими методами, а требуют мысленного освоения. Так, было допущено, что, во-первых, газ представляет собой набор идеально упругих и бесконечно малых соударяющихся частиц; во-вторых, что сосуд переменного объема, в который заключены эти частицы, также является идеальным. Благодаря таким допущениям познание поднялось с эмпирического на теоретический уровень обобщения, где математическая зависимость не только подтверждается в отдельных случаях, но, фиксируя "чистые" ситуации, приобретает необходимый, всеобщий характер.

Теоретический закон – форма достоверного знания, которое формулируется с помощью математических абстракций, а также в результате теоретических рассуждений, как следствие мысленного эксперимента над идеализированными объектами.

Основные функции теории: *синтетическая функция* – в теории объединяются отдельные достоверные знания в единую, целостную систему; *объяснительная функция* – теория представляет причинные зависимости, многообразие связей явления, существенные характеристики его генеза и развития; *методологическая функция* – на основании теории формируются методы, способы и приемы исследовательской деятельности; *предсказательная функция* – на основании теоретических представлений о "наличном" состоянии известных явлений делаются выводы о существовании неизвестных ранее фактов, объектов или их свойств, связей между явлениями; *практическая функция* – конечная цель любой теории практическое применение.

Возможны разные типологизации научных теорий. Например, в естествознании выделяют описательные и объяснительные теории. В *описательных теориях* отражены эмпирические описания (научные факты, полученные путем измерения, наблюдения, первичной классификации и систематизации различных видов экспериментирования) и эмпирические законы, полученные в процессе индуктивного обобщения эмпирического материала (законы Менделя до утверждения в науке хромосомной теории наследственности).

В *объяснительных теориях*, которые являются совокупностью логически организованных систем знания, преобладают теоретические объяснения (концептуальные реконструкции данных, полученных на теоретическом уровне изучения, вследствие интерпретации, идеализации, мысленных экспериментов, моделирования – законы Менделя, получаемые на репрезентативном уровне как следствия из хромосомной теории наследственности), а так же точные количественно детализированные результаты. Например, количественно детализированные Менделем, а потом получившие статус числовых закономерностей распределения контрастирующих признаков в первом и последующих поколениях гибридов.

Объяснительные теории включают подмножества гипотетико-дедуктивных и аксиоматических теорий. *Гипотетико-дедуктивные теории* построены на базе гипотетико-дедуктивного метода, то есть, основаны на выводе следствий из гипотез логическим путем с последующей их фактической проверкой. Классическая механика построена по этому принципу. Ньютон вначале вывел фундаментальные понятия, потом законы, утверждения, подлежащие верификации. *Аксиоматические теории* подвергаются строгой логической реконструкции. Но выделение группы аксиом, фиксирующих логические, математические, собственные основания теории возможно лишь в развитой теоретической науке, поэтому многие из естественнонаучных теорий остаются неаксиоматизированными и неформализованными. Например, в биологии есть единственная попытка аксиоматизации – вариант менделевской генетики с использованием языка Principia Mathematica Вуджера. Исключением является физическое знание, чьи обширные фрагменты формализованы.

О *механизме развития теорий* емко высказался П.Л. Капица: " Наиболее мощные толчки в развитии теории мы наблюдаем тогда, когда удается найти неожиданные экспериментальные факты, которые противоречат установившимся взглядам. Если такое противоречие удается довести до большей степени остроты, то теория должна измениться и, следовательно, развиваться. Таким образом, основным двигателем развития физики, как всякой другой науки, является отыскание противоречий".

Например, проследим эволюцию теории теплоты. В XVIII веке Д. Блейк провёл четкую грань между количеством тепла и температурой. Он определил то, что мы теперь называем «удельной теплоёмкостью», и построил теорию теплоты как некой жидкости, которая без потерь может перетекать из горячих тел в холодные. Эта «жидкость» вскоре была названа флогистоном или «теплородом».

Д. Блейк, изучая природу теплоты, установил, что различные виды вещества одним и тем же количеством теплоты нагреваются в разной степени. Это позволило ему выявить теплоемкость различных веществ, то есть определить количество теплоты, которое необходимо подвести к телу, чтобы повысить его температуру на один градус по Цельсию или Кельвину. Он установил, что при таянии льда и снега в течение определенного времени они поглощают тепло, не становясь при этом теплее. Это позволило ему обнаружить скрытое (латентное) состояние теплоты. Блейк понимал теплоту как некую материальную субстанцию («субстанцию теплоты»).

А. Лавуазье назвал ее теплородом. Попытки взвесить ее оказались неудачными, поэтому теплоту стали рассматривать как особого рода невесомую неуничтожаемую жидкость, способную перетекать от нагретых тел к холодным. Лавуазье считал, что подобная концепция была в полном соответствии с его идеей получения теплоты с помощью химических соединений. Увлечение этой концепцией оказалось столь велико, что кинетическая теория теплоты, в рамках которой теплота представлялась как определенный вид движения частиц, отступила на второй план, несмотря на то, что ее разделяли Ньютон, Гук, Бойль, Бернулли, Ломоносов.

Почему же концепция теплорода все-таки утвердилась? Для физического мышления XVIII века было характерно оперирование различными субстанциями - электрическими, магнитными, световыми, тепловыми. Свет, электричество, магнетизм, теплоту научились измерять. Это позволило уподобить невесомые феномены обычным массам и жидкостям, что способствовало развитию эксперимента и накоплению необходимых фактов. Иначе говоря, концепция невесомых жидкостей оказалась необходимым этапом в развитии физических концепций.

Нагревание тел означало наполнение пространства между атомами теплородом и увеличение его давления. Например, считалось, что между атомами воды, обладающей большой теплоёмкостью имеется много свободного места, а в свинце с его малой теплоёмкостью места для теплорода мало. Чтобы нагреть свинец нужно мало теп-

лорода. Считалось, что теплород невесом, обладает наибольшей по сравнению с другими веществами упругостью, способностью проникать в мельчайшие поры тел и расширять их.

К 1800 г. теория теплорода казалась хорошо экспериментально обоснованной. Она позволяла легко разбираться в нагревании, охлаждении, плавлении, испарении. Но в XIX веке был открыт закон сохранения энергии. Была доказана эквивалентность количества теплоты и работы. Поэтому стало понятно, что теплота не вещество, именуемое теплородом, а форма энергии.

С развитием теорий изменяются и философские основания науки. Философские основания науки состоят из норм, идеалов и ценностных установок, определяющих исследовательскую деятельность ученых. Как на уровне эмпирического, так и теоретического знания существует ряд общих представлений об окружающем мире (изучаемой реальности), которые представляются столь очевидными, что не нуждаются в специальной рефлексии. Но, на самом деле, передаваясь из поколения в поколение ученых, они, тем не менее, меняются, вместе с изменением их стиля мышления (стиль научного мышления это исторически сложившаяся, устойчивая система общепринятых методологических нормативов и философских принципов, которыми руководствуются исследователи в данную эпоху).

А. Эйнштейн в статье "Физика, философия и научный прогресс" (1950 г.), так представил эволюцию фундаментальных физических теорий и изменение философских оснований науки:

Еще со времен Возрождения физика пыталась найти общие законы, которые определяют поведение материальных тел во времени и в пространстве. Для физика небесные тела так же, как и тела на Земле и их химические разновидности, просто существовали во времени и в пространстве как реальные объекты; его задача состояла лишь в том, чтобы путем гипотетических обобщений извлекать эти законы из данных опыта. Предполагалось, что законы верны во всех случаях без исключения. Закон считался неверным, если имелся хотя бы один случай, когда выведенные из этого закона следствия опровергались на опыте. Кроме того, законы реального внешнего мира считались полными в следующем смысле: если состояние объектов в некоторый момент времени полностью известно, то их состояние в любой момент времени полностью определяется законами природы. Именно это мы имеем в виду, когда говорим о "причинности". Приблизительно такими были границы физического мышления сто лет назад.

На самом деле эти основы были даже еще более узкими, чем мы указали. Считалось, что объекты внешнего мира состоят из неизменяемых материальных точек, взаимодействующих между собой. Силы, приложенные к этим точкам, известны, и под их действием материальные точки находятся в непрекращающемся движении, к которому, в конечном счете, можно было бы свести все наблюдаемые явления. С философской точки зрения такая концепция мира тесно связана с наивным реализмом, поскольку приверженцы последнего считают, что объекты нашего мира даются нам непосредственно чувственным восприятием. Однако введение неизменяемых материальных точек означало шаг к более изоциренному реализму, ибо с самого начала было ясно, что введение подобных атомистических элементов не основано на непосредственных наблюдениях.

С возникновением теории электромагнитного поля Фарадея — Максвелла стало неизбежным дальнейшее усовершенствование концепции реализма. Возникла необходимость приписывать электромагнитному полю, непрерывно распределенному в пространстве, ту же роль простейшей реальности, какую раньше приписывали весомой материи. Разумеется, концепция поля не вытекала непосредственно из чувственного восприятия. Появилась даже тенденция представлять физическую реальность исключительно в виде непрерывного поля и не вводить в теорию материальные точки в качестве независимых сущностей.

Резюмируя, можно охарактеризовать границы физического мышления, которых придерживались еще четверть века назад, следующим образом. Существует физическая реальность, не зависящая от познания и восприятия. Ее можно полностью постичь с помощью теоретического построения, описывающего явления в пространстве и времени; однако обоснованием такого построения является только его эмпирическое подтверждение. Законы природы — это математические законы, выражающие связь между элементами теоретического построения, допускающими математическое описание. Из этих законов следует строгая причинность в упоминавшемся уже смысле.

Под давлением огромного экспериментального материала почти все физики в настоящее время пришли к убеждению, что подобная идейная основа, хотя она и охватывает достаточно обширный круг явлений, нуждается в замене. Современные физики считают неудовлетворительным не только требование строгой причинности, но и постулат о реальности, не зависящей от какого-либо измерения или наблюдения.

Позвольте мне пояснить, что я имею в виду, на примере света. Пусть на отражающую прозрачную пластинку падает монохроматический луч света. Падающий луч распадается на прошедший и отраженный лучи. Ясно, что весь процесс можно точно и полно описать с помощью электромагнитного поля. Эта теоретическая интерпретация позволяет не только найти направление, интенсивность и поляризацию обоих лучей, но и с удивительной точностью описывает интерференционные явления, возникающие при наложении обоих лучей с помощью

какого-нибудь устройства. Однако было показано, что свет имеет атомистическую энергетическую структуру, или, как принято говорить, состоит из "фотонов". Если в теле, на которое падает один из наших лучей, происходит элементарный акт поглощения, то количество поглощенной энергии при этом не зависит от интенсивности света. Отсюда мы вынуждены сделать вывод о том, что это явление определяется одним, а не несколькими фотонами: и способность двух пучков интерферировать между собой, и поглощение света определяется одним фотоном. Ясно, что максвелловская теория поля не может учесть этот комплекс свойств фотона. Не дает она нам никаких средств и для того, чтобы понять атомистический характер поглощения энергии излучения. Но если попытаться представить себе фотон в виде точечной структуры, движущейся в пространстве, то такой фотон должен либо пройти сквозь пластинку, либо отразиться от нее, поскольку энергия его неделима. Эта интерпретация наталкивается на две трудности. Предположим, что фотон, прежде чем достичь пластинки, представляет собой простой физический объект, характеризуемый направлением, цветом и поляризацией. От чего будет зависеть в каждом отдельном случае, пройдет ли фотон через пластинку или же отразится от нее? Вряд ли можно найти достаточное основание для выбора одной из двух возможностей, и нелегко поверить, что такое основание вообще существует. Кроме того, представление о фотоне как о точечной структуре не позволяет объяснить интерференционные явления, возникающие только при взаимодействии обоих пучков.

Из столь затруднительного положения физики нашли следующий выход. Они сохранили волновое описание света, но волновое поле теперь уже означает не реальное поле, энергия которого распределена в пространстве, а всего лишь математическое построение, имеющее следующий физический смысл: интенсивность волнового поля в некоторой заданной области является мерой вероятности локализации фотона в ней. Только эту вероятность и можно измерить экспериментально, т. е. по поглощению света. Оказалось, что, заменив поле в смысле первоначальной теории поля на поле распределения вероятности, мы получим метод, который выходит за рамки теории света и, при соответствующем изменении, приводит к наиболее полезной теории весомой материи. За необычайный успех этой теории пришлось платить двойной ценой: отказать от требования причинности (ее никак нельзя проверить в атомной области) и оставить попытки описания реальных физических объектов в пространстве и времени. Вместо этого используется косвенное описание, с помощью которого можно вычислить вероятность результатов любого доступного нам измерения. Таковы некоторые фундаментальные физические идеи, развитые в течение последнего столетия.

2.2. Формы научного знания. Критерии научности

В области научного знания, возможно, выделить три познавательных области, формы значительно отличающихся по предмету, средствам и методам исследования: математика, естествознание и гуманитарные науки.

Пункты	Математики	Естествознание
Определение	как наука является совокупностью дедуктивных теорий (арифметика, алгебра, геометрия), отображающих фиксированные объектные области (чисел, функций, пространств).	ориентировано на исследование природы, оно охватывает множество дисциплин, занимающихся исследованием материи, описывающих формы, механизмы, структуры, условия её существования.
Структура науки	"Чистая" математика включает абстрактные теории, функционирующие как концептуальный аппарат математики (анализ, алгебра), средство обоснования математических теорий (теория множеств, метаматематика). "Прикладная" математика образует фундамент вычислительной, микропроцессорной математики, робототехники, программирования. Состав математики определяется математическими теориями и аппаратом логики, придающими ей статус дедуктивной науки.	Естествознание состоит из описательных и объяснительных теорий. В естествознании есть достаточно большая группа дисциплин (геология, тектоника, палеонтология, почвоведение, климатология), теории, в которых занимают "срединное" положение между описательными и объяснительными теориями, так как используют основанный на комбинированном применении эмпирических и теоретических исследований метод исторической реконструкции
Соотнесенность с реальностью	Отсутствует непосредственная соотнесенность с фиксированным фрагментом действительности. Математика изучает формальные отношения определенных классов множеств, абстрагируясь от их фактической природы. Ма-	Присутствует непосредственная соотнесенность с определенным фрагментом действительности. Это обусловлено онтологической специфичностью естествознания, то есть тем, что теории исследуют "материальные" отношения

	<p>тематика, анализируя онтологически неспецифицированные системы, изучает абстрактные структуры, для определения которых задают отношения (в которых находятся элементы множества), и постулируют, что эти отношения удовлетворяют некоторым условиям (которые являются аксиомами рассматриваемой структуры). Из аксиом структуры выводятся логические следствия, получается математическая теория, которая непосредственно не связана с реальностью.</p>	<p>объектов определенных предметных областей, что определяет качественные особенности, как отдельных элементов, так и всего их внутреннего строя. Создание теории, в самом широком смысле, происходит как последовательность сбора, систематизации данных, их теоретизации, вывода из полученных систем эмпирически обнаружимых следствий, окончательного оправдания теорий, внедрение их в практику.</p>
<p>Особенность формирования теории.</p>	<p>Отличает аксиоматически-дедуктивный способ формирования теорий. Проявляется в алгоритмичности доказательств (наличие фиксированных способов решения математических проблем в форме систематически выведенных однозначных предписаний); дедуктивности (заключается в принципах построения применяемых в ней рассуждений, основанных на переходе от одной смысловой структуры к другой по четким и жестким правилам логики).</p>	<p>Отсутствует прямой логический мост между эмпирическим материалом и теоретическим базисом: невозможна непосредственная дедукция теории из эмпирических фактов, так же как и редукция теории к эмпирическому основанию. Это определено тем, что содержание теории соответствует отношениям идеализированного мира, мира вторичных концептуализаций (понятия, модели, идеализированные объекты), который репрезентирует изучаемые объекты реальности.</p>
<p>Средства познавательной деятельности. Язык науки</p>	<p>состоят из символов, правил построения формул, логических связей и правил построения из формул и логических связей высказываний.</p>	<p>в качестве языка познавательной деятельности используется математика. Всякой теории поставлен в соответствие свой особый математический язык. В классической механике это язык чисел, векторов, в релятивистской механике – язык четырехмерных векторов и тензоров, в квантовой механике – язык операторов.</p> <p>С другой стороны в естествознании для создания терминов и новых понятий могут использоваться конкретные стилистические формы и приемы живой речи. Метафора может использоваться для описания недоступных для непосредственного наблюдения объектов либо гипотетических объектов, не включенных в эмпирические исследования. Так, в современной физике появились понятия типа "шарм", "очарование" элементарных частиц.</p>
<p>Критерии научности</p>	<p>Критерием истинности теории является её логическая непротиворечивость и выводимость из аксиом.</p>	<p>Естествознание основывается на требовании опытной оправдываемости, означающую потенциальную экспериментальную верифицируемость систем естественнонаучного знания. Основным критерием научности в естествознании является эмпирический, который дополняется критерием когерентности.</p>

Критерии научности

Цель научного познания заключается в получении истинного знания, что происходит в процессе освобождения от заблуждения. *Заблуждение*, как знание не соответствующее своему предмету, является неадекватной формой знания, причины которого в неразвитости познания в тот исторический период, когда оно возникло, особенности самого процесса познания, связанного с выдвижением гипотез, догадок, предположений. Поэтому *истина имеет процессуальный характер*, устанавливается в процессе постепенного отказа от неверных гипотез и исторически устаревших взглядов.

Истина как процесс представляет собой движение от неполного, приблизительно верного знания к более полному и точному знанию, или от истины относительной к истине абсолютной. *Абсолютная истина* – это гносеологический идеал, который предполагает полное и исчерпывающее знание о реальности, кроме того, абсолютная истина означает ту часть знаний, которая уже не может быть подвергнута сомнению в силу доказанности и многократно проверенного опыта. *Относительная истина* – это знание, нуждающееся в дополнении и углублении, однако она носит объективный характер и исключает заблуждение и ложь. Объективный характер истины предполагает независимость содержания знания от субъекта носителя этого знания, но при этом форма выражения и способ получения этого знания может иметь субъективные черты. Принцип конкретности истины указывает на зависимость знания от определенных условий и обстоятельств места и времени, в которых находится изучаемый объект, от тех связей и взаимодействий, в которые он вступает.

В современной эпистемологии выделяют следующие *концепции истины*.

Классическая концепция истины основывается на принципе соответствия (корреспонденции) знания действительности. Действительность не зависит от мира знания, между нашими мыслями и действительностью можно установить однозначное соответствие критерию, близкому к обыденному здравому смыслу. Истина в данном случае это знание соответствующее своему предмету, адекватно отражающее его.

Концепция *когеренции* выявляет зависимость значения суждения от согласованности с другими суждениями в системе научного знания. Критерии истины в ней общезначимость и непротиворечивость.

Конвенциональная концепция истины представляет её как результат соглашения между учеными, принятого из соображений привычности, удобства, простоты.

Прагматическая концепция истины определяет её как знание полезное, способствующее достижению определенных целей. Трудности, связанные с определением истины, обусловлены тем, что свойством истинности обладает не сама действительность, а наши мысли и высказывания о ней. При этом знание истины всегда выражается в форме мнения и принадлежит конкретному субъекту.

Вопрос об отделении истины от заблуждения это вопрос о критериях истины. Очевидно, что каждая из концепций истины предлагает свои критерии, которые можно свести в такую систему: эмпирические критерии – практика, полезность; внеэмпирические – простота, красота, внутреннее совершенство, эвристичность, непротиворечивость, общезначимость, согласованность с фундаментальными идеями данной отрасли знания, способность к самокритической рефлексии.

Критерии научности – это правила, по которым оценивается соответствие и несоответствие знания обобщенным гносеологическим и методологическим представлениям о стандартах и образцах научного исследования. Они обуславливают качественную определенность тех оснований, с позиций которых научное сообщество оценивает знание как "научное". Рефлексия по поводу критериев научности происходит не в, собственно, повседневной жизни научного сообщества, а в философии науки.

Результаты научного исследования должны быть воспроизводимы и эвристичны (порождать новый круг проблем). Процедура доказательства и обоснования является обязательной репрезентативной формой, в которой результаты исследования представляются научному сообществу, так что бы каждый член сообщества мог их проверить. Результаты исследования должны быть компактно представлены. Психологический критерий допускает то, что

интуитивное убеждение ученого в достаточности опытной проверки и убеждение в том, что логически возможное является фактически возможным.

Критерии научности можно подразделить на четыре группы: логические, эмпирические, экстралогические и неэмпирические, праксеологические.

К *логическим критериям* относятся "непротиворечивость", "полнота", "независимость", характеризующие знание с позиций формальной адекватности, стройности, совершенствования внутренней организации. Наиболее распространенным методом демонстрации непротиворечивости является метод семантической интерпретации. Последняя представляет форму отображения одной абстрактной области (теории) на предметную область другой, выступающей в виде модели. Если модель или область объектов, для которой утверждения теории имели бы конкретный содержательный смысл, к которой они были бы приложимы, отображением которой служили бы, существует, испытываемая система непротиворечива, если же такой области не существует, испытываемая система противоречива.

Идея доказательства *непротиворечивости* некоторой теории посредством нахождения её интерпретации в терминах другой теории, непротиворечивость которой выявлена, является универсальной. Например, непротиворечивость специальной теории относительности доказывается путем построения её геометрической модели. При этом устанавливается, что специальная теория относительности в такой же мере непротиворечива, как и геометрия. В свою очередь непротиворечивость геометрии доказывается через непротиворечивость арифметики.

С формально-логической точки зрения система считается *полной*, если: во-первых, все истинные утверждения, которые формулируются в её языке, могут быть доказаны (семантическая полнота); во-вторых, присоединение к ней в качестве аксиомы какого-то недоказуемого в ней утверждения ведет к противоречию (синтаксическая полнота). На сегодняшний день показана полнота таких систем, как элементарная геометрия, теория векторных пространств, исчисление высказываний, классическое исчисление предикатов. Относительно других показана их принципиальная неполнота (арифметика натуральных чисел). Но, в большинстве случаев исследование сталкивается с трудностью формализации систем, необходимой для решения вопроса о полноте. Неполные системы не могут всесторонне описывать действительность, поэтому в науке присутствует стремление к созданию по возможности максимально полных систем.

Критерий *независимости* заключается в том, что существует принцип невыводимости одной аксиомы из других, принятых в данной системе. Методом доказательства независимости аксиом является построение систем, где выполняются все аксиомы за исключением испытываемой. Так, для доказательства независимости всякой непротиворечивой аксиоматики S содержащей n аксиом, где n – произвольное целое положительное число, требуется построить n непротиворечивых систем. Иногда осуществить это достаточно сложно. Например, для доказательства независимости пятого евклидова постулата пришлось, во-первых, построить неевклидовы геометрии, а, во-вторых, показать их непротиворечивость. На это ушло более двух тысячелетий.

К *эмпирическим критериям* научности относится "опытная оправдываемость", предполагающая принципиальную эмпирическую проверяемость систем знания. *Проверяемость* – процедура, позволяющая установить истинность (ложность) теоретических положений путем соотнесения их с определенным непосредственно наблюдаемым положением дел. Она включает процедуру *эмпирического подтверждения* (верификации) и *опровержения* (фальсификации). Решение вопроса об истинности теории комплексная процедура, в которой опытному подтверждению отводится значительная, но не универсальная роль. Аппарат теории создается для характеристики фиксированных предметных областей (фактов) полученных в ходе эксперимента.

Если наблюдаются следствия опровергающие теорию, то это является показателем её ложности, так как теория не может выполнять свою познавательную функцию. Дополнительный смысл принцип фальсификации как критерия научности состоит в том, что теория считается научной, если потенциально фальсифицируема. Причем, следует заметить, что единственное противоречие, на которое накладывается запрет в теории, это логическое. Противоречия фактов допустимы, так как могут безболезненно устраняться, или же приводить к

научным революциям. Допустимость противоречий фактов теории вытекает из того, что: во-первых, факты не могут с абсолютной точностью соответствовать теории, потому что теория оперирует идеализациями, понятийными, логическими, математическими структурами, в то время как реальность, отражаемая в теории, неидеальна; во-вторых, теория имеет возможность соответствующим образом осмыслить противоречащие ей факты, в ходе чего противоречия могут быть сняты; в-третьих, имеется поправка на погрешности, ошибки, допускаемые в процедурах вычисления, измерения, расчета на эмпирическом уровне. Считается, что наличие противоречащих теории данных есть предварительный симптом для всестороннего анализа теории, результатом которого может быть её сохранение без изменений, либо частичная перестройка, либо выбраковка. *Пример частичной перестройки теории с сохранением её ядра концептуальная эволюция И. Кеплера. Первоначально он был сторонником коперниканской теории круговых движений планет, столкнувшись с тем, что Марс, отклоняется от нужного положения на восемь угловых минут, понял, что "полученный им ответ неверен, так как Тихо Браге не мог допустить такую большую ошибку". Кеплер модифицировал элементы круговых траекторий, принимаемых в теории, и ввел эллиптические траектории орбит, что сняло несоответствие теории и эмпирии.*

Таким образом, опыт не гарантирует однозначно истинности теории. Одинаковые эмпирические основания совместимы с разными теоретическими обоснованиями. А.С. Эддингтон об этой ситуации говорил так: " Мы в состоянии показать, что при помощи некоторой определенной структуры, возможно, объяснить все явления, но мы не можем доказать, что такая структура будет единственной". Например, в космологии, несмотря на существование фридмановской теории расширяющейся Вселенной, адекватно описывающей эмпирические данные, и позволяющей делать экспериментально подтверждаемые предсказания, тем не менее, появляются альтернативные теории, в том числе, стационарной Вселенной. Причина подобной ситуации заложена в самой гипотетико-дедуктивной схеме развертывания научного знания. Достаточно часто провести экспериментальную апробацию теории невозможно или в силу, каких то технических обстоятельств затруднительно. Поэтому их могут принимать по соображениям согласуемости либо с имеющимися эмпирическими данными, либо теоретическим контекстом.

К *экстралогическим и неэмпирическим критериям* научности относят такие как простота, красота, эвристичность, конструктивность, нетривиальность, информативность, логическое единство, концептуальная и когерентная обоснованность, оптимальность, эстетичность, прагматичность. Эти критерии позволяют выявить предпочтительность теорий, когда апелляция к логическим и эмпирическим критериям оказывается недостаточной.

Простота является средством квалификации информационных аспектов знания, то есть ориентирует на учет количества информации, необходимой для понимания концептуальной структуры. В науке изначально существует установка на минимизацию допущений при объяснении. Причина возникновения этой установки проистекает из особенностей человеческого мозга, способного работать лишь с определенным числом переменных, обладающего определенной скоростью переработки информации.

Различают онтологическую и семиотическую простоту. Представление *об онтологической простоте* мироздания, его гармоничности и монистичности, и, следовательно, о логической потребности разума унифицировать знание о нем, представив единую теорию, разделяли Н. Коперник, И. Ньютон, П. Лаплас. В рамках *семиотической простоты* выделяют синтаксическую и прагматическую простоту. Синтаксическая простота определяется оптимальностью, удобством применяемой символики, способов кодирования (должно быть минимальным число мест предикатов, выражающих значение). Но выразительные средства в науке варьируются в зависимости от идейных контекстов. *Например, механика Ньютона принята и сейчас для расчета орбит планет Солнечной системы, так как использование общей теории относительности в данном случае нецелесообразно. Представление о прагматической простоте раскрывается посредством введения представления о простоте экспериментальных, технических, алгоритмических, психологических и других аспектов научной деятельности. Считается, что из двух теорий проще та, которая при ассимиляции нового эмпирического материала не обрывает ad hoc допущениями, уловками, героизмами. Таким образом, принцип простоты позволяет оценить теорию не с позиций её истинности, а с позиций "выживаемости и перспектив дальнейшего развития в условиях непрерывно расширяю-*

щейся эмпирической ситуации и столкновения с конкурирующими теориями соответствующей области знания".

С критерием простоты связаны такие критерии как гомогенность, компактность, логическое и концептуальное единство, стройность, изящность, ясность, которые, обобщая можно назвать критерием "красоты". Критерий *красоты* выражает субъективную удовлетворенность знанием. Например, Н.И. Лобачевский выступил с критикой евклидовой геометрии, так как его не устраивала неясность, полунтуитивность её построений: "Никакая математическая наука не должна бы начинаться с таких темных понятий", как евклидова система; "нигде в математике нельзя терпеть такого недостатка строгости", какой имеется в учении о параллельных.

Критерий *эвристичности* выражает свойство теории выходить за первоначальные границы и способность к саморасширению. Этот критерий позволяет отсеивать тривиальные конструкции, не обеспечивающие прироста информации. Показательно как рассуждают в связи с реализацией этого принципа ученые. Например, при отборе возможностей при решении проблемы барионной асимметрии Вселенной: "Простейший ответ – так было всегда, то есть мир с самого начала был асимметричен, для теоретиков неинтересен. Гораздо привлекательнее вариант, когда в начальном состоянии число частиц и античастиц совпадает, но затем из-за каких-то особенностей в динамике их взаимодействия возникает асимметрия". Привлекательнее значит перспективнее с позиций предпосылок прогресса знания, что определяется внутренней установкой на поиск достаточных оснований явления.

Критерий *когерентности* предполагает согласованность производимого наукой знания с теми фундаментальными закономерностями, которые были установлены. Такими базовыми принципами считаются – принцип причинности, единства мира, инвариантности, симметрии, относительности, соответствия и законы сохранения импульса и энергии, закон всемирного тяготения. Более приемлемой считается та гипотеза, которая совместима с базисным знанием. Действие этого критерия предохраняет науку от проникновения экстравагантных гипотез.

Например, принцип инвариантности (симметрии, относительности, сохранения) настолько фундаментален, что служит смыслообразующей структурой в раскрытии природы знания.

Исследуя математическое описание той или иной физической системы, физики открывают время от времени новые и неожиданные симметрии. Симметрии таинственно и тонко «запрятаны» в математическом аппарате и совсем не очевидны тому, кто наблюдает саму физическую систему. Манипулируя символами в уравнениях, физики пытаются раскрыть весь набор симметрий, в том числе и таких, которые не видны «невооруженным глазом».

Классический пример такого рода, возникший на рубеже нашего столетия, относится к законам электромагнитного поля. В своё время М. Фарадей и другие физики установили, что электричество и магнетизм тесно связаны между собой и что одно порождает другое. Действие электрических и магнитных сил удобнее всего было описать, пользуясь понятием поля – невидимого воздействия, создаваемого материей, простирающегося далеко в пространство и способного влиять на электрически заряженные частицы, электрические токи и магниты. Действие такого поля можно наблюдать, если попытаться сблизить два магнита: не соприкасаясь друг с другом, они будут отталкиваться или притягиваться.

Позднее, в 50-х годах XIX в., Дж. К. Максвелл, опираясь на эти факты, разработал теорию, связав электрическое и магнитное поля единой системой уравнений. Сначала Максвелл обнаружил, что эти уравнения «несбалансированны»: члены, относящиеся к электрическому и магнитному полям, входят в них не вполне симметрично. Чтобы придать уравнениям более красивый и симметричный вид, он ввел дополнительный член. Его можно было бы интерпретировать как не замеченный ранее эффект – порождение магнетизма переменным электрическим полем, но оказалось, что такой эффект действительно существует. Природа, очевидно, одобрила эстетический вкус Максвелла!

Практика является критерием истины, в сфере естествознания её значение проявляется при проведении научных опытов, экспериментировании; в сфере общественнознания – в опыте политической, социальной, экономической жизни, истории в целом. Практика является критерием истины, и на её основании происходит окончательное ассоциирование знания в науку. Но, в ряде случаев практику трудно использовать при оценке конкретных результатов: для логико-математических наук; абстрактных разделов современного естествознания, насыщенных формализмом; исторических науках. Кроме того, научность и истинность, как они не взаимосвязаны, тем не менее, не совпадают. "Истинность" характеризует знание с точки

зрения его соответствия действительности. Некоторые аспекты донаучного и ненаучного знания можно считать истинными – обыденное знание, рецептурно-индуктивное знание, протоколы наблюдения. "Научность" характеризует знание в фокусе его архитектоники, формы отображения мира, которые определяются стандартами рациональности, принятыми в науке как сфере духовного производства.

Таким образом, под *научной истиной* следует понимать эмпирические и теоретические утверждения науки, содержание которых соответствует своему предмету, что удостоверено научным сообществом. Основными формами этого удостоверения являются: во-первых, соответствие результатам систематических, статистически обработанных данных наблюдения и эксперимента (для эмпирических высказываний); во-вторых, конвенциональное полагание наличия такого тождества у исходных утверждений (аксиом) и выведение из них всех логических следствий (теорем), истинность которых гарантируется корректным применением соответствующих правил логики.

2.3. Методы и принципы науки

Метод – это система принципов, правил, требований и приемов, которыми следует руководствоваться в процессе познания.

Классификацию методов можно проводить по степени общности (общенаучные, специальные), по уровням научного познания (эмпирические и теоретические), по этапам исследования (наблюдение, обобщение, доказательство).

Система научных методов

Методы научного познания по степени общности подразделяют на три группы: универсальные, общенаучные, специальные. *Универсальные методы* применимы во всех сферах познавательной деятельности. Их объективной основой являются общефилософские закономерности понимания мира и человека. К ним относятся философские методы (метафизический, диалектический, аналитический, интуитивный, феноменологический, герменевтический) и философские принципы (объективность, универсализм, всесторонность, конкретность, историзм, развитие полярных определений, детерминизм).

Общенаучные методы характеризуют процесс познания во всех науках. Объективной основой являются общеметодологические закономерности познания и гносеологические принципы. Основными среди этих методов являются: метод эксперимента и наблюдения, метод моделирования и формализации, гипотетико-дедуктивный метод, метод восхождения от абстрактного к конкретному.

Специальные методы действуют в рамках отдельных дисциплин. Объективной основой этих методов являются специально-научные законы и теории. К этим методам относятся методы качественного анализа в химии, метод спектрального анализа в физике, метод статистического анализа в социологии и т.д.

Научные методы эмпирического уровня исследования, позволяющие выявить и исследовать эмпирический объект исследования - наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент.

Методы выявления и исследования эмпирического объекта	Формы знания
Наблюдение Измерение Сравнение Эксперимент Модельный эксперимент	Научный факт (фактуальное знание)

Наблюдение является исходным методом эмпирического познания. *Наблюдение* – это целенаправленное изучение предметов, основанное на ощущении, восприятии и представлении, в процессе наблюдения формируется знание о внешних сторонах, свойствах и признаках рассматриваемого объекта.

Научное наблюдение, в отличие от простого созерцания, предполагает замысел, цель и средства (установки, приборы, измерительные приборы), с помощью которых субъект переходит от предмета деятельности (наблюдаемого явления) к её продукту (отчету о наблюдаемом). К *научному наблюдению* предъявляются следующие *требования*: постановка цели на-

блюдения; выбор методики и разработка плана; систематичность; контроль за корректностью результатов наблюдения; обработка, осмысление и истолкование полученных данных. Результаты наблюдения фиксируются в эмпирических высказываниях, которые отличаются тем что, отражают независимое от наблюдателя существующее событие (это обеспечивает объективность содержания) и оно способно выражать наблюдаемое событие контролируемым способом. Объективность и однозначность эмпирических предложений достигается путем уточнения наблюдаемой ситуации – указывается место, время, конкретные условия протекания наблюдаемого события.

К.Ф. Гаусс известен прежде всего как математик, проложивший новые пути в теории чисел, но он так же занимался изучением земного магнетизма и высказал важные методологические соображения о проведении научного исследования: "Мой основной принцип состоит в том, чтобы всегда наблюдать настолько точно, насколько это возможно. Степень точности наблюдений, велика она или мала, всегда обуславливает степень точности, которую можно требовать от результатов и, по моему мнению, точность наблюдений отнюдь не может сделать хорошим треугольник, сам по себе плохой" Проблема точности наблюдений Гаусс посвящает ряд работ, рассматривая её на материале геодезических и астрономических наблюдений. "Как бы тщательно не производились наблюдения для определения физических явлений, они всегда бывают подвержены более или менее значительным ошибкам. В большинстве случаев ошибки наблюдений не бывают простыми, а происходят одновременно на основании многих источников; следует хорошо различать два вида источников. Некоторые причины ошибок таковы, что их влияние на какое-нибудь наблюдение зависит от различных обстоятельств, не связанных между собой и с самим наблюдением. Такие ошибки называются случайными". Они обусловлены несовершенством органов чувств, инструментов, с помощью которых осуществляется наблюдение и которые имеют определенный диапазон, различного рода помехам, которые зависят от внешних условий. Другие ошибки, которые называются систематическими "по самой природе своей обнаруживают или полное постоянство, или, по крайней мере, таково, что величина их подчиняется закону, тесно связанному с наблюдениями". В своей "Теории движения небесных тел" (1809) он писал: "Если бы астрономические наблюдения и другие числовые данные, на которых основывается вычисление орбит, имели абсолютную точность, то в таком случае и элементы её, получены ли они по трем или четырем наблюдениям, тоже были бы абсолютно точными... так, что все новые наблюдения могут их подтвердить, а не исправить. Но так как в действительности все наши измерения и наблюдения представляют собой только приближение к истине, и то же самое можно предполагать о всех основанных на них вычислениях, то окончательную цель этих вычислений сложных явлений следует видеть в том, чтобы возможно ближе подойти к истине. Этого возможно достигнуть только целесообразной комбинацией большого числа наблюдений, что обязательно требуется для определения неизвестных величин". Наблюдение трактуется как зависящее от закона, выявляемого теоретически. "Исследование орбиты, которая в строгом смысле слова считается наиболее вероятной, зависит от знания закона, согласно которому с возрастанием величины ошибки вероятность их уменьшается". Итак, по Гауссу не существует наблюдения, которое дало бы абсолютно точную картину изучаемого объекта. Наука развертывается в серии наблюдений, каждое из которых является приблизительным, а в целом эта серия свидетельствует о большей степени их точности. Задача ученого – осознать степень приблизительности своих наблюдений и давать оценку приблизительности результатов.

Наблюдение, в зависимости от направленности на качественное и количественное описание явления, подразделяется на виды, соответственно сравнение и измерение. Сравнение – процедура, направленная на выявление черт сходства или различия между объектами. Предметы, возможно, сравнивать только по какому-либо точно выделенному в них свойству, признаку и отношению (в рамках заданного интервала абстракций). Процедура сравнения включает способ, которым может быть осуществлена операция сравнения, и соответствующую операциональную ситуацию.

Измерение - процедура, направленная на определение характеристик (веса, длины, координат, скорости) материальных объектов с помощью соответствующих измерительных приборов. Измерение сводится к сравнению измеряемой величины с некоторой однородной с ней величиной, принятой в качестве эталона (единицы). Посредством системы единиц измерения дается количественное описание свойств тел. Измерение подразделяется на прямое и косвенное. При *прямом измерении* результат получается путем непосредственного сравнения измеряемой величины с эталоном, с помощью измерительных приборов, позволяющих непосредственно получать значение измеряемой величины. При *косвенном измерении* искомая величина определяется на основании прямых измерений других величин, связанных с первой математически выраженной зависимостью.

Эксперимент – это активный целенаправленный метод изучения явлений в фиксированных условиях их протекания, которые могут воссоздаваться и контролироваться самим

исследователем. По характеру задач выделяют: *исследовательский эксперимент*, который связан с поиском неизвестных зависимостей между несколькими параметрами объекта; *проверочный эксперимент*, который применяется в случаях, когда требуется подтвердить или опровергнуть те или иные следствия теории. Эксперименту предшествует подготовительная стадия: замысел эксперимента, представляющий собой некоторое предположение о тех связях, которые должны быть вскрыты в процессе его и которые уже предварительно выражены с помощью научных понятий, абстракций. Как правило, эксперимент проводится с помощью приборов.

Особым видом эксперимента является *мысленный эксперимент*. Если в реальном эксперименте исследователь для изучения свойств явления ставит его в различные физические условия и изменяет их, то в мысленном эксперименте эти условия являются воображаемыми, он воображение регулируется законами науки и правилами логики. Исследователь использует чувственные образы и теоретические модели.

В структуре научного исследования эксперимент занимает особое место. Эксперимент является связующим звеном между эмпирическим и теоретическим уровнем исследования: во-первых, по самому замыслу эксперимент связан с определенным теоретическим знанием, во-вторых, результаты эксперимента нуждаются в определенной теоретической интерпретации. Эксперимент, являясь методом познания, одновременно является и основным критерием истинности знания.

Специальная теория относительности неоднократно подтверждена экспериментально. В частности, предсказываемое этой теорией заметное увеличение массы электронов при приближении их скорости к скорости света блестяще подтвердилось многими экспериментами, последние и наиболее точные из которых были проделаны Гюйе и Лаванши. Точно так же не вызывает сомнения принцип эквивалентности массы и энергии, неоспоримо доказанный экспериментами в ядерной физике. Но если специальная теория относительности достаточно проверена на опыте, то этого нельзя еще сказать об общей теории относительности. Хотя уравнения гравитации предсказывают ряд наблюдаемых эффектов, необъяснимых с позиций классической физики:

- *Процессия эллиптических орбит планет, движущихся в поле сферических тел (зарегистрирована у ближайшей к Солнцу планеты - Меркурия).*

- *Эффект «абсолютного» замедления времени в гравитационном поле или при ускоренном движении (зарегистрирован по измерению времени распада нестабильных ядер и «красному смещению» световых волн в гравитационном поле).*

- *Искривление лучей света вблизи массивных тел, отличное по величине от эффекта, предсказываемого классической теорией (наблюдается по изменению видимого положения звезд вблизи края Солнца).*

Наиболее убедительными кажутся эксперименты по измерению красного смещения спектральных линий, излучаемых, например, спутником Сириуса. В пользу правильности ОТО говорят ее внутренняя логичность, красота и элегантность, хотя решающий аргумент остаётся за экспериментом.

Метод эксперимента возник в рамках физики. Затем распространился в химии, биологии, физиологии и других естественных и гуманитарных (социологии, психологии, педагогике) науках. В. Гейзенберг определил связь поколений и значение этого способа познания следующим образом: " В сегодняшней научной работе мы существенным образом следуем методологии, открытой и развитой Коперником, Галилеем и их последователями в XVI-XVII вв. Для нее, прежде всего, характерны две особенности: установка на конструирование экспериментальных ситуаций, изолирующих и идеализирующих опыт и поэтому порождающих новые явления; сопоставление этих явлений с математическими конструктами, которым приписывается статус естественных законов".

Эмпирические методы этого уровня обеспечивают фактуальное знание о мире, или *факты*, в которых фиксируются конкретные, непосредственные проявления действительности. *Научный факт отличается эмпирической истинностью*, то есть их истинность устанавливается опытным способом. Научный факт фиксирует "непосредственно данное", описывает (а не объясняется или интерпретируется) непосредственно сам фрагмент действительности. Факт *дискретен*, локализован во времени и пространстве, что придает ему определенную точность. Факт есть "очищенное" от случайностей статистическое резюме эмпирических данных или знание, отражающее типичное, существенное в объекте. В то же время факт *релятивен*, так как способен к дальнейшему уточнению, изменению, поскольку "непосредственно данное" включает элементы субъективного, а описание никогда не может быть исчер-

пывающим. К тому же может изменяться и объект, и язык, на котором Осуществляется описание, изменяется система знания, в которую включен факт.

Некоторые факты без теоретических предпосылок нельзя получить. *Например, обнаружение астрономом И. Галле планеты Нептун по предварительным расчетам У. Лаверье, открытие химических элементов предсказанных Д.И. Менделеевым.*

Таким образом, в естествознании факты предстают в "теоретических одеждах", так как исследователи пользуются приборами, эмпирические результаты подвергаются теоретическому обоснованию. Тем не менее, на любом этапе развития науки есть факты и эмпирические закономерности, которые не осмыслены в рамках обоснованных теорий. *Например, один из наиболее фундаментальных астрофизических фактов расширения Метагалактики был установлен в качестве "статистического резюме" многочисленных наблюдений явления "красного смещения" в спектрах удаленных галактик, проводившихся с 1914 г., а также интерпретации этих наблюдений как обусловленных эффектом Доплера. Включение этого факта в систему знания о Вселенной произошло независимо от разработки теории, в рамках которой он был понят и объяснен, то есть теории расширяющейся Вселенной, тем более что она появилась много лет спустя после первых публикаций об открытии красного смещения в спектрах спиральных туманностей. Теория А.А. Фридмана помогла правильно оценить этот факт, который вошел в эмпирические знания о Вселенной до и независимо от неё.*

Переход на уровень теоретического исследования осуществляется по средством таких методов, которые позволяют обработать и систематизировать знания - это анализ, синтез, абстрагирование, аналогия, индукция, дедукция, систематизация и классификация.

Методы обработки и систематизации знания	Формы знания
Анализ и синтез Индукция и дедукция Аналогия Систематизация Классификация	Эмпирический закон, эмпирическая (описательная) гипотеза

Изучение научных фактов начинается с их анализа. *Анализ* это процесс мысленного разложения целого на составные части, совершается при помощи абстрактных понятий и связан с абстрагированием и обобщением. Расчленение целого на составные части позволяет выявить строение исследуемого объекта, его структуру, отделить существенное от несущественного, сложное свести к простому. Научное исследование стремится воспроизвести целое, понять его внутреннюю структуру, характер его функционирования и законы развития, поэтому в нем используется теоретический и практический синтез. *Синтез* – это метод исследования, состоящий в соединении, воспроизведении связей проанализированных частей, элементов, сторон, компонентов сложного явления и постижения целого в его единстве. Во всех науках существует аналитико-синтетическая деятельность, а в естествознании она может осуществляться не только мысленно, но и практически.

Ньютон считал, что принципы механики устанавливаются с помощью двух противоположных, но взаимосвязанных методов – анализа и синтеза, о которых он писал в 1706 г. в "Оптике": "Как в математике, так и в натуральной философии исследование трудных предметов методом анализа всегда должно предшествовать методу соединения. Такой анализ состоит в производстве опытов и наблюдений, извлечении общих заключений из них посредством индукции и недопущении иных возражений против заключений, кроме полученных из опыта или других достоверных истин. Ибо гипотезы не должны рассматриваться в экспериментальной философии. И хотя аргументация на основании опытов не является доказательством общих заключений, однако это лучший путь аргументации, допускаемый природой вещей и может считаться тем более сильным, чем общее индукция... Путем такого анализа мы можем переходить от соединений к ингредиентам, от движений - к силам, их производящим, и вообще от действий – к их причинам, от частных причин – к более общим, пока аргумент не закончится наиболее общей причиной. Такой метод анализа, синтез же предполагает причины открытыми и установленными в качестве принципов; он состоит в объяснении при помощи принципов явлений, происходящих от них, и доказательстве объяснений". Метод анализа заключается, по Ньютону, в выявлении в эксперименте общих свойств вещей, которые служат принципами и с помощью которых можно объяснить причины явлений.

Сам переход от анализа фактов к теоретическому синтезу осуществляется с помощью методов, которые, дополняя друг друга и сочетаясь, составляют содержание этого процесса. Одним из таких методов это индукция. *Индукция* - логический прием исследования, связанный с обобщением результатов наблюдений и экспериментов и движением мысли от единичного к общему. В индукции данные опыта "наводят" на общее, индуцируют его. Поскольку

опыт всегда бесконечен и неполон, то индуктивные выводы всегда имеют проблематичный (вероятностный) характер. Индуктивные обобщения обычно рассматривают как опытные истины или эмпирические законы. Выделяют следующие виды индукции: перечислительная (полная и неполная), индукция через элиминацию, и подтверждающая индукция.

Перечислительная индукция – это умозаключение, в котором осуществляется переход от знания об отдельных предметах класса к знанию обо всех предметах этого класса. Полная индукция предполагает исследование конечного и обозримого класса, а так же в посылках полной индукции содержится информация о наличии или отсутствии интересующего исследователя свойства у каждого элемента класса. Наука очень редко имеет дело с исследованием конечных и обозримых классов. Формулируемые в науке законы относятся либо к конечным, но необозримым в силу огромного числа составляющих их элементов классам, либо к бесконечным классам. В том случае, если индуктивное заключение делается обо всем классе, на основании утверждений о наличии какого-либо интересующего свойства только у части элементов этого класса, это неполная индукция. *Индукция через элиминацию* представляет собой выдвижение гипотезы, на основе наблюдения за интересующим явлением. В процессе экспериментов, наблюдений и рассуждений опровергаются все неверные предположения о причине интересующего явления. Оставшаяся непроверенной гипотеза считается истинной. Идея о том, что индукция не является методом открытия и доказательства, а может выполнять лишь функцию их вероятного подтверждения опытными данными, составляет содержание *индукцию как метод подтверждения*.

Разработка индуктивного метода традиционно связывается с именем английского мыслителя Фрэнсиса Бэкона - суть индуктивного метода:

Производить наблюдения и регистрировать факты.; Проводить возможно большее количество экспериментов и сводить результаты в таблицы.; Извлекать правила и законы методом индукции.

Современную интерпретацию индуктивного метода можно представить следующим образом: Производить наблюдения и эксперименты для извлечения из них правил и законов; Формулировать гипотезы.; Выводить следствия из гипотезы и уже известных законов.; Производить эксперименты для проверки этих следствий.

Под *дедукцией* понимают не только метод перехода от общих суждений к частным, но всякое необходимое следование из одних высказываний, рассматриваемых в качестве посылок, других высказываний с помощью законов и правил логики.

Механизм действия дедуктивного метода: мы исходим из каких-то общих правил или представлений, а затем путём логических рассуждений выводим из них частные следствия или предсказания. Если эксперимент подтверждает предсказания, то мы продолжаем развивать свою схему. Если же результаты эксперимента расходятся с нашими выводами, мы подвергаем сомнению первоначальные предположения и пытаемся видоизменить их. Например, мы могли бы предположить, что затмения Луны вызываются тем, что Земля оказывается на пути солнечных лучей и отбрасывает тень на Луну; затем мы делаем предположение о характере движения Солнца и Луны и затем путём дедукции приходим к выводу, что затмение снова должно произойти через промежуток времени достаточный для того, чтобы Солнце и Луна вернулись в то же самое положение. Так комбинируя простые наблюдения и разумные предположения, мы могли бы сделать дедуктивный вывод о восемнадцатилетнем цикле повторения затмений. Хороший пример использования дедуктивного метода в науке даёт исследовательская деятельность И. Ньютона. Он начинал исследование с того, что обращался к какой-то идее, но сразу же отбрасывал её, если её положения приходили в противоречие с наблюдаемыми фактами.

Индуктивные методы имеют большее значение в науках, непосредственно опирающихся на опыт, а дедуктивные методы имеют доминирующее значение в теоретических науках как средство их логического упорядочения и построения.

Для обработки и обобщения фактов в научном исследовании применяются *систематизация* (как приведение в единую систему) и *классификация* (как дифференцирование на классы, группы, типы). При составлении классификации учитываются следующие требования: объем членов классификации должен равняться объему классифицируемого класса (соразмерность деления); члены классификации должны взаимно исключать друг друга. Классификации подразделяются на *описательные* (позволяют удобно представить накопленные результаты) и *структурные* (позволяют выявить и зафиксировать соотношения объектов). *Например, в физике описательные классификации – это деление элементарных частиц по заряду, спину, массе, участию в разных типах взаимодействия. Структурная классификация это выделение групп частиц по типам симметрий (кварковые структуры частиц).*

Классификационные методы позволяют решить ряд познавательных задач: свести многообразие материала к сравнительно небольшому числу образований (классов, типов, форм, видов, групп); выявить исходные единицы анализа и разработать систему соответствующих терминов и понятий; обнаружить устойчивые признаки и отношения, эмпирические закономерности; подвести итоги предшествующих исследований и предсказать существование ранее неизвестных объектов или их свойств, вскрыть новые связи и зависимости между уже известными объектами.

Применение вышерассмотренных методов обработки фактуального знания приводит к обнаружению некоторой объективной регулярности, к обобщениям на эмпирическом уровне. Особенность *эмпирических гипотез* заключается в том, что они являются вероятностным знанием, носят описательный характер (содержат предположение о том, как ведет себя объект, но не объясняют почему), обобщают результаты непосредственного наблюдения и выдвигают предположение о характере эмпирических зависимостей. Пример таких гипотез – "чем сильнее трение, тем, тем большее количество тепла выделяется"; "металлы расширяются при нагревании".

Эмпирический закон – это наиболее развитая форма вероятностного эмпирического знания, с помощью индуктивных методов фиксирующего количественные и иные зависимости, полученные опытным путем, при сопоставлении фактов наблюдения и эксперимента.

Научные методы теоретического исследования включают, прежде всего, метод абстрагирования, идеализации, формализации и моделирования. Методы этой группы создают возможность построить идеальную знаковую модель и заменить изучение реальных объектов и процессов исследованием абстрактного объекта.

Методы построения и исследования идеализированного объекта	Формы знания
Абстрагирование Идеализация Формализация Моделирование	Понятия, идеи, принципы, идеальные модели, законы, аксиомы, постулаты

Абстрагирование это мыслительная операция, состоящая в отвлечении от ряда свойств предметов и отношений между ними и выделении какого-либо свойства или отношения. *По отношению к среде* свойства объекта делятся на *два типа*: одни свойства замкнуты на данную конкретную ситуацию, другие остаются неизменными при переходе от одной ситуации к другой. Именно эти инварианты являются объективной основой более высоких ступеней абстрагирования. Попытки *расширить область применимости той или иной научной абстракции за пределы интервала абстракции* (предельные границы, в которых потенциальное становится актуальным, инвариантное относительно) *лишают её строгого смысла* и делают проблематичной в рамках строгой теории. *Например, в классической физике существует понятие координаты и импульса частицы, они имеют прозрачный физический смысл на уровне макромира. В квантовой механике принцип неопределенности фиксирует ситуацию невозможности одновременно точно определить координату и соответствующую ей составляющую импульса, причем неопределенность этих величин определённому условию (произведение неопределенностей координаты и импульса не может быть меньше постоянной Планка). В гносеологическом смысле данный интервал значений является интервалом абстракций, определяющим рамки применимости классических понятий, за пределами которых эти понятия теряют однозначный смысл.*

Идеализация является разновидностью абстрагирования, связана с отвлечением от реальных свойств предмета с одновременным введением в содержание образуемых понятий признаков нереализуемых в действительности.

Формализация – совокупность познавательных операций, обеспечивающих отвлечение от значения понятий теории с целью её логического строения или для получения логически выводимых результатов. Формализация позволяет превратить содержательно построенную теорию в систему символов, а развертывание теории свести к манипулированию этими символами в соответствии с некоторой совокупностью правил, принимающих во внимание только вид и порядок символов.

Формализация начинается с определения дедуктивных взаимосвязей между высказываниями теории. Для этого используется метод аксиоматизации. Под аксиомами понимаются

положения, которые принимаются в теории без доказательства. В аксиомах отражены все свойства исходных понятий, которые существенны для вывода теорем данной теории. При формализации выявляется и учитывается все то, что используется при выводе из исходных положений теории других её утверждений. В результате аксиоматизации теории научная теория может быть представлена в таком виде, что любое её утверждение представляет собой либо одну из аксиом, либо результат применения к ним фиксированного множества логических правил вывода.

Если наряду с аксиоматизацией понятия и выражения теории заменяются символическими обозначениями, то научная теория превращается в формальную систему. Формализованные теории бывают двух типов: полностью формализованные (построенные в аксиоматически-дедуктивной форме с явным указанием используемых логических средств) и частично формализованные (язык и логические средства явным образом не фиксируются).

Формальные системы, получаемые в результате формализации теорий, отличаются наличием алфавита, правил образования и преобразования. Алфавит и правила образования и преобразования формул формальной системы задается с помощью языка, который для языка теории является метаязыком. В качестве метаязыка употребляется соответственным образом выбранная часть естественного языка или какая-либо научная теория (метатеория).

Символы, составляющие алфавит, отвечают требованиям конструктивной жесткости и четкости, позволяющей отличать исходные символы. В формальной системе её производные объекты - формулы, конструируются из исходных символов и задаются при помощи правил образования. Аксиомы и правила вывода составляют теоретическую часть формальной системы. Опираясь на аксиомы, посредством использования правил вывода, получаются новые утверждения в формальной системе (теоремы).

Метод формализации имеет два способа реализации. Первый - *формальный*, предполагает то, что при построении формальных систем вместо содержательных выводов имеют дело с преобразованиями формул по строго установленным правилам и отвлекаются от того, что обозначают символы и их комбинации (в этом состоит стандарт логико-математической точности). Второй – *содержательный*, когда характеризуются отношения между элементами из предметной области той теории, для формализации которой предназначается данная формальная система с её формулами.

Потребность в формализации возникает перед научной дисциплиной на достаточно высоком уровне её развития, когда задача логической систематизации и организации имеющегося знания приобретает ведущее значение. История математики, логики, лингвистики свидетельствует, что формализация стимулирует движение познания, открывает возможность постановки новых проблем и поиска их решения.

Моделирование – метод исследования объектов природного, социокультурного и когнитивного типа путем переноса знаний, полученных в процессе построения и изучения соответствующих моделей на оригинал. *Модель* – опытный образец или информационно-знаковый аналог того или иного изучаемого объекта, выступающего в качестве оригинала. Объект (макет, структура, знаковая система) может играть роль модели в том случае, если между ним и другим предметом, называемым оригиналом, существует отношение тождества в заданном интервале абстракций. В этом смысле модель есть изоморфный или гомоморфный образ исследуемого объекта.

Все типы моделей по самой своей природе делятся на две группы: материальные и идеальные, или вещественно-агрегатные и воображаемые. Первую группу составляют модели, состоящие из вещественных элементов, смонтированных в реально функционирующий агрегат. Если вещественно-агрегатная модель имеет ту же физическую природу, что и оригинал, то её исследование называют физическим моделированием. Если же на модели изучают явления иной физической природы, чем явления, протекающие в оригинале, но оба эти явления описываются одними и теми же математическими соотношениями, то в этом случае говорят о предметно-математическом моделировании. Ко второй группе моделей (воображаемых, знаковых) относятся модели, представляющие знаковые образования или мысленно-наглядные построения. Моделирование, в котором используются модели данного типа, называется знаковым или мысленно-наглядным.

Основными функциями моделей являются следующие. Во-первых, *иллюстративная* или демонстрационная – модель помогает создать более простое восприятие объекта. Во-вторых, *трансляционная* или интегративная – заключается в том, что модель переносит информацию, полученную в одной, относительно изученной сфере реальности, на другую, еще не известную сферу. В-третьих, *заместительно-эвристическая* – представляет собой исследование модели как относительно самостоятельного объекта (заменяющего объект познания), что позволяет получить новую информацию об объекте-оригинале. В-четвертых, *аппроксимирующая* – связана с моментом упрощения, так как модель представляет собой единство наглядного образа и научной абстракции, она является некоторой наглядной схематизацией действительности. В-пятых, *экстраполяционно-прогностическая* – состоит в том, что вывод, вытекающий из структурных особенностей модели, будучи экстраполирован на моделируемый объект, приводит к определенному прогнозу относительно его структуры.

Модель ограничивает разнообразие в познаваемых явлениях, что необходимо для упорядочивания информации. Модель должна быть сходна с оригиналом в некоторых аспектах и в тоже время отлична от него. При реализации этого требования значение имеет абстрагирование.

Логическими основаниями метода моделирования могут служить любые умозаключения, в которых посылки относятся к одному объекту, а заключения – к другому. Такие умозаключения охватывают весь класс традиционных выводов по аналогии. *Аналогия в моделировании конкретизируется через подобие, изоморфизм, гомоморфизм, изофункционализм.*

Изоморфизм характеризует такое соответствие между структурами объектов, когда каждому элементу первой системы соответствует лишь один элемент второй и каждой связи в одной системе соответствует связь в другой, а само рассмотрение происходит без учета природы этих элементов. Полный изоморфизм возможен лишь между абстрактными, идеализированными объектами (*например, соответствие между геометрической фигурой и её аналитическим выражением в виде формулы*). *Гомоморфизм* отличается от изоморфизма тем, что соответствие объектов (систем) однозначен лишь в одну сторону. *Типичный пример гомоморфизма – отношение между некоторой местностью и географической картой данной местности. Карта не отражает все, что имеется на местности, то есть выступает в роли гомоморфного образа по отношению к самой местности (гомоморфному прообразу).* *Изофункционализм* характеризует изоморфизм отношений в области внешних, функциональных связей модели и моделируемого объекта со средой (при условии их необязательного тождества их внутренних отношений).

Математическая модель представляет собой абстрактную систему, состоящую из набора математических объектов (множеств и отношений между множествами и их элементами). В простом варианте в качестве модели выступает отдельный математический объект, то есть такая формальная структура, с помощью которой можно от эмпирически полученных значений одних параметров исследуемого материального объекта переходить к значению других без обращения к эксперименту. Любая математическая структура (абстрактная система) приобретает статус модели только тогда, когда удастся констатировать факт определенной аналогии структурного, субстратного или функционального характера между нею и исследуемым объектом (или системой). Должна существовать известная согласованность, получаемая в результате подбора и "взаимной подгонки" модели и соответствующего "фрагмента реальности". Эта согласованность существует в рамках определенного интервала абстракций. Аналогия между абстрактной и реальной системой связана с отношением изоморфизма между ними, определенными в рамках фиксированного интервала абстракции.

Выделяют два типа математических моделей: модели описания и модели объяснения. *Модель описания* не предполагает, каких бы то ни было, содержательных утверждений о сущности изучаемого круга явлений. Соответствие между формальной и физической структурой не обусловлено какой-либо закономерностью и носит характер единичного факта. Эти модели оцениваются по критерию полезности, а не истинности: сочетание достаточной простоты и достаточной эффективности. *Например, схема эксцентрических кругов и эпициклов Птолемея обеспечивала астрономические наблюдения в течение почти двух тысяч лет.*

Модели объяснения представляют соответствие структуры объекта (или системы) в математическом образе, и обладает рядом важных гносеологических функций, которых нет у

модели описания. Они способны: к кумулятивному обобщению; предсказанию принципиально новых качественных эффектов (в отличие от моделей описаний дающих лишь количественные предсказания); к адаптации или видоизменению и совершенствованию под влиянием новых экспериментальных фактов; к трансформационному обобщению с изменением исходной семантики обобщаемой теории. *Например, из уравнений Ньютона можно вывести закон сохранения импульса, из уравнений Максвелла – идею о физическом родстве электромагнитных и оптических явлений.*

К методам построения и оправдания теоретического знания относятся гипотетико-дедуктивный, конструктивно-генетический, исторический, логический методы.

Методы построения и оправдания теоретического знания	Формы знания
Гипотетико-дедуктивный метод Конструктивно-генетический метод Исторический и логический методы Методы оправдания: верификация, фальсификация, логическое, математическое доказательство	Гипотеза, теория

Гипотетико-дедуктивный метод – это система методологических приемов, состоящая в выдвижении некоторых утверждений в качестве гипотез и проверки этих гипотез путем вывода из них, в совокупности с другими имеющимися знаниями, следствий и сопоставления последних с фактами. Оценка исходной гипотезы на основе такого сопоставления носит сложный многоступенчатый характер. Гипотетико-дедуктивный метод не всегда применим. Формирующаяся с его помощью модель теории выступает как своего рода конкретизация и эмпирическая интерпретация формальной теории. Но даже в математизированном естествознании применяется мысленный эксперимент с идеализированными объектами, а не только дедуктивный вывод по правилам логики.

Конструктивно-генетический метод – это один из способов дедуктивного построения научных теорий, при котором к минимуму сведены исходные, недоказуемые в рамках этой теории, утверждения и неопределяемые термины. Основная задача этого метода состоит в последовательном конструировании (реально осуществляемом или возможном на основании имеющихся средств) рассматриваемых в формальной системе объектов и утверждений о них. Задание исходных объектов теории и построение новых осуществляется с помощью совокупности специальных операциональных (конструктивных) правил и определений. Все остальные утверждения системы получаются из исходного базиса теории с помощью специфической для конструктивных теорий техники вывода и так называемых рекурсивных определений, основанных на методе математической индукции.

В связи с тем, что ни гипотетико-дедуктивный, ни конструктивно-генетический методы не фиксируют особенности построения теории развивающегося, имеющего свою историю объекта (в геологии, ботанике, социально-исторических науках), возникает необходимость при создании теории сочетать исторический и логический методы. *Исторический метод* предполагает мысленное воспроизведение конкретного исторического процесса развития. Исторический способ построения знания опирается на генетический способ объяснения объектов представляющих собой развивающиеся явления и события, происходящие во времени. *Логический способ* построения знания о развивающемся объекте есть отображение исторического процесса в абстрактной и теоретически последовательной форме.

Общенаучные принципы и методологические подходы

Общенаучные методологические принципы сформулированы в процессе осмысления практики научного исследования. Они не определяют содержание научного знания и не являются его формально-логическим обоснованием. Их задача заключается в *детерминировании оптимального выбора средств, предпосылок, понятий при построении новой теории.*

Принцип инвариантности выражает требование сохранения свойств и отношений в процессе преобразования, сочетание вариативных и инвариантных элементов теории. *Например, законы движения в классической механике инвариантны относительно пространственно-временных преобразований Галилея, законы движения в теории относительности при преобразованиях Лоренца.* При переходе от старой теории к новой прежнее свойство инвариантности или остается, или обобщается, но

не отбрасывается. Инвариантность вытекает из материального единства мира, из принципиальной однородности физических объектов и свойств.

Принцип соответствия состоит в том, что с появлением новых более общих теорий прежние концепции сохраняют свое значение для прежней предметной области, но выступают как частный случай новых теорий. Благодаря этому возможны обратный переход от последующей теории к предыдущей, их совпадение в некоторой предельной области, где различия между ними оказываются несущественными. Например, законы квантовой механики переходят в законы классической механики, когда можно пренебречь величиной кванта действия, законы теории относительности переходят в законы классической механики при условии, если скорость света считать бесконечной. Закономерная связь старых и новых теорий проистекает из внутреннего единства качественно различных уровней материи.

Когда П. Эренфеста спросили: "Скажите, чем отличаются Бор и Эйнштейн от обычных физиков?" Эренфест ответил, что, по его мнению, тем, что они лучше, чем кто-либо знает и любят классическую физику. Именно осознание ценности классических знаний и настойчивое стремление преодолеть проблемы, возникающие в этом знании, ради его сохранения, а не разрушения, привело Бора и Эйнштейна к выдающимся достижениям. Бор писал: "Принцип соответствия выражает тенденцию использовать при систематическом развитии теории квантов каждую черту классической теории". Бор, уверовав в модель Резерфорда, пытался разрешить её противоречия с классической термодинамикой (предполагавшей неизбежность падения электрона на ядро), для этого Бор допустил существование стационарных орбит, обращаясь по которым электрон не излучает, но для этого допущения потребовалось радикально изменить представление о механизме излучения (возникает не в результате обращения электрона вокруг ядра, но в результате перескока электрона с одной орбиты на другую), ради сохранения классической идеи об устойчивости атома.

Принцип дополненности является установкой исследовательской практики, предполагающей для воспроизведения целостности явления на определенном, "промежуточном" этапе его познания применять взаимоисключающие и взаимоограничивающие друг друга, "дополнительные" классы понятий, которые могут использоваться обособленно в зависимости от особых (экспериментальных) условий, но только взятые вместе исчерпывают всю поддающуюся определению и передаче информацию. Принцип дополненности был сформулирован Н. Бором для описания микрообъектов (согласно ему получение экспериментальной информации об одних физических величинах, описывающих микрообъект, неизбежно связано с потерей информации о некоторых других величинах дополнительных к первым).

Принцип наблюдаемости это методологическое требование к научной теории иметь эмпирическое обоснование, применять такие величины и понятия, которые операциональны и допускают опытную проверку, остальные должны быть изъяты. Т.А. Тамов написал в 1927 г.: "Начало принципиальной наблюдаемости гласит: при построении физической теории можно пользоваться лишь величинами принципиально наблюдаемыми. Если в теории обнаруживается присутствие принципиально ненаблюдаемой величины, то теория должна быть перестроена на новых началах так, чтобы в новом виде она не содержала этой величины!". Это требование никогда жестко не реализовалось в науке, потому что ненаблюдаемые величины могут выполнять конструктивно-вспомогательную роль и не всегда могут быть четко отличаемы от наблюдаемых. Принцип наблюдаемости, в связи с формированием понимания того что теория не является индуктивным обобщением наблюдаемых фактов, существенно уточнился. Как сказал А. Эйнштейн в беседе с В. Гейзенбергом "Сможете ли вы наблюдать данное явление, будет зависеть от того, какой теорией вы пользуетесь. Теория определяет, что именно можно наблюдать".

Анализ методологических подходов, использовавшихся учеными на протяжении XIX и XX веков, позволяет выделить такие *методологические позиции* как эволюционизм, функционализм, которые были синтезированы в последней четверти XX века в рамках системного подхода.

Эволюционизм как методологическая позиция предполагает такую модель понимания реальности, которая строится на положении необратимости природных и культурных изменений. В основе лежит ещё Г. Спенсером сформулированная концепция эволюции – представляющая её как особый тип последовательности необратимых изменений природных и культурных феноменов от относительно неопределенной бессвязанной гомогенности к относительно более определенной согласованной гетерогенности, происходящих благодаря дифференциации и интеграции. Эволю-

ционный процесс считается обусловленным механизмами адаптации к окружению. Выделяют три типа эволюционных концепций: *однолинейная* (предполагает наличие универсальных стадий последовательного развития природных и социокультурных систем), *универсальная* (выявляющая глобальные изменения, носящие форму развития), *многолинейная* (допускает возможность множества примерно равноценных путей развития и не ориентирована на установление всеобщих путей эволюции).

Функционализм как методологический подход базируется на рассмотрении объекта как системы, состоящей из структурных элементов, функционально связанных друг с другом и выполняющих определенные функции по отношению к системе как целому.

Системный подход предполагает рассмотрение предметов и явлений окружающего мира как частей или элементов определенного целостного образования. Эти части и элементы, взаимодействуя друг с другом, определяют новые, целостные свойства системы, которые отсутствуют у отдельных её элементов. Системный подход основывается на таких *исходных положений* при проведении исследования как: *выявлении зависимости каждого элемента от его места и функций в системе с учетом того, что свойства целого не сводимы к сумме свойств её отдельных элементов*; анализе того, *насколько поведение системы обусловлено как особенностями её отдельных элементов, так и свойствами её структуры*; исследовании *механизма взаимодействия системы и среды*; изучения *характера иерархичности*, присущего данной системе; обеспечение всестороннего многоаспектного описания системы; рассмотрение *системы как динамичной, развивающейся целостности*.

Наиболее простое и емкое определение понятия система принадлежит основоположнику общей теории систем Л. Берталанфи: *система* – это комплекс взаимодействующих элементов. Критериальное свойство элемента – его необходимое непосредственное участие в создании системы. *Элемент* есть далее неразложимый компонент системы при данном способе её рассмотрения. *Подсистема* – это промежуточный комплекс, более сложный, чем элемент, но менее сложный, чем сама система, объединяет в себе разные части системы, в своей совокупности способный к выполнению единой программы системы. Будучи элементом системы, подсистема в свою очередь оказывается системой по отношению к элементам, её составляющим. *Структура* – это совокупность устойчивых отношений и связей между элементами. Включает общую организацию элементов, их пространственное расположение, связи между этапами развития. *Качество систем зависит от структур* – об этом свидетельствует относительная независимость структур от природы их субстратных носителей (нейроны, электронные импульсы и математические символы способны быть носителями одинаковой структуры). Тем не менее, *первенствующее значение в обуславливании природы системы принадлежит элементам*. Элементы определяют сам характер связи внутри системы. Природа и количество элементов обуславливают способ их взаимосвязи. *Элементы* – это материальные носители связей и отношений, составляющих структуру системы.

Наиболее простой классификацией систем является деление их на статические и динамические. Среди динамических систем выделяют детерминистские и стохастические (вероятностные) системы. Предсказания, основанные на изучении поведения детерминистских систем, имеют вполне однозначный и достоверный характер. Предсказания относительно стохастических систем имеют вероятностный характер, так как они имеют дело с массовыми или повторяющимися случайными событиями и явлениями. По характеру взаимодействия с окружающей средой различают системы открытые и изолированные. Представление о закрытых системах возникло в классической термодинамике как определенная абстракция, которая оказалась не вполне соответствующей объективной действительности, в которой подавляющее большинство систем является открытыми.

В неявной форме системный подход применялся в науке с момента её возникновения. Даже в период накопления и обобщения первоначального фактического материала, идея систематизации и единства лежала в основе её поисков и построения научного знания. Тем не менее, возникновение системного метода как способа исследования относится к периоду Второй мировой войны, когда ученые столкнулись с проблемами комплексного характера, которые требовали учета взаимосвязи и взаимодействия многих факторов в рамках целого (планирования и проведения военных операций, вопросы снабжения и организации армии – привело к возникновению одной из первых системных дисциплин – исследованию опера-

ций). Применение системных идей к анализу экономических и социальных процессов способствовало появлению теории игр и теории принятия решений. Наибольшее значение для формирования идей системного метода имела кибернетика как общая теория управления в технических системах, живых организмах и обществе. Несомненно, отдельные теории управления существовали в технике, биологии, социальных науках, но единый, междисциплинарный подход позволил раскрыть более общие закономерности управления, которые не были очевидны в исследованиях частных систем, перегруженных деталями. В рамках кибернетики впервые было показано, что процесс управления с самой общей точки зрения можно рассматривать как процесс накопления, передачи и преобразования информации. Само же управление можно отобразить с помощью определенной последовательности точных предписаний – алгоритмов. Алгоритмы были использованы для решения разных задач, что привело к алгоритмизации и компьютеризации ряда производственно-технических процессов.

Системный метод опирается на понятия, теории и модели, которые применимы для исследования предметов и явлений самого разного конкретного содержания. Абстрагируясь от конкретного содержания отдельных, частных систем и выявляя то общее, существенное, что присуще системам определенного рода, исследователи используют математическое моделирование. Обращение к математическому моделированию определяется самим характером системных исследований, в процессе которых изучаются наиболее общие свойства и отношения разнообразных конкретных систем и анализируется целое множество переменных (связь между переменными выражается на языке уравнений и их систем, то есть математических моделей). Построение математической модели имеет существенное преимущество перед простым описанием систем в качественных терминах, так как позволяет делать точные прогнозы о поведении систем.

Системные исследования включают разработку трех основных направлений. Во-первых, *разрабатывается системотехника* – концентрирующаяся на проектировании и конструировании технических систем, в которых учитываются не только работа механизмов, но и действия человека-оператора, управляющего ими. В этих исследованиях рассматриваются принципы организации и самоорганизации, выявленные кибернетикой. Во-вторых, реализуется системный анализ в *изучении комплексных и многоуровневых систем единой природы*, например физических, химических, биологических и социальных, что представляет особый интерес для науки. В-третьих, *теория систем исследует общие свойства систем*, изучаемых в естественных, технических, социально-экономических и гуманитарных науках.

Фундаментальная роль системного метода заключается в том, что с его помощью достигается наиболее полное выражение единства научного знания. Это единство проявляется, с одной стороны, во взаимосвязи различных научных дисциплин, которая выражается в возникновении новых дисциплин на "стыке" старых (физическая химия, биофизика, биохимия, биогеохимия), в появлении междисциплинарных направлений исследования (кибернетика, синергетика, экологические программы). С другой стороны, системный подход дает возможность выявить единство и взаимосвязь отдельных научных дисциплин. Единство, которое выявляется при системном подходе к науке, заключается, прежде всего, в установлении связей и отношений между различными по сложности организации, уровню познания и целостности охвата концептуальными системами, с помощью которых отображается рост знаний о природе. Единство знания находится в прямой зависимости от его системности.

Синергетический подход возник на базе новых областей науки - неравновесной термодинамики, теории хаоса, нелинейного математического анализа, теории катастроф, в которых сформулированы общие принципы самоорганизации сложных нелинейных, открытых динамических систем. Этот подход применим к анализу сложных эволюционирующих природных систем, к культуре и её развитию, социальным системам и процессам, механизмам творческого мышления. *Синергетический подход является новым способом осмысления и интерпретации эмпирических фактов, методов и теорий. Самоорганизация рассматривается как многообразные процессы возникновения упорядоченных пространственно-временных структур в сложных нелинейных системах, находящихся в неравновесных, неустойчивых состояниях вблизи от критических точек, предшествующих бифуркации.* Ключе-

выми понятиями, используемыми для описания этих процессов, являются следующие. *Аттрактор* – относительно устойчивое состояние системы, которое как бы притягивает к себе многообразные пути и траектории динамических систем, направляет их эволюцию к определенной "цели". Во всякой сложной системе есть возможность бифуркации – разветвления, расхождения путей развития системы в различные стороны, *точка бифуркации* – это точка разветвления путей эволюции открытой нелинейной системы. *Нелинейность* – многовариантность, альтернативность путей, темпов эволюции, её необратимость, возможность непредсказуемых изменений течения процессов, развитие через случайность выбора пути в точках бифуркации. Конструктивная роль *детерминированного хаоса* проявляется в самоорганизующихся системах. Он необходим для выхода системы на один из аттракторов и лежит в основе объединения простых структур в сложные, механизма согласования темпов их эволюции

Синергетический подход базируется на следующих концептуальных позициях. Признается, что *всякое явление это эволюционно необратимая стадия* какого-либо процесса, содержащая информацию о его прошлом и будущем, допускающая *многовариантность*, типовые ветви, *отклонения*, которые могут быть не менее совершенны, чем современное состояние, *развитие происходит благодаря неустойчивости*, а *новое появляется благодаря бифуркации* как случайное и непредсказуемое. Считается, что системы являются зависимыми от процессов на вышележащих или нижележащих уровнях, в нелинейном мире малые причины могут породить большие следствия. Управление сложными системами может быть успешно только как нелинейное, учитывающее особенности и тенденции их эволюции, а также эффективности малых воздействий.

Синергетика дает знание о том, как надлежащим образом оперировать со сложными системами и как эффективно управлять ими. Малые, но правильно организованные резонансы – воздействуя на сложные системы чрезвычайно эффективны. Синергетический подход позволяет по-новому увидеть и исследовать объекты науки в области естествознания и культуры.

Глава III. НАУЧНОЕ ТВОРЧЕСТВО И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ

3.1. Ученый и формирование креативного отношения

Творчество в науке имеет определенную специфичность, понять, её возможно, представив структуру креативного процесса, которая включает креативное отношение, креативное действие и креативный результат. На наших занятиях мы последовательно проанализируем как формируется креативное отношение, начинающееся с появления у ученого сомнения в верности занимающей его проблемы и формулирования познавательной задачи; представим креативное действие для этого рассмотрим его носителя, то есть типологизируем субъектов научной деятельности, представим организационные формы в которые объединяются ученые и постараемся выявить влияние социальных факторов на научную деятельность; и, наконец, завершая рассмотрим формы представления креативного результата и критерии оценки его научным сообществом.

Начнем с проблемы формирования креативного отношения в науке, которая имеет междисциплинарный характер, так как соединяет вопросы психологии, социологии знания и науковедения. Материалом для раскрытия этой темы является рефлексия ученых по поводу своего творчества и обстоятельств, предшествовавших научным открытиям в их дисциплинах. Исследования в этой области показывают, что для того, что бы у ученого сформировался исследовательский интерес, он должен "созреть" как ученый в психологическом и социальном смысле, войти в роль исследователя.

Наука "делается" учеными, сильно различающимися между собой по силе ума, по "взносу" в её прогресс. Наука не создается "горстью гениев", потому что их открытия были бы не возможны без деятельности "синих воротничков" в науке. Великие ученые проявляют себя в те периоды развития науки, когда созревают предпосылки для развития нового.

По ролям, которую ученый сыграл *в истории науки* и *креативному вкладу* в неё, ученых можно разделить на следующие *группы*. *Первая группа* – ученые, которые были творцами нового способа мышления, осуществили революционный переворот в науке. Это очень немногочисленная группа, состоящая из ученых, создавших эпоху в науке (И. Ньютон, А. Эйнштейн, Ч. Дарвин). Вторая группа – это крупные ученые, создавшие творения непреходящего значения, создатели фундаментальных теорий и принципов (А. Лавуазье, Д.И. Менделеев, Э. Резерфорд, Р. Кох). Работы этих ученых затрагивают фундаментальные принципы науки, в области которой протекает их деятельность, и оказывают огромное влияние на смежные науки. Третья группа – это ученые, которые сказали новое слово в науке соответствующего раздела фундаментальной науки (Г. Гесс, Л. Ландау, П. Капица, П. Эрлих) Четвертая группа – это крупные работники прикладных областей науки и техники.

В истории науки есть немало случаев, когда ученые подходили вплотную к открытию нового, но не могли сделать последнего и решающего шага. Так же известны случаи, когда открыв новое они не могли адекватно оценить результаты и сделать следовавшие из открытия выводы. Крупные творцы науки интересны тем, что открыв новое и сумев оценить значение своего открытия, они выражали научное мышление своей эпохи.

В исследовании психологии научного творчества, пожалуй, следует начинать с представления того, что составляет набор творческих способностей ученого, так как именно из них складывается творческий потенциал ученого.

Обычно, в набор творческих способностей ученого включают: способность искать проблемы, способность к свертыванию мыслительных операций, способность к переносу опыта, цельность восприятия, готовность памяти, гибкость мышления, способность к оценке.

Способность искать проблемы это способность увидеть то, что не укладывается в рамки ранее усвоенного. Эта "свежесть" взгляда не сводится к качеству имеющейся системы профессиональных знаний, это определяется качеством мышления. В потоке внешних раздражителей люди обычно воспринимают лишь то, что укладывается в "координатную сетку" уже имеющихся знаний и представлений; остальную информацию бессознательно отбрасывают *Например, Ю.Майер, находясь на рейде в Сурабае, пустил кровь нескольким матросам и, найдя венозную кровь слишком светлой, сначала подумал, что задета артерия. Узнав, что это общее явление под тропиками, он нашел объяснение этого явления в сильном уменьшении окислительных процессов: при высокой внешней температуре организму для сохранения собственной теплоты нужно незначительное горение. Такими рассуждениями Майер пришел к идее об эквивалентности теплоты и работы, а затем к закону о превращении энергии из одного вида в другой и сохранении полной энергии.*

Увидеть проблему и оценить полученный результат является чрезвычайно важным. В истории науки достаточно много примеров того, как ученые "проходили мимо" сделанного открытия. *Например, во Франции известный физиолог Э. Глей в 1905 году проводил опыты вводя масло в проток поджелудочной железы собак и тем самым вызывал её отвердение. Он отметил, что собаки не заболевают диабетом и что внутривенное введение экстракта из таких склеротичных желез уменьшает содержание сахара в крови у собак с удаленной поджелудочной железой. Эти результаты он изложил в частном сообщении которое передал на хранение в запечатанном виде Парижскому биологическому обществу. Только после публикации Ф. Бантинга получившего инсулин из надпочечников и показавшего, что этим гормоном можно лечить не только экспериментально вызванный диабет, но и реальные случаи заболевания, Э. Глей согласился вскрыть конверт и стал настаивать на приоритете, что не было поддержано научным сообществом.*

Способность к переносу опыта заключается в умении применить приобретенный навык при решении одной задачи к решению другой, то есть умение отделить "зерно" проблемы от его неспецифического, что может быть перенесено в другие области. Это способность к выработке обобщающих стратегий. *Например, наблюдая за движениями корабельногодревоточца, прокладывающего себе путь в древесине, английский инженер М. Брюнель в 1818 г. пришел к технической идее строительства подводных туннелей. "Крессон Брюнеля" представляет собою металлический цилиндр, который продвигается вперед, подобно корабельному червю. Т. Шеффер (изобретатель древесной бумаги), гуляя в саду, обратил внимание на то, как работают осы над устройством гнезда. Осы употребляли для устройства гнезда волокна лишнего коры и от действия атмосферы одряхлевшего дерева, смачивая их выделяемой изо рта клейкой жидкостью, что после высыхания давало им вид листка бумаги. По его словам, без этого наблюдения он не додумался до идеи делать бумагу из дерева.*

Способность мозга формировать и длительно удерживать в состоянии возбуждения нейронную модель цели, направляющей движение мысли, есть одна из составных частей таланта. *И.И. Мечников размышлял над проблемой, как организм борется с инфекцией. Наблюдая за прозрачными личинками морской звезды, он бросил несколько шипов розы в их скопление. Личинки окружили эти шипы и переварили их. Мечников тут же связал это наблюдение с тем, что происходит с занозой, попавшей в палец; занозу окружают белые кровяные тельца (гной), которые растворяют и переваривают инородное тело, Так родилась теория фагоцитоза.*

Цельность восприятия обозначает способность воспринимать действительность целиком, не дробя её. В науке, несомненно, представлены люди с доминирующим левым полушарием, склонные к абстрактно-символическому, словесному, логическому мышлению, но именно в силу своей психофизиологической организации они могут быть лишь дотошными собирателями и регистраторами фактов, аналитиками и архивариусами знаний. "Правополушарные" ученые способны к целостному, синтетическому, образному восприятию реальности и манипулированию образами. *Недаром все выдающиеся ученые имели увлечения либо в области музыки, либо изобразительного искусства. Хрестоматийен в этом отношении пример А. Эйнштейна, который был одаренным музыкантом и любил повторять слова Лейбница: "Музыка есть радость души, которая вычисляет, сама того не сознавая".*

Многих поражало умение выдающегося советского ученого В.И. Вернадского ставить научную задачу широко, масштабно. Его ученик, академик А.С. Виноградов, подчеркивал, что за этим стоит как раз философская культура В.И. Вернадского. Он обладал талантом заставить "работать" такое большое количество фактов и так, казалось, далеко отстоящих друг от друга, что это скорее напоминало стиль философа, нежели естествоиспытателя. Именно В.И. Вернадский создает ряд новых дисциплин, оказавшихся очень перспективными. Например, геохимию (история химических элементов нашей планеты и их миграция), которая вышла ныне на внеземные орбиты, включившись в исследования других планет и Луны.

С другой стороны, можно указать на факты, когда сознательное интеллектуальное самоограничение обернулось для ученого определенными утратами. Э. Ферми мало интересовало то, что лежит за пределами естествознания. Он не скрывал, например, что не любит политики, музыки и философии. В научном же исследовании предпочитал конкретность, простые подходы, избегал абстрактных построений. Соответственно этому и его теории созданы, чтобы объяснять поведение определенной экспериментальной кривой, "странность" данного опытного факта. Обращая внимание на эти особенности научного творчества Э. Ферми, его ученик Б. Понтекорво замечает: *"Не исключено, что присущие мышлению Э. Ферми черты - конкретность, ненависть к неясности, исключительный здравый смысл, помогая в создании многих фундаментальных работ, в то же время помешали ему прийти к таким теориям и принципам, как квантовая механика, соотношение неопределенностей и принцип Паули".*

Готовность памяти это способность хранить информацию, уже классифицированную по сочетанию признаков, и извлекать её в случае необходимости. Причем, исключительная память и оригинальность несовместимы. Исключительная память имеет "механический" характер – она удерживает и существенное и несущественное в том же пространственно-временном порядке. Изобретательность предполагает комбинационную способность, то есть создание ассоциативных цепочек из случайных комплексов и образов в интеграции с имеющимся знанием. *Но память ученого должна быть организованной, урегулированной с помощью интеллекта. Тот же А.Эйнштейн не блистал ни памятью, ни особенной эрудицией. Так, он на всю жизнь потерял М. Планка, когда заявил, что не помнит чему равна скорость звука в воздухе. "Зачем помнить то, что есть в любом справочнике?" Он говорил: "Подлинной ценностью является, в сущности, только интуиция".*

Гибкость мышления состоит в способности переходить от одного класса явлений к другому, далекому по содержанию. Люди с более высоким показателем мышления имеют больше шансов натолкнуться на верную идею при решении какой-нибудь практической задачи. Гибкость мышления проявляется и в способности вовремя отказаться от скомпрометированной гипотезы. *Пример, который помнится еще из школьной программы, изобретения молекулы бензола. Ф.А. Кекуле, так писал о том, как это произошло: "Однажды вечером, будучи в Лондоне, я сидел в омнибусе и раздумывал о том, каким образом можно изобразить молекулу бензола. В это время я увидел клетку с обезьянами, которые ловили друг друга, то схватываясь между собою, то опять расцепляясь, и один раз схватились таким образом, что составили кольцо. Каждая одною заднею рукой держалась за клетку, а следующая держалась за другую*

её заднюю руку передними, хвостами же они весело размахивали по воздуху. Таким образом, пять обезьян, схватившись, образовали круг, и у меня сразу же блеснула в голове мысль: вот изображение бензола. Так возникла формула, она объясняет прочность бензольного кольца"

Способность к оценке представляет собой способность к выбору одной из многих альтернатив до её проверки. Оценочные действия проводятся не только по завершении работы, но и многократно по ходу её; они являются этапами творческого процесса. Например, П. Юнг прочитав работы О. Френеля по интерференции поляризованных лучей, пришел к выводу, что поляризация света по-настоящему исчерпывающе может быть объяснена лишь в том случае, если допустить, что световые колебания происходят перпендикулярно к распространению волны, а не вдоль, как повелось считать от Гюйгенса. О своем выводе П. Юнг сообщил Д. Араго в письме в 1817 г., а О. Френель, пришедший к такому же заключению, долго колебался, ему казалось, что новая гипотеза противоречит основам механики. Потом он писал: "Будучи смелее в своих предположениях и меньше доверяя взглядам математиков, г-н Юнг опубликовал гипотезу раньше меня (хотя, быть может, открыл её позднее), и, следовательно, ему принадлежит приоритет".

Кроме вышеперечисленных способностей ученому необходимы воля как для проведения своих исследований, так и для отстаивания своих идей. Новые идеи могут вызвать негативное отношение коллег, и только сила воли и упорство позволяют отстоять свои идеи. Показательны в этом отношении два случая. Дж. Уотерсон написал статью о молекулярной теории газов, в которой превосходил работы Джоуля, Клаузиуса и Максвелла. Но рецензент Королевского общества, заявил: "Эта статья ни что иное, как абсурд". Дж. Уотерсон был так уязвлен, что прекратил исследование. Противоположная линия поведения была у З. Фрейда, который встретил яростную критику коллег, но не только не смутился, но отстоял свою теорию, что потребовало от него не малого бесстрашия в викторианский век.

Перечисленные способности образуют, синтезируясь творческую одаренность. У каждого ученого они выражены по-разному, но общим является результат их соединения – нестандартное мышление (непременный компонент таланта). Любопытно, что сами ученые пытаются проанализировать свой путь в науке, начинают с рефлексии по поводу своего изначального творческого потенциала, и редко бывают вполне им удовлетворены.

В научном творчестве большое значение имеют *интуиция и воображение*. Луи де Бройль в своей концепции научного творчества (в которой он соотносит дедуктивный путь исследования, представляющий прерогативу дискурсивного мышления, и индуктивный, связанный с "работой" воображения и интуиции) подчеркивал, что нельзя недооценивать роль интуиции и воображения в научном исследовании. "Разрывая с помощью иррациональных скачков жесткий круг, в который нас заключает дедуктивное рассуждение, индукция, основанная на воображении и интуиции, позволяет осуществить великие завоевания мысли; она лежит в основе всех истинных достижений науки ... Таким образом (поразительное противоречие), наука, по своему существу рациональная в своих основах и по своим методам, может осуществлять свои наиболее замечательные завоевания лишь путем опасных, внезапных скачков ума, когда проявляются способности, освобожденные от оков строгого рассуждения, которые называют воображением, интуицией, остроумием"¹. Ученые достаточно часто подчеркивают, что постановка проблемы, решение её или способ, с помощью которого её можно решить приходит неожиданно – во сне, во время прогулки или в гостях, то есть не собственно в момент размышления, а как бы случайно. В биографиях всех великих людей есть подобные рассказы, как история А. Пуанкаре: "Перипетии путешествия заставили меня забыть о своих математических работах; по прибытии в Кутанс мы сели в omnibus для какой-то прогулки; в момент, когда я ступал на подножку экипажа, у меня вдруг явилась идея, которая, по-видимому, не была подготовлена ни одной из предшествующих мыслей, что преобразования, к которым я прибегал, чтобы определить фуксовы функции, тождественны с преобразованиями неэвклидовой геометрии. Я не сделал проверки; у меня не было для этого времени, потому что я, сев в omnibus, тотчас же принял участие в общем разговоре, но в этот момент я уже был вполне уверен в правильности моей идеи. По возвращении в Канн я проверил вывод, продумав его спокойно, для очистки совести"².

Французский физиолог Ш. Рише, плавая на яхте принца Монако, вводил собакам экстракт из щупальцев актинии, определяя токсичную дозу. Однажды при повторном введении собаке этого экстракта, он заметил, что очень маленькая доза приводит к летальному исходу. Этот результат был настолько неожиданным, что Ш. Рише решил, что сделал что-то не так. Но последующие эксперименты показали, что предварительное действие этого экстракта вызывает повышение чувствительности к нему, или сен-

¹ Луи де Бройль. По тропам науки. М., 1962. С. 296

² Цит. по: Лапшин И.И. Философия изобретения и изобретение в философии. М., 1999. С. 222

цивилизацию. Он неожиданно понял, что открыл явление анафилаксии, о возможности которого никогда бы не подумал.

Условием таких озарений является организованность творческой памяти, комбинационная деятельность воображения при обработке материала, связанная с быстротой смены образов, направленность сознания в известную сторону. К.Ф. Гаусс говорил так: "Я знаю, какие получу результаты, но не знаю, как к ним приду".

Наиболее характерными чертами научной интуиции являются следующие. Принципиальная невозможность получения искомого результата посредством чувственного познания окружающего мира. Принципиальная невозможность получения искомого результата посредством прямого логического вывода. Безотчетная уверенность в абсолютной истинности результата (это никоим образом не снимает необходимости дальнейшей логической обработки и экспериментальной проверки). Внезапность и неожиданность полученного результата. Непосредственная очевидность результата. Неосознанность механизмов творческого акта, путей и методов, приведших ученого от начальной постановки проблемы к готовому результату. Необычайная легкость, невероятная простота и скорость пройденного пути от исходных посылок к открытию. Ярко выраженное чувство самоудовлетворения от осуществления процесса интуиции и глубокого удовлетворения от полученного результата.

Интуиция не только "поставляет" готовое решение в сознание; интуиция включает в себя, казалось бы, сверхъестественную способность предвидеть, что данный ряд явлений и идей имеет важное значение. Уверенность в этом проявляется задолго до того, как удастся выяснить, в чем именно состоит это значение ("стратегическая интуиция"). *Историки науки полагают, что Э. Резерфорду в высочайшей степени была присуща стратегическая интуиция. Он вполне искренне недоумевал, почему другие физики не видят, что надо обратиться к изучению атомного ядра, что именно на этом пути в ближайшее время можно сделать множество интересных открытий.*

Вопрос о соотношении интуиции и воображения, с одной стороны, и дискурсивного мышления – с другой, тесно связан с общим характером развития науки. Каждая наука последовательно проходит две сменяющих друг друга фазы: фазу интенсивного развития, когда новая теория (в пределе – новый способ мышления), и фазу экстенсивного развития, когда эволюция науки происходит под знаком уточнения, разветвления существующей теории, использования возможностей, заложенных в ней. Создание новой теории осуществляется в результате огромного взлета творческой мысли. Создание нового означает "разрыв", преодоление старых представлений. Эту акцию совершает не коллектив ученых, а один или максимум, три – четыре ученых. После полученного в результате интуитивного озарения результата встает проблема реконструкции, производимой "задним" числом, в ходе которой выявляются скрытые до этого логические переходы, содержащиеся латентно в интуитивном акте. Интуиция "материализовавшаяся" в новой теории, открытии превосходит силу воображения большинства ученых, поэтому требуется время, чтобы теория стала общепринимаемой.

Очевидно, что творческие способности личности имеют определяющее влияние на её творческую деятельность. Механизм творческого процесса интимен и не реконструируем до конца. Канадский эндокринолог, автор учения о стрессе, Г. Селье выделяет в творческом процессе семь этапов: любовь, или желание (первое условие научного открытия – живая заинтересованность, энтузиазм, влечение к познанию), оплодотворение (приобретение конкретных фактов в ходе эксперимента и наблюдения), беременность (вынашивание идеи, причем вначале она может даже не осознаваться), болезненные предродовые схватки (когда идея созрела, ученый чувствует дискомфорт, своеобразное "чувство близости решения"), роды (рождение идеи, которое сопровождается чувством радости), осмотр и освидетельствование (логическая и экспериментальная проверка идеи), жизнь (самостоятельное существование идеи). Но какими бы не представлялись этапы сущность творческого процесса одинакова для всех. Разница – лишь в конкретном материале творчества, масштабах достижений и их общественной значимости.

Вопрос о мере одаренности обычно встает при дифференциации гениальности и талантливости. П. Энгельмейер полагал, что гений не есть превосходная степень таланта, потому что талант это показатель интеллектуальной развитости, а гениальность это показатель одаренности. Талант признает только логически доказуемое, его произведения блещут сис-

тематичностью и сложностью, но в критике авторитетов и в стремлении к новому он никогда не преступает решающей границы. Гений доверяет только интуитивной очевидности, своему чутью, он способен выступить против авторитетов и его произведения отличаются простотой и наглядностью. По мнению Г. Селье, гений действует на сверхлогическом уровне, что выражается в огромной, хотя и бессознательной способности определять статистическую вероятность события на основе инстинкта и прошлого опыта. А эта способность в свою очередь выражается в постоянстве, с которым он это делает. Его главная функция – постигать вещи, слишком сложные для охвата чистым интеллектом. Гений переводит непознанное на достаточно простой язык, доступный для поэтапного анализа с помощью логики и в рамках *обычного интеллекта*.

Условием реализации ученого является *творческий климат*, который влияет и в период формирования личности (в семье, школе, университете) и в период работы в научном коллективе. Есть примеры дарований развивавшихся "вопреки" окружавшее их социальной среды. Например, в ряду самоучек находим имена и многих выдающихся ученых. Английский химик Д. Дальтон происходил из бедной семьи ткача. Всеми знаниями он обязан только самообразованию. Его великий соотечественник, блестящий ученый первой половины XIX века М. Фарадей также приобщился к науке благодаря самовоспитанию. Родился в семье кузнеца. После короткого пребывания в начальной школе он 13 лет поступил в обучение к переплетчику. Узнал и другие профессии. Так, работая, юноша одновременно много читал, посещал публичные лекции ученых. Постепенно пришло желание самому испытать свои силы в науке. Обратился к Т. Дэви с просьбой принять его на работу в Королевский институт. В свое время многих шокировало, что Т. Дэви взял в лабораторию не имевшего физического (ни вообще какого-либо систематического) образования М. Фарадея, более того, вскоре поручил молодому человеку чтение курса лекций, хотя тот был всего лишь простым служителем-лаборантом.

Но значительно больше тех ученых, кто смог реализоваться по тому, что еще в детстве было обращено внимание на его способности и интересы (Б. Паскаль, Г. Лейбниц, Э. Геккель и др.). Примечательно в этом отношении, что призвание может проявляться очень рано. Так, известно, что Тельмгольц во время занятий по латыни, вычислял под столом ход пучка лучей в телескопе и тогда уже нашел некоторые оптические теоремы, о которых ничего не упоминалось в учебниках и которые служили ему службу впоследствии, при построении глазного зеркала.

С другой стороны, следует признать, что уверенность в призвании у большинства ученых, имеющих в юности разносторонние способности, возникает под влиянием социальных факторов – престижа профессии, того уважения, которое оказывается ей общественным мнением (сюда же относится материальное обеспечение, перспективы научного роста). Во второй половине XIX века престижность биологии была обусловлена "научным прорывом", сложившимся из открытий Л. Пастера, Р. Коха, И. Мечникова. Так же как выбор физики в 50 – 60-е гг. XX века был связан с её расцветом, начавшимся ещё на рубеже веков.

Огромное значение для раскрытия таланта имеет научная школа. Например, из лаборатории Э. Резерфорда вышла плеяда Нобелевских лауреатов. Кардинальное значение в отечественной физике имела деятельность школы А.Ф. Иоффе, из которой вышли многие крупнейшие отечественные физики. Академик Н.Н. Семенов, в своих воспоминаниях так охарактеризовал стиль руководства научной школой: "Абрам Федорович Иоффе считал, что искусство руководства молодыми научными сотрудниками сводится к нескольким простым требованиям. Подбирай по возможности только способных, талантливых учеников. Притом таких, в которых видно стремление к научному исследованию. В общении с учениками будь прост, демократичен и принципиален. Радуйся и поддерживай их, если они правы, сумей убедить их, если они неправы, научными аргументами. Если ты хочешь, чтобы ученик занялся разработкой какой-либо твоей идеи или нового направления, сделай это незаметно, максимально стараясь, чтобы он как бы сам пришел к этой идее, приняв её за свою собственную, пришедшего ему самому в голову под влиянием разговора с тобой. Не увлекайся чрезмерно руководством учениками, давай им возможность максимально проявлять свою инициативу, самим справляться с трудностями. Только таким путем ты вырастишь не лаборанта, а настоящего ученого. Давай возможность ученикам идти их собственным путем"³. Кроме правильного выбора стиля руководства, важным является психологическая совместимость членов исследовательской группы, её ролевой состав и практика коммуникации.

³ Воспоминания об А.Ф. Иоффе. Л., 1973. С. 10

Творческие способности сами по себе не превращаются в творческие достижения, пока не реализуются, а для этого необходимо желание и воля. **Стимулы и мотивы научного творчества** весьма разнообразны и варьируются на разных этапах исследования и жизни ученого. Среди больших ученых, как правило, преобладают те, для которых ведущим мотивом является любовь к науке, которые видят в ней смысл своей жизни. А. Пуанкаре говорил, что люди работавшие ради непосредственных результатов, ничего не оставили после себя. А. Эйнштейн говорил, что "стремление к истине выше, чем гарантированное обладание ею". Любознательность является проявлением внутреннего ("эгоистического") желания узнать то, что еще не известно. Причем, разрешение мучающей научной проблемы доставляет ученому чувство удовольствия, психологического удовлетворения после иногда мучительного состояния поиска. *Профессор Н.Е. Введенский писал о том, как мучительно И.М. Сеченов пытался решить проблему состава легочного воздуха: "Как-то Иван Михайлович не появлялся дня два в лаборатории, потом он пришел, и я видел его прогуливающимся без дела. Я обратился к нему с вопросом: "Вы были больны, И.М.?" – "Нет, меня страшно занимает один вопрос, занимает настолько, что я не могу спать, и боюсь сойти с ума". Из дальнейших разговоров выяснилось, что в это время его занимала теория состава легочного воздуха. Теоретические соображения и математические выкладки, с помощью которых он нашел возможным решить вопрос, каков должен быть состав воздуха внутри легких... занимал его и волновал так сильно, пока этот вопрос не получил для него ясную и определенную форму, что это обстоятельство не давало ему спокойно спать"*.

Высокие побуждения как непосредственный стимул научного творчества, как бы скептически они не оценивались, присутствуют в науке. Правда, биохимик А. Сент-Дьерди считал, что если юноша стремиться в науку, чтобы осчастливить и облагодетельствовать человечество, то такому юнцу лучше поступить на службу в благотворительное общество. Тем не менее, именно этот мотив заставляет ученых первыми проводить эксперименты на себе, доказывая возможность и целесообразность использования нового лекарства или средства диагностики. *Так, В. Форсман, доказывая возможность катетеризации сердца человека в 1929 году, после того как его предложение встретило категорические возражения, провел операцию на себе (в 1956 году ему была за изобретения этого метода исследования живого сердца присуждена Нобелевская премия по медицине). Но, при этом не стоит забывать, что все-таки для ученого важно получение подтверждения, чувство своей правоты. Участники ядерных программ, в качестве мотива своей деятельности отмечали необходимость поднять оборонную мощь своей страны, что было, несомненно, важным мотивом, как в период второй мировой войны, так и во время "гонки вооружения". При этом для многих первичными были не эти соображения, а возможность практического подтверждения своих идей. В. Гейзенберг вспоминал об одном очень показательном в этом плане разговоре с Э. Ферми, по поводу испытания первой водородной бомбы в Шихом океане: "При обсуждении этого плана я дал понять, что перед лицом вероятных биологических и политических последствий от подобного испытания надлежит воздержаться. Ферми возразил: "Но ведь это такой красивый эксперимент!" Вот, пожалуй, сильнейший мотив, стоящий за практическим приложением науки: ученому требуется подтверждение от беспристрастного судьбы – самой природы, - что он верно понял её структуру"*.

Относительно "тривиальных" (по определению В. Гейзенберга) мотивов следует уточнить, что их влияние на научную деятельность является достаточно существенным. Соперничество в науке, часто стимулирует и ускоряет исследовательскую деятельность. Насколько соревнование может подхлестнуть исследование подробно рассказал Дж. Уотсон в книге "Двойная спираль"(1968) о своем с Ф. Криком соперничестве с Л. Полингом. Стремление приобрести материальные блага в науке определяет выбор преуспевающих наук. Н. Винер, анализируя состояние науки в 50 – 60-е годы, отметил, что перед войной, особенно в период депрессии, доступ в науку был затруднен. К тем, кто хотел заниматься научной работой, предъявлялись высокие требования. Во время войны произошло два существенных изменения. Во-первых, обнаружился недостаток в людях способных осуществить все необходимые для войны научные проекты. Во-вторых, поскольку их все равно необходимо было осуществлять, пришлось перестроить всю систему так, чтобы иметь возможность использовать людей с минимальной подготовкой, минимальными способностями и минимальной добросовестностью. Одновременно поднялся престиж науки и ученых, их положение в обществе, увеличилась оплата их труда. Сочетание этих двух факторов привело к падению нравов, начавшемуся тогда среди ученых и продолжающемуся до сих пор. Со времени войны авантюристы, становившиеся раньше биржевыми маклерами или светочами страхового бизнеса, бук-

важно наводнили науку⁴. При всем негативизме оценки материальной заинтересованности при выборе научной специализации представителями научного сообщества, значимость этого мотива определяется реалиями существования современной науки. В которой только отдельные, как правило, прикладные направления пользуются поддержкой государства и финансируются научными фондами, что не только сказывается на более худшем материальном вознаграждении представителей других дисциплин, но и отсутствии соответствующей материальной базы для проведения исследования.

Размышляя о науке и людях, которые её делают, А. Эйнштейн сказал: "*Храм науки - строение многосложное, и различны люди, пребывающие в нем, и приведшие их туда духовные силы. Одни занимаются наукой с гордым чувством своего интеллектуального превосходства, для них наука – это тот подходящий вид спорта, который дает им удовлетворение честолюбия и чувство полноты жизни. Другие приносят сюда на алтарь продукты своего мозга лишь в утилитарных целях. Но если бы посланный Богом ангел пришел и изгнал бы этих людей из храма, то храм бы катастрофически опустел. Но если бы в нем были бы только люди, подобные изгнанным, он не мог бы подняться, как не может вырасти лес из одних вьющихся растений*".

Типы субъектов научной деятельности

Существуют различные типологизации ученых, в зависимости от типа личности, образа мышления, от того какую роль выполняет ученый в исследовательском коллективе.

В. Оствальд по стилю творчества делил ученых на "классиков" и "романтиков". *Классика* отличает, то, что они не создают школы, не имеют учеников, работают в "тиши уединения", для его работы характерны тонкие и тщательные измерения, основательное знание всех проведенных до него опытов и обобщений (воплощает Кэвендиш). *Романтику* присущи – бурная организационная деятельность и создание школы, популяризация и пропагандирование своих идей и практическое внедрение результатов. Работает в созданном им коллективе. Характерно многообразие интересов (за рамками не только исследования, но и науки вообще), при этом может знать не так уж много о деятельности предшественников (воплощает Пристли). Все естествоиспытатели "принадлежат или к бурному, легко и много производящему типу Пристли, или к медленному и осторожному типу Кэвендиша, всегда работающему над отделкой своих работ, создающему мало по объему, но много по глубине и значению".

Разные типы исследователей в физике выделял П.Л. Капица: "Один – это тип скорее немецкой школы, когда экспериментатор исходит из теоретических предположений и старается проверить их на опыте. Другой же тип ученого, скорее английской школы, исходит не из теории, а из самого явления – изучает его и смотрит, может ли это явление быть объяснено существующими теориями. Тут изучение явления, анализ его является основным мотивом для эксперимента. И если такое явление возможно, Резерфорд был ярким представителем этого второго направления в экспериментальной физике"

В зависимости от доминантности полушария или от доминирующего способа мышления ученых-естественников подразделяют на интуиционистов и логистов. *Интуиционисты* охотно пользуются аналогиями и образными представлениями. *Логисты* предпочитают обходиться, по возможности, без образов и интуиции и развивать теории, исходя из постулатов, возведенных в аксиомы. Под этим углом зрения Бройль оценивает борьбу между логистами – "энергетиками" и интуиционистами – "атомистами". Кроме того, ученых можно подразделить по способности выдвигать проблемы: на *новаторов* (они выдвигают новые проблемы и находят способы их решения – Коши, Эйнштейн, Ж. Перрен) и *тружеников* (не стремятся формулировать новые проблемы, предпочитая проводить длинные вычисления или эксперименты – Леверье, Реньо).

Существуют многочисленные типологизации построенные на основании выделения ролевых функций ученого в коллективе. Научная роль – это специфический набор действий внутри научной деятельности, который данный человек выполняет в данном коллективе лучше других, способность к которым у него выражена ярче по сравнению с другими членами группы. Набор научных ролей в одной группе не похож на другую. Он зависит, во-первых, от специфики программы и стадии её разработки, а во-вторых, от личностных осо-

⁴ Винер Н. Я – математик. М., 1964. С. 260

бенностей каждого из участников совместной деятельности, от того, носителем какой роли они являются. Однако есть несколько практически универсальных ролей, выполнение которых необходимо практически в любом научном коллективе. Это генератор идей, критик и эрудит. Они воплощают в себе три основные составляющие научной деятельности – единство традиции и новаторства, потребности в сохранении, приращении и критике знаний о реальности. Каждый ученый для себя в определенной степени является эрудитом, генератором идей и критиком, но в коллективе он может выполнять наиболее отчетливо какую то одну из этих ролей.

В отечественном науковедении обычно выделяют семь основных типов научно-социальных ролей, описывающих разделение функций в групповом взаимодействии: критик (видит слабые стороны программы, умеет быстро находить решение в затруднительных случаях), генератор идей (задает идейную основу исследований), эрудит (носитель обширного круга знаний, научных традиций и преемственности), организатор, мастер (специалист в конкретной проблемной области), коммуникатор (налаживает и поддерживает групповое общение), исполнитель. Есть ученые, которые в любой группе будут проявлять себя как "генератор идей" или как "критик", хотя с разной степенью успешности.

3. 2. Организация креативного действия в науке

История науки как социального института начинается в XVII веке (это уже было отмечено выше), хотя эпистемические сообщества по производству знания появляются еще в античности (школы Пифагора, Гиппократ и Аристотеля, александрийский Мусейон, своеобразный прообраз университета). Тем не менее, действительно коллективным научное творчество становится только в XVIII - XIX веках – с появлением научных коллективов. В течение этого времени сформировалось несколько основных организационных форм, в которые объединяются представители научного сообщества, и в которых происходит продуцирование научного знания – школа, научно-исследовательский институт, коммуницирующая группа, научный семинар, кафедра, общество. В когнитивном плане признаком институализации таких организационных форм является - концептуальное единомыслие членов, наличие механизмов самоидентификации, в социальном - продолжительность объединения данной формы организации группы, развитость структуры самовоспроизводства, плотность коммуникации.

Научная школа – научный коллектив или сообщество неформально взаимодействующих ученых, сплоченных вокруг научного лидера, разделяющих его основные научные идеи и реализующих единую программу исследования. Объединение зрелых и начинающих исследователей возникает по их собственной инициативе, и это сплочение высоко мотивированных единомышленников на определенный период времени создает оптимальные условия для развития нового направления исследований.

Эффективность научной школы обусловлена самой природой самоорганизующегося коллектива исследователей, объединенных, прежде всего исследовательскими интересами.

Признаки школы:

- наличие лидера – известного авторитетного ученого с качествами харизматической личности, генератора идей и учителя, имеющего оригинальную научную программу, достаточно разработанной для реального исполнения;

- наличие учеников – "школьников" и возможности пополнения школы, приобретение учениками высокой классификации;

- принятие единой концептуальной точки зрения на избранную проблему и на методiku её исследования;

- значимость научных результатов полученных научной школой;

- высокий научный авторитет школы и "школьников" в своей области.

Деятельность научной школы оценивается двумя показателями: *реальным вкладом в развитие науки* (созданием теорий и новых методов исследования, решением проблем) и *количеством крупных ученых, воспитанных в ней* и возглавивших в дальнейшем отдельные её направления.

Типы научных структур, которые называют научными школами:

Научно-образовательная школа – сплоченный вокруг достаточно известного ученого небольшой коллектив (стажеры, аспиранты, студенты), в котором научные исследования совмещены с обучением; если лидер школы не имеет возможности предоставить ученикам постоянную работу, то состав школы оказывается "проточным", а основной функцией остается образовательная.

Исследовательская школа – сравнительно небольшой коллектив ученых, непосредственно сплоченных вокруг лидера и в основном состоящий из прямых и ли косвенных учеников разных поколений, разрабатывающих оригинальную исследовательскую программу лидера или её модификацию.

Школа-направление отождествляется с множеством ученых, не принадлежащих к одному исследовательскому коллективу, но развивающих сходными методами общую специфическую научную идею. Нередко такая школа возникает из обычной исследовательской школы, когда воздействие последней распространяется за сферу её непосредственной активности и порождает некоторую традицию. Говоря о школе-направлении, имеют в виду когнитивную структуру идей и полученных результатов, а не социологически идентифицируемое сообщество ученых.

Национальная школа – национальное своеобразие некоторой научной дисциплины или научного направления, сложившееся в результате интеграции вкладов отдельных научных школ разного типа в масштабах национальной науки. О национальной школе обычно говорят при сравнении когнитивной специфики научных дисциплин в разных странах, ограничиваясь при этом какой-либо одной чертой.

Научный руководитель школы

Способность к саморазвитию школы закладывается учителем, что в свою очередь зависит от его темперамента и особенности подбора учеников, и их способности к творческой трансформации исходного для данной школы принципа.

Научные школы как феномен практической организации деятельности науки возникли и эффективно работали, прежде всего, в естествознании (химии, физике, биологии, математике, астрономии, психологии).

Научные школы как феномен практической организации деятельности науки возникли и эффективно работали прежде всего в естествознании (химии, физике, биологии, математике, астрономии). *В. Оствальд проанализировал деятельность ряда школ и пришел к выводу, что учитель-основоположник школы должен обладать рядом качеств, чтобы её создать. Во-первых, это должен быть выдающийся человек науки, но этого не достаточно, так как Гаусс, Фарадей, Гельмгольц и другие крупные ученые не создали школ, в то время как физики среднего дарования - Г. Магнус и А. Кундт стояли во главе школ, из которых вышли почти все значительные немецкие физики последней четверти XIX века. Во-вторых, обязательно у ученого должна быть сильная воля, что бы создать школу, требующую заботы об учениках, организации их самостоятельных исследовательских проектов, что должно сочетаться с желанием обеспечить ученику возможность реализации и направления их творчества. Показателен в этом плане пример Н. Бора, который предпринимал значительные усилия что бы материально обеспечить своих учеников, привлекал меценатов, пользуясь своим именем и авторитетом, что отнимало у него значительное время. В-третьих, учитель, создатель школы, должен отличаться энтузиазмом, с воодушевлением подходить к исследуемой области, которыми он "заражает" своих учеников, но без подавления их инициативы, иначе эффект может быть весьма посредственным. " Мне известно, что один выдающийся ученый и высоко почитаемый своими учениками учитель сводил на нет весь успех своего преподавания тем, что бессознательно заставлял своих учеников находить именно то, чего он заранее ожидал. Благодаря этому он выпустил сотни докторов и едва ли даже одного ученика развил до такой степени, что он впоследствии мог в научном отношении значительно подняться над средним уровнем".*

У руководителя школы должна быть способность своевременно уступить дорогу талантливой и преуспевающей молодежи, потому что к концу жизни способность к учительской деятельности угасает раньше, чем научная производительность. *Деятельность В.М. Бехтерева очевидное подтверждение того, что именно то личности ученого зависит успешность реализации программы им сформулированной в деятельности его учеников. Важными вехами в становлении его школы были такие события, как создание психофизиологической лаборатории в Казани (1885), психологической лаборатории в Военно-медицинской академии (1897), Психоневрологического института (1907), Инсти-*

туда по изучению мозга и психической деятельности (1918). В.М. Бехтерев как руководитель школы проводил широкую научную и общественную деятельность направленную на формирование соответствующего образа психологии – руководил различными научными обществами, участвовал в организации всероссийских психологических съездов, в основании научных журналов "Обозрение психиатрии, неврологии и экспериментальной психологии", "Вестник психологии, криминальной антропологии и гипнотизма". Организаторский талант В.М. Бехтерева проявлялся в том, что осуществление и дальнейшее развертывание предпринятых им начинаний оказывалось возможным благодаря совместной работе его учеников и сотрудников. Особенность состоит в том, что собственно исследовательская программа была сформирована только в 1902 – 1904 гг., а до этого развитие школы определялось не столько постановкой конкретных целей и задач исследований, сколько атмосферой значительного интереса к психологическим проблемам, к поискам возможных путей их решения. В этот период исследования отдельных, наиболее одаренных учеников опережали развитие психологической концепции учителя. Эта наметившаяся на начальных этапах становления психологической школы В.М. Бехтерева тенденция повлияла на её последующее развитие. Внутри этой школы в 1907 – 1917 гг. сформировалось направление А.Ф. Лазурского В петербургской школе В.М. Бехтерев выступал в роли генератора нетрадиционных идей, инициатора ломки существовавших в то время традиций психологического познания, а А.Ф. Лазурский осуществлял контроль за сохранением в развивающемся знании собственно психологического содержания. Ближайшими учениками А.Ф. Лазурского были М.Я. Басов и В.Н. Мясищев, которые после его смерти продолжали сотрудничать с В.М. Бехтеревым, работая в возглавляемых им учреждениях, публикуя свои труды в руководимых им изданиях, выполняя совместные исследования.

В XX веке произошло изменение организации производства знания в науке, связанное с возможностью проводить исследования, особенно в области естествознания, исключительно в коллективе, при разделении исследования. Организация коллективного труда представлена, прежде всего, научно-исследовательскими институтами и лабораториями.

В XVIII веке общий рост науки и информации, распространение экспериментальных методов и усложнение их техники, возрастание трудоемких научных исследований обусловили появление стабильных, постоянно действующих коллективов, своего рода "зародышей" лабораторий. Особенность таких структурных объединений было то, что кооперировался труд ученого и группы обслуживающего звена – лаборантов, техников, служащих, которые помогали ученому собирать и частично перерабатывать научную информацию. В дальнейшем возникли фирмы, поставляющие точные приборы и другое оборудование для научных экспериментов. В этот период возникло элементарное разделение труда в науке. Лаборант и техник не становился ученым, преемником своего "патрона", а сама научная преемственность возникла позднее. Пример подобной формы организации научной деятельности лаборатория М.В. Ломоносова. В это время именно из-за подобной организации отсутствовали работы выполненные в соавторстве, а точнее руководитель лаборатории просто в публикации не упоминал своих помощников. Только в середине XIX века появляются научные коллективы современного типа. В них, помимо руководителя, работали не только техники и лаборанты, но и научные сотрудники. Наука настолько усложнилась, что стало почти невозможно одному даже очень крупному ученому выступать специалистом во многих областях знания. Становится необходимым объединять усилия ученых на решение одной общей задачи. Внутри подобных объединений усложняется структура обслуживающего звена: часть лаборантов обслуживает индивидуальные интересы научных сотрудников, а часть – общую задачу лаборатории. Сложность решаемых задач привела к тому, что именно в лабораториях и институтах происходит трансляция профессионального знания и опыта. Главной чертой научных коллективов на этом этапе являлась их профессиональная однородность (что характерно и для современного состояния науки). Кроме организации собственно научной работы руководитель осуществлял своеобразную педагогическую функцию "ментора", воспитания молодых ученых. Поэтому лаборатории известных ученых превращались в своего рода теплицы, в которых вырастали научные кадры для всего мира.

В России одним из первых ученых осознавших необходимость коллективной работы, по единому научному плану, был П.Н. Лебедев. Он имел терпение и силу воли добиться преобразования физического кабинета в лабораторию институт, несмотря на сопротивления руководства университета и министерства. Ученик П.Н. Лебедева Н.А. Капица писал: "Петр Николаевич оставил после себя школу физиков и

притом школу не формально выражающуюся в том, что тот или иной советский физик был когда-то учеником Лебедева, а широкую действительную школу, живую и растущую". С.И. Вавилов отметил, что именно "пример лебедевской лаборатории с многочисленными учениками и сотрудниками послужил основой создания ряда научно-исследовательских физических институтов в нашей стране".

С середины XX века возникают принципиально новые образования: своего рода коллективы "пестрых" в профессиональном отношении ученых. Углубление и увеличение объема знаний, усложнение техники эксперимента и характера полученной информации породили необходимость сознательного объединения в одну группу людей разных научных интересов, специальностей, информационных возможностей. Внутри такой лаборатории существует деление на группы, в которых концентрируются работники, близкие по своим знаниям и интересам, но так же есть и ученые, удаленные от общей информационной направленности. В подобной лаборатории существует иерархия не только между научными сотрудниками и обслуживающим звеном, но и среди самих ученых, возникают заместители по научным направлениям. Задача заведующего лабораторией, наряду с прежними, традиционными функциями (личная научная работа, воспитание молодых научных работников) дополняется необходимостью поддерживать взаимопонимание и координировать взаимодействие в научном коллективе, что требует от него знаний в смежных областях знания и генерации "стратегической цели" работы группы.

Научная школа и научно-исследовательский коллектив (лаборатория, научно-исследовательский институт, сектор при академическом институте) как формы организации научной деятельности обеспечивают, прежде всего, производство знания и трансляцию научной традиции, в ходе подготовки ученых к профессиональной деятельности. Остальные формы организации ученых являются объединениями возникшими либо для удовлетворения коммуникативной потребности ученых (коммуникативная группа), либо из необходимости оформления группы ученых как социально-административного института (академия наук, общество), либо как часть механизма производства профессионалов, организуемых в рамках образовательных учреждений (кафедра, семинар).

Коммуникативная группа возникает из ученых поддерживающих интеллектуальные связи неформальными контактами и перепиской. Она весьма нестабильна по составу участников и структуре взаимоотношений, которые зависят от когнитивных интересов и наличия медиатора, способного поддерживать интерес общения среди идейно близких ученых. До появления специализированных журналов коммуникативные группы были, чуть ли не единственным каналом для филиации идей. *Пример коммуникативной группы "широкого спектра действия" (существующей продолжительное время, в которой большое число участников, обсуждающих не столько специально научные проблемы, но довольно широкий спектр вопросов мировоззренческого и философского характера) – в XVII веке группа Мерсенна. Его называли "ученым секретарем Европы", он был выдающимся медиатором вовлекшим в переписку и активную полемику около 100 ученых старого света, без его посредничества не появились бы некоторые из работ Декарта, Гоббса, Гассенди. В ходе инициированных им дискуссий научное сообщество рефлексировало по поводу норм научной деятельности.*

В XX веке по мере увеличения специализации ученых (что приводит к уменьшению количества потенциально заинтересованных в обсуждении проблемы) и появления профессиональных журналов (в которых возможно представить результаты исследования, но они не удобны на стадии формирования концепции, которая требует непосредственного, "живого" обсуждения), численность коммуникативных групп значительно уменьшается и они формируются на основании личных контактов, возникающих во время обучения, работы в лаборатории или знакомства на конференции. Эффективность этих групп определяется непосредственностью контактов и малым числом участников, находящихся в состоянии непосредственного взаимодействия. *В. Гейзенберг вспоминал, как во время Сольвеевского конгресса в Брюсселе в 1927 году происходила дискуссия по принципу неопределенности, который подвергался сомнению А. Эйнштейном, и отстаивался Н.Бором, В. Паули и В. Гейзенбергом, которые были именно коммуникативной группой, связанной не отношениями наставничества, а коллегиальности. В. Гейзенберг в воспоминаниях описал характер отношений, отличающий подобные группы: "Эйнштейн многократно пытался в ходе конгресса опровергнуть соотношения неопределенностей с помощью контрпримеров, которые он формулировал в виде мысленных экспериментов. Мы все жили в одном отеле, и, как правило, к завтраку Эйн-*

штейн приходил с каким-нибудь подобным предложением, которое предстояло проанализировать. Обычно, Эйнштейн, Бор и я проделывали путь до зала конгресса вместе, так что во время этой краткой прогулки удавалось начать анализ, прояснив исходные допущения. В течение дня, Бор, Паули и я постоянно обсуждали тезис Эйнштейна, так что к ужину мы, как правило, были уже в состоянии доказать, что мысленный эксперимент Эйнштейна находится в согласии с соотношениями неопределенностей и, следовательно, не может быть использован для их опровержения. Эйнштейн уступал, но на следующее утро приносил к завтраку новый мысленный эксперимент, обычно более сложный, чем раньше и призванный на этот раз уж обязательно привести к опровержению. С новой попыткой дела складывались не лучше, чем с предыдущими, и к ужину её тоже удавалось парировать".

Одна из наиболее формализованных социо-когнитивных групп институализируется в университете – *кафедра по дисциплине*. В социальном аспекте статус преподавателя дисциплины зафиксирован в качестве представителя профессии; в институциональном – коллектив кафедры представляет данную дисциплину в рамках университетского сообщества; в коммуникативном – члены кафедры являются "вынужденной" теоретической группой общения или первичной референтной группой. Отношения наставничества могут способствовать возникновению на кафедре научной школы, когда вокруг "учителя" формируется группа учеников-коллег, работающих в более или менее общем методологическом русле и интересующихся определенным набором проблем, причем взгляды "лидера" на нормы организации интеллектуального поиска являются определяющими, что проявляется в теоретической связи между работами членов кафедры и соавторстве. Но особенность формирования университетской кафедры заключается в том, что при её образовании превалирует административный аспект, а не общность концептуальных интересов, поэтому достаточно часто на кафедрах, если они достаточно крупные, ученые не имеют идейной общности и не находятся в курсе исследовательских интересов коллег. Общность исследовательского интереса возникает в том случае, если руководитель кафедры одновременно является не только администратором, но и достаточно крупным ученым, имеющим школу учеников с которыми занимается исследовательской деятельностью, и которые "вырастая" становятся коллегами.

Научный семинар как форма организации ученых связан в большей степени с университетской жизнью. Механизм функционирования семинара зависит от его продолжительности и состава членов. Первый вариант организации семинаров непосредственно связан с учебным процессом. Создается преподавателем дисциплины для студентов и аспирантов с целью углубления у них навыков исследовательской работы. Если личность учителя и его методологическая программа оригинальны – из выпускников семинара возникает теоретическая группа, у которой формируется присущий ей стиль работы, отражающийся в публикациях, подборе тем для рефератирования и рецензирования. Вторым вариантом семинара – это периодические собрания уже сложившихся исследователей необязательно возглавляемые одним лидером, но его участники имеют близкие концептуальные позиции. Этот тип семинара больше напоминает научное общество, но формально менее структурирован, членство в нем не упорядочено и его участники не имеют "внешних" задач по популяризации своих идей (семинары Н. А. Капицы, В.А. Амбарцумяна, С. Л. Рубенштейна). Основная функция этого типа – организация коммуникации, обеспечивающей обмен мнениями и идеями.

Научное общество является объединением ученых, имеет официально утвержденный статус. Устав общества, регламентирующий его цели и способ приема членов, одобрен государством в лице Министерства просвещения. Задача научного общества заключается не только в обмене идеями, но и в популяризации науки (дисциплины) как вида знания, что требует определенной финансовой базы, поэтому членство в обществе платное, а привлечение спонсоров и попечителей, обеспечивающих реализацию издательских программ, является весьма важным делом для учредителей. Научное общество имеет не только когнитивные, но и социально-экономические аспекты, позволяющие реализовывать просветительские проекты.

Возникшие в начале XX века в России научные и научно-технические общества подразделялись на два типа – общества, ставившие целью проведение исследований в какой-либо области, и профессиональные ассоциации специалистов. Научные общества начала XX века принципиально отличались по своему характеру от подобных организаций начала XIX века. Общества, которые занимались непосредственным

производством исследований, уже не были такими всеобъемлющими по своим интересам, как "Московское Общество испытателей природы", "Общество любителей естествознания, антропологии и этнографии", "Географическое общество" и другие, возникшие в XIX веке. Новые организации были специализированными, например "Физическое общество им. П.Н. Лебедева", "Палеонтологическое общество", "Русское металлургическое общество", "Русское агрономическое общество", "Московское математическое общество", "Общество детских врачей". Эти общества по мысли участников должны были стать самостоятельными центрами научных исследований. Своеобразным явлением в истории русской науки были научные общества, которые не занимались производством исследований по конкретной тематике, а ставили перед собой более широкие задачи – от финансирования отдельных работ до организации исследовательских институтов. Это были объединения научной общественности, цель которых – финансовая и организационная поддержка отечественной науки в целом. Первым появилось "Общество содействия успехам опытных наук и их практических применений им. Х.С. Леденцова" Оно возникло в 1909 г. при Московском университете и Высшем техническом училище на средства, завещанные крупным промышленником Х.С. Леденцовым. Цель общества – содействовать исследованиям в области естествознания, проверке изобретений на практике и внедрению их. Благодаря поддержке Общества в те годы получили возможность развиваться наиболее перспективные научные направления. В 1910 г. на средства Общества при Институте экспериментальной медицины началось оборудование физиологической лаборатории для И.П. Павлова. В 1911 г. была выдана значительная субсидия В.И. Вернадскому для организации радиевых экспедиций. Общество финансировало исследования Н.Е. Жуковского, работы Л.А. Чугаева в области платины.

Таким образом, разные организационные формы объединения ученых позволяют обеспечивать функции воспроизводства ученых, производства научного знания и обеспечивают коммуникацию ученых. Общение между учеными представляет необходимое условие плодотворной работы, и является одним из условий развития науки.

Научное творчество и управление

В управлении научным творчеством существует два аспекта – первый связан с внутренней организацией деятельности коллектива, непосредственно влияющей на исследователя, и второй – представляет собой внешнее влияние на дисциплину со стороны общества и власти, что сказывается на тематике исследований и ресурсном обеспечении дисциплины (опосредованно влияет на творческий процесс).

Организация деятельности коллектива является функциональной обязанностью руководителя. От руководителя зависит влияние на три группы факторов организующих научную деятельность: тип управления, уровень свободы в выборе тематики исследований, профессиональный климат. Если в прошлом основными функциями руководителя научного коллектива были, во-первых, его собственная работа и, во-вторых, руководство сотрудниками, которое в значительной степени носило педагогический характер и служило дальнейшему совершенствованию молодых ученых. Он выполнял задачу координации усилий всех сотрудников на решение общей задачи и разработки научного прогноза. В связи с принципиальным изменением характера научной деятельности во второй половине XX века расширились функции научного руководителя, который должен обладать широкими знаниями и способностью разрабатывать общую стратегию комплексного исследования, уметь руководить коллективом, имеющим сложную структуру. Важным фактором, от которого зависит микроклимат группы, является стиль руководства, выбранный руководителем.

Стиль руководства – это сложившийся способ взаимодействия (воздействия) руководителя с группой и её членами. Принято выделять три основных стиля руководства: либеральный (попустительский, анархический), коллегиальный (демократический), директивный (авторитарный).

Либеральный стиль характеризует достаточно отстраненная позиция руководителя в группе, при которой он пытается не вмешиваться в дела сотрудников, предоставляя каждому право принимать решения и соответственно отвечать за их выполнение. Руководитель не может полностью устранился от процесса принятия решений, стратегических для деятельности группы, поэтому, принимая решение, он учитывает пожелания членов группы, но в целом дает ситуации "разрешаться самой собой".

Коллегиальный стиль предполагает широкое и равноправное участие группы в обсуждении основных событий её жизни: выбор общего направления исследования, корректировку

исследовательской программы, распределение задач и координирование отдельных исследований, решение важных организационных или конфликтных вопросов, затрагивающих всех или многих членов коллектива. Руководитель, практикующий коллегиальный стиль во взаимодействии с группой, ориентирован не только на конечный результат деятельности, но и на то, как он будет достигнут, на уровень и успешность взаимодействия членов группы в процессе деятельности, на "дух" (социально-психологический климат) коллектива.

Директивный стиль отличается большой жесткостью позиции руководителя по отношению к группе. Он рассматривает её как средство достижения поставленной задачи и, следовательно, как объект воздействия. Руководитель предпочитает самостоятельно принимать решения и отвечать за них. Интересы дела могут заслонять в его глазах интересы группы и отдельных людей, а поэтому он бывает нечувствителен к желаниям, просьбам и недовольству своих подчиненных. Для директивного руководителя характерно не столько взаимодействие с членами группы, сколько воздействие на них.

Исследователи полагают, что директивный стиль руководства дает лишь временные преимущества, но является наименее приемлемым. Коллегиальный стиль наиболее эффективен в научных организациях, а либеральный действителен только для опытных ученых, занятых фундаментальными исследованиями. Ученому, считающему образцом организации "союз равных", импонирует общий стиль интегративного руководства, скрадывающий наличие контроля и жесткой детерминации научной деятельности.

На творчество влияет *морально-психологическая обстановка*, созданная в коллективе. Конкретный анализ показывает, что самые "простые" конфликты внутри коллектива приводят к резкому снижению производительности труда, а иногда и к полной невозможности научного творчества. Конфликтная ситуация разрушает состояние креативной производительности, приводит к снижению работоспособности и падению продуктивности. Психологи утверждают, что плохое или хорошее настроение является причиной колебаний в уровне производительности труда порядка 18 %. Переход на другую работу, из-за конфликтов, приводит к потере 3 – 4 лет, которые уходят на овладение новой темой, на установление личных и профессиональных контактов и органическое слияние с новым коллективом. Уход сотрудника отрицательно сказывается на коллективе, которому необходимо затратить 2 – 3 года на поиск и подготовку нового сотрудника. Чем крупнее масштаб ученого, тем тяжелее последствия подобных ситуаций.

Задача руководителя коллективом состоит не только в организации собственно научной деятельности, но и формирования психологического микроклимата. Это требует в свою очередь правильного отбора людей для работы.

Важным моментом, обеспечивающим творческий микроклимат научного коллектива, является его ресурсное обеспечение: приборами, техническими материалами, реактивами и т.д. Ресурсное обеспечение научного коллектива зависит от "внешних" факторов – от государственной политики в области науки и социального заказа.

Научная политика состоит из трех блоков: политики в области науки (расстановки исследовательских приоритетов и создание мотивационных механизмов для деятельности ученых); применении результатов науки для решения технических и социальных проблем; организации науки (институциональном оформлении научного труда и его ресурсном обеспечении).

До первой мировой войны организации, ведавшие наукой в Европейских странах и России, занимались почти исключительно оценкой научной значимости итогов исследовательской работы, распределением небольших субсидий на научные исследования и присуждением почетных званий научным работникам. Наука не оказывала какого-либо заметного воздействия на политику стран, на их экономику или военную деятельность. Государство поддерживало, в зависимости от конкретной страны и традиции в ней существующей, либо отдельные университеты, либо академические научные центры. В финансировании и организации научных исследований участвовало общество путем добровольных пожертвований.

В 30-годы в ряде Европейских стран при министерствах просвещения были созданы консультативные организации по управлению наукой. Их деятельность была направлена на координацию научных исследований в общегосударственном масштабе при помощи: предос-

тавления научным работникам и научно-исследовательским учреждениям субсидий и пособий на научное оборудование, на расходы по изданию научных трудов, по командировкам; организации исследований, особенно фундаментальных.

Вторая мировая война, стала прелюдией современного этапа интеграции, в которой научный потенциал наряду с производственными и людскими ресурсами играл важную роль. В результате возникли новые отношения между государством промышленностью и наукой. Государство стало выстраивать определенную систему отношений с наукой, используя достижения которой стремиться регулировать темпы развития промышленности.

Государственная научно-техническая политика – система мероприятий, планируемых и осуществляемых государством для обеспечения динамического и эффективного развития научно-технического потенциала страны. Функции государства в отношении науки: законодательная (устанавливает правовые основы функционирования науки, в обществе в целом и конкретные нормы регулирования его научно-технического сегмента), заказчика и потребителя продукции, координатора совместной деятельности секторов науки, направленной на развитие научно-технического потенциала в целом, на повышение конкурентно способности науки на мировой арене, политическая сила, определяющая отношение всего общества к проблемам науки и техники.

Во время второй мировой войны, для обеспечения потребности государства в военных проектах, в непосредственный контакт с наукой втянулось множество предприятий. В свою очередь университетские лаборатории, ранее прикладными исследованиями незанимавшиеся либо были мобилизованы правительством для участия в военных проектах, либо сами изъявили готовность участвовать в таких проектах. В результате произошли изменения в структуре производства и управления им. Стали формироваться системы государственных органов, задачей которых является разработка и реализация государственной научно-технической политики. Резко возроста потребность общества в наращивании НТП, и наука превратилась в крупную отрасль национального хозяйства, поглощающую заметную часть людских и материальных ресурсов общества.

Классификация форм интеграции науки и производства по уровню кооперации подразделяется на международные, общегосударственные (национальные), региональные, межучрежденческие. *Национальные исследовательские программы* это крупные, комплексные проекты в разработке и реализации которых участвует все основные секторы научно-технического потенциала страны (государственного, частнопромышленного и академического). *Региональные программы* имеют целью развитие научного и вузовского потенциалов региона путем организации новых и расширения существующих центров; содействие развитию наукоемких отраслей промышленности в регионе. На региональном уровне возникли программы создания регионов науки, технополисов, научных парков, инкубаторов. Регионом науки называется территория, охватывающая одну или несколько административно-территориальных единиц, в экономике которых главную роль играют научно-производственные комплексы: исследовательские центры, разрабатывающие новые технологии, и производства, основанные на применении этих новых технологий.

В составе региона науки есть технополисы, научные парки различных типов. В связи с тем, что не существует специальных административных центров, управляющих развитием региона науки, то координирование его компонентов осуществляется как обычными административными структурами, так и ассоциациями, фондами и общественными организациями, обеспечивающими связь между этими комплексами. Технополис – это город, в котором главную роль в экономике имеет исследовательский центр и предприятия, использующие эти разработки. Научный парк – это коммерческая организация, создаваемая при исследовательском центре и располагающая зданиями и территориями, где размещаются наукоемкие фирмы. Инкубатор – это здание где на ограниченный срок на условиях аренды размещаются вновь создаваемые наукоемкие фирмы-клиенты. Феномен научных парков возник в 50-х годах как результат стихийного образования агломерацией новых наукоемких фирм вокруг крупных исследовательских центров типа Стенфордского университета Кембриджского университета. До середины 70-х оставались локальным и достаточно редким явлением, но в 80-е годы широко распространились.

В качестве средства сближения университетских и промышленных исследований в ряде стран были организованы Национальные центры научных исследований. Институты нового типа соединили индустриальную и экспериментальную базу, совместили занятия, как фундаментальными исследованиями, так и долгосрочными прикладными исследованиями.

Государство, стремясь направлять научное развитие в социально и экономически значимые формы, занимается поддержанием не только фундаментальных научных проектов, но и промышленных исследований. Заинтересованность государства проявляется в направлении ассигнований, выделяемых на проведение исследований в отдельных сферах науки и отраслей промышленности. Преимущественной поддержкой государства в промышленных исследованиях пользуются стратегически важные отрасли, наиболее емкие по капиталовложениям, требующие долгосрочных исследований. Государство финансирует традиционно исследование по авиации, ядерные исследования и исследования в электронике.

Средством привлечения частной промышленности к научным исследованиям становится финансовая политика государства. Налоговая политика в области науки – часть общей протекционистской политики правительства, направленной на развитие экономического потенциала страны, концентрацию производства, поощрение наиболее динамичных и прогрессивных организационных структур. Текущие расходы, предназначенные для целей исследования, освобождаются от обложения налогами. Финансовые льготы распространяются на пожертвования и завещания в пользу научных исследований, а также на прибыль, получаемую с продажи патентов и лицензий.

Во Франции своеобразной формой использования налоговой политики с целью поощрения кооперативных исследований в промышленности с 60-х гг. стала система парафискальных налогов. Налоги, взимаемые при продаже продукции фирм, занятых в той или иной отрасли, – это источник финансирования кооперативных исследований в этой отрасли. Причем суммы, выделенные промышленностью на кооперативные исследования, не облагаются налогами. Кроме того, ассоциации, признанные общественно полезными, получают привилегии и контролируются государством.

В СССР и России руководством в проведении фундаментальных исследований занималась Академия наук. Академия наук в СССР это не только сообщество ученых (как в США, Франции, Англии). Она представляет собой организацию, которая имеет в своем составе разветвленную сеть подчиненных научно-исследовательских учреждений, которые осуществляют общее руководство развитием определенных отраслей знаний в стране, и ведут подготовку научных кадров высшей квалификации. Академия наук была признана высшим научным учреждением Советского Союза, но до 1929 г. роста её учреждений фактически не происходило. Научные исследования велись на базе ранее существовавших учреждений. После 1929 г. начался рост исследовательских институтов, наладилась система подготовки кадров, установлена была система координации работ с научными учреждениями страны. К планированию своих научно-исследовательских работ Академия наук приступила в годы первой пятилетки. По заданию Госплана РСФСР академическими учреждениями были составлены перспективные пятилетние планы исследований в области изучения производительных сил на 1928 – 1933 годы. Первые годовые планы в целом по Академии наук были разработаны на 1931 и 1932 гг., были первым опытом планирования науки и носили компилятивный характер. Связи научных исследований с запросами народного хозяйства были отражены в первом пятилетнем плане Академии наук (1933 – 1937 гг.), который был разработан на основе "Директив к оставлению второго пятилетнего плана народного хозяйства СССР". В нем было намечено семь "стержневых теоретических проблем", разработку которых Академия наук как высшее научное учреждение страны брала на себя: изучение основ структуры материи, освоение природных ресурсов страны и исследование истории развития земной коры на территории Союза в различные геологические эпохи, развитие энергетики, содействие промышленному строительству и химизации народного хозяйства, изучение органического мира и общественных процессов. В 40 – 60-е годы в союзных республиках были созданы академии наук, с целью осуществления перспективных научных исследований, непосредственно связанных с развитием экономики и культуры республики. В систему академий наук союзных республик входили научные учреждения. Представляющие современные отрасли знания, ко-

торые сгруппированы в отделения академий. Основными отделениями, образующими структуру Академии наук с 1963 года, считается: физико-технических и математических наук; химико-технологических и биологических наук; общественных наук.

Руководство прикладными отраслями науки с послевоенного времени - государственный научно-технический комитет. Функции этой организаций заключались: в разработке проектов планов научно-исследовательских работ и внедрения достижений науки и техники в производство; руководство работой научно-исследовательских учреждений по выполнению важнейших комплексных научно-технических проблем, координация деятельности АН и министерств по выполнению комплексных научно-исследовательских работ, а также по обеспечению непрерывного проведения научных исследований до стадии внедрения их результатов в народное хозяйство.

В 1950 – 1960 годах государство активно вкладывало средства в освоение первой волны научно-технической революции, особенно в базовые научно-технические направления: ядерную энергетику, квантовую электронику, космическую технику. Вторая волна научно-технической революции в 80-х годах не имела ярко выраженного оборонного направления, поэтому их финансирование было недостаточным и наметилось отставание СССР от других стран в таких областях как информатика, биотехнологии и микроэлектроника. Административно-командная система в СССР сформировала между наукой и государством вертикальные отношения субординационного типа. Государство осуществляло централизованный контроль над общественной информацией, над назначением и продвижением работников, над академическими исследованиями и подготовкой кадров, над научными публикациями.

Кризис управления наукой и фактическое устранение государства от осуществления политики в области науки в конце 80-х и 90-е годы прошлого столетия привели к значительному ухудшению материально-технической и информационной оснащенности российской науки (среднестатистический российский ученый обеспечен оборудованием, необходимым для проведения исследований, в 80 раз, а информацией – в 100 раз хуже американского⁵).

Науковедческие исследования позволяют сделать вывод, что чем крупнее страна, тем крупнее должна быть в ней национальная наука, в противном случае, выполнение ею социальных функций будет носить не массовый, а элитарный характер: ученых хватит только на преподавание в элитарных вузах и интеллектуальную подпитку элитарных видов деятельности. Малая наука в большой стране может эффективно выполнять когнитивные, но не вторичные социальные функции, которые предполагают "распыление" научных идей и их носителей в обществе, что требует большой науки.

3.3. Креативный результат

Оценка результатов научного творчества

Результатом научной деятельности является получение нового знания, которое должно быть представлено научному сообществу с соблюдением определенных требований не только в содержательном аспекте (о критериях научности подробно писалось во второй главе), но и в формальном (требования к дискурсу научных статей, монографий).

О проблеме должного представления результатов исследования говорил еще М.В. Ломоносов, который стоял за ясность и простоту изложения: *"Еще же примечено в академиях, что весьма знающие в своих науках профессоры мало притом искусны в словесных науках, так что их сочинения излишними распространениями, неясственными, сомнительными и ненатуральными выражениями в чтении скучны и невразумительны. Для того академики должны быть достаточны в чистом и порядочном штиле, хотя и не требуется, чтобы каждый из них был оратор"*.

Из "формальных характеристик" научного текста оценивается его структурные особенности – композиционная организация, стилистика речи, её лексико-фразеологические средства, а также соответствие выбранной формы изложения идей существующей традиции в данной дисциплине. В науке в течении XX века сложилась практика использовать в качестве единственно приемлемых дискурсивных типов, в которых возможно репрезентативное представление результатов научного творчества, - научный и научно-публицистический ти-

⁵ Юревич А.В., И.П. Цапенко Функциональный кризис науки //Вопросы философии. 1998. № 1. С.17

пы, хотя в предыдущие периоды допускалось, при представлении научных идей, использовать и научно-философский дискурс, который был характерен для научно-философских трактатов. Для научного типа дискурса характерны понятийный вид речи и инструментальность её стиля, бедность семантических свойств (используются только концептуальные метафоры, простые сравнения), использование общезначимых (теоретические и эмпирические) способы аргументации – прямое и косвенное подтверждение, дедукция тезиса на его совместимость с другими законами и принципами, анализ тезиса с точки зрения принципиальной возможности его эмпирического подтверждения, включение тезиса в какую то теорию и т.д. В научно-публицистическом типе дискурса возможно использование понятийно-эмоционального вида речи и её эмоционально-инструментальный стиль, что проявляется в более богатой семантической выразительности, допускающей лексические и овеществляющие метафоры, иронию и тропы, развернутые сравнения, образы-символы. Аргументационные конструкции могут включать контекстуальные способы обоснования то есть ссылку на авторитет, на интуицию, на традицию, могут использоваться аргументы к личности.

Полученное новое знание или научное открытие предстает в виде концептуальных систем (гипотез, теорий, законов), изобретений новых приборов, инструментов и установок, новых способов и методов экспериментального исследования объектов (процессов, вещей, явлений). Существует сформулированная, универсальная система критериев оценки представляемых концепций и изобретений, независимо от отрасли знания и научной дисциплины. Её квинтэссенция представлена в требованиях, сформулированных Высшей Аттестационной комиссией: " *Диссертация на соискание ученой степени доктора наук должна быть научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как новое крупное научное достижение, либо решена крупная научная проблема, имеющая важное социально-культурное или хозяйственное значение, либо изложены научно обоснованные технические, экономические или технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны и повышение её обороноспособности. Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук должна быть научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, либо изложены научно обоснованные технические, экономические или технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики или обеспечения обороноспособности страны*"⁶. Работа должна быть написана единолично, содержать совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых автором для публичной защиты, иметь внутреннее единство и свидетельствовать о личном вкладе автора в науку. Предложенные автором новые решения должны быть строго аргументированы и критически оценены по сравнению с другими известными решениями. В работе, имеющей прикладное значение, должны приводиться сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов, а в работе, имеющей теоретическое значение, - рекомендации по использованию научных выводов.

О проблемах возникающих при экспертной оценке научных работ писалось довольно много, эти проблемы связаны с действием "субъективного" фактора – эксперты любого уровня (входящие в редакции журналов, научные советы, экспертные комиссии) имеют свои привычные ожидания, представления по поводу оцениваемой тематики работы, поэтому необходимо корректировка личного мнения коллективным решением. Но это не гарантирует от недооценки значимости слишком оригинальной работы, неприятия междисциплинарного исследования, выходящего за рамки принятого стереотипа восприятия дисциплины. *Например, в начале 1929 года в журнале "Изобретатель" появилась статья инженера Е. Перельмана "О бесплодном творчестве". Автор рассуждал о некоторых, по его мнению, нерациональных задачах, решение которых полагал невозможным. Например, перевод стрелок трамвайных путей непосредственно рукояткой вагонного жатого. Сейчас автоматические стрелки, управляемые "запрещенным" способом, широко применяются на трамвайных линиях (аппарат управления создал советский изобретатель И. Логинов). В статье содержались сомнения в реализации и многих иных начинаний, таких, как приспособление для изготовле-*

⁶ Бюллетень Высшей Аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации. 2002. № 2. С. 5

ния волнистых труб прессования, механизация разводки пил, и другие. Все это было доведено позднее до стадии воплощения в производство.

Долгое время большинству естествоиспытателей был совершенно неясен смысл введенного А. Эйнштейном понятия фотона. Среди большинства оказались выдающиеся физики, и даже из числа тех, что возглавляли разработку квантовых идей, например, Н. Бор. Об умонастроении тех времен можно хорошо судить по такому факту. В 1907 году А. Эйнштейн принял участие в конкурсе по кафедре теоретической физики Венского университета на должность приват-доцента. В качестве конкурсной работы представил опубликованную статью, в которой развивал новые взгляды в области квантовых явлений. Факультет признал работу неудовлетворительной, а профессор Э. Форстер, читавший курс теоретической физики, возвращая статью, грубо сказал: "Я вообще не понимаю, что вы тут написали!". В 1921 году А. Эйнштейну была присуждена Нобелевская премия, именно за эти исследования

Естественно, что парадоксальные идеи принимаются с трудом, при большом сопротивлении, и полоса такого сопротивления может быть не кратковременной. Но, все же новое, в конце концов, признают, оно входит даже в программы обучения. Однако еще и после этого оно может долго оставаться на особом положении: его будут принимать, но не понимать. Например, крупнейший американский физик Р. Фейнман сказал: "я смело могу сказать, что квантовой механики никто не понимает". Подобным образом высказывался и советский математик С.А. Соболев – "квантовую механику нельзя понять, к ней надо привыкнуть". Другой не менее яркий пример, реакция Э. Резерфорда на вопрос как он относится к теории относительности: "А, чепуха. Для нашей работы это не нужно". Это мнение прозвучало в 1923 году, когда теория относительности уже была признана научным сообществом, а Э. Резерфорд был всемирно известным ученым.

Достаточно оригинальный (но сложно сказать, что эффективный) способ вылавливать парадоксальные идеи практикуется американским журналом «Физическое обозрение». Обычно он печатает сообщения, в которых ниспровергаются основы науки. Большинство статей, направляемых в журнал, отвергается редакцией не потому, что их нельзя понять, а потому именно, что их можно понять. Редакция журнала исходит из того, что великое открытие, когда оно едва появляется, возникает в запутанной и бессвязной форме. Самому первооткрывателю оно понятно лишь отчасти, а для всех остальных оно остается совершенно непонятным. Поэтому любое оригинальное построение кажется поначалу безумным, не имеющим никаких надежд на успех. Академик П.К. Анохин, в связи с проблемой непонятности научному сообществу новых открытий, полагал, что если работа не является совершенно абсурдной, ее можно обнаружить.

Система вознаграждения в научном сообществе

Очевидно, что в составе научного сообщества существует, выбранная на основе действия определенного механизма, элита. Существуют методики, которые указывают на ряд необходимых атрибутов и признаков при решении вопроса об отнесении того или иного представителя научного сообщества к его элите. В качестве таковых предлагаются следующие показатели:

- избрание конкретного ученого действительным членом, членом-корреспондентом, почетным членом академий, научных учреждений и обществ;
- присуждение премий и медалей за научную деятельность;
- включение биографических справок о них в специальные биографические справочники и энциклопедии;
- участие ученых в работе редакционных коллегий, изданий с высоким научным цензом;
- высокий индекс цитирования публикаций ученого членами мирового научного сообщества.

В науке действует так называемый "эффект Матфея", при котором уже признанные ученые получают новые поощрения (премии, награды, цитирование) значительно легче своих пока еще не признанных коллег.

Внутри профессии существует система вознаграждения, выступающая дополнительным стимулом для специалиста и обеспечивающая высокую мотивацию относительно профессиональной карьеры (мотивы подразделяются на две группы: удовлетворение личной амбициозности или стремления к лидерству, и общественно-значимые мотивы – желание упрочить и популяризировать представляемую дисциплину, получить гранты на проведение исследовательских работ). Механизм научного признания отвечает за здоровье научного сообщ-

щества. Заслуги членов научного сообщества находят признание в накоплении его профессионального статуса.

О желании научного признания как основного вознаграждения писали многие ученые. М. Планк по этому поводу сказал так: "реальный мир в абсолютном смысле не зависит от отдельных личностей и даже от всего человеческого мышления, и поэтому любое открытие, сделанное отдельным человеком, приобретает всеобщее значение. Это дает исследователю, работающему в тихом уединении над своей проблемой уверенность в том, что каждый найденный им результат получит прямое признание у всех компетентных людей. Сознание значимости своей работы является счастьем для исследователя. Оно является полноценной наградой за те различные жертвы, которые он постоянно приносит в повседневной жизни"⁷. Более импульсивно высказался на эту тему Г. Селье: "Я крайне редко встречал ученых, если встречал вообще, которые не были бы заинтересованы в одобрении своих коллег и не были бы обеспокоены тем, получают они приоритет на свои открытия или нет. Редко кто берет в руки книгу или статью по своей тематике из желания немедленно увидеть в перечне литературы или авторском индексе свое имя. Почему же многие так ужасно стыдятся этого чувства?"

Признание отражается в способности ученого определять деятельность научного сообщества в данный момент, то есть его актуальной заметностью. Институты дисциплинарной коммуникации обеспечивают возможность оперативно доводить этот показатель до научного сообщества. Результатом признания этой деятельности являются: расширение возможности получать исследовательские субсидии или гранты; приток аспирантов (они приносят плату за обучение или гранты университету); приглашение к участию в престижных проектах. Тем самым поощряется работа на научное сообщество.

Одной из главных форм вознаграждения участника научного сообщества является информация. Статус официального рецензента журнала дает доступ к рукописям статей, содержание которых станет известно сообществу лишь через несколько лет. Членство в редколлегии журнала не только расширяет возможности, но и позволяет оказывать влияние на политику внутри соответствующей области исследований. Участие в экспертных комиссиях и советах фондов и финансирующих агентств знакомит эксперта с исследованиями, которые еще только предполагается проводить, то есть с прогнозом развития его направления работы. И чем более успешно работает ученый, тем больше информационных преимуществ он получает от научного сообщества. Наряду со статусным доступом к информации успешно работающий ученый попадает и в круг элитной коммуникации. Обращаясь в этом кругу с корифеями, он может быстро узнать о проблеме или добиться максимально квалифицированного обсуждения собственной проблемы практически немедленно.

Но кроме несомненных плюсов, связанных с приобретением признания в науке, существует ряд психологических и социальных проблем. А. Эйнштейн как-то заметил, что "Из всех ученых, которых я знал, одна только мадам Кюри осталась неиспорченной успехом". По мнению Г. Селье, гораздо больше людей могут противостоять неудачам, чем выдержать испытание успехом и не превратиться в символ самодовольного авторитета или "добротного" покровителя тех, кого обошла слава. Психологические проблемы, возникающие после получения признания, связаны с возникновением чувства опустошенности после окончания трудной работы ("меланхолия завершения"), кроме того, происходит приспособление к определенному типу работы, а она независимо от степени оригинальности становится рутинной. Ученый, долгое время работавший над определенной проблемой и вставший перед проблемой поиска новой исследовательской цели, оказывается плохо готов для восприятия чего-то нового – возникает психологическая установка, что нет ничего достойного внимания по значимости в сравнении с решенной им проблемой.

Социально детерминированные препятствия творчеству возникают в связи с возрастающим профессиональным статусом ученого и увеличением "спроса" на его присутствие в коммуникативной и институционально-образующей деятельности в научном сообществе. Становясь руководителем научных учреждений, участвуя в деятельности экспертных комиссий и научных редакций, получая корреспонденцию и участвуя в различных общественных и научных конференциях и церемониях, ученый имеет все меньше времени, что бы занимать-

⁷ Цит. по: Селье Г. От мечты к открытию. М., 1987. С. 86

ся собственно научной деятельностью. Необходимость поддерживать имидж науки и своей дисциплины, заставляет участвовать ученого в различных программах телевидения и давать интервью прессе, часто по вопросам, не имеющим отношения к его профессиональной деятельности, что связано не только с тратой времени, но и определенными моральными проблемами – превращением знаменитости в оракула.

Принимая участие в организации механизма воспроизводства научного сообщества ученый тратит время не только на созданную им научную школу, институт, но на рецензирование работ молодых ученых, которые ему не интересны, но являются аспирантами его коллег, участвует в комиссиях по распределению премий, степеней и грантов.

Летопись естественнонаучных открытий⁸

Период становления физики как науки

Начало XVII в. - 80-е гг. XVII в. Физика развивается как самостоятельный раздел науки. Основателем её становится Г. Галилей.

- ❖ 1600 г. Вышел в свет трактат У. Гильберта «О магните, магнитных телах и о большом магните Земле», в котором заложены основы электро- и магнитостатики.
- ❖ 1603 г. Открыта фосфоресценция (В. Каскариоло).
- ❖ 1604 г. Вышел в свет трактат И. Кеплера по оптике «Дополнения к Вителлию», где помещены его теория зрения, теория камеры-обскуры, сформулирован один из основных законов фотометрии - закон обратной пропорциональности между освещенностью и квадратом расстояния до источника света.
- ❖ 1607 г. Попытки Г. Галилея измерить скорость света с помощью сигналов фонаря.
- ❖ 1609 г. В труде «Новая астрономия» И. Кеплер излагает первые два закона движения планет и высказывает мысль о том, что вес тела составляет общую тенденцию всех тел к соединению. Г. Галилей сконструировал зрительную трубу и использовал ее как телескоп для астрономических наблюдений, что привело к революционным изменениям в астрономии, в частности к возникновению оптической астрономии.
- ❖ 1610 г. Г. Галилей при помощи, сконструированной им зрительной трубы с 30-кратным увеличением, открыл четыре спутника Юпитера. Вышел в свет труд Г. Галилея «Звездный вестник», где помещены его астрономические открытия гор и впадин на Луне, четырех спутников Юпитера, новых звезд, которые невозможно видеть невооруженным глазом. Высказана мысль о том, что Млечный Путь состоит из бесконечного множества звезд. Вскоре Галилей открыл также фазы Венеры и пятна на Солнце.
- ❖ 1610...1614 гг. Г. Галилей конструирует свои микроскопы. Благодаря Галилею линзы и оптические приборы стали мощными орудиями научных исследований.
- ❖ 1611 г. Вышел в свет труд И. Кеплера «Диоптрика», в котором дана теория зрительной трубы, в частности конструкция трубы, которую теперь называют кеплеровой. В этом труде и в предыдущем («Дополнения к Вителлию») изложена элементарная геометрическая оптика.
- ❖ 1619 г. Вышел в свет трактат И. Кеплера «Гармония мира», в котором содержится третий закон движения планет.
- ❖ 1621 г. В. Снеллиус экспериментально открыл закон преломления света.
- ❖ 1625 г. Открытие вариации магнитного склонения (Г. Геллибранд).
- ❖ 1627 г. Вышел в свет труд Р. Декарта «Рассуждения о методе».
- ❖ 1628 г. Итальянский ученый Б. Кастелли установил закон обратной пропорциональности скорости течения жидкости в трубах площади поперечного сечения.
- ❖ 1632 г. Вышел в свет известный труд Г. Галилея «Диалог о двух основных системах мира - птолемеевой и коперниковой», где, в частности, содержатся два важных принципа современной физики - принцип инерции и принцип относительности.
- ❖ 1636 г. Вышел в свет трактат М. Мерсенна «Универсальная гармония», где изложены его исследования по акустике.
- ❖ 1637 г. Вышел в свет труд Р. Декарта «Диоптрика», где излагается идея эфира как переносчика света, дается теоретическое доказательство закона преломления, которое было высказано Декартом еще в 1630 г. Экспериментально закон преломления установлен в 1621 г. В. Снеллиусом. Р. Декарт ввел понятие переменной величины и функции.
- ❖ 1638 г. Вышел в свет труд Г. Галилея «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых областей науки...», в котором, в частности, содержится идея конечности скорости распространения света и постановки эксперимента для ее определения, утверждение, что при отсутствии сопротивления среды все тела падают с одинаковой скоростью; законы свободного падения (пропорциональность скорости падающего тела времени падения, и пропорциональность пройденного пути квадрату времени), закон сложения перемещений и т. п. Итальянский ученый Дж. Б. Бальяни впервые четко разграничивает понятие веса и массы тела и указывает на пропорциональность веса массе.

⁸ Кунафин М. С. Концепции современного естествознания: Учебное пособие.– Уфа, 2003. – с. 412-465

- ❖ 1643 г. Открытие атмосферного давления, способа получения вакуума и создание первого барометра (Э. Торричелли). Установление Э. Торричелли формулы для скорости истечения жидкости из узкого отверстия в открытом сосуде (формула Торричелли).
- ❖ 1644 г. Вышел в свет труд Р. Декарта «Начала философии», в котором впервые четко сформулирован закон инерции, дана теория магнетизма и изложена первая космогоническая гипотеза. Здесь же помещен и его закон сохранения количества движения. М. Мерсенн дал количественное описание наблюдений, выполненных У. Гильбертом.
- ❖ 1646...1647 гг. Б. Паскаль подтвердил существование атмосферного давления, повторив опыт Торричелли, и экспериментально обнаружил уменьшение атмосферного давления с высотой.
- ❖ 1647 г. Итальянский математик Б. Кавальери в трактате «Шесть геометрических упражнений» дал формулу линзы.
- ❖ 1648 г. Открытие дисперсии света (И. Марци).
- ❖ 1650 г. О. Герике изобрел воздушный насос.
- ❖ 1653 г. Установление Б. Паскалем закона распределения давления в жидкости (закон Паскаля), опубликован в 1663 г.
- ❖ 1655 г. Изобретение ртутного термометра.
- ❖ 1657 г. Х. Гюйгенс сконструировал маятниковые часы со спусковым механизмом, ставшие основой точной экспериментальной техники (проект соединения маятника со счетчиком предлагал Галилей еще в 1636 г.). Изобретен водяной барометр (О. Герике).
- ❖ 1659 г. Р. Бойль и Р. Гук усовершенствовали воздушный насос Герике.
- ❖ 1660 г. Х. Гюйгенс и Р. Гук установили постоянные точки термометра - точку таяния льда и точку кипения воды. Вышел в свет труд Р. Бойля «Новые опыты..., касающиеся упругости воздуха». О. Герике сконструировал основанную на трении электрическую машину.
- ❖ 1661 г. Р. Бойль в труде «Химик-скептик» сформулировал понятие химического элемента как простейшей составной части тела.
- ❖ 1662 г. Р. Бойль открыл зависимость давления газа от объема, Независимо от Бойля этот же закон установил Э. Мариотт в 1676 г. Отсюда и современное название - закон Бойля - Мариотта. П. Ферма сформулировал оптический принцип, названный его именем (принцип Ферма).
- ❖ 1665 г. Опубликован труд Ф. Гримальди «Физико-математический трактат о свете, цветах и радуге», в котором содержится открытие явления дифракции (интерференции) света. Вышел в свет трактат Р. Гука «Микрография», в котором описаны его микроскопические наблюдения. И. Ньютон вывел обратно пропорциональную зависимость силы тяготения квадрату расстояния между притягивающимися телами.
- ❖ 1666 г. Открытие И. Ньютоном явления разложения белого света в спектр (дисперсия света) и хроматической аберрации.
- ❖ 1667 г. Вышел в свет труд Л. Магалотти «Очерки о естественнонаучной деятельности Академии опытов», в котором изложены результаты коллективной работы, проводимой академиками флорентийской Академии опытов в 1657...1667 гг. Описаны термометры, ареометр, гигрометр, маятник с бифилярным подвесом, опыты по тепловому расширению тел и получению вакуума. Дж. Борелли вывел закон столкновения неупругих тел.
- ❖ 1668 г. И. Ньютон сконструировал первый зеркальный телескоп (телескоп-рефлектор).
- ❖ 1669 г. Х. Гюйгенс дал теорию удара упругих тел и установил закон сохранения количества движения (mv) и закон «живых сил» ($mv^2/2$). Э. Бартолин открыл двойное лучепреломление света в кристаллах исландского шпата. Открыт 15-й элемент - фосфор (Г. Брандт). Немецкий химик И. Бехер выдвинул гипотезу флогистона.
- ❖ 1670...1671 г. В сочинении «Метод флюксий» (опубликовано в 1736 г.) И. Ньютон наиболее полно разработал дифференциальное и интегральное исчисления.
- ❖ 1684 г. систематическое изложение дифференциального исчисления, а в 1686 г. изложение интегрального исчисления опубликовал Г. Лейбниц.
- ❖ 1672 г. Вышел в свет труд О. Герике «Новые, так называемые магдебургские опыты о пустом пространстве». Впервые с приемлемой точностью измерено расстояние до Солнца (Ж. Ришар, Д. Кассини).
- ❖ 1674 г. Р. Гук в трактате «О движении Земли» высказал идею тяготения и представил свою систему мироздания. В 1680 г. Р. Гук пришел к выводу, что сила тяготения обратно пропорциональна квадрату расстояния.
- ❖ 1675 г. Р. Гук открыл основной закон упругости (закон Гука) и Ньютон выдвинул корпускулярную гипотезу света. Исследуя интерференцию и дифракцию света, И. Ньютон открыл так называемые «кольца Ньютона».
- ❖ 1676 г. О. Ремер в результате наблюдений спутников Юпитера сделал вывод о конечности скорости распространения света и по данным наблюдений впервые определил ее величину - 214000 км/сек, (до этого Дж. Порта, И. Кеплер, Р. Декарт и др. считали скорость света бесконечной). Э. Мариотт предложил рассчитывать высоту места по данным барометра.
- ❖ 1678 г. Х. Гюйгенс обнаружил явления двойного лучепреломления в кварце и поляризации света. Создание Х. Гюйгенсом волновой теории. Вышел в свет труд Х. Гюйгенса «Маятниковые часы», в котором приведены теория физического маятника, понятие момента инерции и законы центробежной силы.
- ❖ 1680 г. Открытие зависимости точки кипения воды от давления (Д. Папен). В 1680 г. Д. Папен изобрел паровой котел с предохранительным клапаном.

- ❖ 1681 г. Х. Гюйгенс объяснил изменение периода колебаний маятника изменением ускорения силы тяжести, выдвинул идею об измерении ускорения силы тяжести при помощи секундного маятника и первым пришел к выводу о том, что Земля у полюсов сплюснута.
- ❖ 1686 г. Найдена барометрическая формула (Э. Галлей). Введение Г. Лейбницем понятия «живой силы» (энергии) как произведения массы тела на квадрат его скорости.

Первый этап развития естествознания (конец XVII в. – 60 годы XIX в.)

Возведенная Ньютоном, его предшественниками и последователями грандиозная система классической физики (конец XVII в. - конец XIX в.) просуществовала почти два века и только в конце XIX в. начала рушиться под напором новых фактов и концепций, не укладывающихся в рамки существующих теорий.

Первый ошутимый удар по физике Ньютона нанесла еще в 60-х годах XIX в. теория электромагнитного поля Максвелла - вторая после ньютоновской механики великая физическая теория, дальнейшее развитие которой углубило ее противоречия с классической механикой и привело к революционным изменениям в физике.

Поэтому период классической физики делится на два этапа: первый этап - от И. Ньютона до Дж. Максвелла (конец XVII в. - 60-е гг. XIX в.); второй этап - от Максвелла до 1895 г (60-е гг. XIX в. - 1894 г.).

- ❖ 1687 г. Вышел в свет труд И. Ньютона «Математические начала натуральной философии» («Начала»), содержащие основные понятия и аксиоматику механики, в частности три основных закона (законы Ньютона) и закон всемирного тяготения. Выход в свет «Начал» открыл новый период в истории физики, так как в них впервые содержалась законченная система механики, законы которой управляют большим количеством процессов в природе. Французский механик П. Вариньон в книге «Проект новой механики» формулирует понятие момента силы и дает в общей геометрической форме теорему о моменте равнодействующей.
- ❖ 1690 г. Вышел в свет «Трактат о свете» Х. Гюйгенса (завершен в 1678 г.), в котором помещены волновая теория света (световые возбуждения являются упругими импульсами в эфире), принцип построения огибающей волны (принцип Гюйгенса) и описано открытое им явление поляризации света. Д. Папен дал описание замкнутого термодинамического цикла паровой машины.
- ❖ 1693 г. Э. Галлей вывел общую формулу линзы.
- ❖ 1694 г. К. Ренальдини предложил в качестве фиксированных температур при градуировке термометра использовать температуры таяния льда и кипения воды.
- ❖ 1698 г. Открытие электрической искры (Вольт).
- ❖ 1702 г. Г. Амонтон усовершенствовал воздушный термометр Г. Галилея, сконструировав термометр, в основном похожий на современный газовый. Этот термометр дал возможность Амонтону прийти к понятию абсолютного нуля, который по его данным составлял $-239,5^{\circ}\text{C}$.
- ❖ 1703 г. Вышел в свет труд Х. Гюйгенса «О центробежной силе».
- ❖ 1704 г. Вышел в свет труд И. Ньютона «Оптика».
- ❖ 1705 г. Т. Ньюкомен изобрел тепловую машину - первую машину, успешно применяемую для подъема воды.
- ❖ 1706 г. Начало исследований разрядов в газах (Ф. Гауссби). Построена первая стеклянная электрическая машина (Ф. Гауссби).
- ❖ 1710 г. Открыто свечение воздуха в стеклянной трубке при электрическом разряде (Ф. Гауссби).
- ❖ 1714 г. Введение Г. Фаренгейтом термометрической шкалы, названной его именем (шкала Фаренгейта).
- ❖ 1717 г. И. Бернулли сформулировал в общей форме принцип возможных перемещений.
- ❖ 1718 г. Э. Галлей открыл собственное движение звезд, чем разрушил давние представления об их неподвижности. Ж. Жюрен открыл закон подъема жидкости в капиллярных трубках, названный его именем (закон Жюрена). Обратная пропорциональная зависимость высоты подъема жидкости в капиллярах диаметру капилляра была известна еще в 1670 г. Дж. Борелли.
- ❖ 1721 г. Выдвинута теория теплорода.
- ❖ 1725 г. Дж. Брайден открыл абберацию света и в 1728 г. дал ей правильное объяснение, чем окончательно подтвердил факт конечности скорости распространения света.
- ❖ 1729 г. Вышел в свет «Оптический трактат о градации света» П. Бугера, в котором, в частности, помещен закон ослабления света.
- ❖ Открыто явление электропроводности (С. Грей).
- ❖ 1730 г. Р. Реомюр предложил применять в термометрах спирт и ввел шкалу, названную его именем (шкала Реомюра).
- ❖ 1733 г. Открытие двух видов электричества, установление притяжения разноименных зарядов и отталкивания одноименных (Ш. Дюфе).
- ❖ 1736 г. Вышел в свет труд Л. Эйлера «Механика», положивший начало превращению механики из геометрической науки в аналитическую.
- ❖ 1737 г. Открытие Дж. Брайдеем явления нутации земной оси.
- ❖ 1738 г. Вышла в свет работа Д. Бернулли «Гидродинамика», в которой содержится уравнение, выражающее закон сохранения энергии применительно к стационарному движению идеальной несжимаемой жидкости (уравнение Бернулли).
- ❖ 1739 г. Л. Эйлер дал полную теорию колебания струны.
- ❖ 1740 г. Изобретение фотометра (П. Бугер).
- ❖ 1742 г. А. Цельсий предложил стоградусную шкалу термометра, названную его именем (шкала Цельсия).
- ❖ 1742 г. Введены понятия «проводник» и «непроводник» электричества (Ж. Дегаюлье).

- ❖ 1743 г. Вышел в свет «Трактат о динамике» Ж. Даламбера, где впервые сформулированы общие правила составления дифференциальных уравнений движения любых материальных систем и дан принцип, сводящий задачи динамики к задачам статики (принцип Даламбера).
- ❖ 1744 г. Г. Рихман дал формулу для определения температуры смеси однородных жидкостей. М.В. Ломоносов ввел представление о молекулах и атомах и создал молекулярно-кинетическую теорию строения вещества.
- ❖ Л. Эйлер сформулировал принцип наименьшего действия (независимо от Эйлера этот принцип применительно к механике развил также в 1744...1746 гг. П. Мопертюи).
- ❖ 1745 г. М. В. Ломоносов высказал мысль, что причина теплоты заключается в движении («теплота состоит во внутреннем движении материи»).
- ❖ 1745 г. Изобретен первый электрический конденсатор - лейденская банка (Э. Клейст, П. Мушенбрук).
- ❖ 1746 г. Установлен закон сохранения момента количества движения (Л. Эйлер, Д. Бернулли). Вышел в свет труд М.В. Ломоносова «Экспериментальная физика». Вышел в свет труд Л. Эйлера «Новая теория света и цветов», в которой он придерживается волновой теории и считает различную длину волны причиной различия цветов.
- ❖ 1747 г. Л. Эйлер вывел формулу двояковыпуклой линзы. Исследование Б. Франклином атмосферного электричества, доказательство электрической природы молнии (подобные опыты провели в 1752...1753 гг. М.В. Ломоносов и Г. Рихман).
- ❖ 1749 г. П. Мушенбрук изобрел пирометр.
- ❖ 1750 г. Изобретение молниеотвода (Б. Франклин). В 1754 г. молниеотвод построил чех П. Дивиш.
- ❖ Б. Франклин сформулировал теорию электричества и закон сохранения электрического заряда.
- ❖ 1751 г. Открыт 28-й элемент - никель (Д. Кронштедт).
- ❖ 1752 г. Л. Эйлер выдвинул утверждение, что максимальная длина световой волны соответствует красным лучам, а минимальная - фиолетовым.
- ❖ 1752...1754 гг. Л. Эйлер проводит гидродинамическое исследование и выводит уравнение гидродинамики (уравнение Эйлера), вводит потенциал скоростей, записывает основное уравнение теории потенциала (уравнение Лапласа).
- ❖ 1753 г. Дж. Беккариа показал, что электрический заряд в проводнике распределяется по его поверхности.
- ❖ 1754 г. Дж. Блэйк открыл углекислый газ.
- ❖ 1755 г. Разработка И. Кантом гипотезы происхождения солнечной системы.
- ❖ 1756 г. Открытие М.В. Ломоносовым закона сохранения массы вещества в химических реакциях. Этот же закон в 1774 г. установил А. Лавуазье. Ф. Эпинус открыл явление пирозлектричества.
- ❖ 1757 г. Открытие скрытой теплоты и первые измерения теплоты плавления и парообразования (Дж. Блэйк).
- ❖ 1758 г. Английский оптик Дж. Доллонд сконструировал ахроматический объектив. Вышел в свет труд Р. Бошковича «Теория натуральной философии, приведенная к единому закону сил, существующих в природе», в которой сделана попытка на основании одной теории объяснить все физические явления.
- ❖ 1759 г. Разработка первой математической теории электрических и магнитных явлений (Ф. Эпинус).
- ❖ 1760 г. Введено понятие удельной теплоемкости. Положено начало калориметрии (Дж. Блэк). Вышел в свет труд И. Ламберта «Фотометрия, или об измерении и сравнении света, цветов и тени», в котором приведены основные понятия и законы фотометрии, в частности закон, названный его именем (закон Ламберта).
- ❖ 1762 г. Вышел в свет двухтомник «Введение в натуральную философию» П. Мушенбрука, представляющий собой физическую энциклопедию того времени.
- ❖ 1763 г. И.И. Ползунов разработал проект паровой машины (в 1765 г. машина была построена, а в 1766 г. начала эксплуатироваться).
- ❖ 1765 г. Вышел в свет «Трактат о движении твердых тел» Л. Эйлера (закончен в 1760 г.), в котором Л. Эйлер развил теорию вращения твердого тела около закрепленной точки.
- ❖ Вышли в свет «Письма к одной немецкой принцессе» Эйлера, в которых изложены его физические и философские взгляды.
- ❖ 1766 г. Открытие водорода (Г. Кавендиш).
- ❖ 1771 г. Дж. Пристли открыл фотосинтез.
- ❖ 1772 г. И. Вильке ввел единицу измерения тепла - калорию. Открыт 7-й элемент - азот (Д. Рутерфорд).
- ❖ 1774 г. Открыт 8-й элемент - кислород (Дж. Пристли). Открыты 17-й и 25-й элементы - хлор и марганец (К. Шееле).
- ❖ 1775 г. Усовершенствование электрофора (А. Вольта). Изобретен в 1757 г. Ф. Эпинусом.
- ❖ 1775 г. А. Лавуазье разработал основные положения кислородной теории, доказал сложный характер воздуха, объяснил горение, показал, что при дыхании поглощается кислород и образуется углекислый газ.
- ❖ 1777 г. И. Ламберт показал, что тепловые лучи, как и световые, распространяются прямолинейно.
- ❖ 1778 г. Открыт 42-й элемент - молибден (К. Шееле). Дж. С. Валлис, А. Бургманс и Ш. Кулон развили двухфлюидную теорию магнетизма.
- ❖ 1781 г. И. Вильке осуществил первые измерения удельной теплоемкости методом смешивания (он также ввел понятие водяного эквивалента и предложил новый метод определения удельной теплоемкости - по количеству льда, расплавленного исследуемым горячим телом). Установление законов трения (Ш. Кулон). А. Вольта изобрел чувствительный электроскоп с соломинками. В. Гершель открыл планету Уран. Открыт 52-й элемент - теллур (М. Рейхенштейн).

- ❖ 1783 г. Открыт 74-й элемент - вольфрам (Ж. и Ф. Эльгуйяр). Изобретен волосяной гигрометр (Г. Сосюр). А. Лавуазье и П. Лаплас изобрели калориметр и определили удельные теплоемкости многих твердых и жидких тел. Они открыли также, что удельная теплоемкость тела не является постоянной, а зависит от температуры.
- ❖ 1784 г. Ш. Кулон осуществил исследование упругого кручения нитей и построил крутильные весы. И. Гадолин дал формулу для температуры смеси. Сконструирован первый ахроматический микроскоп (Ф. Эпинус). Дж. Уатт построил универсальный паровой двигатель.
- ❖ 1785 г. Установление Ш. Кулоном основного закона электрического взаимодействия (закон Кулона). А. Лавуазье и Ж. Менье синтезировали воду из кислорода и водорода.
- ❖ 1786 г. Установление связи теплоты с электрической искрой (М. Ван Марум).
- ❖ 1786 г. Разработка новой химической номенклатуры (А. Лавуазье).
- ❖ 1787 г. Э. Хладни осуществил опыты по изучению колебаний пластин с образованием «фигур Хладни».
- ❖ Французский физик Ж. Шарль установил один из газовых законов, названный его именем (закон Шарля).
- ❖ 1788 г. Сжигая водород в кислороде при помощи искры, Г. Кавендиш получил воду.
- ❖ 1788 г. Вышел в свет труд французского ученого Ж. Лагранжа «Аналитическая механика», где выведены аналитические условия равновесия материальной точки и системы.
- ❖ Ш. Кулон распространил открытый им закон взаимодействия точечных электрических зарядов на взаимодействие точечных полюсов магнита.
- ❖ 1789 г. Открыты цирконий и уран (М. Клапрот).
- ❖ 1789 г. Разработана метрическая система единиц длины, массы, 1794 г. силы и др. физических величин.
- ❖ 1791 г. Опубликован «Трактат о силах электричества при мышечном движении» Л. Гальвани, в котором сохранилось открытие электрического тока (1780 г.). Открыт 22-й элемент - титан (В. Грегор).
- ❖ 1791...1792 гг. П. Прево выдвинул теорию теплового равновесия.
- ❖ 1794 г. Открыт 39-й элемент - иттрий (А.В. Гадолин).
- ❖ 1795 г. Установление пробы твердого тела (М. Ван Марум).
- ❖ 1796 г. Э. Хладни установил законы колебания стержней, чем заложил основы экспериментальной акустики. А. Вольта открыл явление диффузии водорода и воздуха. Вышел в свет труд П. Лапласа «Изложение системы мира», в котором содержится его космогоническая гипотеза образования солнечной системы.
- ❖ 1797 г. Открыты бериллий и хром (Н. Вокелен).
- ❖ 1798 г. Г. Кавендиш при помощи крутильных весов измерил притяжение двух тел, подтвердив закон всемирного тяготения И. Ньютона, вычислил плотность Земли. Б. Румфорд осуществил опыты, свидетельствующие в пользу механической теории теплоты.
- ❖ 1799 г. А. Вольта сконструировал первый источник электрического тока - «вольтов столб» (электрическую батарею). Получение тепла от трения двух кусков льда (Г. Дэви).
- ❖ 1800 г. Открытие явления электролиза (У. Никольсон, А. Карлейль). В. Гершель открыл инфракрасные лучи. Открытие Т. Юнгом явления интерференции звука.
- ❖ 1801 г. Открытие ультрафиолетовых лучей (У. Волластон, И. Риттер). У. Волластон и Н. Готтро дали теорию «вольтового столба» (впервые химическое объяснение механизма возникновения гальванического тока предложил в 1792 г. Дж. Фаброни). Открыт 23-й элемент - ванадий (дель Рио). Открыт 41-й элемент - ниобий (К. Гатчетт). Открытие закона парциальных давлений (Дж. Дальтон). Т. Юнг сформулировал принцип интерференции света.
- ❖ 1802 г. Открытие У. Волластоном линий поглощения в солнечном спектре, названных в дальнейшем «фраунгоферовыми» в связи с переоткрытием их в 1815 г. И. Фраунгофером.
- ❖ 1802 г. Осуществление Т. Юнгом опыта по получению интерференции света от двух отверстий. Наблюдение поляризации химического элемента. Открытие В.В. Петровым электрической дуги и осуществление с ней ряда опытов (плавление металлов, сжигание различных веществ). Электрическую дугу и подобные опыты осуществил в 1810 г. также Г. Дэви. Вышел в свет систематический труд по акустике Э. Хладни «Акустика». Исследование Ж. Гей-Люссаком расширения газов и открытие им зависимости изменения объема газа от температуры (закон Гей-Люссака). Этот закон открыл в этом же году и Дж. Дальтон. Открыт 73-й элемент - тантал (А. Экеберг).
- ❖ 1803 г. Открытие закона зависимости растворимости газов от их парциального давления (Дж. Дальтон). Дж. Дальтон ввел понятие атомного веса. Открыт 58-й элемент - церий (И. Берцелиус, В. Гизингер, М. Клапрот). Открыты 45-й и 46-й элементы - родий и палладий (У. Волластон). Открыт 77-й элемент - иридий (С. Теннант). Измерение Т. Юнгом длины волн разных цветов. Он получил для длины волны красного света значение - 0,7 микрона, для фиолетового - 0,42 микрона.
- ❖ 1804 г. Открыт 76-й элемент - осмий (С. Теннант).
- ❖ Т. Юнг выдвинул идею неподвижного, не увлекаемого Землей эфира (в 1818 г. идею частично увлекаемого эфира высказал О. Френель).
- ❖ 1805 г. Х. Гротгус разработал теорию, объясняющую механизм химического разложения воды при прохождении тока. Открыто явление термоупругости (Гаух).
- ❖ 1806 г. П. Лаплас установил один из основных законов капиллярности (закон Лапласа).
- ❖ 1807 г. Установлено понижение температуры при адиабатическом расширении газа и повышение - при его сжатии (Ж. Гей-Люссак). Это явление отмечали также Э. Дарвин (1788 г.) и Дж. Дальтон (1802 г.). Введение Т. Юнгом модуля упругости (модуль Юнга). Открыты 11-й и 19-й элементы - натрий и калий (Г. Дэви).

- ❖ 1808 г. Открыты 12-й, 20-й, 38-й и 56-й элементы - магний, кальций, стронций и барий (Г. Дэви). Ж. Гей-Люссак открыл закон объемных отношений. Открыт 5-й элемент - бор (Ж. Гей-Люссак, Л. Тенар). Открытие Э. Малюсом поляризации света при отражении и закона, названного его именем (закон Малюса).
- ❖ 1811 г. Разработка А. Авогадро молекулярной гипотезы строения вещества и установление закона, названного его именем (закон Авогадро). Вышел в свет двухтомный «Курс механики» С. Пуассона.
- ❖ 1811 г. Открыт 53-й элемент - йод (Б. Куртуа). Открытие Д. Араго хроматической поляризации. Д. Араго обнаружил оптическую активность (у кварца). С. Пуассон распространил теорию потенциала на явления электростатики, сформулировав, в частности, важную теорему, названную его именем, - теорему Пуассона (в 1824 г. он распространил ее и на магнетизм).
- ❖ 1814 г. И. Берцелиус опубликовал таблицу атомных весов 41 химического элемента, взяв за основу атомный вес кислорода и введя обозначения элементов (химическую символику, применяемую и сейчас).
- ❖ 1814...1815 гг. Обнаружение И. Фраунгофером в солнечном спектре темных линий поглощения, названных его именем (фраунгоферовы линии). Эти линии также наблюдал еще в 1802 г. У. Волластон, однако не оценил свое открытие и неверно их интерпретировал.
- ❖ 1815 г. Английский ученый У. Проут выдвинул гипотезу о том, что атомы всех химических элементов выражаются целыми числами, т.е. являются комбинациями атомов водорода (гипотеза Проута). Открытие Ж. Био круговой поляризации и закона вращения плоскости поляризации света (закон Био). Он же установил существование правовращательных и левовращательных веществ (вращение плоскости поляризации света в кварце наблюдал еще в 1811 г. Д. Араго). Д. Брюстер открыл закон, названный его именем (закон Брюстера). О. Френель дополнил оптический принцип Гюйгенса, введя представление о когерентности элементарных волн и их интерференции (принцип Гюйгенса - Френеля).
- ❖ 1816 г. О. Френель осуществил опыт с двумя зеркалами (зеркала Френеля) для получения интерференции света. О. Френель и Д. Араго обнаружили, что лучи, поляризованные во взаимно перпендикулярных плоскостях, не интерferируют. Первое достаточно точное определение размеров молекулы (Т. Юнг).
- ❖ 1817 г. Открыт 3-й элемент - литий (А. Арфведсон). Открыт 48-й элемент - кадмий (Ф. Штрөмейер). Предположение о поперечности световых лучей (Т. Юнг, О. Френель). Создан биметаллический термометр (А. Бреге).
- ❖ 1818 г. Открыт 34-й элемент - селен (И. Берцелиус). Создание О. Френелем теории дифракции света. Г. Кавендиш сконструировал прибор для определения ускорения силы тяжести в данном месте (оборотный маятник).
- ❖ 1819 г. Проведение О. Френелем опыта с бипризмой (бипризма Френеля) для получения интерференции света. Вышел в свет труд О. Френеля «Мемуар о дифракции света».
- ❖ 1819 г. Немецкий химик Э. Митчерлих открыл явление изоморфизма. Установление П. Дюлонгом и А. Пти закона, названного их именем (закон Дюлонга и Пти).
- ❖ 1820 г. Открытие Х. Эрстедом магнитного действия тока. А. Ампер установил правило, определяющее зависимость между направлением электрического тока и направлением магнитного поля, создаваемого этим током (правило Ампера). А. Ампер открыл взаимодействие электрических токов и установил закон этого взаимодействия (закон Ампера). А. Ампер высказал гипотезу молекулярных токов, положив в ее основу теорему эквивалентности токов и магнитов (теорема Ампера), в которой последовательно проводилась чисто токовая идея происхождения магнетизма. В гипотезе Ампера была предвосхищена в качественной форме современная электронная теория магнитных свойств атомов и веществ. А. Ампер высказал идею использования электромагнитных явлений для передачи сигналов. Д. Араго обнаружил намагничивание железных опилок электрическим током. Изобретен гальванометр (И. Швейгер). Открытие А. Ампером магнитного эффекта катушки с током (соленоида). Ж. Био и Ф. Савар открыли закон, определяющий напряженность магнитного поля прямого тока (закон Био-Савара). Определение Ф. Саваром пределов слышимости нормального уха человека. У. Николь изобрел прибор для получения линейно поляризованного света (призма Николя). Создан гигрометр Даниэля.
- ❖ 1821 г. Установлена зависимость сопротивления проводника от его длины, поперечного сечения и температуры (Г. Дэви). Получение М. Фарадеем вращения проводника с током в магнитном поле (создание модели электродвигателя). Т. Зеебек открыл термоэлектричество (эффект Зеебека). Широкое применение И. Фраунгофером дифракционных решеток для исследования спектров. Некоторые считают его изобретателем дифракционной решетки, однако принцип действия ее открыл еще в 1785 г. Д. Риттенхауз. К. Навье создал теорию упругости твердых тел.
- ❖ 1822 г. Французский ученый О. Коши заложил основы математической теории упругости. Вышел в свет труд Ж. Фурье «Аналитическая теория теплоты». В нем впервые использовались формулы размерностей.
- ❖ 1823 г. Создание термобатареи (Ж. Фурье, Х. Эрстед). Изобретено динамо (У. Стерджен). П. Барлоу построил раннюю модель электромотора (колесо Барлоу).
- ❖ 1823 г. Опубликован труд А. Ампера «Теория электродинамических явлений, выведенная исключительно из опыта». Открытие О. Френелем эллиптической и круговой поляризации света. О. Френель установил количественные законы преломления и отражения света (формулы Френеля). Открыт 14-й элемент - кремний (И. Берцелиус).
- ❖ 1824 г. Вышел в свет труд С. Карно «Рассуждения о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу», в котором приведены формулировка второго начала термодинамики, цикл Карно и теорема Карно. Открытие действия вращающейся металлической пластинки на магнитную стрелку магнетизма вращения (Д. Араго).

- ❖ 1825 г. Открыта анизотропия кристаллов (Э. Митчерлих). Открыт 35-й элемент - бром (Левиг). Л. Нобили изобрел астатический гальванометр. Создание У. Стердженем электромагнита.
- ❖ 1826 г. Ж. В. Понселе ввел понятие «работа» для произведения силы на путь, пройденный точкой ее приложения. Объединены закон Гей-Люссака с законом Бойля - Мариотта и записано уравнение газового состояния (Ж. Гей-Люссак). Создание Н. И. Лобачевским новой геометрии, отличной от евклидовой (геометрия Лобачевского).
- ❖ 1827 г. Г. Ом открыл закон, названный его именем (закон Ома), и ввел понятие электродвижущей силы, электропроводности и силы тока. Открытие английским ботаником Р. Броуном хаотического движения мелких частиц, взвешенных в растворе (броуновское движение). Открыт 13-й элемент - алюминий (Ф. Велер).
- ❖ 1828 г. Вышел в свет труд Дж. Грина «Опыт применения математического анализа в теориях электричества и магнетизма», содержащий понятие потенциальной функция и ряд теорем. У. Гамильтон теоретически предсказал явление конической рефракции, открытое экспериментально в 1833 г. Х. Ллойдом. Открыт 90-й элемент - торий (И. Берцелиус).
- ❖ 1829 г. К.Ф. Гаусс сформулировал принцип наименьшего принуждения.
- ❖ 1831 г. Открытие М. Фарадеем явления электромагнитной индукции (оно было известно также Дж. Генри). Дж. Генри и С. даль Негро независимо построили первый электродвигатель.
- ❖ 1832 г. И. Пикси построил генератор переменного тока. Создание абсолютной системы электрических и магнитных единиц (В. Вебер, К. Гаусс).
- ❖ 1832 г. Создание русским ученым П. Л. Шиллингом первого электромагнитного телеграфа. Американец С. Морзе предложил проект телеграфного аппарата, а в 1835 г. построил модель телеграфа (в 1833 г. простейшую телеграфную линию построили также К. Гаусс и В. Вебер). Дж. Генри открыл явление самоиндукции.
- ❖ 1833 г. Открытие Д. Брюстером флюоресценции. Установление М. Фарадеем законов электролиза. М. Фарадей первый заметил падение электрического сопротивления сернистого серебра с ростом температуры, что является характерным признаком полупроводников. Э. Х. Ленц сформулировал правило для определения направления электродвижущей силы индукции (закон Ленца).
- ❖ 1834 г. Б. Клапейрон вывел уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона). Б. Клапейрон разработал теорию обратимого кругового процесса Карно. Б. Клапейрон получил уравнение для конденсирующегося пара, находящегося в тепловом равновесии с жидкостью, распространённое в 1850 г. Р. Клаузиусом на другие фазовые переходы (уравнение Клапейрона-Клаузиуса). Ж. Пельтье открыл явление, названное его именем (эффект Пельтье). М. Фарадей постулировал существование ионов, экспериментальное доказательство их дал И. Гитторф в 1853 г. Б.С. Якоби изобрел электродвигатель с рабочим валом. Введение М. Фарадеем понятия о силовых линиях. Вышел в свет труд У. Гамильтона «Общий метод в динамике», в котором развит вариационный принцип наименьшего действия (принцип Гамильтона) и введена функция динамической системы, установлена аналогия между классической механикой и геометрической оптикой.
- ❖ 1835 г. Э. Х. Ленц экспериментально доказал уменьшение сопротивления металлов при охлаждении. Разработка Г. Кориолисом теории относительного движения. М. Фарадей доказал существование экстратоков при замыкании и размыкании цепи.
- ❖ 1836 г. Появление первого постоянного элемента с деполяризатором - элемента Даниэля.
- ❖ 1837 г. Обнаружение М. Фарадеем влияния диэлектриков на электростатическое взаимодействие. Он же высказал мысль о распространении электрического и магнитного действия через промежуточную среду. Изобретено электрическое реле. К. Пуйе построил тангенс-буссоль.
- ❖ 1838 г. Изобретение гальванопластики (Б. С. Якоби). Впервые измерено расстояние до звезды - 61 Лебедя (Ф.В. Бессель).
- ❖ 1839 г. Дж. Грин вывел основное уравнение теории упругости. Создание основ теории потенциала (К. Гаусс). Французский изобретатель Л. Дагер изобрел фотографию, усовершенствовав метод получения фотографических изображений на металле, предложенный в 1827 г. Ж. Ньепсом. Открыт 57-й элемент - лантан (К. Мосандер).
- ❖ 1840 г. Ч. Уитстон изобрел способ измерения сопротивления (мостик Уитстона). Дж. Джоуль установил явление магнитного насыщения. Разработка теории построения изображений в сложных оптических системах (К. Гаусс).
- ❖ 1841 г. Дж. Джоуль установил закон теплового действия тока (в 1842 г. его открыл также Э.Х. Ленц, отсюда и название - закон Джоуля - Ленца).
- ❖ 1842 г. Х. Допплер теоретически открыл явление, названное его именем (эффект Допплера). Открытие Ю. Майером закона сохранения энергии (независимо от него к открытию этого закона также пришли в 1843 г. Дж. Джоуль и в 1847 г. Г. Гельмгольц; последний расширил границы применения этого закона, взяв для рассмотрения не только механическую и тепловую энергию, но и другие виды энергии). Ю. Майер вывел уравнение, связывающее теплоемкость при постоянном объеме и давлении (уравнение Майера). Установление колебательного характера разряда конденсатора (Дж. Генри).
- ❖ 1843 г. Открытие Ж. Пуазейлем закона, названного его именем (закон Пуазейля). Первое измерение механического эквивалента теплоты (Дж. Джоуль). Открыты 65-й и 68-й элементы - тербий и эрбий (К. Мосандер). М. Фарадей экспериментально доказал закон сохранения электрического заряда. В. Вебер установил закон взаимодействия двух движущихся зарядов.
- ❖ 1844 г. Открыт 44-й элемент - рутений (К.К. Клаус). М. Фарадей выдвинул идею поля.
- ❖ 1845 г. Открытие М. Фарадеем диамагнетизма и парамагнетизма (он же ввел эти термины). Намного ранее голландский ученый А. Бургманс экспериментально установил притяжение парамагнетиков и отталкивание

диамагнетиков, не вводя этих понятий. М. Фарадей открыл магнитное вращение плоскости поляризации света. Ж. Дюамель предложил определять массу тела как отношение приложенной к телу силы к приобретенному им ускорению. Голландский физик Ч. Бейс-Баллот обнаружил эффект Допплера для акустических волн.

- ❖ 1845 г. Открытие закономерностей в распределении электрического тока в разветвленной цепи (Г. Кирхгоф). Дж. Стокс разработал математическую теорию движения вязкой жидкости (уравнение Навье - Стокса).
- ❖ 1845...1847 гг. Разработка первой математической теории электромагнитной индукции и установление закона электромагнитной индукции для замкнутых проводников (Ф. Нейман).
- ❖ 1846 г. И. Галле по расчетам У. Лавуазье открыл новую планету - Нептун, что было триумфом механики Ньютона (существование Нептуна в этом же году предсказал и Дж. Адамс). У. Гроув экспериментально доказал электролитическую диссоциацию воды.
- ❖ 1847 г. Вышел в свет труд Г. Гельмгольца «О сохранении силы», в котором с исчерпывающей полнотой сформулирован закон сохранения энергии. Разработка О. Моссоти теории диэлектриков, получившей дальнейшее развитие в работах Р. Клаузиуса (1879 г.).
- ❖ 1848 г. Введение У. Томсоном понятия абсолютной температуры и абсолютной шкалы температур (шкала Кельвина).
- ❖ 1849 г. Установление связи между линиями поглощения и излучения (Л. Фуко). Первое измерение скорости света в лабораторных условиях И. Физо (метод зубчатого диска).
- ❖ 1850 г. Измерение скорости света при помощи вращающегося зеркала (Л. Фуко). Л. Фуко измерил скорость света в воде, окончательно подтвердив тем самым волновую теорию света. Формулирование Р. Клаузиусом второго начала термодинамики (в 1851 г. свою формулировку предложил У. Томсон). Введение понятия внутренней энергии (Р. Клаузиус).
- ❖ 1851 г. Л. Фуко при помощи маятника экспериментально доказал вращение Земли вокруг оси (опыт Фуко). У. Томсон открыл изменение удельного сопротивления ферромагнетиков при их намагничивании (эффект Томсона). Г. Румкорф изобрел индукционную катушку (катушка Румкорфа). Открыто явление рассеяния света малыми частицами вещества (Брюкке). И. Физо обнаружил влияние движения среды на скорость распространения света в ней (опыт Физо). Дж. Стокс установил закон в гидродинамике, названный его именем (закон Стокса).
- ❖ 1852 г. Изобретение гироскопа (Л. Фуко). Описано явление флюоресценции (Дж. Стоке). Установление Дж. Стоксом факта, что длина волны света люминесценции больше длины волны возбуждающего света (правило Стокса). Г. Магнус открыл явление возникновения поперечной силы, действующей на вращающееся тело в набегающем на него потоке жидкости или газа (эффект Магнуса). Дж. Стокс открыл прозрачность кварца для ультрафиолетовых лучей. У. Томсон выдвинул гипотезу (ошибочную) тепловой смерти Вселенной.
- ❖ 1853 г. Создана термодинамическая теория термоэлектричества (Р. Клаузиус). Установление Г. Видеманом и Р. Францем закона, названного их именем (закон Видемана - Франца). У. Томсон вывел формулу для периода электрических колебаний (формула Томсона).
- ❖ 1853...1854 гг. Открыто явление охлаждения газа при адиабатическом сжатии - эффект Джоуля Томсона (Дж. Джоуль, У. Томсон).
- ❖ 1854 г. Г. Риман создал геометрию, отличную от евклидовой (риманова геометрия). Первая детальная математическая разработка идеи магнитных диполей (В. Вебер). М. В. Остроградский построил общую теорию удара.
- ❖ 1855 г. Изобретение Г. Гейслером ртутного вакуумного насоса. Ю. Плюккер сконструировал трубки для исследования разрядов в газах (трубки Плюккера). Разработан способ уменьшения индукционных токов в сплошных телах путем деления последних на части (Л. Фуко).
- ❖ 1856 г. В. Вебер и Р. Кольрауш определили отношение электромагнитных и электростатических единиц (скорость распространения электрического импульса) и обнаружили ее совпадение со скоростью света. Построен первый спектрометр (Мейерштейн). Открытие У. Томсоном термодинамического эффекта, названного его именем (эффект Томсона). Ж. Жамен построил интерференционный рефрактометр.
- ❖ 1857...1862 гг. Разработка Р. Клаузиусом основ кинетической теории газов. В ее создании принимали также участие Л. Больцман и Дж. Максвелл.
- ❖ 1858 г. Гельмгольц заложил основы теории вихревого движения жидкости.
- ❖ 1859 г. Р. Планте изобрел свинцовый аккумулятор. Открытие Г. Кирхгофом и Р. Бунзенем спектрального анализа. Г. Кирхгоф открыл закон теплового излучения, названный его именем (закон Кирхгофа). Ю. Плюккер установил, что спектр электрического разряда в газе характеризует природу газа. Открыты катодные лучи (Ю. Плюккер), в 1869 г. их наблюдал также И. Гитторф.

Второй этап развития естествознания (60-е годы XIX в. - 1894 г.)

Второй этап начинается с создания в 1860...1865 гг. Дж. Максвеллом общей теории электромагнитных процессов. Используя концепцию поля М. Фарадея, он дал точные пространственно-временные законы электромагнитных явлений в виде системы известных уравнений - уравнений Максвелла для электромагнитного поля.

Теория Максвелла получила дальнейшее развитие в трудах Г. Герца и Г. А. Лоренца, в результате чего была создана электродинамическая картина мира, которой и завершается период классической физики.

- ❖ 1860...1865 гг. Создание Дж. Максвеллом теории электромагнитного поля (первые дифференциальные уравнения поля записаны им в 1855 г.).

- ❖ 1860 г. Введение Г. Кирхгофом понятия абсолютно черного тела. Открыт 55-й элемент - цезий (Р. Бунзен, Г. Кирхгоф). Д.И. Менделеев открыл существование критической температуры. Вычисление длины свободного пробега молекул (Р. Клаузиус). Дж. Максвелл начал разрабатывать кинетическую теорию газов, применяя представления теории вероятностей. Установил статистический закон распределения молекул газа по скоростям (распределение Максвелла). Построен двигатель постоянного тока с коллектором (кольцевой электродвигатель) и изобретена динамомашинка (А. Пачинотти).
- ❖ 1861 г. А. М. Бутлеров развил теорию химического строения. Введение Дж. Максвеллом понятия о токе смещения. Интерпретация «фраунгоферовых линий» как линий поглощения. Открыт 37-й элемент - рубидий (Р. Бунзен, Г. Кирхгоф). Открыт 81-й элемент - таллий (У. Крукс).
- ❖ 1862 г. Установление Р. Клаузиусом неравенства интеграл (дробь) $dQ/T < 0$ (неравенство Клаузиуса). Открытие аномальной дисперсии света (Ф. Леру), ее наблюдал также в 1870 г. К. Кристиансен.
- ❖ 1863 г. Открыт 49-й элемент - индий (Ф. Рейх, Т. Рихтер).
- ❖ 1865 г. Дж. Максвелл постулировал существование электромагнитных волн. Дж. Максвелл выдвинул идею электромагнитной природы света. Введение Р. Клаузиусом понятия энтропии.
- ❖ 1866 г. И. Лошмидт рассчитал диаметр молекулы. А. Кундт разработал метод пылевых фигур для определения длины звуковой волны и скорости звука.
- ❖ 1867 г. У. Хеггинс обнаружил эффект Допплера для света. Открытие Ч. Уитстоном принципа самовозбуждения электромагнитных машин.
- ❖ 1868 г. Разработка Л. Больцманом статистики, названной его именем (статистика Больцмана).
- ❖ 1869 г. Открытие Д.И. Менделеевым периодического закона химических элементов и создание периодической системы элементов. Независимо периодическую закономерность установил Л. Мейер. Т. Эндрюс открыл явление непрерывности жидкого и газообразного состояния, введя понятие критической точки (критическое состояние наблюдал в 1822 г. Ш. Каньяр де Ла Тур, существование критической температуры в 1860 г. открыл Д.И. Менделеев). Создание Г. Гельмгольцем колебательного контура из индуктивности и емкости.
- ❖ 1870 г. Р. Клаузиус доказал теорему вириала. Развитие Г. Гельмгольцем теории электродинамических процессов в проводящих неподвижных телах.
- ❖ 1871 г. Создание холодильной машины, в которой охлаждение достигалось за счет расширения газа (К. Линде). Д. И. Менделеев предсказал существование скандия, галлия и германия.
- ❖ 1872 г. Э. Аббе разработал теорию образования изображения в микроскопе. У. Томсон изобрел электрический счетчик. Изобретение А.Н. Лодыгиным электрической лампы накаливания. В 1879 г. Т. Эдисон создал лампу накаливания с угольной нитью достаточно долговечной конструкции и удобную для промышленного изготовления. Л. Больцман вывел основное кинетическое уравнение газов. Л. Больцман сформулировал Н-теорему. Л. Больцман установил связь энтропии физической системы с вероятностью ее состояния и доказал статистический характер второго начала термодинамики. Ф. Клейн предложил так называемую «эрлангенскую программу», где произвел классификацию различных геометрических дисциплин, исходя из допустимых в них групп преобразований.
- ❖ 1873 г. Ван дер Ваальс вывел уравнение состояния реальных газов (уравнение Ван дер Ваальса). Открытие внутреннего фотоэффекта (фотопроводимости) английским физиком У. Смитом. Дж. Максвелл теоретически определил величину давления света (идея светового давления выдвинута была И. Кеплером в 1619 г.). В 1876 г. А. Бартоли сделал это, исходя из термодинамических соображений. Начало систематического изучения магнитных свойств ферромагнетиков и снятие первой кривой магнитной проницаемости ферромагнетика (А.Г. Столетов).
- ❖ 1874 г. Введение Н. А. Умовым понятия о скорости и направлении движения энергии и потоке энергии (вектор Умова). Применительно к электромагнитной энергии это сделал в 1884 г. Дж. Пойнтинг (вектор Умова-Пойнтинга). Дж. Стоней высказал мысль о дискретности электрического заряда и вычислил его величину (опубликовано в 1881 г.), в 1891 г. он предложил для постулированной единицы электрического заряда название электрон. Ф. Кольрауш установил возрастание проводимости электролитов с ростом температуры. Разработка Г. Гельмгольцем теории дисперсии (в рамках «упругой» теории света).
- ❖ 1874 г. Д. И. Менделеев, обобщив уравнение Клапейрона, вывел уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева - Клапейрона).
- ❖ 1874...1875 гг. Я. Вант-Гофф разработал теорию пространственного размещения атомов в молекулах органических соединений.
- ❖ 1875...1878 гг. Разработан метод термодинамических потенциалов, сформулированы общие условия термодинамического равновесия, разработана общая теория фаз и теория капиллярности (Дж. Гиббс).
- ❖ 1875 г. Открытие Дж. Керром явления возникновения двойного лучепреломления в оптически изотропных веществах, помещенных в однородное электрическое поле (электрооптический эффект Керра). Обнаружение Г. Роуландом магнитного поля конвекционных токов (опыт Роуланда). Открыт 31-й элемент - галлий (Л. де Буабодран). Создание У. Круксом радиометра (радиометр Крукса). Г. Липпман вывел основное уравнение теории электрокапиллярности.
- ❖ 1876 г. Изобретение П.Н. Яблочковым первого практически пригодного источника электрического освещения (свеча Яблочкова). Изобретение А. Беллом телефонного аппарата. Открытие Дж. Керром магнитооптического эффекта. Изготовлен селеновый фотоэлемент (В. Адаме, Р. Дэй).
- ❖ 1877 г. Получен жидкий кислород (Л. Кальете, Р. Пикте). Проведены первые измерения осмотического давления (В. Пфедфер). Изобретение фонографа (Т. Эдисон).

- ❖ 1878 г. Открыт 67-й элемент - гольмий (Ж. Соре). Открыт 70-й элемент - иттербий (Ж. Мариньяк). Изобретение микрофона (Д. Юз). Изобретение П.Н. Яблочковым первого трансформатора (в 1882 г. трансформатор также построили И, Ф. Усагин и Л. Голар). Э. Аббе построил первый современный оптический микроскоп, показал ограниченность разрешающей способности оптического микроскопа длиной волны света.
- ❖ 1878...1882 гг. Эксперименты А. Майкельсона по точному определению скорости света.
- ❖ 1879 г. Открытие Э. Холлом гальваномагнитного явления, названного его именем (эффект Холла). Открыт 62-й элемент - самарий (Л. де Буабодран).
- ❖ Открыт 21-й элемент - скандий (Л. Нильсон). Развивая идеи О.Ф. Моссоги, Р. Клаузиус разработал теорию поляризации диэлектриков и установил соотношение между диэлектрической проницаемостью и плотностью диэлектрика (уравнение Клаузиуса-Моесоти).
- ❖ 1879 г. Открыт 69-й элемент - тулий (П. Клеве). Установление И. Стефаном закона пропорциональности энергии излучения абсолютно черного тела четвертой степени абсолютной температуры. В 1884 г. этот же закон теоретически выведен Л. Больцманом. Отсюда его название - закон Стефана - Больцмана.
- ❖ 1880 г. Доказана возможность передачи электроэнергии на большие расстояния без значительных потерь при условии повышения напряжения (Д.А. Лачинов). Открыт 64-й элемент - гадолиний (К. Мариньяк). Введение понятия гистерезиса (Э. Варбург). Открытие пьезоэлектрического эффекта (Пьер и Поль Жан Кюри). Г. А. Лоренц независимо от датского физика Л. Лоренца дал формулу зависимости показателя преломления вещества от его плотности (формула Лоренц - Лоренца). К этой формуле Л. Лоренц пришел еще в 1869 г.
- ❖ 1881 г. Введение Дж. Дж. Томсоном понятия электромагнитной массы. Открытие сверхтонкой структуры спектральных линий (А. Майкельсон). Установлены международные единицы измерения физических величин (ампер, вольт, ом, джоуль и др.). Изобретение С. Ленгли болометра. Изобретен термоэлектрический генератор (Л. Голар).
- ❖ 1882 г. Г. Гельмгольц ввел понятие свободной энергии. Г. Роуланд изобрел вогнутую дифракционную решетку. Вступила в строй первая электростанция (Т. Эдисон).
- ❖ 1883 г. Введение волновых чисел (В. Хартли). Введено понятие числа Рейнольдса (О. Рейнольдс).
- ❖ 1884 г. Л. Больцман впервые применил к излучению принципы термодинамики. Открытие Т. Эдисоном явления термоионной эмиссии (эффект Эдисона).
- ❖ 1885 г. И. Бальмер обнаружил закономерность в спектральных линиях водорода и вывел формулу, названную его именем (формула Бальмера). Открыты 59-й и 60-й элементы - неодим и празеодим (А. фон Вельсбах).
- ❖ 1886 г. Открытие каналовых лучей (Э. Гольдштейн). Установление Р. Этвешем зависимости молекулярной поверхностной энергии от температуры (закон Этвеша). Изготовлены первые полупроводниковые выпрямители на основе селена (К. Фриттс). Открыт 66-й элемент - диспрозий (Л. де Буабодран). Открыт 9-й элемент - фтор (А. Муассан). Открыт 32-й элемент - германий (К. Винклер).
- ❖ 1887 г. Г. Герц сконструировал генератор электромагнитных колебаний (вибратор Герца). Проведение А. Майкельсоном и Э. Морли опыта по обнаружению «эфирного ветра» - влияния движения Земли на скорость света (опыт Майкельсона - Морли). С точностью до 5 км/сек было показано, что скорость света одинаково независима от того, распространяется ли свет по направлению орбитального движения Земли или перпендикулярно ему. В 1881 г. подобный опыт проводил сам Майкельсон. Разработана теория электролитической диссоциации (С. Аррениус). Разработка М. Планком термодинамической теории разбавленных растворов. Г. Гейтель и Ю. Эльстер открыли эмиссию отрицательных зарядов из нити накаливания (явление термоэлектронной эмиссии). Дж. Рэлей обнаружил явление магнитного последствия, или магнитной вязкости. Открытие внешнего фотоэффекта (Г. Герц, В. Гальвакс, А. Риги). Изобретение шведом К. Лавалем паровой турбины.
- ❖ 1888 г. Г. Герц опытным путем обнаружил электромагнитные волны. Открытие А. Г. Столетовым закона внешнего фотоэффекта (закон Столетова). И. Ридберг ввел универсальную постоянную (постоянная Ридберга) и предложил приближенные формулы для частот линий спектральных серий щелочных и щелочноземельных металлов. В. Рентген доказал, что ток связанных зарядов (рентгенов ток), возникающий при движении наэлектризованного диэлектрика, тождественный току проводимости (опыт Рентгена). Открыто явление вращающегося магнитного поля (Н. Тесла, Г. Феррарис). Создание генератора трехфазного тока (М.И. Доливо-Добровольский). Доказана тепловая природа броуновского движения (Л. Гюи).
- ❖ 1889 г. О. Винер обнаружил существование стоячих световых волн (опыт Винера). Дж. Гопкинсон открыл явление резкого возрастания магнитной проницаемости ферромагнетиков в слабом магнитном поле вблизи точки Кюри (эффект Гопкинсона). И. Ридберг предположил, что спектры испускания химических элементов должны привести к пониманию периодической системы. Р. Этвеш с точностью до 10^{-9} доказал равенство инертной и тяжелой масс.
- ❖ 1890 г. Создание асинхронного короткозамкнутого двигателя трехфазного тока (М.И. Доливо-Добровольский). Изобретен трансформатор трехфазного тока (М.И. Доливо-Добровольский). Г. Герц и О. Хевисайд придали уравнениям Максвелла стройную математическую (симметрическую) форму (уравнения Максвелла - Герца).
- ❖ 1890 г. Г. Герц предпринял попытку описать электромагнитные явления в движущихся средах на основе электродинамики Максвелла. Э. Бранли изобрел когерер.
- ❖ 1890...1895 гг. Г. Кайзер, К. Рунге и Ф. Пашен получили ряд формул для спектральных серий различных элементов.

- ❖ 1891 г. М.И. Доливо-Добровольский впервые осуществил электропередачу трехфазного тока. Изобретен высокочастотный трансформатор (Н. Тесла). Г. Герц показал, что катодные лучи способны проникать через тонкие пластинки, и заложил тем самым основу для изучения строения вещества. Изобретение Г. Липпманом цветной фотографии, получение первой цветной фотографии солнечного спектра.
 - ❖ 1892 г. Создание электронной теории дисперсии (Г. А. Лоренц). Г. А. Лоренц для объяснения отрицательного результата опыта Майкельсона - Морли высказал гипотезу о сокращении размеров тел в направлении движения (сокращение Фитцджеральда - Лоренца). В 1891 г. эту же гипотезу независимо выдвинул Дж. Фитцджеральд. Изобретен сосуд Дьюара (Дж. Дьюар). Б. Л. Розинг высказал идею о существовании внутри ферромагнетика «особого молекулярного поля». Проведение А. Майкельсоном и Р. Бенуа эксперимента по сравнению длины эталонного метра с длиной световой волны.
 - ❖ 1892...1895 гг. Создание Г. А. Лоренцом классической электронной теории.
 - ❖ 1893 г. В. Вин открыл два закона излучения абсолютно черного тела (закон излучения Вина и закон смещения Вина). Введение Б.Б. Голицыным понятия температуры излучения абсолютно черного тела. А. Блондель изобрел электромагнитный осциллограф. Положено начало интерференционной микроскопии (Дж. Сиркс).
 - ❖ 1894 г. Использование О. Лоджем в качестве индикатора электрических колебаний трубки с опилками, названной им когерером (детектор герцовых волн). А. Зоммерфельд дал строгое решение задачи о дифракции плоских волн на плоском полубесконечном отражающем экране. П. Кюри сформулировал принцип, позволяющий определять симметрию кристалла, находящегося под каким либо воздействием (принцип Кюри). Открыт 18-й элемент - аргон (У. Рамзай и Дж. Рэлей). Открыт 2-й элемент - гелий (У. Рамзай). Немецкий ученый Поккельсон описал необычные диэлектрические, пьезоэлектрические и электрооптические свойства сегнетовой соли. А.С. Попов изобрел антенну.
- Период с 1895 г. по 1904 г. является периодом революционных открытий и изменений, прежде всего в физике. Именно она переживала в это время наиболее глубокий процесс обновления, перехода к новой, современной физике, фундамент которой заложили специальная теория относительности и квантовая теория.

Период современной физики

Период современной физики начинается с 1905 г - года создания А. Эйнштейном специальной теории относительности и превращения гипотезы квантов М. Планка в теорию квантов света. Это продемонстрировало отход от классических представлений и понятий и положило начало созданию новой физической картины мира - квантово-релятивистской. Переход от классической физики к современной характеризовался не только возникновением новых идей, открытием новых неожиданных фактов и явлений, но и преобразованием ее духа в целом, возникновением нового способа физического мышления, глубоким изменением методологических принципов. В этом периоде целесообразно выделить три этапа:

Первый этап (1905...1931 гг.) - характеризуется широким использованием идей релятивизма и квантов и завершается становлением квантовой механики.

Второй этап – этап субатомной физики (1932...1954 гг.), физики проникли в мир атомного ядра.

Третий этап – этап субъядерной физики и физики космоса, отличительной особенностью которого является изучение явлений в новых пространственно-временных масштабах. При этом за начало отсчета условно можно взять 1955 г., когда физики проникли в мир нуклона, в мир элементарной частицы.

- ❖ 1905 г. А. Пуанкаре и А. Эйнштейн установили ковариантность уравнений Максвелла относительно «группы Лоренца». А. Эйнштейн выдвинул гипотезу о квантовом характере светового излучения (фотонная теория света). Он открыл закон взаимосвязи массы и энергии, предложил специальный принцип относительности, принцип постоянства скорости света и на их основе создал специальную теорию относительности, содержащую новые пространственно-временные представления. Совместно с квантовой теорией она составила фундамент физики XX в. Обнаружен эффект Доплера в канальных лучах. Объяснение А. Эйнштейном законов фотоэффекта на основании существования квантов света, или фотонов. Разработка П. Ланжевеном классической теории диа- и парамагнетизма. Э. Швейдлер установил статистический характер закона превращения химических элементов, подтвержденный экспериментально в 1906 г.
- ❖ 1905...1906 гг. А. Эйнштейн и М. Смолуховский дали последовательное объяснение броуновского движения на основе молекулярно-кинетической теории.
- ❖ 1906 г. Изобретен триод (Л. Форест). М. Планк вывел уравнения релятивистской динамики, получив выражения для энергии и импульса электрона, ввел термин «теория относительности». Открыт 71-й элемент – лютеций (Д. Урбен). Открыта односторонняя проводимость у некоторых полупроводников и создан кристаллический детектор (К. Браун). Т. Лайман открыл спектральную серию атома водорода (серия Лаймана). Установление В. Нернстом третьего начала термодинамики (теорема Нернста). Предсказание им эффекта «вырождения газа». Ч. Варила открыл характеристические рентгеновские лучи. Э. Резерфорд обнаружил рассеяние альфа-частиц.
- ❖ 1907 г. А. Эйнштейн ввел принцип эквивалентности гравитации и инерции, являющийся фундаментом общей теории относительности, и, исходя из него, вычислил красное смещение света в поле тяготения Солнца. Б. Л. Розинг изобрел первую электронную систему получения телевизионного изображения при помощи электроннолучевой трубки (в 1911 г. продемонстрировал прием простых геометрических фигур). Выдвинута гипотеза о существовании в ферромагнетиках участков самопроизвольной намагниченности и разработана первая статистическая теория ферромагнетизма (П. Вейсс). Подобную идею высказал еще в 1892 г. Б. Л. Розинг. Г. Минковский сформулировал точные инвариантные уравнения поля для движущихся тел. Дж.

- Пирс доказал электрическую природу явления выпрямления. М. Планк и А. Эйнштейн провели обобщение термодинамики в рамках специальной теории относительности. Открытие Э. К. Оттоном и А. Мутоном явления двойного лучепреломления в веществах, помещенных в магнитное поле, при распространении света в направлении, перпендикулярном полю (эффект Коттона – Мутона). Первое определение длины волны рентгеновских лучей (В. Вин). Разработка А. Эйнштейном первой квантовой теории теплоемкости твердых тел.
- ❖ 1908 г. А. Бухерер провел опыт, окончательно подтвердивший справедливость релятивистской формулы Лоренца для зависимости массы от скорости. В. Ритц улучшил предложенные в 1888 г. И. Ридбергом приближенные формулы для частот спектральных серий, установив один из основных принципов систематики атомных спектров – комбинационный принцип (принцип Ридберга – Ритца). Г. Гейгер и Э. Резерфорд сконструировали прибор для регистрации отдельных заряженных частиц. В 1928 г. Гейгер усовершенствовал его с В. Мюллером (счетчик Гейгера – Мюллера). Г. Минковский высказал идею объединения трех измерений пространства и времени в одно четырехмерное пространство (пространство Минковского) и развил современный четырехмерный аппарат теории относительности. Ж. Перрен осуществил эксперименты по исследованию 1913 гг. броуновского движения, окончательно доказавшие реальность существования молекул. М. Смолуховский разработал теорию критической опалесценции. Получение Г. Камерлинг-Оннесом жидкого гелия при температуре $4,2^{\circ}\text{K}$. Ф. Пашен обнаружил спектральную серию атома водорода в инфракрасной области (серия Пашена). Э. Грюнейзен установил, что отношение коэффициента теплового расширения к теплоемкости твердого тела не зависит от температуры (закон Грюнейзена).
 - ❖ 1909 г. Доказано, что альфа-частицы являются дважды ионизированными атомами гелия (Э. Резерфорд, Т. Ройдс). Разработан новый метод количественного изучения аномальной дисперсии света – «метод крюков» (Д. С. Рождественский).
 - ❖ 1910 г. В. де Гааз разработал модель атома, в которой впервые сделана попытка связать квантовый характер излучения со структурой атома. Внедрение фотоэлементов в технику (Ю. Эльстер, Г. Гейтель). Прообразом фотоэлемента была еще установка А. Г. Столетова (1888 г.) по исследованию фотоэффекта. Обнаружение космологического красного смещения в спектрах галактик (В. Слайфер). Это смещение, как было показано со временем, связано с эффектом разбегания галактик. Первое определение энергии бета-частиц по их отклонению в магнитном поле (О. Байер, О. Ган). Получен металлический радий (М. Склодовская-Кюри, А. Дебьерн).
 - ❖ 1911 г. А. Зоммерфельд заметил, что постоянная Планка имеет размерность механического действия и предложил произвести квантование действия в ряде задач. А. Эйнштейн доказал искривление световых лучей в поле тяготения Солнца. Г. Гейгер и Дж. Нэттол установили зависимость между временем жизни и энергией распада радиоактивных ядер (закон Гейгера – Нэттола). Дж. Дж. Томсон разработал «метод парабол» для определения относительных масс частиц ионных пучков. Изготовлен первый международный радиевый эталон (М. Склодовская-Кюри, А. Дебьерн). Открытие Г. Камерлинг-Оннесом сверхпроводимости (обнаружил бесконечную проводимость, получив в металлическом кольце незатухающий ток). Постулирование П. Вейссом кванта магнитного момента – магнетона. Независимо от П. Вейсса магнетон предсказал П. Ланжевен и вычислил его величину. Э. Резерфорд дал формулу для эффективного поперечного сечения рассеяния нерелятивистских заряженных точечных частиц, взаимодействующих по закону Кулона (формула Резерфорда). Э. Резерфорд построил теорию рассеяния альфа-частиц в веществе, открыл атомное ядро и создал планетарную модель атома. Экспериментально доказана дискретность электрического заряда и впервые достаточно точно измерена величина заряда электрона (Р. Милликен).
 - ❖ 1912 г. А.И. Бачинский установил закон вязкости жидкостей (закон Бачинского). В. Гесс открыл космические лучи. В 1900...1901 гг. к мысли о существовании ионизирующего воздействия, способного проникать через толстые слои грунта, пришел Ч. Вильсон. В 1900 г. неизвестный источник ионов в воздухе заметили также Г. Гейтель и Ю. Эльстер. Дж. Нордстрем предложил теорию гравитации, обобщающую закон тяготения Ньютона в соответствии с требованиями специальной теории относительности и принципом эквивалентности. Л. Брэгг сформулировал условие дифракции падающего на кристалл монохроматического потока рентгеновских лучей. Это же уравнение, связывающее длину волны рентгеновского излучения с периодом решетки кристалла, дал в 1913 г. также Ю.В. Вульф (отсюда и название – формула Брэгга – Вульфа). М. Абрагам предложил теорию гравитации, обобщающую закон Ньютона, но не учитывающую принцип эквивалентности. Открытие П. Дебаем закона зависимости теплоемкости от абсолютной температуры (закон теплоемкости Дебая). Открыто явление дифракции (интерференции) рентгеновских лучей при прохождении их через кристаллы, что окончательно подтвердило их электромагнитную природу (М. Лауэ, В. Фридрих, П. Книппинг). П. Дебай развил упрощенное представление твердого тела в виде изотропной упругой среды (модель твердого тела Дебая). П. Эвальд развил теорию поляризации диэлектрических кристаллов. Построен спектрометр с магнитной фокусировкой (Дж. Даныш). Р. Милликен проверил уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и вычислил из него постоянную Планка. Развита теория колебаний кристаллической решетки (П. Дебай, М. Борн, Т. Карман). Разработана теория интерференции рентгеновских лучей на кристаллах и предложено использовать их как своеобразные дифракционные решетки для рентгеновских лучей (М. Лауэ). Установление А. Эйнштейном основного закона фотохимии (закон Эйнштейна). Ф. Пашен и Э. Бак открыли эффект, названный их именем (эффект Пашена – Бака). Ч. Вильсон изобрел прибор для наблюдения следов заряженных частиц (камера Вильсона). В 1923 г. П.Л. Капица и Д.В. Скобельцын впервые поместили камеру в сильное магнитное поле и наблюдали искривление треков частиц. Экспериментальное доказательство периодичности атомной структуры кристаллов, существования кристаллической решетки (Г. и Л. Брэгги).

- ❖ 1913...1914 гг. Г. Мозли установил зависимость между частотой спектральных линий характеристического рентгеновского излучения элемента и его порядковым номером (закон Мозли) и доказал равенство заряда ядра атома порядковому номеру его элемента. Предсказано диффузионное рассеяние рентгеновских лучей колебаниями кристаллической решетки (П. Дебай, Л. Бриллюэн).
- ❖ 1913 г. А. Эйнштейн и М. Гроссман отождествили гравитационное поле с 10-компонентным метрическим тензором геометрии Римана и предложили теорию тяготения, учитывающую принцип эквивалентности. В.К. Аркадьев дал феноменологическое описание и первую теорию магнитных спектров, заложив основы магнитной спектроскопии. В. К. Аркадьев обнаружил избирательное поглощение радиоволн в ферромагнетиках (эффект Аркадьева), что было по существу открытием ферромагнитного резонанса. Он же разработал общую макроскопическую теорию электромагнитного поля в ферромагнитных металлах. Введено понятие дефекта массы (П. Ланжевен). Г. Брэгг изобрел рентгеновский спектрометр. Г. Ми построил теорию тяготения, основывающуюся на специальной теории относительности, но не удовлетворяющую принцип эквивалентности. Дж. Франк и Г. Герц экспериментально доказали существование дискретных уровней энергии атомов (опыты Франка – Герца). Использование триода для генерирования незатухающих электрических колебаний (А. Мейсснер). Обнаружение Г. Камерлинг-Оннесом разрушения сверх-, проводимости под влиянием сильных магнитных полей и токов. Открытие явления расщепления спектральных линий в электрическом поле. Впервые (1899 г.) обратил внимание на возмущение атомов электрическим полем В. Фогт. Н. Бор, применив идею квантования энергии к теории планетарного атома, сформулировал три квантовых постулата, которые характеризуют особенности движения электронов в атоме и разработал первую квантовую теорию атома водорода (теория атома Бора), ввел главное квантовое число. Положено начало рентгеноструктурному анализу (Г. и Л. Брэгги, Ю.В. Вульф) и рентгеновской спектроскопии. Создан магнитный спектрометр с фокусировкой и фотографической регистрацией (Дж. Даныш, Э. Резерфорд, Г. Робинсон). Сформулировано положение, что заряд ядра атома численно равен порядковому номеру соответствующего элемента в периодической таблице (А. Ван ден Брук). Сформулировано представление об изотопах элементов и введен термин «изотопы» (Ф. Содди). Впервые изотопы были открыты Дж. Дж. Томсоном, который в 1912 г. обнаружил существование атомов неона с массой 20 и 22. Мысль о неодинаковости атомов одного и того же элемента высказал в 1886 г. У. Крукс. Установление И. Ленгмюром закона для термоионного тока (закон Ленгмюра). Установлено, что различные изотопы свинца являются конечным продуктом трех естественных радиоактивных семейств. Ф. Астон предложил метод газовой диффузии для разделения изотопов. Ф. Содди и К. Фаянс независимо друг от друга установили правило смещения при радиоактивном распаде (закон Содди – Фаянса). Это сделал также А. С. Рассел. Ч. Бялбжецкий высказал идею о лучистом переносе энергии в звездах. Э. Резерфорд предсказал протон. А. Ван ден Брук выдвинул гипотезу строения атомных ядер из протонов и электронов (протонно-электронная гипотеза). Однако с годами последняя привела ко многим противоречиям. В 1932 г. протонно-электронная гипотеза была заменена протонно-нейтронной.
- ❖ 1914...1915 гг. А. Эйнштейн вывел полевые уравнения для метрического тензора и вычислил гравитационное отклонение света и смещение перигелия Меркурия.
- ❖ 1914 г. В. Коссель объяснил возникновение рентгеновских спектров излучения, исходя из представлений об электронных оболочках атома, которые создают вокруг ядра последовательные слои. Дж. Чэдвик открыл непрерывный спектр энергии бета-излучения. Доказана идентичность рентгеновских спектров изотопов, чем окончательно подтверждено равенство порядковых номеров у изотопов данного элемента (Э. Резерфорд, Э. Андраде). Доказано существование стабильных изотопов свинца (Ф. Содди и др.). Н. Бор дал формулу для уровней энергии атома. Наблюдение слабого ферромагнетизма (Т. Смит). Обнаружено, что ток, циркулирующий в сверхпроводящем кольце, не изменяется по величине в течение нескольких дней без приложения какой-либо внешней э. д. с. С. Барнеттом обнаружено явление возникновения в теле при вращении в отсутствие внешнего магнитного поля намагниченности (эффект Барнетта). Э. Резерфорд выдвинул идею об искусственном превращении атомных ядер. Э. Резерфорд и Э. Андраде экспериментально осуществили дифракцию гамма-лучей на кристалле, доказав их электромагнитную природу. Э. Резерфорд предсказал внутреннюю конверсию.
- ❖ 1915...1916 гг. А. Зоммерфельд усовершенствовал теорию атома Бора, распространив ее с просто периодических на случай многократно периодических систем, разработал квантовую теорию эллиптических орбит (теория Бора – Зоммерфельда), ввел радиальное и азимутальное квантовые числа.
- ❖ 1915 г. А. Зоммерфельд построил теорию тонкой структуры водородного спектра. А. Эйнштейном и В. де Гаазом обнаружено возникновение вращения при намагничивании (эффект Эйнштейна – де Гааза). Разработан метод меченых атомов (Д. Хевеши, Ф. Панет). Разработана теория химической связи в органических соединениях и предложена гипотеза валентных электронов. Установлен коротковолновый предел непрерывного спектра рентгеновских лучей.
- ❖ 1916 г. А. Зоммерфельд и П. Дебай завершили построение квантовой теории эффекта Зеемана. В. Коссель, исходя из теории атома Бора, объяснил химические взаимодействия, в том числе и гетерополярных молекул. Вышла работа А. Эйнштейна «Основы общей теории относительности», которой он завершил создание релятивистской теории гравитации, дав систематическое изложение ее физических основ и математического аппарата. Немецкий ученый К. Шварцшильд получил первое решение уравнения тяготения Эйнштейна, описывающее гравитационное поле сферической массы (решение Шварцшильда). П. Дебай и А. Зоммерфельд показали, что компоненты момента. количества движения в направлении поля также квантуются, и ввели понятие магнитного квантового числа. П. Дебай и П. Шеррер предложили метод исследования структуры поликристаллических материалов при помощи дифракции рентгеновских лучей (метод Дебая – Шер-

- пера). П. Эвальд построил динамическую теорию рассеяния рентгеновских лучей. П. Эренфест выдвинул адиабатический принцип. П.С. Эпштейн и К. Шварцшильд сформулировали общую квантовую теорию многократно периодических систем. Постулирование А. Эйнштейном гравитационных волн. В 1918 г. он вывел формулу для мощности гравитационного излучения. Теоретически прогнозировано индуцированное излучение и введены вероятности спонтанного и вынужденного излучений (А. Эйнштейн).
- ❖ 1917 г. А. Эйнштейн на основе своих уравнений поля развил представление о пространстве с постоянной во времени и пространстве кривизной (модель Вселенной Эйнштейна, знаменующая зарождение космологии), ввел космологическую постоянную. В. де Ситтер выдвинул космологическую модель Вселенной (модель де Ситтера). Изготовлены первые фотосопроотивления (Т. Кэйз). Открыт 91-й элемент – протактиний (О. Ган, Л. Мейтнер). Получена первая удачная рентгеноспектрограмма (Э. Вагнер). У. Харкинс нашел, что более стабильны ядра с четным значением атомного числа и встречаются чаще, чем с нечетным.
 - ❖ 1918...1919 гг. Г. Вейль предложил первый вариант единой теории поля, основанный на обобщении римановой геометрии.
 - ❖ 1918 г. А. Демпстер построил первый масс-спектрометр. Бор сформулировал принцип соответствия (начал разрабатывать еще в 1914...1915 гг.). Выдвинута идея объединенного описания всех полей и всего вообще вещества на базе геометризированной картины мира – единая теория поля (Г. Вейль, Э. Картан, А. Эддингтон, А. Эйнштейн и др.). Доказан факт существования изотопов среди продуктов радиоактивного распада (Дж. Дж. Томсон). Обнаружено явление инерции электронов в металлах (Р. Толмен, Т. Стюарт). Первая правильная интерпретация явления дана в 1936 г. Ч. Дарвином. Открыты изобары (Стюарт). П. Вейсс и Г. Пикар открыли магнетокалорический эффект. Э. Нетер открыла связь свойств симметрии с физическими законами сохранения (теорема Нетер).
 - ❖ 1919 г. В. Коссель и А. Зоммерфельд установили спектроскопический закон смещения. Введение А. Зоммерфельдом внутреннего квантового числа и основанных на нем правил отбора для дублетных и триплетных спектров. Впервые проведено непосредственное измерение скорости молекул (О. Штерн). Выдвинуто предположение, объясняющее энергию Солнца и звезд реакциями превращения водорода в гелий (А. Эддингтон). Г. Баркгаузен открыл явление скачкообразного изменения намагниченности ферромагнетиков при непрерывном изменении поля (эффект Баркгаузена). М. Саха вывел формулу, определяющую степень термической ионизации в газе (формула Саха). М. Сигбаи впервые изучил сателлиты в рентгеновских спектрах. Объяснение отличия массы водорода от целого числа (Ф. Астон). Объяснено происхождение линейчатого спектра бета-излучения. Первая экспериментальная проверка отклонения света звезды в поле тяготения Солнца, предсказанного общей теорией относительности (А. Эддингтон). Получено первое значение размеров ядра. Ф. Астон построил масс-спектрограф с достаточно высокой разрешающей способностью. Принцип действия масс-спектрографа предложил в 1907 г. Дж. Дж. Томсон. Ф. Астон предложил электромагнитный метод разделения изотопов. Э. Резерфорд осуществил первую искусственную ядерную реакцию, превратив азот в кислород, а также первый непосредственно доказал наличие в ядрах элементов протонов.
 - ❖ 1920 г. Э. Резерфорд выдвинул гипотезу о существовании нейтрона. К идее нейтрона пришел также в этом же году и У. Харкинс.
 - ❖ 1921 г. А. Ланде построил теорию аномального эффекта Зеемана. О. Ган открыл явление изомерии атомных ядер (на примере протактиния-234). На существование ядерной изомерии указывал еще в 1918 г. Ст. Мейер. Получен первый советский радий (В.Г. Хлопин).
 - ❖ 1922...1925 гг. Разработка А. Ланде, Ф. Хундом и Г. Расселом система-тики сложных спектров.
 - ❖ 1922 г. А. Ланде ввел g-фактор (множитель Ланде). А.А. Фридман нашел нестационарные решения гравитационного уравнения Эйнштейна и предсказал расширение Вселенной (нестационарная космологическая модель), подтвержденное в 1929 г. открытием явления разбегания галактик. Г. Буш выдвинул идею электронного микроскопа. Дж. Лилиенфельд открыл явление холодной электронной эмиссии при воздействии сильного электрического поля. Объяснение этого явления на основе электронного туннелирования дали в 1928 г. Р. Фаулер и Л. Нордгейм. Испанский физик М. Каталан ввел понятие мультиплетов. О. Штерн и В. Горлах экспериментально доказали, что магнитный момент электрона в атоме приобретает лишь дискретные значения (пространственное квантование), дав первые экспериментальные методы измерения атомных и молекулярных моментов. О.В. Лосев предложил использовать кристаллические детекторы для усиления и генерирования электромагнитных колебаний. Предсказание Л. Бриллюэном рассеяния света в кристаллах (аналогичные результаты в 1926 г. получены и Л.И. Мандельштамом). Отсюда название – эффект Бриллюэна – Мандельштама. Экспериментально обнаружен в 1930 г. Е.Ф. Гроссом. Ф. Брэккетт открыл спектральную серию атома водорода в инфракрасной области (серия Брэккетта).
 - ❖ 1923...1924 гг. Луи де Бройль высказал идею о волновых свойствах материи (волны де Бройля). Эта идея Л. де Бройля о всеобщности корпускулярно-волнового дуализма легла в основу квантовой механики Шредингера.
 - ❖ 1923 г. А. Комптон открыл явление рассеяния коротковолнового излучения на свободном или слабо связанном электроном (эффект Комптона), чем экспериментально доказал существование фотона, постулированно в 1905 г. А. Эйнштейном. В 1923 г. Комптон и П. Дебай дали теоретическую интерпретацию этому явлению. А. Эйнштейн предложил вариант единой теории поля, разработкой которой он занимался всю последующую жизнь. Д. Хевеши впервые применил метод меченых атомов к биологическим проблемам (исследование поглощения растениями свинца из раствора). Д. Хевеши и Д. Костер открыли рентгеноскопическим методом 72-й элемент – гафний. Н. Бор пришел к представлению об оболочечной структуре атома, основанному на классификации электронных орбит по главному и азимутальному квантовым числам. Объяснение

- Н. Бором особенностей периодической системы химических элементов (вариант периодической таблицы по Бору), Начало разработки теории периодической системы Н. Бором относится к 1921 г. П.Л. Капица и Д.В. Скобельцын поместили камеру Вильсона в сильное магнитное поле, наблюдая искривление треков альфа-частиц. Предсказание комбинационного рассеяния света (А. Смекал). С.И. Вавилов и В.Л. Левшин обнаружили первый нелинейный эффект в оптике – уменьшение поглощения света урановым стеклом с ростом интенсивности света. Создан купроксный выпрямитель (Грондаль).
- ❖ 1924...1925 гг. В. Паули сформулировал один из важнейших принципов современной теоретической физики (принцип Паули).
 - ❖ 1924...1925 гг. Ш. Бозе и А. Эйнштейн разработали квантовую статистику частиц с целым спином (статистика Бозе – Эйнштейна). Гипотеза Нернста о существовании вырождения газа превратилась в обоснованное теоретическое утверждение.
 - ❖ 1924 г. В. Кеезом провел термодинамическое рассмотрение сверхпроводящего перехода и получил связь между электронной теплоемкостью и критическим полем (в 1933 г. это сделал также К. Гортер). В. Паули для объяснения сверхтонкой структуры спектральных линий предположил гипотезу ядерного спина. В. Ханле открыл явление, названное его именем (эффект Ханле). В. Шоттки создал первую теорию явлений в ионизированном газе. Г. Каммерлинг-Оннес показал возможность создания незатухающего тока в кольце, состоящем из двух различных сверхпроводников, находящихся в контакте. О. Лапорт сформулировал закон сохранения пространственной четности применительно к процессу испускания света атомами. Открытие галактик американским астрономом Э. Хабблом. Передана первая фоторадиограмма из Лондона в Нью-Йорк. Разработан метод совпадений (В. Боте). Разработка П.Л. Капицей методики и получения кратковременных магнитных полей напряженностью до 500 тысяч эрстед. Создан первый полупроводниковый выпрямитель, состоящий из закиси меди и двух электродов с униполярной проводимостью (Ф. Гейгер). Х. Крамере открыл существование отрицательных дисперсионных членов для атомов в возбужденных состояниях.
 - ❖ 1925...1926 гг. Дж. Франк сформулировал в физической химии принцип, квантовомеханическую трактовку которому в 1928 г. дал Э. Кондон (принцип Франка – Кондона).
 - ❖ 1925 г. Американские ученые Г. Рассел и Ф. Саундерс открыли тип взаимодействия электронов в атоме (связь Рассела – Саундерса). В. М. Эльзассер предложил использовать кристалл для наблюдения дифракции электронов и доказательства их волновой природы. Г. А. Изинг предложил идею линейного резонансного ускорителя. В 1928 г. первый успешный эксперимент с таким ускорителем провел Р. Видероз. Записаны формулы для интенсивностей мультиплетных линий (А. Зоммерфельд, Р. Крониг и др.). Открытие супругами Ноддак 75-го элемента – рения. П. Оже открыл эффект, названный его именем (эффект Оже). Разработан метод толстослойных ядерных фотоэмульсий (Л. В. Мысовский и др.). Разработка В. Гейзенбергом матричной механики. Разработка В.Л. Левшиным теории поляризованной люминесценции, установление формулы Левшина – Перрена. С. Гаудсмит и Дж. Уленбек постулировали существование внутреннего механического и магнитного моментов у электрона (спиновая гипотеза). Спиновая гипотеза (понятие спина) сразу же разъяснила много трудных вопросов и получила всеобщее признание (к идее спина в 1921 г. пришел также А. Комптон). Созданы первые советские электронные лампы (Н. Д. Папалекси). Х. Крамерс и В. Гейзенберг с помощью принципа соответствия получили полную формулу дисперсии, включающую комбинационное рассеяние (формула дисперсии Крамерса – Гейзенберга). Э. Изинг предложил модель ферромагнетизма (модель Изинга). Э. Стонер ввел подразделение электронных оболочек атома на подоболочки. Эгучи открыл электреты. Впервые получена фотография следа протона и расщепления ядра азота альфа-частицами, первое наблюдение ядер отдачи (П. Блэккетт). Доказана справедливость законов сохранения энергии и импульса при рассеянии гамма-квантов на электронах для каждого элементарного акта рассеяния (В. Боте, Г. Гейгер).
 - ❖ 1926...1927 гг. Открыт и теоретически объяснен обменный эффект электростатического взаимодействия электронов в оболочке атомов и молекул и установлена его непосредственная связь с магнитными свойствами электронных систем.
 - ❖ 1926...1927 гг. П. Дирак разработал теорию преобразований. Х. Крамере и Р. Крониг сформулировали дисперсионные соотношения (соотношения Крамерса – Кронига).
 - ❖ 1926 г. В. Гейзенберг объяснил наличие двух систем термов для пара- и ортогелия: паратермы соответствуют симметричным, а ортотермы – антисимметричным решениям волнового уравнения. Дж. Ван Флек разработал квантовомеханическую теорию диамагнетизма (в 1927 г. это сделал также Л. Полинг). Записано простейшее релятивистское волновое уравнение для частиц со спином 0 – уравнение Клейна – Фока – Гордона (О. Клейн, В.А. Фок, В. Гордон). Л. Бриллюэн, Г. Вентцель, Х. Крамере разработали метод нахождения приближенных собственных значений и собственных функций одномерного уравнения Шредингера, устанавливающий связь со старыми правилами квантования Бора и Зоммерфельда (метод БВК). М. Борн дал вероятностную интерпретацию волн де Бройля. М. Борн и Н. Винер установили общий принцип, согласно которому физической величине соответствует некоторый оператор. М. Борн развил приближенный метод решения задачи о рассеянии частиц силовым центром (борновское рассеяние). П. Дебай и У. Джиок независимо друг от друга предложили метод получения низких температур при помощи парамагнетиков (в 1933...1934 гг. В. де Гаазом, У. Джиоком, Ф. Саймоном были проведены первые экспериментальные исследования этим методом). Развитие М. Борном с учениками формализма матричной механики. Разработана квантовая статистика для частиц с полуцелым спином – статистика Ферми – Дирака (Э. Ферми, П. Дирак). Э. Шредингер построил волновую механику и сформулировал ее основное уравнение, названное его именем (уравнение Шредингера). Из уравнения Шредингера возникло общее представление о туннельном эффекте, – Э. Шре-

дингер доказал математическую эквивалентность матричной механики В. Гейзенберга и волновой механики. Я.И. Френкель ввел понятие о подвижных дырках (дырочная проводимость). Я.И. Френкель разработал кинетическую теорию жидкостей.

- ❖ 1927...1928 гг. Выдвинута идея о существовании в металлах энергетических зон (М. Стрэгг). Первые определения моментов ядер. Р. Крониг впервые рассмотрел квантовомеханическую теорию магнетооптических явлений для двухатомных молекул (в 1929 г. это сделал Л. Розенфельд для атомов, в 1930 г. Х. Крамерс для парамагнитных ионов).
- ❖ 1927 г. В. Гейзенберг сформулировал фундаментальное положение квантовой механики – принцип неопределенности. В. Паули ввел матрицы для описания спина электрона (спиновые матрицы Паули). В. А. Фок дал теорию теплового электрического пробоя диэлектриков. Введение понятия упаковочного коэффициента и построение первой кривой зависимости упаковочных коэффициентов от массовых чисел, характеризующей энергию связи атомных ядер (Ф. Астон). Г. Леметр предложил космологическую модель (модель Леметра). Д. Деннисон доказал существование спина протона. Д. В. Скобельцын впервые наблюдал следы заряженных частиц высоких энергий в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле. Дж. Битти и О. Бриджмен предложили эмпирическое уравнение состояния для описания поведения реальных газов в широкой области температур (от -252 до $+400^{\circ}\text{C}$) и давлений (до 200 атм.). Заложены основы теории валентных связей, положившей начало квантовой химии (Ф. Лондон, В. Гайтлер). Кельнер впервые применил вариационный метод в квантовой механике для расчета нормального состояния гелия (получения энергетических уровней атома). Л. де Бройль предложил концепцию волны-пилота с целью интерпретации квантовой механики. Л. Томас предложил приближенную схему описания и расчета основного состояния многоэлектронных атомов, развитую в 1928 г. Э. Ферми (модель атома Томаса – Ферми). М. Борн и Р. Оппенгеймер разработали теорию строения двухатомных молекул. Н. Бор, В. Гейзенберг, Э. Шредингер, М. Борн, В. Паули, П. Дирак выдвинули индетерминистскую концепцию элементарных процессов (копенгагенская интерпретация квантовой механики). Н. Бором сформулирован принцип дополнительности. Открытие дифракции электронов (К. Дэвиссон, Л. Джермер, Дж. П. Томсон). Открытие С.И. Вавиловым зависимости квантового выхода люминесценции от длины волны возбуждающего излучения (закон Вавилова). Открытие спинов атомных ядер. Открытие Ю. Вигнером зеркальной симметрии и формулировка закона сохранения четности (введение представления о четности волновой функции). П. Дирак применил принципы квантовой теории к максвелловскому полю и получил первую модель квантованного поля. Получено прямое доказательство, что при абсолютном нуле энергия кристалла проявляется как колебания атомов (Р. Джеймс, Э. Ферс). Разработан метод вторичного квантования (П. Дирак и др.). В 1932 г. этот метод получил дальнейшее развитие в трудах В. А. Фока. Разработка В. Паули теории парамагнетизма электронного газа (парамагнетизм Паули). Создание квантовой теории излучения, предсказание тождественности квантов вынужденного и первичного излучений, лежащей в основе квантовой электроники (П. Дирак). У. Хаустон дал точное значение массы протона. Установление Ф. Хундом двух эмпирических правил, которые определяют последовательность расположения атомных уровней в мультиплетных (правила Хунда). Ф. Астон экспериментально показал, измеряя атомные веса, что масса ядра не равна сумме масс входящих в ядро частиц, а меньше этой величины на несколько десятых процента. Э. Эпплтон открыл верхний отражающий слой в ионосфере (слой Эпплтона). Ю. Вигнер впервые использовал в квантовой механике теорию групп. Ю. Вигнер и др. построили аппарат, эквивалентный волновой механике в конфигурационном пространстве с антисимметричными волновыми функциями. Я. Клей открыл широтный эффект космических лучей.
- ❖ 1928 г. А. Зоммерфельд разработал первую квантовую теорию металлов. В. Паули выдвинул требование лоренц-инвариантности и при квантовании. Дж. Хартри ввел математическое определение количества информации и разработал приближенный метод решения задач квантовой механики многих тел – метод самосогласованного поля, развитый в 1930 г. В. А. Фоком (метод Хартри – Фока). Объяснение сверхтонкой структуры спектров (В. Паули). Открытие сверхтонкой структуры спектральных линий атомных спектров (А. Н. Теренин, Л. Н. Добрецов, Г. Шюллер). Открыто комбинационное рассеяние света (Л. И. Мандельштам и Г. С. Ландсберг; Ч. Раман и К. Кришиан) Открыты гелий I и гелий II (В. Кеезом, М. Вольфке). П. Дирак и В. Гейзенберг открыли обменное взаимодействие, введя обменные силы. П. Дирак соединил квантовую механику с теорией относительности и установил квантовомеханическое уравнение, описывающее релятивистский электрон, создав релятивистскую квантовую механику. П. Дирак теоретически открыл античастицы (позитрон), предсказал возможность рождения и аннигиляции электронно-позитронных пар. Построена квантовая теория оптической активности паров (Л. Розенфельд). Разработка теории альфа-распада как туннельного процесса (Г. Гамов, Э. Кондон, Р. Герни). Разработка Ф. Блохом и Л. Бриллюэном основ зонной теории 1930 гг. твердых тел (в 1930 г. Л. Бриллюэн ввел понятие запрещенных зон). С. Я. Соколов положил начало звуковидению и разработал первый дефектоскоп. Созданы первые квантовомеханические теории ферромагнетизма, основанные на обменном взаимодействии электронами: коллективизированная модель (Я. И. Френкель) и модель локализованных спинов (В. Гейзенберг). Ф. Блох и Р. Пайерлс разработали теорию движения отдельных электронов в кристаллической решетке. Ф. Блох предложил метод линейной комбинации атомных орбит, развил приближение сильной связи. Э. Ладенбург доказал существование отрицательной дисперсии, предсказанной в 1924 г. Х. Крамерсом. Ю. Вигнер провел квантование электронного поля.
- ❖ 1929...1930 гг. В. Гейзенберг и В. Паули предприняли первую попытку формулировки квантовой электродинамики, введя общую схему квантования полей. Э. Ферми и Харгривс дали первую количественную теорию взаимодействия ядерного магнитного момента с электронной оболочкой. Э. Ферми предпринял попытку по-

строения квантовой электродинамики (подход, отличный от схемы В. Гейзенберга и В. Паули), разработав канонические правила квантования поля.

- ❖ 1929 г. В. Боте и В. Кольхерстер применили метод совпадений для исследования космических лучей (опыты Боте – Кольхерстера) и пришли к выводу, что первичное космическое излучение состоит из заряженных частиц. В. Гайтлер и Г. Герцберг определили статистику ядра азота (в 1930 г. это сделал и Ф. Разетти), найдя, что оно подчиняется статистике Бозе – Эйнштейна. Это оказалось решающим доводом против протонно-электронной гипотезы строения ядер. Введение понятия плазмы и плазменных колебаний (И. Ленгмюр, Л. Тонко). Дж. Слэтер показал, что детерминант, составленный из отдельных электронных волновых функций, можно использовать как многоэлектронную волновую функцию, удобную для вариационных расчетов в задачах по электронной структуре атомов и молекул (детерминанты Слэтера). Н. Мотт в первом порядке в теории возмущений рассмотрел рассеяние на бесконечно тяжелой бесструктурной точечной мишени (формула Мотта). Он же указал на возможность поляризации электронного пучка при рассеянии. О. Штерн открыл дифракцию атомов и молекул. Разработка Х. Бете теории кристаллического поля. Создана квантовая теория эффекта Комптона (О. Клейн, И. Нишина), сформулировано уравнение, описывающее рассеяние электронов в этом эффекте (уравнение Клейна – Нишины). Х. Крамерс сформулировал теорему, имеющую важное значение для проблемы магнетизма кристаллов (теорема Крамерса). Э. Меррит обнаружил полупроводниковые свойства у германия.
- ❖ 1930 г. А. Вильсон построил теорию полупроводников, ввел представление о «донорной» и «акцепторной» проводимости. Б. Ланге изобрел вентильный фотоэлемент. Б. Росси разработал метод совпадений разрядов нескольких счетчиков для исследования космических лучей. В. де Гааз и П. ван Альфен открыли эффект, названный их именем (эффект де Гааза – ван Альфена). В. Паули выдвинул гипотезу нейтрино (идея нейтрино возникла у него в 1930 г.). В. Шоттки и К. Вагнер разработали теорию электролитического переноса. Введение спиновых волн (Ф. Блох). Г. Дембер открыл явление возникновения фотоэда в полупроводнике, названное его именем (эффект Дембера). Дж. Слэтер предложил полярную модель кристаллов, развитую в 1934 г. С.П. Шубиным и С.В. Вонсовским. И. Е. Тамм и С. П. Шубин заложили основы теории фотоэффекта в металлах. И. Е. Тамм разработал квантовую теорию рассеяния света в кристаллах. К. Вагнер обнаружил существование двух типов полупроводников – электронных и дырочных. К. Янский изобрел первый радиотелескоп и открыл космическое радиоизлучение, чем положил начало радиоастрономии (в 1937 г. Г. Ребер построил первый параболический радиотелескоп). Л. В. Шубников и В. де Гааз открыли эффект, названный их именем (эффект Шубникова – де Гааза). Н. С. Акулов разработал феноменологическую теорию магнитной анизотропии и магнитострикции. Открыт изотоп уран-238 (Ф. Астон). Открытие селективного рассеяния света (Л. И. Мандельштам, Г. С. Ландсберг). Открыто излучение большой проникающей способности, возникающее при бомбардировке бериллия альфа-частицами (В. Боте, Г. Бекер). Исследование бериллиевского излучения привело к открытию нейтрона. П. Дирак предложил теорию «дырок», развитую впоследствии В. Гейзенбергом (1934 г.) и Х. Крамерсом (1937 г.). П. Эренфест и Р. Оппенгеймер показали, что ядра с нечетным A подчиняются статистике Ферми – Дирака, а с четным – статистике Бозе – Эйнштейна (теорема Эренфеста – Оппенгеймера). Они же отметили, что протонно-электронная гипотеза строения ядра применительно к ядру азота приводит к ряду противоречий с известными свойствами азота. Построен циклотрон (Э. Лоуренс, М. Ливингстон). Идею его выдвинули в 1927 г. М. Штеенбек и в 1929 г. Л. Сцилард, Э. Лоуренс и Ж. Тибо. Первый циклотрон в Европе был построен М.А. Еремеевым в 1933 г. в Ленинграде. Предсказание П. Дираком существования элементарных магнитных зарядов – монополей. Предсказание Я. И. Френкелем экситона. Разработка Л. Онсагером общей теории необратимых термодинамических процессов. Доказательство им одной из основных теорем термодинамики необратимых процессов (теорема Онсагера). Создана теория доменного строения ферромагнетиков (Я. И. Френкель, Я. Г. Дорфман). Создание первого иконоскопа – передающей телевизионной трубки (В. К. Зворыкин). Теоретическое предсказание Л. Д. Ландау диамагнетизма электронов в металлах (диамагнетизм Ландау). Точное измерение времени жизни возбужденных атомов (для He^+). Установлено существование нового типа взаимодействий – сильных, или ядерных. Ф. Биттер впервые наблюдал доменную структуру методом порошковых фигур (в 1932 г. подобные наблюдения выполнили также Н. С. Акулов и М.В. Дехтяр). Ф. Блох вывел закон для температурного хода самопроизвольной намагниченности ферромагнетика в области низких температур (закон степени три вторых Блоха). Я. И. Френкель отметил, что туннелирование как квантовое явление обуславливает протекание тока через контакт двух проводников, разделенных тонкой изолирующей прослойкой.
- ❖ 1931 г. Р. Ван де Грааф создал электростатический ускоритель заряженных частиц (генератор Ван де Граафа). Первую действующую модель своего генератора Ван де Грааф построил в 1929 г.

Открытия в химии

- ❖ 2500 - 2000 гг до н. э. Проникновение меди с Востока в Европу. В Вавилоне изобретены весы - орудие для измерения количества золота и др. материалов. Пробразом для них послужило коромысло носильщика тяжестей.
- ❖ 2000 - 1500 гг до н. э. В египетских пирамидах найдены образцы стекла и ковкого железа.
- ❖ 1300 - 1000 гг до н. э. В Древней Греции известны медь, железо, олово, свинец, закаливание стали и действие навоза как удобрения.

- ❖ 1 в. до н. э. В поэме Лукреция Кара "О природе вещей" несуществующим богам противопоставляются невидимые атомы, с помощью которых объясняется все многообразие явлений окружающего мира, в том числе ветры и бури, распространение запахов, испарение и конденсация воды.
- ❖ 700 - 1000 гг. Арабский алхимик Джабир ибн Хайян и его последователи в результате безуспешных попыток превратить неблагородные металлы в золото применили кристаллизацию и фильтрование при очистке химических веществ; описали получение серной, азотной, уксусной кислот и царской водки (указали на ее способность растворять золото); приготовили нитрат серебра, сулему, нашатырь и белый мышьяк (мышьяковистую кислоту).
- ❖ 1000 - 1200 гг. В «Книге о весах мудрости» арабский ученый Ал-Казини приводит удельные веса 50 различных веществ. В «Книге тайн» Абу-ар-Рази впервые классифицируются все вещества на землистые (минеральные), растительные и животные; описаны кальцинация (обжиг) металлов и других веществ, растворение, возгонка, плавление, дистилляция, альгамирование, сгущение и т.п.
- ❖ 1280. Арнальдо Вилланованский описал приготовление эфирных масел.
- ❖ 1300 - 1400 гг. монаху Бертольду Шварцу приписывают изобретение пороха (в Европе). (В Китае порох был известен еще в начале нашей эры).
- ❖ 1452 - 1519 гг. Великий итальянский художник Леонардо да Винчи путем сжигания свечи под опрокинутым над водой сосудом доказывает, что при сгорании воздух расходуется, но не весь.
- ❖ XVI в. Алхимиком Василием Валентином в трактате «Триумфальная колесница антимолия» описаны соляная кислота, сурьма, висмут (получение и свойства); развиты представления о том, что металлы состоят из трех «начал»: ртути, серы и соли.
- ❖ 1493 - 1541 гг. Парацельс преобразует алхимию в ятрохимию, считая, что главная задача химии - служить медицине изготовлением лекарственных средств. От него идет первое, многократно повторяющееся наблюдение, что для горения нужен воздух, а металлы при обращении в окислы увеличивают свой вес.
- ❖ 1556. В сочинении Г. Агриколы «12 книг о металлах» обобщены сведения о рудах, минералах и металлах; детально описаны металлургические процессы и тонкости горнорудного дела; приведена систематика металлов по внешним признакам.
- ❖ 1586 - 1592 гг. Г. Галилей сконструировал гидростатические весы для определения плотности твердых тел (1586), изобрел термометр (1592).

Зарождение научной химии

- ❖ 1660 - 65 гг. Р. Бойль в книге «Химик-скептик» сформулировал основную задачу химии (исследование состава различных тел, поиск новых элементов), развил представление о понятии «химический элемент» и подчеркнул важность экспериментального метода в химии. Он ввел термин «анализ» применительно к химическим исследованиям, установил обратную пропорциональность объема воздуха величине давления, применил индикаторы для определения кислот и оснований.
- ❖ 1668. О. Тахений ввел понятие о соли как продукте взаимодействия кислоты со щелочью.
- ❖ 1669. Х. Брандт выделил фосфор как продукт перегонки мочи (первое датированное открытие элемента).
- ❖ 1675. Н. Лемери дал определение химии как искусства "разделять различные вещества, содержащиеся в смешанных телах" (минеральных, растительных и животных).
- ❖ 1676. Э. Мариотт выразил зависимость объема воздуха от давления.
- ❖ 1707. И. Бетгер получил белый фосфор.
- ❖ 1721. И. Генкель получил металлический цинк.
- ❖ 1722. Ф. Гоффман описал получение сероводорода.
- ❖ 1723. Г. Шталь предложил теорию о флогистоне, как о материальном начале горючести.
- ❖ 1724. Д. Фаренгейт открыл зависимость точки кипения воды от давления и явление переохлаждения воды.
- ❖ 1730 - 33 гг. Р. Реомюр изобрел спиртовой термометр (1730). Он показал, что разные по составу растворы имеют различные плотности (1733).
- ❖ 1735. Г. Брандт открыл кобальт.
- ❖ 1741 - 50 гг. М. В. Ломоносов дал определение элемента (атома), корпускулы (молекулы), простых и смешанных веществ и начал разработку своей корпускулярной теории (1741). Сформулировал основные положения молекулярно-кинетической теории теплоты (1744). Открыл закон сохранения массы веществ (1745). Наблюдал явление пассивации металлов в конц. HNO_3
- ❖ 1751. А. Кронстедт открыл никель.
- ❖ 1757. Д. Блэйк показал, что при брожении выделяется углекислый газ.
- ❖ 1763. М. В. Ломоносов изложил основы горного дела и пробирного искусства, описал способы получения металлов из руд.
- ❖ 1766. Г. Кавендиш открыл водород.
- ❖ 1768. А. Боме изобрел прибор для определения плотностей жидкостей - ареометр.
- ❖ 1772. Д. Резерфорд открыл азот.
- ❖ 1772 - 73 гг. Дж. Пристли открыл хлористый водород, «веселящий газ» (N_2O) (1772), кислород («дефлогистированный воздух»), описал свойства аммиака (1773).
- ❖ 1774. А. Лавуазье предположил, что атмосферный воздух имеет сложный состав. К. Шееле открыл марганец, барий, описал свойства хлора.
- ❖ 1775 - 77 гг. А. Лавуазье (независимо от Дж. Пристли) открыл кислород, описал его свойства, сформулировал основы кислородной теории горения.

- ❖ 1778 - 81 гг. К. Шееле открыл молибден, вольфрам; получил глицерин, молочную кислоту, синильную кислоту и уксусный альдегид.
- ❖ 1781. Г. Кавендиш показал, что при сгорании водорода образуется вода.
- ❖ 1782. И. Мюллер фон Райхенштейн открыл теллур.
- ❖ 1785. Т. Е. Ловиц открыл явление адсорбции древесным углем из растворов.
- ❖ 1787. А. Кроуфорд и У. Круикшанк открыли стронций. Ж. Шарль установил уравнение зависимости давления газа от температуры.
- ❖ 1789. М. Клапрот открыл цирконий и уран. И. Рихтер сформулировал закон эквивалентов.
- ❖ 1794. Ю. Гадолин открыл иттрий, что положило начало химии редкоземельных элементов.
- ❖ 1796. С. Теннарт и У. Волластон доказали, что алмаз состоит из углерода.
- ❖ 1797. Л. Воклен открыл хром.
- ❖ 1798. Т. Е. Ловиц ввел понятие о перенасыщенном растворе.
- ❖ 1800. У. Никольсон и А. Карлейль осуществили электролиз воды.

Утверждение в химии атомарно-молекулярного учения

- ❖ 1801. Ж. Пруст сформулировал закон постоянства состава. Ч. Хатчетт открыл ниобий.
- ❖ 1802. Ж. Гей-Люссак нашел зависимость объема газа от температуры и ввел коэффициент термического объемного расширения. Дж. Дальтон сформулировал закон парциальных давлений газов. А. Экеберг открыл тантал.
- ❖ 1803. У. Волластон открыл палладий. Й. Берцелиус и В. Хизингер (и независимо от них М. Клапрот) открыли цезий. Дж. Дальтон сформулировал основные положения атомной теории, ввел понятие атомного веса (массы), приняв атомную массу водорода за единицу; составил таблицу атомных масс. Ж. Гей-Люссак и Л. Тенар создали прибор для сжигания органических веществ с целью их анализа. У. Генри установил зависимость количества газа, поглощенного жидкостью, от его давления.
- ❖ 1804. У. Волластон открыл родий. С. Теннарт открыл осмий и иридий. Дж. Дальтон сформулировал закон простых кратных отношений.
- ❖ 1806. Й. Берцелиус впервые употребил термин "органическая химия".
- ❖ 1807 - 08 гг. Г. Дэви выделил натрий, калий, кальций и магний путем электролиза расплавов их солей; выдвинул электрохимическую теорию химического сродства.
- ❖ 1808. Ж. Гей-Люссак и Л. Тенар открыли бор. Ж. Гей-Люссак сформулировал закон газовых объемов.
- ❖ 1809. Г. Дэви получил фтористый водород.
- ❖ 1811. Б. Куртуа открыл йод. А. Авогадро ди Кваренья установил, что одинаковые объемы всех газов при одинаковых температуре и давлении содержат одинаковое число частиц.
- ❖ 1813. Г. Дэви открыл электрохимическую коррозию металлов.
- ❖ 1814. У. Волластон развил понятие о химических эквивалентах и составил таблицу эквивалентов. Ж. Гей-Люссак и Л. Тенар ввели понятие об амфотерности.
- ❖ 1815. Г. Дэви выдвинул водородную теорию кислот. Ф. Штрмейер открыл качественную реакцию на крахмал (посинение при добавлении йода).
- ❖ 1817. Ф. Штрмейер открыл кадмий. Й. Арфведсон (Г. Дэви, 1818) открыл литий. Й. Берцелиус открыл селен; предложил ввести существующую и поныне систему символов и обозначений элементов и их соединений. Ж. Каванту и П. Пельтье выделили хлорофилл из зеленого пигмента листьев.
- ❖ 1823. Й. Берцелиус открыл кремний. Й. Деберейнер впервые записал уравнения реакций, используя символы химических элементов. Ю. Либих и Ф. Велер открыли явление изомерии.
- ❖ 1825. Г. Эрстед открыл алюминий. М. Фарадей выделил бензол из отстоев светильного газа и определил его элементный состав.
- ❖ 1826. Ж. Дюма предложил способ определения плотности паров веществ и разработал метод определения атомных и молекулярных масс по плотности пара.
- ❖ 1827. Р. Броун открыл хаотическое движение мелких взвешенных частиц в растворе («броуновское движение»).
- ❖ 1828. Й. Берцелиус открыл торий. Ф. Велер получил мочевину изомеризацией цианата аммония (первый синтез природного органического соединения из неорганических веществ).
- ❖ 1829. Расположение химических элементов в триады Й. Деберейнером.
- ❖ 1830. Ф. Сефтрем открыл ванадий. Ж. Дюма разработал метод количественного анализа азота в органических соединениях.
- ❖ 1834. М. Фарадей сформулировал законы электролиза и ввел термины «электрод», «катод», «анод», «ион», «катион», «анион», «электролиз», «электрохимический эквивалент». Ж. Гей-Люссак развил теорию радикалов строения органических соединений.
- ❖ 1835. Й. Берцелиус ввел понятие «катализ».
- ❖ 1837. Ю. Либих и Ж. Дюма высказали идею, что органическая химия - химия сложных радикалов и имеет свои элементы (циан, амид, бензоил и др.), которые играют роль обычных элементов в минеральной химии.
- ❖ 1839. К. Мосандер открыл редкоземельный элемент лантан. Ж. Дюма ввел представление о типах органических соединений; показал, что жиры - сложные эфиры глицерина и высших карбоновых кислот.
- ❖ 1840. Х. Шенбейн открыл озон. Г. Гесс сформулировал основной закон термодинамики. Ю. Либих предложил теорию минерального питания растений.

- ❖ 1841. Й. Берцелиус ввел понятие "аллотропия". К. Фразениус предложил схему качественного анализа катионов металлов с помощью сероводорода. Т. Кларк разработал современный метод определения жесткости воды и выявил различие между временной и постоянной жесткостью.
- ❖ 1842. Н. Н. Зинин разработал способ восстановления нитро- соединений ароматического ряда в амины.
- ❖ 1843. К. Мосандер открыл эрбий и тербий. Ш. Жерар ввел представление о гомологических рядах органических соединений.
- ❖ 1844. К. К. Клаус открыл рутений.
- ❖ 1845. Ш. Мариньяк получил озон пропусканием электрической искры через кислород.
- ❖ 1846. О. Лоран дал определение эквивалента как "количества простого вещества, которое при замещении другого простого вещества играет его роль".
- ❖ 1848. В. Томпсон (Кельвин) предложил "абсолютную шкалу температур".
- ❖ 1850. Л. Вильгельми положил начало количественному изучению скоростей протекания химических реакций и показал зависимость скорости от количества реагентов и их природы.
- ❖ 1857. Р. Бунзен сконструировал лабораторную газовую горелку.
- ❖ 1858. А. Кекуле обосновал представление о 4-валентности углерода и предложил общую формулу для гомологического ряда алканов C_nH_{2n+2} .
- ❖ 1859. Н. Н. Бекетов заложил основы металлотермии.
- ❖ 1860. Ж. Стас опубликовал результаты работ по определению атомных масс многих элементов.
- ❖ 1861. А. М. Бултеров сформулировал основные положения теории строения органических соединений. Г. Кирхгофф и Р. Бунзен спектроскопическим методом открыли цезий и рубидий. У. Крукс открыл галлий.
- ❖ 1863. Ф. Райх и Т. Рихтер открыли спектроскопическим методом индий. А. М. Бултеров объяснил явление изомерии на основе теории химического строения органических веществ.
- ❖ 1864. П. Мартен изобрел новый способ выплавки стали.
- ❖ 1865. Дж. Ньюлендс предложил систематику химических элементов («закон октав»), впервые подметив явление периодического изменения свойств элементов в их естественном ряду. А. Кекуле предложил циклическую структуру бензола.
- ❖ 1867. К. Гульдберг и П. Вааге сформулировали закон действующих масс для равновесных реакций.
- ❖ 1868. Г. Вихельхаус ввел термин «валентность».
- ❖ 1869. Д. И. Менделеев разработал основные положения учения о периодичности, сформулировал периодический закон и предложил короткую форму периодической системы элементов. Систематизация химических элементов на основе их атомных масс Л. Мейером. В. В. Марковников развил представления о взаимном влиянии атомов в органических соединениях, сформулировал правило присоединения несимметричных реагентов к несимметричным алкенам (правило Марковникова).
- ❖ 1870. Д. И. Менделеев изменил величины атомных масс некоторых элементов (например, урана); предсказал существование и свойства нескольких неизвестных элементов, в том числе "экаалюминия", "экабора", и «экасилиция».
- ❖ 1874. Д. И. Менделеев вывел обобщенное уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона-Менделеева).
- ❖ 1875. П. Лекок де Буабодран открыл галлий (предсказанный Д. И. Менделеевым "экаалюминий").
- ❖ 1878. Ш. Мариньяк открыл редкоземельный элемент иттербий.
- ❖ 1879. Л. Нильсен открыл скандий (предсказанный Д. И. Менделеевым «экабор»). П. Клеве открыл редкоземельные элементы тулий и гольмий. П. Лекок де Буабодран открыл редкоземельный элемент самарий. М. Бертло ввел термины «экзотермическая» и «эндотермическая» реакции.
- ❖ 1883. И. Кьельдаль предложил метод определения процентного содержания азота в органических соединениях. С. Аррениус (лауреат Нобелевской премии 1903 г.) открыл явление электропроводности водных растворов кислот и оснований. Я. Г. Вант-Гофф (лауреат Нобелевской премии 1901 г) разработал учение о скоростях химических реакций.
- ❖ 1884. А. Ле Шателье сформулировал общий закон смещения химического равновесия.
- ❖ 1885. К. Ауэр фон Вельсбах открыл редкоземельные элементы празеодим и неодим.
- ❖ 1886. К. Винклер открыл германий (предсказанный Д.И. Менделеевым «экасилиций»). П. Лекок де Буабодран открыл редкоземельные элементы гадолиний и диспрозий. А. Муассан получил фтор в свободном виде. У. Крукс высказал идею, что у каждого элемента могут быть разновидности атомов, различающиеся по атомным массам (изотопы).
- ❖ 1887. С. Аррениус сформулировал основные положения теории электролитической диссоциации; рассчитал константу диссоциации воды. Д.И. Менделеев разработал гидратную теорию растворов.
- ❖ 1888. В. Оствальд (лауреат Нобелевской премии 1909 г.) сформулировал закон разбавления.
- ❖ 1889. В. Нернст заложил основы электрохимической термодинамики; вывел уравнения для электродных потенциалов и ЭДС гальванических элементов. С. Аррениус выдвинул представление об активных молекулах, число которых возрастает с температурой; вывел уравнение зависимости константы скорости реакции от частоты столкновения молекул, энергии активации и температуры.
- ❖ 1892. Дж. Дьюар изобрел сосуд (термос), позволяющий длительное время хранить сжиженные газы. Э. Фишер получил моносахариды с 7-9 атомами углерода. На Международном конгрессе химиков в Женеве принята номенклатура органических соединений.
- ❖ 1894. У. Рамзай и У. Релей открыли аргон. В. Оствальд дал определение катализа; обосновал механизм действия кислотно-основных индикаторов.

- ❖ 1895. В. Рентген открыл X-лучи.
- ❖ 1896. А. Беккерель открыл явление радиоактивности.
- ❖ 1897. Дж. Томпсон (и независимо Э. Вихерт) открыли электрон.
- ❖ 1898. У. Рамзай и М. Траверс открыли криптон, неон и ксенон. П. Кюри и М. Склодовская - Кюри открыли полоний и радий.
- ❖ 1899. А. Дебьерн открыл актиний.

Открытия в химии в XX веке

- ❖ 1900. М. Планк заложил основы квантовой теории. К. Винклером и Р. Кничем разработаны основы промышленного синтеза серной кислоты контактным способом.
- ❖ 1901. Э. Демарсе открыл редкоземельный элемент европий.
- ❖ 1903. М. С. Цвет заложил основы метода адсорбционной хроматографии. Э. Фишер установил, что белки построены из альфа-аминокислот; осуществил первые синтезы пептидов.
- ❖ 1905. А. Вернер предложил современный вариант длинной формы графического изображения периодической системы элементов.
- ❖ 1907. Ж. Урбэн открыл редкоземельный элемент лютеций, последний из стабильных редкоземельных элементов.
- ❖ 1908. В. Оствальдом разработаны основы технологии производства азотной кислоты каталитическим окислением аммиака.
- ❖ 1909. С. Серенсен ввел водородный показатель рН. И. Лэнгмюр (лауреат Нобелевской премии 1932 г.) разработал основы современного учения об адсорбции.
- ❖ 1910. С. В. Лебедев получил первый образец синтетического бутадиенового каучука.
- ❖ 1911. Э. Резерфорд (лауреат Нобелевской премии 1908 г.) предложил ядерную (планетарную) модель атома.
- ❖ 1913. Н. Бор (лауреат Нобелевской премии 1922 г.) сформулировал основные постулаты квантовой теории атома, согласно которой электроны в атоме обладают определенной энергией и вследствие этого могут вращаться в электронной оболочке лишь на определенных энергетических уровнях. К. Фаянс и Ф. Содди (лауреат Нобелевской премии 1921 г.) сформулировали закон радиоактивных сдвигов (тем самым структура радиоактивных семейств была увязана со структурой периодической системы элементов). А. Ван ден Брук высказал предположение, что номер элемента в периодической системе численно равен заряду его атома.
- ❖ 1914. Р. Мейер предложил помещать все редкоземельные элементы в побочной подгруппе III группы периодической системы.
- ❖ 1915. И. Штарк ввел понятие "валентные электроны".
- ❖ 1916. В. Коссель и Г. Льюис разработали теорию атомной связи и ионной связи. Н. Д. Зелинским сконструирован противогаз.
- ❖ 1919. Э. Резерфорд осуществил первую ядерную реакцию искусственного превращения элементов.
- ❖ 1920. Важнейшие исследования строения атома, приведшие к современным представлениям о модели атома. В этих исследованиях участвовали Л. Де Бройль (лауреат Нобелевской премии 1929 г., волновая природа электрона), Э. Шредингер (лауреат Нобелевской премии 1933 г., ввел основное уравнение квантовой механики), В. Гейзенберг (лауреат Нобелевской премии 1932 г.), П. Дирак (лауреат Нобелевской премии 1933 г.).
- ❖ 1923. Г. Хевеши и Д. Костер открыли гафний. И. Бренстед предложил считать кислотами вещества, отдающие протоны, а основаниями - вещества, присоединяющие протоны.
- ❖ 1925. В. Паули сформулировал принцип запрета. Г. Уленбек и С. Гоудсмит ввели представление о спине электрона.
- ❖ 1931. Э. Хюккель заложил основы квантовой химии органических соединений. Сформулировал $(4n + 2)$ -правило ароматической стабильности, устанавливающее принадлежность вещества к ароматическому ряду. С. В. Лебедев решил проблемы промышленного получения синтетического каучука.
- ❖ 1932. Дж. Чедвик (лауреат Нобелевской премии 1935 г.) открыл нейтрон. Д. Д. Иваненко предложил протонно-нейтронную модель атомного ядра. Л. Полинг (лауреат Нобелевской премии 1954 г.) количественно определил понятие электроотрицательности, предложил шкалу ЭО и выразил зависимость между ЭО и энергией связи атомов.
- ❖ 1933. П. Блэккетт и Г. Оккиалини открыли позитрон.
- ❖ 1934. И. и Ф. Жолио - Кюри (лауреаты Нобелевской премии 1935 г.) открыли явление искусственной радиоактивности.
- ❖ 1937. К. Перрье и Э. Сегре открыли новый элемент - первый искусственно синтезированный элемент технеций с $Z=43$.
- ❖ 1939. М. Перей открыл франций - элемент с $Z=87$. Разработаны технологии промышленных производств искусственных волокон (найлон, перлон).
- ❖ 1940. Д. Корсон, К. Маккензи, Э. Сегре синтезировали астат ($Z=85$). Э. Макмиллан (лауреат Нобелевской премии 1951 г.), Ф. Эйблсон синтезировали первый трансурановый элемент нептуний с $Z=93$. Г. Сиборг, Э. Макмиллан, Дж. Кеннеди, А. Валь синтезировали плутоний с $Z=94$.
- ❖ 1944. Г. Сиборг (лауреат Нобелевской премии 1951 г.), Р. Джеймс, А. Гиорсо синтезировали кюрий с $Z=96$. Г. Сиборг выдвинул актиноидную концепцию размещения трансурановых элементов в периодической системе.
- ❖ 1945. Г. Сиборг, Р. Джеймс, П. Морган, А. Гиорсо синтезировали америций с $Z=95$.
- ❖ 1947. Э. Чаргафф впервые получил чистые препараты ДНК.
- ❖ 1949. Г. Сиборг, С. Томпсон, А. Гиорсо синтезировали берклий ($Z=97$) и калифорний ($Z=98$).

- ❖ 1951. Л. Полинг разработал модель полипептидной спирали. В. М. Кличковским сформулировано правило $(n + 1)$ - заполнения электронных оболочек и подоболочек атомов по мере роста Z . Т. Кили, П. Посон синтезировали небензойное ароматическое соединение «сэндвичевой» структуры - ферроцен $(C_5H_5)_2Fe$.
- ❖ 1952. Г. Сиборг, А. Гиорсо и др. открыли эйнштейний ($Z=99$) и фермий ($Z=100$).
- ❖ 1953. Дж. Уотсон и Ф. Крик (лауреаты Нобелевской премии 1962 г.) предложили модель ДНК - двойную спираль из нитей полинуклеотидов, связанных водородными «мостиками». А. Тодд и Д. Браун разработали схему строения РНК.
- ❖ 1954. К. Циглер, Дж. Натт (лауреаты Нобелевской премии 1963 г.) предложили смешанные металлоорганические катализаторы для промышленного синтеза полимеров.
- ❖ 1955. Г. Сиборг и др. синтезировали менделеевий ($Z=101$). Н. Н. Семенов и С. Хиншельвуд (лауреаты Нобелевской премии 1962 г.) провели фундаментальные исследования механизма радикальных химических реакций.
- ❖ 1958. Открытие механизма биосинтеза РНК и ДНК А. Корнбергом и С. Очоа (лауреаты Нобелевской премии 1959 г.).
- ❖ 1961. Установлена новая Международная шкала атомных масс - за единицу принята $1/12$ массы изотопа углерода ^{12}C . А. Гиорсо, Т. Сиккеланд, А. Ларош, Р. Латимер синтезировали лоуренсий ($Z=103$).
- ❖ 1962. Получены первые соединения инертных газов.
- ❖ 1963. Р. Меррифилдом разработан твердофазный метод пептидного синтеза; осуществлен полный синтез инсулина - первый химический синтез белка.
- ❖ 1964-84 гг. Г. Н. Флеров с сотрудниками синтезировал курчатовий ($Z=104$) (1964), нильсборий ($Z=105$) (1970); Ю.Ц. Оганесян с сотрудниками. получили элементы с $Z=106$ (1974), $Z=107$ (1976), $Z=108$ (1982), $Z=110$ (1986); П. Армбрустер с сотрудниками синтезировали элемент с $Z=109$.

Астрономия в XX веке

- ❖ 1904 - ввод в строй астрофизической обсерватории в Маунт Вилсон (США)
- ❖ 1905-1907 - диаграмма Герцшпрунга-Рессела
- ❖ 1916-1917 - Общая теория относительности (ОТО) А. Эйнштейна. Модель однородной нестационарной Вселенной
- ❖ 1918 - Харлоу Шепли (США): первая модель нашей галактики (плоская и сферическая подсистемы звезд); построенная по «маякам Вселенной» - цефеидам, звездам, имеющим особый характер закона «период / светимость»
- ❖ 1920 - Маунт-Вилсон. Измерение с помощью телескопа первых диаметров звезд. Начало теории звезд: А. Эддингтон (Англия), Карл Шварцшильд (Германия)
- ❖ 20-е годы - Эдвин Хаббл (США): использование эффекта Доплера для оценки масштабов Вселенной
- ❖ Середина 20-х годов - применение квантовой механики в теории звезд
- ❖ 1923 - Э. Хаббл: открытие цефеиды в туманности Андромеды (М31). Расстояние до М31 около 10 радиусов нашей Галактики
- ❖ 30-е годы - развитие астрофизики звездных объектов. Изучение сложных спектров газовых туманностей, звезд Вольфа-Райе и вспыхивающих («новых») звезд
- ❖ 40-е годы - теория: ядерные реакции как источник горения звезд
- ❖ 1952 - Вильгельм Бааде (США): новая оценка расстояний до галактик - увеличение расстояний в два раза
- ❖ 1946-1967 - Георгий Гамов (США): космология Большого Взрыва, плотное горячее состояние ранней Вселенной
- ❖ 40-50-е годы - становление радиоастрономии и начало уточнения газовой структуры галактик. 21-см линия H (водорода) - теоретическое открытие и изучение В.-де-Хюлстом (Голландия), 1944 г. и И. С. Шкловским (СССР) - 1948 г.
- ❖ 1951 - обнаружение излучения в линии 21 см межзвездного водорода
- ❖ 1957 - начало освоения космического пространства и развитие внеатмосферной (спутниковой) астрономии
- ❖ 1963 - Мартен Шмидт (Паломарская обсерватория) открывает квазары; открытие с борта ракеты первого рентгеновского источника SCO-XR1
- ❖ 1965 - открытие мазерных источников излучения; А. Пензиас, Р. Вилсон открывают «реликтовый» фон излучения Вселенной
- ❖ 70-е годы - развитие науки о солнечно-земных связях
- ❖ 1967 - аспирантка Энтони Хьюша (Англия) открывает пульсары.
- ❖ 90-е годы - обнаружение пыли (твердого вещества) в далеких галактиках; теория в среднем бесконечной и вечной Вселенной; многосвязная модель Вселенной, где наша «мини-Вселенная» - один из «вскипающих пузырей»; экзопланетные системы.

Программа семинарских занятий

Ненаучное знание (2 ч.).

1. Магия как первая форма практической деятельности.
2. Окультизные науки: астрология, алхимия, кабалистика.
3. Паранаука о паранормальных явлениях (телепатия, ясновидение, психокинез).

Литература:

Василенко Л. И. Магия: старое зло или новое благо // Вопросы философии. 1994, № 2.
 Дынич В. И. Вненаучное знание и современный кризис научного мировоззрения // Вопросы философии. 1994, № 2.
 Касавин И. Т. Магия. Креативность. Текст. СПб., 1999.
 Харнер М. Путь шамана // Магический кристалл. М., 1992.
 Холл М. П. Энциклопедическое изложение масонской, герметической, каббалистической и розенкрейцеровской символической философии. СПб., 1994.

Естественнонаучная картина мира и философские проблемы естествознания
Физические концепции естествознания (4ч.):

1. Какие этапы в развитии физика выделяют? В чем особенности классического и неклассического этапов?
2. Какие виды материи изучает физика?
3. Какие косвенные эксперименты подтвердили умозрительную гипотезу атомов?
4. С чем была связана эволюция концепции атомизма?
5. Охарактеризуйте строение атома по модели Э. Резерфорда. Что принципиально нового внес в эту модель Н. Бор?
6. Какие частицы называются элементарными? Какими общими свойствами обладают элементарные частицы? Дайте классификацию элементарных частиц.
7. Что такое вещество и антивещество? Что называют аннигиляцией элементарных частиц?
8. Какие реакции называют ядерными?
9. С какими открытиями связывают становление классической механики?
10. Какое значение имел экспериментальный метод в становлении механики и почему?
11. Каким способом были открыты основные законы механики?
12. Сформулируйте основные особенности механистической картины мира.
13. Какой новый вклад в картину мира вносит электромагнитная теория?
14. В чем суть концепции "дальнодействия" и "близкодействия", аргументы их сторонников.
15. В чем сущность электромагнитной теории Максвелла?
16. Как развивались представления о свете?
17. Кто сформулировал и кем была экспериментально подтверждена гипотеза о наличии у микрочастиц волновых свойств?
18. В чем сущность принципов квантовой механики: неопределенности, дополнительности, соответствия?
19. Какие философские выводы следуют из квантовой механики?
20. Чем отличаются универсальные законы от статистических?
21. В чем состоят особенности классического и вероятностного детерминизма?
22. В чем смысл первого и второго законов термодинамики?
23. Что характеризует энтропия?
24. Какие системы называют изолированными? Насколько соответствует действительности понятие закрытой системы?
25. В чем суть идеи "тепловой смерти" Вселенной и почему её считают несостоятельной?
26. Какие системы называют открытыми? Как происходит самоорганизация в открытых системах?
27. Как рассматривались понятия времени и пространства в классической механике?
28. Что нового вносит специальная теория относительности в прежний принцип относительности классической механики? В чем сущность специальной теории относительности?
29. Как формулируются понятия пространства-времени в специальной теории относительности?
30. Перечислите основные положения общей теории относительности.
31. В чем заключается единство и различие между специальной и общей теориями относительности?
32. К каким философским выводам приводит теория относительности?

Естественно-научные концепции развития процессов в природе: астрономия (2ч.)

1. В чем содержательное отличие между понятиями "Вселенная" и "Метагалактика"?
2. Представьте модели Вселенной от античности до нашего времени.
3. Охарактеризуйте объекты, входящие в состав Галактики и её строение.
4. Какие типы галактик выделяют?
5. Когда образовалась Галактика, как, и что об этом свидетельствует?
6. Этапы развития Вселенной в концепции Большого Взрыва. На какие вопросы не отвечает концепция Большого Взрыва?
7. Какие этапы в своем развитии проходит звезда?
8. Механизм возникновения планет в Солнечной системе. Краткая характеристика планет.
9. Концепции возникновения Земли. Строение Земли.

10. Какие выделяют философско-мировоззренческие проблемы космологической эволюции?

Естественно-научные концепции развития процессов в природе: химия(2ч.)

1. Этапы развития химии и концептуальные уровни в познании веществ и химических систем.
2. В чем заключается теория химического строения вещества А.М.Бутлерова? Как развивалась структурная химия?
3. Дайте определение понятиям: химический элемент, химическое соединение. Какие виды химических связей выделяют? Какая связь между атомным весом и зарядом ядра атома?
4. Представьте фазовые превращения вещества. Как происходит самоорганизация и эволюция химических систем?
5. От чего зависит динамика химических процессов? Какую роль играет катализ в эволюции химических систем?
6. Почему углерод играет ключевую роль в химии жизни? Охарактеризуйте белки, липиды, углеводы, нуклеиновые кислоты.
7. Представьте этапы предбиологической эволюции.

Биологические концепции естествознания(2ч.)

1. Этапы развития биологии. Развитие эволюционного учения.
2. Чем отличаются живые системы от неживых?
3. Перечислите основные положения концепции Ч. Дарвина и Синтетической Теории Эволюции.
4. Философские проблемы эволюционной теории.
5. Представьте уровни биологических структур и организации живых систем: молекулярно-генетический, онтогенетический, живые системы.
6. Выделите основные этапы эволюции флоры и фауны.
7. Представьте "биологический паспорт" человека. Что доказывает животное происхождение человека?
8. Выделите этапы эволюции приматов.
9. Охарактеризуйте стадии эволюции человека

Литература:

Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания. М., 1997 – 2004.
Рузавин Г.И. Концепции современного естествознания М.. 1999 – 2003.

Андреевский К.Н., Шипатов Э.Т. История и методология физики. Ульяновск, 2001
Кохановский В.П. Философия и методология науки. М., 2003
Климишин И. А. Релятивистская астрономия. М., 1989
Лешкевия Т.Г. Философия науки: традиции и новации. М., 2001
Новиков И. Д. Эволюция Вселенной. М,1986
Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. М., 1998

Список ученых, определивших развитие науки в XIX-XX века

(биографии и открытия как темы мини-рефератов, которые сообщаются на семинаре №2)

1. Беккерель А.А.(1852 – 1908), физик, лауреат Нобелевской премии(1903).
2. Бор Нильс(1885 – 1962), физик, л. Н. П. (1992)
3. Борн Макс (1882 – 1970), физик, л. Н. П. (1954).
4. Бройль Луи де (1892 – 1987), физик, л. Н. П. (1929).
5. Бутлеров А. М. (1828 - 1886), химик.
6. Вернадский В. И. (1863 – 1945), естествоиспытатель.
7. Вильсон Ч. Т. (1869 -1959), физик, л. Н. П. (1927).
8. Гамов Г. А. (1904 – 1968), физик-теоретик.
9. Гейзенберг В. (1901 – 1976), физик-теоретик, л. Н П. (1932).
10. Дарвин Ч. Р. (1809 – 1882), естествоиспытатель.
11. Дирак П. А. (1902 – 1984), физик, л. Н. П. (1993).
12. Жолио Кюри Ирен (1897 -1956), Жолио Кюри Фредерик (1900 – 1958),физики, л Н. П. (1935).
13. Иоффе А. Ф. (1880 – 1960), физик, создатель отечественной школы физики.
14. Корана Х. Г. (1922), биохимик, л. Н. П. (1968).
15. Крик Ф. Х. (1916), биофизик, генетик, л. Н. П. (1962).
16. Лоренц Х. А. (1853 – 1928),физик, л. Н. П. (1902).
17. Менделеев Д.И. (1834 – 1907), химик.
18. Мечников И. И. (1845 – 1916), биолог , л. Н. П. (1908).
19. Опарин А. И. (1894 – 1980), биохимик.
20. Павлов И. П. (1849 – 1936), физиолог, л. Н. П. (1904).
21. Пастер Л. (1822 – 1895), микробиолог и иммунолог.

22. Планк М. (1858 – 1947), физик, л. Н. П. (1918).
23. Резерфорд Э. (18971 – 1937), физик, л. Н. П. (1908).
24. Рентген В. К. (1845 – 1923), физик, л. Н. П. (1901).
25. Семенов Н. Н. (1896 – 1986), основоположник химической физики, л. Н. П. (1956).
26. Сеченов И. М. (1829 – 1905), физиолог.
27. Тамм И. Е. (1895 -1971), физик-теоретик, л. Н. П. (1958).
28. Уотсон Д. Д. (1928), биохимик, л. Н, П. (1962).
29. Ферми Э. (1901 -1954), физик, л. Н. П. (1938).
30. Фридман А. А. (1888 – 1925), математик и геофизик.
31. Хойл Ф. (1915), астрофизик.
32. Шмидт О. Ю. 1891 – 1956), математик, геофизик.
33. Эйнштейн А. (1879 – 1955), физик-теоретик, л. Н. П.

Рекомендуемая учебная литература к курсу "История и философия естествознания":

- Ильин В.В. Философия науки. М., 2003.
 Лешкевич Т.Г. Философия науки: традиции и новации. М., 2001.
 Микешина Л.А. Философия науки. М., 2005.
 Негодаев И.А. Философия техники. Р.-на-Д., 1997.
 Никифоров А. л. Философия науки: история и методология. М., 1998.
 Степин В.С., Горохов В.Г., Розов М.А. Философия науки и техники. М., 1996.
 Философия и методология науки / Под ред. В.И. Купцова. М., 1996.
 Философия науки / Под ред. С.А. Лебедева. М., 2004.

Рекомендуемая специальная литература:

- К главе I. "Наука как объект исторического и философского анализа"*
- Андрюхина Л.М. Стиль науки: культурно-историческая природа. Екатеринбург, 1993.
 Бажанов В.А. Наука как самопознающая система. Казань, 1991.
 Башляр Г. Новый рационализм. М., 1987.
 Вернадский В.И. Труды по всеобщей истории науки. М., 1988.
 Волков Г.Н. Социология науки. М., 1969.
 В поисках теории развития науки. М., 1982.
 Гайденко П.П. Эволюция понятия науки. М., 1980.
 Добров Г.М. Наука о науке. Киев, 1989.
 Ильин В.В., Калинин А.Т. Природа науки. М., 1985.
 Кузнецова Н.И. Наука в её истории. М., 1982.
 Кун Т. Структура научных революций. М., 1982, 2003.
 Лакатос И. Фальсификация и методология научно-исследовательских программ. М., 1995.
 Лакатос И. Методология исследовательских программ. М., 2003.
 Малкей М. Наука и социология знания. М., 1983.
 Москвичев Л.Н. Современная буржуазная социология знания. М., 1977.
 Наука: возможности и граница. М., 2003.
 Наука в социальных, гносеологических и ценностных аспектах. М., 1980.
 Наука и культура. М., 1984.
 На пути к теории научного знания. М., 1984.
 Научная деятельность: структура и институты. М., 1980.
 Полани М. Личностное знание. М., 1986, 1998.
 Поппер К. Логика и рост научного знания. М., 1983, 2001.
 Степин В.С., Кузнецова Л.Ф. Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации. М., 1994.
 Современная философия науки. М., 1996.
 Теория познания: в 4-х т., М., 1988-1995.
 Фейерабенд П. Избранные труды по методологии науки. М., 1986.
 Философия естествознания: ретроспективный взгляд. М., 2000.
 Философия и социология науки. М., 1987.
 Философия науки: Гносеологические и логико-методологические проблемы. М., 1996.
 Философия науки: В поисках новых путей. М., 1999.
 Философия науки в историческом контексте. СПб., 2003.
 Швырев В.С. Научное познание как деятельность. М., 1984.

Шухардин С.В. История науки и техники, часть 1. М., 1974.
Яблонский А.И. Математические модели в исследовании науки. М., 1982.

К главе II. "Структура и методы научного знания"

Ахутин А.В. История принципов физического эксперимента М., 1976.
Дорожкин А.М. Научный поиск как постановка и решение проблем. Нижний Новгород, 1995.
Вартофский М. Модели. Репрезентация и научное понимание. М., 1988. Вейль Г. Математическое мышление. М., 1980.
Гастев Ю.А. Модели и гомоморфизмы. М., 1975.
Ильин В.В. критерии научности знания. М, 1989.
Кезин А.В. Научность: эталоны, идеалы, критерии. М., 1985.
Кураев В.И., Лазарев Ф.В. Точность, истина и рост научного знания. М., 1988.
Очерки истории и теории развития науки. М., 1969.
Логика научного исследования. М., 1965.
Микешина Л.А. Ценностные предпосылки в структуре научного познания. М., 1990.
Огурцов А.П. Дисциплинарная структура науки. М., 1988.
Петров Ю.А., Никифоров А.Л. Логика и методология научного познания. М., 1982.
Природа научного открытия М., 1986.
Степин В.С. Становление научной теории. Минск, 1977.
Структура и развитие науки. М., 1978.
Чудинов Э.М. Природа научной истины. М., 1977.

К главе III. "Научное творчество и организация науки"

Агацци Э. Моральное измерение в науке и технике. М., 1998.
Аллахвердян А.Г., Мошкова Г.Ю., Юревич А.В., Ярошевский М.Г. Психология науки. М., 1998.
Борн М. Физика в жизни моего поколения. М., 1963.
Бройль де Л. Революция в физике. М., 1965.
Гейзенберг В. Шаги за горизонт. М., 1987.
Грэхэм Л. Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе. М., 1991.
Гончаренко Н.В. Гений в науке и искусстве. М., 1991.
Идеалы и нормы научного исследования. Минск, 1981.
Капица П.Л. Эксперимент, теория, практика. М., 1981.
Кляус Е.М. Поиски и открытия. М., 1986.
Лейман И.И. Наука как социальный институт. Л., 1971.
Лук А.Н. Психология творчества. М., 1978.
Маршакова И.В. Система цитирования как средство слежения за развитием науки. М., 1988.
Научное творчество. М., 1969.
Научное открытие и его восприятие. М., 1971.
Организация научной деятельности. М., 1968.
Сухотин А.К. Парадоксы науки. М., 1980.
Тацуно Ш. Стратегия - технополисы. М., 1989.
Ученые о науке и её развитии. М., 1971.
Человек в системе наук. М., 1989.
Школы в науке. М., 1977.

Содержание

Введение.	3
Глава I. НАУКА КАК ОБЪЕКТ ИСТОРИЧЕСКОГО И ФИЛОСОФСКОГО АНАЛИЗА	4
1.1. Характеристика научного знания	4
1.2. Концепции исследования развития науки	7
1.3. История науки	12
Глава II. СТРУКТУРА И МЕТОДЫ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ	28
2.1. Структура научного знания	28
2.2. Формы научного знания. Критерии научности	34
2.3. Методология научного познания	40
Глава III. НАУЧНОЕ ТВОРЧЕСТВО И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ	52
3.1. Ученый и формирование креативного отношения	52
3.2. Организация креативного действия в науке	60
3.3. Креативный результат	69
Летопись открытий в естествознании	73
Программа семинарских занятий	94
Рекомендуемая литература	97
Содержание	99

