

ISBN 978-5-9905275-2-2

П.Н. Николаев

ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ФИЗИКИ

Том I

**Основы истории
и
методологии физики**

Москва 2014

Николаев П.Н. (Павел Николаевич) **История и методология физики. Том 1. Основы истории и методологии физики.** М., 2014. – 127 с.

В книге излагается история возникновения и развития физики и ее методологии. Особое внимание уделено логике формирования основных физических представлений. Физика как наука представлена с точки зрения внешних и внутренних закономерностей, закономерностей индивидуального творчества ученого и целого ряда организационных проблем.

Первый том посвящен общим вопросам истории и методологии физической науки, классификации закономерностей ее развития, периодизации истории физики. Особое внимание уделено взаимосвязи физики с другими науками и главным проблемам физической науки.

Nikolaev P.N. (Pavel Nikolaevich) **History and methodology of physics. Volume 1. Foundations of history and methodology of physics.** Moscow, 2014. - 127 pages

ISBN 978-5-9905275-2-2

© Николаев П.Н., 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
-----------------------	---

Глава I

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ФИЗИКИ И ЕЕ РАЗВИТИЕ

§ 1. Вторая половина XVII века как эпоха радикальных перемен . .	8
§ 2. Механика Ньютона	9
§ 3. Предмет, задачи и метод истории физики	11

Глава II

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ,

ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ВНЕШНИМИ ФАКТОРАМИ

§ 4. Физика и производство	15
§ 5. Физика и социальные институты	17
§ 6. Физика и другие науки	19

Глава III

ВНУТРЕННИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ

§ 7. Характер развития физики	30
§ 8. Преемственность в физике	34
§ 9. Методы физики как науки	37

Глава IV

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТВОРЧЕСТВА УЧЕНОГО

§ 10. Почему люди занимаются наукой?	45
§ 11. Качества, необходимые для занятий наукой	49
§ 12. Что надо делать, чтобы сделать открытие?	55

Глава V

НАУКОВЕДЕНИЕ И ФИЗИКА

§ 13. Науковедение или наука о науке	56
§ 14. Прогнозирование развития науки	62
§ 15. Эпохи радикальных перемен в физике. Сравнительный анализ	64

Глава VI

ПЕРИОДИЗАЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

§ 16. Методы периодизации истории физики. Главные этапы развития физической науки	73
§ 17. Предыстория физики	77
§ 18. Классическая физика	81
§ 19. Современная физика	89

Глава VII

ГЛАВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ

В ИСТОРИЧЕСКОМ КОНТЕКСТЕ

§ 20. Выбор главного	94
§ 21. Пространство и время	95
§ 22. Причинность	100
§ 23. Динамический хаос	104
§ 24. Взаимодействие	106
§ 25. Строение мира	114
§ 26. Где начинаются другие проблемы	116

Заключение	118
Литература	119

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая книга является первым томом «Истории и методологии физики». В данное время общий план издания представляется следующим:

1. Основы истории и методологии физики. 2. Предыстория физики. 3. История классической физики. 4. История современной физики.

Исследования по истории и методологии физики охватывают огромный материал. Предлагаемое деление позволяет его систематизировать таким образом, чтобы в рамках каждого тома изложение было однородным. Такое построение позволит более полно удовлетворить потребности различных групп читателей как систематически изучающих историю и методологию физики, а также науки в целом, так и интересующихся этими проблемами.

Глава VII этой книги написана совместно с О.П. Николаевой.

Глава I

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ФИЗИКИ И ЕЕ РАЗВИТИЕ

§ 1. Вторая половина XVII века как эпоха радикальных перемен

Вторая половина XVII века охарактеризовалась коренными переменами в мире. Влияние этих перемен прослеживается на протяжении всей дальнейшей истории [1-11].

В XVII веке характер производства в большинстве наиболее развитых стран стал другим. Повышается роль естествознания в самом производстве. Это нашло свое отражение в философии. Естествознанию покровительствуют государственные деятели. Наука занимает новое положение в обществе, возникают новые формы ее организации. Появляются академии наук.

В 1660 г. было образовано Лондонское королевское общество. Парижская академия наук создана в 1666 г. В дальнейшем число академий значительно увеличилось. Во время своего путешествия по Европе в апреле 1698 года Петр I трижды посетил Монетный двор в Лондоне, хранителем которого в то время был И. Ньютон. В

1717 году Петр I был избран почётным членом Парижской АН. В дальнейшем именно она стала одним из прототипов при создании Петербургской академии наук.

Вторая половина XVII века знаменательна и тем, что в это время появились научные журналы. До этого времени научная информация распространялась посредством переписки. В первой половине XVII века французский ученый М. Мерсенн, проводивший физические исследования в области акустики, организовал обмен научной информацией между наиболее известными учеными своего времени. Но данный метод распространения информации был не очень надежным, а с ростом ее объема не мог охватить все области знания. В результате в 1665 году начали выходить труды Лондонского королевского общества, затем труды Парижской академии наук. Постепенно научная периодика стала основной формой научной информации.

Все предыдущее развитие и накопление элементов научного знания о явлениях, которые в дальнейшем стали относить к области физики, привело к формированию физической науки.

§ 2. Механика Ньютона

В 1687 году была опубликована книга И. Ньютона «Математические начала натуральной философии» [100]. Она ознаменовала новый этап в развитии науки. С ее появлением

обычно связывают начало формирования физики. Первые три издания вышли в Англии на латинском языке: второе в 1713 году, третье – в 1726, еще при жизни И. Ньютона. Но уже в 1729 году она выходит на английском языке, а в 1756 - на французском. Тенденция перехода от латыни к живым языкам становится преобладающей в развитии науки.

Вводная часть «Математических начал натуральной философии» начинается с раздела «Определения», где И. Ньютон дает определение понятия количества материи, о котором он писал, что будет называть его телом и массой. Далее он определяет количество движения и дает определение силы.

Завершив раздел «Определения», И. Ньютон приступает к изложению понятий пространства, времени и движения в разделе «Поучения». Он отмечает, что эти понятия общеизвестны, поэтому, чтобы исключить неправильное их толкование, И. Ньютон предлагает их разделить на абсолютные и относительные, истинные и кажущиеся, математические и обыденные.

В следующем разделе «Аксиомы или законы движения» И. Ньютон формулирует три закона механики и приводит ряд следствий. Этим заканчивается вводная часть работы.

Далее идут три книги (три части). В первой книге, называющейся «О движении тел», в основном рассматривается задача о движении тел под действием центральных сил.

Во второй книге, называющейся как и первая «О движении тел», излагаются вопросы гидродинамики: движение тел в среде, распространение волн в жидкой среде, случаи течения жидкостей и

т.п. Эта часть заканчивается рассмотрением вращательного движения жидкости.

Третья книга, называемая «О системе мира», посвящена вопросам тяготения и небесной механике.

Таким образом, И. Ньютон формулирует основные понятия и законы механики, а также закон всемирного тяготения. Он же решает ряд конкретных задач из области механики. В итоге механика становится самостоятельной наукой.

§ 3. Предмет, задачи и метод истории физики

Обратимся теперь к определению предмета истории физики. При этом не следует смешивать понятия объекта и предмета исследования. Объект существует независимо от нашего сознания. Объект имеет границу – она определяется включением явлений в практическую деятельность. В нашем случае объектом истории физики является физика в ее развитии со всеми ее взаимосвязями.

Понятие предмета включает в себя субъективный элемент, который входит через определение границы. Предмет не может быть шире объекта, но он может составлять лишь его часть. С развитием физической науки меняется объект и предмет исследования истории физики.

Задача по определению предмета истории физики не проста. Целью нашего рассмотрения не является подробное исследование

дискуссии о вопросе, связанном с введением понятия истории физики. Определим предмет истории физики следующим образом: предметом истории физики является история возникновения и развития физической науки как единого целого общественного явления, занимающего определенное место в жизни людей и играющего в ней определенную роль [8, Ч. 1, с. 7].

Таким образом, в данном определении можно выделить два аспекта: 1) физика рассматривается как нечто целое, единое, возникшее на некоторой ступени развития человеческого общества; 2) развитие физики рассматривается во взаимосвязи с развитием общества, изучается характер изменения этой взаимосвязи. Со своим возникновением физика заняла в обществе определенное место и играет в истории определенную роль, меняющуюся в зависимости от периода развития общества.

Определив круг задач истории физики, мы обратимся теперь к выяснению круга задач, стоящих перед ней.

Всякое научное исследование проходит три этапа. Таким образом, перед историей физики стоит, как минимум, три задачи. Во-первых, выяснение исторических фактов, то есть их отбор, проверка, систематизация. Во-вторых, анализ фактического материала, позволяющий раскрыть ход процесса развития как необходимо обусловленный, показать, почему так, а не иначе развивалась физическая наука. В-третьих, установление общих законов развития физической науки. Решение последней задачи и позволяет, собственно говоря, истории физики называться наукой.

Для установления закономерностей каждая наука использует свой метод исследования. В естественных науках основной метод

исследования – эксперимент. Становление физики как науки связано с широким использованием эксперимента и математики, начавшееся с работ Галилея и получившее свое завершение в фундаментальных работах Ньютона.

Для гуманитарных наук использование экспериментального метода либо ограничено, либо совсем невозможно. Основным для них, в том числе и для истории физики является метод исторического исследования: исследуется ход исторического развития, определяются его закономерности и они экстраполируются на будущее.

В этом состоит, с одной стороны, сила метода – выводы делаются на основе обширного исторического материала, с другой стороны, - его слабость: предсказание будущего на основе знания лишь прошлого с увеличением интервала времени может оказаться не соответствующим действительности. С точки зрения математики это является отражением того факта, что операция интерполяции не является корректной.

Вместе с тем, и в области гуманитарных наук устанавливаются закономерности, которые, как и законы естественных наук, действуют объективно. Эти законы определяют тенденции развития, его общий характер. Для большей эффективности метода исторического исследования в гуманитарных науках используют основополагающие факторы, которые играют роль «регуляризирующих» алгоритмов и сводят задачу предсказания тенденций развития в будущем к корректно поставленной.

Хотя метод исторического исследования позволяет определить лишь тенденции развития физики, тем не менее можно предвидеть отдельные особенности и использовать их в своих целях.

Глава II

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ВНЕШНИМИ ФАКТОРАМИ

§ 4. Физика и производство

Производство является основной движущей силой науки. Исследуя взаимосвязь физики и производства, выясним более конкретно закономерности этой взаимосвязи.

В то время как производство определяет в конечном счете развитие всякой науки, связь науки с производством на разных этапах развития общества, вообще говоря, носит разный характер. В отличие от гуманитарных наук, которые связаны с производством опосредовано, физика имеет непосредственную связь с производством, с производительными силами, техникой.

Результаты физических исследований непосредственно применяются в производстве, технике. Если у общества появляется техническая потребность, то она становится определяющим стимулом для развития науки.

В качестве примеров взаимосвязи физики и техники, когда физические теории строились для уже созданных механизмов, можно привести следующие факты.

Потребности создания точных часов стимулировали разработку теории маятника, которая в наиболее полной мере была осуществлена Х. Гюйгенсом и опубликована в его труде «Маятниковые часы», вышедшей в 1673 году.

Изобретение паровой машины поставило задачу определения ее оптимальных характеристик, в первую очередь – достижения максимального коэффициента полезного действия. Это стимулировало научную деятельность в этом направлении, и в результате С. Карно сформулировал теорему, явившуюся отправным пунктом развития термодинамики [12].

Такое соотношение физики и производства, когда производство, как правило, ставит перед наукой проблемы создания теорий уже действующих механизмов, характерно для периода до середины XIX века включительно, хотя и здесь имели место исключения. Достаточно вспомнить историю создания артиллерии, возникшей в XV веке: для создания артиллерийских установок и использования их нельзя было обойтись без научных данных, в частности, исследований в области баллистики.

Начиная с середины XIX века увеличивается число случаев, когда появление новых отраслей техники связано с результатами открытий, сделанных в физической науке.

Открытия в области электродинамики в первой половине XIX века привели в итоге к созданию новой отрасли техники – техники слабых токов, электроэнергетике.

После открытий в области электромагнетизма А.С. Поповым было изобретено радио и это привело к созданию целой области физической науки – радиопизики.

Открытия в области теории атома и атомного ядра привели к созданию атомной и ядерной техники.

В настоящее время любая область техники, как правило, развивается на научной основе. Если раньше потребности практики выступали для физики в виде конкретных технических потребностей, то в настоящее время эти потребности ставятся перед наукой в более общей форме. Так во второй четверти XX века появилась настоятельная практическая потребность увеличения скорости вычислений. Это вызвало к жизни новую науку – кибернетику, а в результате были созданы первые электронно-вычислительные машины. Другие потребности привели к появлению современных компьютеров, которые постоянно совершенствуются.

§ 5. Физика и социальные институты

Отношение общества в разные эпохи к развитию науки было соразмерно тем потребностям, которые общество надеялось

реализовать в результате развития науки. Физика возникла во второй половине XVII века, когда началось бурное развитие промышленности в наиболее развитых странах. Именно в этих странах, как правило, были наилучшие условия для развития науки.

В это время формируется представление о том, что наука является совершенно необходимой частью успешного развития всей общественной системы. Поэтому в ряде государств создаются приоритетные условия для развития науки. Так было сделано в России во время реформ Петра I.

При рассмотрении взаимодействия науки и общества следует учесть не только общий уровень развития производства, но и целый ряд других факторов, включая субъективные. В истории науки известно большого количества упоминаний того, как ученые убеждали чиновников разного ранга профинансировать то или иное научное исследование.

Как правило, государство не скупится на исследования, если они касаются обороны или его имиджа. Наиболее яркий этому пример – осуществление ядерной программы в целом ряде стран.

В XX веке характер науки изменился. Она сама стала непосредственной производительной силой. Появляется большое количество научных проектов, которые осуществляются за счет частного финансирования.

Но крупные проекты в области фундаментальной науки, к которой относится физика, проводятся, как правило, за счет государственного финансирования. Зачастую в таких проектах

участвуют несколько стран. Это относится к исследованиям, например, в области физики космоса.

Во второй половине XX века сформировался критерий оценки деятельности государства в области науки. Этот критерий включает ряд факторов, но главным из них является процент от ВВП, который государство тратит на науку. По этому показателю оценивается отношение государства к науке.

§ 6. Физика и другие науки

Физика возникла как наука в современном понимании этого слова во второй половине XVII века. До этого физические явления рассматривались в рамках единой нерасчлененной древней науки – натурфилософии. В рамках натурфилософии естественные науки и философия представляли собой единое целое. При этом философские идеи, как правило, занимали ведущее положение. Первыми из натурфилософии выделились астрономия и математика. Эти две науки оказывали и оказывают исключительно серьезное влияние на развитие физики на протяжении всей ее истории.

Связь физики и математики многогранна. Д.В. Гиббс так определил математику, когда участвовал в обсуждении вопроса о роли математики и языков в подготовке студентов: «Математика – это язык» [12, с. 541]. Ему же принадлежит полшутливое

утверждение: «Математик может говорить, что ему хочется, но физик должен, хотя бы в какой-то мере, быть в здравом рассудке» [12, с. 541].

Физика стала наукой в современном смысле слова после того, как у нее появились система математически строгих понятий и развитый математический аппарат. Это связано в первую очередь с именем И. Ньютона. В дальнейшем возникающие новые области физики получали свой аппарат из математики, которая также постоянно развивалась. Стимулом развития и физики, и математики была практика. При этом влияние практических потребностей на развитие физики, как правило, установить проще, чем на развитие математики [13,14].

Влияние физики на другие науки так и влияние других наук на физику многопланово. Оно определяется, во-первых, тем, что исследования физики соприкасается с предметом исследования других наук, а иногда и пересекается с ним. Возможно взаимовлияние на уровне использования общего понятийного аппарата, общих методов решения задач, применения полученных результатов.

В этом смысле характерна взаимосвязь физики и астрономии. Очевидно влияние астрономии на характер развития механики. Здесь начинало формироваться представление об относительности движения. Описание механикой движения небесных тел способствовало ее утверждению. Так в 1758 году согласно расчетам Э. Галлея должна была появиться комета, носящая его имя. Но она не появилась. Тогда А. Клеро провел расчеты с учетом влияния Юпитера и Сатурна. Он предсказал ее появление в 1759 году, что и

произошло. Впоследствии Д. Араго писал: «Исполнившееся предсказание Клеро произвело на общество более действия, нежели все хитрые доказательства философии Бейля» [7, с. 129]. Надо иметь ввиду, что сам П. Бейль оказал большое влияние на просветителей XVIII века.

Потребности астрономии оказали определяющее воздействие на первоначальное развитие оптики. В результате уже в XVII веке астрономы получили для своих исследований телескоп. Совершенствование этого прибора, с одной стороны, повышало возможности астрономических исследований. С другой, это приводило к дальнейшему развитию оптики, а также ряда смежных дисциплин. В настоящее время телескоп – это сложное устройство, для создания которого необходима информация из различных областей физики. Да и разновидностей телескопов много. Достаточно упомянуть о радиотелескопах, появившихся в XX веке [15].

Невооруженным глазом человек может видеть планеты Меркурий, Венеру, Марс, Юпитер и Сатурн. Вместе с Землей, Луной и Солнцем они в течение долгого времени определяли основной состав, то есть номенклатуру Солнечной системы. Телескоп позволил В. Гершелю открыть новую планету – Уран в 1781 году. Элементы орбиты планеты Нептун вычислил У. Леверье и она была открыта И. Галле в Берлинской астрономической обсерватории 23 сентября 1846 года.

По аналогичной схеме был открыт в 1930 году Плутон. Но дальнейшее изучение состава Солнечной системы, насчитывающей огромное число малых планет (астероидов), комет, мелких

метеорных тел, привело к тому, что в в 2006 году Плутон был исключен из числа планет Солнечной системы. В противном случае трудно было объяснить, почему именно это, а не другое космическое тело называется планетой Солнечной системы.

Спектроскопия на первоначальном этапе своего развития в значительной степени формировалась под влиянием задач астрономии. Последняя использовала методы спектроскопии для определения химического состава звезд, что до этого многим казалось принципиально невозможным, для нахождения лучевых скоростей небесных тел и для решения целого ряда других проблем. На этой почве в XIX веке возникает пограничная наука – астрофизика, имеющая исключительно важное значение для развития физики. Астрофизика изучает физические процессы, происходящие в небесных объектах, где вещество находится в особых предельных состояниях, недостижимых в настоящее время в лабораториях. Это дает новый научный материал для физики, теории гравитации, теории элементарных частиц, электродинамики и др. Особенно это стало сказываться в конце XX – начале XXI века, когда исследовательская аппаратура все чаще стала выводиться в космос.

Со своей стороны развитие ядерной физики и теории элементарных частиц позволило предметно рассматривать в астрономии проблему источников энергии.

Наиболее ярко проявляется взаимосвязь физики, астрономии и математики в рамках космологии. Современная космологическая картина мира, сформировавшаяся во второй половине XX века,

предполагает для своего дальнейшего развития прогресс в трех этих науках.

Созданная А.Эйнштейном общая теория относительности позволила строить новые космологические модели. В опубликованной в 1922 году работе Фридман пришел к выводу, что сами по себе уравнения ОТО не дают однозначного ответа на вопрос о форме Вселенной, о ее конечности или бесконечности. Полученное им нестационарное решение получило подтверждение экспериментальными исследованиями Э. Хаббла. В итоге в результате дальнейших экспериментальных исследований и теоретических разработок теория нестационарной Вселенной стала общепризнанной.

Разработка физически обоснованной теории расширяющейся Вселенной связано с именем Д. Гамова, предложенной им впервые в 1946 году. В дальнейшем эта теория получила название теории Большого Взрыва. Следствием данной теории было наличие остывшего первичного изотропного излучения. В 1965 году радиоинженеры А. Пензиас и Р. Вильсон при испытании рупорной антенны для наблюдения американского спутника «Эхо» открыли существование микроволнового излучения с температурой около 3K , не зависящего от направления антенны. Так теория Большого Взрыва, или горячей Вселенной получила экспериментальное подтверждение. И.С. Шкловский назвал это излучение реликтовым [15].

Исследование физических процессов, происходящих при экстремальных плотностях, требовал развития специального математического аппарата. Кроме того, общая теория

относительности А. Эйнштейна является классической релятивистской теорией, а здесь следовало для исследования процессов использовать аппарат квантовой механики. Именно этим путем пошло развитие космологии, использующей в полном объеме аппарат квантовой теории поля [16]. В результате многие объекты, имевшие в рамках ОТО достаточно далекий от реальности смысл и вызывавшие большие споры (например, черные дыры), с учетом квантовой теории приобрели более естественные контуры.

Таким образом, потребности космологии стимулировали развитие многих разделов целого ряда наук, включая физику.

Взаимосвязь физики и химии также трудно переоценить. В первую очередь следует сказать о влиянии химии на формирование в рамках физических теорий представлений о молекулярном строении веществ и закона сохранения вещества. В явной форме это началось с работ Р. Бойля, М.В. Ломоносова и А. Лавуазье [17]-[19]. В дальнейшем эти представления в химии развивались и в то время, когда в физике господствующими были другие подходы. Огромное значение имело открытие в 1869 году периодического закона Д.И. Менделеева для развития физики атома.

В свою очередь создание квантовой механики многое изменило в химии и ее методах, особенно в теоретической химии [20]. Методы химического анализа стали более конкретными и обоснованными. Особенно это стало заметно в конце XX века, когда возможности вычислительной техники значительно возросли.

Химия стимулировала развитие спектроскопии для нужд исследования состава веществ в земных условиях. Сама же она создавала огромное количество новых соединений, которые не были

известны в земных условиях. Эти соединения затем исследовались физическими методами, что стимулировало развитие различных областей физики, включая квантовую механику, термодинамику, статистическую физику, физику твердого тела и целый ряд других областей. Возникли две смежные науки – физическая химия и химическая физика.

В настоящее время химическому анализу доступны вещества не только с Земли, но и с других планет. Но до сих пор представляет значительный интерес и спектроскопическая информация о весьма далеких звездных объектах.

Достаточно долго существовало представление, что углерод может образовывать две кристаллические структуры – типа алмаза и типа графита. Во второй половине XX века появилось представление о новых образованиях вещества – фуллеренах, нанотрубках и графене, технология получения и очистки которых в дальнейшем была созданы, и которые являются в настоящее время предметом пристального внимания и физиков [21]- [23].

Химия изучает и синтезирует молекулы, состоящие как из двух, так и из тысяч атомов, а также из большого числа повторяющихся единиц (макромолекулы, включая полимеры) [24]- [26]. Эти объекты, полученные часто искусственно, ставят перед различными областями физики и физикой в целом ряд непростых задач.

Многоплановой является взаимосвязь физики и медицины. Медицина изначально использовала различные открытия, которые были сделаны в областях, относящихся в настоящее время к различным областям физики.

Несколько тысяч лет назад возник способ лечения с помощью иглоукалывания (акупунктуры) – воздействия на организм в определенных точках с помощью игл с целью лечения. Для этих же целей использовалось и прижигание, а гораздо позже – и воздействие с помощью электрического тока. Физические основы такого воздействия, а также общая теория воздействия на биологические объекты стали складываться лишь во второй половине XX века [27]. Все это стимулировало развитие ряда областей в физике и использование для этого нового математического аппарата [28].

Исключительно большое воздействие на развитие медицины оказало изобретение микроскопа. В результате стала исследоваться микроскопическая структура биологических объектов, и было сделано много открытий. Среди них важнейшим является открытие клетки и создание в XIX веке клеточной теории.

На протяжении всей своей истории связь физики с различными науками оказывалась определяющей для развития целого ряда областей физики. Это можно сказать о развитии исследования электрических явлений в XVIII – начале XIX века, когда медицина стала рассчитывать на использование электричества в лечебных целях. Это явилось следствием того, что электричество имело ярко выраженное физиологическое действие. Появляется много работ, посвященных исследованию этого вопроса, в том числе и экспериментальных. Гальваническое электричество было открыто врачом Л. Гальвани при изучении действия электричества на мышцы лягушек. В свою очередь работы Л. Гальвани положили начало новому научному направлению – электрофизиологии.

Открытия, сделанные в физике на рубеже XIX – XX веков также оказали серьезное воздействие на развитие медицины. В первую очередь – это открытие В. Рентгеном X-лучей (рентгеновских лучей), а также открытие А. Беккерелем естественной радиоактивности и последующее развитие атомной и в дальнейшем ядерной физики. Вся история XX века показывает взаимосвязь этих областей физики и медицины.

История физики знает немало примеров, когда профессиональные врачи делали выдающиеся открытия в области физики. В первую очередь здесь можно назвать Р. Майера, открывшего закон сохранения и превращения энергии. В свою очередь, начиная со второй половины XX века, в медицине появляется технически весьма сложная диагностическая и лечебная аппаратура. В результате появляется необходимость в специалистах на стыке целого ряда наук, включая физику и медицину. Так возникает медицинская физика.

В целом появление смежных наук является характерным процессом для XX века.

Для исследований в своих рамках биология привлекает возможности различных наук, включая физику. Особых успехов биология достигла, начиная с середины XX века. Получает развитие новая наука – биофизика, элементы которой можно проследить начиная с XVII века. Значительный прогресс произошел в рамках молекулярной биологии. Использование ядерной энергии стимулировало появление радиобиологии, а деятельности в области космоса – космической биологии. Так или иначе, эти исследования стимулировались различными практическими потребностями, среди

которых в первую очередь следует назвать производство лекарств и других средств и аппаратуры для медицины.

На протяжении всей своей истории физика имеет тесную связь с философией. Всякая наука опирается на понятийный материал, разработка которого является предметом философии. Это соотношение мышления и бытия, границы и возможности познания, метод познания, его истинность и т.д.

В древности знания о физических явлениях развивались в рамках единой науки – натурфилософии, куда относилась и философия, причем философские идеи занимали господствующее положение. Физика выделилась в самостоятельную науку в XVII веке, как и целый ряд естественных наук.

Одновременно в XVII – XVIII веках формировалась и новая философия. Но еще нередко философия претендовала на то, что обладает истиной в последней инстанции. Но постепенно философские системы стали отказываться от решения конкретных вопросов естествознания. Основоположник позитивизма О. Конт в первой половине XIX века утверждал, что наука сама себе философия и не нуждается ни в какой философии. С его точки зрения роль философии сводится к простому обобщению положительных наук.

В дальнейшем различные философские школы формировали свой взгляд на развитие науки в целом и физики в частности. Обычно для того, чтобы показать влияние философских взглядов на того или иного ученого при его исследованиях используют его же высказывания на эту тему. При этом профессиональный физик чрезвычайно редко является профессиональным философом.

Поэтому высказывания физиков на философские темы, как правило, непоследовательны и обычно содержат элементы различных философских воззрений, иногда диаметрально противоположных. При этом с течением времени эти воззрения могут значительно изменяться. При этом вся история науки говорит о том, что нет прямой связи между теми открытиями, которые сделали ученые и теми философскими идеями, которых они придерживались.

Фактом остается то, что если в рамках той или иной философской системы возникают руководящие идеи, которые соответствуют потребностям тех реальных физических исследований, которыми занимается ученый, то они чаще всего (но не всегда) приводят к положительному результату.

С другой стороны, сформировавшиеся ложные философские стереотипы могут тормозить развитие научных исследований. Так было в конце XIX – начале XX века, когда Э. Мах выступал против атомизма исходя из своих общих философских воззрений. Это создало огромные сложности для Л. Больцмана, но не могло остановить развития науки. Роль философии не надо приуменьшать, но не следует и преувеличивать. В ряде случаев одна и та же с точки зрения математического аппарата физическая теория имеет различные философские интерпретации.

Глава III

ВНУТРЕННИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ

§ 7. Характер развития физики

Рассмотрим теперь внутренние закономерности развития физики, то есть будем исходить из логики ее развития. Изучение «логики открытий в их истории» [6] предпринимались давно. Но зачастую авторы приносят в свои исследования множество дополнительных гипотез философского характера [29]. Все это приводит к длительным дискуссиям, как между различными философскими школами, так и в рамках одного философского направления [30,31]. При этом существует ряд закономерностей, которые были отмечены достаточно давно [32] и, как правило, не подвергаются сомнению [29]- [31], [33].

Среди них главной закономерностью, определяющей во многом особенности исследований в области физики, является эволюционно-революционный характер ее развития. Рассматривая историю развития физики в целом, мы различаем периоды эволюционного развития и периоды революционных изменений.

Проще выделяются периоды революционных изменений. Для физики в целом можно выделить три основных таких периода. Во-первых, это период возникновения физики, то есть вторая половина XVII века. По своему характеру и месту в истории физики данный период является революционным. Из отдельных разрозненных элементов физического знания возникло новое единое представление о физической картине мира.

Во-вторых, период на рубеже XIX и XX веков. Он связан с переходом от классических представлений в физике к новым релятивистским и квантовым представлениям. Данный переход в наибольшей степени соответствует нашему представлению именно о внутренних закономерностях развития физики и именно ими и вызван.

В-третьих, переход, произошедший во второй половине XX века. Он связан с изменением самого характера физической науки, принципиальным изменением объема информации, количеством работающих людей и используемым материальным ресурсам. Возрастает влияние науки на развитие производства, а также на общество в целом. Наука развивается опережающими темпами. Но возможности общества ограничены. Это приводит к тому, что финансирование научных исследований в начале 70-х годов начинает сокращаться. Вместе с тем потребности науки стали удовлетворяться за счет возникших новых технологий. Особенно это заметно на примере замены бумажных носителей информации электронными носителями, принципиального увеличения скорости счета, появления новых средств связи.

Наличие периодов эволюционного развития и периодов быстрых изменений характерно и для отдельных областей физики, а также для отдельных теорий. В качестве характерного примера можно привести развитие оптики. После И. Ньютона весь XVIII восемнадцатый век господствующей была корпускулярная теория света. В первой половине XIX века происходит коренное изменение представлений, и на смену корпускулярным представлениям приходит волновая оптика. В первой четверти XX века создаются основы квантовой физики. В это же время в оптике происходят коренные изменения. Появляется представление о фотонах. В оптику возвращаются многие черты корпускулярных представлений [24, с. 493].

Создание А. Эйнштейном общей теории относительности (ОТО) явилось ключевым моментом перехода от теории тяготения И. Ньютона к современной теории тяготения, находящейся в согласии с теорией относительности. Накопление экспериментального материала в XX веке, относящегося в первую очередь к астрономическим наблюдениям, привело во второй половине XX века к необходимости обобщения данной теории и учета квантовых эффектов.

В конце первой половины XIX века открытие закона сохранения и превращения энергии положило конец представлению о теплоте на основе теплорода. Начинает формироваться современная теория теплоты.

Более сложным является вопрос о причинах возникновения радикальных перемен. Попытки найти единственную универсальную причину не увенчались успехом. Во-первых, причин

достаточно много и не всегда просто выделить главную из них. Во-вторых, для разных революционных перемен они, как правило, различны. Именно в данном направлении и идут многочисленные дискуссии.

Отдельно следует рассматривать вопрос о том, как быстро новые радикальные идеи усваиваются обществом. М. Планк обратил внимание на личностный аспект этого вопроса: «Великая научная идея редко внедряется путем постепенного убеждения и обращения своих противников В действительности дело происходит так, что оппоненты постепенно вымирают, а растущее поколение с самого начала осваивается с новой идеей... » [33, с. 594].

Общество по-разному может реагировать на принципиальные открытия, меняющие в ряде случаев фундаментальные основы миропонимания. Английский поэт А. Поуп (A. Pope, 1688-1744) так писал о И. Ньютоне:

Nature and nature's laws lay hid in night;

God said "Let Newton be" and all was light.

Перевод С. Маршака:

Был этот мир глубокой тьмой окутан.

«Да будет свет!» - И вот явился Ньютон.

После создания общей теории относительности Д. Сквайр (J.C. Squire, 1884-1958) написал продолжение в виде эпиграммы:

It did not last; the Devil howling.

"Ho! Yet Einstein be!" restored the status quo.

Перевод С. Маршака:

Но сатана недолго ждал реванша.

Пришел Эйнштейн – и стало все, как раньше.

Ясно, что не только поэты формируют общественное мнение. Но все это показывает сложность научного аналитического анализа данного процесса.

§ 8. Преемственность в физике

Наличие переломных периодов в физике не означает, что, начиная с этого переломного момента, все пишется с чистого листа. В физике существует преемственность и это является одной из наиболее важных ее закономерностей.

Существуют различные формы преемственности. Среди них в XX веке наиболее известной стала преемственность, основанная на принципе соответствия. Этот принцип активно начал использовать Н. Бор начиная с 1913 года [35]. В его руках он стал мощным средством для получения новых результатов.

Согласно принципу соответствия между элементами новой теории и старой должно быть соответствие, которое в простейшем случае выражается в том, что закономерности новой теории должны переходить в закономерности старой при стремлении некоторого параметра к определенному пределу.

Такая форма преемственности существует между классической и релятивистской механикой. В качестве малого параметра здесь выступает отношение скорости частицы к скорости света в вакууме. Но следует подчеркнуть, что принцип соответствия, рассматриваемый как предельный переход, имеет ограничения в своем применении. Так не все выражения релятивистской механики точно переходят в классические выражения (например, выражение для энергии) [36].

То же самое можно сказать и о преемственности между релятивистской термодинамикой и классической термодинамикой [37] - [38].

При переходе от общей теории относительности А. Эйнштейна к теории тяготения И. Ньютона в качестве параметра используется отношение потенциала гравитационного поля к квадрату скорости света [36]. Этот же параметр используется при переходе от общерелятивистской термодинамики к классической термодинамике [37].

Что касается перехода от квантовой механики к классической, то в качестве параметра используется отношение постоянной Планка к другой величине такой же размерности [39]. Но здесь также надо иметь в виду, что формальный предельный переход имеет целый ряд ограничений [39,40]. Сделанные замечания и к переходу от квантовой статистической механики к классической статистической механике [41,42].

Преемственность стала руководящей идеей при объединении взаимодействий [43]. При малых по сравнению со скоростью света скоростях электрические силы намного больше магнитных. При

больших скоростях они становятся величинами одного порядка, то есть при кинетической энергии порядка энергии покоя (Д.К. Максвелл, 1864). То есть происходит объединение электрических и магнитных сил в рамках единого электромагнитного взаимодействия.

По аналогичной схеме было осуществлено объединение электромагнитных и слабых взаимодействий в 1967 году Ш. Глэшоу, А. Саламом и С. Вайнбергом [44]. Наиболее трудным в этом процессе было включение в данную схему гравитационного взаимодействия. Открытие бозона Хиггса (точнее, частицы, похожей на бозон Хиггса) вселило надежду на полное осуществление данной программы.

Существует и другой тип преемственности – преемственность между эквивалентными теориями. Разные теории могут использовать различный математический аппарат, могут быть получены на основе различных принципов, но приводят, по крайней мере, на определенном этапе развития к одинаковым результатам.

В механике такой тип преемственности существует между аппаратом, основанном на прямом использовании уравнений Ньютона, системой механики, в основе которой лежат вариационные принципы, и системой, основанной на методе Лагранжа [45]-[48].

Равновесная статистическая механика изначально была основана как совокупность подходов, основанных на каноническом, микроканоническом и большом каноническом распределениях [12,41]. В дальнейшем стал широко использоваться самодостаточный метод функций распределения, который удобно использовать и для неравновесных систем [49]-[52], а также метод

интегралов по траекториям [53]. Используется и ряд методов из квантовой теории поля [54,55].

Среди многочисленных других форм преемственности отметим преемственность идей. При этом идеи могут быть почерпнуты как из самой физики, так и из других областей знания.

§ 9. Методы физики как фундаментальной науки

Физика – наука экспериментальная. Используя основной метод своего исследования – эксперимент, она исследует «простейшие свойства, общие для всех или многих явлений природы» [56].

Научные исследования чаще всего делят на «прикладную науку» и «фундаментальную науку». В известной мере это восходит к классификации Аристотеля, согласно которой науки делятся на «теоретические» и «практические» [57]. В настоящее время к прикладным наукам относят те, в рамках которых проводятся исследования с заранее запланированной практической целью. В рамках же фундаментальных исследований исследования главным образом посвящены созданию картины мира без заранее определенных практических задач. При всей своей условности такое деление в основном отражает существо дела.

Но проведение экспериментальных исследований требует средств. В настоящее время в развитых странах они колоссальны – до нескольких процентов валового внутреннего продукта. Появился

ряд так называемых наукоемких производств: производство микроэлектронных схем и их применение, производство фармацевтических препаратов с использованием генной инженерии и т.д. Наряду с этим ставятся и решаются фундаментальные задачи: выяснение структуры микромира, исследование Вселенной, понимание жизни и ее происхождения и т.д.

Если причины, побуждающие общество финансировать прикладную науку ясны непосредственно, то для фундаментальных наук их необходимо обсудить специально. Это необходимо сделать, так как иначе утверждение об экспериментальном характере исследований в области физики останется лишь декларацией.

Мы остановимся на трех основных точках зрения.

Первый подход к данному вопросу можно сформулировать в виде широко известного высказывания Л.А. Арцимовича, что наука есть способ удовлетворения личного любопытства за государственный счет.

В качестве примера, подтверждающего данный тезис можно привести целый ряд примеров из истории науки. Но чаще всего они являются не строго документированными фактами, а, скорее, легендами, почерпнутыми из мемуаров. Но еще Аристотель начинал сочинение «Метафизика» словами: «Все люди от природы стремятся к знанию».

Вторая точка зрения сводится к тезису: всякая хорошая фундаментальная наука приносит практически полезные результаты (или в другой формулировке: нет ничего практичнее фундаментальной науки).

Из истории науки можно привести ряд примеров, подтверждающих это утверждение. Механика И. Ньютона необходима для машиностроения. Электродинамика М. Фарадея и Д.К. Максвелла привела к созданию целой отрасли промышленности по производству электроэнергии и ее использованию в промышленности и сельском хозяйстве. Использование предсказания А. Эйнштейна о существовании индуцированного излучения позволило создать лазер, нашедший широкое применение в технике и медицине. Развитие теории атомного ядра привело к созданию атомной энергетики и к использованию ядерной энергии в военных целях.

Уже из приведенных примеров видно не только большое значение фундаментальных физических открытий для общества, но и та огромная ответственность, которая ложится на ученых за эти открытия.

Зачастую первооткрыватели не видели отдаленных последствий своих открытий. На вопрос о значении открытой электромагнитной индукции М. Фарадей отвечал вопросом: «Можете ли вы, глядя на новорожденного младенца, сказать, чего он достигнет в своей жизни?» Вместе с тем, не вдаваясь в частности, он предвидел великое будущее своему открытию.

А. Эйнштейн не подозревал, что будут открыты лазеры. Э. Резерфорд, которому надоедали прожекторы, до конца своей жизни (1937 год) отрицал возможность использования ядерной физики для нужд энергетики.

Третья точка зрения сочетает признание ценности практического использования фундаментальной науки и удовлетворения этой

наукой духовной потребности человека в знании, так как духовные потребности не сводятся только к восприятию искусства, музыки, красоты природы. Для человека, причем не обязательно ученого, знание и понимание природы является важнейшей потребностью.

Отдавая должное фундаментальной науке в удовлетворении духовных потребностей, следует подчеркнуть, что восприятие науки обществом во многом зависит от ее прикладного значения, а в ряде случаев и военного. В качестве примера можно привести драматическое применение ядерной физики в сороковых – пятидесятых годах XX века, которое сильно увеличило ее значение. Для строительства больших ускорителей государства выделяют огромные средства. Известно замечание одного физика: «Большие ускорители стали предметом престижа государства, как в средние века престижным было строительство гигантских соборов».

История физики изучает развитие физической науки, ее фундаментальные открытия. Достижения лучше видны и оцениваются с определенной исторической дистанции. Но и будучи современником выдающихся открытий в ряде случаев можно должным образом их оценить.

В 60-х годах XX века была создана теория, объединяющая электромагнитные и слабые взаимодействия. В рамках этой теории было предсказано существование наличие массивных короткоживущих частиц, которые переносят слабые взаимодействия - W^+ , W^- и W^0 бозонов. В 1983 году эти частицы были обнаружены (ЦЕРН, 1983) [58].

В 60-х годах XX века появилась теория, объясняющая механизм появления инертной массы у частиц. Следствием этой теории было

наличие новой частицы – бозона Хиггса. В 2012 году на Большом адронном коллайдере (Large Hadron Collider) была обнаружена частица, которая затем была идентифицирована как бозон Хиггса [59,118].

Другой пример достижений фундаментальной науки – прогресс космологии. Общая картина расширяющейся Вселенной была установлена еще в первой половине XX века. Во второй половине XX века появляются ответы на вопросы о том, почему Вселенная расширяется и как могло возникнуть то начальное состояние, эволюцию которого мы наблюдаем. Было установлено, что во-первых, гравитационное взаимодействие с уже имеющимся веществом может компенсировать затраты на создание нового вещества. Во-вторых, в определенных условиях гравитация приводит к расталкиванию отдельных частей системы и тем самым придает системе в целом характерное для расширяющейся Вселенной движение. В-третьих, возможно возникновение обычного вещества в горячей плазме, в которой вещество и антивещество были вначале в равном количестве.

В последние десятилетия был открыт целый ряд новых космологических фактов, не еще не получивших объяснения. Но в целом наши представления о Вселенной и ее происхождении стали гораздо полнее.

Еще одной исключительно важной функцией фундаментальной науки является ее роль в подготовке специалистов в областях, перспективность которых вначале может быть не очевидной.

В дискуссиях 1938 года директору Ленинградского физико-технического института А.Ф. Иоффе вменялась в вину активная

работа института в области ядерной физики. Говорили о том, что занятия ядром не согласуются со словом «технический» в названии института.

Прошло несколько лет, и ядерная физика стала проблемой номер один государственного масштаба.

Другой закономерностью развития физики является то, что в физике используется метод моделей и метод аналогий. Суть этого процесса заключается в том, что в рамках физической науки ставится некоторая физическая задача, которая решается таким образом, что создается некоторая модель того процесса, который исследуется. При решении всех этих задач широко используется метод аналогий.

Что касается определения самих понятий модели и аналогии, то их существует большое количество [34, с. 27], [34, с. 338], [24, с. 426]. Предпринимались многочисленные попытки систематизировать эти понятия. Но этому мешают два обстоятельства. Во-первых, и моделей, и аналогий существует большое количество. При этом они достаточно разноплановые и с трудом поддаются систематизации. Во-вторых, в различные периоды истории в одни и те же модели и аналогии вкладывался различный смысл. В этом случае есть большая вероятность, что любая систематизация в будущем может быть нарушена существенным образом.

Поэтому для рассмотрения данного вопроса лучше рассматривать примеры ключевых моментов развития физики, где использовались те или иные модели и аналогии.

Геометрическая оптика строилась по аналогии между пучком летящих частиц и световым лучом.

В основу волновой оптики была положена аналогия между световыми волнами и волнами на поверхности воды, а затем и волнами в сплошной упругой среде.

Электростатика и учение о магнетизме строились по аналогии с теорией потенциала гравитационного поля.

Д.К. Максвелл при построении электродинамики использовал аналогию между электромагнитными и гидродинамическими явлениями.

При построении волновой механики Л. Де Бройль и Э. Шредингер использовали оптико-механическую аналогию Гамильтона.

В. Гейзенберг при построении матричного варианта квантовой механики использовал аналогию между классическим и квантовым рассмотрением для наблюдаемых величин.

Приведенные выше примеры аналогий сыграли положительную роль в развитии физики. Можно привести гораздо большее число аналогий, которые сыграли отрицательную роль. Из множества предлагаемых подходов в науке остается ограниченное их количество. Удача либо неудача использования той или иной аналогии определяется целой совокупностью как объективных, так и субъективных факторов [60].

Что касается использования моделей в физике, то здесь также можно привести большое число примеров от моделей частиц

микромира до моделей Вселенной, от моделей светоносного эфира до моделей квантовой теории поля.

При рассмотрении данного вопроса следует иметь в виду следующие аспекты. Во-первых, для описания одного и того же явления могут использоваться различные модели. Во-вторых, многие модели использовались в качестве «лесов» для построения теории, а затем убирались. Так было с гидродинамической моделью Д.К. Максвелла при построении электродинамики.

В-третьих, дискуссии о правомерности той или иной модели не следует путать с возможностью применения модельного представления. Обычно оппоненты предлагают свой вариант модели, в качестве которой может выступать та или иная теория.

С 50-х годов XX века в физике стали использовать методы компьютерного моделирования – тогда они назывались методами машинного моделирования. В настоящее время данные методы часто называют методами машинного (или компьютерного) эксперимента. Авторитет этому методу как способу получения новых результатов создало открытие в конце 50-х годов XX века фазового перехода в системе твердых сфер [61]. С развитием вычислительной техники данный метод получил дальнейшее развитие и в настоящее время широко применяется.

Глава IV

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТВОРЧЕСТВА УЧЕНОГО

§ 10. Почему люди занимаются наукой?

Историю общества творят люди. Они же и делают научные открытия. Личностный отпечаток на ход развития научных исследований настолько глубок, что нам трудно отделить само открытие от его создателя. Ход развития науки объективен, в целом не зависит от особенностей конкретных личностей, создающих науку. Но, вместе с тем, для объективного анализа процесса развития науки мы должны брать этот процесс субъективно, то есть как процесс, осуществляемый людьми.

Закономерности индивидуального творчества ученого в настоящее время изучены не достаточно полно, хотя и имеются прекрасные книги по данному вопросу [62]. Поэтому мы остановимся ниже лишь на некоторых аспектах данной проблемы и будем следовать в этой главе, в основном, [62].

Интуитивно ясно, что выдающиеся физики при своих исследованиях следовали некоторым правилам, или канонам. Об этом они иногда пишут, как правило, в преклонном возрасте в своих мемуарах. Специального обобщения этих правил, по-видимому, никто не делал. Да и сделать это достаточно сложно. Ведь всякая выдающаяся личность, а мы стремимся учиться на опыте выдающихся личностей, глубоко индивидуальна.

С другой стороны, не зная азов индивидуального творчества трудно рассчитывать на успех в науке. Ведь еще Ф. Бекон писал: «Хромой, идущий по верному пути, обгонит сбившегося с дороги скорохода».

При рассмотрении данной темы возникает множество вопросов, начиная с основного: «Почему люди занимаются наукой?» Остановимся здесь на субъективных причинах, которые, конечно, в той или иной мере отражают и объективные процессы. Ганс Селье предлагает следующий их перечень [62, с. 20]:

1. Бескорыстие и любовь к правде.
2. Восхищение красотой закономерности.
3. Простое любопытство.
4. Желание приносить пользу.
5. Потребность в одобрении.
6. Ореол успеха.
7. Боязнь скуки.

Можно привести и другой перечень, но, пожалуй, данный в основном отражает существо проблемы.

1. Открытия в области фундаментальных исследований доставляют радость вне зависимости от возможности практического использования, в том числе, и в меркантильных целях. «Стремление к собственности, - писал Б. Рассел, - больше, чем что-либо другое, мешает людям жить свободно и достойно».
2. Для ряда людей подлинной потребностью, если угодно – счастьем, является переход от тайны к закономерности. И. Ньютон так выражал свое мироощущение: «Я кажусь самому себе мальчиком, играющему у моря, которому удалось найти более красивый камушек, чем другим, но океан неизведанного лежит передо мной». Одной из основных человеческих потребностей является достижение красоты и гармонии Вселенной вне зависимости от материальных благ, которое оно может принести. Она помогает нам в жизни, подобно тому, как верующему помогает глубокая религиозная вера, а мыслителю – сложившееся философское мировоззрение» [62, с. 23].
3. Любопытство также является одним из важнейших побудительных стимулов к научному творчеству, если, конечно, не путать его с другим менее благоприятным свойством – пронырливостью.
4. Говоря о фундаментальных исследованиях, достаточно трудно найти связь с таким стимулом к научной деятельности, как желание приносить пользу. Бывший министр обороны США Ч. Вильсон говорил, что фундаментальные исследования – это то, что вы делаете, когда не знаете, что вы делаете» [62]. Конечно, нельзя согласиться с этим определением полностью.

Вместе с тем, ряд ученых даже настаивает на том, что фундаментальные исследования должны вестись как «искусство ради искусства», а их практическая применимость не должна оцениваться. В качестве оправдания они приводят примеры недоступных вначале для понимания исследований, которые, в конце – концов, принесли практическую пользу. Здесь имеет место определенная несогласованность: изучение вещей, не связанных непосредственно с практикой, оправдывается их потенциальной полезностью. Определенный элемент реализма в постановки задачи должен быть и в фундаментальных исследованиях.

5. Одним из побудительных факторов для занятий научными исследованиями является потребность в одобрении – жажда авторитета, тщеславие и т.п. Крайне редко встречаются ученые, которые честно признаются в этом. Научную любознательность можно удовлетворить чтением публикаций других авторов, потребность делать добро удовлетворяется и на поприще политической и благотворительной деятельности. Значит, существует и другой побудительный мотив – потребность в одобрении. Тщеславие является предосудительным, лишь, когда превращается в погоню за славой ради нее самой. «Ни один ученый, достойный этого звания, не измеряет свой успех количеством похваливших его людей» [62, с. 29]. Ученому необходимо признание компетентных в области его исследований людей. Здесь имеется в виду долгосрочная перспектива. В коротко-срочной перспективе в обществе имеются самые разные критерии. В настоящее время таким критерием является индекс

цитирования, то есть число людей не только похваливших, а просто обративших внимание.

6. Не малую роль для занятий наукой играет стремление к ореолу успеха – преклонение перед героями или желание им подражать. Ученый не появляется без предшественников, но в отличие от родителей по крови родителей по разуму он может себе выбирать.
7. Под «боязнью скуки» как фактором, определяющим стремление к научным исследованиям, понимают естественное стремление человека к действию. Тело обычно стареет быстрее разума. Вынужденное безделье, в том числе и духовное, ведет к деградации организма. Творчески занятый человек находится в естественном состоянии, свойственном здоровому организму.

Перечисленные варианты ответов на вопрос, поставленный в названии данного параграфа, можно продолжить и далее.

§ 11. Качества, необходимые для занятий наукой

Кроме склонности к занятиям наукой необходимо иметь и ряд качеств, которые позволяют успешно работать на этом поприще. Конечно, нельзя предложить рецепты на все случаи жизни, но наиболее важные аспекты можно выделить [62, с. 47]. Это:

1. Энтузиазм и настойчивость.

2. Оригинальность: независимость мышления, воображение, интуиция, одаренность.
3. Интеллект: логика, память, опыт, способность к концентрации внимания, абстрагированию.
4. Этика: честность перед самим собой.
5. Контакт с природой: наблюдательность, технические навыки.
6. Контакт с людьми: понимание себя и других, совместимость с окружающими людьми, способность организовывать группы, убедить других и прислушаться к их аргументам.

Трудно определить, какое из качеств важнее. Все они в той или иной мере необходимы ученому.

1. Энтузиазм и настойчивость предполагают способность к длительному и упорному преследованию поставленной цели. Необходима также устойчивость к неудачам и однообразию. «К вершинам величия ведет трудная дорога» - писал Сенека. Примером целеустремленности может служить жизнь Марии Склодовской - Кюри. «... Но как раз в этом дрянном старом сарае, - писала она, - протекли лучшие и счастливейшие годы нашей жизни, всецело посвященные работе. Нередко я готовила какую-нибудь пищу тут же, чтобы не прерывать ход особо важной операции. Иногда весь день я перемешивала кипящую массу железным прутом длиной почти в мой рост. Вечером я валилась с ног от усталости».

Но люди, чаще, устойчивее к трудностям, чем к успеху. Трудности мобилизуют лучшее в человеке. Слава часто уводит ученого от научной работы. От него общество требует

высказываться по вопросам, далеким от его сферы деятельности. Возрастают представительские функции. «Из всех великих ученых, которых я знал, - писал А. Эйнштейн, - одна только мадам Кюри осталась совершенно неиспорченной успехом».

На научном поприще необходимо и значительное гражданское мужество. Зачастую «труднее жить ради дела, чем умереть за него» [62, с. 56-57]. Для занятий наукой необходимо отречься от культа «красивой жизни». Не маловажно и обладание хорошим здоровьем и энергией, а это в определенной мере предполагает спартанский образ жизни.

2. Способность по-новому взглянуть на вещи – оригинальность – играет важную роль в научных исследованиях. Важны независимость мышления, непредубежденность, воображение, интуиция. «Однако не существует логического пути открытия этих элементарных законов. Единственным способом их достижения является интуиция, которая помогает увидеть порядок, кроющийся за внешними проявлениями различных процессов» - писал А. Эйнштейн.

Можно привести ряд примеров об интуитивных открытиях из истории науки.

А. Пуанкаре так описывал свое открытие, связанное с автоморфными, или фуксовыми функциями: «Однажды вечером я выпил вопреки обыкновению чашку черного кофе; я не мог заснуть; идеи возникали во множестве; мне казалось, что я чувствую, как они сталкивались между собой, пока, наконец, две из них, как бы сцепившись друг с другом, не образовали устойчивое соединение. Наутро я установил

существование класса функций Фукса, а именно тех, которые получаются из гипергеометрического ряда; мне осталось лишь сформулировать результаты, что отняло у меня всего несколько часов» [63, с. 313].

Высшая форма оригинальности – гений. Это слово имеет много значений. По отношению к науке его наиболее важной смысловой нагрузкой является оригинальность. «Гений действует на сверхлогическом уровне, что выражается в огромной, хотя и бессознательной способности определять статистическую вероятность события на основе интуиции и прошлого опыта» [62, с. 90]. Гению приходится находиться на грани возможного для обычного интеллекта. Зачастую это приводит к его эксцентричности. Это было давно замечено. «Не существует гения, - писал Сенека, - без некоторой примеси безумия».

3. Для научной деятельности необходима хорошо развитая способность к пониманию – интеллект. Сюда включается логика, память и опыт, способность к сосредоточению и абстрактному мышлению.
4. В настоящее время стала иметь большое значение этика ученого. Здесь мы имеем в виду не только честность его перед собой за свои открытия в отношении авторских прав, но в первую очередь – ответственность перед обществом.

Огромные этические проблемы возникли перед физикой. При получении Нобелевской премии Пьер Кюри сказал: «Можно себе представить и то, что в преступных руках радий может быть очень опасным, и в связи с этим следует задать такой вопрос: является ли познание тайн природы выгодным

для человечества, действительно ли человечество созрело, чтобы извлекать из него пользу? В этом отношении очень характерен пример с открытиями Нобеля: мощные взрывчатые вещества дали возможность проводить удивительные работы. Но они же оказались страшным оружием разрушения в руках преступных политических деятелей, которые вовлекают народы в войны.

Я лично разделяю мнение Нобеля, заявившего, что человечество извлечет из наших открытий больше блага, чем зла» [64, с. 187].

После создания новейших образцов ядерного оружия встал вопрос о самой возможности продолжения существования человеческой цивилизации. Вместе с тем было бы унижительно для Homo Sapiens платить добровольным невежеством за свое существование. Выход надо искать не во мраке невежества, а на пути развития науки.

5. Научная деятельность предполагает и умение находиться в контакте с природой, или объектом исследования, развивать наблюдательность, технические навыки. Множество примеров из истории науки показывает, что наблюдательность, умение видеть то, чего не видят другие, приводит к открытию. Например – открытие Х. Эрстедом действия тока на магнитную стрелку.

Большое значение имеют и технические навыки ученого. Известно, что многие из них обладали техническими навыками. А. Лавуазье, например, сам изготавливал весы, термометры, калориметры.

6. Ученый работает в коллективе, или, по крайней мере, должен довести свои открытия до других ученых. Возникает непростая проблема взаимоотношения ученых. Она включает в себя много аспектов.

Один из наиболее сложных аспектов – вопрос о критике и ее восприятии. Ф.М. Достоевский писал: «Не принимает род людской пророков своих и избивает их, но любят люди мучеников своих и чтят тех, коих замучили».

Важной задачей является воспитание у ученого разумного критического подхода. История науки изобилует примерами, когда необъективная критика глубоко уязвляла исследователя, и он прекращал свою работу. Так было, например, с Дж. Дж. Уотерстоном в 1845 году, когда он написал статью о молекулярной теории газов, предвосхитив работы Д.П. Джоуля, Р. Клаузиуса, Д. К. Максвелла. Один из рецензентов Королевского общества дал заключение: «Эта статья есть не что иное, как абсурд».

С другой стороны, нельзя инфантильно относиться к неправильным работам, которые засоряют научные журналы. Этим статьям следует давать обоснованную критику, которая должна быть выдержанной и не терять объективности.

Примеры по поводу рассмотренных здесь вопросов могут быть продолжены. Но заранее исчерпать все возможные варианты событий, которые могут встретиться у ученого, конечно невозможно. Обычно учатся на примерах предшественников, надеясь, что в дальнейшем накопленный опыт будет полезен.

§ 12. Что надо делать, чтобы сделать открытие?

Центральный вопрос научной деятельности – что надо делать, чтобы сделать открытие? Уже по вопросу о сути открытия возникают споры. Обычное утилитарное представление – открыть, это значит что-то увидеть первым. Но, вообще говоря, для открытия этого очень мало. Надо установить прочную связь между ранее неизвестным и уже известным. Необходимо не просто наблюдать новое явление, но и понять его роль, в чем его новизна. История науки имеет много примеров, когда явление наблюдается многими, но лишь единицы способны осознать значимость и новизну открытия.

Не маловажное значение имеет способность ставить перед собой реальные цели, которые можно достичь в данную эпоху и при имеющихся возможностях общества. Иногда открытие может быть сделано, но не воспринято ни самим ученым, ни обществом. Примером этому, например, является изобретение Героном эолопила – прототипа паровой турбины, который использовался как игрушка. И лишь почти через две тысячи лет паровая турбина вновь была изобретена.

Что касается прямого ответа на поставленный в названии параграфа вопрос, то прямого ответа на него нет.

Наряду с рассмотренными аспектами индивидуальное творчество имеет много других особенностей. Оно определяется и возрастом исследователя, коллективом, в котором он работает, манерой излагать свои мысли и т.д. Учет личностного фактора позволяет полнее понять ход развития науки.

Глава V

НАУКОВЕДЕНИЕ И ФИЗИКА

§ 13. Науковедение или наука о науке

Процесс интеграции наук, происходящий особенно интенсивно особенно в последнее время, большая значимость научных исследований и их результатов для жизни общества, широкое распространение профессии научного работника привело к тому, что наука как таковая воспринимается обществом как единое целое общественное явление, имеющее свои законы развития.

Было выдвинуто и развито положение, что наука – это не просто система знаний, не только одна из форм общественного сознания, но и особая форма деятельности. В 60-х годах XX века возникла новая наука – науковедение, или наука о науке (science of science).

Вначале науковедение в значительной мере развивалось в рамках истории науки и его самостоятельное оформление стимулировалось рядом социологических исследований в области научной деятельности в период бурного развития науки в 40-х – 60-х годах XX столетия. Тогда же стали использовать первые «измерители» научной деятельности – число публикаций в научных

журналах, число людей, работающих в сфере науки, размеры средств, отпускаемых на научные исследования.

Исследования показали, что в отмеченный период эти показатели возрастали очень быстро, и если экстраполировать эту зависимость на будущее, то к началу XXI века все люди на Земле должны были бы заниматься наукой. Отсюда следовал очевидный вывод о том, что в ближайшее время в развитии науки должны произойти изменения. Действительно, в 70-х годах темпы развития науки замедлились.

Формирование науковедения как особой науки, которая отличается от других наук, например, философии, истории науки, истории культуры и т.д., стало возможно после вычленения научной деятельности как особого предмета исследования. Но чтобы объективно исследовать процессы, характерные для развития науки, необходимо рассматривать их целостно, в органической взаимосвязи. «Поэтому науковедение – это не просто наука о научной деятельности, а наука о взаимодействии элементов, в своей совокупности определяющих развитие науки как особой сложной системы, вскрывающая роль и влияние этих элементов на поведение всей системы как определенной целостности» [65, с. 19].

Вместе с тем имеются и другие определения предмета науковедения. Начнем с расширительного – к науковедению относят все исследования, посвященные науке: логико-гносеологические, социально-философские, конкретно-социологические исследования и т.д. Разумеется, обширные исследования полезны, но они размывают рамки предмета исследования и отвлекают от специфических проблем науковедения – поиска рациональных

путей развития науки и техники, повышения экономической и социальной эффективности науки.

Иногда науковедение сводят к социологии, в том числе и к прикладной социологии. Обычно это делается не от хорошей жизни. Получить финансирование на социологические исследования существенно проще, чем на науковедческие исследования. История науки знает и более сложные формы финансирования. Так И. Кеплеру приходилось помимо научных исследований заниматься и другими видами деятельности. Он писал, что «астрология – дочь астрономии, хотя и незаконная, и должна кормить свою мать, которая иначе умерла бы с голоду» [7, с. 57].

В науковедении в настоящее время выделяется пять основных направлений исследований [65, с. 23]:

1. Общее науковедение, задачей которого является разработка на основе знаний о функционировании и закономерностях развития науки общих теоретических и методологических основ процесса развития науки. Общее науковедение выступает, прежде всего, как методологическая основа всего комплекса науковедческих знаний.
2. Социология науки в рамках науковедения развивается как исследование науки в качестве компонента социальной системы, социального института и особой социальной организации с ориентацией на анализ влияния соответствующих процессов на развитие самой науки, совершенствование ее форм организации и управления. В центре внимания исследований здесь находятся социальные взаимоотношения ученых и научных коллективов,

общественно необходимые формы их деятельности, исследование процессов воздействия общественных условий на развитие науки, а науки – на общественный процесс.

3. Психология науки изучает психологические аспекты научного и технического творчества.
4. Экономика науки изучает действие экономических законов и их особенности в сфере науки.
5. Организация науки – отрасль науковедения, которая исследует принципы, конкретные формы и методы организации и планирования научно-исследовательской работы и управления ею.

Из отмеченных выше направлений социология и психология науки начала развиваться давно, но исследования здесь носили эпизодический характер и лишь в рамках науковедения превратились в систему.

Кроме названных направлений существуют и другие: социально-этические, правовые проблемы научной деятельности и т.д.

Обратимся теперь к истории науковедения. Как отмечено выше, оно сформировалось в 60-х годах XX века [66]. Термин «науковедение» впервые был введен в 1926 году И.А. Боричевским [65]. Он стал широко использоваться после статьи С.Р. Микулинского, Н.И. Рудного «Наука как предмет социального исследования» [67]. Вместе с тем элементы науковедческих знаний появились гораздо раньше.

Уже в античности был открыт упорядоченный характер научных знаний. Особую роль здесь сыграли работы Аристотеля. Но до конца средних веков рассмотрение науки сводилось к логическому строю научного мышления.

Ф. Бекон провозгласил идеи о практической полезности науки и рассматривал ее как важнейшее средство преобразования природы и человеческой жизни, осознавал необходимость всемерного развития научных исследований [68].

После организационного оформления науки – создания научных обществ, академий наук, модернизации системы университетов, дифференциации науки, то есть выделения отдельных отраслей знания, - возникают попытки классификации науки. Особую роль имеют работы энциклопедистов в XVIII веке – Д'Аламбер и др. Наряду с рассмотрением фактического содержания науки они обсуждали и вопросы создания новых дисциплин, то есть науковедческие вопросы.

М.В. Ломоносов, который стоит у истоков Российской науки и образования, изначально относился к науке как к способу изменить реалии общественной жизни в лучшую сторону. Известно не только большое число научных работ, написанных им по этому поводу, но и вся его жизнь была посвящена решению реальных проблем отечественной науки и образования. То есть он по существу не только занимался наукой, но и проводил науковедческие исследования, ставил задачи и занимался их осуществлением [5,10].

В период промышленной революции наука укрепилась и развилась как социальный институт, возросла ее роль в развитии производства. К.А. Сен-Симон, Ч. Беббидж выдвигают идеи об общественном статусе науки, о социальном механизме ее функционирования, о путях целесообразной организации науки. К.А. Сен-Симон выдвинул идею о социальных функциях науки как основе промышленности, средств управления, прогнозирования. Он считал науку порождением общества. Р. Декарт, например, считал

науку порождением отдельных лиц. К.А. Сен-Симон утверждал, что «промышленность должна была бы представлять собой в технологическом отношении вывод из науки, непосредственное приложение данных науки к производству» [69, т. 1].

На рубеже XIX и XX веков объем научных исследований возрос. Усложнилось организационное строение науки. В этот период рядом ученых высказываются идеи для преодоления трудностей взаимосвязи различных областей знания, по организации крупных научных учреждений, отличных от университетов. А. Декандоль, Ф. Гамильтон, И.Х. Вант-Гофф, И. Любих, Я.Э. Пуркина, Д.И. Менделеев, В. Освальд, П.И. Вальден, В.И. Вернадский и др. писали об исследованиях по поискам талантливых исследователей, проявлениях способностей к научному творчеству, социальной роли науки и т.д. Возрастает необходимость демократизации науки, о чем неоднократно писал К.А. Тимирязев [70,71].

А. Декандоля и Ф. Гальтона можно считать основателями статистического метода анализа науки. А. Декандоль в своей книге, вышедшей в 1873 году, изучил состав, число, критерии отбора иностранных членов Берлинской и Парижской академий наук, Лондонского королевского общества за 200 лет [72]. Он ввел показатель «научной производительности страны» как отношение числа известных ученых к населению страны. А. Декандоль исследовал науку как особую форму деятельности.

В двадцатые годы XX века социологический анализ науки с использованием статистических методов развивали П.И. Вальден, А. Лотке, Т.И. Райнов и др. В 1939 году выходит книга Дж. Бернала «Социальная функция науки», которую можно считать первой науковедческой монографией [73]. В 50-е годы количественные

методы анализа роста научных исследований широко применял Д. де Солла Прайс. В 60-е годы была разработана система методов количественного анализа науки [65].

В 1965 году Дж. Бернал предложил программу развития науки, которая по его мнению должна состоять из теоретической и прикладной частей [74].

Новые реалии развития науки, которые начались в 70-х годах XX века, привели к тому, что в основном стали развиваться прикладные науковедческие исследования.

§ 14. Прогнозирование развития науки

Значимость развития науки для общества была установлена давно. Множество работ посвящено пропаганде научных знаний. Более сложным является вопрос о прогнозировании развития науки. Решение его зависит от целого ряда факторов, зачастую не связанных с наукой.

Прогнозирование развития науки во многом определяется тем, как люди, или общество в целом в лице государства, относятся к науке. Отношение может быть самым разнообразным. Оно варьируется от представления о науке способной решить любую значимую проблему до фактического отрицания ее реальной роли в жизни общества. Разумеется, это крайние точки зрения.

На протяжении всей истории развития человечества отношение к науке менялось. Наиболее радикальное изменение произошло в XX веке, когда стало очевидным, что наука, по крайней мере - физика, это не только система знаний, но и особая форма деятельности. В

результате проблема прогнозирования развития науки из сферы чисто академических интересов перешло в сферу сугубо практических задач. В настоящее время никого не надо убеждать, что открытия в области, например, ядерной физики и физики элементарных частиц могут самым серьезным образом повлиять на развитие различных государств.

Следующая проблема, которую здесь необходимо решить, кто должен заниматься прогнозированием развития научных исследований. До тех пор, пока наука воспринималась как некая система знаний, и, как правила, затраты на научные исследования были несопоставимо меньше затрат на материальное производство, то данным вопросом занимались сами ученые, которые лучше других понимали существо проблемы. Но и на этом этапе развития науки возникали конфликты, связанные с разным видением путей развития. Чаще всего они ограничивались рамками академической среды. Но немало примеров, когда в конфликте участвовала и более широкая часть общества – например, при строительстве обсерватории Улугбека.

Начиная со второй половины XX века многие научные проекты, особенно в космической сфере и физике элементарных частиц, для своей реализации требуют средств, объем которых соизмерим с валовым внутренним продуктом промышленно развитых стран. Эти проекты затрагивают интересы многих людей, а иногда и многих государств. В прогнозировании результатов таких исследований участвует большое количество людей самых разных специальностей и сфер деятельности.

Без достижений науки невозможно получения новых перспективных технологий. Но сам процесс их получения является

рискованной областью деятельности, так как в сфере науки заранее с уверенностью нельзя сказать, когда можно получить практически приемлемый результат. История науки знает немало примеров и положительного и отрицательного решения данной проблемы. Но даже в том случае, когда проблема решается положительно, количество затраченных на ее решение средств может существенно отличаться от того, что изначально предполагалось затратить. Это же касается и временных рамок.

Одновременное решение двух проблем – развития научных исследований на основе имеющихся прогнозов и минимизации рисков, которые при этом возникают, - решаются разными странами по-разному. Единого рецепта здесь нет. Критерием успешности проекта выступает конечный результат.

§ 15. Эпохи радикальных перемен в физике.

Сравнительный анализ

Среди эпох радикальных перемен, которые происходили в физике, с очевидностью выделяются три основных. Во-первых, это эпоха формирования классической физики во второй половине XVII века, когда элементы физического знания, развивавшиеся в рамках единой науки, стали представлять собой отдельную самостоятельную науку. Вначале это произошло с механикой, а затем и с остальными областями классической физики.

Во-вторых, это эпоха на рубеже XIX и XX веков, которую обычно называют кризисом в физике. Она возникла в силу противоречий, которые имели место между представлениями классической физики и теми новыми экспериментальными данными и представлениями, которые в дальнейшем привели к формированию релятивистской и квантовой физики.

И, наконец, в-третьих, эпоха во второй половине XX века, когда изменился сам характер науки. Она стала восприниматься обществом не просто как система знаний, а как особый вид деятельности, который существенным образом влияет на производство. В результате развитие производства значительно ускоряется, и возникают принципиально новые информационные, электронные и нанотехнологии, приведшие к существенным изменениям в науке, в том числе и в физике.

Рассматривая три этих эпохи, мы видим, что у них больше различий, чем общего. Поэтому и не имели успеха те многочисленные работы, посвященные анализу кризиса в физике на рубеже XIX и XX веков, авторы которых стремились предвидеть очередной кризис в физике. Рассмотрение обычно ведется на основе метода аналогий. Но, как известно, этот метод имеет границы своей применимости. Да и с трудом можно представить, как вторую эпоху можно связать с третьей в том смысле, чтобы, исходя из анализа кризиса в физике, предвидеть радикальные перемены во второй половине XX века, которые произошли не только в физике, но и в науке в целом.

И все же общее у этих эпох есть. Здесь принципиально меняется ход развития физической науки. Без знания особенностей этих эпох

мы не сможем связать развитие физики как единого исторического процесса. Здесь уместна аналогия с теорией функций. Не зная положения особых точек функции и их характера, мы не сможем описать функцию даже на ограниченном интервале, не говоря уже о возможности ее интерполяции на области, которые по разным причинам нам не доступны.

В XVII веке произошли события, существенно изменившие облик всей науки, начинается новый этап ее дифференциации. Из общего нерасчлененного знания выделяется ряд самостоятельных областей, в том числе и физика.

Основной формой производства в XVII веке была мануфактура. При мануфактурном производстве уже использовались относительно сложные механизмы и устройства: водоподъемные устройства, насосы, грузоподъемники, рудодробилки, кузнечные молоты, сверлильные станки, шелкокрутильные машины и др. До середины XVII века развивается часовое дело по производству часов без маятника, а после изобретения Х. Гюйгенсом часов с маятником – и производство часов данного типа.

В отличие от техники древности, где важнейшей проблемой были задачи статики, важнейшей проблемой техники XVII века становятся проблемы механического движения.

Новая организация труда, разделение умственного труда и физического, появление необходимости сознательного применения естествознания в промышленности изменяют отношение общества к науке. Государственные деятели покровительствуют науке. Наряду с университетами возникают академии наук.

В 1657 году была организована Флорентийская академия опыта, состоящая из учеников и последователей Галилео Галилея. По настоянию папских кругов в 1667 году она была закрыта.

В 1660 году в Англии образуется Лондонское королевское общество, имеющее статус академии наук. Предтеча общества – кружок любителей естествознания – начал собираться в Лондоне с 1645 года.

Во Франции Кольбер, министр короля Людовика XIV, внес предложение об открытии Академии наук, которая и была открыта в 1666 году. Академии стали центрами науки.

Для развития науки необходим обмен информацией. Вначале он осуществлялся в форме личного общения и переписки. Так М. Мерсенн (1588-1648) сыграл важную роль в распространении научных знаний, поддерживая связи с известными учеными своего времени.

Со временем такая форма обмена информацией не могла удовлетворить всех потребностей. Появляются научные журналы. С 1665 года начали выходить труды Лондонского королевского общества “Philosophical Transactions”, а затем и труды Академии наук в Париже и др. Научная периодика становится формой обмена информацией между учеными.

Наибольшее развитие в XVII веке получила механика. Во второй половине XVII века в работах И. Ньютона сформирована как самостоятельная наука в современном понимании этого слова. С этого времени можно говорить о физике как о самостоятельной науке. Остальные области физики на первом этапе своего развития

формировались по образу и подобию механики. К концу XIX сформировалась классическая физика.

На рубеже XIX и XX веков в физике был сделан ряд открытий, которые не поддавались объяснению в рамках классических теорий, а если и объяснялись, то требовали нового взгляда на ряд фундаментальных понятий. С другой стороны, достаточно давно был известен ряд явлений, не поддающихся описанию в рамках классических теорий, но эти трудности обычно относились к техническим, а не принципиальным, как, например, для теплового излучения.

В 1895 году В. Рентген открыл лучи, которые он назвал X-лучами. В 1901 году за это открытие ему была присуждена только что учрежденная Нобелевская премия. В. Рентген установил, что X-лучи «не идентичны с катодными лучами, но возбуждаются ими в стеклянных разрядных трубках». Они не несут заряда, не отклоняются магнитным полем, а по химическому и люминесцентному действию сходны с ультрафиолетовыми лучами.

Достаточно быстро возникла гипотеза о волновой природе рентгеновских лучей, но лишь в 1925 году М. Лауэ наблюдал их дифракцию на кристаллической решетке. Большой резонанс в обществе вызвала возможность съемки рентгенограмм человеческого тела.

В Кембридже Дж. Дж. Томсон исследовал влияние рентгеновских лучей на газы и обнаружил увеличение электропроводности газов, которая уменьшалась при пропускании газа через вату. Он пришел к заключению, что при воздействии рентгеновских лучей на молекулы газа возникают заряженные частицы. Кроме того,

Дж. Дж. Томсон считал, что катодные лучи являются потоком заряженных частиц, и для них двумя различными методами определил отношение заряда к массе. Оказалось, что это отношение не зависит от материала катода и от вида газа в трубке. Данное отношение оказалось гораздо меньше отношения для иона водорода.

Если принять, что заряд иона водорода совпадает с величиной заряда катодных частиц, то получалось, что масса последних должна была быть много меньше массы атома водорода. В результате в 1897 году Дж. Дж. Томсон делает вывод о существовании заряженных «корпускул», которые входят, по его мнению, в состав всех элементов. Таким образом, был открыт электрон.

Экспериментальные исследования по определению отношения заряда к массе катодных лучей проводит и В. Кауфман, но он не сделал принципиальных выводов. Но уже в 1901 году В. Кауфман показал, что это отношение зависит от скорости электрона. Если считать, что величина заряда постоянна, то получалось, что масса электрона зависит от скорости.

К этому времени уже существовали классические теории Дж. Дж. Томсона и О. Хевисайда, объясняющие зависимость массы заряженного движущегося шара от скорости. Увеличение инерции движущегося заряженного шара являлось следствием дополнительной электромагнитной массы.

Несмотря на наличие объяснения данному явлению в рамках классической теории, для многих зависимость массы тела от скорости явилось полной неожиданностью, и подрывала их веру в справедливость классических представлений.

Другим явлением, не поддающимся удовлетворительному классическому описанию с позиций классической физики, стал фотоэффект. Он был открыт Г. Герцем в 1887 году, и подробно исследован профессором Московского университета А.Г. Столетовым. А.Г. Столетов установил законы фотоэффекта.

Большое влияние на развитие физики оказало открытие А. Беккерелем в 1896 году радиоактивности. А. Беккерель установил, что уран вне зависимости от химического и физического состояния испускает лучи, которые способны ионизировать воздух и заряжать электроскоп. Способность урана испускать лучи не ослабевала месяцами.

В 1898 году Мария и Пьер Кюри выделяют из урановой руды новый элемент, названный радием, который был способен в большей степени испускать радиоактивные лучи. В 1899 году Э. Резерфорд в своей статье о радиоактивности указывает на сложный характер радиоактивного излучения и наличие в нем α - и β -лучей – заряженных положительно и отрицательно частиц соответственно. Позже он установил наличие в излучении и γ -лучей. Наиболее трудным для понимания являлся вопрос об источнике энергии радиоактивных лучей. В рамках классической физики он не получил разрешения.

В результате произошедших на рубеже XIX и XX веков событий в физике складывается кризисная ситуация. Выход из кризиса сопровождался созданием теории относительности и квантовой физики.

Эпоха радикальных перемен второй половины XX века не связана с радикальным изменением представлений в рамках

физики. Радикально изменились возможности, которыми стали обладать физики при своих исследованиях.

Принципиально изменилась скорость счета, которая связана с прогрессом в области электронных и информационных технологий. Принципиально изменилось то количество информации, которое можно стало использовать для научных исследований, а также для хранения. Появились новые типы изданий – электронные журналы и книги. Многие типы информации стали доступны практически в любой точке земного шара.

Все это привело к тому, что появляется новый тип эксперимента – машинный эксперимент, основанный на компьютерном моделировании. Хотя это и не эксперимент в обычном понимании и для своего подтверждения требует проведения стандартных экспериментальных исследований, он существенно упрощает и, главное, удешевляет проведение различных научных экспериментов.

Многие процессы в физических исследованиях автоматизируются, включая аналитические расчеты. В результате стали доступными исследования, которые ранее нельзя было провести из-за невозможности обработки большого объема информации, либо из-за длительности самого процесса обработки.

В традиционных областях физики в результате сделано большое число новых открытий, которые позволили развить новые технологии, которые стали востребованы как промышленностью, так и другими науками. Рассматриваемый период характеризуется интенсивным процессом появления новых наук, особенно на стыке уже существовавших.

В итоге можно сказать, что эпохи радикальных перемен – это эпохи, когда характер физики меняется принципиальным образом, но причины и характер этого изменения, как правило, различны.

Глава VI

ПЕРИОДИЗАЦИЯ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

§ 16. Методы периодизации истории физики. Главные этапы развития физической науки

Наука развивается на протяжении тысячелетий. Наши представления об окружающем мире прошли длительный путь от неполного и несовершенного знания к знанию более полному и совершенному. Представление о физике как науке в ее современном понимании возникло не сразу. Вначале физика развивалась в общей системе наук. Сформировавшись как наука, она продолжает свое развитие не только в направлении углубления своего содержания, но и порождает новые науки. С другой стороны, в результате взаимодействия наук возникают пограничные области знания: астрофизика, физическая химия, биофизика и т.д. Таким образом, с течением времени углубляется и усложняется конкретное содержание физики и, кроме того, происходит усложнение ее структуры.

Историю развития физики обычно делят на ряд периодов. По этому вопросу существуют различные точки зрения.

Ряд историков, особенно в прошлом, излагали историю по пятидесятилетиям, столетиям и т. д. [75]. Такое деление

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

В этой книге мы будем использовать хронологический метод периодизации для предыстории развития физики, то есть до второй половины XVII века. Для других временных интервалов этот метод явно не годится в силу своей формальности.

Другое направление в периодизации истории физики – изложение ее по «лицам». В результате история физики превращается в историю ученых. Данная периодизация отражает важный момент – влияние характера индивидуального творчества ученого на ход развития науки. Но это лишь момент, который не в полной мере соответствует многогранности данного развития.

Особенно это стало характерно начиная со второй половины XX века, когда крупные научные исследования ведутся большими коллективами ученых, и важное значение приобретает планирование научных исследований для таких сложных проектов.

Существует подход к периодизации истории физики, основанный на представлении, что история науки – органическая часть истории общества. В результате появилась периодизация истории физики по общественно-экономическим формациям. С одной стороны это отражает, в известной мере, закономерность развития физики – ее развитие обусловлено потребностями практики.

Но вопрос требует дальнейшего уточнения. Физическая наука, особенно на современном этапе ее развития, представляет собой

единое целое вне зависимости от того, в какой стране она развивается. Развиваясь в неразрывной связи с обществом, его философией и другими науками, в то же время она обладает относительной самостоятельностью. Наука имеет свою внутреннюю логику развития. В результате этапы развития физики не всегда совпадают с этапами развития общества. Все это является отражением сложности процесса познания. К тому же имеется и чисто формальная проблема использования данного подхода. В различных философских подходах число общественно-экономических формаций различно.

Периодизация истории физики, основанная на внутренней логике ее развития, плодотворно используется в литературе. Особенно успешно данный подход нашел свое применение для периода классической физики.

Дальнейшее развитие физики превратило ее в обширную разветвленную науку, взаимодействующую с различными областями жизни общества. Стала очевидной необходимость учета внешних связей физики, а также того факта, что физика как развивающаяся наука порождает области знания, которые развиваются затем самостоятельно.

Рассмотрение физики как общей совокупности составляющих ее областей знания и фактически отделившихся от нее областей приводит к неоправданному усложнению рассмотрения и затемняет суть дела. Вместе с тем физике сформировались и действуют общие положения и принципы, которые имеют определяющее значение для всех областей физики и зачастую для смежных областей знания. Выделение и исследование этих общих положений позволяет

рассматривать развитие физики как целостного учения, не вдаваясь в крайности – подробное исследование частных случаев.

Физика, особенно ее современный период, требует для своего анализа не только исследования внутренней логики развития, но и учета внешних связей. Причем в ряде случаев внешние связи играют определяющую роль. В этой связи значительно возрастает значение методологии физики, анализа процесса дифференциации и интеграции наук, их развития.

Всю историю физики целесообразно разделить на главные этапы, или части, а затем в рамках каждой части проводить свое деление.

Обычно к главным этапам развития физики в настоящее время относят три:

1. Предыстория физики.
2. Период классической физики.
3. Период современной физики.

Кратко охарактеризуем каждый из этих периодов.

1. Предысторию физики часто называют и по-другому – от древности до Галилея. В этот период элементы физического знания формировались в рамках единой науки. Хотя физики как науки в современном ее понимании не было, в это время сформировались многие ее понятия и были установлены важные закономерности. Галилео Галилей и его исследования стали предтечей классической физики.
2. Классическая физика была создана Исааком Ньютоном во второй половине XVII века и к концу XIX века стала в основном завершенной наукой. Для акцентирования внимания на некоторых важных аспектах данного периода его иногда определяют как этап от «падения тел до радиоволн» [1].

3. Современная физика возникла в начале XX века. Она связана в первую очередь с созданием релятивистской и квантовой физики. Верхнюю границу этому периоду поставить в настоящий момент сложно, хотя и предпринимаются попытки, определяя данный этап событиями «от X-лучей до кварков» [76].

Приступим теперь к более подробному изучению каждого из этих периодов.

§ 17. Предыстория физики

Элементы физического знания накапливались в науке на протяжении продолжительного времени, пока не позволили сформироваться физике как самостоятельной области знания. Здесь мы рассмотрим процесс накопления и развития элементов физической науки в период ее развития в общей системе наук, а также влияние общенаучных идей, возникших в то время, на формирование физики. Начальный этап развития имеет важное значение для понимания процессов в любой науке - будь то формирование понятия числа в математике, поведение ранней вселенной в единой теории поля или возникновение общих физических идей в древности.

Научные знания возникли не в какой-либо определенный момент времени. Накопление знаний об окружающем мире и обобщение непосредственного опыта происходило на протяжении десятков тысяч лет. Но интенсивное развитие науки началось с

возникновения натурфилософии почти одновременно в Древней Индии, Древнем Китае и Древней Греции. Именно с этого времени и следует начать периодизацию. В целом она имеет вид:

1. Древняя натурфилософия (7 век до н.э. – конец 4 века до н.э.).
2. Период эллинизма (конец 4 века до н.э. – середина 1 века до н.э.).
3. Греко-римский период (середина 1 века до н.э. – 2 век н.э.).
4. Упадок науки древности (3 – 6 века).
5. Средние века (7 – 14 века).
6. Период Возрождения (14 – первая половина 17 века).

Наши знания о натурфилософии Древней Индии и Древнего Китая хотя и стали в последнее время значительно шире, но все же ряд вопросов остается не достаточно исследованным. Имеется в виду точность перевода источников, вопросы датирования событий, взаимосвязи различных направлений, их преемственность и т.д. Поэтому, следуя традиции, периодизация дана с ориентацией на европейский вариант всемирной истории.

Остановимся теперь кратко на каждом из этих периодов.

1. Древняя натурфилософия начинается со времени формирования первых натурфилософских школ и заканчивается эпохой Аристотеля, обобщившего и систематизировавшего научное знание своих предшественников и современников. Появляются объяснения явлений природы, основанные не на представлениях о мифических существах, а исходя из логики познания.

В этот период возникли первые научные системы мира, представления и понятия, вошедшие в физику. В работах Аристотеля был разработан первый вариант описания

механического движения, включая уравнение движения. Механика Аристотеля просуществовала практически без изменения почти две тысячи лет

2. Период эллинизма начинается с распада империи Александра Македонского и образования эллинистических государств и заканчивается временем завоевания Египта Римом. В этот период появляются две самостоятельные науки – астрономия и математика. Большое влияние на развитие науки оказала Александрийская библиотека.

В работах Архимеда в этот период были заложены основы статики и гидростатики. Эпикур и Лукреций Кар развили теорию атомизма, созданную Левкиппом и Демокритом.

3. В греко-римский период Рим становится центром мира. Римское государство переняло от греческого в первую очередь те научные знания, которые имели непосредственный практический интерес для военного дела, торговли. Натурфилософия приходит в упадок.

В это время Клавдий Птолемей создает свою геоцентрическую систему мира, в основу которой была положена механика Аристотеля. Геоцентрическая система Птолемея была канонической на протяжении многих столетий.

4. В период упадка науки древности мы не встречаем оригинальных научных трудов. Они уступили место компиляциям, бесконечным повторениям. Возникло большое количество научных энциклопедий.

В это время Иоанн Грамматик по прозвищу Филопон (Трудолоб) подвергает критике учение Аристотеля о движении и говорит о передаче движущемуся телу «некой бестелесной

кинетической мощи», которая в средние века получила название *impetus*.

5. При рассмотрении развития науки в средние века обычно отдельно рассматривают этот вопрос для средневекового Востока и для Европы.

На средневековом Востоке были переведены на арабский язык важнейшие труды древнегреческих ученых. Здесь возникли первые университеты – раньше, чем в Европе. На Востоке развивалась астрономия, математика – особенно алгебра, вопросы статики и некоторые проблемы механики, а также оптика.

Нашествие монголов, а затем турок приостановило развитие науки на арабском Востоке.

В эпоху раннего средневековья Европа отстает по развитию науки от арабского Востока, но, начиная с XI века, темпы развития науки здесь увеличиваются. К XIV веку развитие науки здесь уже сопоставимо с развитием науки на арабском Востоке.

6. Характерной особенностью периода возрождения является то, что все сильнее проявляются рыночные отношения, растут города. Появляются условия для развития науки. В это время Европа выходит в лидеры по развитию науки.

В этот период жил и работал Леонардо да Винчи, работавший во многих областях науки и искусства.

В этот период Николай Коперник построил гелиоцентрическую систему мира, приведшую к коренным переменам в представлении человека об окружающем мире.

В это время жил и работал Галилео Галилей, ставший предтечей возникновения в дальнейшем механики и физики в целом. Долгая и тяжелая борьба Галилея за признание гелиоцентрической системы мира привела к широкой известности учения Коперника. Галилео Галилей является основателем современного экспериментального метода познания.

В этот период жил и работал Р. Декарт. Система Декарта представляет собой всеобъемлющее учение, которое содержит не только общие положения, но и дает решение различных частных проблем вплоть до количественных моделей процессов. Декарт построил единую науку по подобию науки древности, которая включала в себя и натурфилософию. Ряд идей, высказанных в рамках картезианства, оказался востребованным в дальнейшем. В частности, идея близкодействия получила свое развитие в физике XIX века.

К концу периода предистории физики, то есть к первой половине XVII века, были сделаны значительные открытия в области механики и оптики, которые позволили в дальнейшем создать самостоятельную науку – физику.

§ 18. Классическая физика

Ход развития науки в XVII веке предопределил формирование физики как самостоятельной области знания, которое получило свое завершение в трудах И. Ньютона. В первую очередь мы имеем в

виду «Математические начала натуральной философии», опубликованные впервые в 1687 году. Возникла классическая физика, периодизацию которой проведем, исходя из логики ее развития. В этом случае основными будут следующие периоды:

1. Период формирования физики (вторая половина 17 века).
2. Период невесомых (18 век).
3. Период открытия закона сохранения и превращения энергии (первая половина 19 века).
4. Период завершения формирования классической физики (вторая половина 19 века).

Охарактеризуем теперь каждый из этих периодов.

1. Формирование физики началось с механики. В «Математических началах натуральной философии» И. Ньютон ввел и уточнил основные понятия, необходимые для описания механического движения, а также дал формулировку трем законам механики. Он открыл закон всемирного тяготения и обосновал систему мира Коперника. О математическом содержании закона всемирного тяготения споров не было. Вопрос же о природе силы тяготения вызвал длительные дискуссии. В отличие от картезианцев И. Ньютон исключает из обсуждения вопрос о физической природе взаимодействия, хотя и известно, что эта проблема им рассматривалась. С введением И. Ньютоном понятия силы задачи механики свелись к определению движения тел по известным силам либо к определению сил по известным движениям. Ньютонская методология оказала огромное влияние на все последующее развитие науки.

Сформулированные И. Ньютоном в «Началах» три закона механики не имели развитого математического аппарата для решения. Сам же автор «Начал» довел до предела совершенства геометрические методы их решения. В техническом смысле изложение ведется им по Аполлонию и Евклиду. Оно заключается в том, что механические величины выражаются в виде различных геометрических величин и соотношений между ними, то есть соотношений между отрезками, кривыми, касательными, углами и т.д.

В результате каждая задача решалась своим способом. Л. Эйлер писал по этому поводу «Хотя автор и убеждается в истине выставляемых предположений, но он не получает достаточно ясного и точного понимания, так что, если чуть-чуть изменить те же самые вопросы, он едва ли будет в состоянии решить их самостоятельно».

И. Ньютон был одним из основателей дифференциального и интегрального исчисления. Но этот аппарат в то время только начинал развиваться. Поэтому он использовал тот математический аппарат, который позволял решать конкретные задачи.

2. В XVIII веке ньютонианство сформировалось в определенную физическую концепцию, в основе которой лежало представление о силах и о носителях этих сил. Носителями гравитационных сил были тела, обладающие массой. Для описания других физических явлений было введено представление о невесомых материях как носителях соответствующих сил. Это было обусловлено тем, что

приобретение телами электрических, магнитных и др. свойств не приводило к изменению их массы.

Этот подход позволил распространить основные методы Ньютона на всю физику, в которой усилилось эмпирическое начало. Для объяснения физических явлений по образу и подобию механики вводились всякого рода силы: магнитные, электрические и др. Магнитные и электрические явления характерны не для всех тел, а лишь для некоторых, причем одно и то же тело этими свойствами может обладать в зависимости от условий. Поэтому в отличие от сил тяготения магнитные и электрические силы стали приписывать частицам невесомых материй. Теплоту объясняли наличием невесомой материи – теплорода: между частицами теплорода действуют силы отталкивания, между частицами теплорода и вещества – силы притяжения.

В целом развитие физики в XVIII веке характеризуется плодотворной работой по накоплению богатого эмпирического материала, развитию экспериментальных методов в рамках представлений о невесомых жидкостях. Физические явления рассматривались, как правило, обособленно. Хотя представление о гипотетических невесомых жидкостях в науке не сохранилось, следы его прочно вошли в наш лексикон: теплоемкость, емкость конденсатора и т.п.

В XVIII веке были развиты принципы и математический аппарат механики. Усилиями Л. Эйлера, Т. Даламбера, П. Ферма, Д. Бернулли, А. Клеро, П. Мопертюи, Ж. Лагранжа она стала способной решать большинство задач, имеющих в данной области.

Успехи в области теории теплоты были связаны с появлением первых термометров Г. Амонтонa, Д. Фаренгейта, Р. Реомюра и А. Цельсия, что стимулировала калориметрические исследования. Д. Блэк приводит измерение теплоемкостей различных веществ и открывает скрытую теплоту парообразования и плавления. Г. Рихман находит формулу для конечной температуры при смешении разных количеств одной и той же жидкости. В 1783 году выходит книга А. Лавуазье и П. Лапласа «Мемуар о теплоте», в которой уже имеются понятия температуры, количества теплоты, теплоемкости и т.д.

М.В. Ломоносов формулирует положение, что материя и движение неуничтожимы. Он строит молекулярно-кинетическую теорию теплоты. Открытый им закон сохранения массы вещества в химических реакциях был затем установлен и А. Лавуазье.

В это время стали широко использоваться электростатические машины, был изобретен электроскоп. В 1729 году С. Грей открывает явление электропроводности. Вводится деление веществ на проводники и не проводники. Ш. Дюфе открывает наличие двух видов электричества. Б. Франклин установил закон сохранения электрического заряда, изобрел молниеотвод. Был установлен закон Кулона. Создан первый источник постоянного электрического тока – «вольтов столб» - прототип гальванического элемента.

В 1704 году выходит в свет «Оптика» И. Ньютона. Под воздействием его авторитета господствующей становится корпускулярная теория света. Основные достижения в этот

период были получены в области фотометрии усилиями П. Бугера, И. Ламберта, А. Бера.

3. Новый XIX век начинается с бурного развития промышленности, которая требует исследования различных форм движения, их взаимных превращений и переходов. Как непосредственная практическая задача встает проблема превращения тепла в механическое движение. Исследуется связь между электричеством и магнетизмом, между химическими и электрическими процессами.

На арену выходит его величество пар, паровая машина становится универсальным двигателем. В 1807 году в Америке Р. Фултоном был построен первый практически пригодный пассажирский пароход, а к 30-м годам уже налаживаются регулярные речные, морские и океанские пароходные сообщения. После открытия в 1825 году первой железной дороги в Англии их сети в течение короткого времени покрыли территорию Европы и Северной Америки.

В 1819 году Х. Эрстед открывает действие электрического тока на магнитную стрелку, а в 1831 М. Фарадей открывает явление электромагнитной индукции. В Петербурге в 1832 году демонстрируется первый, практически действующий телеграф П.Л. Шеллинга. С. Морзе создает более совершенную конструкцию электрического телеграфа, а в 1844 году в Америке была построена первая телеграфная линия. В конце 40-х годов в Америке их было несколько десятков. Появляются телеграфные линии и в Европе.

На многие области науки, и не только науки, оказало огромное влияние изобретение Л. Дагером в 1839 году

фотографии. Современный метод фотографирования вытеснил метод дагеротипии уже в 50-х годах XIX века.

Большое практическое значение имело и изобретение в 1838 году Б.С. Якоби гальванопластики.

Изучение различных явлений природы в их взаимосвязи привело к постепенному вытеснению теорий физических явлений, основанных на представлении о невесомых. Вначале была исключена световая материя, а затем – магнитная жидкость. Ход развития науки в первой половине XIX века завершается установлением закона сохранения и превращения энергии.

Усилиями Т. Юнга и О. Френеля создается волновая теория света, которая приходит на смену корпускулярной теории. Окончательное подтверждение она находит в экспериментах И. Физо по определению скорости света в воде.

В области электромагнетизма были установлены законы постоянного тока, а также установлена взаимосвязь между электричеством и магнетизмом, также между электромагнитными явлениями и светом.

Исследования по превращению работы в теплоту и превращению теплоты в работу в итоге усилиями Ю. Р. Майера, Д.П. Джоуля и Г. Гельмгольца привели к открытию закона сохранения и превращения энергии.

4. Во второй половине XIX века происходит окончательное формирование отдельных областей физической науки, в основном термодинамики, основ статистической механики и электродинамики.

Этот период характеризуется существенными изменениями в производстве и его техническом оснащении. Совершенствуются паровые машины. Появляются двигатели внутреннего сгорания: в 1878 году – четырехтактный двигатель Н. Отто, а в 90-х годах – дизель. С 80-х годов XIX века в промышленность стали внедрять паровые турбины.

Широкое применение получает и электричество. Распространение получает телеграфная связь, в том числе между Европой и Америкой. С 70-х годов в практику входит телефон. Растет производство электрических приборов. Электричество начинает использоваться для освещения. П.Н. Яблочков в 1876 году взял патент на дуговую лампу. Первую электрическую лампу накаливания изобрел А.Н. Лодыгин. В дальнейшем широкое распространение получила электрическая лампа накаливания Т.А. Эдисона.

С появлением практически удобных генераторов на транспорте и в промышленности начинают широко применяться электродвигатели. В практику внедряется переменный электрический ток.

Начиная с 1849 года, в работах В. Томсона и Р. Клаузиуса закладываются основы термодинамики и формулируются ее первое и второе начала.

Статистическая механика получила свое развитие в работах Д.К. Максвелла, Л. Больцмана, Д.В. Гиббса.

Д.К. Максвелл создает электродинамику, которая получила подтверждение в экспериментах Г. Герца и П.Н. Лебедева. В 1896 году А.С. Попов изобретает радио.

К концу XIX века классическая физика в основном была сформирована. Именно в основном, так как целый ряд задач был решен гораздо позже, а некоторые не решены до сих пор. Многие классические задачи получили свое второе рождение после того, как в конце XX века появились новые возможности вычислительной техники. Это в первую очередь касается задач статистической механики.

§ 19. Современная физика

Двадцатое столетие ознаменовалось коренными изменениями в развитии физики. Появилась квантовая и релятивистская физика. Изменилось содержание основополагающих принципов физики.

Кроме коренного изменения содержания физики, изменился и сам ее характер, само организационное строение, связь с производством, с другими науками и социальными институтами. Влияние науки на жизнь общества стало огромно, а вместе с тем в огромной степени возросла ответственность ученых за делаемые ими открытия. Обычно считают, что с начала XX века физика вступила в свой современный период развития.

Периодизацию развития современного этапа физики следует проводить с учетом и внешних связей, так как интеграционные тенденции стали исключительно сильными. Исходя из такого рассмотрения, данный период можно разделить на два:

1. Период неклассической физики (XX век до 1985 года).

2. Период постнеклассической физики (с 1985 года).

Рассмотрим подробнее каждый из этих периодов.

1. В начале XX века усилиями Х. Лоренца, А. Пуанкаре, А. Эйнштейна и Г. Минковского создается теория относительности, или специальная теория относительности (СТО) – название А. Эйнштейна. Она ознаменовала переход к новым представлениям о пространстве и времени. К 1926 году были открыты электроны и протоны, установлено существования атомных ядер, формируется представление о фотоне как элементарной частице. Построена нерелятивистская квантовая механика в ее матричном и волновом вариантах.

К 1935 году была создана релятивистская квантовая механика и заложены основы квантовой электродинамики. Появляется концепция вторично квантованного поля. Была открыта первая античастица – позитрон, а также нейтрон. Построена протонно-нейтронная модель ядра Иваненко-Гейзенберга. И.Е. Тамм, Д.Д. Иваненко и Х. Юкава предложили мезонную теорию внутриядерных сил. В это время были открыты сильное и слабое взаимодействия [117].

В 1935 – 1964 годах были достигнуты значительные успехи в различных областях физики – физики твердого тела, статистической физике и термодинамике, оптике, ядерной физике и многих других. В квантовой электродинамике наметился серьезный прогресс в связи с созданием теории перенормировок. В конце 50-х годов был получен важный результат при численном исследовании системы твердых сфер. Здесь для двумерного и трехмерного случаев обнаружен

фазовый переход первого рода. Это по существу означало оформление нового метода исследования – метода машинного эксперимента. Было открыто большое число новых элементарных по понятиям того времени частиц.

В 1964 году М. Гелл-Манн и Дж. Цвейг предложили составную модель адронов, и в науку вводится представление о кварках. Создается новая область – квантовая хромодинамика. В 1967 году удалось создать теорию, объединяющую электромагнитные и слабые взаимодействия. В рамках этой теории было предсказано существование наличие массивных короткоживущих частиц, которые переносят слабые взаимодействия - W^+ , W^- и W^0 бозонов. В 1983 году эти частицы были обнаружены (ЦЕРН, 1983).

В 60-х годах XX века появилась теория, объясняющая механизм появления инертной массы у частиц. Следствием этой теории было наличие новой частицы – бозона Хиггса. В 2012 году на Большом адронном коллайдере (Large Hadron Collider) была обнаружена частица, которая затем была идентифицирована как бозон Хиггса [118].

2. К середине 80-х годов XX века наука преодолела последствия, которые произошли за счет уменьшения финансирования. Это удалось за счет новых технологий в области электронной техники и информационных технологий. С этого времени начинают резко увеличиваться возможности вычислительной техники и появляются новые формы хранения информации в больших объемах. Для эксперимента это приводит к тому, что

становится возможным его автоматизировать и обрабатывать огромные базы данных.

В результате метод машинного эксперимента стал широко использоваться практически во всех областях физики. Появилась возможность автоматизации и теоретических исследований. Аналитические расчеты стали делать с помощью компьютеров.

Создается интернет и все, что с ним связано, в первую очередь – электронные журналы, которые стали играть такую же роль, как первые журналы, появившиеся во второй половине XVII века. Но эта форма связи имеет и множество других преимуществ, включая те, которые возникла в XIX веке в связи с появлением телефона и телеграфа. Это дает принципиально новые возможности для развития физики.

Появляется много исследований, проводимых на стыке различных наук. Много нового дало исследование космоса для понимания вопросов возникновения и развития Вселенной, так и для исследований в области физики элементарных частиц. Это явилось стимулом к развитию различных областей физики. В настоящее время физика более предметно изучает Солнечную систему, галактику, в которую входит наша система – Млечный Путь, также Вселенную в целом. Астрономические и астрофизические данные стали важным источником информации для физики. Вселенная рассматривается как лаборатория, способная дать информацию о веществе и частицах в таких состояниях, которые недоступны на Земле.

Развитие современной физики продолжается. При этом возникают новые нерешенные до сих пор проблемы. При этом есть

различные точки зрения по поводу существующих теорий – теории относительности и квантовой механики. В рамках различных, чаще философских, подходов возникают попытки обнаружить очередной кризис в физике. В настоящий момент нельзя сказать, что эти попытки увенчались успехом. Просто новое знание несет с собой и новые проблемы.

Глава VII

ГЛАВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ В ИСТОРИЧЕСКОМ КОНТЕКСТЕ

§ 20. Выбор главного

На протяжении всего развития физики объем информации, заключенный в ней, постоянно изменялся. К середине XX века ситуация стала такой, что быть специалистом даже в одной ее области – например, теоретической физике, стало нетривиальной задачей. В разных научных школах стали возникать списки наиболее важных вопросов, которые следует знать, чтобы считаться специалистом в этой области.

Во второй половине ситуация стала еще сложнее. Объем информации стал таким, что специализация стала осуществляться в исключительно узких областях исследований. Естественно встает вопрос: можно ли в такой ситуации считать физику единой наукой? Следуя В.Л. Гинзбургу [77], считаем, что да. В физике есть такие фундаментальные, или главные, проблемы, которые решаются на протяжении всей ее истории. Отметим, что здесь имеются в виду не текущие проблемы, список которых постоянно меняется, а достаточно ограниченный список проблем, о которых В.Л. Гинзбург

пишет: «Следует добавить, что в «физический минимум» следует включить три «великих» проблемы современной физики. Включить в том смысле, что их нужно в какой-то мере выделить, специально обсуждать, следить за развитием в соответствующих направлениях» [77, с. 1254]. Список рассматриваемых ниже проблем не полностью совпадает с [77]. Он составлен так, чтобы акцентировать внимание на главных проблемах, рассматриваемых при создании фундаментальных физических теорий.

§ 21. Пространство и время

Пространство и время – одни из основных понятий физики. В «Математических началах натуральной философии» И. Ньютон рассматривает эти понятия и обращает внимание на то, что в силу их общеизвестности, они в разных ситуациях могут использоваться по-разному. Чтобы это исключить, он предложил разделить их на абсолютное и относительное, истинное и кажущееся, математическое и обыденное.

Согласно И. Ньютону абсолютное пространство и время существуют безотносительно к чему-либо внешнему, причем абсолютное время течет равномерно, а абсолютное пространство остается однородным и неподвижным.

Относительное или обыденное время постигается органами чувств и употребляется в обыденной жизни в виде понятий: час, день, месяц, год. Относительное пространство есть ограниченная

подвижная часть, определяемая нашими чувствами по положению относительно некоторых тел.

До И. Ньютона исследование представлений о пространстве и времени было прерогативой философии. Введенные И. Ньютоном представления об абсолютном пространстве и времени были подвергнуты философами критике с самых разных позиций. Что касается самого И. Ньютона, то он ввел эти понятия исходя из реальных потребностей создаваемой им науки – механики. Естественно, что при этом его общие философские и религиозные взгляды оказали на это влияние. Но это не заменяет главного – реальных потребностей механики как новой науки.

На протяжении долгого времени считалось, что свойства физического пространства – это свойства евклидова пространства. Вместе с тем попытки доказать пятый постулат Евклида не увенчались успехом. Постепенно возникает идея о том, что он недоказуем, и можно построить геометрию, основанную на других постулатах.

К.Ф. Гаусс одним из первых пришел к идее, что свойства пространства имеют опытное происхождение. Он писал: «Я прихожу все более к убеждению, что необходимость нашей геометрии не может быть доказана, по крайней мере человеческим рассудком и для человеческого рассудка. Может быть в другой жизни мы придем к другим взглядам на природу пространства, которые нам теперь недоступны. До тех пор геометрию приходится ставить не в один ряд с арифметикой, существующей часто *a priori*, а скорее с механикой...» [78, с. 103].

Варианты неевклидовых геометрий были построены Н.И. Лобачевским, Я. Больяйем, а затем и Г. Риманом. Н.И. Лобачевский писал: «Напрасное старание со времен Евклида, в продолжение двух тысяч лет, заставило меня подозревать, что в самых понятиях еще не заключается той истины, которую хотели доказать и которую проверить, подобно другим физическим законам, могут лишь опыты, каковы, например, Астрономические наблюдения» [79, с. 147].

До возникновения теории относительности дискуссии о различных вариантах геометрий и их соотношении с реальным пространством носили в основном философский характер.

Новое представление о пространстве и времени возникло после создания теории относительности, или специальной теории относительности – если использовать название А. Эйнштейна. В наиболее емком виде суть новизны была высказана Г. Минковским: «Милостивые господа! Воззрения на пространство и время, которые я намерен перед Вами развить, возникли на экспериментально-физической основе. В этом их сила. Их тенденция радикальна. Отныне пространство само по себе и время само по себе должны обратиться в фикции, и лишь некоторый вид соединения обоих должен сохранить самостоятельность» [80], [81, с. 9].

Г. Минковский отмечает, что уравнения ньютоновской механики обнаруживают двойную инвариантность: во-первых, трехмерному преобразованию или повороту или переносу, во-вторых, относительно преобразований Галилея, а также относительно смещения во времени. Он пишет, что первая группа обычно считается признаком пространства, а второй не уделяется

достаточно внимания. Обе они рассматриваются обособленно, Объединение этих групп приводит к новым следствиям.

Далее Г. Минковский пишет, что рассмотрение «постулата относительности» как требование инвариантности по отношению к некой группе преобразований в четырехмерном пространстве является слишком бледным. «Смысл постулата сводится к тому, что в явлениях природы нам дается только четырехмерный в пространстве и времени мир, но что проекции этого мира на пространство и время могут быть взяты с некоторым произволом, мне хотелось бы этому утверждению дать название «постулат абсолютного мира»».

Таким образом, все процессы происходят в четырехмерном мире, то есть в пространстве и во времени, причем геометрия его псевдоевклидова. Такое название геометрия получила по предложению Клейна и Гильберта.

В результате работы целого ряда ученых к 1910 году была создана теория относительности, которая сформировала новое по сравнению с ньютоновским представление о пространстве и времени.

Следующее радикальное изменение представлений о пространстве и времени связано с созданием А. Эйнштейном общей теории относительности. Это классическая теория, в которой идеи релятивистской механики распространяются на случай наличия гравитационного поля или поля тяготения.

При наличии масс метрика четырехмерного пространства обладает ненулевой кривизной, которая изменяется от точки к

точке. Метрика такого пространства определяется компонентами так называемого фундаментального тензора. Для определения компонент метрического тензора А. Эйнштейн получает общее уравнение гравитационного поля, которое позволяет решить эту задачу по известному распределению тяготеющих масс.

В дальнейшем дискуссии о пространстве и времени проходили как в рамках специальной теории относительности, так и общей теории относительности. В настоящее время специальная теория относительности является рабочим аппаратом исследований в физике. Дискуссии здесь касаются лишь вопросов интерпретации результатов.

Что касается общей теории относительности, то дискуссии здесь часто идут и по поводу ее конкретного содержания. Тем не менее, это единственная широко используемая теория, получившая в XX веке значительное развитие.

Мы рассмотрели лишь основные изменения, произошедшие в физике на пространство и время. Необходимо, конечно, исследовать и вопрос об обобщении теории гравитации на квантовый случай. Но для всестороннего изучения данного вопроса следует его рассмотреть отдельно.

§ 22. Причинность

Возникновение науки привело к научному анализу понятий причины и следствия [5, с. 63]. В рамках греческой натурфилософии в наиболее развитой форме он был приведен Аристотелем. С развитием естествознания и новой философии учение Аристотеля о причинах претерпело изменения. В естествознании было исключено представление о целевых причинах, а остальные виды причин сведены к единственному виду, явившемуся в известном смысле развитием понятия действующей причины.

В рамках философии понятие причины подвергалось научному анализу. Английский философ Гоббс ввел представление о “полной” и “достаточной” причинах, понимая под полной причиной совокупность всех условий и обстоятельств, вызывающих появление данного следствия. Спиноза исследовал вопрос о внешних и внутренних причинах, вызывающих данное явление. Лейбниц сформулировал строгий принцип причинности в виде принципа достаточного основания [82].

Среди физиков вплоть до XX века господствующей точкой зрения в представлении о причинности был детерминизм. Вначале это было тесно связано с механикой Ньютона, где особую роль играла “сила” как причина движения. В дальнейшем, когда стали рассматривать системы тел, представление о причинности усложняется. Теперь под принципом причинности в механике стали понимать то, что состояние механической системы в определенный момент времени t_0 однозначно определяет состояние системы в любой другой момент

времени. Этому принципу Лаплас придал всеобщий характер, полагая, что вся Вселенная является механической системой.

В дальнейшем лапласовский детерминизм был распространен и на другие области классической физики. Но развитие термодинамики и статистической физики привело к тому, что формулировка лапласовского детерминизма в этой области была видоизменена. Он теперь сводился к следующему утверждению: состояние системы в данный момент времени определяет только ее будущее. Данное изменение является следствием необратимости реальных наблюдаемых физических явлений.

В статистической физике раскрывается природа термодинамических закономерностей и причина необратимости макроскопических явлений. В классической статистической физике восстанавливается лапласовский детерминизм для микропроцессов, а вместе с тем возникает представление о существовании новой формы причинных связей в области макроскопических явлений. Она выражается в существовании статистических законов, то есть законов для систем, состоящих из большого числа частиц.

Большинство ученых, использующих статистический метод в физике, рассматривали его как результат невозможности применять на практике обычные методы расчета поведения сложных систем. Так Гиббс считал, что применение вероятностей вызывается грубостью наших восприятий [12, с. 551]. Больцман в семидесятых годах XIX века пришел к идее о статистическом характере второго закона термодинамики, начав ранее свои исследования с попытки вывести законы термодинамики из механики. Но в рамках классической физики, начиная с Максвелла, хотя и различали

статистические и динамические закономерности [83], их противопоставления не было. Оно возникло позже при исследовании явлений микромира.

М. Планк в 1914 году писал: "...не остается никаких сомнений: материя состоит из атомов; теплота есть движение молекул и теплопроводность, равно как и все остальные необратимые процессы, управляются не динамическими, а статистическими законами, т.е. законами вероятности" [84]. Относительность таких утверждений стала ясна лишь после создания метода молекулярной динамики и проведения расчетов для систем, состоящих из большого числа частиц [85-87].

Среди философов высказывались и мнения, сводящиеся либо к отрицанию причинности, либо сводящие ее к чисто логической категории, к свойству человеческого мышления. С точки зрения И. Канта причинность есть априорная врожденная категория рассудка [88, 89]. Э. Мах полагал, что причинность вытекает из субъективных устремлений людей [90, 91]. Для Б. Рассела понятие причины является лишь руководством к действию [92]. Данные подходы стали обсуждаться позже уже в XX веке [93].

Возникшая физическая теория вначале сформировалась как наука, в основе которой были положены динамические закономерности. Дальнейшее ее развитие привело к тому, что в физической науке стали широко использоваться методы, основанные на вероятностных законах.

Вопрос о соотношении статистических и динамических закономерностей неоднократно ставился и ставится как в физике, так и в более широком познавательном, философском смысле.

Особое значение имеет исследование природы этих закономерностей, что позволит свести поведение сложных систем (например, биологических, социальных и т.п.) к поведению более простых систем.

В рамках физики в понимании статистических закономерностей был сделан существенный прогресс, основанный в первую очередь на исследовании методов молекулярной динамики для исследования систем, состоящих из многих частиц. В результате были подтверждены основные положения статистической физики. Но это было не просто сведение статистических закономерностей к динамическим в рамках классической статистической физики. Это было определение именно их природы, то есть условий, при которых статистические закономерности имеют место в динамических системах.

Общепринятая в настоящее время статистическая интерпретация квантовой механики, получившая экспериментальное подтверждение, позволила значительно продвинуться в понимании процессов, происходящих как в микромире, так и в макромире. Хотя экспериментально наблюдаемой наименьшей частицей является электрон (кварка в свободном состоянии пока непосредственно никто не наблюдал), для объяснения многих эффектов в рамках теории поля используется представление о виртуальных частицах. Это связано с потребностью продвинуться вглубь мироздания. Представления квантовой механики перестали носить мистический характер. Это определяется не только развитием уровня нашего знания, но развитием практики. Наноструктуры теперь – это хотя еще не демон Максвелла, но весьма конкретное практическое приложение.

Статистические и динамические способы описания не исключают друг друга, а взаимно дополняют. Только используя их совместно можно исследовать проблемы, стоящие перед современной физикой. Согласно Попперу, наш мир представляет собой «взаимосвязанную систему из облаков и часов, в котором даже самые лучшие часы в своей молекулярной структуре оказываются облако подобными» [94, с. 504] . Под понятием «облако» он подразумевает вероятностный образ мышления, а под «часами» - концепцию жесткой детерминированности. Это связано с тем, что любые реальные системы являются открытыми. При рассмотрении таких систем необходимы оба подхода - и динамический, и статистический.

§ 23. Динамический хаос

Попытка обоснования статистической механики, то есть определение тех условий, при которых из механики можно получить статистические закономерности, привела к целому ряду интересных результатов. Во-первых, оказалось, что здесь существенное значение имеет неустойчивость динамических траекторий [95]. Но данный вывод привел к тому, что статистические закономерности появились даже у механических задач (для некоторых областей движения число частиц могло равняться и двум).

С другой стороны, такие многочастичные системы, как система гармонических осцилляторов и идеальный газ, оказались при стандартном рассмотрении неэргодическими. Данный результат

привел Н.Н. Боголюбов к мысли, что необходимо дополнительно учитывать макроскопичность системы [96].

В 70-х годах XX века возникает синергетика – область научных исследований, целью которых является выявление общих закономерностей в процессах образования и разрушения упорядоченных временных и пространственных структур в сложных неравновесных структурах. Термин “синергетика” (от греч. *synergeia* – совместное действие, сотрудничество) предложен немецким физиком Г. Хакеном. В рамках данного подхода изучается и “возникновение порядка из беспорядка” [97] в различных областях: реакция Белоусова-Жаботинского в химии, спиральные галактики в космологии, организация сообществ в экологии и т.д.

Синергетические модели – это модели нелинейных неравновесных систем, которые подвергаются действию флуктуаций. Именно флуктуации переводят одну фазу в другую при приближении системы к области фазового перехода. Возникновение организованного поведения может обуславливаться как внешним воздействием, так и результатом собственного развития [98,99]. Как правило, исследуемые системы являются диссипативными открытыми системами.

Таким образом, не только в динамической системе возможны статистические закономерности, но и в системах, ведущих себя хаотически (и, следовательно, здесь имеют место статистические закономерности), могут иметь место динамические закономерности. В последние тридцать лет данная область получила существенно развитие. Используемые здесь модели в обобщенном смысле называют динамическим хаосом. Таким образом, динамический хаос

соответствует статистическому поведению системы, которая математически может быть описана детерминированными законами. При этом данная система может состоять как из малого числа частиц, движение которых неустойчиво, так и из большого числа частиц, где неустойчивость определяется именно их количеством.

Вопрос о природе динамических и статистических закономерностей при такой постановке задачи сводится к следующему: “Где лежит граница между регулярной, но сложно организованной структурой (то есть порядком) и беспорядком?”. Критерием появления хаоса и статистических закономерностей может служить устойчивость возникающих в системе образований по отношению к малым возмущениям. При ее отсутствии детерминированное описание теряет смысл и необходимо использовать статистические методы.

Продвижение в понимании природы статистических и динамических закономерностей позволило перевести на математический язык описание поведения сложных биологических систем, проблему обработки информации, смоделировать финансовые временные ряды и целый ряд социальных процессов.

§ 24. Взаимодействие

Для описания взаимодействия тел И. Ньютон при создании механики вводит понятие силы: «Приложенная сила есть действие,

производимое на тело для изменения его состояния покоя или равномерного прямолинейного движения» [100]. До этого слово «сила» использовалось в различном смысле: причина движения (Аристотель), энергия, причина изменения вообще и т.д.

В отличие от Р. Декарта И. Ньютон отказывался обсуждать вопрос о физической природе взаимодействия. Введением понятия силы И. Ньютон фактически исключил из рассмотрения механики все немеханические движения и свел ее к решению задач нахождения движений по заданным силам, либо нахождению сил по заданным движениям.

И. Ньютон открывает закон всемирного тяготения. Он нашел силу взаимодействия между телами, обладающими массой. При этом И. Ньютон не считал, что сила тяготения может передаваться через пустое пространство. Он писал: «Предполагать, что тяготение является существенным, неразрывным и врожденным свойством материи, так что тело может действовать на другое на любом расстоянии в пустом пространстве, без посредства чего-либо передавая действие и силу, - это, по-моему, такой абсурд, который не мыслим не для кого, умеющего достаточно разбираться в философских предметах. Тяготение должно вызываться агентом, постоянно действующим по определенным законам. Является ли, однако, этот агент материальным или не материальным, решать это я предоставляю моим читателям» [4, с. 147].

Представления И. Ньютона о тяготении просуществовали в физике вплоть до создания теории относительности. В рамках специальной теории относительности А. Эйнштейна представления о гравитации оставались классическим, то есть не релятивистскими.

Для устранения этой проблемы А. Эйнштейн создает общую теорию относительности, которая включает в себя релятивистскую теорию гравитации.

В основу общей теории относительности положен локальный принцип эквивалентности: «Для бесконечно малых четырехмерных областей при подходящем выборе системы координат справедлива теория относительности в более узком смысле» [101, с. 460]. Здесь теория относительности в более узком смысле слова – это специальная теория относительности. При наличии масс метрика четырехмерного пространства обладает ненулевой кривизной, которая изменяется от точки к точке. Метрика такого пространства определяется компонентами так называемого фундаментального тензора. Для определения компонент метрического тензора А. Эйнштейн получает общее уравнение гравитационного поля, которое позволяет решить эту задачу по известному распределению тяготеющих масс.

Локальный принцип эквивалентности является следствием принципа эквивалентности, то есть утверждения о том, что инертная и гравитационная массы равны. Этот факт находит свое подтверждение уже в том, что, как установил еще Г. Галилей, все тела на Земле, если не учитывать сопротивление воздуха, падают с одинаковым ускорением.

В дальнейшем И. Ньютон подтвердил этот факт опытами с маятниками. Он писал: «Падение всех тяжелых тел на Земле с одинаковой высоты (исключив неравное замедление от ничтожного сопротивления воздуха) совершается за одинаковое время, как это уже наблюдалось другими. Точнейшим же образом это может быть

установлено по равенству качаний маятников. Я провел такое испытание для золота, серебра, свинца, стекла, песка, обыкновенной соли, дерева, воды, пшеницы» [100].

И. Ньютон проверил независимость ускорения свободного падения от свойств тела с точностью выше 0.001 отношения массы инертной (то есть входящей в выражение второго закона Ньютона) к массе гравитационной (входящей в закон всемирного тяготения).

С 1889 по 1908 годы Р. Этвеш провел серию экспериментов по проверке равенства гравитационной и инертной масс с помощью сконструированных им в 1888 году крутильных весов. Его результаты показали равенство с точностью до $5 \cdot 10^{-9}$ [58, с. 312-313].

После открытия зависимости инертной массы от скорости, возник вопрос, как зависят гравитационные свойства тел от состояния движения. Для решения этой задачи сравнивались периоды колебаний одинаковых маятников, чечевицы которых были изготовлены из железа и радия. Оказалось, что отношение массы к весу для обоих из них одинаково [102].

М. Планк предложил в 1907 году постулировать равенство масс инертной и гравитационной, а так как энергия согласно специальной теории относительности обладает инерцией, то она должна обладать и тяжестью [33, с. 466].

Равенство гравитационной и инертной масс проверялось и во второй половине XX века, и точность была доведена до 10^{-12} [103,104]. В настоящее время это является хорошо установленным фактом.

Общая теория относительности получила хорошее экспериментальное подтверждение. Она описывает особенности в движении перигелия Меркурия, отклонение луча света под действием гравитационного поля, гравитационное «красное смещение» [105]. Несмотря на то, что общая теория относительности вызвала серьезные дискуссии в физики, в настоящий момент она является основным рабочим аппаратом для исследований в области астрофизики и в смежных областях. Появившееся на рубеже XIX и XX веков открытие темной энергии привело к новым дискуссиям [106,107], связанным с интерпретацией данного явления. Возможно, это приведет к появлению представления о новом типе взаимодействия.

Что касается других твердо установленных взаимодействий, здесь следует выделить электромагнитное, представления о котором прошли длительный путь развития. До открытия Х. Эрстедом действия электрического тока на магнитную стрелку электричество и магнетизм рассматривали обособленно. После этого открытия развитие новой области – электромагнетизма – существенно ускорилось.

Представление об электромагнитных взаимодействиях формировалось на протяжении первой половины XIX века, и было завершено с созданием Д.К. Максвеллом электродинамики. Она была создана в серии работ, написанных в 1855 – 1865 годах. В работе 1864 – 1865 года «Динамическая теория электромагнитного поля» Д.К. Максвелл дает определение электромагнитного поля: «...Электромагнитное поле – это та часть пространства, которая содержит в себе и окружает тела, находящиеся в электрическом или магнитном состоянии».

Исследования Д.К. Максвелла по электромагнетизму завершил его фундаментальный труд «Трактат по электричеству и магнетизму» [108]. Здесь он начинает с истории решения проблемы и подчеркивает, что сам он при ее решении исходил из метода Фарадея, то есть близкодействия, в противовес «немецкому методу», который ассоциировался с дальнодействием.

Первый том трактата посвящен электростатике и постоянному электрическому току. Во втором томе изложена теория магнетизма, электромагнетизма и электромагнитного поля. При этом Д.К. Максвелл подчеркивает те две основные гипотезы, которые послужили основой для получения уравнений электромагнитного поля: гипотеза о токе смещения и гипотеза об электротоническом состоянии (изменяющееся магнитное поле вызывает вихревое электрическое поле).

Максвелл рассматривает электромагнитное поле как динамическую, то есть механическую систему, для описания которой можно использовать механику Лагранжа, беря в качестве обобщенных координат и импульсов соответствующие величины электромагнитного поля.

Окончательное формирование классического представления об электромагнитных взаимодействиях произошло в рамках теории относительности, которая своими корнями уходит в электромагнетизм. Работа Г.А. Лоренца 1904 года называлась «Электромагнитные явления в системе, движущейся с любой скоростью, меньшей скорости света». Работа А. Эйнштейна, где были изложены основы специальной теории относительности, называется «К электродинамике движущихся тел» (1905 год).

Теория относительности возникла в результате работы целого ряда людей. М. Борн писал: «В общем можно сказать, что специальная теория относительности не является трудом одного человека, она возникла в результате совместных усилий группы великих исследователей – Лоренца, Пуанкаре, Эйнштейна, Минковского» [109,с. 408].

Разные варианты теории относительности имели один и тот же математический аппарат, но имели разные физические интерпретации. Сравнивая подходы Лоренца и Эйнштейна, М. Лауэ писал, что «экспериментально было бы невозможно произвести выбор между этой теорией и эйнштейновской теорией относительности, и, если тем не менее, теория Лоренца отошла на задний план – хотя она еще имеет сторонников среди физиков, - то это произошло, без сомнения, в силу оснований философского порядка» [110,с. 34].

С началом формирования квантовой механики начинает формироваться и квантовая теория излучения. Уже после создания квантовой механики рядом ученых был разработан метод вторичного квантования. Это позволило П. Дираку в 1927 году построить квантовую теорию излучения, положив начало квантовой теории электромагнитного излучения. А в 1928 – 1932 годах были заложены основы квантовой электродинамики. Согласно квантовой электродинамике квантами электромагнитного поля являются фотоны, которые переносят электромагнитное взаимодействие.

После построения в 1932 году протон - нейтронной модели ядра возник вопрос о силах, которые связывают между собой нуклоны. Так возникло представление о сильном взаимодействии. И уже в

1933 году при разработке теории бета-распада Э. Ферми вводит представление о слабом взаимодействии.

В результате этого мы имеем все четыре фундаментальных взаимодействия, известных на настоящее время.

В дальнейшем предпринимались многочисленные попытки объединить все взаимодействия, или хотя бы часть из них, в рамках единого подхода. В качестве стимула здесь выступает удачный пример объединения электрических и магнитных явлений, осуществленный в XIX веке. В 1967 году удалось создать теорию, объединяющую электромагнитные и слабые взаимодействия. В рамках этой теории было предсказано существование наличие массивных короткоживущих частиц, которые переносят слабые взаимодействия - W^+ , W^- и W^0 бозонов. В 1983 году эти частицы были обнаружены (ЦЕРН, 1983).

Наиболее сложным с точки зрения объединения оказалось гравитационное взаимодействие. В 60-х годах XX века появилась теория, объясняющая механизм появления инертной массы у частиц. Следствием этой теории было наличие новой частицы – бозона Хиггса. В 2012 году на Большом адронном коллайдере была обнаружена новая частица. Она затем была идентифицирована как бозон Хиггса.

§ 25. Строение мира

Со времен древней натурфилософии ученые стремились построить единую картину мира, то есть определить, из чего он состоит и как устроен. В это время основными источниками информации служили наблюдения. Астрономические исследования до XVII века производились невооруженным глазом. Лишь на рубеже XVI и XVII веков появляется микроскоп. Тем не менее, ко времени возникновения физики существовали различные представления о микромире, основанные на гипотезах и косвенных данных, различные модели строения Вселенной.

После создания физической науки и широкого использования метода экспериментального исследования, происходит продвижение нашего знания по изучению как микромира, так и макромира.

Представление об атомах и молекулах возникло в науке еще во времена древних атомистов. В рамках классической физики эти представления также широко использовались. В ряде случаев это требовало большого мужества. Только в конце XIX века была создана законченная физическая теория – кинетическая теория материи и статистическая физика, в которой фундаментальные идеи принадлежат Л. Больцману [61,111]. Сам Л. Больцман был членом основных академий Старого и Нового света. Но в конце жизни его взгляды были объявлены антинаучными. Только в 1908 году под влиянием прямых экспериментов В. Освальд признал существование атомов и молекул [112].

В 1911 г., когда отмечалось 200-летие со дня рождения М.В. Ломоносова, взгляды на молекулярно-кинетическую теорию в физике изменились. Физика в целом претерпевала коренной перелом. В это время стали в большей мере востребованы общие подходы к решению проблем, предложенные М.В. Ломоносовым. Опубликованная в это время первое издание книги Б.Н. Меншуткина «Жизнеописание Михаила Васильевича Ломоносова» разошлось тиражом 80000 экземпляров [113]. После этого в курсе физики О.Д. Хвольсона появляется ссылка на М.В. Ломоносова [114]. В XX веке М.В. Ломоносов занял свое достойное место в учебной литературе [38], [41], [115], [116].

В течение XX века физика микромира получила принципиально новое развитие на основе обширных экспериментальных исследований. В результате появляется твердо установленная планетарная модель атома, в 1919 году был открыт протон, а в 1932 – нейтрон. Была создана протон - нейтронная модель ядра. 1964 год ознаменовался введением представления о кварках как составных частях адронов. В 1967 году была создана теория электрослабых взаимодействий, а в 1983 году были экспериментально открыты переносчики слабых взаимодействий - W^+ , W^- и W^0 бозоны.

Продвижение вглубь микромира требует строительства больших дорогостоящих ускорителей. Затраты на такое строительство зачастую соизмеримы с возможностями общества в данный момент. Вместе с тем есть еще один источник информации, где вещество, излучение и частицы находятся в таких условиях, которые еще не скоро будут достигнуты на Земле. Это – Вселенная.

На протяжении всей своей истории физика широко использовала данные, полученные из астрономических исследований. И. Ньютон использовал астрономические результаты при установлении закона всемирного тяготения. Предложенное им описание движения планет стало не только подтверждением системы Коперника, но и справедливости установленных законов механики. И. Ньютон сам занимался астрономическими наблюдениями и многое сделал для совершенствования этого процесса.

Ситуация принципиально изменилась в XX веке. Астрономические наблюдения стали вестись не только с Земли, но и с поднимаемых аппаратов, а затем с искусственных спутниках Земли и многочисленных существующих в настоящее время летательных аппаратов и из космических лабораторий. Исследователи уже давно не ограничиваются пределами не только Солнечной системы, но и Млечного Пути – галактики, в которую входит Солнечная система.

§ 26. Где начинаются другие проблемы

Выделение наиболее важных задач, стоящих перед физикой, само по себе является проблемой. При этом возникает задача деления проблем на те, которые необходимо решать в ближайшей перспективе, и те, которые необходимы для развития физики в будущем. Оптимальное соотношение этих задач определяется в настоящее время не только искусством и интеллектом

исследователя, но и возможностями общества. Конечно, здесь имеются в виду фундаментальные задачи, для разрешения которых требуются значительные материальные затраты.

По этому пути идет развитие исследований в области микромира и макромира – астрономических и астрофизических исследований.

Но это не значит, что в той области природы, о структуре которой в физике сложилось полное на данном этапе развития науки представление, нет проблем. Об этом говорят хотя бы многочисленные данные исследований в рамках машинного эксперимента даже для простых молекулярных систем, не говоря уже о системах, состоящих из сложных молекул.

Таким образом, проблемы существуют в любой области физики. Их актуальность в конкретный момент времени определяется реальными потребностями общества [119]. Актуальность с точки зрения долгосрочной перспективы остается загадкой, которую каждый исследователь решает на свой страх и риск, исходя из своего опыта и возможностей, а также опыта своих предшественников, который является предметом исследования истории и методологии физики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в книге общие вопросы истории и методологии физики предваряют последовательное изучение данного предмета. Они позволяют ознакомиться как с основными закономерностями развития физики, так и с кратким изложением ее истории. Кроме того, рассмотрен ряд главных проблем физики, решаемых на протяжении всей ее истории развития.

Физика является постоянно развивающейся наукой, превратившейся в последние пятьдесят лет в обширную область, выделение главных ориентиров в которой становится нетривиальной проблемой. Автор надеется, что рассмотрение данного предмета в историческом контексте поможет решить данную задачу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Segre E. From falling bodies to radio waves: Classical physicists and their discoveries. N.-Y., 1984.
2. Вернадский В.И. Труды по всеобщей истории науки. М.: Наука 1988.
3. Вернадский В.И. Труды по истории науки в России. М.: Наука 1988.
4. Вавилов С.И. Исаак Ньютон, 1643 – 1727. М.: Наука, 1989.
5. Николаев П.Н. Михаил Васильевич Ломоносов и развитие физики в Московском университете (Mikhail Vasil'evich Lomonosov and the development of physics in Moscow University). М., 2013.
6. Любимов Н.А. История физики. Опыт изучения логики открытий в их истории. Часть 3. Физика в XVII веке. Отдел 1. Эпоха опыта и механической философии. СПб., 1896.
7. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. М.: Просвещение, 1982.
8. Спасский Б.И. История физики. Ч. I и Ч. II. Издание второе переработанное и дополненное. М.: Высшая школа, 1977.
9. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики (С древнейших времен до конца 18 в.). М.: Наука, 1974.
10. Николаев П.Н. // Успехи физических наук 2011. Т. 161. № 11. С. 1201.
11. Кирсанов В.С. Научная революция XVII века. М.: Наука, 1987.

12. Гиббс Д.В. Термодинамика. Статистическая механика. М.: Наука, 1982.
13. Struik D.J. A concise history of mathematics, fourth revised edition. New York: Dover Publications, 1987.
14. Рыбников К.А. История математики. М.: Издательство Московского университета, 1994.
15. Еремеева А.И., Цицин Ф.А. История астрономии. М.: издательство Московского университета, 1989.
16. Хокинг С. Черные дыры и молодые Вселенные. СПб.: Амфора, 2001.
17. Partington J.R. Short history of chemistry. Dover Publication, 1989
18. Фигуровский Н.А. История химии. М.: Просвещение, 1979
19. Джуа М. История химии. М.: Мир, 1966
20. Цюлике Л. Квантовая химия. Т. 1. М.: Мир, 1976
21. Елецкий А.В., Смирнов Б.М. // Успехи физических наук 1995. Т. 165. № 9. С. 977
22. Гейм А.К. // Успехи физических наук 2011. Т. 181. № 12. С. 1284
23. Новоселов К.С. // Успехи физических наук 2011. Т. 181. № 12. С. 1299
24. Физический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983
25. Гросберг А.Ю., Хохлов А.Р. Статистическая физика макромолекул. М.: Наука 1989 (N.Y: .American Institute of Physics 1994)
26. Sperling L.H. Introduction to physical polymer science. Hoboken, N.Y.: Wiley 2006

27. Власов А.А. Статистические функции распределения. М.: Наука 1966
28. Громол Д., Клингенберг В., Мейер В. Риманова геометрия в целом. М.: Мир 1971
29. Popper K. The logic of scientific discovery. 1969
30. Kuhn T. The structure of scientific revolutions. Chicago, 1962
31. Feyerabend P.K. Farewell to reason. 1987
32. Rey A. La theorie de la physique chez les physiciens contemporains. Paris, 1907
33. Планк М. Избранные труды. М.: Наука, 1975
34. Философский словарь. М.: издательство «Республика», 2001
35. Ельяшевич М.А. Развитие Нильсом Бором квантовой теории атома и принципа соответствия (Работы Н. Бора 1912-1923 гг. по атомной физике и их значение) // Успехи физических наук 1985. Т. 147. № 10. С. 253
36. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М.: Наука, 1973
37. Базаров И.П. Методологические проблемы статистической физики и термодинамики. М.: издательство Московского университета, 1979
38. Базаров И.П. Термодинамика. 2010
39. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Наука, 1974.
40. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. М.: Наука, 1979

41. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Термодинамика и статистическая физика. М.: издательство Московского университета, 1986
42. Боголюбов Н.Н., Боголюбов Н.Н. (мл.) Введение в квантовую статистическую механику. М.: Наука, 1984
43. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц. М.: УРСС, 2002
44. Чолаков В. Нобелевские премии. Ученые и открытия. М.: Мир, 1987
45. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. М.: Наука, 1978
46. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков. М.: издательство Московского университета, 1974
47. Петкевич В.В. Теоретическая механика. М.: Наука, 1981
48. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Часть 1,2. М.: Наука, 1969
49. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. М.: издательство Московского университета, 1989
50. Боголюбов Н.Н. Избранные труды по статистической физике. М.: издательство Московского университета, 1979
51. Гельфер Я.М. История и методология термодинамики и статистической физики. М. : Высшая школа, 1981
52. Хир К. Статистическая механика, кинетическая теория и стохастические процессы. М.: Мир, 1976
53. Фейнман Р. Статистическая механика. М. : Мир, 1978
54. Ахиезер А.И., Пелетминский С.В. Методы статистической физики. М.: Наука, 1977

55. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Введение в теорию квантованных полей. М.: Наука, 1973
56. Вавилов С.И. Большая советская энциклопедия. Т. 27. 1936. С. 228
57. Аристотель. Метафизика. Книга VI. Сочинения в 4-х томах. Т. 1. М.: Мысль, 1976
58. Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник. М.: Наука, 1983
59. Chalmers M. // Nature 2012. Vol. 488. P. 572
60. Feynman R. The character of physical law. London, 1965
61. Bazarov I.P., Nikolaev P.N. Theory of many-particle systems. N.-Y.: American Institute of Physics, 1989
62. Селье Г. От мечты к открытию. М.: Прогресс, 1987
63. Пуанкаре А. О науке. М.: Наука, 1983
64. Кюри Е. Мария Кюри. М.: Атомиздат, 1979
65. Основы науковедения. Руководитель авторского коллектива С. Микулинский. М.: Наука, 1985
66. Николаев П.Н. О закономерностях развития физики. В сборнике «История и методология естественных наук. Выпуск XXXVII. Физика. М.: издательство Московского университета, 1992. С. 154
67. Микулинский С.Р., Рудный Н.И. // Вопросы философии 1966, № 5
68. Бэкон Ф. Сочинения. В 2-х томах. М.: Мысль, 1977-1978
69. Сен-Симон К. А. Избранные сочинения. М.-Л., 1948
70. Тимирязев К.А. К насущным задачам современного естествознания. Сочинения. Т. 5. М., 1939

71. Тимирязев К.А. Наука и демократия. Сочинения. Т. 9. М., 1939
72. Микулинский С.Р., Маркова Л.А., Старостин Б.А. Альфонс Декандоль: 1806–1893. – М.: Наука, 1973
73. Bernal J.D. The social function of science. 1939
74. Бернал Дж., Маккей А. На пути к науке о науке. // Вопросы философии, 1966, № 7
75. Розенбергер Ф. История физики. М.-Л.: ОНТИ, 1934-1937
76. Segre E. From X-rays to quarks: Modern physicists and their discoveries. San Francisco, 1980
77. Гинзбург В.Л. // Успехи физических наук, 2004. Т. 174. № 11. С. 1240
78. Об основаниях геометрии. Сборник классических работ по геометрии Лобачевского. М.: Гостехиздат, 1956
79. Лобачевский Н.И. Полное собрание сочинений. Т. 2. М.-Л.: Гостехиздат, 1949
80. Минковский Г. Пространство и время. В сборнике статей под редакцией А.А. Тяпкина «Принцип относительности». М.: Атомиздат, 1973. С. 167-180
81. Логунов А.А. Лекции по теории относительности. Современный анализ проблемы. М.: издательство Московского университета, 1983
82. Лейбниц Г. Избранные философские сочинения. М., 1908
83. Барашенков В.С. Об экспериментальной проверке принципа причинности // Вопросы философии – 1965. № 2. С. 108
84. Планк М. Единство физической картины мира. М.: Наука, 1966.

85. Евсеев А.М., Френкель М.Я. Молекулярная динамики и уравнения состояния аргона в области фазового перехода. В кн.: "Уравнения состояния газов и жидкостей". М.: Наука, 1975. С. 105
86. Rahman A. // Phys. Rev. – 1964. V. A 136. P. 405
87. Verlet L. // Phys. Rev. – 1967. V. A 159. P. 98
88. Алексеев П.В., Панин А.В. Философия. 3-е изд. М.: изд-во Московского ун-та, 2005
89. Кант И. Критика чистого разума. Соч. Т. 3. М., 1964
90. Мах Э. Анализ ощущений и отношение физического к психическому. М., 1907
91. Мах Э. Познание и заблуждение. М., 1909
92. Рассел Б. Человеческое познание. Его сфера и границы. М., 1957
93. Николаев П.Н., Николаева О.П. Природа статистических и динамических закономерностей в физике. В книге: П.Н.Николаев Михаил Васильевич Ломоносов и развитие физики в Московском университете. М., 2013. С. 63-105
94. Поппер К. Логика и рост научного знания. М., 1983.
95. Penrose O. Foundation of statistical mechanics // Rep. Prog. Phys. – 1979. V. 42. № 12
96. Боголюбов Н.Н. О некоторых проблемах, связанных с обоснованием статистической механики // История и методология естественных наук. Вып. XXX: физика. М., 1983.
97. Пригожин И.Р. Неравновесная статистическая механика. М.: УРСС, 2005
98. Чириков Б.В. Линейный и нелинейный динамический хаос. Новосибирск, 1995

99. Введение в синергетику. Хаос и структуры. М.: УРСС, 2004
100. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. М.: Наука, 1989
101. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 1. М.: Наука, 1965
102. Southern L. // Proc. Roy. Soc. A, 1910. V. 84. P. 385
103. Braginsky V.B., Panov V.I. // Soviet Physics - JETP, 1972. V. 34. P. 463
104. Дикке Р. Гравитация и Вселенная / Пер. с англ. и предисловие Н. В. Мицкевича. — М.: Мир, 1972. 103 с.
105. Гинзбург В.Л. // Успехи физических наук, 1979. Т. 128. С. 435
106. Чернин А.Д. // Успехи физических наук, 2008. Т. 178. С. 267
107. Лукаш В.Н., Рубаков В.А. // Успехи физических наук, 2008. Т. 178. С. 301
108. Максвелл Дж.К. Трактат по электричеству и магнетизму. В 2-х т. М.: Наука, 1989
109. Борн М. Физика в жизни моего поколения. М.: ИЛ, 1963
110. Лауэ М. Принципы относительности. В сборнике: Новые методы в математике. Сб. 5. СПб., 1914
111. Больцман Л. Лекции по теории газов. М.: ГИТТЛ, 1956
112. Боголюбов Н.Н., Саночкин Ю.В. // Успехи физических наук 1957. Т. 61. № 1. С. 7
113. Меншуткин Б. Н. Жизнеописание Михаила Васильевича Ломоносова. М.-Л.: АН СССР, 1937
114. Капица П.Л. // Успехи физических наук, 1965. Т. 87. № 9. С. 155

- 115. Савельев И В Курс общей физики. Т. 2 М.: Наука, 1982
- 116. Матвеев А Н Молекулярная физика. М.: Высшая школа, 1981
- 117. Ишханов Б.С. История атомного ядра: учебное пособие. М.: Университетская книга МГУ, 2011
- 118. Allanach B. // Nature, 2013. Vol. 504. P. 99
- 119. Svidzinsky A., Scully M., Herschbach D. // Physics Today, 2014. Vol. 67. N 1. P. 33

