

ISBN 978-5-9905275-5-3

П.Н. Николаев, О.П. Николаева

ИСТОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ФИЗИКИ

Том IV

История современной физики

Москва 2016

Павел Николаевич Николаев, Ольга Павловна Николаева

История и методология физики. Том 4.

История современной физики. М., 2016. – 381 с.

Четвертый том посвящен рассмотрению процесса развития физики и ее методологии в период с начала XX века, который принято называть периодом современной физики.

Классическая физика, которая является основой физической науки, была сформирована, в основном, к концу XIX века. Но в конце данного периода возникли потребности в формировании современной физики, включающей в себя релятивизм и квантовую физику.

Книга предназначена как для систематически изучающих историю и методологию физики, а также науки в целом – студентов высших учебных заведений, так и для интересующихся этими проблемами.

Nikolaev Pavel Nikolaevich, Nikolaeva Olga Pavlovna

History and methodology of physics.

Volume 4. History of modern physics. Moscow, 2016. - 381 pages

ISBN 978-5-9905275-5-3

© Николаев П.Н., Николаева О.П. 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 10

Глава I

ПРОБЛЕМЫ В ФИЗИКЕ НА РУБЕЖЕ XIX И XX ВЕКОВ

§ 1. Ультрафиолетовая катастрофа 12

§ 2. X-лучи 16

§ 3. Открытие электрона 17

§ 4. Внешний фотоэффект 19

§ 5. Открытие радиоактивности 21

Глава II

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

§ 6. Возникновение и развитие представлений о принципе
относительности 24

§ 7. Теория Лоренца 29

§ 8. Метод Пуанкаре. Анализ понятия одновременности 31

| | |
|---|----|
| § 9. Работа Эйнштейна "К электродинамике движущихся тел" | 32 |
| § 10. Связь массы и энергии | 37 |
| § 11. Доклад Минковского 1908 года | 38 |
| § 12. Опыты Эйхенвальда | 40 |
| § 13. Дискуссии вокруг понимания теории относительности | 42 |

Глава III

ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ

| | |
|---|----|
| § 14. Гипотеза Планка и ее развитие | 47 |
| § 15. Опыты Резерфорда и теория Бора | 51 |
| § 16. Развитие теории Бора и ее трудности | 54 |
| § 17. Матричный вариант квантовой механики | 57 |
| § 18. Волновое уравнение Шредингера | 61 |
| § 19. Интерпретации волновой функции | 65 |
| § 20. Развитие квантовой механики | 67 |
| § 21. Интерпретации квантовой механики | 67 |
| § 22. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена | 70 |

Глава IV

ТЯГОТЕНИЕ

| | |
|---|----|
| § 23. Принцип эквивалентности | 78 |
| § 24. Создание общей теории относительности | 80 |
| § 25. Экспериментальная проверка постулатов и следствий ОТО | 82 |
| § 26. Развитие теории Эйнштейна | 85 |
| § 27. Релятивистская теория гравитации | 88 |
| § 28. Космология | 92 |

Глава V

ФИЗИКА МИКРОМИРА С НАЧАЛА XX ВЕКА

(ОТ X-ЛУЧЕЙ ДО КВАРКОВ, БОЗОНА ХИГГСА

И ДАЛЕЕ)

| | |
|--|-----|
| § 29. Электроны и атомные ядра | 95 |
| § 30. Лептоны и нуклоны | 100 |
| § 31. Лептоны и адроны | 104 |
| § 32. Лептоны и кварки | 107 |
| § 33. Казусы конца XX - начала XXI веков | 110 |

Глава VI

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В НАУКЕ НА РУБЕЖЕ ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ

| | |
|---|-----|
| § 34. Компьютерные технологии | 112 |
| § 35. Новые науки | 114 |
| § 36. Новые технологии | 116 |
| | |
| Заключение | 118 |
| Литература | 120 |

Приложение I

Николаев П.Н.

| | |
|---|-----|
| Петр Николаевич Лебедев и развитие физики в Московском университете (к 150-летию со дня рождения) | 143 |
|---|-----|

Приложение II

Базаров И.П., Николаев П.Н., Моисеева Г.В.

| | |
|---|-----|
| Николай Николаевич Боголюбов и физический факультет МГУ: 40-е годы | 161 |
|---|-----|

Приложение III

Базаров И.П., Николаев П.Н.

Жизненный путь

| | |
|---|-----|
| Анатолия Александровича Власова (1908-1975) | 170 |
|---|-----|

Приложение IV

Базаров И.П., Николаев П.Н.

Статистический элемент в динамических теориях 188

Приложение V

Базаров И.П., Николаев П.Н.

Рождение статистической физики 195

Приложение VI

Николаев П.Н.

О статистическом предельном переходе 208

Приложение VII

Базаров И.П., Николаев П.Н.

Почему вероятность входит в физику ? 224

Приложение VIII

Николаев П.Н.

О закономерностях развития физики 236

Приложение IX

Конопаткин Н.М., Лукьянов Е.А., Николаев П.Н.

Демонстрационные приборы и опыты Н.А.Любимова 255

Приложение X

Методологический семинар физического факультета МГУ 269

Базаров И.П., Николаев П.Н.

Методологический семинар физического факультета МГУ 269

Николаев П.Н.

Методологический семинар физического факультета: из года
атома Бора в международный год кристаллографии 313

Николаев П.Н.
 Методологический семинар физического факультета: из
 международного года кристаллографии в международный год
 света и световых технологий 316

Николаев П.Н.
 Методологический семинар физического факультета:
 итоги года и перспективы 321

Приложение XI

Николаев П.Н.
 Взаимосвязь физики и философии и проблема периодизации
 истории физики 329

Приложение XII

Николаев П.Н.
 История факультета: дела и люди 344

Николаев П.Н.
 Физика в Московском университете за 245 лет (к 70-летию
 физического факультета МГУ) 350

Николаев П.Н.
 Физическому факультету Московского университета 80 лет:
 истоки, дела, люди 361

Приложение XIII

Николаев П.Н.
 Борис Иванович Спасский 369

Приложение XIV

Кабинет истории физики 376

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данная книга является четвертым томом «Истории и методологии физики».

Ход развития науки в двадцатом столетии ознаменовался коренными изменениями в развитии физики. В первой половине столетия появились квантовая и релятивистская физика. В связи с этим изменились многие основополагающие представления о природе. Во второй половине изменяется организационное строение науки в целом и физики в частности. Огромным стало влияние науки на развитие общества.

Современный этап развития физики следует разделять на периоды с учетом внешних связей с другими науками и социальными институтами в силу сильных интеграционных тенденций. Здесь выделяются два периода: период неклассической физики (до 1985 года) и период постнеклассической физики. Это два связанных, но принципиально разных по характеру периода развития физической науки. Их изучению и посвящена настоящая книга.

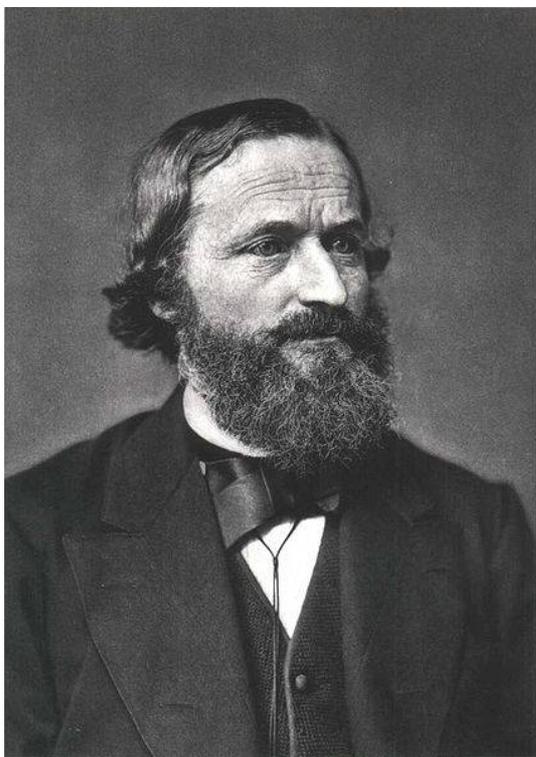
Развитие физики продолжается. Возникают новые проблемы, которые либо решаются, либо до сих пор ждут своего решения. Постоянно существуют различные точки зрения на решение тех задач, которые стоят перед физикой (см. Приложения I - XIV). Перед

историей науки стоит задача не только объективного и полного изложения фактического материала, но и выделения наиболее перспективных направлений развития . Оценку этой работы дает только время. Эта оценка редко появляется сразу. Чаще проходят годы, а иногда - столетия.

Глава I

ПРОБЛЕМЫ В ФИЗИКЕ НА РУБЕЖЕ XIX И XX ВЕКОВ

§ 1. Ультрафиолетовая катастрофа



Густав Кирхгоф
(1824-1887)

Тепловое излучение было известно человечеству давно. Но его теория началась в 1859 году после открытия Кирхгофом закона теплового излучения, который носит теперь его имя [1]. Позже в 1862 году он ввел понятие абсолютно черного тела и предложил его модель. Потребность построения теории излучения абсолютно черного тела привела к созданию квантовой теории излучения, то есть первой квантовой теории.

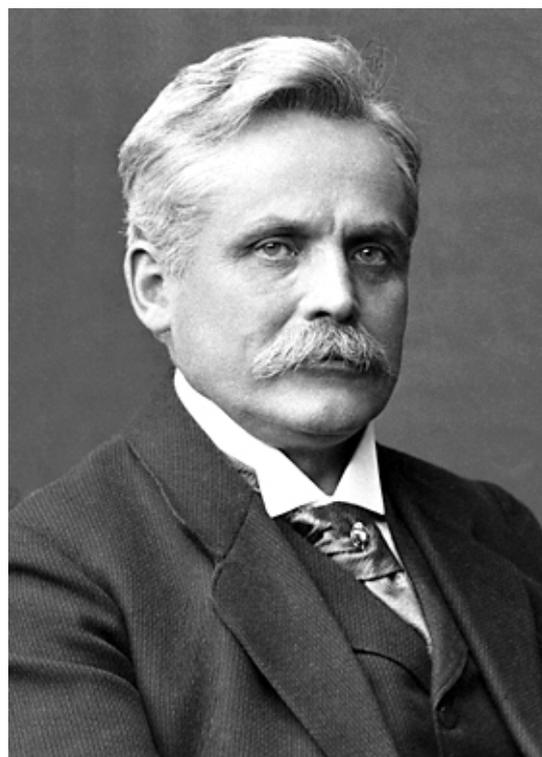


Йозеф Стефан
(1835-1893)

степени абсолютной температуры [2]. В 1884 году Больцман получает этот же результат на основе второго начала термодинамики [2-4]. В 1893 году Вин исследовал структуру функции Кирхгофа. Для этого он использует электродинамику и оптику. В результате получает закон смещения Вина.

В 1896 году Вин получает формулу для спектральной плотности излучения, известный как закон распределения Вина [5]. Он оказался справедливым лишь для коротких волн.

Определение универсальной функции Кирхгофа - испускательной способности абсолютно твердого тела - оказалось сложной задачей. Стефану в 1879 году удалось экспериментально определить интегральную характеристику этой функции - плотность энергии теплового излучения, которая оказалась пропорциональной четвертой



Вильгельм Вин
(1864-1928)

В 1900 году Релей предлагает свое решение проблемы, исходя из равномерного распределения энергии по степеням свободы [6]. Само же излучение он рассматривает как совокупность стоячих волн в замкнутом объеме. Каждой волне он предлагает сопоставить две степени свободы. Полученная им формула для спектральной плотности излучения оказалась справедливой лишь для длинных волн. При этом интегральная характеристика - плотность излучения - была равна бесконечности в силу расходимости интеграла при малых длинах волн. Этот результат получил название ультрафиолетовой катастрофы.



**Джеймс Джинс
(1877-1946)**

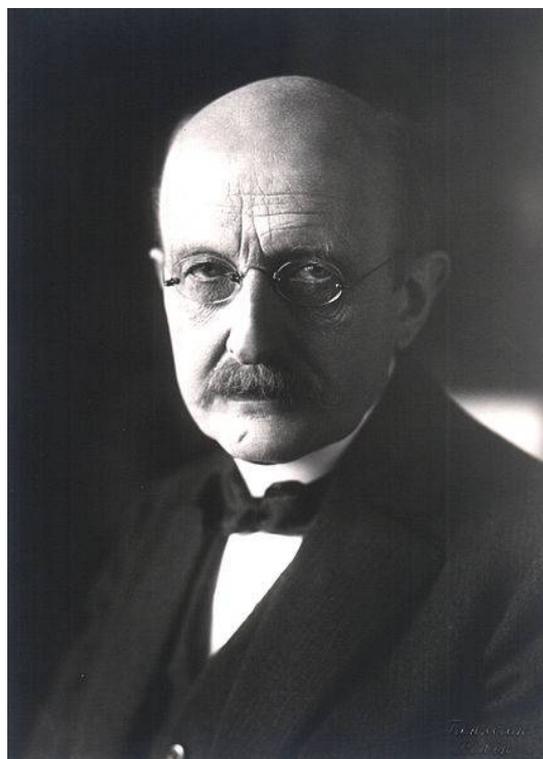
Позже в 1905 году ту же формулу более строго получил Джинс. При этом он утверждал, что вывод с точки зрения классической физики является строгим, а расходимость возникает из-за того, что распределение в спектре абсолютно черного тела не является равновесным [7].

Макс Планк занялся проблемой теплового излучения в 1897 году. Вначале он получает формулу, называемую теперь формулой Планка, исходя из второго закона термодинамики и интерполяционной формулы, справедливой для малых и больших длин волн.

Сравнение полученной формулы с экспериментальными данными показало, что она прекрасно подтверждается для всех длин волн.

В дальнейшем он получает свою формулу исходя из статистического метода Больцмана, который устанавливает связь между энтропией системы и числом способов, которым может быть реализовано данное макроскопическое состояние. Для расчета этого числа ему пришлось представить, что энергия распределяется между осцилляторами порциями (квантами), кратными некоторой величине ε . Так было осуществлено первое квантование энергии [8].

Формула Планка в пределе длинных волн переходит в Формулу Релея-Джинса, а в пределе малых волн - в формулу Вина. С точки зрения обоснованности в рамках классической механики приоритет оставался за формулой Релея-



**Макс Планк
(1858-1947)**

Джинса. Но она приводила к ультрафиолетовой катастрофе.

Поэтому, несмотря на решение Планком задачи описания спектральной плотности излучения абсолютно черного тела, проблема ультрафиолетовой катастрофы оставалась на повестке дня.

Вначале введенное Планком квантование энергии рассматривалось как математический прием. Сам Планк также надеялся со временем обосновать основную гипотезу о

распределении энергии конечными порциями на основе представлений классической физики.

Г.Лоренц писал: "...В этой теории, несомненно, заключается значительная доля истины. Конечно, она не в какой мере не послужила для того, чтобы раскрыть механизм явлений; следует также признать, что весьма трудно найти оправдание для такого представления о распределении энергии порциями конечной величины, которые даже не равны друг другу, но меняются от резонатора к резонатору" [9, с. 127].

§ 2. X-лучи



**Вильгельм Рентген
(1845-1923)**

В 1895 году Вильгельм Рентген открыл лучи, носящие в настоящее время его имя. Их называют также X-лучами следуя Рентгену. В 1901 году Рентгену была присуждена только что учрежденная Нобелевская премия по физике с формулировкой "Присудить Нобелевскую премию по физике Вильгельму Конраду Рентгену за открытие лучей, которые носят его имя" [10, с. 343].

Рентген установил, что X-лучи "не идентичны с катодными лучами, но возбуждаются ими в стеклянных трубках". Они не несут заряда, не отклоняются магнитным полем, а по химическому и

люминесцентному действию сходны с ультрафиолетовыми лучами [11].

Достаточно быстро возникла гипотеза о волновой природе рентгеновских лучей. Вместе с тем долгое время не удавалось обнаружить волновые свойства лучей. Так дифракция этих лучей впервые наблюдалась лишь в 1925 году, когда Лауэ использовал вместо дифракционной решетки кристалл.

Большой резонанс в обществе вызвала возможность съемки рентгенограмм человеческого тела.

§ 3. Открытие электрона



**Джозеф Джон Томсон
(1856-1940)**

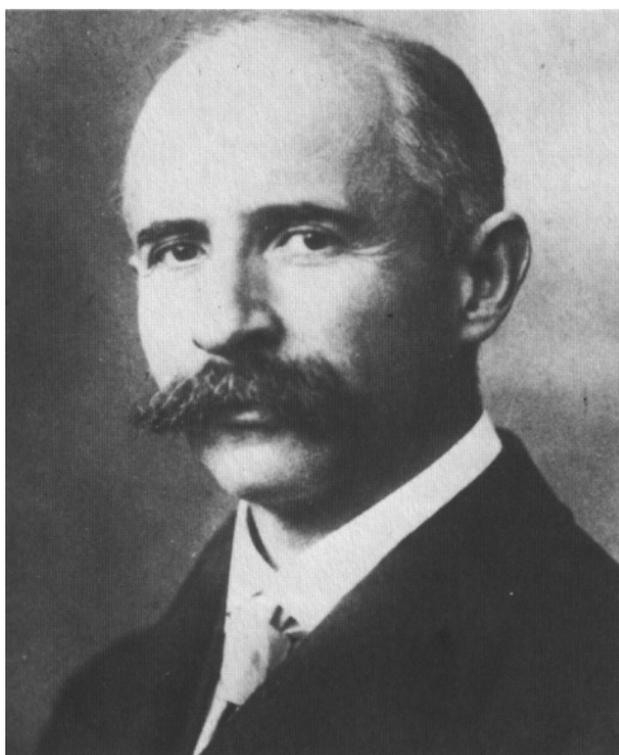
В Кембридже Дж.Дж.Томсон исследовал влияние рентгеновских лучей на газы и обнаружил увеличение электропроводности газов, которая уменьшалась при пропускании газа через вату.

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 много 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.



**Вальтер Кауфман
(1871-1947)**

В результате в 1897 году Дж.Дж.Томсон делает вывод о существовании заряженных *корпускул*, которые входят, по его мнению в состав всех элементов [12]. Таким образом он открыл электрон.

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

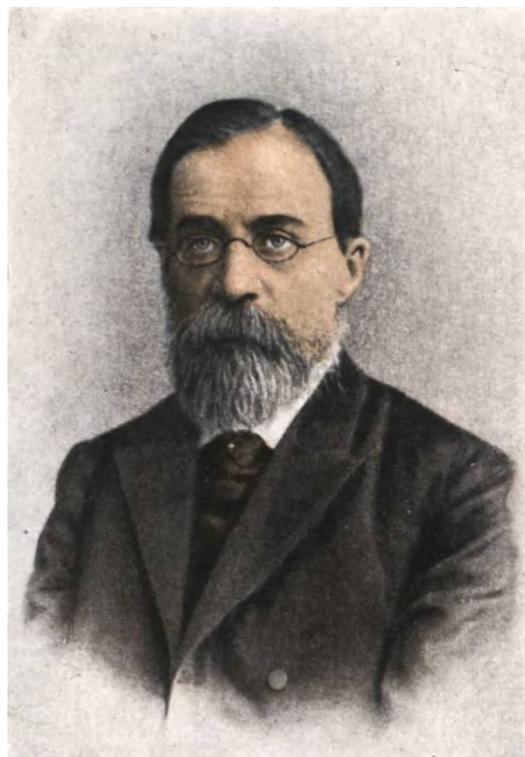
К тому времени уже существовали классические теории Дж.Дж.Томсона и Хевисайда, объясняющая зависимость массы движущегося заряженного шара от скорости. Увеличение инерции движущегося тела в рамках этих теорий являлось следствием появления дополнительной электромагнитной массы.

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

§ 4. Внешний фотоэффект

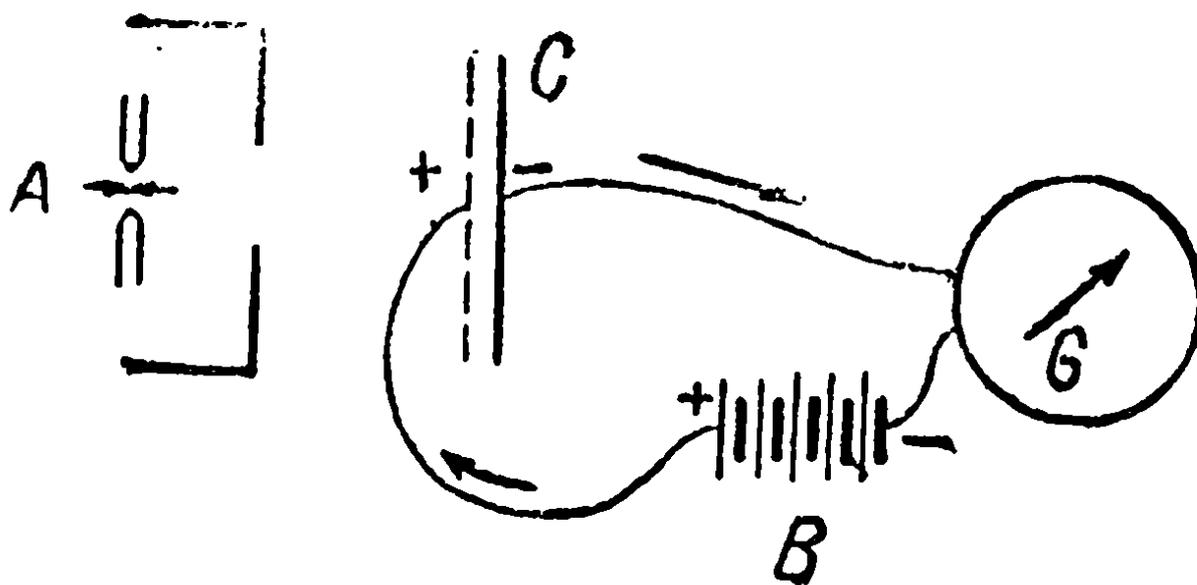
Другим явлением, не поддающимся удовлетворительному описанию с позиций классической физики, стал фотоэффект. Он был открыт Г.Герцем в 1887 году. Данный эффект был подробно экспериментально исследован А.Г.Столетовым, профессором Московского университета.

Г.Герц обнаружил, что если искровой промежуток (электроды)



**Александр Григорьевич
Столетов
(1839-1896)**

освещать светом, богатом ультрафиолетовыми лучами, то электрический разряд между двумя электродами происходит сильнее, либо при меньшем напряжении. Данное явление получило название



Фиг. 1.

Схема опыта А.Г.Столетова

внешнего фотоэффекта [13].

А.Г.Столетов разработал классический метод исследования фотоэффекта. Исследуя этот эффект в 1888 году, он установил, что он имеет место и при малых потенциалах. А.Г.Столетов писал: "Повторяя в начале 1888 г. интересные опыты гг. Герца, Э. Видемана и Эберта, Галльвакса относительно действия лучей на

электрические заряды высокого напряжения, я задумал испытать, получится ли подобное действие при электричестве слабых потенциалов" [14, с. 191].

На основе проведенных экспериментов Столетов показал, что фототок имеет место только в случае, если на освещаемую пластинку С подается отрицательный потенциал. Он также получил, что величина тока пропорциональна световому потоку, падающему на пластинку. Было установлено существование тока насыщения. При этом для получения фототока необходимо было освещать пластину ультрафиолетовыми лучами.

Внешний фотоэффект был открыт еще до открытия электрона. Поэтому на первом этапе исследований в этой области существовало много различных теорий. Не все стало ясным и после открытия электрона.

§ 5 Открытие радиоактивности



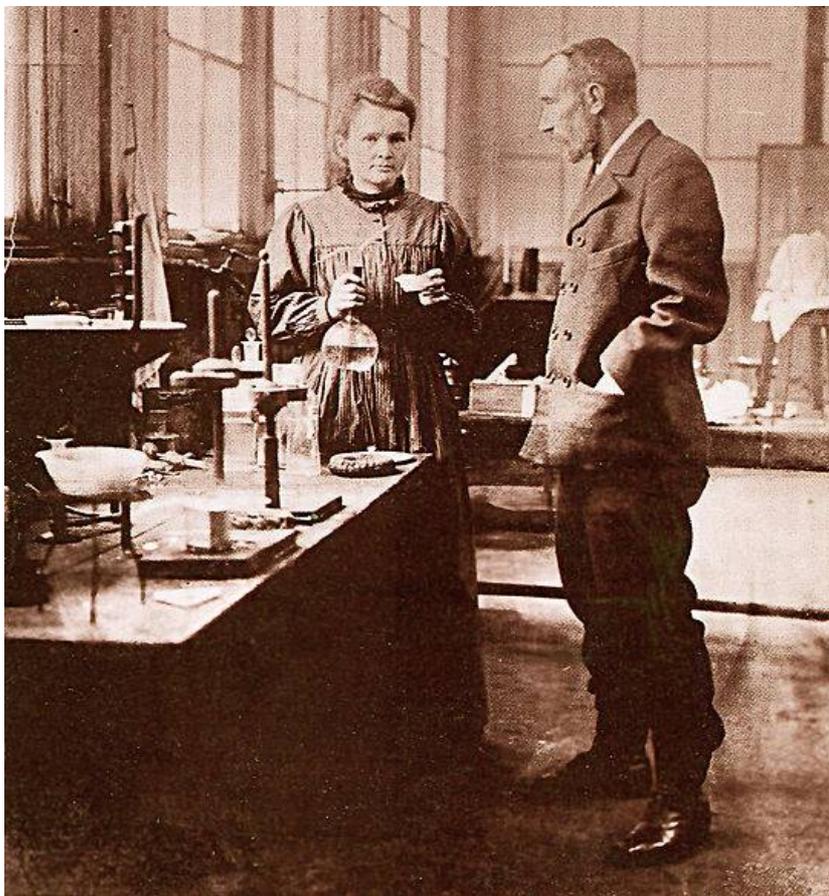
**Антуан Анри Беккерель
(1852-1908)**

Большое влияние на развитие физики оказало открытие А.Беккерелем в 1896 году радиоактивности. Он установил, что уран вне зависимости от химического и физического состояния испускает лучи, способные ионизировать воздух и заряжать электроскоп.

Способность урана испускать лучи не ослабевала

месяцами.

В 1896 году Мария и Пьер Кюри выделяют из урановой руды новый элемент, названный радием, который был способен в большей



Мария и Пьер Кюри

степени испускать радиоактивные лучи [15].

Уже в 1903 году за эти открытия была присуждена Нобелевская премия по физике:

"Присудить

Нобелевскую

премию года по

физике Анри

Антуану Беккерелю

за открытие

спонтанной

радиоактивности, а

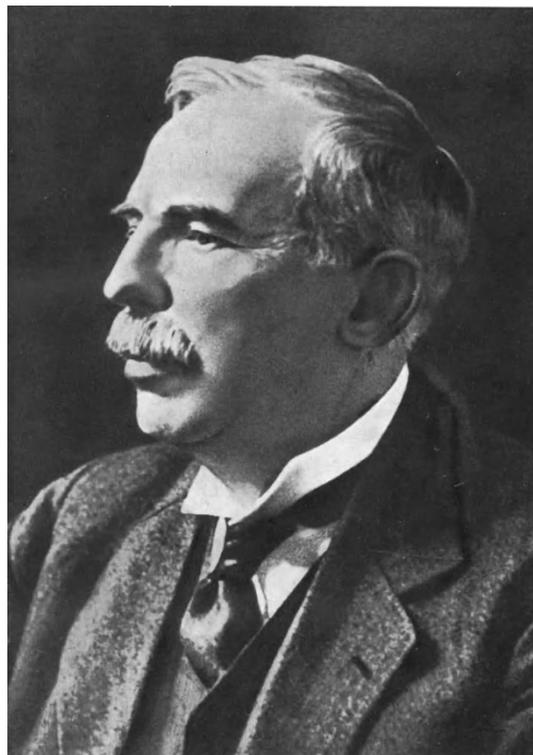
также Пьеру Кюри и

Марии Складовской-

Кюри за изучение явления, открытого Анри Беккерелем" [10, с. 343].

В 1899 году Э.Резерфорд в своей статье о радиоактивности указывает на сложный характер радиоактивного излучения и наличия в нем α и β -лучей - заряженных положительно и отрицательно частиц соответственно [16,17]. Позже было установлено 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.



**Эрнест Резерфорд
(1871-1937)**

Глава II

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

§ 6. Возникновение и развитие представлений о принципе относительности

Начало XX века ознаменовалось формированием теории относительности, часто называемой специальной теорией относительности (СТО). В основном она была создана усилиями четырех выдающихся ученых - Лоренца [18], Пуанкаре [19], Эйнштейна [20] и Минковского [21].

Создание этой теории связано с формированием ряда фундаментальных представлений, в первую очередь - принципа относительности [22,23]. Он зародился еще в натурфилософии. Его возникновение и развитие связано с формированием представлений о пространстве и времени.

Механика Ньютона основывается на представлении о евклидовом трехмерном пространстве [24-47]. Хорошее совпадение

теоретических и экспериментальных данных до начала XX века показывало, что это представление справедливо. До Ньютона включительно оптические явления рассматривались, в основном, без учета движения источников и приемников света [48-79].

Пространство и время у Ньютона независимы. Глубокая связь между пространством и временем была установлена Минковским в 1908 году в опубликованном им докладе "Пространство и время", который он прочитал перед естествоиспытателями и врачами. Но фактически взаимосвязь пространства и времени была уже заложена в электродинамике Максвелла, а особенно - в электродинамике движущихся тел [80,81].

Брадлей (Брэдли) открывает абберации света и дает ему объяснение на основе корпускулярной теории. На этой основе в 1728 году он определил скорость света. Это открытие сыграло важную роль в развитии оптики движущихся сред.

В 1810 году Араго обнаружил, что показатель преломления призмы не зависит от того, используется ли свет от земного источника или от звезд.

В дальнейшем различные теории света строились таким образом, чтобы они объясняли явление абберации и опыт Араго.

В рамках волновой теории света Юнг на основе теории неподвижного эфира в 1804 году объясняет явление абберации. Объяснить опыт Араго и явление абберации света удалось лишь Френелю в рамках теории частично увлекающегося эфира [80,81]. В рамках этой теории считается, что вместе с эфиром увлекается лишь избыток эфира, содержащегося в нем. При этом упругость эфира везде считается постоянной.

При своих расчетах Френель учитывал лишь члены не выше первого порядка отношения скорости тел к скорости света. В дальнейшем Лоренц дал строгое доказательство того, что невозможно обнаружить движение тел относительно эфира в данном приближении.



**Альберт Абрахам
Майкельсон
1852-1931**

В середине 40-х годов XIX столетия Стокс выдвинул теорию полностью увлекающегося эфира. Но при этом считалось, что на бесконечности эфир находится в покое.

После определения в 1851 году И.Физо скорости света в движущейся воде стало очевидным преимущество теории Френеля.

Следует отметить, что в 1886 году Майкельсон и Морли подтвердили результаты Физо с большей точностью. Но несмотря на это для тел космических размеров вопрос

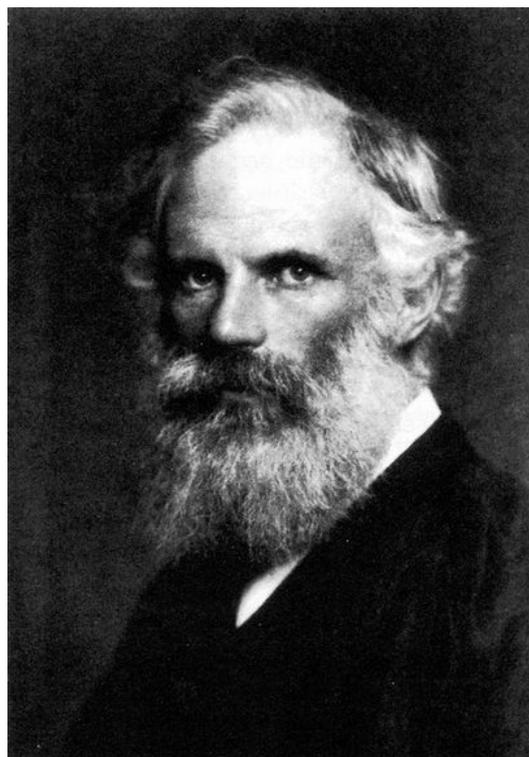
оставался открытым. Для определения справедливости той или иной теории необходимо было измерять величины порядка квадратичных для отношения скорости движения тел к скорости света, то есть порядка 10^{-8} .

Эту задачу удалось впервые разрешить А.Майкельсону, используя явление интерференции. Для этого он построил специальный интерферометр (интерферометр Майкельсона).

В первых опытах в расчеты Майкельсона вкралась ошибка, на которую в 1886 году указал Лоренц, отметивший и сложности в

модели Стокса. В 1887 году опыты были повторены с большей точностью, и из них можно было сделать вывод о том, что относительная скорость эфира и Земли не превышает одной четверти орбитальной скорости Земли.

Результаты опытов Майкельсона поставили серьезную проблему перед теориями, использующими представление об эфире [82-96]. Она была решена введением в 1892 году Лоренцем и независимо от него Фитцджеральдом гипотезы о сокращении размеров тел в направлении их движения.



**Джордж Френсис
Фитцджеральд
(1851-1901)**



**Вольдемар Фогт
(1850-1919)**

Важное значение имело открытие Доплером принципа, носящего его имя. В 1848 году Физо указал правильный способ его использования для определения лучевых скоростей движения тел по сдвигу фраунгоферовых линий.

В 1887 году Фогт рассматривает вопрос о получении формулы Доплера на основе использования преобразования координат при переходе от покоящейся системы, в

которой распространяются колебания, к системе, связанной с движущимся источником либо наблюдателем.

Фогт нашел систему преобразований координат и времени, оставляющими неизменным волновое уравнение. Эти преобразования отличались от полученных позже преобразований Лоренца. Первоначально работа Фогта не обратила на себя внимания.

Вопрос о влиянии движения тел на электромагнитные явления затрагивал и Максвелл, получивший выражение для напряжения электрического поля в движущемся проводнике. Но в дальнейшем он не проводил исследований в данном направлении.

Исключительно важное значение имеют исследования П.Н.Лебедева по определению давления света на твердые и газообразные тела (см. Приложение I), явившиеся предтечей современных квантовых измерений и оптомеханики [131-135].

Впервые полную систему уравнений для электродинамики движущихся тел получил Герц в 1890 году. Он исходил из гипотезы о полностью увлекающемся эфире. Кроме того Герц считал, что электрическое и магнитное поля в данной точке определяются не только собственным своим изменением, но и изменением, вызванным движением среды вместе с эфиром.

Для реализации этих представлений при переходе от системы, связанной с движущимся телом, где справедливы уравнения Максвелла, к покоящейся системе он заменил частные производные на субстанциональные.

В качестве подтверждения своей теории Герц приводит результаты опытов Роуланда по определению магнитного поля движущегося заряженного проводника и результаты опытов

Рентгена (1888) по обнаружению магнитного поля, создаваемого движущимся диэлектриком в электрическом поле.

Опыт Рентгена давал только качественные результаты. Сам же Герц считал, что его теория носит поисковый характер. К оптике движущихся тел он ее не применял.

§ 7. Теория Лоренца

Лоренц подошел к построению электродинамики движущихся тел



**Гендрик Антон Лоренц
(1853-1928)**

с других позиций. Он исходил из гипотезы о неподвижном эфире, в котором движутся заряженные частицы, между которыми действуют силы, называемые теперь силами Лоренца. Микрополя определяются уравнениями Лоренца.

Для получения макрополей, которые измеряются на опыте, необходимо провести усреднение, которое зависит от того, покоится тело или движется. Для покоящихся тел получаются уравнения Максвелла, а для движущихся -

уравнения Лоренца для движущихся тел.

Исходя из своей теории, дополненной гипотезой сокращения, Лоренц рассмотрел все известные на то время экспериментальные факты и получил согласие с ними.

При исследовании оптических явлений в движущихся средах Лоренц использовал математический прием, заключающийся в замене переменных при переходе от движущейся к неподвижной системе координат. При этом вид уравнений Максвелла должен был оставаться неизменным.

Такие преобразования Лоренцу удалось найти с точностью до величины второго порядка для отношения скорости тела к скорости света. С помощью этих преобразований Лоренц решил ряд задач.

В 1900 году в книге "Эфир и материя" ("Aether and matter") [97]



Джозеф Лармор
(1857-1942)

Лармор получает преобразования для координат, времени и полей, оставляющими инвариантными уравнения Максвелла. Как следствие этих преобразований он получает гипотезу сокращения Лоренца-Фиджеральда.

Лармор считал частицы материи особенностями в эфире. Ядра этих особенностей движутся в эфире, оставляя его неподвижным. Лармор объяснил явление абберации света, опыт Физо, опыт Майкельсона.

Преобразования, полученные впервые Лармором, называются в

настоящее время преобразованиями Лоренца. Это название впервые было введено Пуанкаре в 1905 году.

Сам же Лоренц в 1904 году получил их в не совсем правильной форме. Как признавал в 1912 году Лоренц, ему не удавалось полностью согласовать его теорию с принципом относительности. Этим объяснялась некоторая беспомощность в его работе 1904 года.

§ 8. Метод Пуанкаре. Анализ понятия одновременности

На Парижском конгрессе физиков в 1900 году А.Пуанкаре порицал Лоренца за пренебрежение принципом относительности.



**Анри Пуанкаре
(1854-1912)**

Сам же Пуанкаре исходил из принципа относительности, распространив его на оптические и другие явления природы.

В 1905 году в статье "О динамике электрона" [82,84,98], исходя из принципа относительности, он исправляет преобразования Лоренца, записав их в правильном виде. В этой работе, а также в работе 1906 года он показал, что преобразования Лоренца образуют группу.

Пуанкаре вводит формулу сложения скоростей, формулу преобразования электрического и магнитного полей, плотности заряда, плотности тока. Он показывает инвариантность интервала и разности квадратов электрического и магнитного полей при преобразованиях Лоренца.

Пуанкаре также вводит представление о четырехмерном пространстве. Преобразования Лоренца он интерпретирует как поворот осей в этом пространстве.

Пуанкаре рассматривает и влияние принципа относительности на теорию гравитации. Он приходит к выводу, что взаимодействие должно распространяться с конечной скоростью, и эта скорость должна равняться скорости света.

Уже в 1898 году Пуанкаре обратил внимание на то, что необходимо анализировать понятие одновременности. Для определения понятия одновременности он предлагает использовать световые сигналы для синхронизации часов, считая, что скорость света постоянна. Одновременно Пуанкаре полагает возможным использовать понятие абсолютного движения, рассматривая в этом случае движение тел относительно неподвижного эфира.

§ 9. Работа Эйнштейна "К электродинамике движущихся тел"

В отличие от Лоренца и Пуанкаре основные идеи по созданию теории относительности были высказаны А.Эйнштейном первоначально в одной работе - "К электродинамике движущихся

тел" опубликованной в 1905 году в журнале "Annalen der Physik" [99].

Во вступлении к этой статье Эйнштейн отмечает, что электродинамика Максвелла (в том виде, в каком она использовалась в то время) "приводит в применении к движущимся телам к асимметрии, которая не свойственна, по-видимому, самим явлениям".

В качестве примера он приводит задачу о движении магнита и контура. Здесь можно выделить два случая: 1) магнит движется, контур неподвижен; 2) магнит неподвижен, контур движется. Два эти случая в рамках электродинамики Максвелла строго разграничены.

Далее Эйнштейн отмечает неудачи попыток обнаружить движение Земли относительно эфира, но дальше это утверждение не развивает.

Эти выводы позволили ему сделать вывод о том, что для тех координатных систем, для которых справедливы уравнения механики, будут справедливы одни и те же



**Альберт Эйнштейн
(1879-1955)**

законы электродинамики и оптики. По его мнению нет таких свойств явлений, которые соответствовали бы абсолютному покою. При этом Эйнштейн отмечает, что этот факт доказан для величин первого порядка. Данное предположение Эйнштейн называет

принципом относительности и полагает его одним из основных постулатов теории относительности.

Второе основное предположение, которое делается в работе, заключается в постулировании постоянства скорости света в пустоте: "...Свет в пустоте всегда распространяется с определенной скоростью V , не зависящей от состояния движения излучающего тела". Эйнштейн отмечает, что противоречие первого и второго постулатов является кажущимся.

Введенные два постулата совместно с теорией Максвелла для покоящихся тел, являются достаточными для построения электродинамики движущихся тел, свободной от противоречий. Эйнштейн особо отмечает, что он не ввел понятия абсолютно покоящегося пространства. Излишним по его мнению является и введение эфира.

Данная теория строилась, основываясь на кинематике твердого тела. Ее суждения касаются соотношений между твердыми телами (координатами системы), часами и электромагнитными процессами.

Эйнштейн называет непонимание этого обстоятельства корнем трудностей, которые должна преодолеть развиваемая теория.

Обращаясь к определению одновременности двух событий, Эйнштейн вводит понятие "покоящейся системы" как такой, где справедливы уравнения Ньютона. В этой системе положение покоящейся материальной точки находится методами евклидовой геометрии. Для описания движения материальной точки здесь необходимо задать значения ее координат как функций времени.

Эйнштейн приступает к анализу понятия "время" и приходит к выводу, что оно имеет смысл лишь для одновременных событий. Здесь возникает проблема определения понятия одновременности,

которая просто решается для событий, происходящих в одной точке, и представляет проблему для событий в различных точках.

Эйнштейн предложил следующий, с его точки зрения наиболее практичный, способ определения времени. В точке A помещены часы и можно определить единственным образом A -время (по совпадению события с положением стрелки часов в точке A). В точке B , находящейся на некотором расстоянии от A , находятся точно такие же часы и мы определяем здесь B -время. Эйнштейн ввел следующее условие синхронизации часов в точках A и B : "Время, необходимое для прохождения света от A к B , равно времени, требуемому для прохождения света из B к A ".

Для введенного условия синхронизации часов Эйнштейн налагает требование, что оно должно удовлетворять условиям коммутативности и дистрибутивности для всех точек пространства. Определенное таким образом время с помощью покоящихся часов в покоящейся системе Эйнштейн назвал временем покоящейся системы.

Обращаясь к исследованию длин и промежутков времени, Эйнштейн опирается на принцип относительности и принцип постоянства скорости света, которые в данном случае он формулирует следующим образом:

1. Законы, по которым изменяются состояния физических систем, не зависят от того, в какой из двух координатных систем, движущихся относительно друг друга равномерно и прямолинейно, эти изменения состояния относятся.
2. Каждый луч света, движется в покоящейся системе координат с определенной скоростью V , независимо от того, испускается ли этот луч покоящимся или движущимся телом.

Далее Эйнштейн рассматривает вопрос об определении длины стержня. Пусть в покоящейся системе координат он имеет длину l . Сообщим стержню равномерное поступательное движение вдоль оси X в сторону увеличения x со скоростью v , считая при этом, что стержень расположен вдоль оси X . Если теперь поставить вопрос о длине стержня для наблюдателя, движущегося вместе с ним, и покоящегося, относительно которого стержень движется, то при учете двух введенных постулатов видно, что длина стержня в первом случае равна l , а во втором - отлична от l .

При этом под длиной стержня Эйнштейн понимает разность координат его начала и конца в некоторый момент времени t . Он отмечает, что ранее эти два случая не различались и длина считалась равной одной и той же величине l .

Обращаясь к определению промежутков времени, Эйнштейн рассматривает эксперимент с часами, жестко закрепленными с концами стержня и движущимся вместе с ним со скоростью v вдоль оси X . Часы синхронизированы с часами покоящейся системы. Для наблюдателя, движущегося вместе со стержнем, эксперимент по установлению синхронности часов даст выражения

$$t_B - t_A = \frac{r_{AB}}{V - v},$$

$$t'_A - t'_B = \frac{r_{AB}}{V + v},$$

где r_{AB} - длина движущегося стержня, измеренная в покоящейся системе. Отсюда видно, что часы для наблюдателя, движущегося вместе со стержнем, идут не синхронно, а для покоящегося - синхронно.

Показав относительность понятий длин и промежутков времени, Эйнштейн обращается к получению формул для преобразований координат и времени, основываясь на введенных постулатах и свойствах пространства (однородность, изотропность и др.).

В результате полученные Эйнштейном формулы имеют следующий смысл: одно и то же тело в зависимости от движения имеет в зависимости от движения различные "истинные" размеры в зависимости от того, измеряем ли мы их в движущейся или в покоящейся системах координат. То же самое относится и к показаниям часов.

В теории же Лоренца тела сокращают свои размеры по сравнению с размерами относительно неподвижного эфира, а "местное время" является формальной величиной.

У Эйнштейна размеры тел и промежутки времени теряют абсолютный характер.

Далее в первой части работы ("Кинематическая часть") получена релятивистская формула сложения скоростей. Во второй части ("Электродинамическая часть") найдены преобразования для электромагнитного поля, выражение для релятивистской формулы Доплера. Здесь же показано, что масса тела зависит от скорости, а также найдено выражение для кинетической энергии и ряд других соотношений.

§ 10. Связь массы и энергии

В 1905 году выходит и другая статья Эйнштейна "Зависит ли инерция тела от содержащейся в нем энергии?" [100]. Здесь на

основе нестрогих соотношений делается заключение, что "масса тела есть мера содержащейся в нем энергии; если энергия изменяется на величину L , то масса меняется соответственно на величину $L/9 \cdot 10^{20}$, причем здесь энергия измеряется в эргах, масса - в граммах".

Если в первой работе Эйнштейн не ссылается на своих предшественников, то в 1907 году в работе "О принципе относительности и его следствиях" [101] есть ссылка на работу Лоренца 1904 года, работу Майкельсона и Морли 1887 года, Кауфмана 1906 года.

В 1905 году М.Планк сразу же поддержал идеи Эйнштейна. Развивая его теорию, он получает релятивистские уравнения движения, выражение для количества движения, для кинетической энергии, энтропии и т.д., а также нашел и вариационные принципы для релятивистского случая.

В 1909 году Льюис и Толмен на основе использования законов сохранения и принципа относительности получили основные выводы теории относительности [102].

§ 11. Доклад Минковского 1908 года

Г. Минковский подошел к построению теории относительности другим путем. Суть его заключается в следующем: все события происходят в четырехмерном пространстве-времени, метрика которого псевдоевклидова. В 1908 году Минковский писал: "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 превратиться в фикции и лишь некоторый вид соединения обоих должен сохранить самостоятельность".



**Герман Минковский
(1864-1909)**

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 Минковский пишет, что рассмотрение "постулата относительности" как требование инвариантности по отношению к некоей 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). Расстояние между двумя мировыми точками было названо интервалом, причем квадрат бесконечно малого интервала ds^2 имеет вид

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 .$$

Бесконечно малый интервал является инвариантом в четырехмерном мире. Выражение для интервала не следует из других более общих принципов.

В подходе Минковского аппарат теории относительности дан в наиболее развитой форме.

§ 12. Опыты Эйхенвальда

В 1901 - 1904 годах А.А.Эйхенвальд провел серию опытов, результаты которых подтверждали теорию Лоренца [103,104]. Одновременно они противоречили теории Герца.

Эйхенвальд повторил опыт Роуланда, который не давал



возможности
сделать выбор
между двумя
теориями.
Проведенный им
с большей
точностью опыт
Рентгена уже
позволял
говорить о
преимуществах
теории Лоренца.

**Александр Александрович Эйхенвальд
(1863-1944)**

и

**Петр Николаевич Лебедев
(1866-1912)**

Кроме того,
Эйхенвальд
поставил опыт по
измерению

магнитного поля при движении диэлектрика в неоднородном электрическом поле. Результаты последнего опыта уже совершенно определенно говорили в пользу теории Лоренца.

§13. Дискуссии вокруг понимания теории относительности

В результате работы целого ряда ученых к 1910 году была создана теория относительности, или специальная теория относительности - СТО. Эта теория затрагивала ряд общих физических понятий: во-первых, о пространстве и времени, во-вторых, изменяла отношение к старым понятиям, на которых базировалась электродинамика Максвелла (понятие эфира и т.д.), в-третьих, вводились новые представления.

В итоге это привело к тому, что вокруг теории относительности развернулась длительная дискуссия, а ряд ученых выступил против ее основ. Этому способствовало и то, что творцы теории относительности по-разному трактовали ее общезначимое и мировоззренческое содержание.

Несмотря на разную интерпретацию математического аппарата теории Лоренца и теории Эйнштейна был одинаков, а подход Минковского довольно долго считался лишь развитием математического аппарата в подходе Эйнштейна.

Вначале споры шли в основном между сторонниками подходов Эйнштейна и Лоренца. В 1911 году М.Лауэ, сторонник теории



**Макс Лауэ
(1879-1960)**

Эйнштейна, писал, что выбор той или иной теории не определяется экспериментальными фактами, а лишь основаниями философского порядка.

Противники СТО выдвигали примеры, которые, как им казалось, опровергали эту теорию. Со временем ошибочность этих попыток стала очевидной. Интерес представляет выдвинутый в то время парадокс близнецов (или часов).

Суть его сводится к следующему. Пусть имеются два идентичных



**Поль Ланжевен
(1872-1946)**

наблюдателя A и B , один из которых начинает удаляться от второго со скоростью v , а затем через некоторое время, изменив скорость на обратную, возвращается в исходное положение. Часы движущегося наблюдателя идут медленнее, поэтому возможен случай, когда вернувшийся из полета наблюдатель A обнаружит, что B стал дряхлым стариком.

Но, с другой стороны, как казалось бы, можно считать согласно принципу относительности движущимся наблюдателя B , а покоящимся - A . Тогда получим противоположный результат. Таким образом, получено противоречие.

Уже в 1911 году Ланжевен указал на ошибку в проведенных рассуждениях. Наблюдатель, изменяющий скорость на противоположную, находится в неинерциальной системе отсчета, а

другой - в инерциальной системе. То есть системы, связанные с каждым наблюдателем не равноправны, и принцип относительности в данном случае применять нельзя.

Следует отметить, что по мнению Ланжевена данный парадокс подтверждает абсолютный характер ускорения. Отсюда он делал вывод, что можно использовать представление об эфире.

Парадокс близнецов рассматривался и в дальнейшем, в 20-х годах (Эйнштейн, Пенлеве), 30-х (Д.И.Мандельштам), а также позже интерес к нему усилился в связи с запуском искусственных спутников и пилотируемых космических кораблей.

В 1908 году В.Ритц предложил свой вариант теории электромагнитных явлений в движущихся телах, основываясь на гипотезе постоянства скорости света

относительно его источника [105]. Теория была противоречивой. Более того, в 1913 году де Ситтер при наблюдении двойных звезд установил независимость скорости света от скорости источника.

В начале XX века Лоренц, Пуанкаре, Дж.Дж.Томсон, Рэлей, Леннард, Винер, Нернст, Абрагам придерживались концепции эфира.



**Вальтер Ритц
(1878-1909)**

Но подход Эйнштейна подвергался критике не только из-за отсутствия в нем представлений об эфире. Г.Рейхенбах [92, с.16; 106,



**Ганс Рейхенбах
(1891-1953)**

с. 61-62] отметил неоднозначность в условии синхронизации часов и выдвинул общее условие синхронизации в форме

$$t_B = t_A + \varepsilon(t'_A - t_A), 0 < \varepsilon < 1,$$

где t_A - время выхода луча света из точки A , t'_A - время возвращения его в точку A , t_B - время прихода в точку B . Условия синхронизации Эйнштейна следуют из этого

соотношения при $\varepsilon = 1/2$.

Свое соотношение Рейхенбах рассматривал как "принцип относительности одновременности". Он пишет: "Любой выбор величины ε в пределах между 0 и 1 обеспечивает допустимое определение одновременности. Значение $\varepsilon = 1/2$ имеет преимущество в некоторой системе координат и используется в преобразованиях Лоренца Однако данная величина ε не определяет какой-то "истинной" одновременности" [106, с. 62-63].

Соотношение Рейхенбаха для условия синхронизации часов можно интерпретировать как тот факт, что скорость света в прямом и обратном направлении не равны друг другу. В общем же случае ниоткуда не следует, что скорость света в одном направлении равна скорости света, в другом направлении.



**Анатолий Алексеевич
Логунов
(1926-2015)**

На основании этого А.А.Логунов считал глубоко ошибочным мнение о том, что понятие одновременности является центральным пунктом специальной теории относительности, так как оно основывается на синхронизации часов. Он подчеркивал, что "суть теории относительности ... в том, что все физические процессы протекают в пространстве-времени, геометрия которого псевдоевклидова".

Кроме того "специальный принцип относительности, по существу, представляет собой лишь тривиальное проявление псевдоевклидовой геометрии физического пространства-времени, не более".

Различные трактовки теории относительности накладывают на нее не только "философский отпечаток", но и влияют на развитие ее математического аппарата. Так трактовка Эйнштейна с ее дальнейшим обобщением фактически привела к тому, что в ее рамках не проводилось исследование систем, движущихся с ускорением.

Глава III

ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ

§ 14. Гипотеза Планка и ее развитие

Квантовая физика началась с гипотезы Планка о дискретности энергии (1900), хотя сам автор гипотезы пытался с ней бороться, вводя разные предположения о процессах излучения, поглощения, взаимодействия осцилляторов с атомами, молекулами и т.п.

В 1913 году Умов выдвигает полуклассическую гипотезу о пороге чувствительности у эфира, позволяющую объяснить формулу Планка. Вместе с тем участники еще первого Сольвеевского конгресса, состоявшегося в 1911 году, пришли к выводу, что нельзя дать классическую трактовку теории излучения Планка.

В 1903 году Дж.Дж.Томсон выдвигает гипотезу об игольчатом строении светового излучения, которое ему было необходимо для объяснения явления ионизации рентгеновскими лучами газов.

В 1905 году Эйнштейн в работе "Об одной эвристической точке зрения, касающейся возникновения и превращения света" указывает на противоположность в воззрениях физиков на

структуру материи и энергии света: если первую нельзя разбить на произвольное число частей, то вторую можно. Он считает, что непрерывность пространственной функции энергии приводит к противоречиям при объяснении процессов испускания и поглощения света.

На основе статистического анализа излучения и его аналогии с идеальным газом, а также используя формулу Вина, Эйнштейн получает, что тепловое излучение ведет себя таким образом, как будто оно состоит из независимых квантов энергии $h\nu$. На основе этого подхода он дает объяснение фотоэффекту, получив знаменитую формулу, называемую теперь формулой Эйнштейна для фотоэффекта:

$$\frac{mv^2}{2} = h\nu - P.$$

Здесь m - масса фотоэлектронов, v - их скорость, P - работа выхода, ν - частота падающего света.

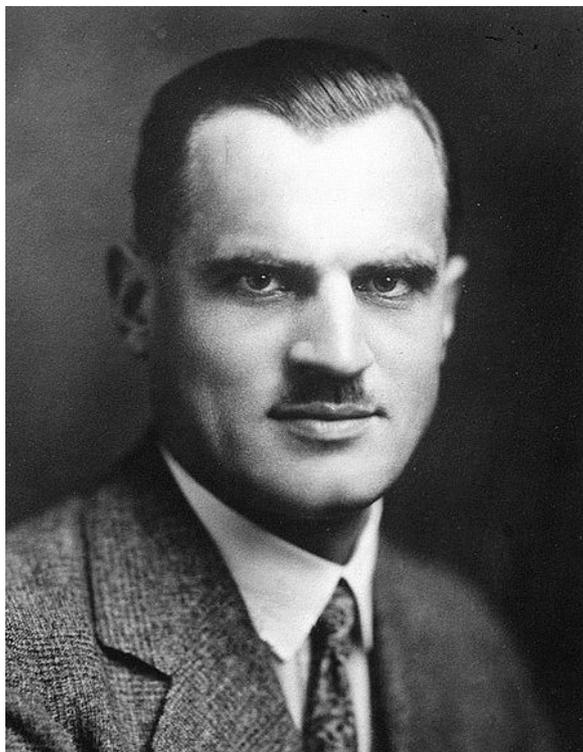
Вначале Эйнштейн считал, что его подход отличается от работы Планка, но уже в 1906 году он писал, что и работа Планка основана на гипотезе квантов. На первом этапе квант света воспринимался чисто гипотетически.

В 1907 году Эйнштейн использует гипотезу квантов для объяснения зависимости теплоемкости твердых тел от температуры. Для этого он полагает, что при взаимодействии осцилляторов друг с другом, а также взаимодействии их с излучением и с другими частицами, энергия меняется дискретно. В результате им было получено общее выражение для теплоемкости. Вводя предположение, что осцилляторы колеблются с одной и той же

частотой, он получает численные результаты, которые сравнивает с экспериментальными данными при низких температурах.

В 1912 году Борн и Карман разработали общий подход исследования теплоемкости твердого тела, который реально стал использоваться позже. В этом же году практически удобную интерполяционную формулу для теплоемкости получил Дебай, рассматривающий твердое тело как упругую среду. Для этой среды он также вводил ряд дополнительных ограничений.

В 1909 году Эйнштейн рассчитал величину среднего квадрата флуктуации давления, оказываемого на пластинку, находящуюся в полости, заполненной излучением абсолютно черного тела. При этом он использовал формулу Планка для спектральной плотности излучения.



**Артур Холли Комптон
(1892-1962)**

В результате исходная величина была представлена им в виде суммы двух слагаемых, первое из которых можно было интерпретировать как флуктуацию излучения, найденную исходя из волновой теории света. Второй член соответствовал результату, который мог быть получен в предположении хаотичности движения частиц. Отсюда Эйнштейн приходит к выводу, что свет одновременно обладает

волновыми и корпускулярными свойствами.

Новые результаты Эйнштейна не прибавили уверенности у физиков в правильности предлагаемого подхода, хотя все чаще стали встречаться представления о свете как совокупности квантов. Вместе с тем новая теория квантов света не сняла противоречий старой ньютоновской корпускулярной теории, касающихся



**Абрам Федорович Иоффе
(1880-1960)**

объяснения явлений интерференции и дифракции, а также преломления света.

В 1922 году Комптон обнаружил эффект, носящий его имя. Сам Комптон, а также Дебай создали теорию эффекта, основываясь на представлении о квантах света.

В 20-х годах А.Ф.Иоффе и Н.И.Добронравов наблюдали поведение висмутовой пылинки, взвешенной в

конденсаторе, которая подвергалась воздействию рентгеновского излучения. Результаты их опытов также говорили в пользу корпускулярной теории. Это явление подтверждало гипотезу Эйнштейна о квантовых свойствах света. Вместе с тем корпускулярно-волновой дуализм нельзя было понять с позиций классической механики.

Наряду с этим была известна дискретность в атомных спектрах. В 1885 году Бальмер устанавливает простую формулу для длин волн атома водорода в видимой части спектра, в качестве переменной в

которую входила одна целочисленная переменная. Позже Ридберг установил более сложное, но аналогичное соотношение для спектров других атомов.

В результате усилиями ряда ученых была найдена общая формула, справедливая для различных серий спектра водорода:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right),$$

где R - постоянная Ридберга, n и m - целые числа.

Ридберг и Ритц обобщали это выражение на случай

спектральных линий различных элементов и получили выражение

$$\frac{1}{\lambda} = T'(n) - T''(m)$$

- так называемый комбинационный принцип Ритца.



**Иоганнес Роберт Ридберг
(1854-1919)**

§ 15. Опыты Резерфорда и теория Бора

Линейчатость спектров описывалась в классической модели атома Томсона. Модель Томсона была устойчива с точки зрения

классической электродинамики. Этим она выгодно отличалась от появившейся планетарной модели.

Но в 1909 - 1910 годах в лаборатории Эрнеста Резерфорда были проведены экспериментальные исследования по рассеянию α -частиц на тонких металлических фольгах. α -частицы рассеивались на разные углы, причем 1/8000 их часть рассеивалась на углы, большие прямого.

Для объяснения этого факта Резерфорд из всех возможных моделей выбрал планетарную, несмотря на все известные для нее сложности. Расчеты, проведенные по этой модели, привели к выводу, что в атоме существует заряженное ядро, размеры которого имеют порядок 10^{-13} см, а вокруг ядра вращаются электроны, число которых Резерфорд считал равным порядковому номеру элементов в периодической системе Менделеева. Заряд ядра по модулю равен общему заряду электронов, чтобы обеспечить нейтральность атома.

Таким образом, планетарная модель атома стала экспериментально подтвержденным фактом [107-109]. Появляются работы, в которых предпринимаются попытки устранить недостатки планетарной модели атома.

В 1913 году Томсон для этого усложняет выражение для закона Кулона. Пробовали для этих целей использовать гипотезу об отрицательности кривизны пространства в областях атомных масштабов. Но не одно из этих направлений в дальнейшем не получило своего развития.

В 1913 году были опубликованы три знаменитые статьи Н.Бора (1885 - 1962) "О строении атомов и молекул", открывшие путь к квантовой механике [110].

Первая статья Бора начинается со сравнения моделей атомов Резерфорда и Томсона. Кроме того, статья содержала ряд новых революционных утверждений, поэтому вначале Резерфорд критически высказался по ее основному содержанию. Но в переработанном виде она вышла в свет.



**Нильс Бор
(1885-1962)**

Окончательное подтверждение теория Бора получила лишь после создания квантовой механики. Сам же автор статьи всю свою жизнь занимался разработкой методологических вопросов квантовой механики.

Свои знаменитые постулаты Бор полностью излагает в заключительных замечаниях к статьям. Их он формулирует следующим образом:

1. Испускание (или поглощение) энергии происходит не непрерывно, как это принимается в обычной электродинамике, а только при переходе системы из одного стационарного состояния в другое.
2. Динамическое равновесие системы в стационарных состояниях определяется обычными законами механики, тогда как для перехода системы между различными состояниями эти законы не действительны.
3. Испускаемое при переходе системы из одного стационарного состояния в другое излучение монохроматично, и соотношение

между его частотой ν и общим количеством излученной энергии E дается равенством $E = h\nu$, где h - постоянная Планка.

4. Различные стационарные состояния простой системы, состоящей из вращающегося вокруг положительного ядра электрона, определяются из условия, что соотношение между общей энергией, испущенной при образовании данной конфигурации и числом оборотов электрона является целым кратным $h/2\pi$. Предположение о том, что орбита электрона круговая, равнозначно требованию, что момент импульса вращающегося вокруг ядра электрона был бы целым кратным $h/2\pi$.

5. "Основное" состояние любой атомной системы, т. е. состояние, при котором излученная энергия максимальна, определяется из условия, чтобы момент импульса каждого электрона относительно центра его орбиты равнялся $h/2\pi$.

На основе своих постулатов Бор объяснил спектральные закономерности водорода, а также вычислил постоянную Ридберга. Значение постоянной оказалось близким к экспериментальному.

Непосредственным подтверждением теории Бора стали результаты опытов Франка и Герца, проведенные в 1914 году.

§ 16. Развитие теории Бора и ее трудности

В дальнейшем обобщение теории Бора шло в направлении усложнения модели атома и обобщения условий квантования для более сложных систем. Движение электрона и ядра стали рассматривать относительно их общего центра масс.

В результате работы Зоммерфельда, Вильсона, Шварцшильда и Эпштейна условия квантования приобрели вид:

$$\oint p_i dq_i = k_i h,$$



**Арнольд Зоммерфельд
(1868-1951)**

где p_i и q_i обобщенные импульсы и координаты соответственно, k_i - целые числа. Обобщенные правила квантования позволили получить новые результаты для атома водорода при учете релятивистских эффектов. Были описаны эффекты Зеемана и Штарка.

Вместе с тем появились и трудности в теории - объяснение так называемых правил отбора

и интенсивности спектральных линий. Для их устранения Бор выдвигает принцип соответствия, суть которого сводилась к следующему: при рассмотрении излучения, возникшего при переходе между состояниями n_1 и n_2 , причем $|n_1 - n_2|/n_1 \ll 1$, результаты квантовой и классической теорий должны совпадать.

Отсюда Бор определяет вероятности переходов между уровнями, а значит и интенсивность спектральных линий, то есть и правила отбора. Кроме того, Бор считал полученные выражения справедливыми и для малых квантовых чисел.

В дальнейшем Бор на полуэмпирической основе развил теорию строения электронных оболочек атомов.

В 1925 году Паули в результате анализа дуплетности спектров щелочных металлов высказал идею о "двухзначности" электрона. В том же году Крениг интерпретирует это предположение существованием у электрона собственного момента импульса, но не получил поддержки и не опубликовал результатов.

Уленбек и Гаудсмит независимо приходят к тому же заключению и публикуют в 1925 году свой результат. Несмотря на то, что конкретная интерпретация этого факта ими была сделана неверно (они считали, что электрон вращается вокруг своей оси),

представление о спине электрона вошло в физику.



**Вольфганг Паули
(1900-1958)**

В 1925 году Паули формулирует свой знаменитый принцип запрета для четырех квантовых чисел. В результате становится ясной схема построения электронных оболочек Бором.

Несмотря на очевидные успехи, теория имела и не менее очевидные недостатки. Во-первых, постулаты Бора требовали обоснования; во-вторых, в ней содержался ряд дополнительных принципов

(условия квантования, принцип соответствия, принцип Паули и т.д.), которые также нуждались в обосновании; в-третьих, при рассмотрении гелия и более сложных атомов в рамках теории Бора возникали серьезные сложности. Эти сложности удалось преодолеть лишь в рамках матричной и волновой механики.

§ 17. Матричный вариант квантовой механики

В первоначальном своем варианте матричная механика была создана Вернером Гейзенбергом (1901-1976) - немецким физиком-



**Вернер Гейзенберг
(1901-1976)**

теоретиком в 1925 году (Нобелевская премия за эти работы ему была присуждена в 1932 году).

Гейзенбергу принадлежит целый ряд выдающихся результатов в области физики: формулировка принципа неопределенности (1927), идея обменного взаимодействия (совместно с П.Дираком, 1928), разработка квантово-механической теории ферромагнетизма

(независимо от Я.И.Френкеля), введение общей схемы квантования

полей (совместно с В.Паули, 1929), создание протонно-нейтронной модели ядра (независимо от Д.Д.Иваненко, 1932), введение матрицы рассеяния (1943) [110-118].

При создании аппарата матричной механики на первом этапе Гейзенберг исходил из исследований спектральных закономерностей и из теории дисперсии.

В 1921 году Ланденбург на основе теории Бора и используя найденные Эйнштейном в 1917 году коэффициенты для спонтанного излучения получает дисперсионное соотношение, а в 1924 году Крамерс обобщает эту формулу с учетом спонтанных переходов в данное состояние и с более низких уровней энергии.

Если по классической теории дисперсии вещество состоит из осцилляторов, которые сопоставлялись с электронами, причем не со всеми, а лишь с "дисперсионными", то по теории Бора осцилляторы связаны с атомом.

Окончательная формула для дисперсии не опиралась на модельные представления. Поэтому уже в 1923 году Гейзенберг писал, что "модельные представления принципиально имеют только символический смысл, они являются классическими аналогами "дискретной" квантовой теории".

В 1925 году Гейзенберг реализовал свои идеи. Он установил соотношения для атомных явлений, используя лишь "наблюдаемые" величины, то есть те, которые непосредственно измеряются в



**Макс Борн
(1882-1970)**

экспериментальных исследованиях, - частотой излучения спектральных линий, их интенсивностью, поляризацией и т.п. Кроме того, на свои соотношения Гейзенберг налагал условие, что они должны быть в отношении аналогии с соотношениями для классических величин.

Таким образом, Гейзенберг

сопоставлял классическим величинам квантовые, а соотношениям для классических величин - соотношения для квантовых величин. Условием квантования Бора он поставил в соответствие так называемые перестановочные соотношения.

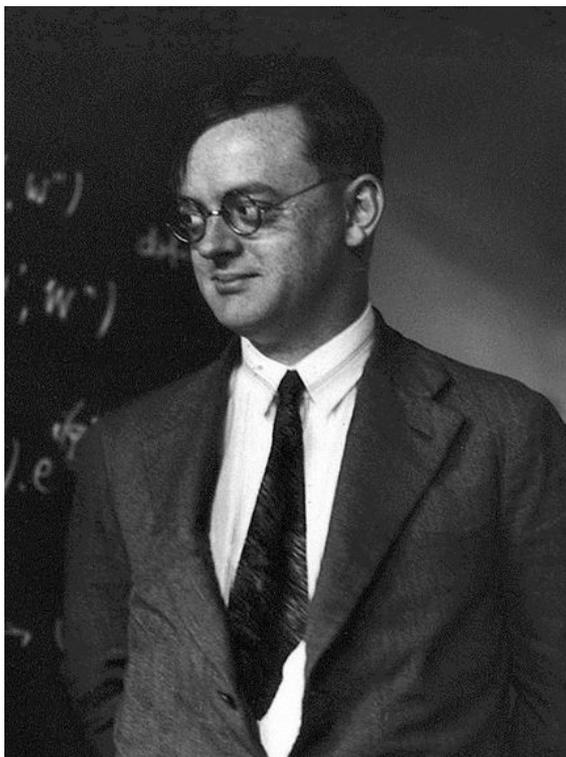
Гейзенберг сопоставляет Фурье-разложение для координаты, изменяющейся по периодическому закону,

$$x(t) = \sum_{\alpha=-\infty}^{+\infty} a_{\alpha} e^{i\omega_{\alpha} t}$$

и соотношение для гармонических осцилляторов (в теории Бора атом представляется как совокупность гармонических осцилляторов)

$$q_{nm} = a_{nm} e^{i\omega(n,m)t} .$$

В результате он ставит в соответствие величине $x(t)$ соотношение $q_{nm} = a_{nm} e^{i\omega(n,m)t}$. Здесь $\omega(n,m)$ - частота излучения атома при переходе



**Паскуаль Йордан
(1902-1980)**

с уровня n на уровень m , $|a_{nm}|$ определяет интенсивность излучения и связана с вероятностью такого перехода.

Аналогичным образом, рассматривая величину

$$x^2(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} b_k e^{i\omega_k t} ,$$

где

$$b_k = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n a_{k-n} ,$$

Гейзенберг предлагает сопоставить величине $x^2(t)$ выражение

$$q_{nm}^2 = b_{nm} e^{i\omega(n,m)t} ,$$

где

$$b_{nm} = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} a_{nk} a_{km} .$$

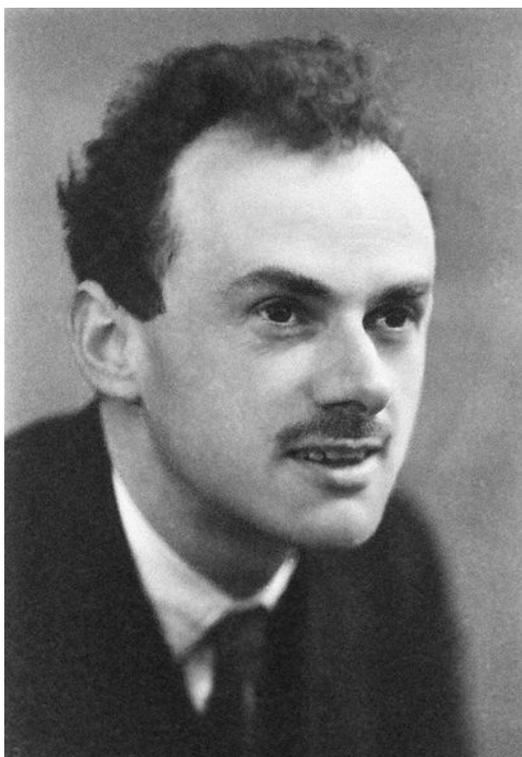
Таким же образом было найдено представление для $x^3(t)$, $x^4(t)$ и т.д., и для величин $\dot{x}(t)$, $\ddot{x}(t)$, ... :

$$\dot{x}(t) \rightarrow i\omega(n,m)a_{nm}e^{i\omega(n,m)t}$$

.....

Далее, исходя из гипотезы, что между квантовыми величинами существуют соотношения, аналогичные соотношениям для классических величин, которые можно привести к функциональным уравнениям вида $f(x, x^2, x^3, \dots, \dot{x}, \ddot{x}, \dots)$, Гейзенберг заменяет в последних уравнениях классические величины на квантовые и получает соотношения для квантовых величин.

Условия квантования Бора с использованием такого же подхода и ряда дополнительных соображений привели к перестановочным соотношениям для квантовых величин.



**Поль Дирак
(1902-1984)**

Полученную теорию Гейзенберг применил к задаче об ангармоническом осцилляторе.

В том же 1925 году Борн и Йордан показали, что введенные Гейзенбергом величины являются матрицами. В результате они модифицировали схему получения уравнений для матричной механики: обобщенным координатам и импульсам ставятся в соответствие матрицы, а затем строится матрица,

соответствующая гамильтониану системы. При этом используемые матрицы должны быть эрмитовыми. В качестве уравнений движения тогда будут выступать квантовые аналоги уравнений Гамильтона. При таком подходе перестановочные соотношения превращаются в перестановочные соотношения для матриц [119-121].

В дальнейшем Гейзенберг совместно с Борном и Йорданом развили математический аппарат матричной механики и решили ряд конкретных задач.

Дирак дал другую интерпретацию матричной механике Гейзенберга: классическим величинам ставятся в соответствие линейные дифференциальные операторы [122-123]. Уравнения движения записываются с использованием квантовых аналогов классических скобок Пуассона, а перестановочные соотношения принимают операторную форму.

§ 18. Волновое уравнение Шредингера

Другое направление, приведшее к созданию волновой механики, связано с именами Луи де Бройля и Эрвина Шредингера.

Луи де Бройль, исходя из наличия у света одновременно корпускулярных и волновых свойств, а также из оптико-механической аналогии, в работах 1923-1924 годов приходит к идее о существовании волновых свойств у частиц [124-129]. Он предложил связать с частицей некий периодический процесс

$\varphi = \sin 2\pi\nu_0 t_0$ с частотой $\nu_0 = E/h = m_0 c^2/h$. Здесь ν_0, t_0, m_0 - величины, относящиеся к той системе отсчета, где частица покоится.

Затем де Бройль рассматривает систему отсчета, в которой частица движется со скоростью v . Приведенные им расчеты показали, что в этом случае с частицей связана волна, распространяющаяся со скоростью $u = c^2/v$ и частотой $\nu = \nu_0 / \sqrt{1 - (v/c)^2}$.

Отсюда де Бройль получает длину волны

$$\lambda = \frac{u}{\nu} = \frac{h}{mv}.$$

Обобщить данный подход на случай частицы, движущейся в силовом поле, де Бройль считал возможным вследствие наличия оптико-механической аналогии.



**Луи де Бройль
(1892-1987)**

В подходе де Бройля можно было дать ясную физическую интерпретацию условия квантования по Бору: условие движения по круговой орбите является устойчивым, когда длина фазовой волны, связанной с частицей, укладывается целое число раз на орбите.

Луи де Бройль не уточнил природу введенных им волн, которые он назвал "фазовыми волнами", и скорость которых оказалась больше скорости света.

В начале его идеи были встречены большинством физиков с известной долей скептицизма, но вместе с тем и вызвали интерес. В 1925 году Эйнштейн использует результаты де Бройля для построения статистики, носящей в настоящее время название статистики Бозе-Эйнштейна.

Под влиянием идей де Бройля Эрвин Шредингер в 1926 году



**Эрвин Шредингер
(1887-1961)**

строит волновую механику [130]. Вначале он действует достаточно формально, пытаясь получить постулаты Бора и правила квантования из некоторых уравнений подобно тому, как получается целочисленность числа узлов колеблющейся струны. Исходя из уравнения Гамильтона-Якоби

$$H\left(q, \frac{\partial S}{\partial q}\right) = E$$

и вводя замену $S = \frac{h}{2\pi} \ln \psi$, а затем

рассматривая некоторую вариационную задачу, он получил релятивистское уравнение, называемое теперь уравнением Клейна-Гордона.

В то время представление о спине не было еще развито, и Шредингер не смог сопоставить решение этого уравнения с экспериментальными данными. В результате проведенных упрощений он получает волновое уравнение для атома водорода - уравнение Шредингера. Это уравнение для случая $E < 0$ давало уровни энергии, найденные ранее по теории Бора.

Если в первой своей работе Шредингер лишь говорит о том, что ψ - функция связана с неким колебательным процессом, то в следующей работе он раскрывает сущность своих рассуждений.

Шредингер исходил из оптико-механической аналогии Гамильтона, согласно которой функцию действия в зависимости от времени, являющуюся решением уравнения Гамильтона-Якоби для консервативной системы, можно представить как движение в пространстве одной и той же поверхности со скоростью, определяемой путем несложных вычислений

$$u = E / \sqrt{2m(E - U)}.$$

Это является аналогичным распространению фазовой поверхности световой волны. Правда, еще Гамильтон отмечал, что данная аналогия не является полной, так как в ней не используется уравнение распространения волны, а также такие величины как длина волны, частота колебаний и т.п. Об этом же в свое время сделал замечание и Дебай, цюрихский друг Шредингера.

Шредингер ставил задачу построения волновой механики по аналогии с волновой оптикой, причем аналогия должна быть того же типа (но более широкая) как и между механикой и геометрической оптикой. Так как закономерности геометрической оптики являются частным случаем волновой оптики, то с точки зрения Шредингера механика Ньютона должна быть частным случаем волновой механики.

Шредингер предложил описывать механические процессы некоторой волновой функцией ψ , удовлетворяющей волновому уравнению. Затем он делает замены в волновом уравнении, аналогичные преобразованиям де Бройля, а также переходит от зависящей от времени волновой функции к волновой функции,

зависящей лишь от координат, и получает стационарное волновое уравнение.

В третьей статье, написанной Шредингером в марте 1926 года, "О соотношении квантовой механики Гейзенберга, Борна, Йордана и моей" была показана полная математическая эквивалентность этих подходов. Независимо от Шредингера то же самое было показано и Паули. Связь между этими подходами Шредингер видел в понятии линейного дифференциального оператора.

Так как каждой величине, являющейся функцией q и p , можно поставить в соответствие эрмитовы операторы, то, как показал Шредингер, матрицы, соответствующие операторам энергии, импульса и т.п., образованные с помощью собственных функций волнового уравнения, есть матрицы Гейзенберга.

Установление эквивалентности подходов волновой и матричной механик помогло Шредингеру решить вопрос об интенсивности спектральных линий, не решенный до этого в рамках волновой механики.

Для получения волнового уравнения, зависящего от времени, Шредингер исключает из стационарного уравнения энергию, используя производную от волновой функции по времени. В дальнейшем он решает ряд конкретных задач, в том числе задачу о дисперсии, для чего была развита специальная теория возмущений.

§ 19. Интерпретации волновой функции

Сразу же после создания волновой механики начались попытки дать интерпретацию волновой функции ψ . Сам Шредингер и

физики так называемого "старшего" поколения (Эйнштейн, Планк, Вин и др.) видели в создании волновой механики возможность согласования квантовых "скачков" с идеями классической физики. Именно в этом духе была названа серия первых работ Шредингера - "Квантование как задача о собственных значениях".

В классическом духе дает Шредингер и первую интерпретацию волновой функции. Вначале он интерпретирует величину $e\psi\psi^*$, где e - заряд электрона, ψ^* - комплексно сопряженная волновая функция, как плотность электрического заряда.

Но этот подход оказался неприемлемым для многоэлектронных атомов. В дальнейшем Шредингер предпринимал попытки интерпретировать электрон с помощью пакета волн де Бройля, но расчеты показывали, что пакет достаточно быстро "расплывается", что противоречило экспериментальному факту стабильности электрона.

В дискуссиях 1926 - 1927 годов родилась вероятностная интерпретация волновой функции, автором которой стал Макс Борн. Это положение легло в основу копенгагенской интерпретации квантовой механики, которой придерживались Бор, Борн, Гейзенберг, Паули и др.

К своим идеям Борн пришел под влиянием представлений Эйнштейна о двойственной природе света, согласно которым физической реальностью являются фотоны, а электромагнитное поле является фиктивным, "призрачным" или "управляющим" полем. В результате Борн пришел к выводу, что $\psi\psi^*$ есть плотность вероятности пребывания частицы в данной точке пространства, если ψ - волновая функция этой частицы. В качестве подтверждения

своей интерпретации Борн провел анализ процесса рассеяния частиц силовым центром.

Интерпретация Борна получила всеобщее признание, хотя спор о природе статистичности в квантовой механике продолжается до настоящего времени.

В 1927 году гипотеза де Бройля нашла свое прямое подтверждение в обнаруженном К.Дэвиссоном и П.Джермером, а также независимо от них Дж.П. Томсоном, явлении дифракции электронов.

§ 20. Развитие квантовой механики

В дальнейшем математический аппарат квантовой механики совершенствовался, и в 1928 году Дирак заложил основы релятивистской квантовой механики.

На основе квантовой механики начала развиваться новая область физики - квантовая электродинамика.

Получила свое развитие и квантовая физика твердого тела и других сред.

Поскольку классическая механика лежала в основе всей классической физики, то и квантовая механика заняла то же место в новой науке - квантовой физике.

§ 21. Интерпретации квантовой механики

Что касается общих мировоззренческих подходов к интерпретации квантовой механики, то в основном они свелись к двум. Одно из них

свелось к попыткам считать реальными объектами и частицы и связанные с ними волны, то есть решить таким образом проблему корпускулярно-волнового дуализма.

Наибольший вклад в развитие данного направления внес де Бройль. Он предложил теорию двойного решения, теорию "волны - пилота", подвергшиеся, правда, критике. В 50-х годах де Бройль их возродил и модифицировал, но всеобщего признания и в то время они также не получили.

Другое направление, так называемая "копенгагенская школа", было сформировано в работах Гейзенберга и Бора.

На первом этапе Гейзенберг рассматривал свою теорию как формальный аппарат. Но после работ Шредингера он выступает со статьей "О наглядном содержании квантовой кинематики и механики". В этой работе он поступает подобно Эйнштейну при построении специальной теории относительности - предлагает проанализировать операцию измерения.

Гейзенберг писал, что если мы говорим о координате, то необходимо указать эксперимент, с помощью которого координату можно найти. То же самое относится и к импульсу. В результате он получает соотношение неопределенностей:

$$\Delta q_i \Delta p_i \sim h,$$

где Δq_i и Δp_i - точность определения i -ой координаты и импульса соответственно.

Этот принцип, проверенный Гейзенбергом и Бором на множестве мысленных экспериментов, лег в основу копенгагенской интерпретации квантовой механики.

Общая же формулировка копенгагенской интерпретации квантовой механики была дана Бором, положившим в ее основу

принцип дополнительности. Его отправной точкой стал корпускулярно-волновой дуализм.

Согласно Бору строгое детерминистическое описание микрообъектов исключается. Кроме того, он говорит о невозможности приписать реальность в обычном смысле слова ни объектам, ни средствам наблюдения. Корпускулярно-волновой дуализм, по Бору, появляется из-за необходимости описать микрообъект, не являющийся и не частицей и не волной в классическом смысле.

На пятом Сольвеевском конгрессе в 1927 году, где со своей концепцией выступил Бор, его поддержали Гейзенберг, Дирак, Паули. Против выступили Лоренц, Эйнштейн и Шредингер.

Эйнштейн говорил о неполноте квантовой механики в том смысле, что при движении микрообъектов они по неизвестным пока причинам отклоняются от прямолинейного направления движения, то есть в квантовой механике не учитываются все параметры, определяющие движение. Он хотел с помощью мысленных экспериментов найти внутреннюю противоречивость квантовой механики.

Но все его попытки окончились неудачей. Несмотря на это Эйнштейн настаивал на возможности построения непротиворечивого образа микрообъекта, используя представление о скрытых параметрах.

Квантовая механика затронула целый ряд мировоззренческих вопросов: о причинности, о реальности микрообъекта, роли субъективного фактора и т.п. Вокруг этих вопросов возникла полемика. Ряд ученых воспринял основные положения квантовой механики как подтверждение их философских взглядов, согласно

которым микрообъекты не являются объективно данными нам материальными сущностями.

Иордан приходит к мнению о невозможности отделения субъекта и объекта и в этом видел подтверждение позитивистской философии.

Гейзенберг считал, что квантовая механика возродила идеи Пифагора и Платона. Широко известным стало его утверждение об электроны как некоем каркасе формул.

§ 22. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена

Проблема интерпретации квантовой механики приобрела новые черты в связи с дискуссией между Эйнштейном и Бором, особенно после статьи Эйнштейна, Подольского и Розена "Можно ли считать квантовомеханическое описание реальности полным?", вышедшей в 1935 году в журнале "Physical Review" и где впервые был сформулирован так называемый парадокс ЭПР (парадокс Эйнштейна, Подольского, Розена).

Свои идеи авторы излагают на следующем примере. В результате взаимодействия происходит рассеяние двух частиц и они разлетаются на большое расстояние. Пусть система этих частиц описывается функцией $\psi(x_1, x_2)$, где x_1 - совокупность величин, характеризующих первую частицу, - x_2 - вторую.

Рассмотрим два оператора - A и B , относящиеся к первой частице после прекращения взаимодействия. Пусть мы нашли собственные функции оператора A - $u_1(x_1), u_2(x_1), \dots$, а также его собственные значения a_1, a_2, \dots . Соответственно для оператора B - $v_1(x_1), v_2(x_1), \dots$ и b_1, b_2, \dots .

Для функции $\psi(x_1, x_2)$ возможны два представления

$$\psi(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^{\infty} \varphi_i(x_2) u_i(x_1)$$

$$\psi(x_1, x_2) = \sum_{j=1}^{\infty} \chi_j(x_2) v_j(x_1)$$

Если теперь измерять величину, соответствующую оператору A то получим

$$\psi(x_1, x_2) = \varphi_k(x_2) u_k(x_1),$$

а если измерять величину, соответствующую оператору B , то

$$\psi(x_1, x_2) = \varphi_s(x_2) v_s(x_1).$$

Таким образом, хотя частицы и не взаимодействуют, находясь на бесконечности, по измерениям, проводимым над одной частицей, определяется вид волновой функции второй частицы.

При этом операторы A и B могут и не коммутировать, и, таким образом, мы можем, не воздействуя на частицу, определить одну из величин, соответствующую одному из двух некокоммутирующих операторов.

При этом под физической реальностью авторы статьи понимали объективную реальность. Эйнштейн, Подольский и Розен требовали от полной теории, чтобы "каждый элемент физической реальности должен иметь отражение в физической теории". Для этого, как считали авторы, необходимо иметь возможность без возмущения системы предсказать с достоверностью значение некоторой физической величины. В этом случае существует элемент физической реальности, соответствующей этой величине.

Ссылаясь на приведенный пример, авторы полагали, что q и p можно считать элементами физической реальности, а в то же время квантовая механика не дает нам одновременно точной информации

об этих величинах для одной частицы. В этом они видели противоречие и неполноту квантовой механики.

Бор в том же году ответил авторам статьи публикацией с таким же названием и в том же журнале. Он показал, что противоречий в рамках квантовой механики нет.



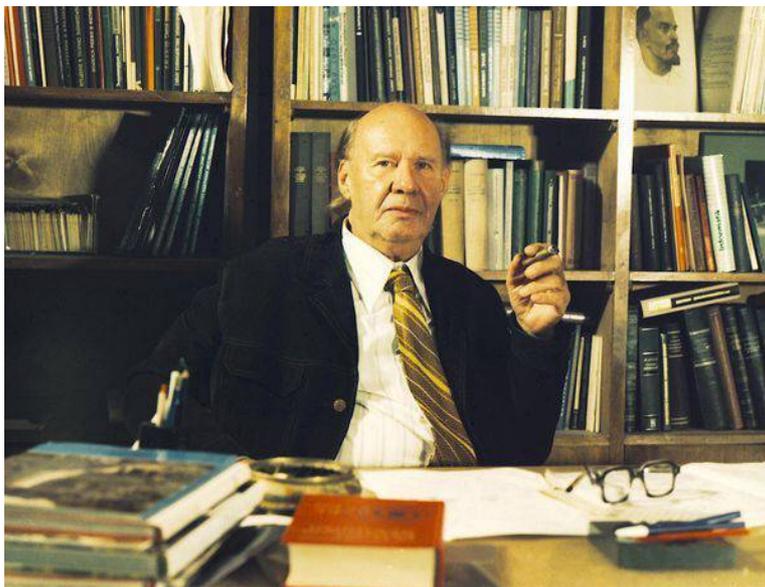
**Владимир Александрович
Фок
(1898-1974)**

Оно возникает лишь в том случае, если придерживаться представления о реальности физического объекта, предлагаемого авторами статьи. Сам же Бор под физической реальностью понимал не сами материальные объекты, а максимально полные сведения (в смысле квантовой механики) о них.

Об этом же позже писал и Фок во ввводной статье к переводу статьи Эйнштейна, Подольского, Розена и статьи Бора на русский язык, вышедшим в журнале "Успехи физических наук" в 1936 году. Он отмечал, что в квантовой механике понятие "состояние" сливается с понятием "сведение о состоянии" [136-141].

В более поздней статье "Физика и реальность" Эйнштейн указывал, что квантовая механика есть метод описания поведения не отдельных объектов, а усредненного поведения большого числа атомных систем. При такой интерпретации парадокса нет, но описание с его точки зрения не является полным. В будущем по мнению Эйнштейна после создания полной теории ее соотношение с

квантовой механикой будет таким же, как соотносятся механика и статистическая механика.



**Блохинцев Дмитрий Иванович
(1908-1979)**

Первоначально К.В.Никольским [142-144], а затем Д.И.Блохинцевым [145-147] была предложена интерпретация, основанная на понятии квантовых ансамблей. В этом случае волновая функция, зависящая даже от одной

переменной x_1 , является характеристикой большого коллектива невзаимодействующих частиц ($N \gg 1$) и которую можно использовать для воспроизведения большого числа тождественных опытов.

В отличие от классического ансамбля квантовый ансамбль в общем случае нельзя разложить на подансамбли без дисперсии величин, характеризующих частицы. Действие прибора сводится к разложению квантового ансамбля на подансамбли с дисперсией в соответствии с соотношением неопределенностей.

В 1977-1978 годах Д.И.Блохинцев прочитал курс лекций по избранным вопросам квантовой механики на физическом факультете МГУ. В предисловии к этому курсу он писал:

"В этих лекциях квантовая механика рассматривается как теория квантовых статистических ансамблей, как прямое *обобщение* классической статистической механики. Такой подход к основам

квантовой механики имеет преимущество перед традиционным ее изложением на основе волновой функции, так как позволяет включить как главу квантовой механики теорию квантовых измерений.

Первостепенную роль в этом подходе приобретает статистический оператор, описывающий состояние микросистемы в квантовом ансамбле общего типа. Волновая функция описывает специальный тип квантового ансамбля - когерентный ансамбль. В таком изложении отпадают парадоксы, связанные со скачкообразным изменением волновой функции в результате измерения («стягивание волнового пакета» и парадоксы об изменении состояния микросистемы без прямого воздействия на нее измерительного аппарата, обсуждавшиеся Эйнштейном, Розеном и Подольским).

Для понимания всей ситуации в квантовой теории измерений решающим оказывается влияние микросистемы на состояние измерительного прибора, который должен быть макроскопически нестабильной системой.

Предпринятое в этих лекциях изложение квантовой механики существенно базируется на идеях фон Неймана, которые в свое время привлекли интерес московской школы теоретиков. Эту школу в 30-х годах возглавлял акад. Л. И. Мандельштам. Существенный вклад в наше понимание квантовой механики был внесен проф. К. В. Никольским.

Я надеюсь, что в этих лекциях мне удалось заполнить все пробелы в этом «московском» понимании квантовой механики, дополнив ее теорией измерений" [147].



**Джон Стюарт Белл
(1928-1990)**

Другой подход принадлежит Фоку, который близок к первоначальной интерпретации Бора, но в котором он отказывается от рассмотрения волновой функции как "сведения о состоянии". Фок считал, что волновая функция определяет потенциальную возможность тех или иных проявлений микрообъекта при измерении.

Для объяснения парадокса ЭПР он вводит представление о наличии наряду с силовыми и несиловых взаимодействий, которые действуют вне зависимости от расстояния между частицами. Несколько позже Фок говорил о "логической связи" между частицами.

В 1964 году Белл предложил свой подход к разрешению парадокса ЭПР [148], который свелся к проблеме исследования наличия скрытых параметров и характера этих параметров [149]. В результате в употребление вошли такие понятия как "неравенство Белла", "теорема Белла" и ряд других. Для исследований были предложены реальные эксперименты.

Но, как отмечал Белл [150], на интерпретацию результатов экспериментов, влияет и позиция автора, определяемая зачастую господствующими взглядами, а также целым рядом внешних факторов.

Были проведены серии экспериментов для проверки неравенства Белла. При этом полученные результаты интерпретируются разными авторами по-разному. Сам Белл "ввел понятие "объективной локальной теории", в которой свойства системы ... существуют объективно независимо от измерения, а также имеют место некоторые другие положения, характерные для классической теории." [151, с. 633]. С нашей точки зрения неоднозначность толкования связана с тем, что в понятие "объективность" разные авторы вкладывают разный смысл.

Вместе с тем, исследование квантовых корреляций или запутанных (entangled) состояний, которые иногда называют ЭПР - состояниями, удалось использовать для новых приложений квантовой механики, в первую очередь - квантовой информации. Здесь имеется в виде квантовая телепортация, квантовая криптография, квантовый компьютер [151]. Следует отметить, что квантовые корреляции являются естественной частью когерентного квантового ансамбля Блохинцева.

В работе [152] М.Б.Менский рассматривает связи между "тремя великими проблемами" (по терминологии В.Л.Гинзбурга): интерпретацией квантовой механики, проблемами стрелы времени и редукционизма (сведения феномена жизни к физике). Автор считает, что от того, как решается первая проблема, зависит и решение двух оставшихся. Сам он предложил [151] и придерживается расширенной концепции Эверетта, которая является развитием концепции Эверетта ("многомировой") [152-154].

Проблемы, связанные с парадоксом ЭПР и его многочисленными следствиями, интенсивно обсуждаются вплоть до настоящего времени. Этот парадокс связан напрямую с интерпретацией

квантовой механики, а, значит, и с квантовыми измерениями, получившими широкое распространение в последние годы.

Глава IV

ТЯГОТЕНИЕ

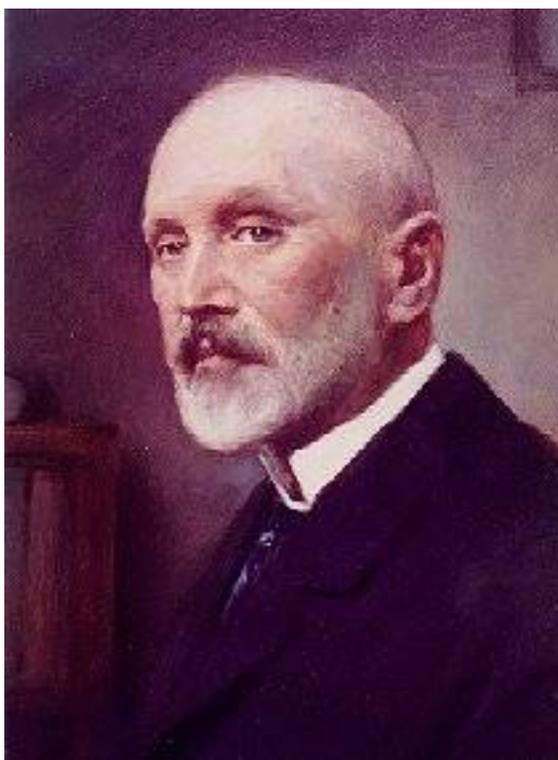
§ 23. Принцип эквивалентности

Создание теории относительности поставило на повестку дня вопрос о включении в систему новых понятий и представлений гравитации, которая до этого основывалась на ньютоновской теории тяготения.

В период с 1908 по 1916 годы Эйнштейн работает над созданием теории, получившей впоследствии общей теории относительности. Для этого он распространил принцип относительности на случай неинерциальных систем, исходя при этом из ряда предпосылок, включая принцип эквивалентности.

Уже давно был известен факт равенства масс инертной и гравитационной, восходящий к работам Галилея, Ньютона, Этвеша [155-172].

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).



**Лоранд Этвеш
(1848-1919)**

В 1888 году Этвеш сконструировал крутильные весы, которые позволили ему провести серию экспериментов по проверке равенства масс инертной и гравитационной. В результате было установлено равенство с точностью до $5 \cdot 10^{-9}$.

Правда, с открытием в начале XX века зависимости инертной массы от скорости встал вопрос о справедливости этого утверждения.

Дж.Дж.Томсоном в 1907 и Соуренсом в 1910 году были поставлены опыты по сравнению периодов колебаний маятников, изготовленных из радиоактивных и не радиоактивных веществ. Результаты говорили о том, что у тех и других веществ отношение веса к массе одно и то же.

В 1907 году Планк выдвинул гипотезу о равенстве инертной и гравитационной масс и их единой природе (принцип эквивалентности), а также о том, что энергия наряду с инерцией должна обладать и тяжестью.

В том же году Эйнштейн приходит к такой же точке зрения. Кроме того, он выдвигает гипотезу о том, что принцип относительности должен быть справедлив и для систем, движущихся с ускорением.

В 1911 году Эйнштейн, сравнивая две системы, одна из которых движется с ускорением, а другая находится в гравитационном поле, приходит к заключению, что они эквивалентны с точки зрения

механики (лифт Эйнштейна). В дальнейшем он распространяет этот принцип на все физические процессы.

Этот расширенный принцип эквивалентности в дальнейшем лег в основу первоначального варианта общей теории относительности (ОТО).

Из него для однородного поля тяготения следовал ряд выводов, на которые обратил внимание Эйнштейн:

"красное смещение" - изменение частоты света при прохождении гравитационного поля (термин "красное смещение" возник при рассмотрении лучей света, идущих от Солнца к Земле);

отклонение луча света под действием гравитационного поля.

Из факта изменения частоты света при прохождении гравитационного поля следовал вывод о зависимости показаний часов от величины поля (чем больше величина поля, тем медленнее идут часы), а также зависимость скорости света от величины поля и от угла между направлением распространения света и направлением действия сил тяготения.

§ 24. Создание общей теории относительности

Окончание работ Эйнштейна по ОТО относится к 1916 году. В ее основу он положил локальный принцип эквивалентности: "Для бесконечно малых четырехмерных областей при подходящем выборе системы координат справедлива теория относительности в более узком смысле слова" (то есть СТО).

В общем же случае при произвольном выборе системы координат величина интервала, являющаяся инвариантом, имеет вид:

$$ds^2 = \sum_{i,j=1}^4 g_{ij} dx_i dx_j,$$

где g_{ij} - компоненты фундаментального тензора G .

Согласно принципу эквивалентности существует такая система отсчета K_0 , где

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 - dx_4^2, (x_4 = ct)$$

и относительно нее свет в бесконечно малой области распространяется с постоянной скоростью c .

В другой системе отсчета K , отличной от K_0 , распространение света не является, вообще говоря, прямолинейным и равномерным. Этот факт интерпретировался как действие сил тяготения.

Кривизна используемого пространства определяется полем тяготения. Движение точки в поле тяготения сводится к "свободному" движению в данном четырехмерном пространстве по геодезическим. При этом подходе задача сводится к определению компонент фундаментального тензора по известному распределению тяготеющих масс.

Эйнштейну удалось найти уравнение для определения g_{ij} . На основе его решения он рассчитал три эффекта - "красного смещения", искривление светового луча (эти эффекты обсуждались выше), особенности в движении перигелия Меркурия. Последний эффект не поддавался описанию в рамках теории Ньютона.

§ 25. Экспериментальная проверка постулатов и следствий ОТО



**Роберт Генри Дикке
(1916-1997)**

Общая теория относительности вызвала широкий интерес. Предпринимались и предпринимаются многочисленные попытки экспериментальной проверки постулатов, лежащих в ее основе.

В 1964 году Дикке доказал принцип эквивалентности с

точностью до 10^{-11} [173]. В его работах появляется и термин "релятивистская теория гравитации" (см. § 27) [174].

В 1971 Брагинский доводит точность до 10^{-12} [175,176]. Потребовалось более четверти века, чтобы эта точность стала равной 10^{-13} (2008) [177].

Еще в 1911 году Эйнштейн высказал идею о возможности проверки теории на основе сравнения положения звезд на небе при их наблюдении ночью и во время солнечного затмения. Немецкие астрономы пытались поставить соответствующий эксперимент в 1914 году, но этому помешала война.

В 1919 году были направлены две английские экспедиции, одна в Бразилию, а другая - в район вблизи Африки для проведения

соответствующих наблюдений. Повторные наблюдения были проведены и в 1922 году. Хотя точность измерений была и не высока, смещение обнаружили. Его наличие воспринималось как подтверждение теории Эйнштейна.

Дальнейшие измерения позволили довести точность до 20%.

Наблюдение данного эффекта для внеземных радиоисточников



позволило довести точность подтверждения теории и эксперимента до 6% [178].

Эффект "красного смещения" был проверен в 1923-1926 годах Сент-Джонсом по

**Владимир Борисович Брагинский
(1931-2016)**

наблюдению спектра Солнца и в 1925 году

Адамсом по наблюдению спектра спутника Сириуса. С 1959 года для исследований в этой области стали использовать эффект Мёссбауэра, и точность была доведена до 1%. Эксперименты на самолетах и ракетах позволили получить точность 0.04%.

Общая теория относительности дает большее время распространения света при прохождении его в поле тяготения. Этот эффект был измерен с помощью радиолокации Меркурия и Венеры во время их прохождения за диском Солнца. Для этого используются также сигналы, ретранслируемые космическими аппаратами. Результаты измерений говорят о хорошем согласии с расчетами по общей теории относительности.

Следующий эффект - особенности в движении перигелия Меркурия. К моменту проведения расчетов Эйнштейном полагали, что теория Ньютона не может объяснить его поворот в $42.56'' \pm 0.5''$ за сто лет. Расчеты, проведенные Эйнштейном для этой величины, дали $43'' \pm 0.03''$. Но в дальнейшем при уточнении классических результатов остающаяся необъяснимая с их точки зрения величина уже составляла $29-38''$. В результате о совпадении теории и эксперимента говорить стало достаточно сложно.

Для объяснения особенностей поведения перигелия Меркурия было введено достаточно много различных теорий и подходов. Но в конце концов остановились на точке зрения, что эти особенности наиболее естественно объясняются общей теорией относительности [178].

Из общей теории относительности Эйнштейна следует наличие гравитационных волн. Для их поисков предлагалось большое количество подходов, но все они в течении длительного времени не давали положительных результатов. Это отчасти и являлось стимулом для поисков альтернативных теорий тяготения.

Во второй половине XX века были обнаружены вначале косвенные подтверждения наличия гравитационных волн, а в 2015 году было проведено первое прямое их детектирование. Это явилось весомым подтверждением справедливости общей теории относительности.

Но в самом конце XX века было открыто ускоренное расширение Вселенной посредством наблюдения дальних сверхновых [179-180] (Нобелевская премия по физике за 2011 год). Это поставило новые проблемы перед теорией тяготения. Возникла необходимость

модификации старых подходов и их дальнейшего развития [181-183].

§ 26. Развитие теории Эйнштейна

Первые сведения об экспериментальном подтверждении теории Эйнштейна усилили к ней интерес. Причем интересовались ей не только физики, но и ученые других специальностей, а также и люди, весьма далекие от науки.



**Александр Александрович
Фридман
(1888-1925)**

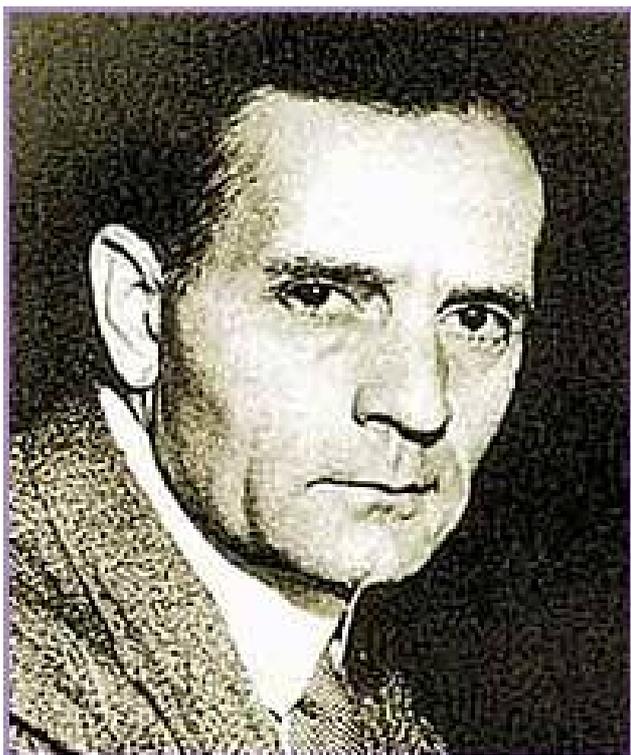
Кроме сторонников у этой теории было и немало противников. Справедливости ради следует отметить, что те эффекты, которые объяснила ОТО, имели объяснение и в рамках некоторых других теорий. С другой стороны, согласие ОТО с экспериментом объясняли и не достаточной точностью эксперимента.

С течением времени появлялось все больше сторонников ОТО, которые развивали эту теорию.

В 1917 году Эйнштейн предложил добавить в правую часть уравнений

поля так называемый космологический член, содержащий некоторую постоянную Λ , получившую название космологической постоянной.

Это позволило получить стационарное решение для Вселенной.



**Эдвин Хаббл
(1889-1953)**

В начале 20-х годов XX века Фридман проанализировал уравнение Эйнштейна, получил как частный случай его стационарное решение, а также нестационарное решение для уравнения Эйнштейна без Λ -члена.

Первоначальная реакция Эйнштейна на работу Фридмана была отрицательной,

но затем она изменилась. Уже в 1923 году он писал: "В

предыдущей заметке я подверг критике названную выше работу. Однако моя критика, как я убедился из письма Фридмана, сообщенного мне г-ном Крутковым, основывалась на ошибке в вычислениях. Я считаю результаты г. Фридмана правильными и проливающими новый свет. Оказывается, что уравнения поля допускают наряду со статическими также и динамические (т. е. переменные относительно времени) центрально-симметричные решения для структуры пространства" [184, с. 398].

В 1929 году Хаббл открывает закон красного смещения для галактик. Рассматривая красное смещение как результат эффекта Доплера [185, с. 471], можно определить лучевые скорости v галактик, с которыми они удаляются от наблюдателя:

$$v = Hr,$$

где r - расстояния до галактики, H - постоянная Хаббла.

Полученное соотношение называется законом Хаббла. Он следует из решения для уравнения общей теории относительности в отсутствие космологического члена. В дальнейшем данный результат стали считать подтверждением для модели расширяющейся вселенной, впервые полученной Фридманом.

Открытое в самом конце XX века ускоренное расширение Вселенной посредством наблюдения дальних сверхновых [179-180] привело к тому, что возник вопрос о возможности применимости стандартной модели общей теории относительности.

Выходы из сложившейся ситуации разные исследователи предлагают разные. В обиход вошли такие понятия как темная энергия и темная материя, причем структура и свойства последних неизвестны.

Новые проблемы перед теорией тяготения предлагается решать либо модификацией общей теории относительности (например, вернуть космологический член, придав ему некоторую интерпретацию, отличную от интерпретации Эйнштейна), либо на основе радикальных ее изменений. Общей точки зрения по данному вопросу нет.

Общая теория относительности - не квантовая теория. Предпринимались и предпринимаются многочисленные попытки построения квантового варианта общей теории относительности. Последовательная теория такого типа пока не создана.

Вместе с тем предложено большое количество решенных задач в рамках данной тематики. Среди них широкую известность получило предсказанное в 1975 году С.У.Хокингом процесс "испарения" черных дыр (излучение Хокинга) на основе применения

термодинамики к описанию черных дыр. Он многое сделал для популяризации исследований в данной области [186-187].

§ 27. Релятивистская теория гравитации

По своей сути общая теория относительности Эйнштейна является классической релятивистской теорией тяготения. Термин "релятивистская теория гравитации" обычно используют, когда рассматривают релятивистскую теорию тяготения, отличную от



**Юрий Михайлович
Лоскутов
(1933-2012)**

теории Эйнштейна, либо являющуюся ее значительной модификацией (см. [174]).

Несмотря на то, что общая теория относительности в настоящее время является общепринятой, известны и трудности этой теории, которые в наиболее общем виде были сформулированы в работах А.А. Логунова и его сотрудников. Так Логунов писал, что "силы инерции и

гравитации являются совершенно разными по своей природе, поскольку тензор кривизны для первых тождественно равен нулю, а для вторых отличен от нуля. Следовательно, влияние первых на все физические процессы можно полностью устранить во всем пространстве (глобально) переходом к инерциальной системе координат, в то время как влияние вторых

может быть устранено лишь в локальных областях пространства и не для всех физических процессов, а лишь для простейших, в уравнения которых не входит кривизна пространства-времени".

Далее, начиная с работ Пуанкаре рассматривается вопрос о связи геометрии и физики. Обычно считается, что поскольку следствия теории проверяются на эксперименте, а теория строится при использовании как физических, так и геометрических понятий, то выбор геометрии достаточно произволен. Он может быть ограничен, например, лишь принципом простоты. С точки зрения А.А.Логунова выбор геометрии есть следствие эксперимента, поэтому произвола здесь нет.

Основные положения теории Логунова и сотрудников неоднократно обсуждались на методологическом семинаре физического факультета МГУ. 22 марта 2011 года с докладом "Нереализуемость "черных дыр". Темные звезды" на семинаре выступил Ю.М. Лоскутов. Основные положения его доклада изложены в работе [188]. Суть предложенного подхода заключается в следующем:

"Показано, что признание гравитационного поля материальной субстанцией, обладающей всеми атрибутами любой другой материи (плотностью энергии, давлением, 4-скоростями ее элементов, взаимодействием элементов друг с другом и с иными материальными объектами, и т.д.) ведет к модификации физических представлений о динамике тел и римановом пространстве, о внутреннем строении звезд, об эволюции Вселенной, и о прочем. Вместо «черных дыр», появляющихся в геометризованном подходе к теории гравитации, возникают объекты с доступной для изучения специфической внутренней структурой (обеспечивающей, например,

наблюдаемое смягчение границ спектров излучения вещества, падающего на сверхмассивные образования). Находит объяснение проблема «темной массы». В рамках общепринятых представлений о материи (без введения в теорию каких-либо свободных параметров) удастся реализовать сценарий непрерывно пульсирующей Вселенной между состояниями с максимальной и минимальной плотностями вещества в ней, хорошо согласующийся с данными последних наблюдений."

Ю.М. Лоскутов сравнил различные подходы и построению релятивистской теории гравитации [189-228]. В заключение предложено следующее решение проблемы:

"Признание гравитационного поля материальной субстанцией (наподобие материи электростатического поля) привело к качественным изменениям в выводах теории гравитации. В ней оказались запрещенными решения, отвечающие "черным дырам". Вместо них возникли новые объекты со специфической внутренней структурой (в случае больших масс - с большим гравитационным дефектом массы). С их помощью можно объяснить все те явления, которые трактовались ранее не иначе, как результат проявлений "черных дыр" (в том числе и эффекты смягчения спектров излучения вещества, аккрецирующего на массивные тела). Они могут давать основной вклад в темную массу Вселенной и т.д.

Полевая интерпретация уравнений Гильберта-Эйнштейна позволила по иному подойти к описанию эволюции Вселенной. Удалось создать сценарий непрерывно пульсирующей (на всем интервале времени $-\infty \leq \tau \leq \infty$) Вселенной. Эволюционный процесс оказался процессом непрерывной смены режимов спада и роста плотности вещества во Вселенной (и, соответственно, то охлаждения,

то разогрева Вселенной) между её максимальными и минимальными значениями; при этом идет одновременно рост или спад плотности энергии гравитационного поля Вселенной (совместная плотность энергии вещества и поля всегда останется равной нулю). Теоретические результаты хорошо согласуются с множеством данных последних наблюдений (и, в частности, с оценкой "возраста" Вселенной и с оценкой космологического красного смещения частоты излучения, испущенного в момент нулевого "ускорения расширения").

Как известно, окончательный выбор наиболее адекватной теории остается за экспериментом. В земных лабораторных условиях эффекты релятивистской теории гравитации чрезвычайно малы. По этой причине примерно до 1960 года в этой области было три классических результата - отклонение светового луча в гравитационном поле Земли, гравитационное красное смещение, особенности в поведении перигелия Меркурия [229].

Начиная с 1960 года значительно увеличивается число работ по проверке релятивистских гравитационных эффектов [229]. К этому времени накопился ряд теорий тяготения, которые конкурировали с общей теорией относительности Эйнштейна: скалярно-тензорная теория Брэнса - Дикке, тензорная теория тяготения в плоском пространстве, модель Йордана с переменной константой тяготения [229].

Общая теория относительности Эйнштейна в целом выдержала проверку экспериментом. Прямые эксперименты по прямому обнаружению гравитационных волн [230] сильно укрепили ее позиции.

§ 28. Космология

Космология - это учение о Вселенной как едином целом. В разные эпохи в это понятие вкладывалось различное содержание. В первую очередь оно определяется охваченными астрономическими наблюдениями областями Вселенной.

В основе современной космологии лежит общая теория относительности Эйнштейна. Вначале на ее основе Эйнштейн следуя давней традиции построил стационарную модель Вселенной, для чего ему пришлось включить в уравнение гравитационного поля космологический член.

В то время движение планет Солнечной системы хорошо описывалось в рамках нерелятивистской теории Ньютона. Пять планет Солнечной системы - Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн - видны с Земли невооруженным глазом. Уран был открыт в XVIII веке, Нептун - в XIX. Развитая теория возмущений описывала движение этих планет с экспериментальной точностью. Исключением являлось описание движения перигелия Меркурия. Общая теория относительности устранила этот недостаток.

С введением Фридманом модели нестационарной Вселенной в начале 20-х годов XX века, а затем и подтверждения данной модели в экспериментах Э. Хаббла, в сферу космологии вошли такие вопросы как *возраст* Вселенной, механика Вселенной и т.п. До Э.Хаббла В.М.Слайфер, который в 1913 году первым стал измерять лучевые скорости спиральных туманностей, обратил внимание на их большие значения и различие [73]. В. де Ситтер первым отметил преобладание красных смещений в спектрах галактик.

Наряду с этим углублялись знания о структуре наблюдаемой Вселенной. В 1924 году Хаббл установил внегалактический характер спиральных туманностей. На первый план выступает проблема изучения распределения галактик.

В 1927 году Ж.Леметр выдвинул идею о возникновении



Георгий Антонович Гамов
George Gamow
(1904-1968)

Вселенной из точки и ее дальнейшего расширения (независимо от Фридмана). В 1933 году он заменил точку на сгусток материи конечных очень малых размеров.

В 1946 году Гамов предлагает теорию, получившую в дальнейшем название теории *Большого Взрыва*, согласно которой вся современная наблюдаемая часть Вселенной представляет собой результат быстрого разлета материи, которая до этого находилась в сверхплотном

состоянии.

Расчеты, проведенные в 1948 году Гамовым и сотрудниками, показали, что должно наблюдаться остывшее первичное электромагнитное излучение с температурой около $5K$. Впоследствии И.С.Шкловский назвал это излучение *реликтовым* [73,с. 285].

В 1965 году А.Пензиас и Р.Вильсон при испытании рупорной антенны для наблюдения за американским спутником "Эхо" открыли существование микроволнового космического излучения с

температурой около $3K$, не зависящего от направления антенны (Нобелевская премия по физике за 1978 год: за открытие космического микроволнового реликтового излучения). Теория Большого Взрыва (или, как стали еще называть эту концепцию - *горячей* Вселенной) получила экспериментальное подтверждение.

Создание теории горячей Вселенной требовало привлечения законов термодинамики, ядерной физики и физики элементарных частиц.

Открытое в самом конце XX века ускоренное расширение Вселенной посредством наблюдения дальних сверхновых [179-180] поставило новые вопросы перед космологией.

Глава V

ФИЗИКА МИКРОМИРА С НАЧАЛА XX ВЕКА (ОТ X-ЛУЧЕЙ ДО КВАРКОВ , БОЗОНА ХИГГСА И ДАЛЕЕ)

§ 29. Электроны и атомные ядра

В разное время элементарными считались различные частицы. Начиная с 1897 года, когда Дж.Дж.Томсоном был открыт электрон, период гипотетических построений сменяется эпохой экспериментального развития физики микромира.

По своей структуре XX век с точки зрения изучения элементарных частиц можно разделить на четыре периода (следуя, например, [231]):

1897 - 1926 электроны и атомные ядра,

1926 - 1935 лептоны и нуклоны,

1935 - 1964 лептоны и адроны,

1964- ... лептоны и кварки.

Первый период начинается с открытия электрона и заканчивается созданием основ квантовой механики. Этот период ознаменовался экспериментальным и теоретическим обоснованием

сложного строения атома: установлено существование атомных ядер (Э.Резерфорд, 1911) и электронных оболочек, создана планетарная модель атома Резерфорда-Бора, построена квантово-механическая модель атома.



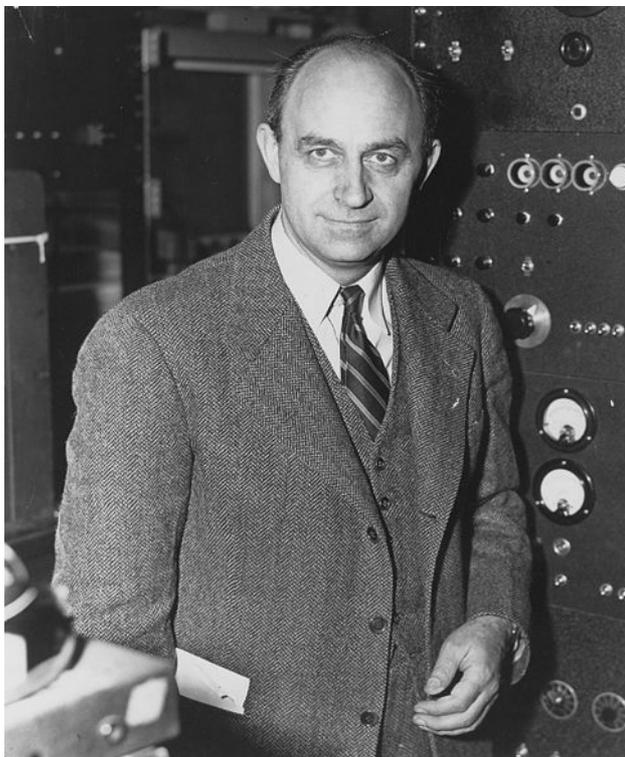
**Шатъендранат Бозе
(1894 - 1974)**

В этот период были открыты фундаментальные единицы строения материи - первые элементарные частицы: электрон как первичный носитель наименьшего элементарного отрицательного электрического заряда и протон (Э.Резерфорд, 1919) - ядро атома водорода, несущее элементарный положительный электрический заряд.

Абсолютные значения зарядов протона и электрона оказались равными. Одновременно формируется представление о фотоне, кванте света - дискретной элементарной порции светового излучения с энергией $E = h\nu$, распространяющейся в пространстве со скоростью света.

Еще до создания квантовой механики проводится по существу квантово-механическое рассмотрение твердого тела (Эйнштейн, Дебай, Борн, Карман) и идеального газа в больцмановском приближении, то есть без учета статистики (Тетроде, Сакур [232-246]).

В 1924 году Бозе предлагает свой способ вывода формулы Планка. Обобщение этого метода Эйнштейном привело к появлению статистики Бозе - Эйнштейна (1924 - 1925 годы).



**Энрико Ферми
(1901-1954)**

Ферми создает в 1926 году статистику, получившую в дальнейшем название статистики Ферми - Дирака, рассматривая системы частиц, для которых должен выполняться принцип Паули. В том же году к аналогичному результату приходит и Дирак, который распространил квантово-механическое

рассмотрение на системы частиц. Данная статистика

получалась у него для систем, описывающихся антисимметричными функциями.

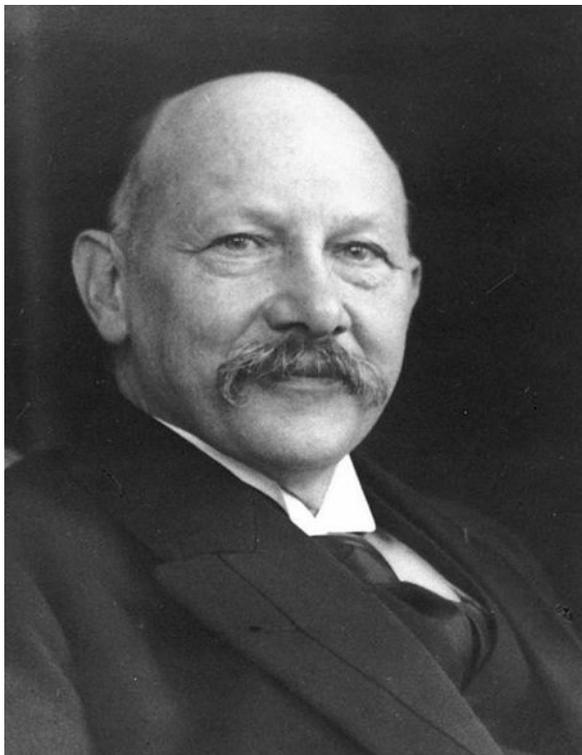
Устанавливается единая электромагнитная природа внутриатомных сил, связывающих электроны атома с его ядром, а затем и межатомных и межмолекулярных сил.

На завершающей стадии формирования классической электродинамики - электродинамики Максвелла-Лоренца, а именно при решении проблемы построения электродинамики движущихся тел, создается необычайно общая принципиально новая фундаментальная физическая теория - теория относительности.

В этот период были достигнуты большие успехи в области физики низких температур. В 1892-1894 годах Камерлинг - Оннес создал

установку для сжижения газов. Он получает жидкий кислород и неон, а в 1906 году - жидкий водород.

В 1908 году он же получает жидкий гелий и исследует его свойства.



**Гейке Камерлинг-Оннес
(1853-1926)**

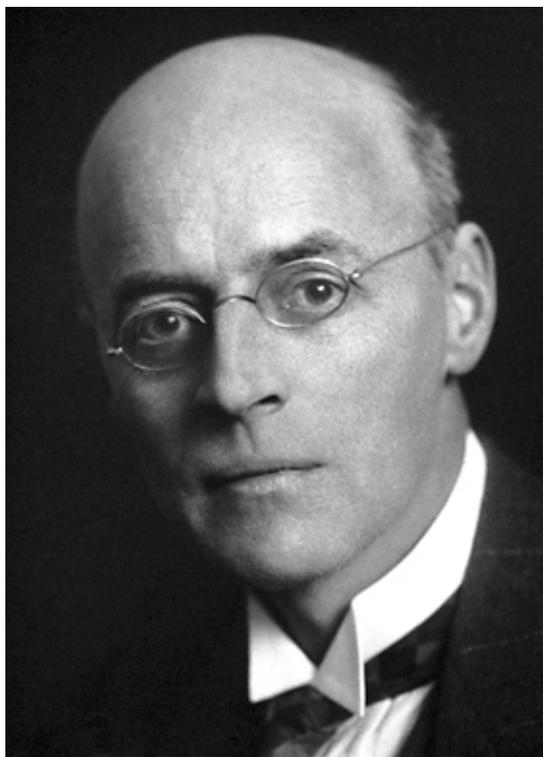
В 1911 году Камерлинг - Оннес открыл явление резкого падения сопротивления у ртути при 4.1К. Затем это свойство было обнаружено у олова, свинца, таллия и др.. В дальнейшем это явление было названо сверхпроводимостью. В 1913 году он обнаружил разрушение сверхпроводимости под действием сильных магнитных полей и токов.

"За исследования свойств тел при низких температурах, которые, в частности, привели к получению жидкого гелия" Камерлинг-Оннесу была присуждена Нобелевская премия по физике за 1913 год.

В.Х.Кеезом в 1926 году получает твердый гелий. В результате создаются реальные возможности исследования всех фаз гелия при низких температурах, имеющего в данной области сложную фазовую диаграмму [248,249].

Рассматриваемый период включает в себя и создание теории гравитации - общей теории относительности, которая уже на первом этапе своего развития получает экспериментальное подтверждение.

В 1901 году О.В.Ричардсон установил зависимость тока насыщения термоэлектронной эмиссии от температуры поверхности катода (Нобелевская премия по физике за 1928 год "за исследование явлений термоэмиссии и прежде всего за открытие закона, носящего



**Оуэн Уилланс Ричардсон
(1879-1959)**

его имя"- присуждена в 1929 году).

Исследования Ричардсона легли в основу теории возникших в последствие электронных вакуумных устройств.

В 1904 году Дж.Флеминг изобретает вакуумный диод. Через два года в 1906 году Л. де Форест изобрел триод. Введение дополнительного электрода оказалось исключительно плодотворной идеей. Через

некоторое время появляются практически все многоэлектронные вакуумные лампы, а также газонаполненные электронные лампы.

Электронные лампы нашли свое применение в радиотехнике. Они стали также частью многих устройств, используемых для проведения экспериментов - счетчиков импульсов, электронных реле и т.п..

В целом данный период является самым бурным и насыщенным периодом XX века в области физики.

§ 30. Лептоны и нуклоны

Второй этап (см. § 29) начинается с построения релятивистской квантовой механики и заканчивается открытием и описанием сильного и слабого взаимодействий.



**Карл Дейвид Андерсон
(1905-1991)**

теоретическому обоснованию наличия у электрона собственного момента количества движения и к предсказанию первой античастицы - позитрона (e^+) (1930-1931).

В 1932 году позитрон был обнаружен в космических лучах К.Андерсоном.

В 1926 году ряд ученых, в том числе В.А.Фок, О.Клейн, В.Гордон, Э.Шредингер, предпринимают попытки получить релятивистское квантово-механическое уравнение.

Полученное уравнение Клейна-Фока-Гордона, решавшее проблему, как стало ясно позже, для частиц со спином, равным нулю, в общем случае оказалось неприемлемым.

В общем виде данная задача была решена в 1928 году П.Дираком.

Введенное им релятивистское уравнение привело к строгому



**Джеймс Чедвик
(1891-1974)**

Эта концепция нашла свое первое конкретное воплощение в теории взаимодействия вторично квантованных электромагнитного и электронно-позитронного полей - квантовой электродинамике, основы которой были заложены в работах П.Дирака, В.Гейзенберга, В.Паули, Э.Ферми, В.А.Фока и др.. После создания квантовой электродинамики фотон стал полноправным представителем семейства элементарных частиц. Прямым экспериментальным подтверждением этого стала регистрация

П.Дирак ввел концепцию вторично квантованного поля как систему с переменным числом микрочастиц - квантов поля, способных рождаться и уничтожаться.

С каждым типом элементарных частиц с этого времени стали связывать свое вторично квантованное поле, кванты которого и отождествляются с рассматриваемыми элементарными частицами.



**Дмитрий Дмитриевич
Иваненко
(1904-1994)**

предсказанных Дираком процессов: рождение электронно-позитронных пар высоко энергетическими фотонами - гамма излучением, наблюдавшееся И. и Ф.Жолио-Кюри в 1933 году, и



**Игорь Евгеньевич Тамм
(1895-1971)**

обратный ему процесс - аннигиляция, открытый Ф.Жолио-Кюри и Ж.Тибо тоже в 1933 году. В результате принятое в физике до этого деление материи на вещество и поле потеряло свой прежний смысл.

Открытие Дж.Чедвиком в 1932 году второй ядерной частицы - нейтрона - привело в результате к установлению протонно-нейтронной структуры атомных ядер Д.Д.Иваненко и В.Гейзенбергом.

Теперь в рассмотрение вводится сильное взаимодействие,

ответственное за внутриядерные силы, и слабое, объясняющее бета-активное превращение атомных ядер [250].

В 1933 году Э.Ферми создал первый вариант теории слабых взаимодействий. Одновременно предпринимаются попытки построения мезонной теории внутриядерных сил И.Е.Таммом [247] и Д.Д.Иваненко в 1934 году, а также Х.Юкавой в 1935 году.

В 1928 году В.Х.Кеезом совместно с М.Вольфке открыл в жидком гелии фазовый переход, который в настоящее время называется фазовым переходом гелий I - гелий II. В 1931 - 1932 годах было установлено, что в окрестности фазового перехода зависимость

теплоемкости от температуры напоминает букву λ . В дальнейшем точку фазового часто стали называть λ -точкой.

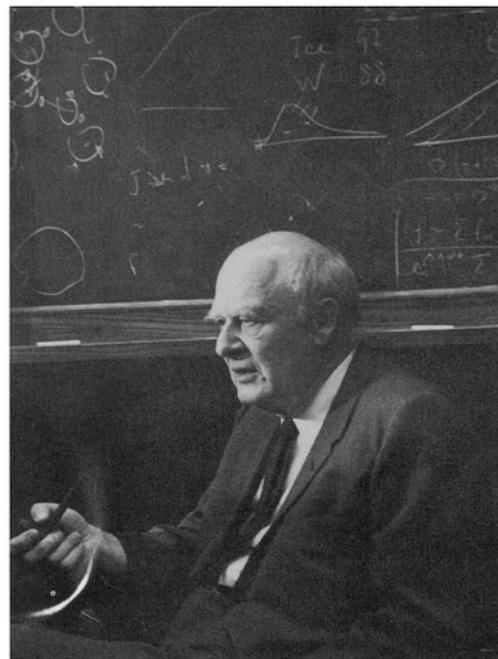
Д.В.Скобельцын в 1927 году впервые наблюдал в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле, следы заряженных частиц высоких энергий космического излучения. Он заложил основы физики высоких энергий.

В 1928 году Дж. Хартри разработал приближенный метод решения задач теории многих частиц - метод самосогласованного поля. В 1930 году этот метод был развит с учетом статистики (метод Хартри - Фока).

И.Ленгмюр и Л.Тонкс в 1929 году заложили основы теории плазмы - четвертого состояния вещества. Они установили наличие плазменных колебаний.

В 1931 году Л.Онсагер развивает термодинамику линейных необратимых процессов и устанавливает соотношение взаимности (соотношение взаимности Онсагера) (Нобелевская премия по химии 1968 года "за формулировку соотношений взаимности в необратимых процессах, носящих его имя и имеющих важное значение для термодинамики необратимых процессов").

В 1934 году П.А.Черенков открывает эффект свечения веществ под действием заряженных частиц сверхсветовой скорости, теория которого была разработана в 1937 году И.Е.Таммом и И.М.Франком. Все они были удостоены Нобелевской премии по физике за 1958 год.



Lars Onsager

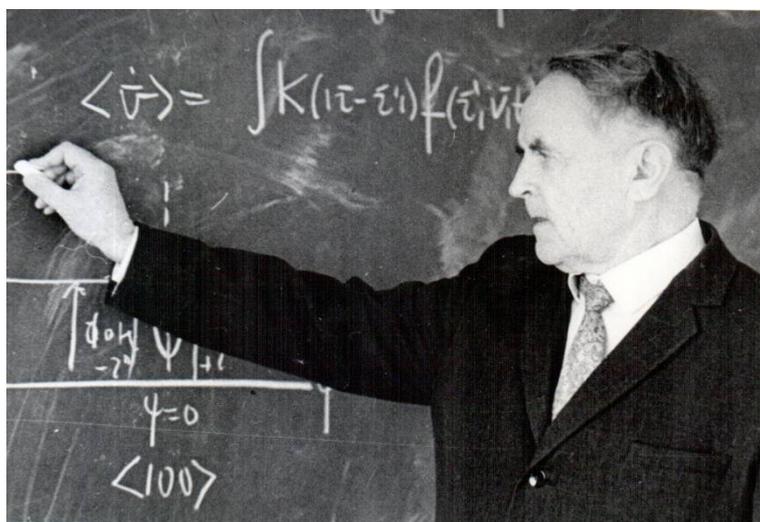
**Ларс Онсагер
(1903-1976)**

§ 31. Лептоны и адроны

Третий период (см. § 29) начинается с экспериментальных поисков π -мезонов и заканчивается обнаружением омега - минус - гиперона.

С одной стороны, были обнаружены и изучены все необходимые для построения первоначальной картины элементарные частицы. С другой, открытие очень большого числа новых элементарных частиц, главным образом сильно взаимодействующих, поставило под сомнение сам вопрос об элементарности этих микрообъектов.

В этот период в квантовой электродинамике удалось решить проблему возникающих расходящихся выражений с помощью перенормировок - подхода, развитого в работах С.Томанаги,



Анатолий Александрович Власов
(1908-1975)

Р.Фейнмана,
Ю.Швингера, Ф.Дейста.

В 1938 году выходит статья А.А.Власова "О вибрационных свойствах электронного газа" [251-254], ознаменовавшая новый этап описания систем заряженных частиц. В ней

отмечается, что "что метод кинетического уравнения, учитывающий только парное взаимодействие - взаимодействие посредством удара, для системы заряженных частиц является аппроксимацией, строго говоря, неудовлетворительной, что в теории таких совокупностей существенную роль должны играть силы взаимодействия на



**Петр Леонидович Капица
(1894-1984)**

далеких дистанциях и что, следовательно, система заряженных частиц есть, по существу, не газ, а своеобразная система, стянутая далекими силами".

Для системы трех сортов частиц (совокупность электронов, ионов, нейтральных частиц) А.А.Власов предлагает систему трех кинетических уравнений, которая наряду с интегралами столкновений Больцмана содержит новый элемент - самосогласованное

поле. Уравнение, полученное Власовым и описывающее плазму, теперь называют кинетическим уравнением Власова для плазмы.

В результате были заложены основы описания четвертого состояния вещества - плазмы.

Среди всех веществ гелий обладает целым рядом свойств, которые являются уникальными. В рассматриваемый период в данной области было сделано много открытий.

В 1935 году В.Кеезом и А.Кеезом обнаружили высокую теплопроводность жидкого гелия II, которая стремилась к бесконечности. При этом при переходе через λ -точку теплоемкость претерпевала скачок.

Фонтанирование жидкого гелия II (термомеханический эффект) был открыт Дж. Алленом и Х.Джонсом в 1938 году. В том же году

П.Л.Капица и Дж. Аллен независимо открывают сверхтекучесть гелия II.



**Николай Николаевич
Боголюбов
(1909-1992)**

В 1939 году Л.У.Альварес, используя циклотрон как своеобразный высокочастотный масс-спектрометр, обнаружил ^3He . В жидком состоянии этот изотоп был впервые получен в 1948 году, а примерно с 1950 года эта фаза стала доступной в экспериментах, так как в процессе распада трития, вырабатываемого в ядерных реакторах, производилось достаточное количество ^3He [255].

В 40-х годах особенно актуальной стала проблема статистического описания неравновесных процессов. В это время существовала, с одной стороны, последовательная статистическая механика Гиббса, разработанная им для равновесных процессов, а с другой - полученные независимо кинетические уравнения для одночастичных функций распределения.

Проблема динамической теории в статистической физики была рассмотрена Н.Н.Боголюбовым. Он предложил подход, который лег в основу статистической теории неравновесных систем (см. Приложения II, IV, V, VI).

И.Я.Померанчук в 1950 году предсказал эффект, согласно которому при достаточно низких температурах теплота плавления твердого ${}^3\text{He}$ становится отрицательной [256-257].

В 50-х годах XX века появляются фундаментальные работы в области квантовой электроники, которые привели к созданию генераторов и усилителей нового типа - мазеров и лазеров. За эти работы Ч.Таунс, Н.Г.Басов и А.М.Прохоров были удостоены Нобелевской премии по физике за 1964 год.

§ 32. Лептоны и кварки

Четвертый период (см. § 29) начался с того, как в первые месяцы 1964 года М.Гелл-Манн и Дж.Цвейг предложили составную модель адронов. Они ввели представление о кварках u, d, s со спином $1/2$ и соответствующих антикварках.

Кварки и антикварки имеют дробный электрический и барионный заряд. Позже были введены и так называемые тяжелые кварки s, b, t .

Постепенно стало увеличиваться число параметров, характеризующих эти частицы. Получила развитие и теория этих частиц - квантовая хромодинамика.

В 1964 году было введено и представление о бозоне Хиггса. Эта элементарная частица, отвечающая за инертную массу элементарных частиц, была обнаружена на Большом адронном коллайдере в 2012 году.

Эксперименты второй половины 60-х годов, проведенные на ускорителях, привели к установлению существования в нуклонах силовых центров.

В это же время Ш. Глэшоу, А. Салам и С. Вайнберг строят теорию, объединяющую электромагнитные и слабые взаимодействия (Нобелевская премия за 1979 год "за работы по созданию теории, объединяющей слабое и электромагнитное взаимодействия элементарных частиц, особенно за предсказание существования нейтральных слабых токов").

Теория Глэшоу-Вайнберга-Салама предсказывала существование W^+ , W^- и Z - бозонов. Они были открыты в ЦЕРНе в 1983 году. Уже через полгода после этого события основные авторы проекта К.Руббиа и С. ван дер Меер получили Нобелевскую премию по физике "за определяющий вклад в проект, осуществление которого привело к открытию частиц, переносящих слабые взаимодействия" (1984 год).

В 1972 году Д.Ли, Д.Ошерофф и Р.Ричардсон открыли сверхтекучесть в гелии-3 (Нобелевская премия по физике за 1996 год). В своей Нобелевской лекции Р.Ричардсон пишет: "Центральное место в истории открытия сверхтекучести ^3He занимает эффект Померанчука - экспериментально используемый метод охлаждения". И далее: "Прошло пятнадцать лет, прежде чем кто-либо использовал предложенный способ охлаждения. Наиболее важной из них был недостаток ^3He . он получается при распаде трития. Тритий производился для нужд наиболее смертоносной части индустрии вооружений. К 1965 году его запасы стали обильными. Физики, работавшие в области физики низких

температур, воспользовались отходами гонки вооружений, ${}^3\text{He}$, извлекаемым из газов, приготовленных для водородных бомб".

На момент получения Нобелевской премии в 1996 году более эффективным способом охлаждения для сверхнизких температур стал метод ядерного размагничивания [257].

В 2003 году Нобелевская премия по физике была присуждена А.Абрикосову, В.Гинзбургу, Э.Леггету "за вклад в развитие теории сверхпроводимости и сверхтекучести" [255].

Э.Леггет писал: "Нет необходимости говорить, что я испытываю огромную гордость и удовлетворение по поводу того, что теоретические работы по исследованию сверхтекучего ${}^3\text{He}$ удостоены Нобелевской премии 2003 года по физике; мне особенно приятно разделить эту награду с профессорами Гинзбургом и Абрикосовым, на которых я всегда взирал как на великих ученых, работающих в тесно связанной с моей деятельностью в области сверхпроводимости. История того, как за период примерно в двенадцать месяцев, с июля 1972 г. по июль 1973 г., мы получили теоретическое объяснение экспериментальных данных об объекте, который теперь известен как сверхтекучий ${}^3\text{He}$, похожа на сложную детективную повесть, в которой, помимо меня, принимали участие множество действующих лиц..."[255].

§ 33. Казусы конца XX - начала XXI веков

Современный эксперимент является сложным и, как правило, дорогостоящим. Это в ряде случаев приводит к тому, что истолкование результатов не является, по крайней мере на первом этапе исследований, однозначным, что создает проблемы с продлением финансирования проекта.

Проблема, указанная выше, носит объективный характер. Наряду с ней существует множество проблем субъективного характера. В ряде случаев это приводит к казусам.

Начиная с 80-х годов XX века стала популярной идея о получении термоядерной реакции "в домашних условиях". В целом ряде серьезных учреждений ходили люди (иногда не только "изобретатели" или "мученики идеи") со стеклянными банками, в которых, как они считали, есть все необходимое для осуществления процесса.

Причина такого процесса была понятна. Целый ряд стран вложил немалые средства в работы по созданию устройства, способного осуществить управляемую термоядерную реакцию. Но практические результаты данных исследований были весьма скромными. Здесь и появились те, кто решал проблему по принципу "хорошо, много и даром".

В последние двадцать лет XX века данная проблематика широко обсуждалась в научной и околонуучной литературе, а также в средствах массовой информации. В большинстве случаев причина недоразумений была установлена.

Но главная причина - отсутствие практически пригодного устройства для осуществления управляемой термоядерной реакции -

осталась. Поэтому работы самых разных людей в данном направлении продолжатся.

В 2011 - 2012 годах в ЦЕРНе проводились исследования по определению скорости нейтрино. Первоначально было сообщено, что она несколько превышает скорость света в вакууме. Это привлекло большое внимание к данному эксперименту, так как если он бы подтвердился, то возникали проблемы в целом ряде физических теорий.

В дальнейшем данные были дезавуированы. Ссылки были на технические проблемы. Была информация и об "оргвыводах".

Глава VI

НОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В НАУКЕ НА РУБЕЖЕ ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ

§ 34. Компьютерные технологии

С самого начала развития физики постоянно стоял вопрос об увеличении скорости вычислительных процессов и обработки имеющейся информации. В разные эпохи эта проблема решалась по-своему [317].

Исаак Ньютон использовал для своих вычислений логарифмическую линейку. Этот инструмент оставался наиболее простым и доступным способом расчетов вплоть до 70-х годов XX века.

Существовали и более сложные устройства, обладающие большей производительностью. Но они, как правило, изготавливались в единичных экземплярах, были дорогостоящими и сложными в использовании.

Сменилось много поколений различных устройств, пока в середине XX века не появились электронно-вычислительные машины, которые со временем полностью изменили представление о вычислительной технике. Компьютеры из рабочего инструмента

специалиста превратились в элемент культуры, стали использоваться в самых разных областях человеческой деятельности.

Но наиболее поразительные изменения стали происходить, начиная с 80-х годов XX века, когда в широкую практику вошли персональные компьютеры. Они стали повседневным рабочим инструментом, менявшим сам характер научной деятельности.

Известно, что в научную деятельность в процентном отношении наибольшие средства вкладывались в середине XX века. В это время развитие науки шло быстрыми темпами и с ускорением. Научно-исследовательские исследования, проведенные в 60-х годах показали, что если такие темпы сохранятся, то к концу века возникнут серьезные проблемы с обеспечением науки финансами, людскими ресурсами и, даже, бумагой для хранения информации.

Государства не стали ждать апокалипсиса и начали сокращать финансирование науки. Появление персональных компьютеров оказалось в этой связи как нельзя кстати. Во-первых, возник новый способ хранения информации в электронном виде, который позволял легко преобразовывать и анализировать информацию. При этом преимущества нового способа стали особенно заметны уже в XXI веке, когда появились устройства, объем памяти которых было трудно представить даже в конце XX века. Трудно даже было предугадать, какие типы устройств сохранятся.

Таким образом, проблема бумаги как носителя информации была решена. При этом ситуация в данной области в настоящее время меняется практически каждый год. Приходится надеяться, что новые способы хранения информации окажутся, по крайней мере, столь же долговечными и надежными как и бумажные.

Во-вторых, персональные компьютеры существенно увеличили производительность научных исследований.

В-третьих, со временем данные устройства стали доступными по цене, даже обладая возможностями выполнения достаточно сложных функций и относительно высоким быстродействием.

Но это не значит, что не стало больших вычислительных комплексов. Стало популярным ранжировать эти вычислительные комплексы по производительности. Ежемесячно публикуются списки наиболее производительных компьютеров мира. При этом картина очень быстро меняется.

Появление устройств, обладающих огромным объемом памяти и обладающих высокой скоростью вычислений, принципиально изменило сам характер научных исследований и привело к новым технологиям в самых различных областях человеческой деятельности.

§ 35. Новые науки

Физика как наука сформировалась в эпоху, когда возникла первые научные общества, академии наук и научные журналы [319]. "В XX веке наука превратилась в особый тип производства научных знаний, включающий многообразные объединения ученых, в т.ч. и крупные исследовательские коллективы, целенаправленное финансирование и особую экспертизу исследовательских программ, их социальную поддержку, специальную научно-техническую базу, обслуживающую научный поиск, сложное разделение труда и целенаправленную подготовку кадров" [157, с. 354].

В XX веке в физике появляется много новых областей. Это радиофизика, физика твердого тела, атомная физика, физика ядра и элементарных частиц и т.д. . В связи с возникновением теории относительности и квантовой механики возникают новые области в существовавших ранее областях физики.

К середине XX века объем информации становится настолько велик, что практически уже нет ученых, которые одинаково хорошо могли бы разбираться во всех областях физики. Происходит переход к специализированному знанию.

Большое влияние на развитие физики оказала ядерная программа, связанная с созданием ядерного и термоядерного оружия, существовавшая в ряде государств. Это время 40-х - 60-х годов XX века. В это время резко возрастает число специалистов, подготавливаемых в области физики. Ее финансирование также существенно увеличивается.

Но ядерная программа затронула не только физику, но и целый ряд других наук, в частности математику, химию и биологию. Многие результаты исследований, а также созданные устройства можно было использовать не только в военных целях.

Так для нужд военной отрасли были созданы достаточно быстродействующие по меркам середины XX века вычислительные машины. В результате в 50-х годах новый метод исследования - метод машинного эксперимента, включающий в себя метод молекулярной динамики (ММД) и метод Монте-Карло (ММК). В конце 50-х годов этим методом были получены и конкретные результаты - обнаружен фазовый переход в системе твердых сфер. Это открытие существенно изменило представление о фазовых переходах типа неупорядоченная - упорядоченная фазы.

Существенное влияние на развитие физики оказала и космическая программа. 4 октября 1957 года в Советском Союзе был запущен первый искусственный спутник Земли. Началась новая эра в истории человечества - освоение космического пространства, которое ставило новые задачи в том числе и перед наукой, в частности - физикой.

За год до этого события в октябре 1956 года в состав физического факультета МГУ вошло астрономическое отделение механико-математического факультета и ГАИШ. Начинался период тесного сотрудничества физиков и астрономов, обусловленный новыми возможностями для исследований.

Интеграционные процессы стали проявляться у физики и с целым рядом других наук: химии (химическая физика и физическая химия), биологии (биофизика), геологии (геофизика) и т.д. . Исследования на стыке наук стали наиболее перспективными и приносящими наиболее интересные результаты.

§ 36. Новые технологии

Новые возможности компьютерной техники привели к целому ряду принципиальных изменений в области науки.

Если вторая половина XVII характеризуется появлением печатных научных журналов, то вторая половина XX века - появлением электронных научных журналов. Это привело к принципиально новым возможностям опубликования результатов научных исследований.

В настоящее время все наиболее значимые научные библиотеки осуществили перевод своих фондов в цифровой формат. Это также серьезно расширяет возможности научных исследований.

Новый формат хранения данных вызвал к жизни новый тип связи - интернет. Если вторая половина XX века характеризуется постепенным развитием этого типа связи, возникшего первоначально из соединения удаленных вычислительных машин в единую цепь, то в начале XX века он входит в повседневную жизнь после существенного увеличения скорости передачи данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В книге рассмотрен процесс развития физики и ее методологии в период с начала XX века. Этот период принято называть периодом современной физики.

Данный период начинается с формирования принципиально новых областей - релятивистской и квантовой физики. Возникло представление о границах применимости классической физики.

В результате все области физики преобразуются на основе нового подхода. Возникают совершенно новые области и принципиально новые возможности применения физики.

Серьезное влияние на развитие физики оказала ядерная программа, развиваемая в целом ряде стран и используемая в военных целях. В дальнейшем данное направление трансформировалось и достижения ядерной физики стали применяться и в других областях (атомная энергетика, медицина и т.д.).

Начиная с середины XX века физика начинает играть существенно большую роль в обществе. Начавшаяся космическая программа способствует этому.

Но к 70-м годам ускоренное развитие физики и науки в целом привело к диссонансу с производством и другими областями:

возникли перспективы непомерных трат на развитие науки. В результате финансирование науки начинает сокращаться.

Выход из сложившегося положения был найден в рамках самой науки. Развитие компьютерной техники позволило существенно увеличить эффективность научных исследований.

Компьютерные технологии изменили не только характер науки, но и жизнь общества в целом. Они создали принципиально новые возможности, которые привели к появлению новых наук и новых технологий.

В XXI веке физика развивается уже в рамках новой реальности, возникают новые проблемы. Но это уже проблемы новой современной физики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирхгоф Г.Р. Избранные труды. М.: Наука, 1988
2. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Термодинамика и статистическая физика. М.: изд-во Московского университета, 1986
3. Boltzmann L. Wissenschaftliche Abhandlungen. Bd. 1 - 3. Leipzig, 1909
4. Больцман Л. Избранные труды. М.: Наука, 1984
5. Wien W. // Annalen der Physik 1896. V. 294. N 8. P. 662.
6. Lord Rayleigh F.R.S. // Philosophical Magazine 1900. Vol. 49. N 306. P.539.
7. Jeans J.H. An elementary treatise on the theoretical mechanics. New York: Ginn, 1907.
8. Планк М. Избранные труды. М.: Наука, 1975
9. Лоренц Г. Теория электронов и ее применения к явлениям света и теплового излучения. М.: ГИТТЛ, 1956.
10. Чолаков В. Ученые и открытия. М.: Мир, 1987
11. Рентген В.К. О новом роде лучей. М.-Л.: ГТТИ, 1933
12. Thomson J.J. // Philosophical Magazine 1897. Vol. 44. N 269. P.293.
13. 50 лет волн Герца. М.-Л.: изд-во АН СССР, 1938
14. Столетов А.Г. Избранные сочинения. М.-Л.: ГИТТЛ, 1950
15. Кюри П. Избранные труды. М.-Л.: Наука, 1966

16. Резерфорд Э. Избранные научные труды. Радиоактивность. М.: Наука, 1971
17. Резерфорд Э. Избранные научные труды. Строение атома и искусственное превращение элементов. М.: Наука, 1972
18. Lorenz H. Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than of light // Proc. Acad. Sci. Amsterdam, 1904, vol. 6. P. 809
19. Poincare R. Sur la dynamique de l'electron. - Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo, 1906, vol. XXI. P. 129
20. Einstein A. Zur Electrodynamik bewegten, Körper // Annalen der Physik, 1905, b. 17. S. 891
21. Minkowski H. Raum and Zeit // Phys. Zs. 1909, b. 10. S. 104
22. Принцип относительности. Сб. статей под ред. А.А.Тяпкина. М.: Атомиздат, 1973
23. Логунов А.А. Лекции по теории относительности. М.: изд-во Моск. ун-та, 1983
24. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. Петроград, 1915 - 1916
25. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. М.: Наука, 1989
26. Pemberton, Henry. A view of sir Isaac Newton's philosophy. London, 1728
27. Вавилов С.И. Исаак Ньютон. 1643-1727. 4-е издание, дополненное. Отв. ред. В.С. Вавилов. М., 1989
28. Кудрявцев П.С. Исаак Ньютон. М., 1963
29. Кузнецов Б.Г. Ньютон. М., 1982
30. Исаак Ньютон. 1643 – 1727. Сборник статей к 300-летию со дня рождения. Под ред. С.И. Вавилова. М.-Л., 1943

31. Ньютон и философские проблемы физики XX века. Сборник статей. АН СССР. Институт философии. М., Наука, 1991
32. Berry, Arthur. A short history of astronomy. London, 1898
33. Берри А. Краткая история астрономии. М., 1904
34. Берри А. Краткая история астрономии. 2-е изд.. М.-Л., 1946
35. Николаев П.Н. История и методология физики. Т. I. Основы истории и методологии физики. М., 2014 (Nikolaev P.N. History and methodology of physics. Volume 1. Foundations of history and methodology of physics. Moscow, 2014)
36. Newton, Isaac. Optics or treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light. Also two treatises of the species and magnitude of curvilinear figures. London, 1704
37. Newton, Isaac. Optics or treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light. The second edition, with additions. London, 1718
38. Ньютон И. Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. Перевод с 3-го англ. Изд. 1721 г. С предисловием С.И. Вавилова. М.-Л., 1927
39. Ньютон И. Оптика или трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. 2-е изд. просмотр. Г.С. Ландсбергом. М., 1954
40. Westfall R.S. Never at rest. A biography of Isaac Newton. 2nd ed. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 1982
41. The mathematical papers of Isaac Newton. Ed. by D.T. Whiteside. Cambridge, Cambridge. Univ. Press, 1967 – 1981. Vol. 1 - 8
42. Современные историко-научные исследования (Ньютон). Реф. сб. М., ИНИОН АН СССР, 1984

43. The correspondence of Sir Isaac Newton / Ed. H.W. Turnbull et al. Cambridge, Cambridge Univ. Press. 1959 – 1977. Vol. 1 – 7
44. Козарев И.Ю. Исаак Ньютон и его время. М., Знание, 1978
45. Гинзбург В.Л. К трехсотлетию «Математических начал натуральной философии» Исаака Ньютона // Успехи физических наук 1987. Т. 151. С. 119
46. Pask C. Magnificent Principia. Prometheus books, 2013
47. Jalobeanu D. Magnificent “Principia”: Exploring Isaac Newton’s Masterpiece // Phys. Today 2015. V. 68. N 1. P. 45
48. Brache, Tycho. Opera omnia. Ed. J.L.E. Dreyer. V. 1 – 15. Haunia, 1913 - 1929
49. Brache, Tycho. Tycho Brahe’s description of his instruments and scientific work as given *Astronomiae instauratae mechanica* (Wandesburgi 1598). Transl. and ed. by Hans Raeder et al. Kobenhavn, 1946
50. Kepler, Johannes. Joannis Kepleri astronomi opera omnia. Vol. 1 – 8. Frankofurti, 1858 – 1871
51. Кеплер, Иоганн. Новая стереометрия винных бочек преимущественно австрийских, как имеющих самую выгодную форму и исключительно удобное употребление для них кубической линейки. М.-Л., 1935
52. Kepler J. Gesammelte Werke. V. 1 – 18. Munchen, 1938 - 1969
53. Белый Ю.А. Иоганн Кеплер. 1571 – 1630. М., 1971
54. Кеплер, Иоганн. О шестиугольных снежинках. М., Наука, 1982
55. Kepler, Johannes. Epitome of Copernican astronomy: IV – V. The harmonies of the world: V // Great books of the western world. 6. Printing. Chicago etc., 1996

56. Kepler. Four hundred years. Proceedings of conferences held in honour of J. Kepler. Oxford, Pergamon Press, 1975
57. Ньютон И. I. Новая теория света и цветов. //УФН 1927. Т.7. № 2. С. 123
58. Ньютон И. II. Одна гипотеза, объясняющая свойства света, изложенные в нескольких моих статьях. //УФН 1927. Т. 7. № 2. С. 136
59. Вавилов С.И. Принципы и гипотезы оптики Ньютона. //УФН 1927. Т. 7. № 2. С. 87
60. Вавилов С.И. Примечания к переводу оптических мемуаров Ньютона. //УФН 1927. Т. 7. № 2. С. 159
61. Birch Th. The history of the Royal society of London. V. III. 1757
62. Cajori F. A history of physics. N. Y., Dover Publications, 1962
63. Dobbs B.J. The Foundations of Newton's Alchemy: or the Hunting of Green Leon. Cambridge, Cambridge University Press, 1983
64. Ньютон И. Замечания на книгу пророка Даниила и Апокалипсис Св. Иоанна. Петроград, 1915
65. Кирсанов В.С. Научная революция XVII века. М., Наука, 1987
66. Кирсанов В.С. Переписка И. Ньютона с Р. Гуком 1679 – 80 гг. // ВИЕТ 1996. № 4. С. 3
67. Карцев В. П. Ньютон. М.: Молодая гвардия, 1987
68. Ball W.W. Rouse. An essay on Newton's "Principia". London and New York, Macmillan and Co., 1893
69. Николаев П.Н., Николаева О.П. История и методология физики. Т. 2. Предыстория физики. М., 2014
70. Спасский Б.И. История физики. Ч. I и II. Издание второе переработанное и дополненное. М.: Высшая школа, 1977.

71. Дорфман Я.Г. Всемирная история физики (С древнейших времен до конца 18 в.). М.: Наука, 1974.
72. Льюис М. История физики. М., 1970
73. Еремеева А.И., Цицин Ф.А. История астрономии. М.: издательство Московского университета, 1989.
74. Паннекук А. История астрономии. М., Наука, 1966
75. Lo Presti R. The first scientist //Nature 2014. V. 512. P. 520
76. Кудрявцев П.С. История физики. Т. 1-3. М., Учпедгиз, 1956 - 1971
77. Голин Г.М., Филонович С.Р. Классики физической науки. М., 1989
78. Гюйгенс Х. Книга мирозрения или мнение о небесноземных глобусах и их украшениях. М., 1724
79. Гюйгенс Х. Трактат о свете. В котором объяснены причины того, что с ним происходит при отражении и при преломлении, в частности при странном преломлении исландского кристалла. М.-Л., 1935
80. Whittaker E. A history of the theories of aether and electricity. The classical theories. London - Edinburgh, 1951
81. Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. Классические теории. Москва - Ижевск, 2001
82. Принцип относительности: Г.А.Лоренц, А.Пуанкаре, А.Эйнштейн, Г.Минковский. Сборник работ классиков релятивизма. Под ред. В.К.Фридериксаи Д.Д.Иваненко. М.-Л.: ОНТИ Главная редакция общетехнической литературы, 1935
83. Бернард Д. Майкельсон и скорость света. М.: ИЛ, 1963

84. Принцип относительности. Под ред. А.А.Тяпкина. М.: Атомиздат, 1973
85. Эйнштейн А. Физика и реальность. М.: Наука, 1965
86. Паули В. Физические очерки. М.: Наука, 1975
87. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 1-4. М.: Наука, 1965-1967
88. Кобзарев И.Ю. О принципе относительности // Успехи физических наук 1975. Т. 115. № 3. С. 545.
89. Гамов Г. Моя мировая линия. М.: Наука, 1994
90. Пайс А. Научная деятельность и жизнь Альберта Эйнштейна. М.: Наука, 1989
91. Азбель М. Иерусалимские размышления // Природа 1991. № 10. С. 82
92. Логунов А.А. Лекции по теории относительности. Современный анализ проблемы. М.: изд-во Московского ун-та, 1983
93. Мёллер К. Теория относительности. М.: Атомиздат, 1975
94. Holger M., Stanwix P.L., Tobar M.E. et al. // Phys. Rev. Lett. 2007. Vol. 99. 050401
95. Майкельсон А.А. Исследования по оптике (Studies in optics). М.: УРСС, 2004
96. Бернард Д. Майкельсон и скорость света. М.: ИЛ, 1963
97. Larmor J. Aether and matter. Cambridge: Cambridge University Press, 1900
98. Пуанкаре А. Избранные труды в трех томах. М.: Наука, 1974
99. Einstein A. Zur Electrodynamik der bewegter Körper // Ann. Phys. 1905. B. 17. S. 891
100. Einstein A. Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig ? // Ann. Phys. 1905. B. 18. S. 641

101. Einstein A. Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen // Jahrb. d. Radioaktivität u. Electronik. 1907. B. 4. S. 411
102. Толмен Р. Относительность, термодинамика и космология. М.: Наука, 1974
103. Эйхенвальд А.А. Избранные работы. М.: ГИТТЛ, 1956
104. Eichenwald A. Über die magnetischen Wirkungen bewegter Körper im elektrostatischen Felde // Annalen der Physik 1904. Volume 318, Issue 5, P. 919-943. DOI: 10.1002/andp.18943180504
105. Ельяшевич М.А., Кембровская Н.Г., Томильчик М.Л. Вальтер Ритц как физик-теоретик и его исследования по теории атомных спектров // Успехи физических наук, 1995. Т. 165. № 4. С.457
106. Рейхенбах Г. Направление времени. М.: Едиториал УРСС, 2003 (Hans Reichenbach The direction of time)
107. Rutherford E. The scattering of α and β particles by matter and the structure of the atom // Phil. Mag. Ser. 6. 1911. Vol. 21. Issue 125. P. 669
108. Ишханов Б.С. История атомного ядра. М.: Университетская книга МГУ, 2011
109. Борисов А.В. О модели Резерфорда-Бора // Ученые записки физ. ф-та. Моск. ун-та, 2015. № 3. 153102
110. Гейзенберг В. Избранные труды. М.: УРСС, 2001
111. Гейзенберг В., Шредингер Э., Дирак П.А.М. Современная квантовая механика. Три нобелевских доклада. М.-Л.: ГТТИ, 1934
112. Гейзенберг В. Теория атомного ядра. М.: ИЛ, 1953
113. Гейзенберг В. Физика атомного ядра. М.-Л.: Гостехиздат, 1947

114. Гейзенберг В. Физические принципы квантовой теории. М.: РХД, 2002 (Переиздание: Гейзенберг В. Физические принципы квантовой теории. М.: ГТТИ, 1932)
115. Гейзенберг В. Философские проблемы атомной физики. М.: УРСС, 2004
116. Гейзенберг В. Часть и целое: беседы вокруг атомной физики. М.: УРСС, 2004
117. Гейзенберг В. Шаги за горизонт. М.: Прогресс, 1987
118. Heisenberg W. Physics and philosophy. N.-Y., 1958.
119. Born M., Jordan P. Elementare quantenmechanik. Berlin: Springer, 1930
120. Jordan P. Physics of the 20th century. New York, 1944
121. Борн М. Атомная физика. М.: Мир, 1965
122. Dirac P.A.M. The principles of quantum mechanics. Oxford: Clarendon Press, 1930
123. Дирак П.А.М. Собрание научных трудов. Т. 1,2,3. М.: Физматлит, 2002-2004
124. Бройль, Луи де Волны и кванты //Успехи физических наук. 1967. Т. 93. Вып. 9. С. 178 (Compt. Rend. 177, 507 (1923))
125. Бройль, Луи де Кванты света, дифракция и интерференция //Успехи физических наук. 1967. Т. 93. Вып. 9. С. 180 (Compt. Rend. 177, 548 (1923))
126. Бройль, Луи де Кванты, кинетическая теория газов и принцип Ферма //Успехи физических наук. 1967. Т. 93. Вып. 9. С. 182 (Compt. Rend. 177, 630 (1923))
127. Бройль, Луи де По тропам науки. М.: ИЛ, 1962
128. Бройль, Луи де Революция в физике (Новая физика и кванты) М.: Атомиздат, 1965

129. Бройль, Луи де Соотношение неопределенностей Гейзенберга и вероятностная интерпретация квантовой механики. М.: Мир, 1986
130. Шредингер Э. Избранные труды по квантовой механике. М.: Наука, 1976
131. Braginsky V.V., Khalili F. Ya Quantum measurement. Cambridge: Cambridge University Press, 1992
132. Брагинский В.Б., Митрофанов В.П., Панов В.И. Системы с малой диссипацией. М.: Наука, 1981
133. Городецкий М.А. Квантовая оптомеханика: от опытов П.Н.Лебедева до гравитационных антенн. Доклад на методологическом семинаре физического факультета МГУ 26 апреля 2016 г. (также: доклад на заседании Ученого Совета ФИАН им. П.Н.Лебедева 4 апреля 2016 г.)
134. Брагинский В.Б., Манукин А.Б. Измерение малых сил в физических экспериментах. М.: Наука, 1974
135. Вавилов С.И. Давление света, масса и энергия (Памяти П.Н.Лебедева) // Успехи физических наук, 1923. Т. 3. Вып. 2-3. С. 192
136. Фок В.А., Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н. и Бор Н. Можно ли считать квантовомеханическое описание реальности полным? // Успехи физических наук. 1936. Т. 16 . Вып. 4 . С. 436
137. Фок В.А. К статье Никольского "Принципы квантовой механики" // Успехи физических наук. 1937. Т. 17. Вып. 4. С. 552
138. Фок В.А. Об одной статье К.В. Никольского и об его ответе на критику этой статьи // Успехи физических наук. 1938. Т. 19. С. 139
139. Фок В.А. Об интерпретации квантовой механики // Успехи физических наук. 1957. Т. 62. Вып. 4. С. 461

140. Фок В.А. Замечания о статье Бора о его дискуссиях с Эйнштейном // Успехи физических наук. 1958. Т. 66. С. 599
141. Фок В.А. Еще раз о соотношении неопределенностей для энергии и времени (Ответ Ааронову и Бому) // Успехи физических наук. 1965. Т. 86. Вып. 2. С. 363
142. Никольский К.В. Принципы квантовой механики // Успехи физических наук. 1936. Т. 16. С. 1936
143. Никольский К.В. Квантовые процессы. М.-Л.: Гостехиздат, 1940
144. Никольский К.В. Ответ В.А. Фоку // Успехи физических наук. 1937. Т. 17. Вып. 4. С. 554
145. Блохинцев Д.И. Принципиальные вопросы квантовой механики. М.: Наука, 1966
146. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. М.: Наука, 1976
147. Блохинцев Д.И. Квантовая механика. Лекции по избранным вопросам. М.: Атомиздат, 1981
148. Bell J.S. On the Einstein Podolsky Rosen paradox // Physics. 1964. V. 1. N 3. P. 195-200
149. Bell J.S. On the problem of hidden variables in quantum mechanics // Rev. Mod. Phys. 1966. V. 38. P. 448-452
150. Bell J.S. Speakable and unspeakable in quantum mechanics. Cambridge.: Cambridge University Press, 1987
151. Менский М.Б. Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов // Успехи физических наук. 2000. Т. 170. С. 631
152. Менский М.Б. Квантовые измерения, феномен жизни и стрела времени: связь между "тремя великими проблемами" (по

- терминологии Гинзбурга) // Успехи физических наук. 2007. Т. 177. № 4. С. 415
153. Everett H. III Relative state formulation of quantum mechanics // Rev. Mod. Phys. 1957. V. 29. P. 454
154. Wheller J.A., Zurek W.H. (Eds.) Quantum theory of measurement. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1983
155. Храмов Ю.А. Физики. Биографический справочник. М.: Наука, 1983
156. Григорян А.Т. Механика от античности до наших дней. М., Наука, 1974
157. Философский словарь. М.: издательство «Республика», 2001
158. Краткий очерк истории философии. Под ред. М.Т. Иовчука, Т.И. Ойзермана, И.Я. Шипанова. М., Мысль, 1969
159. Боголюбов А.Н. Математики. Механики. Биографический справочник. Киев, Наукова думка, 1983
160. Григорьян А.Т., Зубов В.П. Очерки развития основных понятий механики. М., 1962
161. Гюйгенс Х. Три мемуара по механике. М., 1951
162. Лейбниц Г.В. Сочинения. В 4-х томах. Т. 1 – 4. М., 1982 – 1989
163. Погребысский И.Б. Готфрид Вильгельм Лейбниц. 1646 -1716. М., 1971
164. Feynman R. The character of physical law. London, 1965 (Фейнман Р. Характер физических законов. М., 1987)
165. Эйлер Л. Основы динамики точки. М.-Л., 1938
166. Боголюбов А.Н. Роберт Гук. Москва, 1984
167. Эйлер Л. Новая теория движения Луны. М., 1934
168. Эйлер Л. Письма к немецкой принцессе о различных физических и философских материях. СПб., 2002

169. Эйлер Л. Письма к ученым. М.-Л., 1963
170. Эйлер Л. Исследования по баллистике. М., 1961
171. Даламбер Ж. Динамика. М.-Л., 1950
172. Лагранж Ж. Л. Аналитическая механика. Т. 1 и т. 2. М.-Л., 1950
173. Roll P.G., Krotkov R., Dicke R.H. The equivalence of inertial and passive gravitational mass // *Annals of Physics*. 1964. V. 26. Is. 3. P. 442-517
174. Brans C., Dicke R.H. Math's principle and a relativistic theory of gravitation // *Phys. Rev.* 1961. V. 124. Is. 3. P.925
175. Брагинский В.Б., Панов В.И. Проверка эквивалентности инертной и гравитационной масс // *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. 1971. Т. 61. С. 873-880
176. Брагинский В.Б., Панов В.И. Эквивалентность инертной и гравитационной масс // *Успехи физических наук*. 1971. Т. 105. С. 779
177. Schlamminger S., Choi K.-Y., Wagner T.A., Gundlach J.H., Adelberger E.G. Test on the equivalence principle using a rotation torsion balance // *Phys. Rev. Lett.* 2008. V. 100. 041101
178. Физический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1983
179. Reiss A.G. et al // *Astron. J.* 1998. V. 116. P. 1009
180. Perlmutter S. et al. // *Astrophys. J.* 1999. V. 517. P. 565
181. Чернин А.Д. Темная энергия в ближней Вселенной: данные телескопа "Хаббл", нелинейная теория, численные эксперименты // *Успехи физических наук*. 2013. Т. 183. С. 743
182. Чернин А.Д. Темная энергия и всемирное антитяготение // *Успехи физических наук*. 2008. Т. 178. С. 267

183. Рубаков В.А., Лукаш В.Н. Темная энергия: мифы и реальность // Успехи физических наук. 2008. Т. 178. С. 301
184. Фридман А.А. Избранные труды. М.: Наука, 1966
185. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М.: Наука, 1973
186. Хокинг С., Эллис Дж. Крупномасштабная структура пространства - времени. М.: Мир, 1977
187. Хокинг С. Черные дыры и молодые вселенные. СПб.: Амфора, 2001
188. Лоскутов Ю.М. Роль гравитационных полей в физике звезд и в эволюции Вселенной. М.: Физический ф-т МГУ, 2010
189. Фок В.А. // Теория пространства, времени и тяготения. М., 2007.
190. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. // Теория поля. М., 1988.
191. Вейнберг С. // Гравитация и космология. М., 1975.
192. Эйнштейн А. // Собрание научных трудов. Т.1. М., 1965. С.227.
193. Гильберт Д. // Избранные труды. М., 1998. С. 380; Die Grundlagen der Physik. Math. Ann. 1924. 92. S. 1-32.
194. Эйнштейн А. // Собрание научных трудов. Т.2. М., 1966. С. 514.
195. Лоскутов Ю.М. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астр. 1991. №4. С.49; 2001. №4. С. 29.
196. Логунов А.А., Местверишвили М.А. // Релятивистская теория гравитации. М., 1989.
197. Fronsdal C. // Nuovo Cimento Suppl. 1958. 9. P. 416. Barnes K.J. // J. Math. Phys. 1965. 6. P. 788.
198. Лоскутов Ю.М. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астр. 2003. №4. С. 19; 2006. №3. С. 18.
199. Ильин В.А., Садовничий В.А., Сендов Б.Х. Математический анализ. М., 1979.

200. Лоскутов Ю.М. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астр. 2009. №2. С. 3.
201. Зельдович Я.В. // ЖЭТФ. 1962. 42. С. 641.
202. Gillessen S. et.al. // *Astrophys. J.* 2009. 692. P. 1075.
203. Salpeter E.E. // *Astrophys. J.* 1964. 140. P. 796.
204. Зельдович Я.Б. // Докл. АН СССР. 1964. 155. С. 67.
205. Вялко А.В. // Астрон. журн. 1969. 46. С. 998.
206. Paczynski B. // *Astrophys. J.* 1986. 304. P.1.
207. Alcock C., Akerlof C.W., Allsman R.A. et.al. // *Nature.* 1993. 365. P.621.
208. Захаров А.Ф., Сажин М.В. // УФН. 1998. 168. С.1041.
209. Богданов М.Б., Черепащук А.М. // Астрон. журн. 2002. 79. С. 693; 2004. 81. С. 291.
210. Черепащук А.М. // УФН. 2003. 173. С. 345; Природа. 2006. 10. С. 16.
211. Черепащук А.М. // Природа. 2010. №7. С. 3.
212. Riess A.G. et.al. // *Astron. J.* 1998. 116. P. 1009.
213. Perlmutter S. et.al. // *Astron. J.* 1999. 517. P. 565.
214. Чернин А.Д. // УФН. 2001. 171. №11. С. 1153.
215. Caldwell R.R., Steinhardt P. J. // *Phys. Rev.* 1998. D57. P. 6057.
216. Лоскутов Ю.М. // Вести. Моск. ун-та. Физ. Астр. 2005. №2. С. 7.
217. Иваненко Д.Д., Соколов А.А. // Классическая теория поля. М.-Л. 1949.
218. Riess A.G. et.al. // *Astrophys. J.* 2004. 607. P. 665.
219. Соколов А.А., Лоскутов Ю.М., Тернов И.М. // Квантовая механика. М., 1965; Sokolov A.A., Loskutov Y.M., Ternov I.M. *Quantum Mechanics.* New York, 1966.
220. Alven H., Herlofson K. // *Phys. Rev.* 1950. 78. P. 616.

221. Gardner F.F., Whiteoak J.B. // *Nature*. 1963. 197. P. 1162; *Ann. Rev. Astr. Astrophys.* 1966. 4. P. 245.
222. Burbidge G., Growne A.H. // *Astrophys. J. Suppl.* 1979. 40. P. 583.
223. Clarke J.N., Kronberg P.P., Simard-Normandin M. // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 1980. 190. P. 205.
224. Spinrad H. et.al. // *Pub. Astron. Soc. Pacific*. 1985. 97. P. 932.
225. Nodland B., Ralston J.P. // *Phys. Rev. Lett.* 1997. 78. P. 3043.
226. Carrol S.M., Field J.B. // *Phys. Rev. Lett.* 1997. 79. P. 2394.
227. Лоскутов Ю.М. // *ЖЭТФ*. 1995. 107. С. 283.
228. Лоскутов Ю.М. // *ЖЭТФ*. 1998. 113. С. 1921.
229. Брагинский В.Б., Руденко В.Н. Релятивистские гравитационные эксперименты // *Успехи физических наук*. 1970. Т. 100. Вып. 3. С. 395
230. Брагинский В.Б., Биленко И.А., Вятчанин С.П. и др. Дорога к открытию гравитационных волн // *Успехи физических наук*. 2016. Т. 186. № 9. С. 968
231. Богуш А.А. Очерки по истории физики микромира. Минск, 1990
232. Tetrode H. Die chemische Konstante der Gase und das elementare Wirkungsquantum (The chemical constant of gases and the elementary quantum of action)// *Annalen der Physik*. 1912. **38**. P. 434–442.
233. Tetrode H. Berichtigung zu meiner Arbeit: "Die chemische Konstante der Gase und das elementare Wirkungsquantum" (Correction to my work: "The chemical constant of gases and the elementary quantum of action").// *Annalen der Physik*. 1912. 39. P. 255–256.

234. Sackur O. Die Anwendung der kinetischen Theorie der Gase auf chemische Probleme (The application of the kinetic theory of gases to chemical problems) // *Annalen der Physik*. 1911. **36**. P. 958–980.
235. Sackur, O. Die Bedeutung des elementaren Wirkungsquantums für die Gastheorie und die Berechnung der chemischen Konstanten (The significance of the elementary quantum of action to gas theory and the calculation of the chemical constant), *Festschrift W. Nernst zu seinem 25jährigen Doktorjubiläum gewidmet von seinen Schülern* (Halle an der Salle, Germany: Wilhelm Knapp, 1912), pages 405–423.
236. Sackur O. (1913) Die universelle Bedeutung des sog. elementaren Wirkungsquantums (The universal significance of the so-called elementary quantum of action) // *Annalen der Physik*. 1913. **40**. P. 67–86.
237. Николаев П.Н. // Успехи физических наук 2011. Т. 161. № 11. С. 1201.
238. Базаров И.П., Николаев П.Н. Рождение статистической физики // В сб. «История и методология естественных наук». Вып. 30: физика. М.: изд-во Московского университета, 1983. С. 9
239. Николаев П.Н. О закономерностях развития физики. В сборнике «История и методология естественных наук. Выпуск XXXVII. Физика. М.: издательство Московского университета, 1992. С. 154
240. Базаров И.П., Николаев П.Н. Почему вероятность входит в физику? // Вопросы философии 1986. № 12. С. 142
241. История математики с древнейших времен до начала XIX столетия. Под ред. А.П. Юшкевича. Т. 1. М., Наука, 1972.
242. Бурбаки Н. Очерки по истории математики. Перевод с франц. И.Г. Башмаковой. Под ред. К.А. Рыбникова. М., ИЛ 1963

243. Рыбников К.А. История математики. М.: Издательство Московского университета, 1994.
244. История математики с древнейших времен до начала XIX столетия. Т. 2. М., 1970
245. Dugas R. Histoire de la mecanique. Paris, 1950
246. Гельфер Я.М. История и методология термодинамики и статистической физики. М., Высшая школа, 1981
247. Фейнберг Е.Л. Игорь Евгеньевич Тамм // Успехи физических наук. 1995. Т. 165. № 7. С. 811
248. Кеезом В. Гелий. М.: ИЛ, 1949
249. Доунт Дж.Г., Смит Р.С. Современное состояние проблемы жидкого гелия // Успехи физических наук. 1955. Т. 56. Вып. 3. С. 349
250. Ишханов Б.С., Капитонов И.М., Юдин Н.П. Частицы и атомные ядра. М.: URSS, 2013
251. Власов А.А. О вибрационных свойствах электронного газа // ЖЭТФ. 1938. Т. 8. Вып. 3. С. 291
252. Власов А.А. О вибрационных свойствах электронного газа // Успехи физических наук. 1967. Т. 93. Вып. 11. С. 444
253. Vlasov A. On the kinetic theory of an assambly of particles wth collective interaction // Journal of Physics (Moscow). 1945. V. 9. N. 1. P. 25
254. Vlasov A. Many-particle theory and its applications to plasma. New York: Gordon and Breath, 1961
255. Легgett Э.Дж. Сверхтекучий ^3He : ранняя история глазами теоретика // Успехи физических наук. 2004. Т. 174. № 11. С. 1256
256. Померанчук И.Я. К теории жидкого гелия-3 // ЖЭТФ. 1950. Т. 20. С. 919

257. Ричардсон Р.К. Эффект Померанчука // Успехи физических наук. 1997. Т. 167. № 12. С. 1340
258. Математическая энциклопедия. Т. 1 - 5. М., 1977-1985
259. Антология мировой философии. Т. 1 - 4. М., 1969 -1972
260. Voltaire F. Lettres philocophigues. London. V. 2., 1909
261. Вольтер. Философские сочинения. М., 1988
262. Mach E. Die Principien der Wärmelehre. Leipzig, 1900
263. Figuiet L. Les Merveilles de la science. Т. 1. Paris, 1867
264. Лакур П., Аппель Я. Историческая физика. Одесса, 1908
265. Крыжановский Л.Н. Питер ван Мюссенбрук // УФН 1991. Т. 161. Вып. 3. С. 155
266. Cavendish H. The electrical researches. Cambridge, 1879
267. Coulomb С.А. de Vier abhandlungen über die Electricität und den Magnetismus. Leipzig, 1890
268. Mémoires de mathématique et de physique présentés à l'Academie Royale des Sciences, par divers savants, 1785 (publ. Paris, 1788), p. 569-611
269. Эпинус Ф.У.Т. Теория электричества и магнетизма. М. -Л., 1951
270. Bouguer P. Traité d'optique sur la gradation de la lumière. Paris, 1760
271. Бугер П. Оптический трактат о градации света. Ленинград, 1950
272. Ломоносов М.В. Полное собрание сочинений. М.-Л., 1950-1983
273. Френель О. Избранные труды по оптике. М., 1955
274. Академик В.В. Петров. М.-Л., 1940
275. Ампер А.М. Электродинамика. М.-Л., 1954
276. Jones B. The life and letters of Faraday. Vol. 1. London, 1870

277. Фарадей М. Экспериментальные исследования по электричеству. Т. 1-3. М.-Л., 1947-1959
278. Ленц Э.Х. Избранные труды. М.-Л., 1950
279. Второе начало термодинамики. Сб. статей под ред. А.К.Тимирязева. М.-Л., 1934
280. Carnot S. Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance. Paris, 1824
281. Майер Ю.Р. Закон сохранения и превращения энергии: Четыре исследования 1841-1851. М.-Л., 1933
282. Mayer J.R., von // Annalen der Chemie und Pharmacie 1842. Bd. XVII. Heft 2. S. 233 -240 (Heidelberg)
283. The scientific papers of James Prescott Joule. Vol. 1 -2. London, 1884-1887
284. Wissenschaftliche Abhandlungen von Hermann Helmholtz. Bd. 1-3. Leipzig, 1882 - 1895
285. Гельмгольц Г. О сохранении силы. М.-Л., 1934
286. Rankin W. Miscellaneous scientific papers. London, 1881
287. Thomson W. Mathematical and physical papers. Vol. 1-3. Cambridge, 1882-1884
288. Clausius R. Abhandlungen über die mechanische Wärmttheorie. Bd. 1-3. Braunschweig, 1879-1891
289. Nernst W. Die theoretischen und experimentellen Grundlagen des neuen Wärmesatzes. Halle, 1918
290. Нернст В. Теоретические и опытные основания нового теплового закона. М., 1929
291. Основатели кинетической теории материи. Под редакцией А.К.Тимирязева. М.-Л., 1937

292. Clausius R. Über die Art der Bewegung, die wir Wärme nennen // Annalen der Physik 1857 Bd. 176 (Bd. 100). N 3. S. 353-379
293. Clausius R. Über die Wärmeleitung gasförmiger Körper // Annalen der Physik 1862 Bd. 191 (Bd. 115). N 1. S. 1-57
294. Clausius R. Ueber verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie // Annalen der Physik 1865 Bd. 201 (Bd. 125). N 7. S. 353-400
295. Maxwell J. Cl. Illustrations on the dynamical theory of gases // The Philosophical Magazine. Ser. 4. 1860. Vol. 19, pp. 19-32; vol. 20, pp. 21-37
296. The scientific papers of James Clerk Maxwell. Vol. 1-2. Cambridge University Press, 1890
297. Maxwell J. Cl. On the dynamical theory of gases // Philosophical Transactions of the Royal Society of London 1867. Vol. 157. P.49
298. Boltzmann L. Wissenschaftliche Abhandlungen. Bd. 1 - 3. Leipzig, 1909
299. Boltzmann L. Vorlesungen über Gastheorie. T. 1-2. Leipzig, 1896-1910
300. Boltzmann L. Populäre Schriften. Leipzig, 1905
301. Больцман Л. Лекции по теории газов. М., 1956
302. Больцман Л. Избранные труды. М., 1987
303. Гиббс Д.В. Термодинамика и статистическая физика. М., 1982
304. Gibbs J.W. Elementary principles in statistical mechanics, developed with especial reference to the rational foundation of thermodynamics. New York, 1902
305. Максвелл Д.К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. М., 1952

306. Maxwell J.C. *A treatise on electricity and magnetism*. Vol. 1-2. Cambridge, 1973
307. Максвелл Д.К. Трактат по электричеству и магнетизму. М., 1989
308. Герц Г. Р. 50 лет волн Герца. М.-Л., 1938.
309. Из предыстории радио. М.-Л., 1948
310. Лебедев П.Н. Собрание сочинений. М., 1963
311. Thomson J.J. Cathode rays // *Philosophical Magazine*. Ser. 5 1897. Issue 269. P. 293-316
312. Lorentz H.A. *The theory of electrons and its applications to the phenomena of light and radiant heat*. Leipzig, 1909
313. Лоренц Г. Теория электронов и ее применение к явлениям света и теплового излучения. 2-е изд. М., 1956
314. Drude P. // *Annalen der Physik* 1900. В. 1(306). S. 566; В. 3(308). S. 369
315. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. Т. 1. М., 1979
316. 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
317. Гутер Р.С., Полунов Ю.Л. От абака до компьютера. М.: Знание, 1981
318. Николаев П.Н., Николаева О.П. История и методология физики. Т. 2. Предыстория физики. М., 2014 (Nikolaev P.N., Nikolaeva O.P. *History and methodology of physics. Volume 2. Prehistory of physics*. Moscow, 2014)
319. Николаев П.Н., Николаева О.П. История и методология физики. Т. 3. История классической физики. М, 2015 (Nikolaev

P.N., Nikolaeva O.P. History and methodology of physics. Volume 3. History of classical physics. Moscow, 2015)

Приложение I

Николаев П.Н.

ПЕТР НИКОЛАЕВИЧ ЛЕБЕДЕВ И РАЗВИТИЕ ФИЗИКИ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ (к 150-летию со дня рождения)

Доклад на Ученом Совете физического факультета МГУ
27 октября 2016 года

(Заседание, посвященное 150-летию со дня рождения
Петра Николаевича Лебедева (совместно с Физическим
институтом имени П.Н.Лебедева РАН))

Пленарный доклад на XXIV Международной конференции
"Электромагнитное поле и материалы (фундаментальные
физические исследования)" 18 ноября 2016 года, Москва¹

В работе исследовано влияние деятельности выдающегося
русского физика Петра Николаевича Лебедева на развитие
физики в Московском университете.

Ключевые слова: история науки, философия науки.

P.N.Nikolaev

PETR NIKOLAEVICH LEBEDEV AND THE DEVELOPMENT OF PHYSICS IN MOSCOW UNIVERSITY

The influence of the activities of a prominent Russian physicist Petr
Nikolaevich Lebedev on the development of physics in the University
of Moscow is investigated.

Key words: history of science, philosophy of science

¹ Сборник "Материалы XXIV Международной конференции "Электромагнитное поле и материалы (Фундаментальные физические исследования)". М.: ИНФРА-М, с. 7.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| Введение | 145 |
| 1. Коренные перемены в преподавании физики и научных исследованиях в Московском университете во второй половине XIX века | 146 |
| 2. П.Н.Лебедев и А.Г.Столетов. Первые годы в Московском университете | 149 |
| 3. П.Н.Лебедев и Н.А.Умов. Проект Физического института при Московском университете | 150 |
| 4. Давление света | 151 |
| 5. XX век | 152 |
| Заключение | 156 |
| Литература | 159 |



27 октября 2016 года
Фото С. Савкина

Введение

В 2016 году исполнилось 150 лет со дня рождения выдающегося русского физика Петра Николаевича Лебедева. Он обладал исключительно широкими научными интересами: природа молекулярного взаимодействия, пондеромоторное действие волн на резонаторы, световое давление, астрофизика, X-лучи, радиоактивность и многое другое. Мировую известность П.Н.Лебедеву принесли исследования по определению светового давления на твердые тела и газы.

Не менее важной областью деятельности П.Н.Лебедева явилась подготовка учеников (в количестве, не виданном до этого не только в Московском университете, но и в России), которые обеспечили преемственность его исследований. Поэтому его называют

основателем научной школы физиков, которая оказала большое влияние на развитие этой науки в России.

Многие из учеников П.Н.Лебедева работали в Московском университете и в дальнейшем определили ведущие позиции университета в данной области. Ряд из них стал в свою очередь, следуя своему учителю, также

основателями собственных научных школ.



Многие аспекты деятельности П.Н.Лебедева были обусловлены коренными изменениями, которые произошли в Московском университете во второй половине XIX века. Кроме того, П.Н.Лебедев работал в тесном контакте сначала с А.Г.Столетовым, а затем с Н.А.Умовым. Большое влияние оказали и внешние факторы, обстановка в университете и стране, которые сложились в конце XIX - начале XX века.

1. Коренные перемены в преподавании физики и научных исследованиях в Московском университете во второй половине XIX века



Мемориальная доска Петру Николаевичу Лебедеву
на старом здании Московского университета
Октябрь 2016 года

Во второй половине XIX века в Московском университете происходят радикальные изменения в преподавании физики.

М.Ф.Спасский
(заведовал

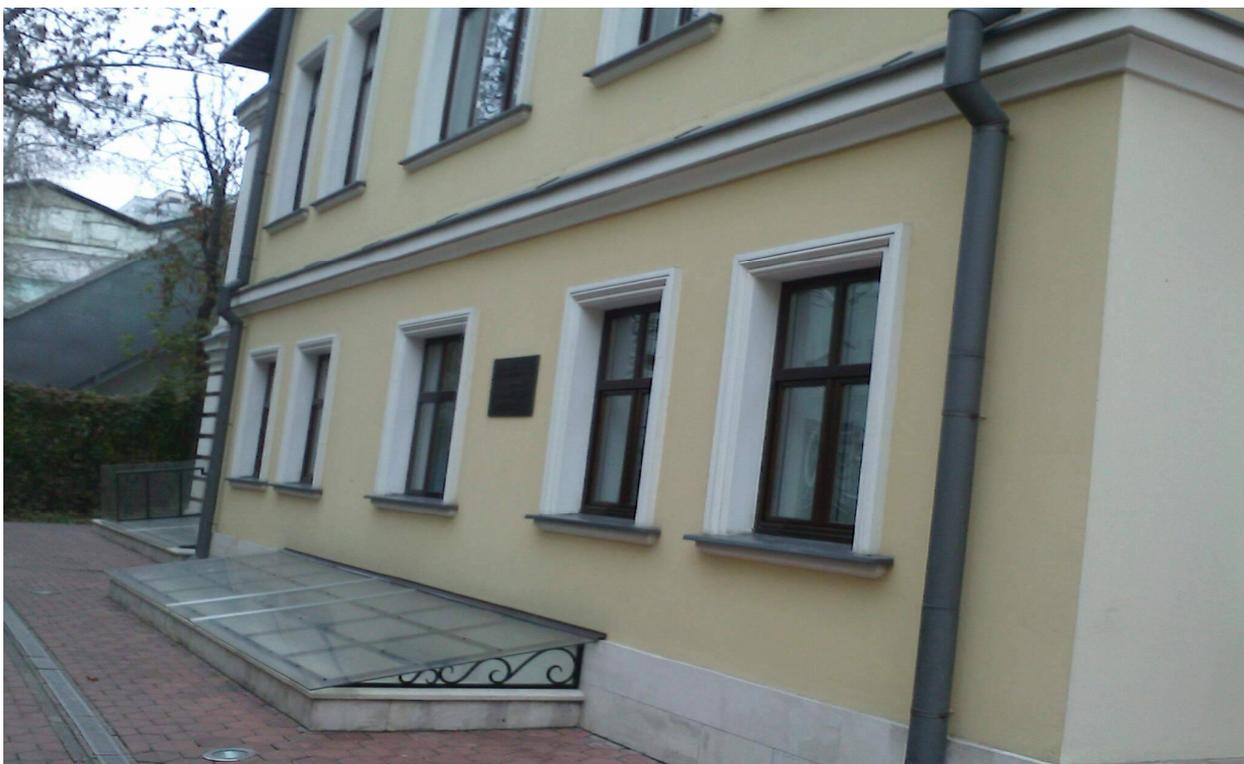
кафедрой в 1839-1859 годах) установил следующий порядок в преподавании физики: для студентов первого курса читалась опытная физика, а для студентов третьего и четвертого курсов - математическая физика. После того, как Фуко поставил свой опыт с

маятником в 1851 году, М.Ф.Спасский в том же году повторил этот опыт в Московском университете, что вызвало широкий не только научный, но и общественный интерес.

Что касается Н.А.Любимова (заведовал кафедрой в 1859-1882 годах), то, как писал впоследствии Н.А.Умов, «он сразу поднял преподавание физики в Московском университете своим талантливым изложением, популяризацией науки и стремлением довести преподавание до уровня, с которым он познакомился в своей заграничной поездке». В 1871 году Н.А.Любимов и А.Г.Столетов направили мотивированное представление Совету университета о необходимости открытия лаборатории. В 1872 году физическая лаборатория была создана.



Николай Алексеевич Любимов



Здание («ректорский домик»), в котором была открыта в 1872 году первая физическая лаборатория в Московском университете. Октябрь 2016 г.

Во время заведования кафедрой А.Г.Столетовым (1882-1893) проводятся регулярные научные исследования в лаборатории. На кафедре в 1884 году появляется еще один профессор - А.П.Соколов, ученик А.Г.Столетова.

С приходом на кафедру Н.А.Умова (заведовал кафедрой в 1893 - 1911 годах) на кафедре (до смерти А.Г.Столетова в 1896 году) работали уже три профессора.

В результате возможности кафедры по преподаванию физики и проведению научных исследований расширяются. Расширяется и тематика научных исследований.



Александр Григорьевич Столетов

2. П.Н.Лебедев и А.Г.Столетов. Первые годы в Московском университете

В 1891 году П.Н.Лебедев защищает докторскую диссертацию "Об измерении диэлектрических постоянных паров и о теории диэлектриков Моссо-Клаузиуса" в Страсбургском университете и в том же году возвращается в Москву. Через своего друга по Страсбургу Б.Б.Голицына П.Н.Лебедев связался с А.Г.Столетовым, и тот пообещал принять его на работу в качестве внештатного ассистента. Зачисление состоялось 18 марта 1892 года.

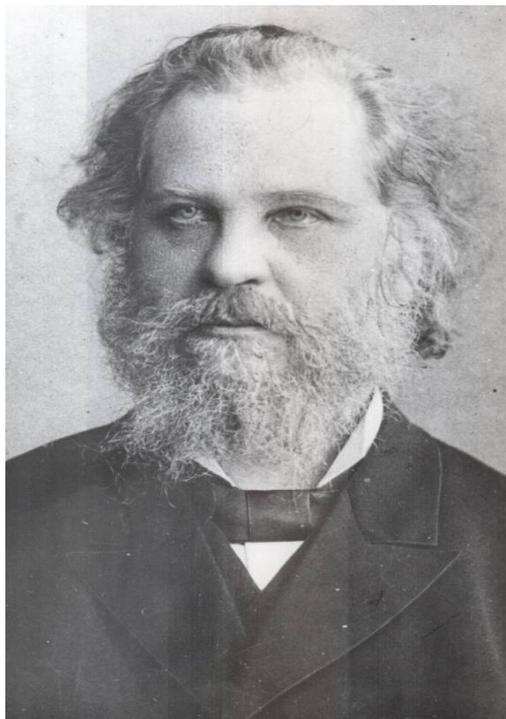
А.Г.Столетов предоставил П.Н.Лебедеву возможность устроить для своих исследований маленькую лабораторию. В то время физическая лаборатория помещалась на втором этаже двухэтажного здания во дворе университета на Моховой улице, 11 (ректорский дом, бывший дом Волконских).

П.Н.Лебедев сразу же приступил к созданию лаборатории и исследованиям. В 1895 году он впервые создал комплекс устройств для генерирования и приема миллиметровых электромагнитных волн с длиной 6 и 4 мм, установил их отражение, двойное преломление, интерференцию и т.д. В 1896 году им создается рентгеновская установка и проводятся исследования с X-лучами.

С 1894 по 1897 годы, с перерывами, П.Н.Лебедев исследует механическое действие волн на резонаторы.

3. П.Н.Лебедев и Н.А.Умов. Проект Физического института при Московском университете

В 1897 году Н.А.Умов, А.П.Соколов, П.Н.Лебедев совместно с архитектором Е.М.Быковским подготовили проект Физического института. Здание института было официально открыто в 1903 году.



**Николай Алексеевич
Умов**

Успешно прочитав несколько обязательных публичных лекций, в 1896 году П.Н.Лебедев становится приват-доцентом.

В 1896 году А.А.Беккерель открывает естественную радиоактивность. А уже в 1897-1898 годах П.Н.Лебедев занимается исследованием лучей Беккереля.

Свою диссертацию "Экспериментальные исследования пондеромоторного действия волн на резонаторы" он представил в 1899 году на соискание ученой степени магистра физики. Н.А.Умов и А.П.Соколов рекомендовали Совету университета присудить Лебедеву ученую степень доктора наук, минуя степень магистра. 28 февраля 1900 года П.Н.Лебедева утвердили экстраординарным профессором Московского университета.



Здание, открытое в 1903 году как Физический институт при Московском университете. Октябрь 2016 года.

4. Давление света

В 1899 году П.Н.Лебедев проводит эксперименты по определению давления света на твердые тела. 17 мая 1899 года он сделал доклад об экспериментальном доказательстве существования светового давления Обществу естествоиспытателей в Лозанне (Швейцария).



**Сергей Иванович
Вавилов**

На Международном конгрессе физиков в Париже в 1901 году им также был сделан доклад. В том же году в "ЖРФХО" вышла статья П.Н.Лебедева "Опытное исследование светового давления".

Работы П.Н.Лебедева по световому давлению вызвали широкий международный резонанс. Его статья была перепечатана во многих журналах. П.Н.Лебедев получил известность и признание. С.И.Вавилов писал: «... работы Лебедева по световому давлению – это не отдельный эпизод, но важнейший экспериментальный узел, определивший развитие теории относительности, теории квантов и современной астрофизики... . Не только историк, но исследователь-физик еще долго будут прибегать к работам П.Н. Лебедева как к живому источнику».

5. XX век

Когда было построено новое здание, предназначенное специально для физического института Московского университета, Н.А.Умов, А.П.Соколов и П.Н.Лебедев согласились учредить при институте три отделения и разделить на равные части ассигнованные на лабораторные исследования средства. Но собрание заведующих учебно-вспомогательными учреждениями университета отклонило этот проект и выделило на оборудование отделения П.Н.Лебедева всего 583 рубля.



М.В. Ломоносов

В 1904 году П.Н.Лебедеву дана была премия Академии наук, которая давалась российским ученым за наилучшие достижения, и одновременно его избрали членом-корреспондентом Российской Академии наук.

21 июня 1906 года П.Н.Лебедев получил звание ординарного профессора Московского университета. К концу 1907 года, преодолев большие сложности, он осуществил серию экспериментов по измерению сил светового давления на газы.

В знак протеста против действия министра просвещения, уволившего ректора университета и его помощника, которые фактически отказались выполнять циркуляр, обязывающий администрацию российских университетов незамедлительно сообщать в органы полиции о политических сходках студентов в стенах учебных заведений, из Московского университета ушел ряд профессоров и сотрудников. После долгих и мучительных раздумий ушел и П.Н.Лебедев.

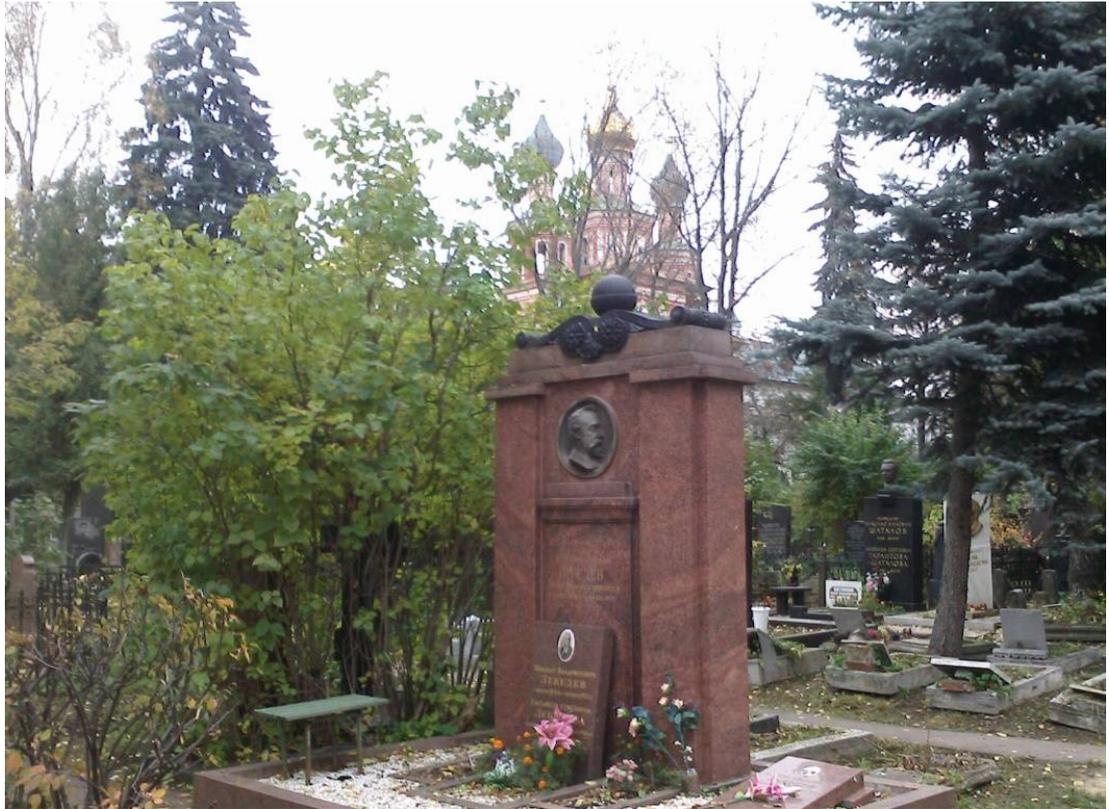
В 1911 году отмечалось двухсотлетие со дня рождения М.В.Ломоносова. В связи с этим П.Н.Лебедев опубликовал статью "Памяти первого русского ученого". В завершении статьи он писал:

"Заботясь об успехах науки, общество будет заботиться о себе самом...".

Петр Николаевич принял предложение Городского университета имени А.Л. Шанявского и на частные средства организовал новую физическую лабораторию. В подвале частного дома (Мертвый переулок) были продолжены исследования, начатые еще в Московском университете, в том числе по изучению природы геомагнетизма. Но состояние здоровья ученого ухудшилось. Он отправляется на лечение в Гейдельберг, оставив лабораторию на попечение своего помощника П.П.Лазарева.

Возвратившись в Москву, П.Н.Лебедев начинает активно пропагандировать идею о создании Московского научного института по типу "Клинического городка", построенного в Москве на частные пожертвования. План нового здания был разработан П.Н.Лебедевым при участии архитектора А.Н.Соколова. Его воздвигли на Миусской площади уже после смерти ученого.

14 марта 1912 года П.Н.Лебедев умер. Он похоронен на Новодевичьем кладбище.



**Могила П.Н.Лебедева на Новодевичьем кладбище.
Октябрь 2016 года.**

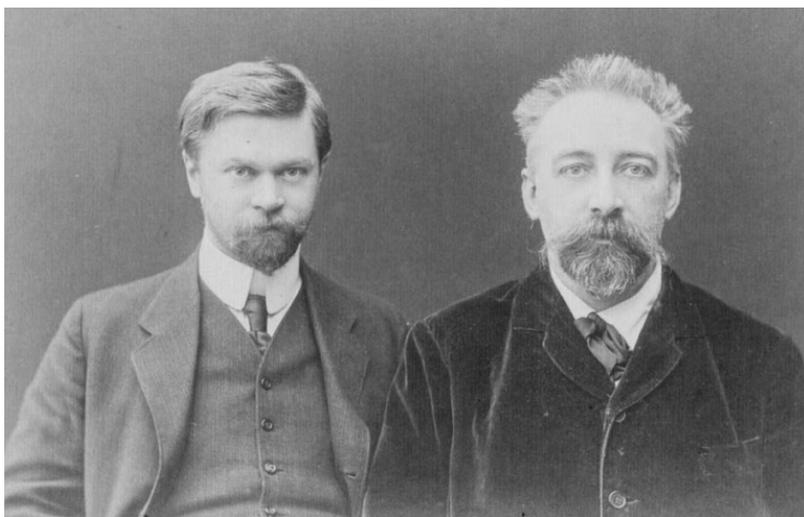
Заключение

Первыми учениками П.Н.Лебедева были П.Б.Лейберг, В.Я.Альтберг, В.Д.Зернов, Н.П.Неклепаев, Н.А.Капцов, Т.П.Кравец, А.Р.Колли, В.И.Романов. Н.А.Капцов писал: "П.Н.Лебедев принадлежал к тем людям, которые не только сами двигают науку вперед, но и вовлекают в эту работу молодое поколение". В начале XX века их число значительно возрастает.



Николай Александрович Капцов

В 1905 году в лабораторию к П.Н.Лебедеву приходит П.П.Лазарев, выпускник медицинского факультета Московского университета (1901). В 1903 году он сдал экстерном экзамены за физико-математический факультет.



П.Н.Лебедев и П.П.Лазарев

П.П.Лазарев становится помощником и сподвижником П.Н.Лебедева. После смерти П.Н.Лебедева он сохранил его Московскую школу физиков.

Х.А.Лоренц, лауреат Нобелевской премии по физике за 1902 год, писал: «Я считал его одним из первых и лучших физиков



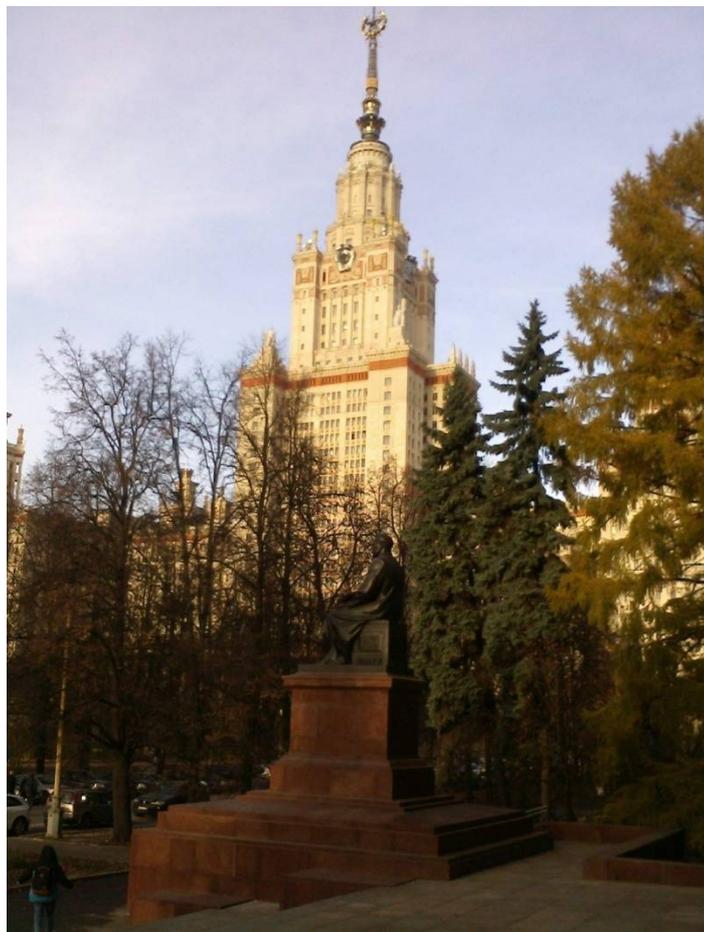
Хендрик Антон Лоренц

нашего времени и восхищался тем, как он в последний год при неблагоприятных условиях сумел поддержать в целости основанную им Московскую школу и нашел возможность продолжить общую работу...».

В дальнейшем целый ряд учеников П.Н.Лебедева, а также учеников "во втором поколении", работали в Московском университете и во многом определили здесь характер развития физики.

Памятник П.Н. Лебедеву
перед физическим
факультетом
МГУ.

Октябрь 2016 года.





**Улица Лебедева.
Октябрь 2016 года.**

Литература

1. Лебедев П.Н. Собрание сочинений. Под ред. Т.П.Кравца и др. М.: изд-во АН СССР, 1963.
2. Николаев П.Н. Михаил Васильевич Ломоносов - наш первый университет //УФН, 2011, т. 181 - № 11. - С. 1195 - 1200.
3. Николаев П.Н., Николаева О.П. История и методология физики. Т. 3. М., 2015.

References

1. Leberov P.N. Sobranie Sochinenii (Collected Works). Eds. T.P.Kravets et al. Moscow: izd. AN SSSR, 1963.
2. Nikolaev P.N. Mikhail Vasil'evich Lomonosov, our first university // Physics - Uspekhi, 2011, vol. 54 - N 11. - 1155 - 1160.
3. Nikolaev P.N., Nikolaeva O.P. History and methodology of physics. Vol. 3. Moscow, 2015.

Приложение II

Базаров И.П., Николаев П.Н., Моисеева Г.В.

Николай Николаевич Боголюбов и физический факультет МГУ: 40-е годы

(Статья впервые опубликована в журнале "Физическая мысль
России" (1998), № 1, с. 36)

55 лет назад на кафедру теоретической физики физического факультета МГУ пришел работать возвратившийся из эвакуации профессор кафедры математической физики Киевского государственного университета Николай Николаевич Боголюбов [1, 2], избранный в 1939 году членом-корреспондентом АН УССР [3, 4]. При поступлении на факультет Н.Н.Боголюбов указывает в личном листке по учету кадров в качестве предыдущего места работы Уфимский авиационный институт и Уфимский педагогический институт, где он заведовал кафедрами математического анализа (с июля 1941 по август 1943 года) [4].

Н.Н.Боголюбов начал официально работать на кафедре теоретической физики с 1 ноября 1943 года, а приказ о его зачислении вышел лишь 18 декабря (№ 337 по МГУ): «Зачислить члена-корреспондента АН УССР доктора физико-математических наук Боголюбова Н.Н. с 1/X1-43г. на должность профессора кафедры теоретической физики физического факультета с окладом 1750

рублей в месяц» [1]. Факт работы в МГУ именно с этого времени подтверждает и сам Н.Н.Боголюбов в своем обращении от 27 марта 1953 года к заведующему Архивом МГУ: «Прошу дать справку о моем трудовом стаже согласно данным, имеющимся в Вашем архиве. Сообщаю, что я работал в МГУ в качестве профессора кафедры теоретической физики с X. 1943г. по 1948(7). Поэтому у Вас должны быть соответствующие документы как о моей работе в МГУ, так и справки о предшествующем стаже работы» [5].

Соответствующая архивная справка Н.Н.Боголюбову была выдана и ее копия хранится в Архиве МГУ: «Выдана Боголюбову Н.Н. в том, что с он 1.XI. 1943г. был зачислен на должность профессора кафедры теоретической физики физического факультета МГУ с окладом 1750 руб. в месяц. С 1.IV. 1946г. переведен на должность профессора по совместительству той же кафедры на 1/2 ставки (оклад 2250 рублей в месяц). С 1.IX. 1948г. переведен на почасовую оплату. Основание: приказ по МГУ №337 от 18.XII.1943 года, №162 от 10.IV.1946г. и №127 от 21.VII.1949г.» [6].

Приведенные архивные документы устраняют, с нашей точки зрения, имеющиеся в литературе разночтения о времени начала работы Н.Н.Боголюбова в МГУ [8].

Крупнейшим вкладом Н.Н.Боголюбова в статистическую термодинамику неидеальных классических систем является его всемирно известная монография «Проблемы динамической теории в статистической физике» [9] (1946), которой предшествовали ряд работ, где Боголюбов прямо или косвенно затронул проблемы данной монографии. Данная работа была выполнена Н.Н.Боголюбовым, как мы покажем ниже, во время работы на физическом факультете МГУ.

Ко времени прихода Н.Н.Боголюбова на физический факультет уже произошло его окончательное организационное оформление, относящееся к 1937-1938 годам, когда была введена штатно-окладная система (сам факультет образовался в 1933 году) [10]. С этого времени факультет стал обеспечивать преподавание физики на всех факультетах университета. Большой вклад в укрепление факультета внес чл.-корр. А.С.Предводителев, бывший деканом факультета с 1937 по 1946 гг.

В 1938-1940 гг. прием на факультет составил 170 человек, а общее число студентов достигло 770. В первые годы Великой отечественной войны число обучающихся на факультете уменьшилось до 200-300 человек. Но уже в 1943г. количество студентов на факультете стало возрастать. В 1950г. оно составило 830 человек.

После возвращения из эвакуации в 1943 году на должность заведующего кафедрой теоретической физики по конкурсу был избран А.А.Власов. Но в 1944 году на должность заведующего кафедрой без конкурса зачисляется В.А.Фок. В результате возникшего конфликта он оставляет эту должность, а в 1945 году были утверждены результаты избрания А.А.Власова на должность заведующего кафедрой [11].

До 1946 года Н.Н.Боголюбов написал ряд работ по теории стохастических процессов и по применению к ним асимптотических методов. Перед войной вышли его две первые работы на эту тему [12, 13]. Следующие работы в этой области (и вообще печатные научные работы, не считая английского перевода книги «Введение в нелинейную механику» 1943 года) были опубликованы в 1945 году [14-17].

В работе «О влиянии случайной силы на гармонический вибратор» [14] на простом примере гармонического вибратора, находящегося под действием силы, представленной суперпозицией некогерентных синусоидальных колебаний с непрерывным спектром, Н.Н.Боголюбов показал, что один и тот же процесс, в зависимости от характера применяемой аппроксимации, может представляться весьма различным образом — как чисто причинный динамический процесс, как процесс стохастический, описываемый уравнением типа Фоккера-Планка, и, наконец, процесс не являющийся ни динамическим, ни стохастическим.

В 1945г. также вышла работа «О некоторых предельных распределениях для сумм, зависящих от произвольных фаз» [15]. В ней рассматриваются случайные величины вида

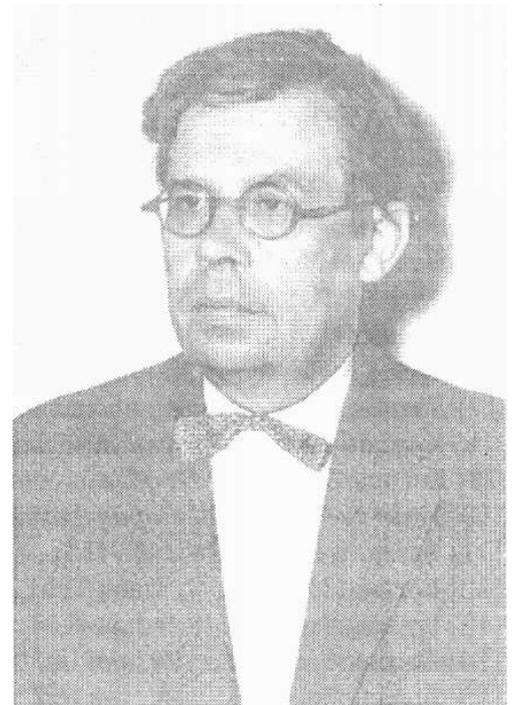
$$x_v = \sum_{n=1}^N (a_{n,v} \cos \phi_n + b_{n,v} \sin \phi_n), v = 1, 2, \dots, m,$$

где ϕ_n — независимые случайные фазы, равномерно распределенные по окружности; $a_{n,v}, b_{n,v}$ — данные вещественные числа,

зависящие от N . Н.Н.Боголюбов показал в этой работе, что при $N \rightarrow \infty$ математическое ожидание некоторой

функции от этих случайных величин стремится к определенному значению и вычислил его.

В работе «О некоторых статистических методах в математической физике» [16] Н.Н.Боголюбов рассматривает один из основных методов, используемых в нелинейной механике для получения



Николай Николаевич Боголюбов

приближенных решений, который состоит в приведении дифференциальных уравнений колебательного процесса к особой форме, в которой производные неизвестных функций по времени оказываются пропорциональными некоторому малому параметру, и в применении к этой форме процесса усреднения. В результате удалось рассмотреть некоторые предельные распределения для сумм, зависящих от произвольных фаз: влияние случайной силы на гармонический вибратор, элементарный пример установления статистического равновесия в системе, связанной с термостатом.

И, наконец, в 1945 году вышла работа «Статистическая теория возмущения» [17], в которой Н.Н.Боголюбов указывает на одну форму теории возмущений, с помощью которой можно получать статистические уравнения для классических и квантовых динамических систем, в частности, удается получить квантовый аналог уравнения Фоккера-Планка.

Все эти работы, написанные в 1944-1945 годах, за исключением [16], Н.Н.Боголюбов подписывал как сотрудник кафедры теоретической физики Московского университета. Ни в одной из них нет ссылок на специальные книги или статьи по статистической механике.

В 1946 году в ЖЭТФ вышли две работы Н.Н.Боголюбова — «Разложение по степеням малого параметра в теории статистического равновесия» [18] и «Кинетические уравнения» [19], которые фактически отражали содержание двух основных частей его монографии «Проблемы динамической теории в статистической физике» [9] — равновесной и неравновесной. И эти две работы Н.Н.Боголюбов представил как сотрудник Московского университета.

Основопологающей работе Н.Н.Боголюбова «Проблемы динамической теории в статистической физике» посвящено много исследований. Здесь нам хотелось бы отметить тот факт, что предисловие данной книги завершается словами благодарности в адрес А.А.Власова: «В заключение считаю своим долгом выразить здесь свою благодарность проф. А.А.Власову, беседы с которым значительно способствовали автору в уяснении им физической стороны рассматривавшихся проблем» [20].

Н.Н.Боголюбов выступает в 1946 году с докладом на собрании Отделения физико-математических наук по микроскопическому объяснению явления сверхтекучести (изложение содержания доклада было дано в статье, вышедшей в 1947 году [24]). В этой работе он впервые показал, что явление сверхтекучести в бозе-системах со слабым взаимодействием обусловлено появлением в системе конденсата. Для диагонализации квантовой части гамильтониана здесь было применено каноническое преобразование, известное в настоящее время как преобразование Боголюбова.

Таким образом «впервые была построена микроскопическая теория сверхтекучести, которая позволила последовательно описать энергетический спектр сверхтекучей системы и объяснить соотношение между сверхтекучим и нормальным состояниями» [3].

В 1947 году Н.Н.Боголюбов совместно со своим аспирантом К.П.Гуровым опубликовал работу «Кинетические уравнения в квантовой механике» [20]. Эта работа стала естественным продолжением монографии «Проблем динамической теории в статистической физике» [1].

Замкнутая система гидродинамических уравнений, исходя непосредственно из уравнения Лиувилля, была построена Н.Н.Боголюбовым в 1948 году [25].

После начала работы на физическом факультете МГУ Н.Н.Боголюбову уже в январе 1944г. (приказ по МГУ № 9 от 1.01.44г.) была объявлена благодарность как особо отличившемуся и он был премирован в размере должностного оклада [21]. В 1944г. выходит Указ Президиума Верховного Совета СССР о награждении орденами и медалями работников высшей школы. Среди награжденных орденом «Знак Почета» был и Н.Н.Боголюбов [22]. В следующем 1945 году Н.Н.Боголюбов был награжден еще одним орденом «Знак Почета» и медалью «За трудовую доблесть» [3]. За исследования в области нелинейной механики и статистической физики в 1947 году Н.Н.Боголюбову была присуждена Сталинская премия первой степени [2] с формулировкой: «За научные работы в области статистической физики: «О некоторых методах в математической физике», «Проблемы динамической теории в статистической физике», опубликованные в 1945 и 1946гг.» [23]. В том же году он избирается членом корреспондентом АН СССР [2, 7].

В 1949 году Н.Н.Боголюбов становится заведующим отделом в Математическом институте имени В.А.Стеклова [2].

Литература

- [1] *Архив МГУ*. Фонд № о/к., опись №2, ед. хр. 914, л.14.
- [2] Боголюбов Н.Н.(мл.), Санкович Д.П., *ФЭЧиАЯ*, т.24, В.5, (1993), с.1224-1293.

- [3] Николай Николаевич Боголюбов, *Дубна, ОИЯИ, 1989, 109 с.*
- [4] *Архив МГУ. Фонд № о/к., опись № 2, ед. хр. 914, л. 11.*
- [5] *Архив МГУ. Фонд № о/к., опись № 2, ед. хр. 914, л. 19.*
- [6] *Архив МГУ. Фонд № о/к., опись № 2, ед. хр. 914, л. 18.*
- [7] *Большая Советская энциклопедия, 3-е изд., М., 1970, с.447-448.*
- [8] Храмов Ю.А., *Физики. Библиографический справочник, М., Наука, 1983, с.35-36.*
- [9] *Боголюбов Н.Н. Проблемы динамической теории в статистической физике, М.-Л., ГИТТЛ, 1946, 119 с.*
- [10] *Николаев П.Н., История факультета: дела и люди. Московский университет, №4, (1993), с.4.*
- [11] Базаров И.П., Николаев П.Н., *Физическая мысль России, №3/4, (1996), с.63-73.*
- [12] Боголюбов Н.Н., Крылов Н.М., *Зап. каф. метем, ф/зики АН УССР, т.4, (1939), с.5-80.*
- [13] Боголюбов Н.Н., Крылов Н.М., *Наук. зап. мех.-мат. фак. Киев. держ. ун-ту, т.5, (1941), с.49-68.*
- [14] Боголюбов Н.Н., *Уч. зап. МГУ, вып.77, Физика, кн.3, (1945), с.51-73.*
- [15] Боголюбов Н.Н., *Уч. зап. МГУ, вып.77, Физика, кн.3, (1945), с.43-50.*
- [16] *Боголюбов Н.Н., О некоторых статистических методах в математической физике, Киев, изд-во АН УССР, 1945, 139 с.*
- [17] Боголюбов Н.Н., *Уч. зап. МГУ, вып.77, Физика, кн.3, (1945), с.74-100.*
- [18] Боголюбов Н.Н., *ЖЭТФ, т.16, вып.8, (1946), с.681- 690. (J.Phys., v.10, №3, (1946), p.257-264).*

- [19] Боголюбов Н.Н., *ЖЭТФ*, т.16, вып.8, (1946), с.691-702. (*J.Phys.*, v.10, №3, (1946), p.265-274).
- [20] Боголюбов Н.Н., Гуров К.П., *ЖЭТФ*, т.17, вып.7, (1947), с.614-628.
- [21] *Архив МГУ*. Фонд № о/к., опись №2, ед. хр. 914, л.8.
- [22] *Архив МГУ*. Фонд № о/к., опись №2, ед. хр. 914, л.6.
- [23] *Левшин Л.В.*, Физический факультет МГУ. Исторический справочник, М., *физический факультет МГУ*, 1996, 75 с.
- [24] Боголюбов Н.Н., *Изв. АН СССР*, серия физика, т.11, №1, (1947), с.77-90.
- [25] Боголюбов Н.Н., *Зб. праць 1 н-ту математики АН УРСР*, №10, (1948), с.41-59.

Приложение III

Базаров И.П., Николаев П.Н.

Жизненный путь

Анатолия Александровича Власова

(1908 -1975)

(Статья впервые опубликована в журнале "Физическая мысль России" (1996), № 3/4, с. 63)

Анатолий Александрович Власов родился 20 августа 1908 года в городе Балашове Саратовской губернии. Его отец Власов Александр Николаевич (1877- 1952), паровозный машинист, и мать Любовь Федоровна (1878 - 1918) происходили из мещан. У Анатолия Александровича было три сестры - Валентина Александровна (1902 - 1987), Антонина Александровна (1911 - 1986) и Ираида Александровна (родилась в 1913 году). После смерти матери их воспитывала мачеха Лудина Мария Федоровна (1880 - 1959), которая происходила из обедневших дворян.



Семья Власовых

С давних пор Балашов "имел большое торговое значение, служа пунктом, откуда по Хопру (приток Дона, на левом берегу которого расположен Балашов) следовало весьма значительное количество хлеба, сала и др. сырья в Ростов-на-Дону для дальнейшей отправки за границу. Грязе - Царицинская и Тамбовско - Саратовская железные дороги оставили в стороне Балашов, что, в связи с неудобством судоходства по Хопру, подорвало торговое значение Балашова, который стал возвращать себе прежнее место в торговле лишь постройкой соединительной ветви между названными дорогами и линии на Камышин, которые ввели город в общую рельсовую сеть империи"[1, 2]. К началу XX века Балашов был "связан железнодорожными путями не только с Ростовом, к которому существовало традиционное тяготение, но через Царицин и с Новороссийском, т.е. непосредственно с Черным морем."[1, 2]

В Балашове А.А.Власов окончил среднюю школу, а в 1927 году поступил в Московский государственный университет на физико-математический факультет. В 1930 г. физико-математический факультет получил наименование физико-механико-

математического с отделениями физико-механическим, математическим и астрономо-геодезическим. В области физики в это время специализировалось около 300 студентов.

27 апреля 1931 г. приказом по Московскому университету предполагалось не позднее пятого мая текущего года ликвидировать органы факультетского управления на физико-механико-математическом факультете, образовав вместо факультета отделения физическое, механическое и астрономо-математическое. В этом же году А.А.Власов успешно окончил университет и был принят в аспирантуру на кафедру теоретической физики.



40-е годы

По окончании университета А.А.Власов получил "Удостоверение", которое было в то время аналогом современного диплома о высшем образовании. В силу того, что реорганизации в университете проходили очень часто, то бланки документов зачастую несли в себе смысловое содержание разных лет. Так в

"Удостоверении" у А.А.Власова было указано, что он окончил физико-математический факультет (он на него поступил, но ко времени окончания его уже не было) по физическому отделению (в это время отделение было уже независимым) [3]. Специальностью А.А.Власова по образованию была теплофизика.

Его научным руководителем в аспирантуре стал профессор И.Е.Тамм, руководивший в то время кафедрой, - будущий нобелевский лауреат [4, с.213; 5]. Аспирантами кафедры были в то время М.А.Леонтович, М.А.Марков, Д.И.Блохинцев, В.С.Фурсов [6].

Приказом по Московскому университету от 16 апреля 1933 года был создан физический факультет на базе физического отделения и научно-исследовательского института физики. Переход на факультетскую систему был осуществлен начиная с 1 мая 1933 года.

Начинается подготовка специалистов в масштабах, не соизмеримых с ранее существовавшими. Вместе с тем в это же время и начался болезненный процесс деления науки на "академическую" и "вузовскую".

В 1934 году вышло постановление Совета Народных Комиссаров СССР "Об ученых степенях и званиях", по которому вводились ученые звания кандидата и доктора наук [4, с. 218],[9].

25 ноября 1934 года в Комитете по физике Квалификационной комиссии УНИ был рассмотрен вопрос об утверждении А.А.Власова в должности доцента. Такое решение было принято при условии представления кандидатской диссертации.

Одним из первых на физическом факультете Анатолий Александрович защитил кандидатскую диссертацию на тему "К квантово-механической проблеме взаимодействия через промежуточную среду", где показал, что взаимодействие электронов

в твердом теле можно описать посредством поля упругих волн (фононов), играющих роль промежуточной среды, и был оставлен старшим научным сотрудником НИИФ МГУ, а потом работал доцентом кафедры теоретической физики физического факультета, с которой была связана вся его дальнейшая жизнь (в разные годы кафедра называлась по разному, но в настоящее время носит прежнее название - кафедра теоретической физики).



**А.А. Власов среди выпускников Физического факультета
1950 г. В первом ряду: Д.Д. Иваненко, А.А. Соколов,
А.К. Тимирязев,
А.А. Власов, А.Н. Тихонов, А.А. Самарский**

17 марта 1935 года приказом по МГУ А.А.Власов был утвержден в должности доцента.

11 ноября 1935 года Квалификационная комиссия управления университетов и научно-исследовательских учреждений рассмотрела представление МГУ о присвоении звания старшего научного сотрудника и ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности физика А.А.Власову и утвердила его в данной степени и в звании [7].

Работы А.А.Власова 1934-1936 годов относятся к теоретической оптике. В них развивается теория ширины спектральных линий на основе учета молекулярного взаимодействия. Эти работы дали толчок многим экспериментальным и теоретическим исследованиям отечественных и иностранных авторов.

В 1938 году в ЖЭТФ была опубликована, получившая впоследствии мировую известность, работа А.А.Власова "О вибрационных свойствах электронного газа", в которой впервые был дан глубокий анализ физических свойств систем заряженных частиц (плазмы), показана неприменимость к нему газокINETического уравнения Больцмана и было предложено новое кинетическое уравнение (ныне уравнение Власова), учитывающее коллективные взаимодействия между заряженными частицами.

А.А.Власов впервые учел качественно иной, чем в обычном газе, характер взаимодействия между частицами плазмы и уже в то время сделал вывод, что "плазма - это не газ, а своеобразная система, стянутая далекими силами"[8, 9]. Эта работа была продолжена А.А.Власовым в докторантуре, где он обучался с 1939 по 1941 год и легла в основу его докторской диссертации "Теория вибрационных свойств электронного газа и ее приложения".

В начале Великой отечественной войны многие преподаватели и профессора физического факультета, среди них и А.А.Власов,

подали заявление с просьбой направить их в Народное ополчение. Анатолию Александровичу в просьбе было отказано [10, с.142]. В сентябре 1941 года началась частичная эвакуация университета и наиболее ценные книжные фонды научной библиотеки были направлены на барже в Хвалынск, а оттуда в Кустанай [11, с.146]. А.А.Власов эвакуируется в Ашхабад. В это время на кафедре теоретической физики остается всего два преподавателя - доценты В.С.Фурсов и А.А.Власов [9, с.154]. В.С.Фурсов в декабре 1941 года был призван в армию [11, с.224].

А.А.Власов читал курс квантовой механики и работал над докторской диссертацией. В 1942 году в Ашхабаде на Ученом Совете физического факультета она была успешно защищена [4, с.253].

Решением ВАК от 14 ноября 1942 года А.А.Власову была присвоена степень доктора физико-математических наук.

Понятие коллективных колебаний, впервые введенное А.А.Власовым, широко используется в современной физике при исследовании многочастичных систем. За построение теории вибрационных свойств электронного газа в 1944 году А.А.Власов был удостоен в Московском университете Ломоносовской премии первой степени (в 1944 году эта премия присуждалась впервые [4, с.264-265]). В этом же году А.А.Власов стал профессором (утвержден в ученом звании профессора кафедры теоретической физики решением ВАК 9 сентября 1944 года)[12, 13].

Дальнейшее развитие этой теории позволило А.А.Власову создать фундаментальный метод исследования свойств плазмы. Эти работы, не получившие вначале признания некоторых физиков, впоследствии были высоко оценены как в нашей стране, так и за

рубежом и в 1970 году за них А.А.Власову была присуждена Ленинская премия.

После возвращения из эвакуации в 1943 году А.А.Власов был избран по конкурсу на должность заведующего кафедрой теоретической физики. Кроме А.А.Власова в конкурсе участвовал и И.Е.Тамм (результаты голосования: А.А.Власов - 24 "за", И.Е.Тамм - 5 "за") [14]. По существующим в то время правилам результаты конкурса должна была утвердить Комиссия по делам высшей школы. Но в 1944 году на должность заведующего кафедрой без конкурса зачисляется В.А.Фок. В результате возникшего конфликта он оставляет эту должность [6], а в 1945 году были утверждены результаты избрания А.А.Власова на должность заведующего кафедрой. М.А.Леонтович уходит из университета.

В 1946 году ЖЭТФ опубликовал статью В.Гинзбурга, Л.Ландау, М.А.Леонтовича, В.Фока "О несостоятельности работ А.А.Власова по обобщенной теории плазмы и теории твердого тела" . Ответ А.А.Власова на эту статью журнал не опубликовал.

5 мая 1947 года Ученый Совет университета постановил снять с должности заведующего кафедрой А.А.Власова и объявить конкурс. Но после отзыва Макса Борна решение было отменено [14]. Как было позже показано Ван Кампеном в работе "К теории стационарных волн в плазме"[15] выбор Власовым решения, предложенного им кинетического уравнения о незатухающих волнах в плазме, является правильным.



"Солнечная Поляна", 1957 г.

А.А.Власов заведовал кафедрой теоретической физики в 1945 - 1953 годах. В это время здесь стали работать Н.Н.Боголюбов, Д.Д.Иваненко, А.А.Соколов и ряд других. Свои взгляды на развитие теоретической физики А.А.Власову приходилось неоднократно отстаивать в острых дискуссиях. В 1949 году они достаточно полно были им изложены им в выступлении на Организационном комитете Всесоюзного совещания по философским вопросам физики в прениях по докладу С.И.Вавилова [16].

20 декабря 1952 года на имя ректора МГУ академика И.Г.Петровского поступило представление от декана физического факультета профессора А.А.Соколова "Деканат физического факультета просит освободить профессора А.А.Власова от обязанностей заведующего кафедрой теоретической физики и просит назначить

заведующим кафедрой теоретической физики профессора Н.Н.Боголюбова" [17].

2 января 1953 года А.А.Власов пишет заявление на имя ректора МГУ: "Настоящим прошу освободить меня от административной должности заведующего кафедрой теоретической физики физического факультета" [18].

26 января 1953 года ректор МГУ объявил приказ по Главному управлению университетов Министерства высшего образования СССР от 15 января 1953 года : "Утвердить доктора физико-математических наук профессора Н.Н.Боголюбова в должности заведующего кафедрой теоретической физики Московского ордена Ленина Государственного университета имени М.В.Ломоносова по совместительству, освободив от указанной должности профессора Власова А.А. по личной его просьбе" [19].



18 сентября 1965 г.

В завершение этой административной процедуры по освобождению А.А.Власова от должности заведующего кафедрой 11

февраля 1953 года был издан приказ ректора N 55: "Доктора физико-математических наук заведующего кафедрой теоретической физики физического факультета профессора Власова А.А. с 1-го февраля 1953 г. освободить от исполнения обязанностей заведующего кафедрой с оставлением в должности профессора той же кафедры согласно личной просьбе.

Установить профессору Власову А.А. с 1-го февраля 1953 г. оклад по должности профессора 5500 руб. в месяц. Основание: личное заявление, приказ по главному управлению университетов МВО N 15 от 15/1 - 53 г. и представление декана факультета." [20]

Кроме работ по теории плазмы А.А.Власову принадлежат также исследования по теории кристаллического состояния и теории гравитации. Последние годы жизни он посвятил построению оригинальной теории множественного рождения частиц.

Осенью 1958 года А.А.Власов читал курс лекций в Пекинском университете по теории высокотемпературных плазмоедов. В 1959 году была переведена на китайский язык его монография "Теория многих частиц" и учебник "Макроскопическая электродинамика." Спустя шесть лет А.А.Власов выступил с курсом лекций в Монгольском университете.



Санаторий "Подлипки", 1965 г.

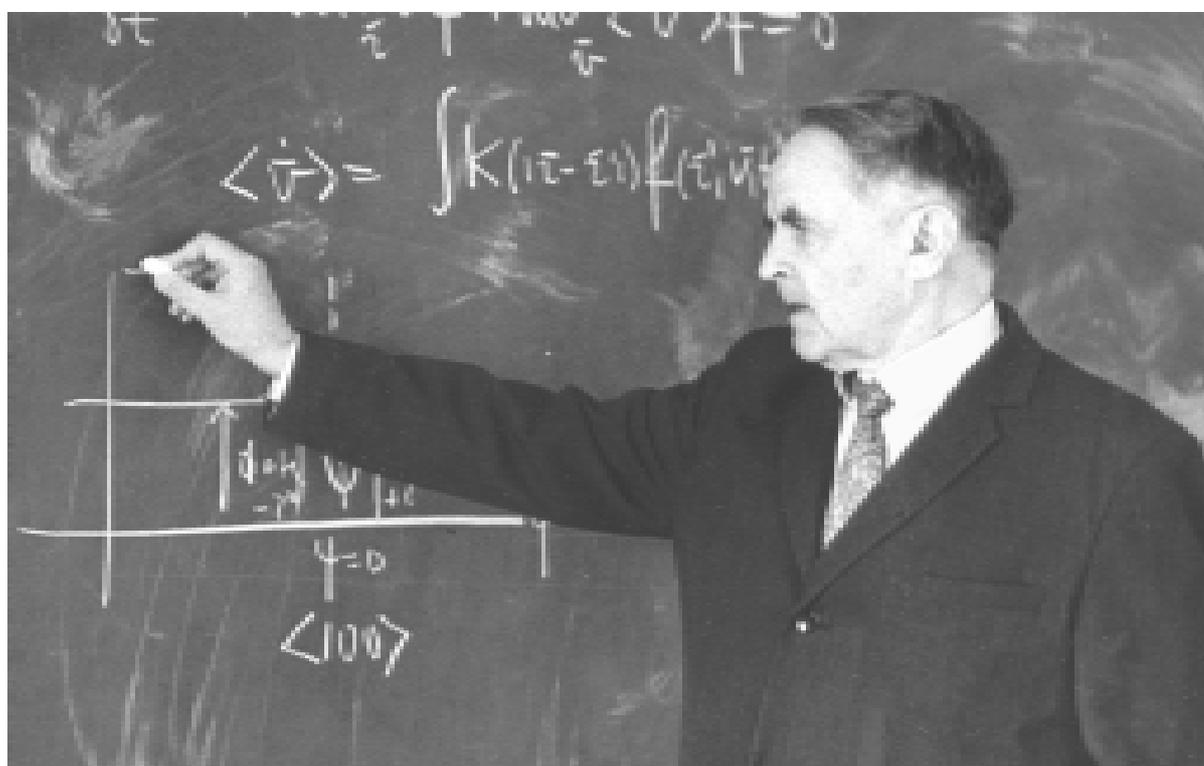


**А.А. Власов, С.И. Усагин, К.С. Усагина, А.В. Власова и ее сестра,
60-е годы.**



1967 г.

За все насыщенные творческой деятельностью годы А.А.Власов большое внимание уделял научно-педагогической работе. Став профессором Московского университета в 1944 году, он читал лекции на физическом факультете по многим разделам теоретической физики, опубликовал ряд учебников и учебных пособий: "Макроскопическая электродинамика"(1955), "Статистическая физика и термодинамика" (публикуется Московским университетом с 1960 года ротاپринтным способом).



Физический факультет, 70-е годы.

Анатолий Александрович был блестящим лектором. Его лекции отличались филигранностью, глубиной излагаемого материала и увлекательностью. Они проходили в переполненных аудиториях. А.А.Власов активно занимался методологическими проблемами

теоретической физики и часто выступал с интересными докладами на методологическом семинаре физического факультета.

В последние годы жизни А.А.Власов читал два специальных курса - "Дополнительные главы статистической физики" и "Взаимодействие заряженных частиц с твердым телом",- которые пользовались неизменным успехом у студентов и аспирантов факультета.

Более 40 лет жизни отдал Анатолий Александрович служению советской науке и воспитанию молодежи. В сокровищницу мировой науки вошло кинетическое уравнение Власова. Среди многочисленных учеников Анатолия Александровича десятки видных ученых - кандидатов и докторов физико-математических наук.

Плодотворная научная, научно-педагогическая и общественная деятельность А.А.Власова была отмечена правительственными наградами. Он был награжден несколькими орденами и медалями Советского Союза.



70-е годы

Научные достижения А.А.Власова вошли как составная часть в современную теоретическую физику.

22 декабря 1975 года после тяжелой и продолжительной болезни Анатолий Александрович Власов скончался. Он похоронен на Донском кладбище в Москве.

В заключение авторы выражают искреннюю благодарность Александру Анатольевичу Власову за предоставленные материалы и Галине Вячеславовне Моисеевой за помощь в подборе архивных документов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большая энциклопедия под редакцией С.П.Южакова и П.Н.Милюкова, т. 2. Москва, (1896), с.474-475.
2. Кавунов П.А., *Города Саратовской области*, 2-е изд., Саратов, (1963).
3. *Архив МГУ*, Фонд 1, Опись 35л, Ед. хр. N 4556, 32-2.
4. *Летопись Московского университета*, М., Изд-во МГУ., (1979), 535с.
5. Чолаков В., *Ученые и открытия*, М., Мир, (1987), 369с.
6. Соколов А.А., Керимов Б.К., *Кафедра теоретической физики*, в сб. "История и методология естественных наук", вып. 6, Физика, М., Изд-во МГУ, (1968), с.86-100.
7. *Архив МГУ*, Фонд 1, Опись 35л, Ед. хр. 4556, Л11.
8. Власов А.А., *ЖЭТФ*, т. 8., вып. 3, (1938), с.291-318.
9. *Большая советская энциклопедия (БСЭ)*, 2-е изд., т. 8, М., Изд-во "Советская энциклопедия", 249с.
10. *Никольский В.С.*, Физический факультет в Великой отечественной войне, в сб. "История и методология естественных наук", Вып. 21, Физика, М., Изд-во МГУ, (1979), с.141-170.
11. *Московский университет в Великой отечественной войне*, 2-е изд., М., Изд-во МГУ, (1985), 336с.
12. Храмов Ю.А., *Физики (библиографический справочник)*, М., Наука, (1983), 400с.
13. *Архив МГУ*, Фонд 1, Опись 35л, Ед. хр. 4556, Л15.
14. *Архив МГУ*, Фонд 201, Оп. 1, Ед. хр. 777.
15. Van Kampen N.S., *Physica*, (1955), v. 21, p.949.

16. Власов А.А., *О теоретической физике*, в сб. *"История и методология естественных наук"*, вып. 37, Физика, М., Изд-во МГУ, (1992) с.250-258.

17Архив МГУ, Фонд 1, Опись 35л, Ед. хр. 4556, Л44.

18Архив МГУ, Фонд 1, Опись 35л, Ед. хр. 4556, Л43.

19Архив МГУ, Фонд 1, Опись МГУ, Ед. хр. 168, Л253.

20Архив МГУ, Фонд 1, Опись 35л, Ед. хр. 4556, Л45.

Приложение IV

Базаров И.П., Николаев П.Н.

Статистический элемент в динамических теориях

(Статья впервые опубликована в сборнике "История и методология физики (1982). Выпуск XXVII. Физика. С. 3)

Уже отмечалось, что в любой области знания идеалом науки (ее высшим достижением) является установление адекватных изучаемому объекту параметров, характеристик, определяющих его состояние, и открытие уравнений движения — законов изменения этих величин (функций состояния) [1].

Понятие состояния физической системы является одним из основных в физике. Анализ этого понятия посвящено большое число статей, монографий и диссертаций [2—17]. Как пишет В.И. Кемкин, „категория «состояние» появилась еще в античной философии и употреблялась для обозначения определенных форм существования вечно движущейся материи" [4]. Подробное рассмотрение понятия квантово-механического состояния дано в статье А. Е. Ковальчука [5]. Автор отмечает, что в квантовой механике состояние системы определяется не набором всех переменных, ее характеризующих, а волновой функцией этих переменных, которая отражает информацию о всех динамических

переменных системы. Такое содержание понятия квантового состояния системы соответствует определению этого понятия В. А. Фоком [18] как совокупности прогнозов результатов возможных измерений над этой системой. В [5] подчеркивается, что информационное понимание квантово-механического состояния физической системы однозначно следует из самого математического формализма квантовой теории: «Так, согласно теореме фон Неймана о невозможности динамического описания «редукции волнового пакета» [19], специфическое изменение состояния квантово-механической системы — так называемая «редукция волнового пакета», — имеющее место при измерении, производимой над этой системой, не может быть результатом никакого физического взаимодействия. Следовательно, оно может быть только следствием изменения информации наблюдателя о подвергаемом измерению микро - объекте, вызванного узнаванием и сознанием им результата измерения. Так что и само состояние микрообъекта должно пониматься как информация наблюдателя об этом микрообъекте». Следовательно, квантово-механическое состояние микрообъекта «может изменяться как в результате его движения, так и в результате изменения информации наблюдателя, перехода его из одних информационных условий в другие. При этом уравнением движения, т. е. уравнением Шредингера, может описываться лишь изменение состояния микрообъекта, вызванное его движением. Изменение же состояния, вызванное изменением информации наблюдателя, — так называемая «редукция волнового пакета» — не может описываться никаким уравнением движения» [5]. Это впервые было показано фон Нейманом [19]. В работе [5] далее рассматриваются парадоксы информационного истолкования

квантово-механического состояния и критикуется неправильное понимание этого толкования в книге Лондона и Боэра «Теория наблюдения в квантовой механике» и в работах американского физика Е. Вигнера. В статье [20] приводится подробный анализ известного парадокса де Бройля и парадокса Шредингера с кошкой.

Во всех физических теориях законы временной эволюции состояния изучаемой системы являются динамическими: начальное состояние системы при заданных внешних условиях однозначно определяет ее состояние в любой последующий момент времени (законы Ньютона в классической механике, уравнения Максвелла в электродинамике, уравнение Гиббса — Лиувилля в статистической физике, уравнение Шредингера и уравнение Дирака в квантовой механике и т. д.).

К динамическим законам относятся также и законы сохранения, на которых, как говорят, держится весь мир.

Все это указывает на ведущую и определяющую роль динамических законов в науке, а их установление является ее высшей целью и составляет эпоху в развитии науки.

В современной физике среди всех фундаментальных теорий существуют чисто динамические теории и динамические теории, содержащие статистический элемент и называемые поэтому статистическими теориями; чисто статистических теорий не существует, поскольку состояние системы изменяется во всех теориях по динамическому закону. К числу чисто динамических теорий относятся классическая и релятивистская механика, термодинамика, гидродинамика, максвелловская электродинамика, общая теория относительности. Статистическими теориями, т. е.

динамическими теориями со статистическим элементом, являются классическая и квантовая статистическая физика, квантовая механика, квантовая электродинамика. Статистический элемент в этих теориях возникает потому, что в них для изучения соответствующих систем привлекаются величины, адекватно не отображающие состояние систем [1]. Так, в квантовой механике при исследовании движения микро- объектов используются параметры классической механики (координаты, импульсы), адекватно эти объекты не характеризующие. Поэтому состояние микрообъекта через эти параметры выражается вероятностно.

При изучении все новых и новых немеханических объектов в классических механических понятиях всякий раз будет обнаруживаться статистический элемент, а соответствующая теория этого объекта будет статистической.

Хотя чисто статистических теорий не существует, некоторые авторы настолько преувеличивают роль статистических законов в физике, что считают их более высоким этапом познания, а однозначную связь состояний в любой теории лишь динамическим элементом статистического закона. Согласно изложенному такая точка зрения переворачивает действительное положение статистических законов с ног на голову.

В 1979 г. Институтом физики полупроводников СО АН СССР издан препринт Р. С. Нахмансона [21] об интерпретации квантовой механики. В нем для объяснения статистического элемента квантовой механики элементарные частицы наделяются «разумом» и считается, что «корпускулярно-волновой дуализм отражает «материальную» и «духовную» сущность элементарных частиц» [21]. Такой подход переворачивает с ног на голову метод познания

природы: более простое (квантово-механическое движение) выражается через более сложное (разум).

Известно, однако, что всякое преувеличение в науке, а тем более переворачивание действительного положения вещей с ног на голову удаляет нас от познания истины и поэтому должно быть оставлено.

Литература

1. Базаров И.П. Методологические проблемы статистической физики и термодинамики.— М. Изд-во Моск. ун-та, 1979.
2. Свечников Г. А. Причинность и связь состояний в физике.— М., 1971.
3. Кемкин В.И. Категория «состояние» в физике.— «Философские науки», 1973, № 1.
4. Кемкин В.И. О содержании понятия «состояние» в классической и квантовой физике.— В кн.: Физическая теория и реальность. Воронеж, 1976.
5. Ковальчук А.Е. О понятии квантовомеханического состояния.— В кн.: Проблемы диалектико-материалистического истолкования квантовой теории. Киев, 1972.
6. Прохоров М.М. К проблеме состояния (анализ понятия «состояние» доквантовой физики в свете исторического и логического).— В кн.: Вопросы философии и социологии, вып. IV. Л., 1972.
7. Симанов А.Л. К определению понятия «состояние».— «Изв. СО АН СССР. Серия общественных наук», 1974, вып. 1, № 1.

8. Капитон В.П. Понятие «состояние квантовой системы» и категории «сущность» и «явление». — В кн.: Философские проблемы естествознания. Днепропетровск, 1971.
9. Демидов В.И. Категория «состояние» в истории и марксистской философии. — Саранск, 1975.
10. Заде Л. Понятие состояния в теории систем. — В кн.: Общая теория систем. М., 1966.
11. Разумовский О.С. Вариационные принципы как способ выражения связи состояний. — В кн.: Современный детерминизм и наука, т. 1. Новосибирск, 1975.
12. Ковальская В.А. Понятие категории состояния в классической механике. — В кн.: Материалы докладов научно-технической конференции Кишиневского политехнического института. Кишинев, 1969.
13. Симанов А.Л. К описанию состояния объекта в классической механике. — В кн.: Детерминизм и научное предвидение. Новосибирск, 1973.
14. Старжинский В.П. Понятие «состояние» и его методологическая роль в физике. Минск, 1979.
15. Демидов В.И. Состояние как философская категория. Автореф. канд. дис. — Воронеж, 1969.
16. Левин А. Х. Структура физической теории состояния. Автореф. канд. дис. — М., 1971.
17. Кемкин В.И. Категория «состояние» в квантовой физике и ее гносеологическая функция. Автореф. канд. дис. — М., 1973.
18. Фок В. А. Об интерпретации квантовой механики. — УФН, 1957, т. 52, вып. 3.
19. Нейман И. фон. Математические основы квантовой

механики —М., 1964.

20. Ковальчук А.Е., Домсадзе Ю. М. Сущность измерения в квантовой теории,—«Вопросы философии», 1969, № 7.

21. Нахмансон Р.С. О новой интерпретации статистического характера законов квантовой механики и корпускулярно-волнового дуализма и об экспериментах по ее проверке. Препринт 38-79. Институт физики полупроводников СО АН СССР. — Новосибирск, 1979.

I.P. Bazarov, P.N. Nikolaev

The statistical element in dynamic theories

In any physical theory the system state changes in accordance with the dynamic law. In those theories in which the system state is characterized by unadequate parameters the statistical element appears. These are statistical theories.

Приложение V

Базаров И.П., Николаев П.Н.

Рождение статистической физики

(Статья впервые опубликована в сборнике "История и методология физики (1983). Выпуск XXX. Физика. С. 9)

В 1982 г. исполнилось 125 лет статистической физике. Ее рождением стал 1857 г., когда была опубликована работа Клаузиуса «О роде движения, которое мы называем теплотой» [2, с. 41].

Мысль о том, что наблюдаемые свойства тел обусловлены движением невидимых молекул, появляется уже в работах Демокрита, Левкиппа и Эпикура, т. е. более двух тысяч лет тому назад. «У Лукреция, который, — по словам Маркса, — вообще из всех древних один только постиг эпикурейскую физику, мы найдем более глубокую трактовку вопроса» [1, с. 41]. В знаменитой поэме «О природе вещей» он писал [3, с. 81]:

«Первоначально вещей начала движутся сами,
Следом за ними тела из мельчайших их сочетанья,
Близкие, как бы сказать, по силам к началам первичным;
Скрыто от них получая толчки, начинают стремиться
Сами к движенью затем понуждая тела покрупнее.
Так, исходя из начал, движение мало-помалу
Наших касается чувств, и становится видимым также

Нам и в пылинках оно, что движутся в солнечном свете,
Хоть незаметны толчки, от которых оно происходит».

Позже на протяжении веков эти мысли почти исчезают и появляются вновь в значительно более развитой форме у Д. Бернулли и Ломоносова в 1738 и 1745 гг. Однако и эти мысли не получили широкого распространения. Только в результате развития производительных сил, обусловленного промышленной революцией конца XVIII — середины XIX в. в связи с изобретением тепловой машины, возникла потребность теоретического изучения превращения теплоты в работу. Начали появляться наряду с термодинамическими работами и работы по молекулярной теории газов и природе теплоты: Джоуль, «Некоторые замечания о природе теплоты и строении упругих жидкостей» (1851); Крениг, «Очерки теории газов» (1856). Известна также рукопись английского ученого Уотерстона «О физической среде, состоящей из свободных и вполне упругих молекул, находящихся в движении» (1845), в которой было показано, что давление газа на стенки сосуда можно объяснить ударами атомов. Статья эта была отклонена рецензентом Королевского Общества «как бессмысленная, непригодная даже для того, чтобы зачитать ее на заседании Общества». Она была обнаружена почти 50 лет спустя в архивах Королевского Общества Рэлеем² и опубликована им в 1892 г. Естественно, эта статья не могла оказать какого-либо влияния на работы других авторов, но

² В своем комментарии Рэлей заметил, что Уотерстон поступил непредусмотрительно, не упомянув в статье никого из своих предшественников. Стоило бы ему заявить, что его работа развивает теорию Бернулли, - и, как писал Рэлей, - у рецензента не хватило бы смелости отклонить статью. По нашему мнению, однако, основной причиной отклонения статьи Уотерстона было господствующее тогда представление о теплоте как "невесомой материи". Известно, что Эйнштейн в первой статье по теории относительности "К электродинамике движущихся тел" также не упомянул никого из своих предшественников, но его статья была опубликована в *Ann. Phys.*, 1905, 17, 891.

отклонение рукописи, несомненно, задержало развитие молекулярной теории газов.

Джоуль в своей работе объяснял движение газов ударами молекул и вычислил скорость $v=1850$ м/с, которую должны иметь молекулы водорода, чтобы произвести наблюдаемое давление. В «Очерках теории газов» Крениг ставил задачу объяснения известных феноменологических газовых законов на основе молекулярных представлений. Как и Джоуль, он получил, что давление газа пропорционально квадрату скорости молекул, но чего-либо большего им сделано не было.

В работе «О роде движения, которое мы называем теплотой», Клаузиус указал ряд авторов (Бернулли, Ле Саж, Джоуль, Крениг), которые пытались построить теорию невидимых, находящихся в движении частиц. Но, как пишет Максвелл в своей статье «О динамической теории газов», «именно профессору Клаузиусу из Цюриха мы обязаны наиболее полным развитием динамической теории газов» [4]. Максвелл назвал Клаузиуса основоположником кинетической теории газов, а Гиббс писал, что Клаузиус является «отцом статистической механики»³.

В отличие от существовавшего тогда представления о колебательном движении молекул газа Клаузиус писал: «Новая теория газов, получившая название кинетической, допускает, что молекулы газов не колеблются около определенных положений равновесия, но движутся прямолинейно с постоянной скоростью, — до тех пор, пока не ударятся о другие молекулы газа или же о непроницаемую стену; после этого вследствие отражения они

³ Название молекулярно-кинетической теории «статистической механикой» принадлежит Гиббсу и является данью существовавшему тогда механистическому мировоззрению. В настоящее время теория многих частиц называется статистической физикой, хотя и сейчас многие авторы, следуя Гиббсу, называют эту теорию статистической механикой.

получают новые направления движения, причем, однако, живая сила их движений в среднем сохраняет ту же величину, какую она имела до столкновения. Этими именно ударами молекул газа о всякую стену, оказывающую сопротивление их движению, объясняется давление газа» [2, с. 43].

При вычислении давления Клаузиус поясняет, что отдельные молекулы сталкиваются со стенкой не по законам упругого удара, но в условиях теплового равновесия «можно признать, что после отражения молекулы в среднем обладают той же самой живой силой, какую они имели в момент налета, и что среди отраженных молекул все направления движений по отношению к стенке представлены совершенно так же, как были представлены направления движений налетающих на стенку молекул» [2, с. 45]⁴, поэтому «при определении давления совершенно безразлично, если вместо среднего лишь равенства допустить существование равенства при каждом отдельном ударе, т. е. если допустить, что молекулы отражаются согласно тем же законам, что и упругие шары от неподвижной стенки» [2, с. 45—46]. Далее подчеркивается, что хотя молекулы газа имеют разные скорости при вычислении давления «мы можем всем молекулам приписать некоторую определенную среднюю скорость», которую следует взять «таким образом, чтобы ее квадрат был средним арифметическим квадратов всех отдельных скоростей» [2, с. 59]. В результате получено выражение для давления

$$p = \frac{1}{3} n m \bar{v}^2, \quad (1)$$

⁴ В [5, с. 268] эта цитата из [2] приводится в искаженном (виде — после слова «можно» добавлены слова «почти достоверно», — и на основе такой цитаты Клаузиусу приписывается неверный вывод об упругом ударе каждой молекулы о стенку. Редактор книги [5] проф. В. И. Григорьев этого заметить не мог по своей некомпетентности.

где n - число атомов в единице объема, m - масса молекулы, u^2 - среднее арифметическое квадратов скоростей молекул.

Равенство (1) ввиду его важности называют основным уравнением элементарной кинетической теории газов (в общей же кинетической теории газов уравнение (1) не является основным).

Таким образом, величина давления газа на стенку не зависит от закона отражения молекул от стенок. В противном случае можно было бы осуществить вечный двигатель второго рода. Это является следствием теплового равновесия между газом и стенками сосуда при постоянной температуре и непосредственно видно из того, что при равновесии газа его молекулы за 1 с приносят к единице поверхности стенки импульс $\frac{1}{6}nmu^2$ и такой же по величине импульс уносят от стенки, поэтому стенка испытывает давление

$$p = \frac{1}{6}nmu^2 - \left(\frac{1}{6}nmu^2 \right) = \frac{1}{3}nmu^2. \quad (2)$$

В современных учебниках по статистической физике обычно отмечается, что не каждая молекула газа упруго сталкивается со стенкой, но при тепловом равновесии среднее число молекул в единичном интервале скоростей $N(V_x, V_y, V_z)$ и $N(-V_x, V_y, V_z)$ сохраняется и, следовательно, «число молекул, которые уходят от стенки со скоростью $-V_x, V_y, V_z$, совпадает с числом молекул, которые налетают на стенку со скоростью V_x, V_y, V_z , и общее изменение импульса за 1 с, испытываемое молекулами из-за столкновений со стенкой, имеет точно такую же величину, как если бы молекулы испытывали упругое отражение от стенки» [6, с. 34]. На этой основе в учебниках для высшей школы вычисляется давление газа при упругом ударе молекул о стенку.

Однако в научно-методическом журнале «Физика в школе» публикуются статьи, в которых критикуется такой вывод основного уравнения кинетической теории, хотя и отмечается очевидность независимости давления газа в условиях равновесия от характера поверхности стенок. Подчеркивается, что само использование представления об упругом ударе молекулы о стенку в средней школе «недопустимо, поскольку вопрос об упругом ударе не изучается в VIII классе» [7]. Вместо того чтобы при выводе уравнения (1) воспользоваться известным вычислением (2) независимости давления газа при равновесии от закона отражения молекул от стенки или считать недопустимым, что учащийся VIII класса средней школы не знает об упругом ударе, и ставить вопрос об улучшении программы по физике для средней школы и получать потом уравнения (1) по Клаузиусу, как принято в настоящее время в физической литературе, вместо всего этого в статье [7] предлагается в идейном плане аналогичный приведенному выше, но усложненный вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории газов, «пользуясь только сведениями из курса VIII класса». Такие методические установки не способствуют повышению уровня подготовки школьников по физике и могут привести к печально известной перестройке обучения математике в средней школе [8]. Заметим, что наряду с отмеченными методически неоправданными установками в учебнике по механике для средней школы дается также определение массы по Маху [9]⁵.

Элементарный вывод основного уравнения молекулярно-кинетической теории — вывод, который следует физическим идеям

⁵ В связи с таким положением преподавания физики в средней школе на физическом факультете МГУ создана комиссия по вопросам школьных программ и учебников по физике.

Клаузиуса, остается одним из наилучших и в наши дни. Такова судьба всех истинно глубоких научных работ.

После опубликования провозгласившей рождение статистической физики классической работы Клаузиуса [2, с. 41] ряд ученых выступили против молекулярно-кинетической теории газов. Указывалось, в частности, на то, что медленное распространение дыма и медленность диффузии газов противоречат этой теории. В 1858 г. Клаузиус опубликовал новую работу «О средней длине пути молекул» [2, с. 76], в которой он снял указанное возражение, отметив роль столкновений молекул в явлениях переноса — диффузии и теплопроводности.

Работа Клаузиуса вызвала интерес к кинетической теории Максвелла, и в 1859 г. он выступил с докладом «Пояснения к динамической теории газов» [2, с. 185] на заседании Британской ассоциации наук. В этом докладе впервые был установлен закон распределения молекул газа по скоростям — знаменитое максвелловское распределение. Доклад был опубликован в 1860 г. В нем кроме распределения молекул по скоростям были рассмотрены также явления диффузии и теплопроводности. Против этой второй части статьи Максвелла Клаузиус в 1862 г. выступил с некоторыми существенными возражениями.

Ознакомившись с ними, Максвелл в последующей фундаментальной работе «О динамической теории газов» 1867 г. писал: в своей первой статье «я также дал теорию диффузии газов, которая, как я теперь, знаю, ошибочна; в моей теории теплопроводности газов имеется несколько ошибок, на которые было указано Клаузиусом» [4, с. 9]. Какой прекрасный пример отношения к критике оставил нам великий ученый!

Работы Клаузиуса и Максвелла составляют первый период в развитии молекулярно-кинетической теории материи. Второй ее период связан с работами Больцмана, подытоженными в его «Лекциях по теории газов» 1896 и 1898 гг. [10], и с работами Гиббса, изложенными в монографии «Основные принципы статистической механики» (1902) [11].

Больцман сформулировал основное уравнение теории газов, носящее ныне название кинетического уравнения Больцмана. Он нашел ряд частных решений этого уравнения и с помощью H -теоремы доказал, что в стационарном случае единственным решением газокинетического уравнения является распределение Максвелла. Одновременно Больцман установил статистическую природу второго начала термодинамики и на этой основе в противовес возникшей тогда концепции «тепловой смерти» Вселенной выдвинул флуктуационную гипотезу, сыгравшую прогрессивную роль в общей борьбе за материалистическое мировоззрение. В настоящее время ясна ложность самой постановки вопроса о «тепловой смерти» Вселенной [12].

Кинетическое уравнение Больцмана определяет поведение газа с короткодействующими силами взаимодействия между частицами. Это уравнение оказалось неприменимым для изучения плазмы, силы взаимодействия между заряженными частицами которой являются дальнодействующими, медленно спадающими с расстоянием. В 1938 г. профессор Московского университета А. А. Власов предложил для плазмы новое кинетическое уравнение, впоследствии получившее название кинетического уравнения Власова [13].

Завершением работ Больцмана по теории равновесных состояний молекулярных систем является статистическая механика Гиббса, положенная в основу всей статистической термодинамики. Метод канонических ансамблей Гиббса представляет собой мощный метод исследования различных систем многих частиц.

Дальнейший прогресс в развитии статистической физики был вызван появившимися в сороковых годах нашего века работами Боголюбова, Борна, Грина, Кирквуда, Ивона [14, 15], положившими начало современному, третьему, периоду статистической физики. В этих работах исходя из общего уравнения статистической физики (уравнения Лиувилля) и на основе канонического распределения Гиббса создан метод функций распределения комплексов частиц — метод ББГКИ, или просто метод Боголюбова, как его принято называть в отечественной научной литературе. В фундаментальной монографии Н. Н. Боголюбова [14] развита общая теория кинетических уравнений; установлено, что для систем взаимодействующих частиц все кинетические уравнения являются приближенными и показано, в каких случаях получаются кинетические уравнения Больцмана, Ландау и Власова. Метод Боголюбова позволил значительно продвинуться в развитии теории фазовых переходов. В последние годы опубликован ряд монографий по применению в статистической физике полевых методов [16, 17]. Более подробное освещение второго и третьего периодов развития статистической физики во много раз превосходило бы изложенное здесь о ее рождении.

Отметим лишь одно направление в статистической физике, которое, по нашему мнению, перспективно и способно дать существенные результаты для плотных газов, жидкостей и описания

фазовых переходов, т. е. тех областей, где, как правило, нет такого параметра разложения $\alpha \ll 1$, который мог бы дать быстро сходящийся ряд теории возмущений. Исходным пунктом рассмотрения является использование того факта, что свободная энергия системы в статистическом пределе [18]

$$N \rightarrow \infty, V \rightarrow \infty, \frac{N}{V} = \frac{1}{v} = \text{const} \quad (3)$$

является аддитивной функцией состояния (экстенсивным параметром), т. е. в самом начале мы учитываем существеннейшее свойство статистических систем, которое, как отмечено в [18], позволяет учесть макроскопичность систем. В данном случае свободную энергию удобно переписать в форме

$$F = -\theta N \ln[eq(\theta, v) / N], \quad (4)$$

где

$$q = (Q_N)^{1/N},$$

Q_N - конфигурационный гиббсовский интеграл. Таким образом, главной задачей статистической физики равновесных систем является определение $q(\theta, v)$.

С другой стороны, на основе современных достижений вычислительной техники стало возможным рассчитывать не один-два, а большее число членов в рядах теории возмущений. Кроме того, в настоящее время известно семь вириальных коэффициентов для твердых сфер и дисков. В будущем эти достижения должны возрасти. Поэтому возникает возможность в качестве малого параметра использовать не только величину $\alpha \ll 1$, но и величину $\alpha < 1$. В первом случае, когда $\alpha \ll 1$, наряду с разложением Q_N в ряд теории возмущений (или в вириальный ряд) используется также разложение логарифмической функции в (4) в ряд. В этом случае

данный подход правомерен. Если же у нас $\alpha < 1$, то, вообще говоря, разлагать логарифмическую функцию в ряд нельзя, так как это значительно ухудшает скорость сходимости ряда.

Резюмируя вышесказанное, мы заключаем, что, если выражение для свободной энергии ищется в форме (4) без разложения логарифмической функции в ряд, мы получаем сходящийся ряд по $\alpha < 1$, но тогда, вообще говоря, не выполняется условие $\alpha \ll 1$. Это расширяет возможности применения как теории возмущений, так и вириального разложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф.; Из ранних произведений. М.: ГИПЛ, 1956.
2. Основатели кинетической теории материи. Под редакцией А. К. Тимирязева. М.—Л.:ОНТИ, 1937.
3. Лукреций. О природе вещей. Т. 1. Редакция латинского текста и перевод Ф. А. Петровского. М.: Изд-во АН СССР, 1946.
4. Максвелл Д. К. О динамической теории газов. — В кн.: Проблемы физической гидродинамики. Под редакцией акад. АН БССР А. В. Лыкова. Минск, 1971
5. Гельфер Я. И. История и методология термодинамики и статистической физики. М.: Высшая школа, 1981.
6. Майер Дж., Гепперт-Майер М. Статистическая механика. М.: Мир, 1980.
7. Кикоин И.К. Некоторые вопросы методики изложения молекулярной физики в IX классе. — Физика в школе, 1980, № 5, 31.
8. Понтрягин Л. О математике и качестве ее преподавания. — Коммунист, 1980, № 14, 99.

9. Матвеев А. Н. Об основании механики. В сб.: "История и методология естественных наук». Вып. 26. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981.
10. Больцман Л. Лекции по теории газов. М.: ГИТТЛ, 1956.
11. Гиббс Дж. В. Основные принципы статистической механики. М.—Л.: ГИТТЛ, 1946.
12. Базаров И. П. Термодинамика. М.: Высшая школа, 1976.
13. Власов А. А. О вибрационных свойствах электронного газа. — ЖЭТФ, 1938, 8, 291.
14. Боголюбов Н. Н. Проблемы динамической теории в статистической физике. М.: Гостехиздат, 1946.
15. Уленбек Дж., Форд Дж. Лекции по статистической физике. М.: Мир, 1965.
16. Бонч-Бруевич В. Л., Тябликов С. В. Метод функций Грина в статистической физике. М.: ГИФМЛ, 1961.
17. Абрикосов А. А., Горьков Л. П., Дзялошинский И. Е. Методы квантовой теории поля в статистической физике. М.: ГИФМЛ, 1962.
18. Боголюбов Н. Н. О некоторых проблемах, связанных с обоснованием статистической механики. В сб.: "История и методология естественных наук». Вып. 30. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. С. 3.

I. P. Bazarov, P. N. Nikolaev

THE BIRTH OF STATISTICAL PHYSICS

In 1982 statistical physics is 125 years of age. The year of its birth was 1857 year, when the article of Clausius with the title "About some kind of motion, which we name heat" was published. This article of

Clausius and articles of Maxwell on kinetic theory of gases are analysed. Brief of following periods of statistical physics development is given.

Приложение VI

Николаев П.Н.

О статистическом предельном переходе

(Статья впервые опубликована в сборнике "История и методология физики (1983). Выпуск XXXI. Физика. С. 61)

Статистическая физика изучает закономерности, которым подчиняются системы, состоящие из огромного, практически бесконечного числа частиц N ($N \sim N_A \gg 1$, N_A - число Авогадро). Поэтому с момента ее возникновения до настоящего времени важной принципиальной проблемой является осуществление предельного перехода от систем с конечным числом частиц к системам с бесконечным их числом.

В своей основополагающей работе [1] Гиббс ввел функцию плотности вероятности (для канонического, микроканонического и большого канонического ансамблей) и отметил, что для того, чтобы распределение имело смысл, необходимо исключить из рассмотрения ряд случаев, «причем, очевидно, не такие, чтобы эти ограничения влияли на связь наших результатов с термодинамикой» [1, с. 376]. Далее он заметил, «что подобные ограничения существуют и в термодинамике. Для того чтобы некоторая масса газа могла находиться в термодинамическом равновесии, необходимо, чтобы она была помещена в замкнутый

объем. В бесконечном пространстве не существует термодинамического равновесия (конечной) массы газа. Наконец, представление о том, что две притягивающиеся частицы способны совершать бесконечную работу при переходе из одного положения (рассматриваемого как допустимое) в другое, совершенно чуждо нашим обычным представлениям о веществе, хотя вполне может подразумеваться в математической формуле» [1, с. 377].

Гиббс пишет, что в то время как законы термодинамики «выражают приблизительное и вероятное поведение систем, состоящих из большого числа частиц ... законы статистической механики применимы к консервативным системам с произвольным числом степеней свободы и являются точными» [1, с. 351].

Вместе с тем средняя величина квадрата флуктуаций энергий по сравнению с квадратом средней энергии для систем с большим числом степеней свободы исчезающе мала и при неограниченном возрастании числа степеней свободы их отношение стремится к нулю. Поэтому если ансамбль систем, число степеней свободы которых имеет тот же порядок величины, что и число молекул в телах, с которыми мы экспериментируем, распределен канонически, то в наблюдениях он будет выглядеть как ансамбль систем с постоянной энергией [1, с 353].

Гиббс осуществил построение основных принципов и уравнений статистической механики. Исследование же вопросов, связанных с тем, для каких классов систем основные положения статистической механики выполняются, а для каких нет, он предлагал делать при рассмотрении конкретных случаев. Для целей же общего анализа предлагается иметь в виду те допущения, которые неявно содержатся в определении статистического интеграла:

$$e^{-\psi/\theta} = \int \dots \int_{\text{фазы}}^{всё} e^{\varepsilon/\theta} dp_1 \dots dq_n, \quad (1)$$

где $\{p_i\}$, $\{q_i\}$ - обобщенные импульсы и координаты системы с n степенями свободы, ε — полная энергия системы.

Следует отметить, что при определении связи, вводимой соотношением (1), функции ψ с соответствующими термодинамическими функциями использовалась аналогия между получаемыми дифференциальными уравнениями и уравнениями термодинамики. При этом, вообще говоря, не учитывался тот факт, что все термодинамические величины подразделяются на экстенсивные и интенсивные, а проверка этого факта переносилась на исследование конкретных систем.

Одними из первых методом Гиббса были исследованы газы малой плотности на основе предложенного группового разложения [2] (см. также [3], где это разложение представлено в современных обозначениях). Таким путем получено уравнение состояния в виде разложения по степеням плотности, коэффициенты ряда которого определяются групповыми интегралами [3]:

$$p = NkT \left\{ 1 - \frac{Nb_2}{V} + \frac{N^2}{V^2} (-2b_3 + 4b_2^2) + \dots \right\}, \quad (2)$$

где b_i - групповые интегралы. Таким образом, для доказательства экстенсивности p необходимо показать, что b_i не зависят от объема для рассматриваемого потенциала⁶.

Другой метод разложения статистического интеграла принадлежит Майеру [4], который ввел свой диаграммный метод.

В работах [3, 5] было показано, что выражение для статистической суммы может быть представлено в форме

⁶ Для иллюстрации своей теории Урселл использовал потенциал взаимодействия твердых сфер [2].

$$Q_N = \frac{1}{2\pi i} \oint \frac{\exp[NvG_0(z, T, N)]}{z^{N+1}} dz, \quad (3)$$

$$G_s(z, T, N) = \sum_{l=1}^N l^3 b_l z^l. \quad (4)$$

При больших N интеграл (3) может быть вычислен методом перевала.

В 1946 г. Н. Н. Боголюбовым [8] был развит общий метод, позволяющий найти функции распределения равновесных систем в статистическом пределе в виде разложений по степеням малого параметра. В том числе были получены результаты теории реальных газов Урселла - Майера весьма простым и эффективным способом [8]. В этой монографии были намечены пути строгого математического обоснования предельного перехода в статистической физике при использовании канонического ансамбля Гиббса.

В [9] были разработаны основы строгого математического описания бесконечных систем уравнений в статистической физике. Для случая положительного парного потенциала взаимодействия частиц и достаточно малых плотностей в этой работе было дано полное решение математических задач, возникающих при рассмотрении статистического предельного перехода в системах, которые описываются каноническим ансамблем (полное изложение полученных результатов содержится в работе [10]). Значительно позже Рюэль [12] предложил аналогичный подход к исследованию уравнений для функций распределения на основе формализма большого канонического ансамбля. При этом исходные уравнения для функций распределения были симметризованы. В работе [11]

⁷ Точнее, в данных работах получены соотношения, в которые переходят (4) при установлении пределов суммирования от 1 до ∞ [6]. Обычно этот факт в литературе не оговаривается (см. [7, с. 127]) и пишется правильное выражение.

было дано строгое математическое описание на основе теории канонического ансамбля равновесного состояния бесконечных систем частиц, потенциал взаимодействия между которыми удовлетворяет условиям Рюэля. В ней было отмечено, что для ансамбля Гиббса систем в конечном объеме нет уравнений для функций распределения, причем «соответствующие уравнения появляются только после перехода к бесконечному объему» [11, с. 252]. Это позволяет рассмотреть новые по сравнению с большим каноническим распределением задачи.

В 1949 г. Ван Ховом была предпринята попытка доказательства существования термодинамического предела для канонического ансамбля Гиббса [13]. В начале шестидесятых годов Ван Кампен указал на трудность в доказательстве Ван Хова [14]. Для систем твердых сфер Янгом и Ли [15] в 1952 г. было доказано существование термодинамического предела для большого канонического ансамбля.

С начала 60-х годов появляется все больше работ, посвященных строгому математическому исследованию статистических ансамблей, описывающих равновесные системы многих частиц. Обзор их требует специального рассмотрения, которое не является целью данной работы. Отметим лишь, что большинство из них не дает каких-либо конкретных способов решения задачи о фазовых переходах (в частности, это касается теории Янга и Ли, где нахождение нулей Q -суммы не проще, чем полное решение статистической задачи [16]).

Остановимся теперь на важной задаче, решенной в 60-х годах: было показано, что для определенного класса потенциалов (потенциалов Каца) теория фазовых переходов Ван-дер-Ваальса —

Максвелла [18] может быть непосредственно развита на основе выражения для классической статистической суммы [19—22].
Запишем потенциал Каца в форме

$$\Phi(r, \gamma) = \Phi_0(r) + V(r, \gamma), \quad (5)$$

где $\Phi_0(r)$ - потенциал твердых сфер:

$$\Phi_0(r) = \begin{cases} \infty & r \leq \sigma \\ 0 & r > \sigma \end{cases}, \quad (6)$$

σ - диаметр твердых сфер, $V(r, \gamma)$ - дальнодействующая часть потенциала, соответствующая притяжению. Пусть n - размерность пространства. Тогда

$$V(r, \gamma) = \gamma^n f(\gamma r), \quad (7)$$

причем для всех r

$$\lim_{\gamma \rightarrow 0} V(r, \gamma) = 0. \quad (8)$$

Несложно видеть, что

$$\frac{1}{2} \int V(r, \gamma) d\vec{r} = -\alpha = const. \quad (9)$$

Мы предполагаем, следуя [17], что $\alpha > 0$ и конечно. Результаты расчетов дают выражения для давления (при температурах выше критической $T > T_c$) в форме

$$p = p_0(\rho) - \alpha \rho^2, \quad (10)$$

где ρ - плотность, p_0 - давление для системы твердых сфер. Для $T < T_c$ выражение для давления сохраняет вид (10), но необходимо дополнить его правилом Максвелла, которое получается не как дополнительное требование, а как естественное следствие решения точных уравнений. К сожалению, в данной теории нельзя определить выражение для давления сохраняет вид (10), но необходимо дополнить его правилом Максвелла, которое получается

не как дополнительное требование, а как естественное следствие решения точных уравнений. К сожалению, в данной теории нельзя определить T_c , так как она зависит от свободной энергии, которая здесь явно не вычисляется.

Несмотря на то что потенциал Каца не является реалистическим и обобщение его на случай реальных физических задач является сложной проблемой, тем не менее он впервые дал возможность дать строгое доказательство существования фазовых переходов первого рода.

Рассмотрим соотношение (10) для одномерной системы. В этом случае $p_0(\rho)$ известно точно и мы имеем

$$p = \frac{\theta}{1/\rho - \sigma} - \alpha\rho^2. \quad (11)$$

Как мы видим, выражение для давления может быть представлено (для $\rho < \sigma^{-1}$) сходящимся рядом по ρ . Сложность, обусловленную расходимостью ряда при $\frac{1}{\rho} = \sigma$, можно устранить, используя метод, предложенный в [23].

Отсюда следует, что при $T > T_c$ кластерное разложение позволяет дать ряд, сходящийся к точному значению. При $T < T_c$ кластерное разложение позволяет получить соотношение (11), но правило Максвелла следует вводить дополнительно. Таким образом, если использовать кластерное разложение для ρ , являющееся аналитической функцией при малых плотностях, и аналитически продолжить в область больших плотностей, то при использовании правила Максвелла мы получаем точное решение задачи. В силу того что для области однородной фазы для системы твердых сфер

функция ρ является аналитической, то наше рассмотрение оказывается справедливым и в этом случае.

Поэтому аналитическое продолжение классического разложения при малых плотностях на всю область однородной фазы и использование правила Максвелла для потенциала Каца дает точное решение задачи о фазовом переходе первого рода. При этом вопрос о скорости сходимости рядов требует специального рассмотрения [23].

Хотя потенциал Каца, как уже отмечалось, и не является реалистическим, полученные для него результаты являются иллюстрацией того, что для некоторых типов потенциалов использование вириального уравнения состояния и правила Максвелла позволяет описать фазовый переход первого рода.

Для реальных потенциалов взаимодействия аналитическое продолжение кластерного разложения на область больших плотностей, вообще говоря, может привести не обязательно к ван-дер-ваальсовской особенности в области фазового перехода, но, как показывает машинный эксперимент, для больших плотностей уравнение состояния определяется в основном отталкивающей частью потенциала [24]. Поэтому есть веские основания полагать, что кластерное разложение описывает всю однородную фазу, кроме области фазового перехода, которая требует дополнительного исследования.

Этим можно объяснить успехи в развитии современной теории жидкостей, в которой в качестве нулевого приближения используется потенциал твердых сфер, а поправочные члены определяются по теории возмущений [25].

Отметим, что при выводе (10) существенным образом использовался определенный порядок совершения предельных переходов: вначале осуществлялся статистический предельный переход, затем $\gamma \rightarrow 0$.

Практически с самого возникновения статистической физики по настоящее время предпринимаются попытки строгого математического обоснования статистической физики и ее возможностей описывать термодинамические свойства систем. Как известно, первый, или основной, постулат термодинамики состоит в том, «что у изолированной системы существует состояние термодинамического равновесия, в которое она приходит с течением времени и никогда самопроизвольно выйти из него не может» [26, с. 344]. В соответствии с этим основным постулатом статистической физики является следующее допущение: «Если рассматриваемая динамическая система является макроскопической системой, изолированной от внешних влияний и заключенной в некотором конечном макроскопическом объеме v , то наблюдаемые значения макроскопических динамических величин стремятся при $t \rightarrow \infty$ к постоянным значениям, представляемым средними этих величин, взятыми по каноническому распределению Гиббса» [27]. Попытка обоснования статистической физики состоит в выводе последнего постулата. Она привела к созданию эргодической теории. В ее рамках предполагается, что фазовая плотность ρ обладает тремя основными свойствами [28]:

1) ρ удовлетворяет уравнению Лиувилля: если $x = \{x_1, p_1, \dots, x_N, p_N\}$ — набор динамических переменных, U_t - оператор, который переводит начальное значение x_0 в x_t ,

$$x_t = U_t x_0, \quad (12)$$

ρ_0 — начальное распределение фазовой плотности, то

$$\rho_0(x) = \rho_t(U_t x); \quad (13)$$

2) поведение фазовой плотности в момент времени t полностью определяется ее значениями для $t' < t$ и не зависит от значений $t' > t$;

3) ρ является достаточной гладкой функцией (например, кусочно-непрерывной). Как мы видим, здесь нигде не учитывается то, что рассматривается макроскопическая система.

Рассмотрим среднее по времени от некоторой динамической величины $G(x)$:

$$\langle G \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_0^T G(x_t) dt. \quad (14)$$

Пусть далее μ — инвариантная мера гиперповерхности

$$H(x) = E, E = const, \quad (15)$$

порожденная инвариантной мерой Лиувилля

$$\prod_i dq_i dp_i,$$

причем

$$\int d\mu = 1$$

[27]. В случае транзитивности меры μ

$$\langle G \rangle \xrightarrow{t \rightarrow \infty} \int G(x) d\mu, \quad (16)$$

а если система обладает свойством размешивания, то

$$\int G(x_t) \rho_0(x) d\mu \xrightarrow{t \rightarrow \infty} \int G(x) d\mu, \quad (17)$$

где $\rho_0(x)$ - начальное распределение вероятности в фазовом пространстве.

Для реальных систем свойства транзитивности, а тем более свойство размешивания установить достаточно сложно. Кроме того,

эргодичность не является универсальным свойством механических систем. Некоторые из простейших наиболее важных систем не эргодичны. К ним относятся, в частности, идеальный газ, система гармонических осцилляторов [28]. Для рассмотрения неэргодических систем используются различные подходы, в частности либо переход от полного фазового пространства к его частям, которые являются метрически неразложимыми, либо выбор из всех переменных тех, которые являются эргодичными (второй подход был введен Ханчиным). Как мы видим, эргодичность, а особенно свойство размешивания полагают слишком сильные условия на рассматриваемые модели систем. Это возникает из-за того, что в исходных формулировках не учитывается макроскопичность систем [27]. Более того, свойство размешивания не гарантирует нам приближения систем к равновесию в том смысле, как этого требует термодинамика. Необходимо также определить время установления равновесия и показать, что флуктуации G малы, для чего надо использовать свойство макроскопичности системы.

Следует отметить следующее обстоятельство. Хотя в статистическом пределе граничные условия не влияют на объемные свойства статистической системы, они существенным образом влияют на тип получаемых решений для функций распределения. Неучет этого факта может привести к неоправданным выводам. В [29] обсуждается вопрос о том, может ли статистическая механика описать бесконечный кристалл. При этом исследуются системы со специальным типом потенциала взаимодействия и вводятся некоторые кластерные условия L^1 , на основе которых показывается, что решение цепочки ББГКИ

$$kT\nabla_{x_1}\rho(x_1) = \int dx_2 F(x_1 - x_2)\rho(x_1, x_2), \quad (18)$$

$$kT\nabla_{x_1}\rho(x_1, x_2) = F(x_1 - x_2)\rho(x_1, x_2) + \int dx_3 F(x_1 - x_3)\rho(x_1, x_2, x_3) \quad (19)$$

допускает для одночастичной функции распределения $\rho(x_1)$ значение $\rho(x_1) = const$. На основе этого делается вывод, что если классическая статистическая механика и может описать кристалл, то L^1 условие должно не выполняться, в частности, корреляционные функции должны быть не интегрируемы.

Результат, полученный авторами, является вполне естественным, так как они используют для описания системы трансляционно инвариантный гамильтониан. Если не снимать вырождения, то нельзя получить $\rho(x_1) \neq const$, даже если кристаллические структуры реально существуют.

Снятие вырождения можно осуществить различными способами, в частности заданием граничных условий. Так как в [29] ищется глобальное решение, то оно должно удовлетворять уравнениям (18) и (19), а также определенным граничным условиям.

Доказательство в работе [29] осуществляется следующим образом. Уравнение (19) с учетом (18) записывается в виде

$$kT\nabla_{x_1}g(x_1, x_2) = F(x_1 - x_2)\rho(x_1, x_2) + \int dx_3 F(x_1 - x_3)[\rho(x_1, x_2, x_3) - \rho(x_1, x_3)\rho(x_2)] \quad (20)$$

где $g(x_1, x_2) = \rho(x_1, x_2) - \rho(x_1)\rho(x_2)$ - корреляционная функция. Обе части уравнения (20) интегрируются по $|x_1| \leq R$ и далее осуществляется предельный переход $R \rightarrow \infty$. Условия же L^1 состоят в следующем:

- (1) $g(x_1, x_2) = O(1/|x_1|^{\nu+\varepsilon})$ при $|x_1| \rightarrow \infty$, $\varepsilon > 0$,
- (2) $g(x_1, x_2, x_3) = O(1/|x_1|^{\nu+\varepsilon})$ равномерно по x ,

$$(3) \int dx_1 \int dx_2 |g(x_1, x_2, x_3)| < \infty,$$

где ν - размерность пространства,

$$\begin{aligned} g(x_1, x_2, x_3) = & \rho(x_1, x_2, x_3) - \rho(x_1)\rho(x_2)\rho(x_3) - \\ & - \rho(x_1, x_2)\rho(x_3) - \rho(x_1, x_3)\rho(x_2) - \rho(x_2, x_3)\rho(x_1). \end{aligned} \quad (22)$$

После интегрирования в силу условия (21(1)) левая часть (20) обращается в ноль. Но несложно видеть, что это справедливо лишь в случае, когда x_1 не находится вблизи границы системы. Поэтому для всей области изменения x_1 в общем случае несправедливо равенство

$$\int dx_2 F(x_1 - x_2)\rho(x_1, x_2) = 0,$$

а, следовательно, и

$$\nabla_{x_1} \rho(x_1) = 0. \quad (23)$$

Обычно фиксация положения кристалла в пространстве осуществляется добавлением в выражение для гамильтониана неинвариантного по отношению к произвольной трансляции члена

$$\nu V(q_1, \dots, q_N) = \nu \sum_{i=1}^N u(q_i), \quad (24)$$

который соответствует включению бесконечно малого внешнего поля ($\nu \rightarrow 0$) [30]. Общее выражение для потенциальной энергии имеет в этом случае вид

$$U_N^\nu = \sum_{1 \leq i < j \leq N} \Phi(|q_i - q_j|) + \nu \sum_{i=1}^N u(q_i). \quad (25)$$

В качестве $u(q_i)$ берется периодическая функция с периодом кристаллической решетки. Цепочка уравнений получается для U_N^ν обычным образом, но функции распределения, вообще говоря, зависят от ν :

$$\rho^\nu(x_1), \rho^\nu(x_1, x_2), \dots$$

Одночастичная функция определяется следующим образом:

$$\rho(x_1) = \lim_{v \rightarrow 0} \rho^v(x_1). \quad (26)$$

P. N. Nikolaev

ON THE STATISTICAL LIMIT TRANSITION

In the article is considered history of the question associated with the possibility at the realization the limit transition and with the necessity of the calculation the macroscopication by the mathematical description of the statistical systems.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиббс Дм. В. Термодинамика. Статистическая механика. — М.: Наука, 1982.
2. U r s e l l H. D. The evaluation of Gibbs phase-integral for imperfect gases. — Proc. of the Cambr. Phil. Soc., 1927, vol. XXIII, p. 685—697.
3. Kahn B., Uhlenbeck G. E. On the theory of condensation. — Physica, 1937, vol. 5, N 5, p. 399.
4. Mayer J. E. The statistical Mechanics of Condensing systems. I. — J. Chem. Phys., 1937, vol. 5, N 1, p. 67; Maer J. E., Ackermann P. G. The statistical mechanics of condensing systems. II. — J. Chem. Phys., 1937, vol. 5, N 1, p. 74.
5. Born M., Fuchs K. — Proc. Roy. Soc., 1938, A 166, p. 191.
6. Гейликман Б. Т. Статистическая теория фазовых переходов. — М.: ГИТТЛ, 1954.

7. Исихара А. Статистическая физика. — М.: Мир, 1973.
8. Боголюбов Н. Н. Проблемы динамической теории в статистической физике. — М.: ГИТТЛ, 1946.
9. Боголюбов Н. Н., Хацет Е. И. О некоторых математических вопросах теории статистического равновесия. — ДАН СССР, 1962, 66, № 3, с. 31.
10. Хацет Б. І. Наукові записки Житомирського педагогічного інституту. Физмат. серія 3, 1956, **113**, 139.
11. Боголюбов Н. Н., Петрина Д. Я., Хацет Б. И. Математическое описание равновесного состояния классических систем на основе формализма канонического ансамбля. — ТМФ, 1969, т. 1, И 2. с. 251.
12. Ruelle D. — Ann. of Phys., 1963, 25, 200.
13. Van Hove L. Quelques proprietes generales de l'Integrale de configuration d'un systeme de particules avec interaction. — Physica, 1949, **15**, 951; 1950, **16**, 137.
14. Рюэль Д. Статистическая механика. Строгие результаты. — М.: Мир, 1970.
15. Gang C. N., Lee T. D. Statistical Theory of Equation of State and Phase Transitions. I. Theory of Condensation. — Phys. Rev., 1952, 87, 404.
16. Румер Ю. Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика. Статистическая физика. — М.: Наука, 1970.
17. Кас М. — Phys. Fluids, 1959, **2**, 8.
18. Ван-дер-Ваальс, Констаим Ф. Курс термостатики. Ч. 1, 2. — М.: 1936.
19. Кас М., Uhlenbeck G. E., Hemmer P. C. — Journ. Math. Phys., 1963, 4, 216.

20. Van Kampen N. G. — Phys. Rev., 1964, **135**, A362.
21. Lebovitz J., Penrose O. — Journ. Math. Phys., 1966, **7**, 98.
22. Lieb E. — Journ. Math. Phys., 1966, **7**, 1016.
23. Базаров И.П., Николаев П.Н. О рядах теории возмущений в статистической физике,—ДАН СССР, 1982, **267**, 6, с. 1344.
24. Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. Т. 1.. М.: Мир, 1978, с. 408.
25. Weeks J.D., Chandler D. A. — Journ. Chem. Phys.. 1971, **54**, 5237.
26. Базаров И. П. Термодинамика. — М.: Высшая школа. 1983.
27. Боголюбов Н. Н. О некоторых проблемах, связанных с обоснованием статистической механики. — В кн.: История и методология естественных наук, вып. 31. Физика. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983.
28. Penrose O. Foundation of statistical mechanics. — Rep. Prog. Phys., 1979, vol. 42, N 12.
29. Cruber Ch., Martin A. Can Classical Statistical Mechanics Describe an Infinite Crystal? — Phys. Rev. Lett., 1980, vol. 45, N 11, p. 853.
30. Базаров И. П. Статистическая теория кристаллического состояния. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972.

Приложение VII

Базаров И.П., Николаев П.Н.

Почему вероятность входит в физику ?

(Статья впервые опубликована в сборнике "История и методология физики (1988). Выпуск XXXIV. Физика. С. 3.

Является расширенным вариантом работы "Почему вероятность входит в физику, и критика концепции вероятностной причинности"(1986) "Вопросы философии", № 12. С. 142)

Статистические закономерности, представление о которых впервые появилось на примере азартных игр, со второй половины девятнадцатого века начинают широко изучаться в физике. Это привело к новым представлениям о сущности физических законов, дало в руки исследователей мощный метод изучения окружающей действительности. Вместе с тем возник вопрос о соотношении статистических и динамических закономерностей, а с ним и вопрос о причинности с точки зрения открытых новых законов.

Вокруг вопроса о понимании причинности между материалистами и идеалистами идет острая борьба. Сущность проблемы заключается не только в том, чтобы признать причинную связь явлений, но и ответить, откуда следует причинность. С точки зрения диалектического материализма, опирающегося на данные различных наук, доказательством объективности причинности

служит практика [1]. Отрицание причинной связи характерно для субъективно-идеалистического направления. С точки зрения И. Канта, причинность есть априорная врожденная категория рассудка. Э. Мах полагал, что причинность вытекает из субъективных устремлений людей. Для Б. Рассела понятие причины является лишь руководством к действию.

Понятие причины и следствия подвергалось научному анализу на протяжении многовековой истории науки. Начиная с Аристотеля, выделившего четыре типа причин, до нашего времени осуществляется анализ причинно-следственных связей в природе, их классификация, а с возникновением принципиально новых направлений в науке предпринимаются попытки пересмотра сложившихся представлений.

После того как вероятность вошла в физику, а особенно после создания квантовой механики началось бурное обсуждение вопроса о причинности в среде физиков, а затем и философов. Это было вызвано признанием многими крупнейшими физиками того времени факта, что статистическая интерпретация квантовой механики, применяемая к индивидуальным процессам, приводит к индетерминизму.

Ряд физиков на основе этого пришли к отказу от признания существования причинных связей в природе или к «неполной детерминированности» (П. Иордан). Автор статистической интерпретации квантовой механики М. Борн писал: «Что же касается новой теории, то она допускает две точки зрения на причинность. С одной стороны, мы можем рассматривать все процессы, подчеркивая их наглядные свойства и последовательно

интерпретируя их в терминах корпускул и волн. В этом случае приходится, вне сомнения, считать, что закон причинности нарушается. С другой стороны, можно, как это делается в последующем развитии теории, описывать мгновенное состояние системы посредством комплексной функции ψ , удовлетворяющей некоторому дифференциальному уравнению. Тогда зависимость функции ψ от времени полностью определяется ее формой в момент времени $t=0$, так что эволюция этой функции строго причинна. Однако физический смысл придается лишь величине $|\psi|^2 \dots$. Отсюда следует, что начальное значение функции принципиально нельзя найти полностью даже в том случае, если в момент $t=0$ все физически наблюдаемые величины известны точно. Такая точка зрения эквивалентна утверждению, что события развиваются в соответствии со строгой причинностью, но что начальное состояние системы во всех его деталях нам неизвестно. Итак, закон причинности в этом случае опять-таки оказывается бессодержательным» [2].

Приведенная здесь довольно длинная выдержка из книги М. Борна дает представление о том, с каких позиций он отрицал существование причинности в квантовых явлениях — с позиций введенной им статистической интерпретации квантовой механики и безусловной уверенности в том, что ψ -функция описывает индивидуальное поведение системы.

Другое представление о сущности квантовой механики было у А. Эйнштейна, до конца жизни оспаривавшего ту роль, которую придавали квантовой механике современные ему наиболее крупные теоретики. В статье, опубликованной по этому поводу в 1953 г., он

писал: «Я нисколько не сомневаюсь, что современная квантовая теория (точнее, «квантовая механика») дает наиболее полное совпадение с опытом, коль скоро в основу описания в качестве элементарных понятий положены понятия материальной точки и потенциальной энергии. Однако то, что я считаю неудовлетворительным в этой теории, состоит в интерпретации, которую дают " ψ -функции". Во всяком случае, в основе моего понимания лежит положение, решительно отвергаемое наиболее крупными современными теоретиками» [3, с. 623—624]. При этом он подвергает сомнению не математический аппарат теории, а физическую интерпретацию ее утверждений [3, с. 617].

На основе проводимых рассуждений А. Эйнштейн приходит к выводу, что «квантовая механика описывает ансамбль систем, но не отдельные системы. В этом случае описание отдельной системы с помощью ψ -функции является неполным: ψ -функция не описывает реальное состояние такой системы» [3, с. 621].

Если все конкретные примеры, приведенные А. Эйнштейном для доказательства несостоятельности квантовой механики, тем или иным способом были объяснены Н. Бором, то выдвинутое им представление о физической реальности и следующие из него методологические проблемы обсуждаются до настоящего времени.

Предпринимались неоднократные попытки дать другие интерпретации квантовой механике, которые не противоречили бы классическим представлениям. Они восходят к работам де Бройля, который пытался представить вопрос о корпускулярно-волновом дуализме как сосуществование волны и частицы. В дальнейшем эта

идея развивалась в работах Д. Бома и других ученых, но существенного прогресса в этом направлении достичь не удалось.

Таким образом, методологические вопросы, возникшие с созданием квантовой механики, многими учеными решаются по-разному, что вызывает дискуссии по самым различным аспектам рассматриваемых проблем. Поставленные квантовой механикой проблемы привели к необходимости методологического переосмысления вопросов, которые возникли в физике с введением в нее понятия вероятности.

Математическая вероятность определяется как «численная характеристика степени возможности появления какого-либо определенного события в тех или иных определенных могущих повторяться неограниченное число раз условиях» (А. Н. Колмогоров) [4]. Если рассматривать понятие вероятности как категорию научного познания, то она «отражает особый тип связей между явлениями, характерных для массовых процессов. Категория вероятности лежит в основе особого класса закономерностей — вероятностных, или статистических» [4].

Как, когда и почему вероятность вошла в физику? Ответ на этот вопрос, как мы покажем, позволяет установить безосновательность концепции вероятностной причинности.

Впервые вероятностные представления были введены в физику при разработке молекулярно-кинетической теории газов Максвеллом в 1860 г. при выводе закона распределения молекул по скоростям и позже более широко Больцманом. Поэтому неверно утверждение И. Пригожина, будто «понятие вероятности впервые вошло в теоретическую физику через молекулярную интерпретацию

необратимости» [9]. Завершением работ Больцмана по теории равновесных молекулярных систем является статистическая механика Гиббса, положенная в основу всей статистической термодинамики.

Рассмотрим, как вводится вероятность в статистической термодинамике. Равновесное состояние многочастичной системы, будучи понятием макроскопическим, характеризуется значениями небольшого числа n макроскопических параметров A_k (плотность, температура, давление, намагниченность и т. д.). Эти величины зависят от координат q_i и импульсов p_i всех N частиц системы, т. е. от ее микросостояний, определяемых совокупностью q_i, p_i . И так как $n \ll N$, то одно и то же макросостояние реализуется большим числом различных микросостояний.

Поэтому о микросостоянии в заданном интервале координат и импульсов всех частиц dq_i, dp_i ($1 \leq i \leq N$) в определенном макросостоянии можно сделать лишь вероятностное (статистическое) суждение и, следовательно, макроскопически заданная система по необходимости описывается заданием плотности вероятности координат и импульсов всех частиц (и времени в случае неравновесной системы) $\rho(t, q_1, p_1, \dots, q_N, p_N)$.

Отметим здесь ошибочность идущего от Гиббса мнения, будто вероятностно-статистическое описание молекулярной системы обусловлено отсутствием полных знаний о системе. Гиббс считал, что применение вероятностей вызывается грубостью наших восприятий и применяемой аппаратуры и что если бы мы могли проследить за движением каждой отдельной молекулы, то законы термодинамики были бы заменены законами механики [5]. В действительности же

такое знание о частицах системы не может изменить ни вероятности микросостояний, ни законов термодинамики.

Таким образом, вероятность вошла в физику во второй половине XIX в., когда многочастичная система характеризовалась адекватно не определяющими ее в целом (макроскопически) механическими параметрами — координатами и импульсами всех частиц [6], или, как отмечал известный американский физик-теоретик Дж. Уленбек, когда «указание значений координат и импульсов всех частиц не является подходящим способом описания макроскопического состояния системы» [7]. Система в целом качественно отличается от суммы составляющих ее частиц.

По этой же причине вероятность входит и в квантовую механику. Действительно, микрообъект ведет себя в одних условиях (например, при прохождении через две щели) как плоская волна, а в других (при падении на экран) — как обычная строго локализованная частица. Это означает, что свойства микрообъекта относительноны: по отношению к различным средствам наблюдения они различны, как различны траектории макроскопического тела относительно различных систем отсчета в классической механике.

В. А. Фок сформулировал это положение в квантовой механике в виде принципа относительности к средствам наблюдения [8]. Отсюда следует, что классические понятия координаты и импульса частицы неадекватны микромиру. Микрообъекты по своей природе не допускают одновременной локализации в координатном и импульсном пространстве, что обнаруживается при измерениях и выражается соотношениями неопределенностей Гейзенберга.

Поэтому описание состояния микрообъекта с помощью координат и импульсов с неизбежностью должно быть вероятностным.

Такое описание и осуществляется в квантовой механике с помощью волновой функции, которая определяет объективно существующие потенциальные возможности для микрообъекта иметь в зависимости от условий (средств наблюдения, приборов) адекватно его не определяющие значения координат или импульсов. Эти потенциальные возможности реализуются при измерении — взаимодействии микрообъекта с реагирующей частью прибора (детектора). При этом в отличие от измерения в классической физике при квантовом измерении мы, вообще говоря, не определяем то значение физической величины (координаты, импульса и др.) микрообъекта, которое она имела до акта измерения. Это особенно хорошо видно при рассмотрении микрообъекта, находящегося в суперпозиционном состоянии.

В квантовом измерении мы определяем то значение физической величины, которым микрообъект обладает в потенции, а не в действительности: перед фиксацией детектором микрообъект находится в суперпозиционном состоянии. Необходимо отметить, что, хотя основание для введения вероятности в классическую статистическую физику и в квантовую механику одно и то же, вероятность в квантовой механике является первичным понятием, так как в отличие от классической частицы микрообъект по своей природе не имеет одновременно определенных значений координаты и импульса. Этот результат позволяет установить неприемлемость концепции вероятностной причинности или неоднозначности причинно-следственной связи.

Сторонники этой концепции считают, что причинно-следственные процессы характеризуются тем, что в них задание начального состояния определяет последующие состояния. В квантовой механике, как известно, состояние микрочастицы определяется волновой функцией и временное уравнение Шредингера по заданному начальному состоянию (начальной волновой функции) однозначно определяет последующие состояния. Таким образом, согласно квантовой механике причинно-следственная связь однозначна.

Несмотря на это, критики однозначной причинности утверждают, что современная физика будто бы воочию показывает ее отсутствие. Они иллюстрируют это на примере с дифракцией электронов. Приведем относящиеся к этому их рассуждения и выводы.

Рассмотрим прохождение электронов через малое отверстие. Пусть каждый электрон описывается плоской волной и все они обладают одним и тем же импульсом. Проходя через диафрагму с малым отверстием, электрон попадает на экран. Хотя каждый электрон описывается одной и той же волновой функцией, т. е. имеет одно и то же начальное состояние и затем подвергается одному и тому же воздействию со стороны диафрагмы с отверстием, тем не менее разные электроны попадают в разные точки экрана. Следовательно, в данном случае при одинаковых начальных условиях и одинаковых причинах получаются различные следствия, т. е. однозначная причинность не имеет места.

Этот довольно распространенный аргумент защитников неоднозначности причинности основан на недоразумении. Дело в том, что в рассматриваемом эксперименте начальное состояние

частицы задается квантовомеханически (всякий раз частица имеет одну и ту же начальную волновую функцию), а конечное состояние определяется классически (частица всякий раз попадает в разные точки экрана и имеет один и тот же импульс). На основе такого смешения квантового описания с классическим и делается заключение об отсутствии однозначной причинности в квантовой механике.

В действительности же последовательное квантовое рассмотрение обсуждаемого эксперимента приводит *по* уравнению Шредингера к однозначной причинности, последовательно классическое рассмотрение эксперимента невозможно, однако это ни в коей мере не противоречит однозначной причинности, так как попадание частицы в разные точки на экране классически «объясняется» неоднозначностью ее начальной координаты.

Так развеивается миф о «свободе воли электрона», о том, что «даже сама природа не знает, по какому пути полетит электрон» [10], миф, который объективно пытаются обосновать некоторые наши физики и философы, защищая концепцию вероятностной причинности.

Природа «знает», что электрон полетит так, чтобы в неадекватно характеризующих его движение классических понятиях координаты и импульса отразить тот факт, чтобы его начальный импульс был равен $p = h / \lambda$, где h — постоянная Планка, а λ — пространственный период расположения «колец», создаваемых на экране электроном при многократном прохождении его через щель.

В заключение подчеркнем, что ошибочность концепции вероятностной причинности следует не из априорных утверждений об

однозначности причинно-следственных связей, а из объективного анализа явлений микромира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 20. С. 545.
2. Борн М. Атомная физика. М., 1965. С. 125—126.
3. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 3. М., 1966. С. 623—624.
4. Математическая энциклопедия. Т. 1. М., 1977. С. 667.
5. Гиббс Дж. В. Термодинамика. Статистическая физика. М., 1982. С. 551.
6. Базаров И. П. Методологические проблемы статистической физики и термодинамики. М., 1979.
7. Уленбек Дж. Фундаментальные проблемы статистической механики // УФН. 1971. Т. 103. С. 275.
8. Фок В. А. Принципы относительности к средствам наблюдения в современной физике // Вестн. АН СССР. 1971. № 4. С. 8.
9. Пригожин И. От существующего к возникающему. М., 1985. С. 31.
10. Фейнман Р. Характер физических законов. М., 1968. С. 161.

I. P. Bazarov, P. N. Nikolaev

Why is probability introduced in physics?

The history of introducing probability in physics is presented. The application of the causality principle in quantum mechanics is discussed.

Приложение VIII

Николаев П.Н.

О закономерностях развития физики

(Статья впервые опубликована в сборнике "История и методология физики (1992). Выпуск XXXVII. Физика. С. 154)

При историческом исследовании важное значение имеет позиция автора по принципиальным вопросам подхода к изучаемым явлениям. В некоторых случаях по целому ряду причин он не высказывает явно свои взгляды [1]. Так, «не один раз в своей литературной, педагогической и общественной деятельности В.О. Ключевскому,— пишут во введении к его сочинениям В.А. Александров и В.Л. Янин,— приходилось лавировать, а порой лукавить, учить читателя умению читать между строк и понимать злой сарказм. Скептик по натуре, он далеко не всегда высказывал свои мысли прямо. По словам М. Горького, Л. Толстой метко сказал о нем: «Хитрый, читаешь — будто хвалит, а вникнешь — отругает» [2, с. 19]. Авторская индивидуальность проявляется при внимательном изучении произведения.

Умение объективно представить различные позиции, часто враждебные, для того чтобы сделать в дальнейшем целесообразный выбор, является одним из наиболее ценных качеств исследователя. «Знание своего прошлого облегчает такой выбор: оно не только

потребность мыслящего ума, но и существенное условие сознательной и корректной деятельности. Вырабатывающееся из него историческое сознание дает обществу, им обладающему, тот глазомер положения, то чутье минуты, которое предохраняет его как от косности, так и от торопливости» [2, с. 62].

Методологическая разработанность исторических исследований характерна для отечественной исторической школы. Это оказало влияние и на исследования в области истории физики. Первый фундаментальный курс истории физики, в России, написанный, профессором Московского университета Н. А. Любимовым [3], построен по принципу изложения истории и методологии физики в рамках единой дисциплины (Н. А. Любимов (1830—1897) заведовал кафедрой физики в Московском университете с 1859 по 1882 г. В 1882 г. он назначается членом Совета министра народного просвещения [4, с. 209]). Такой подход позволяет наиболее целесообразно исследовать закономерности развития физики. Остановимся вначале на принятой в настоящее время классификации этих закономерностей [5].

В первую очередь мы должны назвать закономерности развития физики, которые обусловлены ее социально-экономической ролью в общественной жизни и определяются ее связью с производством и техникой, связью с философией и другими науками (закономерности, обусловленные внешними факторами).

Здесь прежде всего отметим основную, главную закономерность развития физики, как и науки вообще, которую можно сформулировать так: развитие физики обусловлено потребностями общественно-исторической практики. Открытие этой главной закономерности развития науки принадлежит К. Марксу и

Ф. Энгельсу. Она вытекает из основного положения исторического материализма, согласно которому развитие всех общественных явлений в конечном счете определяется общественно-исторической практикой, в первую очередь производством. Ф. Энгельс писал в пометках на полях работы «Диалектика природы»: «До сих пор хвастливо выставляют напоказ только то, чем производство обязано науке; но наука обязана производству бесконечно большим» [6, с. 501]. Он называет четыре причины быстрого возрождения науки в эпоху Ренессанса, обусловленные производством: во-первых, промышленность вызвала к жизни новые механические, химические, физические факты, расширяющие материал для наблюдений и позволяющие конструировать новые инструменты; «во-вторых, вся Западная и Центральная Европа, включая сюда и Польшу, развивалась теперь во взаимной связи» [6, с. 501]; в-третьих, географические открытия позволили использовать новый материал из области метеорологии, зоологии, ботаники и физиологии; «в-четвертых, появился *печатный станок*» [6, с. 501].

Именно это время Ф. Энгельс считает временем рождения естествознания как науки «в противоположность гениальным догадкам греков и спорадическим, не имеющим между собой связи исследованиям арабов...» [6, с. 508]. Роль производства для развития науки в современном мире наиболее ярко можно проиллюстрировать на примере развития физики высоких энергий: уровень развития данной области зависит от возможности строить мощные ускорители, т. е. от уровня производства, экономического потенциала страны или группы стран.

Второй тип закономерностей развития науки — это закономерности, определяемые ее предметом исследования и

свойствами человеческого познания, что иногда называют внутренней логикой развития науки. При этом исследуют вопросы о закономерностях научных революций, о соотношении теории и эксперимента, об эвристической роли аналогий и т. п.

Третья группа закономерностей развития науки — закономерности индивидуального творчества ученого.

И к четвертой группе относятся вопросы организации науки, ее планирования, вопросы научной информации.

Первые два типа закономерностей широко освещены в литературе [5, 7, 8]. Остановимся ниже на двух последних.

Историю общества творят люди. Они же делают научные открытия. Влияние личности на ход развития научных исследований зачастую настолько глубоко, что нам трудно отделить само открытие от его создателя. Ход развития науки объективен, в целом не зависит от особенностей конкретных личностей, создавших науку. Но вместе с тем для объективного анализа процесса развития науки мы должны брать этот процесс субъективно, т. е. как процесс, осуществляемый людьми.

Закономерности индивидуального творчества ученого в настоящее время разработаны недостаточно полно, хотя и имеются прекрасные книги по данному вопросу [9]. Поэтому мы остановимся ниже лишь на некоторых аспектах данной проблемы.

Интуитивно ясно, что многие выдающиеся физики в своем творчестве 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 трудно, так как всякая выдающаяся личность (а мы учимся на опыте выдающихся

личностей) глубоко индивидуальна. С другой стороны, не зная азов индивидуального творчества, трудно рассчитывать на большой успех в науке. Так, Ф. Бэкон 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?» Объективные причины этого мы обсудили выше. Остановимся теперь на субъективных причинах, которые, конечно, в той или иной мере отражают и объективные процессы. Ганс Селье [9] предлагает следующий их перечень:

- бескорыстие и любовь к правде;
- восхищение красотой закономерности;
- простое любопытство (это перекликается с замечанием Аристотеля: «Все люди от природы стремятся к знанию»);
- желание приносить пользу;
- потребность в одобрении;
- ореол успеха;
- боязнь скуки.

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

Открытия в области фундаментальных исследований доставляют радость вне зависимости от возможности их практического использования, в том числе и в меркантильных целях. «Стремление к собственности,— пишет Б. Рассел,— больше, чем что-либо другое, мешает людям жить свободно и достойно».

Для ряда людей подлинной потребностью (если угодно, счастьем) является достижение перехода от тайны к закономерности. И. Ньютон так выражал свое мироощущение: «Я кажусь самому себе

мальчиком, играющим у моря, которому удалось найти более красивый камешек, чем другим, но океан неизведанного лежит передо мной».

Одной из основных человеческих потребностей является постижение 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» [9, с. 23].

Любопытство также является одним из важнейших стимулов к научному творчеству (если, конечно, как отмечает Селье, его не путать с другим, гораздо менее благопристойным свойством — пронырливостью) .

Говоря о фундаментальных исследованиях, достаточно трудно найти связь с таким стимулом к научной деятельности, как желание приносить пользу. Ряд ученых настаивают на том, что фундаментальные исследования — это «искусство ради искусства», и их практическая применимость не должна оцениваться. В качестве оправдания они приводят примеры недоступных вначале для использования результатов исследований, которые в конце концов приносили практическую пользу. Здесь имеет место определенная несогласованность: изучение вещей, не связанных с практикой, оправдывается их потенциальной полезностью. Определенный элемент реализма в постановке задачи должен быть и в фундаментальных исследованиях. Вместе с тем многие ученые имеют искреннее желание быть полезными обществу, даже занимаясь фундаментальными исследованиями.

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 почве политической или благотворительной деятельности. Значит, существует и другой побудительный мотив — потребность в одобрении. Тщеславие становится 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» [9, с. 29]. Ученому необходимо признание компетентных в области его исследований людей.

Немалую роль для занятий наукой играет стремление к ореолу успеха (или 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.

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.

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:

энтузиазм и настойчивость;

оригинальность: независимость мышления, воображение, интуиция, одаренность;

интеллект: логика, память, опыт, способность к концентрации внимания, абстрагированию;

этика: честность перед самим собой;

контакт с природой: наблюдательность, технические навыки;

контакт с людьми: понимание себя и других, совместимость с окружающими людьми, способность организовывать группы, убедить других и прислушаться к их аргументам [9, с. 47].

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

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 Складовской-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» [9, с. 47].

Но люди чаще более устойчивы 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» [9, с. 56—57]. Для занятий наукой необходимо отречься от ценностей типа культа «красивой жизни». Немаловажно и обладание хорошим здоровьем и энергией, а это в определенной мере предполагает спартанский образ жизни и самодисциплину.

Способность по-новому взглянуть на вещи — оригинальность — играет значительную роль в научном исследовании. 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 (цит. по: [9]). Можно привести ряд примеров интуитивных открытий из истории науки.

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 интеллекта и прошлого опыта» [9, с. 90]. То что гений часто находится на грани возможного для обычного интеллекта, как правило, приводит к его эксцентричности, что было давно замечено. «Не существует гения,— писал Сенека,— без некоторой примеси безумия».

Для научной деятельности необходима хорошо развитая способность к пониманию (интеллект). Сюда включается логика, память и опыт, способность к сосредоточению и абстрактному мышлению.

В настоящее время все большее значение приобретает этика ученого. Здесь мы имеем в виду не только его честность 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 способен 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 только пользу? В этом отношении очень характерен пример с открытиями Нобеля: мощные взрывчатые вещества дали возможность производить 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 новых открытий больше блага, чем зла» [10, 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 следует искать не во мраке невежества, а на пути развития науки.

Научная деятельность предполагает и умение находиться в контакте с природой (объектом исследования): развивать наблюдательность, технические навыки. Множество примеров из

истории физики показывает, что наблюдательность, умение видеть то, чего не видят другие, приводит к открытию (например, открытие Эрстедом действия тока на магнитную стрелку). Большое значение имеют и технические навыки ученого. Лавуазье, например, сам изготовлял весы, термометры, калориметры.

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

Один из наиболее сложных — 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, например, было с Дж. Дж. Уотерстоном в 1845 г., когда он написал статью о молекулярной теории газов, предвосхитив работы Джоуля, Клаузиуса, Максвелла. Один из рецензентов Королевского общества дал заключение: «Эта статья не что иное, как абсурд».

С другой стороны, нельзя инфантильно относиться к ошибочным работам, засоряющим научные журналы, и давать им обоснованную критику, которая должна быть выдержанной и не терять объективности.

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

слишком мало. Надо установить прочную связь между ранее неизвестным и уже известным. Необходимо не просто наблюдать новое явление, но и понять его роль. История науки имеет много примеров, когда явление наблюдается многими, но лишь единицы способны осознать значимость и новизну открытия.

Немаловажное значение имеет способность ставить перед собой реальные цели, которых можно достичь в данную эпоху и при имеющихся возможностях общества. Открытие может быть сделано, но не воспринято ни самим ученым, ни обществом. Примером тому служит изобретение Героном эолопила — прототипа паровой турбины, который использовался как игрушка. И лишь через сотни лет турбина вновь была изобретена.

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.

Процесс интеграции наук, происходящий особенно интенсивно в последнее время, большая значимость научных исследований и их результатов для жизни общества, широкое распространение профессии научного работника привели к тому, что наука как таковая воспринимается обществом как единое целое, общественное явление, имеющее свои законы развития. Было выдвинуто положение, что наука — это не просто система знаний, не только одна из форм общественного сознания, но и особая форма деятельности. В 60-х гг. XX столетия возникла новая наука — «науковедение» (или «наука о науке»).

Вначале она в значительной мере развивалась в рамках истории науки, и ее самостоятельное оформление стимулировалось рядом

социологических исследований в области научной деятельности в период бурного развития науки в 40—60-х гг. Тогда же стали широко использоваться первые «измерители» научной деятельности: число публикаций в научных журналах, число людей, работающих в сфере науки, размеры средств, отпускаемых на научные исследования.

В отмеченный период эти показатели росли, и если экстраполировать эту закономерность на будущее, то к началу следующего века все люди на Земле должны были бы заниматься наукой. Отсюда следовал вывод об изменении в ближайшие годы характера развития науки. Действительно, в 70-х гг. темпы развития науки снизились.

Формирование науковедения как особой науки, отличной от других наук (философии, истории науки, истории культуры и т. д.), стало возможным 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» [11, с. 19].

Вместе с тем имеются и другие определения предмета науковедения, например расширительное: к науковедению относят все исследования, посвященные науке (логико-гносеологические, социально-философские, конкретно-социологические исследования и т. д.).

На протяжении долгого времени философия и история науки видели в науке исключительно систему знаний. Эти науки изучали логические и гносеологические основания научного знания, его структуру, предметное содержание отдельных наук, их методологическое значение, построение научных теорий, методологию научного познания и т. д. Деятельность по производству знаний выпадала из их рассмотрения.

К науковедению в настоящее время относят пять основных направлений исследований: общее науковедение, социологию науки, психологию науки, экономику науки, организацию науки [11, с. 23]. Кроме названных направлений в настоящее время формируется и ряд других: социально-этические, правовые проблемы научной деятельности и т. д.

Термин «науковедение» впервые был введен в 1926 г. советским исследователем И. А. Боричевским, а широко стал использоваться после статьи С. Р. Микулинского и Н. И. Рудного «Наука как предмет социального исследования» [12].

Уже в античности был открыт упорядоченный характер научных знаний. Особую роль здесь сыграли работы Аристотеля. Но до конца эпохи феодализма наука воспринималась как логический строй научного мышления вне зависимости от общественных отношений. На заре капитализма Ф. Бэкон провозгласил идеи о практической полезности науки и рассматривал ее как важнейшее средство преобразования природы и человеческой жизни, обосновывал необходимость всемерного развития научных исследований.

После организационного оформления науки — создания научных обществ, академий наук, модернизации системы университетов, дифференциации науки (выделение отдельных отраслей знания) —

возникают попытки классификации наук. Особую роль имеют работы энциклопедистов в XVIII в. (Д'Аламбер и др.). Наряду с рассмотрением фактического содержания науки они обсуждают вопросы создания новых дисциплин, т. е. науковедческие вопросы.

В период промышленной революции наука укрепилась и развилась как социальный институт, выросла ее роль в развитии производства. К. А. Сен-Симон, Ч. Бэббидж выдвигают идеи об общественном статусе науки, о социальном механизме ее функционирования, о путях целесообразной организации науки. Сен-Симон первым выдвинул идею о социальных функциях науки как «основе промышленности». Сен-Симон утверждал, что «промышленность должна была представлять собой в технологическом отношении вывод из науки, непосредственное приложение данных науки к производству» [13, с. 468].

Впервые анализ науки как общественного явления осуществлен К. Марксом и Ф. Энгельсом. Во-первых, К. Маркс и Ф. Энгельс доказали положение о развитии науки как «одной из сторон, одной из форм, в которых выступает *развитие производительных сил человека*, т. е. развитие богатства» [14, с. 33]. Во-вторых, они установили, что при капитализме наука функционирует как непосредственная производительная сила, она отделена от рабочего и выступает как сила капитала, т. е. чуждая рабочему сила. В-третьих, они доказали, что историческое стремление капитала «придать производству научный характер» [14, с. 206] приводит к диалектическому отрицанию капитала. В-четвертых, К. Маркс и Ф. Энгельс считали, что будущий коммунистический труд будет основан на научных знаниях.

На рубеже XIX и XX вв. объем научных исследований возрос, усложнилась организация науки. В этот период рядом ученых высказываются идеи по преодолению трудностей взаимосвязи различных областей знания, по организации крупных научных учреждений, отличных от университетов.

А. Декандоля и Ф. Гамильтона можно считать основателями статистического метода анализа науки [11]. Декандоль в своей книге, вышедшей в 1873 г., изучил число, состав, критерии отбора иностранных членов в Берлинской и Парижской академиях наук, Лондонском Королевском обществе за 200 лет. Он ввел показатель «научной производительности страны» — отношение числа известных ученых к населению страны. Декандоль исследовал науку как особую форму деятельности.

В 20-е годы текущего столетия социологический анализ науки с использованием статистических методов развивали П.П. Вальден, А.Лотке, С.Г. Струмилин, Т.И. Райнов и др. В 50-е годы количественные методы анализа роста научных исследований широко применял Д. де Солла Прайс. В 60-е гг. разработана система методов количественного анализа науки [11].

С победой Великой Октябрьской социалистической революции возникла необходимость развития исследований в нашей стране по управлению научной деятельностью. В работах В.И. Ленина «Очередные задачи Советской власти» [15], «Набросок плана научно-технических работ» [16], «Задачи союзов молодежи» [17] и др. сформулирована программа развития науки как составной части строительства социализма в стране. Претворением в жизнь ленинских идей явился план ГОЭЛРО — первый в мире единый план комплексного развития народного хозяйства. Большой вклад в

обоснование планирования науки в СССР внесли Г. М. Кржижановский и В. В. Куйбышев [18].

В 1931 г. состоялась первая Всесоюзная конференция по планированию науки, обобщившая исследования в данной области. Результаты исследований советских ученых были представлены на II Международном конгрессе по истории науки в Лондоне, который проходил в том же году.

Опыт планирования науки в СССР нашел отклик во всем мире. В 1939 г. выходит книга Дж. Бернала «Социальная функция науки», которую можно считать первой науковедческой монографией.

В 60-х и особенно в начале 70-х гг. сформировались основные науковедческие понятия и подходы. Важное влияние на этот процесс оказала книга Дж. Бернала «Наука в истории общества», в которой он подчеркивает важность «сознательного планирования науки на коллективной основе» и отмечает, что наука несет теперь социальную ответственность.

На XI Международном конгрессе по истории науки в Варшаве (1965 г.) Дж. Бернал предложил программу развития «науки о науке», которая, по его мнению, должна состоять из теоретической и прикладной частей [19]. В настоящее время возникают международные формы сотрудничества по науковедческим проблемам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горький М. Лев Толстой // Собр. соч.: В 30 т. Т. 14. М., 1951, С. 257.
2. Ключевский В. О. Сочинения в девяти томах. Т. 1. М., 1987.

3. Любимов Н.А. История физики. Слб., 1892. Ч. 1; 1894. Ч. 2.
4. Брокгауз Ф.А., Ефрон И.А. Энциклопедический словарь. Спб., .1896. Т. 18.
5. Спасский Б.И. История физики. Ч. 1. М., 1977.
6. Энгельс Ф. Диалектика природы //Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20. С. 339—626.
7. Кудрявцев П. С. Курс истории физики. М.,1982.
8. Дорфман Я. Г. Всемирная история физики с древнейших времен до конца XVIII века. М., 1974; Всемирная история физики с начала XIX до середины XX вв. М., .1979.
9. Селье Г. От мечты к открытию. М., 1987.
10. Кюри Е. Мария Кюри. М., 1979.
11. Основы науковедения / Под ред. С. Микулинского. М., 1985.
12. Микулинский С.Р., Рудный С.И. Наука как предмет специального исследования // Вопр. философии. 1966. № 5. С. 25—38.
13. Сен-Симон К. А. Избранные сочинения. М., Л., 1948. Т. 1. С. 468.
14. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 46, ч. II.
15. Ленин В.И. Полн. собр. соч. Т. 36. С. 165—208.
16. Ленин В.И. Полн. собр. соч. Т. 36. С. 228—231.
17. Ленин В.И. Полн. собр. соч. Т. 41. С. 298—318.
18. Куйбышев В. В. Науке - социалистический план. М., 1931.
19. Бернал Дж., Маккей А. На пути к науке о науке // Вопр. философии:. 1966. № 7.

P. N. Nikolaev

**On the conformaties of the development of physics to
natural laws**

The conformaties of the development of physics to the natural laws are investigated. The conformaties of the individual creative works of a scientist and the science of science to natural laws are discussed in detail.

Приложение IX

Конопаткин Н.М., Лукьянов Е.А., Николаев П.Н.

Демонстрационные приборы и опыты Н.А.Любимова

(Статья впервые опубликована в ежегоднике "Памятники
науки и техники (1989). М.: Наука, 1990. С. 33)

Николай Алексеевич Любимов (1830-1897) заведовал кафедрой физики в Московском университете с 1859 по 1882 гг. В 1854 г., после того как Н. А. Любимов выдержал испытание, он был зачислен адъюнкт-профессором по кафедре физики и физической географии. В 1854 -1855 годах преподавал математическую физику, а в последующие два года на него было возложено, кроме того, преподавание предварительного курса астрономии. В конце 1856 г. Н.А. Любимов защитил диссертацию «Основной закон электродинамики и его приложение к теории магнитных явлений» на степень магистра физики [1], в которой рассматривает логику открытий Ампера. Известный астроном академик Д. П. Перевощиков высоко ценил исключительно оригинальный подход ученого.

В 1865 г., вскоре после защиты докторской диссертации «О дальтоновом законе и количестве пара в воздухе при низких температурах» [2], Н. А. Любимов был избран ординарным

профессором по кафедре физики Советом Московского университета большинством в тридцать голосов против одного.

В 1860 г. Н. А. Любимов прочел публичный курс физики. На его лекциях впервые в России было применено электрическое освещение: электричеством был освещен университетский двор с прилегающей местностью. «Обладая хорошим даром слова и имея совершенно особенную способность удачно демонстрировать опыты, писал К. Случевский, — Николай Алексеевич, как лектор, не мог не заслужить самого полного признания, чего не достигали впоследствии его многочисленные последователи, другие лекторы. Лекции эти читались в большой физической аудитории по воскресеньям. Их было десять и на них перебивала вся Москва, и весь университетский двор бывал полон экипажами». «Огромное число слушателей, — писал тогда в „Московских ведомостях“ профессор Зернов, — едва вмещается в самой просторной нашей аудитории. . . Успешность опытов напоминает предания, дошедшие до нас от наших предшественников о московском профессоре физики начала нынешнего столетия Петре Ивановиче Страхове, читавшем тогда также публичные лекции». Впоследствии, в 1868 г. Николай Алексеевич повторил свой публичный курс физики и, что бывает редко, с тем же замечательным успехом. Об этих вторичных лекциях сохранились также довольно подробные и сочувственные статьи, подписанные двумя весьма известными и популярными тогда в Москве именами: князем Владимиром Федоровичем Одоевским и Михаилом Петровичем Погодиным («Московские ведомости», № 1, 1868 г. и «Русский Вестник», № 19, 1868 г.) [3, с. 11 — 12].

Лекции

Н. А. Любимова по физике слушали студенты, ставшие позже выдающимися русскими физиками. В их числе— Николай Алексеевич Умов, впоследствии профессор Московского университета по кафедре физики В июле 1897 г. он писал:

«Н. А. Любимов любил эффектные и грандиозные опыты и предпочитал, сообразуясь с размерами аудитории и численностью

слушателей, крупные приборы. Он сам изобретал приборы и дополнял опыты. Укажем некоторые излюбленные им демонстрации. Опыты Фуко с проложением (проекцией. — *Авт.*) на экране; для его объяснения он придумал маятник на упругом стержне, направление которого с осью вращения прибора может быть изменено. Этот снаряд описан Николаем Алексеевичем в «Вестнике естественных наук» за 1860 г. Наклонная плоскость Галилея с катящейся тележкой, несущей закопченную стеклянную пластинку, на которой в различные моменты движения камертоны чертили синусоиды. Опыт с передачей звука твердыми телами:

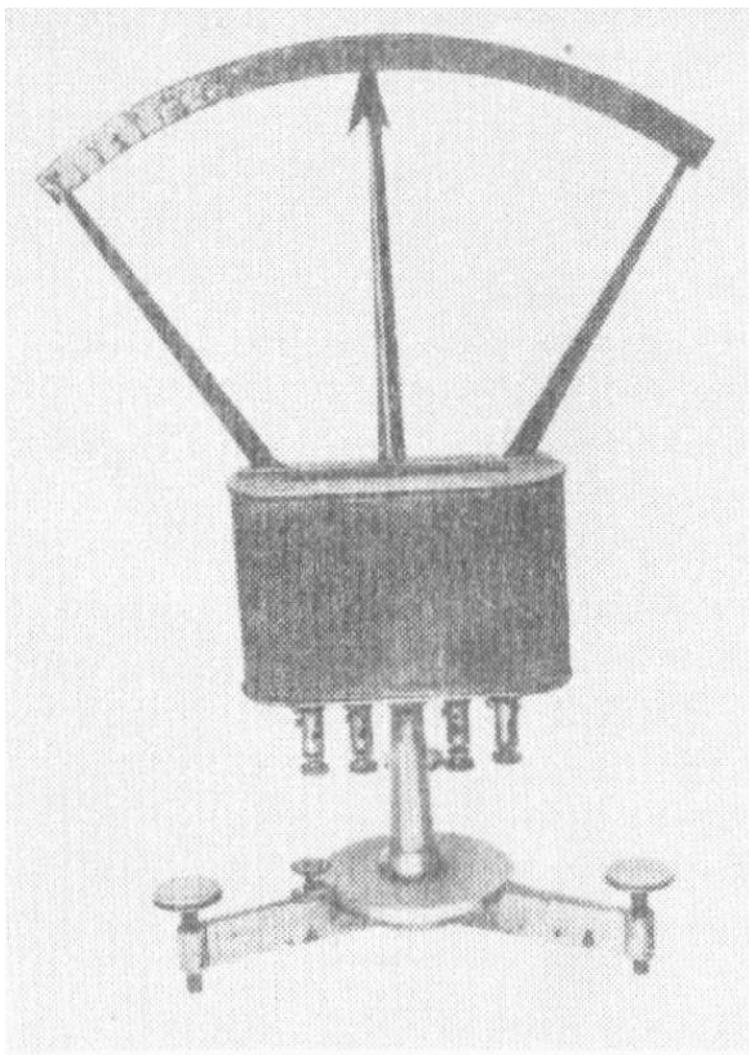


Рис. 1. Гальваноскоп

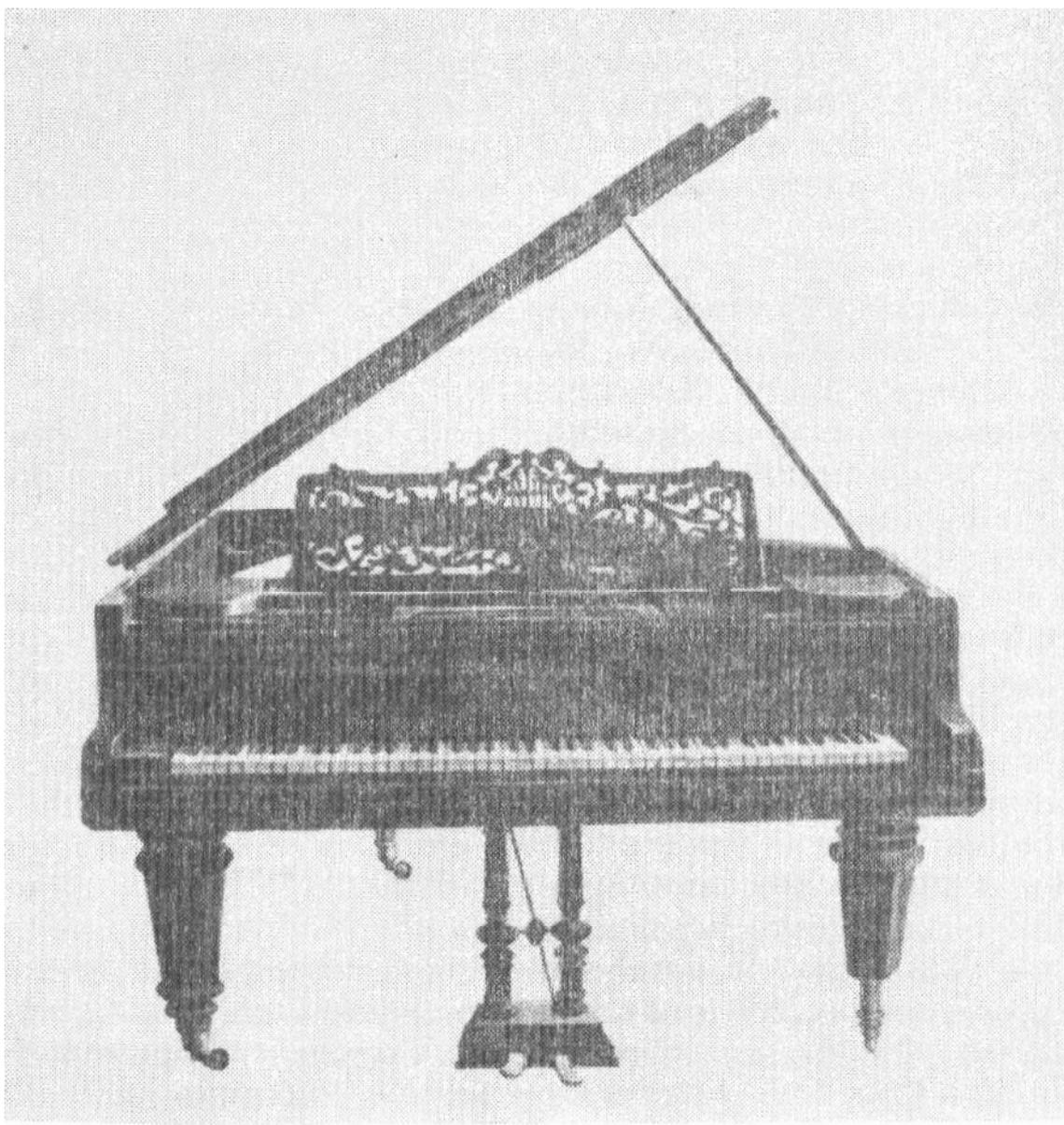


Рис. 2. Рояль для демонстрации звукопроводности тел

длинный шест пропущался через отверстие в полу аудитории в подвальное помещение и опирался на деку рояля. На шест клалась большая сосновая доска и в аудитории раздавалась пьеса, которую играли в нижнем помещении. Далее — большой гейзер, фонтан со струей, бившей до потолка и освещающийся электрическим светом; вытекающая струя воды, освещаемая при помощи полного внутреннего отражения; всевозможные опыты с положением явлений спектральных — двойного преломления, интерференции, дифракции и т. д. Словом, все основные опыты физики делались

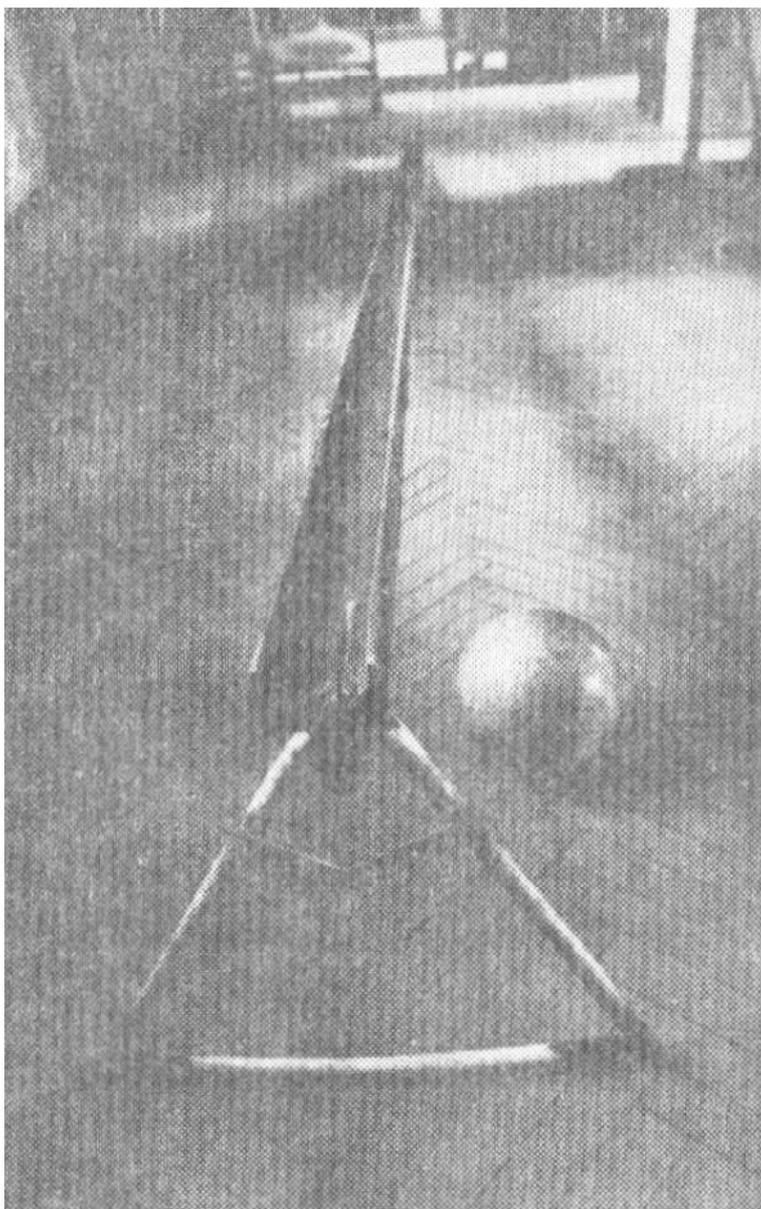


Рис. 3. Наклонная плоскость Галилея

доступны огромной аудитории. Изложение Николая Алексеевича неразрывно сливалось с опытом» [3, с. 56—57] .

Одной из забот Н. А. Любимов было создание университетской механической мастерской. В 1866 г. помощник на лекциях Н. А. Любимова, механик Мазинг, отказался от службы в университете. Для заведования механической мастерской к должности механика при Московском

университете был приглашен любитель - часовщик Тимофей Филиппович Симонов [6]. С Т. Ф. Симоновым Н. А. Любимов познакомился благодаря починке регулятора Фуко, исправление которого обнаружило способности Тимофея Филипповича в области механики [5, с. 133]. В 1870 - 1872 гг. по поручению Н. А. Любимова Т. Ф. Симонов изготовил гальваноскоп (рис. 1), который затем широко использовался для лекционных

демонстраций в течение длительного времени. Сейчас он хранится в экспозиции постоянно действующей выставки «Развитие физики в Московском университете», открытой на физическом факультете МГУ в связи с 225-летием со дня основания Московского университета. Подвижная часть прибора напоминает скелет рыбы (в 80-х годах прошлого столетия Дебре назвал гальванометр, стрелка которого имела вид гребенчатой пластинки, напоминающей скелет рыбы, гальванометром с «рыбьей костью» [7]).

Совсем недавно экспозиция этой выставки пополнилась еще одним старинным инструментом: из кабинета физических демонстраций передан инструмент, использовавшийся Н. А. Любимовым в демонстрации по звукопроводности, отмеченной выше Н. А. Умовым, — рояль известной немецкой фирмы. RUD. IBACH SOHN № 1357 (рис. 2). Сам Н. А. Любимов так описывал этот эксперимент: «Поместим фортепиано в нижнем этаже и через потолок проведем деревянную палку в верхний этаж, укрепив ее плотно в проделанном отверстии с помощью тел, не проводящих звука. Если отверстие заделано тщательно, никакой звук из нижнего этажа не проникнет в верхний. Но если прислонить палку к перекладине, где на фортепианной доске укреплены струны, то дрожания перекладины передадутся через шест в верхний этаж, и если на конец шеста положить доску или, еще лучше, какой-нибудь музыкальный инструмент, например, гитару, скрипку, контрабас (со струнами или без них, ибо дело в ящике, на котором укреплены струны), то звуки передадутся с замечательной силой» [8, с. 146—147].

Приведенное описание мы взяли из учебника Н. А. Любимова «Начальный курс физики в объеме гимназического курса», в котором отразился склад его научного творчества, педагогической деятельности. Первое издание вышло в 1873 г., второе - 1876. Изложение физических законов в нем сочеталось с историческими рассказами об их открытии и биографиями ученых. Как отмечал Н. А.

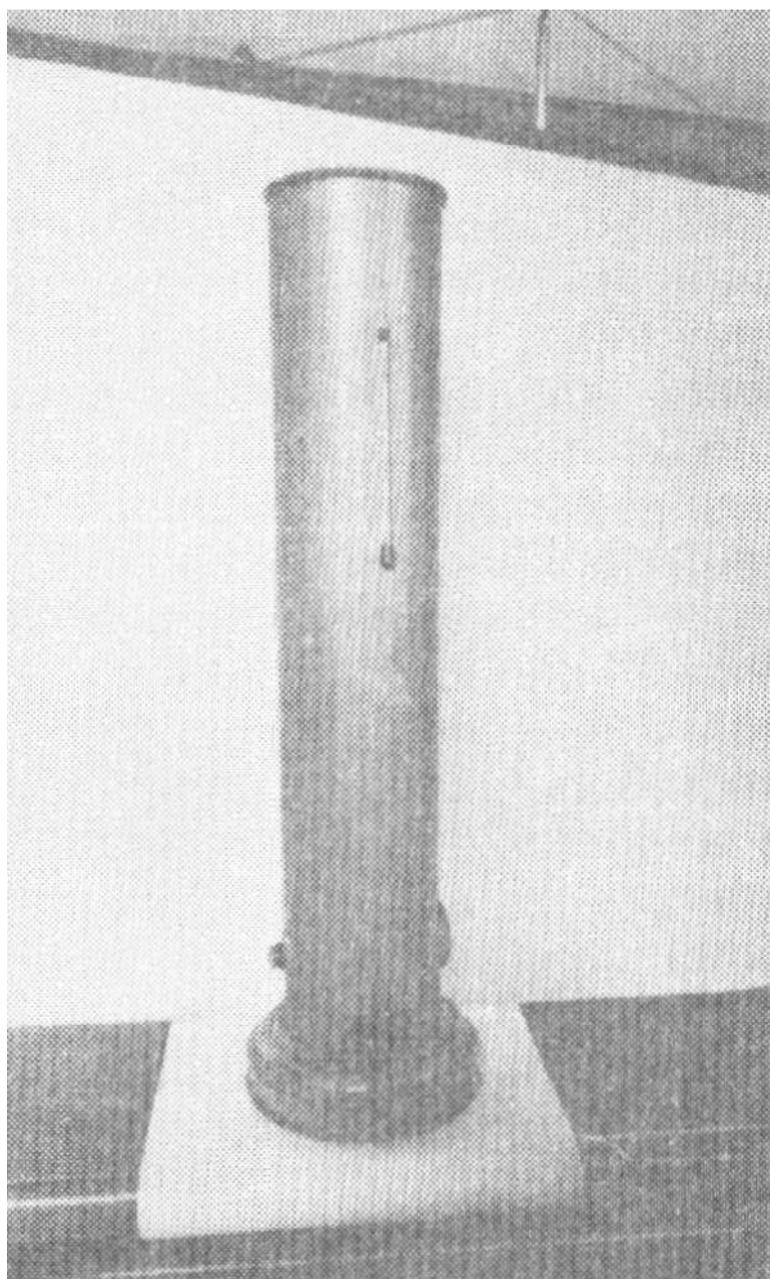


Рис. 4. Сосуд для демонстрации опыта со светящейся струей

Умов, общедоступность и увлекательность изложения этого учебника сыграли важную роль для привлечения в физику талантливой молодежи, в том числе даровитого самородка И. Ф. Усагина.

В 1874 г. И. Ф. Усагин, узнав о существовании учебника Н. А. Любимова, приобретает его и создает в подвале лавки своего отчима, где он работал, маленький физический кабинет с

электрическими машинами, гальваническими элементами и т. д. Отрицательное отношение отчима Усагина к его занятиям физикой поставило Ивана Филипповича в тяжелое положение. В декабре 1874 г. И. Ф. Усагин пишет письмо Н. А. Любимову, в котором, рассказав о своем желании изучать физику и препятствиях к тому, просит совета, — вспоминал Н. А. Умов. Дня через два Усагин получает ответ, в котором Николай Алексеевич назначает час свидания. Н. А. Любимов принял горячее участие в судьбе Усагина и посоветовал ему ознакомиться с построением физических инструментов.

Для осуществления такого плана нужно было получить согласие отчима, и Николай Алексеевич, надев ордена, отправляется в лавку. Поездка Любимова увенчалась успехом: отчим отпустил Усагина на новое поприще. Любимов помещает Усагина в семью архивариуса Московского университета Ларионова, платит из своих денег по 15 р. в месяц за стол и квартиру Усагина и определяет его учеником в университетскую мастерскую. Но на этом заботы Николая Алексеевича об Усагине не закончились. Усагин должен был в продолжении шести месяцев ежедневно являться к Любимову в утренние часы, профессор обучал его арифметике, краткой геометрии, алгебре и грамматике. Через год Усагин помогал Николаю Алексеевичу на лекциях по физике в лицее цесаревича Николая [3, с. 58—59]. Многому научила И. Ф. Усагина и совместная работа с опытным механиком Т. Ф. Симоновым. Симонов не только ремонтировал и изготовлял физические приборы, но и демонстрировал опыты на лекциях Любимова по физике [9, с. 61]. В 1882 г., после смерти Симонова, Усагин занял его место в университете.

И. Ф. Усагин был отличным исполнителем трудных замыслов своего профессора и воспитателя. Его талант и трудолюбие дали возможность Н. А. Любимову поднять искусство физического эксперимента. О сотрудничестве Любимова и Усагина Н. А. Умов писал: «С этого времени Николаю Алексеевичу открывается возможность проявить вполне свои педагогические способности, и действительно это была самая блестящая пора в его академической жизни. Он поднял сразу преподавание физики в Московском университете своим талантливym изложением, популяризацией науки и стремлением довести это преподавание до уровня, с которым он ознакомился в своей заграничной поездке. Начинаются постоянные заботы о пополнении инструментами физического кабинета, в то время крайне бедного, и об устройстве для него нового помещения» [5, с. 129]. Далее Умов отмечал, что Любимов «поставил физический кабинет Московского университета на желаемую высоту не только приобретением приборов, но и выработкою препаратора, искусству и талантами которого и по сие время демонстрации на экспериментальных лекциях обязаны своею замечательною чистотой и отчетливостью» (5, с. 134).

К этому же периоду жизни И. Ф. Усагина относится изобретение им трансформатора переменного тока промышленного типа. «Идея трансформирования была осуществлена годом раньше Gaulard'a и Gibbs'a на Всероссийской промышленной выставке 1882 г. Иваном Филипповичем Усагиным, состоящим в настоящее время препаратором физического кабинета Московского университета» [10].

21 октября 1882 г. (по ст. ст.) Н. А. Любимова назначили членом Совета министра народного просвещения, он ушел из университета

и переехал в Петербург. Кафедру физики занял А. Г. Столетов, к которому и перешло руководство физическим кабинетом. А. Г. Столетов внес значительный вклад в преподавание физики и развитие научных исследований в Московском университете. И. Ф. Усагин в качестве главного демонстратора физического кабинета работал с 1882 г. и до конца жизни (1919 г.) и был талантливым помощником не только Н. А. Любимова и А. Г. Столетова, но и Н. А. Умова, П. Н. Лебедева, А. П. Соколова — все они и другие, более молодые работники кафедры чрезвычайно высоко ценили его выдающуюся работу и способности.

В настоящее время в кабинете физических демонстраций МГУ сохранены и регулярно демонстрируются на лекциях студентам и школьникам некоторые демонстрационные приборы, которые Н. А. Любимов показывал на лекциях по физике и даже ввел их в практику преподавания. Это, например, наклонная плоскость Галилея (рис. 3). По сей день неизменным успехом пользуется чрезвычайно эффектный опыт со светящейся струей, иллюстрирующий явление полного внутреннего отражения [11, с. 531—532]. И до сих пор для этого эксперимента используется тот же самый сосуд из листового железа (рис. 4), который служил Н. А. Любимову на его блестящих лекциях. Этот сосуд в своей нижней части имеет стеклянное окошко и против него отверстие, которое закрыто винтовой крышкой, также со стеклянным окошком. Между ними расположен сливной кран. В верхней части сосуда имеется индикатор уровня жидкости. Сосуд наполняют водой, подкрашенной флюоресцеином (однако и чистая вода дает очень хорошую светящуюся струю благодаря неизбежности рассеяния

света, отчасти связанному с присутствием в нем воздушных пузырьков).



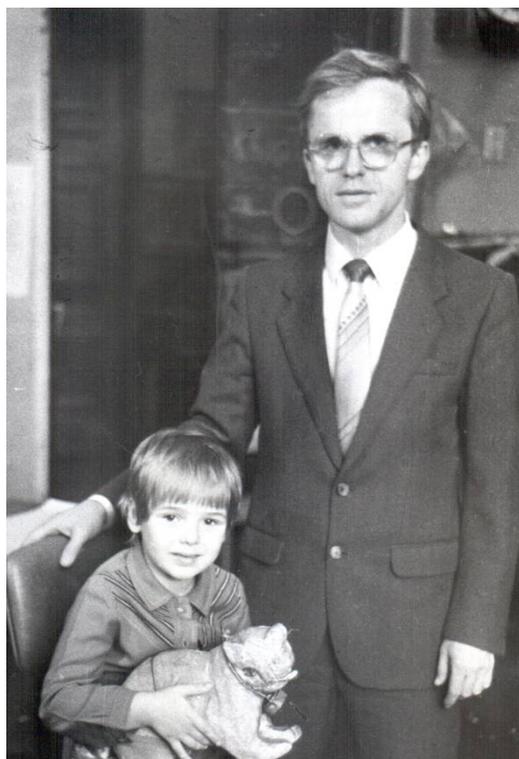
Рис. 5. Установка Н.А.Любимова для демонстрации эффекта невесомости

Свет от фонаря концентрируют с помощью конденсора через большое окошко на окошко в винтовой крышке. Затем крышку отверстия отворачивают и из него вытекает блестящая струя, которая падает в большую кювету на демонстрационном столе (сосуд и дуговой фонарь над столом приподнимают на треногах). При падении в кювету струя разбивается и в этом месте виден особенно яркий свет. Иногда демонстратор подставляет под струю какой-нибудь светлый предмет. Тогда в месте разрыва струи появляется яркая вспышка света. В наши дни этот ставший хрестоматийным эксперимент обычно дополняют демонстрацией волоконного световода с галлий-неоновым лазером.

Наконец, за целым рядом опытов по свободному падению прочно закрепилось название «Опыты Любимова» [12, с. 77—78]. Так, один из вариантов этих опытов проводился с помощью панели с закрепленным на ней легким маятником (рис. 5). Подтянув панель вверх, наблюдают колебания маятника, проходящие с определенным периодом (порядка 0,5 с). Если отпустить панель в тот момент, когда маятник находится в одном из крайних точек (наибольшее отклонение от положения равновесия, скорость маятника в этот момент равна нулю), то при падении панели с ускорением момент силы тяжести по отношению к точке подвеса маятника равен нулю, и маятник не колеблется, если же отпустить рамку в тот момент, когда маятник движется с некоторой скоростью (например, проходит через положение равновесия), то, так как момент силы тяжести равен нулю, нет силы, возвращающей маятник из отклоненного положения в положение равновесия, и маятник не колеблется, а вращается вокруг точки подвеса. За время падения он может совершить полный оборот вокруг точки подвеса.

Литература

1. *Любимов Н. А.* Основной закон электродинамики и его приложение к теории магнитных явлений. М., 1856.
2. *Любимов Н. А.* О дальтоновом законе и количестве пара в воздухе при низких температурах. М., 1865.
3. Памяти Николая Алексеевича Любимова. СПб., 1897. 101 с.
4. *Конопаткин Н. М., Лукьянов Е. Л.* Демонстрационные опыты и приборы Н. А. Умова // Памятники науки и техники. 1985. М.: Наука, 1986. С. 48—55.
5. Собрание сочинений профессора Николая Алексеевича Умова. Т. 3. Речи и статьи общего содержания. М., 1916.
6. Архив ЦГИАМ. Ф. 418, оп. 35, д. 708.
7. *Сухов Б. П.* К истории электроизмерительных приборов магнитоэлектрической системы // Вопросы истории естествознания и техники. 1957. Вып. 5. С. 124 —136.
8. *Любимов Н. А.* Начальный курс физики в объеме гимназического курса. М.: Университетская тип., 1876.
9. *Коненков А. Ф.* Жизнь и деятельность И. Ф. Усагина // Иван Филиппович Усагин: Сб. ст. / Под ред. А. С. Предводителя. М.: Изд. МГУ. 1959. С. 59 107.
10. Труды Отделения физических наук О-ва любителей естествознания. М., 1898. Т. 9, вып. 2. С. 60—62.
11. Лекционные демонстрации по физике. 2-е изд., перераб. / Под ред. В. И. Ивероновой. М.: Наука, 1972. 639 с.



Авторы книги 3 октября 1987 года в кабинете физических демонстраций физического факультета МГУ во время подготовки материалов для статьи "Демонстрационные приборы и опыты Н.А. Любимова". Фото Н.М. Конопаткина.

Приложение X

Методологический семинар физического факультета МГУ

В приложении приведены помещены материалы, посвященные работе методологического семинара физического факультета МГУ.

Базаров И.П., Николаев П.Н.

Методологический семинар физического факультета МГУ

(Статья впервые опубликована в сборнике "История и методология физики (1985). Выпуск XXXI. Физика. С. 30)

Более 35 лет на физическом факультете МГУ работает методологический семинар для профессорско-преподавательского и научного состава. Первые его занятия состоялись в 1948 г. Руководили семинаром профессор философского факультета Ф.И. Георгиев и профессор физического факультета А.К. Тимирязев. Семинар ставил своей целью творческую разработку теоретико-познавательных проблем физики на основе

марксистско-ленинской философии и критику «физического» идеализма и агностицизма в зарубежной физике [1].

В 1948/49 учебном году ряд заседаний семинара был посвящен анализу специфических закономерностей квантовой механики. На семинаре обсуждались опубликованная в журнале «Вопросы философии» статья профессора М.А. Маркова «О природе физического знания» [2], а также послесловие книги профессора Д.И. Блохинцева «Квантовая механика», в котором критиковались взгляды копенгагенской школы на квантовую механику. По докладам М.А. Маркова и Д.И. Блохинцева на семинаре выступали профессор А.А. Власов, Д.Д. Иваненко, А.А. Соколов, Я.П. Терлецкий и другие сотрудники факультета. Обсуждение докладов носило творческий характер и вылилось в дискуссию по основным гносеологическим проблемам квантовой физики.

На семинаре обсуждалась также книга Э. Шредингера «Что такое жизнь с точки зрения физики?». С докладами выступали научные руководители семинара профессор Ф.И. Георгиев и А.К. Тимирязев. На последнем в том году занятии семинара дискутировалась проблема термодинамической необратимости в статистической физике по докладу профессора Я.П. Терлецкого. Эта проблема была принципиально правильно решена около ста лет назад одним из основателей статистической физики Л. Больцманом. Однако в 1946 г. в ЖЭТФ была опубликована статья Б. Давыдова «Квантовая механика и термодинамическая необратимость» [3], в которой в противоположность Больцману утверждалось наличие в классической статистике неустранимого противоречия между обратимостью классической механики и термодинамической необратимостью и обосновывалось, что термодинамическая

необратимость является следствием квантовой механики. Таким образом, проблема термодинамической необратимости в статистической физике снова приобрела методологическую остроту, что и вызвало ее обсуждение в то время на семинаре.

В 1949—1953 гг. на факультетском семинаре рассматривались методологические вопросы теории относительности и ряд книг по философским вопросам физики. По докладу профессора М.Ф. Широкова о теории относительности выступали профессора Д.Д. Иваненко, А.А.Соколов, Я.П. Терлецкий, доцент В.Г. Фридман, аспирант И.П. Базаров. Острая дискуссия развернулась по проблеме гравитации, вопросу соотношения между массой и энергией и др. Большой интерес вызвала работа академика В.А. Фока «Система Коперника и система Птолемея в свете общей теории относительности» [4]. Некоторые выступления на семинаре опубликованы в журнале «Вопросы философии» [5—7].

С докладом о книге М.Э. Омеляновского «В.И. Ленин и физика XX века» (1947) выступили доценты М.Д. Карасев и В.Ф. Ноздрев. Книга подверглась суровой критике за субъективизм, некритическое отношение к взглядам буржуазных физиков. Доклад опубликован в журнале «Вопросы философии» [8]. Доклад о книге И.В. Кузнецова «Принцип соответствия в современной физике и его философское значение» (1948) сделал на семинаре старший научный сотрудник М.И. Шахпаронов. Доклад опубликован в «Вестнике Московского университета» [9].

В обсуждении книги академика А.Ф. Иоффе «Основные представления современной физики» (1949) приняло участие большое число профессоров, преподавателей, научных сотрудников и аспирантов. Отмечалось неудовлетворительное изложение в книге

философских вопросов теории относительности и квантовой механики. Подробный анализ философских ошибок в книге дан самим ее автором в статье, опубликованной в журнале «Успехи физических наук» [10].

Во втором семестре 1949/50 учебного года семинар обсуждал доклады Х.М. Фаталиева о подготовленной им докторской диссертации «Борьба за диалектический материализм в истории советской физики». Выступавшие высоко оценивали работу Х.М. Фаталиева. Замечания носили частный характер и касались деталей работы. Подробное обсуждение работы опубликовано в «Вестнике Московского университета» [11].

В ноябре — декабре 1952 г. заседания семинара были посвящены критическому анализу философских взглядов академика Л.И. Мандельштама в связи с изданием в 1950 г. пятого тома Полного собрания его трудов с лекциями и семинарами ученого на физическом факультете МГУ по избранным вопросам оптики, физическим основам теории относительности и основам квантовой механики. Вступительный доклад сделал профессор В.Н. Кессених. По его мнению, издание пятого тома собрания трудов Л.И. Мандельштама является попыткой возрождения махистской теории познания и идеалистических взглядов на основные проблемы современной физики. В прениях по докладу выступали профессор Н.А. Капцов, С.Д. Гвоздовер, Д.Д. Иваненко, доценты М.Д. Карасев, В.Г. Фридман, П.И. Шушпанов. Итоги обсуждения опубликованы в журнале «Вопросы философии» [12].

На семинаре также обсуждалась книга П.С. Кудрявцева «История физики». В своем выступлении П.С. Кудрявцев назвал отдельные вопросы, изложение которых он считает необходимым

исправить в первом томе своего труда. Все выступавшие в резкой форме оценивали критическую статью Б.М. Кедрова о книге П.С. Кудрявцева, опубликованную в газете «Культура и жизнь». Отмечалось, что статья переполнена искажениями текста книги Кудрявцева.

Оценивая в целом работу методологического семинара в первые пять лет его существования, можно сказать, что характерным для него в те годы были страстность многих выступлений, резкость оценок и иногда критика идеализма без серьезного анализа вопроса по существу.

С 1954 г. работой семинара руководило бюро, в которое в разное время входили профессора А.А. Власов, В.В. Мигулин, Я.П. Терлецкий, Е.Г. Швидковский, доценты И.П. Базаров, А.А. Семенов, Б.И. Спасский, Л.И. Щекина. За период с 1954 по 1964 г. помимо занятий, посвященных методологическим проблемам физики, семинар большое внимание уделял обсуждению докладов лекторов по освещению ими в читаемых курсах физики методологических вопросов. С такими докладами на семинаре выступали: академик И.К. Кикоин — «Методологические вопросы механики в курсе общей физики»; профессор А.А. Соколов, профессор А.С. Давыдов и доцент И.М. Тернов — «Методологические вопросы квантовой механики»; доцент И.П. Базаров — «Методологические вопросы в курсе термодинамики»; доцент В.В. Петкевич — «Методологические вопросы в курсе теоретической механики». Обсуждение этих докладов способствовало улучшению идейной направленности курсов физики и выработке диалектико-материалистического мировоззрения у студентов. В лекционных курсах по общей и теоретической физике стало уделяться больше

внимания освещению методологических вопросов этой науки. На основе проведенного обсуждения участниками семинара написан ряд книг по теоретической физике: Д.И. Блохинцев — «Основы квантовой механики» (1961); И.П. Базаров — «Термодинамика» (1961); А.А. Соколов, Ю.М. Лоскутов, И.М. Тернов — «Квантовая механика» (1962); А.С. Давыдов — «Квантовая механика» (1963).

В связи с возникшим в то время у группы ученых буржуазных стран представлением о якобы «кризисе принципа причинности в физике» несколько занятий методологического семинара были посвящены проблеме причинности. С докладами на семинаре выступали академик Н.Н. Боголюбов, член-корреспондент АН СССР Д.И. Блохинцев, профессора А.А. Власов, А.А. Соколов, Я.П. Терлецкий; обсуждалась книга Г.А. Свешникова «Категория причинности в физике». В докладах анализировались особенности выражения принципа причинности в классической и квантовой механике, причем были высказаны различные точки зрения о природе статистического характера квантовой механики.

На семинаре обсуждались также темы: «О прерывности и непрерывности в свете физики элементарных наук» (доклад профессора Ф.А. Королева), «Методологические вопросы современной космогонии» (доклад профессора Б.В. Кукаркина), «О принципе двойственности в учении о пространстве и времени» (доклад члена-корреспондента АН СССР А.С. Предводителя), «Некоторые методологические вопросы строения Земли» (доклад профессора В.А. Магницкого), «О единой картине мира» (доклад профессора Д.Д. Иваненко), «О космологической проблеме» (доклад профессора А.П. Поликарпова — Болгария), а также доклад профессора В.К. Семенченко и доцента В.А. Замкова о готовящихся

в то время к переводу на русский язык книг В. Гейзенберга «Физика и философия» и «Физические представления о природе». В связи с широким интересом к исследованиям профессора Н.А. Козырева (Ленинград) на семинаре был поставлен его доклад на тему «Экспериментальные возможности определения свойств времени». Этот доклад и многие другие, сделанные на семинаре, опубликованы в философской и физической литературе [13-17].

Деятельность семинара на указанное десятилетие освещалась в печати [18-20]. Семинар все это время работал регулярно, главным образом по инициативе членов его бюро, несмотря на рекомендации в 1963 и 1964 гг. заменить его другой формой занятий по совсем иной тематике.

Работа методологического семинара значительно улучшилась после октябрьского Пленума ЦК КПСС 1964 г. Состав бюро семинара, планы и итоги его работы ежегодно теперь обсуждаются и утверждаются на парткоме факультета. С 1969 г. в состав бюро семинара входит член парткома, декан факультета профессор В.С. Фурсов.

Приведем тематику занятий методологического семинара с 1965 г. по настоящее время и остановимся на некоторых из этих занятий.

1965/66 учебный год:

1. Философские вопросы физики элементарных частиц. — Докладчик доктор физ.-матем. наук В.С. Барашенков.
2. Методологические вопросы в курсе статистической физики. — Докладчик профессор Я.П. Терлецкий.

3. Обзор работ по философским вопросам физики, опубликованным в журналах «Вопросы философии» и «Философские науки» за 1965 г.— Докладчик доцент С.Ф. Шушурин.
4. О бесконечности материального мира. — Докладчик старший научный сотрудник А. Л. Зедьманов.
5. Методологические вопросы математики на 1 курсе физического факультета. — Докладчики профессор В. М. Волосов и доцент Ю. Н. Днестровский.

1966/67 учебный год:

1. Космология и элементарные частицы. — Докладчик Д.Д. Иваненко.
2. Динамика, статистика и прогноз. — Докладчик член-корреспондент АН СССР А. М. Обухов.
3. Обсуждение книги «Философия естествознания» (Вып. 1. — М.: Изд-во политической литературы, 1966). Авторы Л.Б. Баженов, К.Е. Морозов, М.С. Слуцкий.

В обсуждении кроме физиков факультета принимали участие сотрудники кафедры философии для естественных факультетов, слушатели Института повышения квалификации, а также преподаватели других вузов Москвы. Выступавшие отмечали важность рассматриваемого в книге вопроса о взаимоотношении философии и естествознания и привлечении богатого научного материала при его решении. При этом были высказаны и серьезные критические замечания. В выступлениях указывалось на неудовлетворительное решение вопроса о взаимоотношении философии и естествознания, отмечались неправильные трактовки частных физических вопросов, говорилось о примирительном

отношении к позитивистским концепциям в науке. Высказывались даже против рекомендации этой книги в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений и слушателей семинаров сети партийного просвещения. Итоги обсуждения опубликованы в [21].

Остальные четыре занятия семинара в указанном учебном году проводились в виде объединенных заседаний методологических семинаров биолого-почвенного, физического, химического и механико-математического факультетов МГУ по проблеме «Критерий живого». Заседания проходили последовательно на каждом факультете. С докладами соответственно выступали: академик А.И. Опарин, профессор Л.А. Блюменфельд, член-корреспондент АН СССР Н.М. Эмануэль, старший научный сотрудник Ю.Н. Благовещенский. В докладах освещалась проблема: что такое жизнь с точки зрения биологии, физики, химии и математики. Обсуждались также вопросы о происхождении жизни, особенности химических процессов, происходящих в живых организмах. Итоги обсуждения опубликованы в книге «Критерий живого» под редакцией Б.И. Спасского и А.П. Руденко [22].

1967/68 учебный год:

1. Вероятностная детерминация в развитии. — Докладчик профессор С. Т. Мелюхин.
2. Горячая модель Вселенной.— Докладчик академик Я.Б. Зельдович.
3. О теории расширяющейся Вселенной. — Докладчик старший научный сотрудник А.Л. Зельманов.

4. О направлении времени в космологии. — Докладчик профессор Я.П. Терлецкий.

5. Методологические вопросы в курсе квантовой механики. — Докладчик профессор А.А. Соколов.

1969/70 учебный год:

1. Ленинская теория отражения и проблема интеграции научного знания. — Докладчик профессор С.Т. Мелюхин.

2. Философские основания физической теории. — Докладчик профессор В.С. Готт.

Доклад опубликован [23].

3. Методология дальнесрочного прогнозирования науки и техники. — Докладчик член-корреспондент АН СССР В. И. Сифоров.

Доклад опубликован [24].

4. Философские проблемы квантовой механики. — Докладчик профессор Я.П. Терлецкий.

5. В.И. Ленин и развитие физической науки. — Докладчик профессор Б.И. Спасский. (Совместное заседание Ученого совета факультета и методологического семинара.)

1970/71 учебный год:

1. Роль и значение нелинейностей в физике. — Докладчик профессор В.А. Красильников.

2. Взаимосвязи философии и естествознания.—Докладчик профессор Г.А. Свешников.

3. Методологические проблемы теории конденсированных сред. — Докладчик профессор В.Л. Бонч-Бруевич.

4. Обсуждение итогов второго Всесоюзного совещания по философским вопросам естествознания. — Докладчик старший научный сотрудник В.В. Казютинский.

5. Преодоление плюрализма в механике, статистической физике и электродинамике. — Докладчик профессор А.А. Власов.

1971/72 учебный год:

1. Марксистский диалектический метод. — Докладчик доцент А.А. Чудов.

2. Философские вопросы теории относительности. — Докладчик профессор А.А. Тяпкин.

3. Методологические проблемы симметрии и дисимметрии материальных объектов. — Докладчик профессор В.А. Копчик.

4. Новое в построении единой картины мира. — Докладчик профессор Д.Д. Иваненко.

5. О методологических вопросах в курсе общей физики. — Докладчик профессор А.Н. Матвеев.

Доклад опубликован [25].

1972/73 учебный год:

1. Пространственно-временное соотношение в физике микромира. — докладчик профессор В. С. Барашенков.

2. Физические аспекты функционирования живых систем. — Докладчик - профессор Л. А. Блюменфельд.

3. Методологические вопросы проблемы гравитационного вакуума в космологии и в теории относительности. — Докладчик профессор К. П. Станюкович.

4. Принцип причинности и детерминизм в физике. — Докладчик профессор А. Н. Матвеев.

Доклад опубликован [26].

5. Физика и философия. — Докладчик доцент В. И. Купцов.

1973/74 учебный год:

1. О единой физической картине мира. — Докладчик доцент Ю. И. Кулаков.

Доклад опубликован [27].

2. А. Эйнштейн и Н. Бор. — Докладчик профессор Д. Д. Иваненко.

3. Методологические вопросы физики магнитных явлений. — Докладчик профессор Е. И. Кондорский.

4. Философские проблемы кибернетики. — Докладчик профессор И. Б. Новик.

5. Проблемы пространства и движения в свете современной науки. — Докладчик профессор Ф. А. Королев.

1974/75 учебный год:

1. Форма интеграции научного знания. — Докладчик профессор С. Т. Мелюхин.

2. Методологические проблемы аналоговых систем, модулирующих фотосинтез. — Докладчик профессор В. Ф. Киселев.

3. Некоторые методологические вопросы квантовой механики. — Докладчик доцент В. Д. Кривченко.

4. Необходимость и случайность в развитии органического мира. — Докладчик профессор С. Э. Шноль.

5. Проблемы относительности конечности и бесконечности пространства. — Докладчик старший научный сотрудник А. А. Зельманов.

1975/76 учебный год:

1. Проблема эквивалентности описаний в физике. — Докладчик профессор Э. М. Чудинов.

2. Новейшие направления в теории тяготения. — Докладчик академик Я. Б. Зельдович.

3. Проблемы и критерий живого (на молекулярном уровне). — Докладчик доктор физ.-матем. наук Р. Н. Кузьмин.

4. XXV съезд КПСС и идеологическая борьба в условиях научно-технической революции. — Докладчик кандидат философских наук А. Р. Познер.

5. Положение в мире и международная деятельность КПСС. — Докладчик доцент В. А. Кувшинов.

1976/77 учебный год:

1. XXV съезд КПСС и проблемы научно-технической революции. — Докладчик доктор философских наук А. Ф. Зотов.

2. О психологии научного творчества. — Докладчик академик А. Б. Мигдал.

3. Проблемы энергии в природе. — Докладчик профессор Ф. А. Королев.

4. Критика маховской ревизии основ классической механики. — Докладчик доцент И. А. Тюлина.

5. Проблемы будущего науки. — Докладчик старший научный сотрудник В. В. Казютинский.

1977/78 учебный год:

1. 60 лет Советской власти и развитие физики в МГУ. — Докладчик профессор В.А. Красильников.
2. Новая Конституция СССР — Конституция развитого социализма.— Докладчик профессор П.Е. Сивоконь.
3. Методологические вопросы глобального моделирования. — Докладчик профессор И.Б. Новик.
4. О взаимодействии общества и природы в свете решения XXV съезда КПСС. — Докладчик профессор В.А. Анучин.
5. Методологические вопросы механики в курсе общей физики. — Докладчик профессор А.Н. Матвеев.
Доклад опубликован [28].
6. Физическая структура живого. — Докладчик профессор Л.А. Блюменфельд.

1978/79 учебный год:

1. Методологические основы научного эксперимента на современном этапе. — Докладчик профессор П.Е. Сивоконь.
2. Эйнштейн и методологические проблемы физики. — Докладчик профессор Д. Д. Иваненко.
3. Методологические проблемы общей теории относительности. — Докладчик член-корреспондент АН СССР Д.И. Блохинцев.
4. Актуальные вопросы идеологической работы на современном этапе. — Докладчик доцент З.Г. Прокопова.
5. Методологические вопросы в курсах математики.— Докладчики профессор А.Г. Свешников и профессор Э.Г. Позняк.

6. Ленинская теория познания в физике (к 70-летию книги В.И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм»). Докладчик профессор Б. Я. Пахомов.

В 1979 г. в соответствии с постановлением ЦК КПСС «О дальнейшем улучшении идеологической, политико-воспитательной работы» при Президиуме АН СССР создан Центральный совет философских (методологических) семинаров научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений. Центральный Совет утвердил Положение об этих семинарах, единое для всех научных учреждений и высших учебных заведений [29]. В Положении определены главные задачи методологических семинаров:

- глубокое и систематическое изучение философии диалектического и исторического материализма в единстве с другими составными частями марксистско-ленинского учения как основы научного мировоззрения и коммунистической идеологии, как теории развития объективного мира, гносеологии и логики, как всеобщего метода научного познания;
- изучение теоретического наследия К. Маркса, Ф. Энгельса и В.И. Ленина, исторического опыта КПСС и Пленумов ЦК КПСС, постановлений ЦК КПСС и Советского правительства в целях научного познания основных тенденций современного общественного развития и закономерностей построения коммунистического общества;
- разработка философско-методологических проблем современной науки в целях ее дальнейшего прогресса и обоснованного предвидения перспектив научно-технической революции;

- содействие развитию новых научных направлений и исследованию комплексных проблем, возникающих в процессе дифференциации и интеграции научного знания и взаимодействия общественных, естественных и технических наук;
- повышение творческой активности советских ученых, их социальной ответственности и инициативы в деле строительства коммунистического общества, в наступательной идеологической борьбе с антикоммунизмом, буржуазными и ревизионистскими теориями, идеалистическими и метафизическими спекуляциями на новейших достижениях науки;
- разработка рекомендаций по совершенствованию организации, планирования и прогнозирования научных исследований и внедрению их в практику коммунистического строительства (см. [29] и Приложение) .

1979/80 учебный год:

1. Идеология и научное мировоззрение. — Докладчик профессор П.Е. Сивоконь.
2. Методологические проблемы молекулярной биофизики. — Докладчик профессор С.Э. Шноль.
3. Идеологическая борьба на международной арене. — Докладчик доцент А. Г. Ибрагимов.
4. Методологические вопросы в курсе термодинамики и статистической физики. — Докладчики профессор И.П. Базаров, доцент И.А. Квасников и доцент В.Д. Кукин.
5. Развитие экономики и науки Сибири. — Докладчик член-корреспондент АН СССР Д.В. Ширков.

1980/81 учебный год:

1. Ленинская Коммунистическая партия — ум, честь и совесть нашей эпохи. — Докладчик доцент Л.В. Ловцов.
2. О методологических вопросах теории аргументации. — Докладчик доцент А.А. Старченко.
3. Методологический аспект измерения в квантовой механике. — Докладчик профессор А.А. Тяпкин.
4. Современная мировая обстановка и международная политика КПСС. — Докладчик доцент С.Т. Чернеев.
5. Экономическая политика КПСС. — Докладчик профессор М.М. Азарова.
6. Некоторые вопросы классификации наук и место геофизики в классификационном ряду. — Докладчик профессор А.М. Гусев.

Завершились занятия семинара в этом учебном году конференцией на тему «Развитие физики в свете решений XXVI съезда КПСС». На конференции с большими докладами выступили декан факультета, профессор В.С. Фурсов, профессора Д.Д. Иваненко, А.Ф. Тулинов, Н.Б. Брандт.

В.С. Фурсов подчеркнул, что в настоящее время вся страна живет под впечатлением прошедшего XXVI съезда КПСС, занята изучением его материалов и принятых решений. Советский народ мобилизуется на решение задач, поставленных съездом. В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981 — 1985 годы и на период до 1990 года» указано, что в области науки в одиннадцатой пятилетке наибольшие усилия будут сосредоточены на развитии физики элементарных частиц и атомного ядра, физики твердого тела, оптики, квантовой электроники и радиофизики. В соответствии с этим на сегодняшней

конференции мы обсудим состояние этих разделов физики и перспективы их развития в свете решений XXVI съезда КПСС.

В своем выступлении профессор Д.Д. Иваненко обрисовал картину развития физики элементарных частиц, ее сегодняшнее состояние и основные достижения. Число элементарных частиц становится все больше и больше, экспериментальная техника совершенствуется, мощность ускорителей увеличивается, измерения становятся все более точными. Теоретическая мысль ищет единство в разнообразии всевозрастающего числа элементарных частиц. Эти поиски реализуются, в частности, в кварковой модели элементарных частиц, которая приобретает все более реальный характер, в теории, объединяющей слабые и электромагнитные взаимодействия. Ведутся беспрестанные поиски в направлении дальнейшего объединения, включая гравитацию, на базе различных типов симметрии. Все больше и больше раскрывается глубина ленинской идеи о неисчерпаемости материи в процессе развития физики элементарных частиц.

Вместе с этим раскрываются также безграничные возможности человеческого познания: познаются все новые и новые свойства элементарных частиц, для выражения которых используется несколько необычная терминология — цвет, очарование; смысл этих слов, разумеется, далек от обычного. В непрерывном проникновении в глубины материи активное участие принимают и физики нашего факультета.

После этого выступили профессора А.Ф. Тулинов, Н.Б. Брандт, С.А. Ахманов и В.М. Лопухин.

Профессор А. Ф. Тулинов отметил, что осуществлена ядерная реакция, позволяющая высвободить заключенную в ядре энергию,

работают и строятся новые атомные электростанции на ядерном топливе, изучены многие свойства ядерных сил. Обозначился предмет исследования ядерной физики и вместе с тем выяснились ее многочисленные взаимосвязи с другими разделами физической науки и техники, в частности с астрофизикой и материаловедением.

Ядерные реакции, изучаемые в земных условиях, позволяют понять процессы, происходящие в далеких от нас небесных объектах. Приборы, изобретаемые и используемые в ядерной физике находят широкое применение в различных областях физики, техники, медицины и народного хозяйства. Например, на золотых приисках быстро, эффективно, точно с помощью ядерной методики определяется содержание золота в породе.

Хотя о ядерных силах мы узнали многое, в целом проблема остается нерешенной. Дело упирается в проблему многих тел, в необходимость решения уравнений Шредингера для системы, состоящей из многих частиц. Однако усилия в этой области не прекращаются и теперь можно рассматривать ядра, состоящие из 4 - 5 частиц.

Ядерщики научились также создавать разнообразные модели ядра, поддающиеся математическому описанию, точно передающие отдельные свойства ядра или группы его свойств. Метод моделей в ядерной физике демонстрирует эффективность этого метода и показал ограниченность и, вообще, несостоятельность понятия модели, возникшей в классической физике на базе механики. Нет сомнения, что развитие ядерной физики в нашей стране внесет достойный вклад в решение задач, поставленных XXVI съездом КПСС.

Профессор Н.Б. Брандт подчеркнул, что физика твердого тела — это физика большого числа сильно взаимодействующих частиц в конденсированном состоянии. Поскольку проблема многих тел не решается точно, в физике твердого тела особое значение имеет, с одной стороны, создание новых теоретических и экспериментальных методов исследования, а с другой стороны, имеется большая потенциальная возможность открытия новых эффектов и явлений.

Только за последнее пятилетие на отделении физики твердого тела физического факультета МГУ сделано 5 крупных открытий, что составляет 65% открытий в этой области, зарегистрированных в это же время в СССР. Основная тенденция развития физики твердого тела — переход от изучения кристаллического состояния к изучению пространственно-неоднородных систем и биологических объектов, что непосредственно связано с развитием новых более сложных теоретических и экспериментальных методов, применяемых к исследованию неупорядоченных систем.

Основная теоретическая проблема в области физики твердого тела — это проблема взаимодействия частиц вообще — в частности, проблема слабых и сверхслабых взаимодействий, примерами которых являются еще недостаточно ясные взаимодействия, приводящие к возникновению сверхтекучести в фермиевской жидкости — жидком He^3 .

Открытие новых явлений в физике твердого тела привело к созданию целого класса новых приборов огромной чувствительности. Использование этих приборов открывает новые горизонты не только в физике, но и в биологии, медицине, геологии и т. д. Все более важное значение приобретает проблема создания новых сверхпроводящих, сверхжаропрочных, полупроводниковых,

сверхпроводящих материалов для новой техники и разработка новых приборов и управляемых систем на новых принципах.

Одной из наиболее интересных проблем в этой области является проблема получения металлического водорода — вещества, обладающего уникальным свойством — высокотемпературной сверхпроводимостью — и являющегося самым калорийным компонентом ракетного топлива.

Профессор С.А. Ахманов остановился на проблемах оптики и квантовой электроники. Создание лазеров, открытие широкого круга нелинейных оптических явлений, огромный прогресс в технике передачи, приема и обработки оптических сигналов — все это создает широчайшую базу для внедрения подходов и методов лазерной оптики в различные разделы «чистой» физики, смежные области естествознания (прежде всего химию и биологию), в новую технику и народное хозяйство.

Говоря о фундаментальных исследованиях, в первую очередь следует назвать новые подходы к изучению вещества и воздействие на вещество. Методы современной нелинейной и активной лазерной спектроскопии позволили ставить и решать задачи, еще недавно казавшиеся недоступными оптике — речь идет об оптической регистрации отдельных атомов и молекул, изучении мономолекулярных поверхностных слоев, измерение сверхкоротких (до 10^{-13} - 10^{-14} с) времен релаксации и т. п.

Быстрое резонансное возбуждение молекул лазерным излучением позволило сформулировать совершенно новые подходы в фотохимии и фотобиологии на молекулярном уровне. Не менее впечатляющи и перспективы более грубого, нерезонансного воздействия лазерного излучения на вещество — они простираются

от лазерного термояда до бурно прогрессирующей сейчас лазерной технологии. Ряд важнейших результатов, относящихся к физике и технике лазеров (в частности, лазеров с перестраиваемой частотой), нелинейной и активной спектроскопии, лазерной химии, применению лазеров в биологии, в технологии и новой технике, был получен на физическом факультете.

Современный этап фундаментальных исследований, когда главных достижений следует ожидать на стыках наук, как нельзя лучше отвечает духу университетской науки. На факультете сложились сильные коллективы, ведущие работу в актуальных направлениях оптики и квантовой электроники. Поэтому есть все основания считать, что ученые факультета сохранят ведущие позиции в этой области физики.

Профессор В.М. Лопухин охарактеризовал перспективные направления радиофизики СВЧ.

1. Релятивистская импульсная электроника. Исследование физических процессов взаимодействия импульсных электронных потоков с электромагнитными полями позволяет получить мощности порядка 10^{12} Вт в сантиметровом диапазоне с длительностями порядка 100 нс. Основной задачей является увеличение длительности импульса.

2. Интересной задачей является создание релятивистских импульсных генераторов миллиметрового и субмиллиметрового диапазона с мощностью порядка 10 мВт.

3. Решение ряда радиофизических задач, космической энергетики в частности, использование энергии Солнца с помощью космических электростанций, которые располагаются на геосинхронной орбите на расстоянии 36 000 км от Земли. Энергия

фотоэлементов будет передаваться на Землю с помощью СВЧ луча.

Мощность одной станции равняется: $10 \text{ ГВт} = 10 \times 10^9 \text{ Вт}$.

4. Решение задачи обратного преобразования СВЧ в постоянный ток. Разработка физических принципов сверхчувствительного радиоприема, основанного на использовании поперечных волн электронного потока. Возможно создание усилителей с собственной шумовой температурой порядка 10 - 30 К.

5. Освоение миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов. Созданы генераторы и усилители с высокими значениями параметров.

6. Развитие твердотельной электроники СВЧ, позволяющей разработать ряд приборов (ЛПД, транзисторы и др.) с замечательными свойствами.

* * *

В мае 1981 г. партком факультета утвердил перспективный план работы методологического семинара на XI пятилетку (1981—1985):

1. Изучение материалов и документов XXVI съезда КПСС.
2. Обсуждение методологических вопросов квантовой физики теории элементарных частиц.
3. Проблема вычислительного эксперимента как инструмента познания.
4. Обсуждение проблем биофизики.
5. Проблема редукции и критика буржуазных концепций сведения научных теорий.
6. Методологические проблемы геофизики.

7. Обсуждение докладов лекторов по освещению методологических вопросов в читаемых курсах: электродинамики, теоретической механики, атомной и ядерной физики.

8. Методология развития навыков научного творчества в высшей школе. Проблема воспитания научной смены. Научная преемственность.

9. Итоги третьего Всесоюзного совещания по философским вопросам естествознания.

1981/82 учебный год:

1. В единстве с народом — сила партии. В единстве с партией, в ее руководстве — сила народа. — Докладчик доцент В.И. Тетюхин.

2. Методологические вопросы в курсе электродинамики. — Докладчик профессор В.И. Григорьев.

3. К вопросу о скрытых параметрах в квантовой механике. — Докладчик профессор А.Н. Матвеев.

4. Итоги третьего Всесоюзного совещания по философским вопросам естествознания. — Докладчик старший научный сотрудник В.В. Казютинский.

5. Эволюционная химия и самоорганизация каталитических систем. Докладчик профессор А. П. Руденко.

6. Процессы самоорганизации в физике, химии и биологии. — Докладчик доктор физ.-матем. наук Ю.М. Романовский.

7. О преемственности научных теорий. — Докладчик профессор Б.И. Спасский.

В соответствии с решениями XXVI съезда КПСС и постановлением ЦК КПСС «О дальнейшем совершенствовании партийной учебы в свете решений XXVI съезда КПСС»

факультетский методологический семинар стал основной формой партийной учебы для профессорско-преподавательского состава, руководства факультета и кафедр, партийного актива факультета.

На семинаре обсуждаются актуальные вопросы общественно-политической жизни нашего общества, философские вопросы физики и критики ее буржуазных концепций, методологическая направленность лекционных курсов для студентов. Работа семинара связана с планами научных исследований факультета. Деятельность семинара контролируется парткомом и деканатом факультета. На семинаре активно изучаются материалы и документы XXVI съезда КПСС.

1982/83 учебный год:

1. Союз нерушимый республик свободных. — Докладчик профессор М.М. Азарова.
2. Интеграция знаний и проблема редукции. Критика современного философского редукционизма. — Докладчик доцент Э.В. Каганова.
3. Вычислительный эксперимент как инструмент познания. — Докладчик академик А.А. Самарский.
4. Проблема восприятия новых научных идей (методологические аспекты). — Докладчик профессор С.Э. Шноль.
5. Методологические проблемы квантовой гравитации. — Докладчик доктор физ.-матем. наук Д.В. Гальцов.
6. Методологические проблемы теории относительности. — Докладчик академик А.А. Логунов.
7. Методологические вопросы в курсе теоретической механики. — Докладчик доцент Ю.Г. Павленко.

1982 год — год 60-летия нашего государства, Союза Советских Социалистических Республик. Первое занятие методологического семинара было посвящено этому юбилею. В докладе «Союз нерушимый республик свободных» профессор М.М. Азарова осветила основные этапы пути, пройденного Советским Союзом за 60 лет, остановилась на актуальных вопросах современности. В выступлениях приводились данные о подготовке физическим факультетом МГУ научных кадров за все эти годы для союзных республик нашей страны.

Темой следующего занятия семинара был доклад доцента З.В. Кагановой «Интеграция наук и проблема редукции. Критика современного философского редукционизма». В докладе отмечалось, что одним из методологических направлений, благодаря которому достигается единство науки, является направление, получившее название редукционизма и основывающееся на движении познания от многообразия явлений к общей для них сущности, от различных сущностей — к общей для них сущности более глубокого порядка.

В буржуазной философии науки редукционизм обычно связан с философией неопозитивизма, идеалистическим гилозоизмом, феноменологической редукцией. Поэтому очень часто критика в адрес этих философских направлений автоматически переносилась и на естественнонаучное направление, которое философский редукционизм пытается превратить в свое естественнонаучное основание. Однако, подчеркивал докладчик, отождествление естественнонаучного и философского редукционизма совершенно недопустимо. Подлинно научными философскими основаниями естественнонаучного редукционизма являются принцип

диалектико-материалистического монизма, диалектика сущности и явления и др.

В обсуждении доклада приняли участие профессор И.П. Базаров, доцент В.Д. Кукин, доцент Д.Д. Гуло, старший научный сотрудник А.К. Кукушкин.

Большой интерес вызвал доклад академика А.А. Самарского «Вычислительный эксперимент как инструмент познания». Докладчик рассмотрел основные методологические проблемы вычислительного эксперимента, подробно остановился на его современных достижениях [30].

В прениях по докладу выступили профессор А.М. Гусев (о применении вычислительных методов в геофизике), профессор А.М. Матвеев (о возможности применения вычислительного эксперимента для исследования фундаментальных проблем физики), профессор Р.Н. Кузьмин (об обратных задачах математической физики), профессор А.Г. Свешников, давший высокую оценку докладу и подчеркнувший, что машинный эксперимент является одним из наиболее экономичных способов познания действительности.

Доклад профессора С.Э. Шноля был посвящен актуальной теме — «Проблема восприятия новых научных идей. Методологические аспекты». В докладе отмечалось, что, как правило, новая феноменология и новые теории воспринимаются научным обществом со значительной задержкой, замедляя научный прогресс. Для уменьшения этой задержки необходимы анализ и обобщение опыта истории науки и выработка активной стратегии способствования восприятию нового знания. Эта проблема

актуальна для правильной подготовки выпускников университета — основных участников процесса становления нового знания.

Докладчик привел много конкретных примеров, иллюстрирующих рассматриваемую проблему. В прениях по докладу выступили профессор А.Н. Матвеев, профессор И.П. Базаров, профессор Э.М. Рейхрудель, доцент Д.Д. Гуло, старший научный сотрудник В.И. Любимов и др.

Широкую дискуссию вызвал доклад доктора физ.-матем. наук Д.В. Гальцова «Методологические проблемы квантовой гравитации». Докладчик остановился на обзоре последних достижений в построении объединенной теории фундаментальных сил природы. Электромагнитные и слабые взаимодействия единым образом были описаны теорией Вайнберга — Салама, а так называемая теория «великого объединения», по-видимому, открывает путь к включению в более широкую калибровочную схему и сильных взаимодействий, описываемых квантовой хромодинамикой.

В это последовательное объединение пока не входит гравитация. В течение более сорока лет с большой изобретательностью и настойчивостью предпринимались попытки квантования гравитации, но удовлетворительной квантовой теории гравитации до сих пор не создано. Ненулевая размерность гравитационной константы связи делает теорию неперенормируемой.

Ввиду неперенормируемости теорий с размерной константой связи в последнее время привлекает внимание подход, в котором лагранжиан гравитационного поля квадратичен по кривизне, а соответствующая константа взаимодействия безразмерна. Такие теории перенормируемы, однако в линеаризованном приближении в них появляются тахионы и призраки, что приводит к нарушению

унитарности. Существует надежда, что в непертурбативном подходе унитарность будет восстановлена.

Подобно теории Янга — Миллса такие теории оказываются асимптотически свободными. Также как и фермиевская константа, гравитационная постоянная, возможно, является результатом спонтанного нарушения симметрии. В прениях по докладу выступили доктор физ.-матем. наук Ю.С. Владимиров и профессор Р.Н. Кузьмин. Докладчику было задано много вопросов.

Большой интерес вызвало занятие, на котором был заслушан доклад академика А. А. Логунова «Методологические проблемы теории относительности», привлечший внимание не только участников семинара, но и других ученых из МГУ и научных учреждений и вузов Москвы.

В своем докладе А.А. Логунов отметил неоднозначность обычного изложения специальной теории относительности на основе использования принципа относительности и требования постоянства скорости света [31]. Было показано, следуя представлениям Минковского, «что суть теории относительности и ее главное содержание заключаются в единстве пространства-времени, геометрия которого псевдоевклидова. Исходя из этого проанализированы понятия координатных и физически измеримых величин, найдена связь между ними. Рассмотрен процесс синхронизации часов и показана ограниченность его роли в теории. Сформулирован новый принцип — обобщенный принцип относительности, справедливый как для инерциальных, так и для неинерциальных систем отсчета. Проведено изучение основных соотношений механики и электродинамики в обобщенных инерциальных системах отсчета» [31].

В прениях по докладу выступили профессор Д.Д. Иваненко, профессор Р.Д. Родичев, профессор Р.Н. Кузьмин, доцент В.Д. Кривченков и др.

С докладом на тему «Методологические проблемы в курсе теоретической механики» выступил на семинаре доцент Ю.Г. Павленко. Докладчик подробно остановился на истории развития теоретической механики, ее методологических проблемах, вопросах преподавания теоретической механики в высшей школе. Особое внимание было уделено вариационным принципам и теории канонических преобразований.

По докладу выступили профессор А.Н. Матвеев, профессор И.П. Базаров, профессор Б.К. Керимов, профессор Б.И. Спасский, профессор В.С. Фурсов, доцент В.Ч. Жуковский.

В 1982 г. приказом министра высшего и среднего специального образования СССР при Минвузе СССР создан Научно-методический совет по марксистско-ленинскому образованию научно-педагогических кадров, а в Московском университете создано бюро методологических семинаров в целях дальнейшего совершенствования марксистско-ленинского образования преподавателей МГУ, усиления мировоззренческой и методологической направленности учебно-воспитательной и научно-исследовательской работы, повышения уровня философской культуры всего профессорско-преподавательского состава университета.

1983/84 учебный год:

1. Идеологическая работа — дело всей партии, каждого коммуниста.— Докладчик профессор Е.Ф. Сулимов.

2. Проблема противоречия и современная действительность.— Докладчик профессор С.П. Дудель.
3. Методологические вопросы квантовой механики. — Докладчики профессор Ю.М. Лоскутов и профессор О.А. Хрусталеv.
4. Проблема причинности в философии и естествознании. — Докладчик доцент В.Я. Перминов.
5. Странные аттракторы и методологические вопросы статистической физики. — Докладчик профессор В.Л. Бонч-Бруевич.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПОЛОЖЕНИЕ О ФИЛОСОФСКИХ (МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ) СЕМИНАРАХ

I. Общая характеристика семинаров

Философские (методологические) семинары сыграли важную роль в практическом осуществлении ленинского завета о союзе диалектико-материалистической философии и конкретных наук. В условиях развитого социализма значение философских (методологических) семинаров еще более возрастает. К настоящему времени они превратились в действенную, широко распространенную форму идейно-политического воспитания и образования научной, технической и творческой интеллигенции. Вместе с тем все полнее раскрывается значение данных семинаров как особой формы собственно исследовательской деятельности в области философско-методологических, мировоззренческих проблем научного познания, художественно-эстетического освоения и практического преобразования мира.

Выступая формой одновременно и идейно-политического просвещения, и научно-исследовательской, теоретико-методологической деятельности, философские (методологические) семинары расширяют и углубляют знания их участников в области диалектического и исторического материализма, теории и истории развития науки и культуры в целом, способствуют укреплению взаимосвязи общественных, естественных и технических наук, активизации борьбы с антикоммунизмом, буржуазными и ревизионистскими концепциями.

Идея теснейшего взаимодействия, взаимообогащения марксистско-ленинской философии и конкретных наук, философско-методологическая направленность должны определять как содержание, так и организацию работы семинаров. Согласно своему назначению они обязаны заниматься такими методологическими вопросами, которые для своего решения требуют прямого обращения к материалистической диалектике как общеполитической методологической основе современной науки

II. Главные задачи семинаров

В соответствии с основным назначением философских (методологических) семинаров их главными задачами являются:

— глубокое и систематическое изучение философии диалектического и исторического материализма в единстве с другими составными частями марксистско-ленинского учения как основы научного мировоззрения и коммунистической идеологии, как теории развития объективного мира, гносеологии и логики, как всеобщего метода научного познания;

- изучение теоретического наследия К. Маркса, Ф. Энгельса и В.И. Ленина, исторического опыта КПСС и международного революционного движения, материалов съездов КПСС и Пленумов ЦК КПСС, постановлений ЦК КПСС и Советского правительства в целях научного познания основных тенденций современного общественного развития и закономерностей построения коммунистического общества;
- разработка философско-методологических проблем современной науки в целях ее дальнейшего прогресса и обоснованного предвидения перспектив научно-технической революции;
- содействие развитию новых научных направлений и исследованию комплексных проблем, возникающих в процессе дифференциации и интеграции научного знания и взаимодействия общественных, естественных и технических наук;
- повышение творческой активности советских ученых, их социальной ответственности и инициативы в деле строительства коммунистического общества, в наступательной идеологической борьбе с антикоммунизмом, буржуазными и ревизионистскими теориями, идеалистическими и метафизическими спекуляциями на новейших достижениях науки;
- разработка рекомендаций по совершенствованию организации, планирования и прогнозирования научных исследований и внедрению их в практику коммунистического строительства.

III. Типы семинаров, методы и формы их работы

1. Основными типами философских (методологических) семинаров являются общеинститутские (факультетские) и лабораторные (кафедральные и межкафедральные) семинары. Общеинститутские (факультетские) семинары объединяют руководящий научный состав учреждений (факультетов), членов ученых советов, ведущих ученых. В учреждениях с небольшим составом сотрудников в общеинститутский семинар включается весь научный персонал (доктора и кандидаты наук с возможным привлечением молодых научных сотрудников без ученой степени). Этот же принцип лежит в основе формирования состава лабораторных (кафедральных) семинаров.

Как показывает практика, в определенных условиях могут быть созданы межинститутские семинары.

Количество постоянных участников семинаров любого типа, как правило, не должно превышать 50 человек.

2. К основным методам работы семинаров относятся:

— коллективное решение составом семинаров научных проблем в процессе совместной их теоретической разработки, обсуждения на заседаниях семинаров основных итогов и выработки рекомендаций научного или организационно-практического порядка:

— коллективное решение специальных проблем силами исследовательских групп, формируемых из состава семинаров на определенный срок;

— индивидуальная разработка отдельных философских, методологических проблем с последующим обсуждением на заседаниях семинаров и выработкой оценок и рекомендаций по существу достигнутых автором итогов.

3. Основными формами деятельности семинаров являются:

- постановка и обсуждение специально подготовленных докладов на заседаниях семинаров;
- обсуждение материалов, представляемых членами семинаров на совещания, конференции, симпозиумы по философско-методологическим вопросам науки;
- обсуждение монографий, сборников и статей по аналогичной тематике участников семинаров, предназначенных для публикации, в том числе и совместных работ членов нескольких семинаров разных научных учреждений;
- обсуждение и рецензирование новой советской и зарубежной литературы по философско-методологическим вопросам естественных, общественных и технических наук;
- организация и проведение итоговых годовых, юбилейных, межинститутских, а также участие в межведомственных, региональных, республиканских, общесоюзных и международных симпозиумах, конференциях и совещаниях;
- обобщение итогов работы и обмен опытом по применению и развитию диалектико-материалистической методологии в научном исследовании и по организации деятельности семинаров;
- подготовка и публикация научных трудов по итогам философско-методологических исследований членов семинаров.

IV. Организация и руководство деятельностью семинаров

1. Работа философских (методологических) семинаров, выступающая действенной формой политического образования

научных кадров, одновременно рассматривается как особый вид производственной деятельности учреждений.

2. Заседания (занятия) семинаров проводятся один раз в месяц по 3 ч в служебное время. В период с июля по сентябрь занятия семинаров не проводятся. Для научно-исследовательских институтов, осуществляющих силами основного научного состава в течение весенне-летнего сезона экспедиционно-полевые работы, ежегодное плановое число заседаний семинаров должно быть не менее шести.

3. Деятельность семинаров ведется по плану, при этом осуществляется как перспективное, так и текущее планирование.

Перспективный план работы составляется на пятилетие, текущий — на год.

Пятилетний план должен определять главные направления работы семинаров с их распределением по годам и с указанием ориентировочной тематики, а также проблематику и сроки намечаемых симпозиумов, конференций, совещаний.

Годовой план должен определять главное научное направление текущей работы семинаров, формулировку тем всех докладов с указанием докладчиков, программы планируемых симпозиумов, конференций, совещаний (с указанием состава оргкомитетов и сроков проведения).

Необходимым условием выработки планов работы семинаров является их связь с научными планами учреждений и их структурных подразделений при выборе главных направлений и основной тематики докладов, симпозиумов, конференций. Философско-методологические исследования членов семинаров должны включаться в планы научно-исследовательской работы

учреждений, их структурных подразделений и индивидуальные планы научных сотрудников и преподавателей вузов.

При составлении перспективных и годовых планов работы учитываются рекомендации Центрального совета философских (методологических) семинаров при Президиуме АН СССР, региональных бюро семинаров, Домов политического просвещения.

Планы работы семинара обсуждаются и принимаются на заседании семинара, утверждаются партийным комитетом (бюро) и ученым советом учреждения (факультета).

4. Состояние работы семинаров должно находить отражение в периодических научных изданиях, а итоги их научно-исследовательской деятельности — в виде публикаций монографий, сборников статей по плану выпуска научных изданий институтов и вузов и в профилирующих научных изданиях.

5. Общее научно-методическое руководство всей системой философских (методологических) семинаров независимо от их ведомственной и региональной подчиненности осуществляет Центральный совет философских (методологических) семинаров при Президиуме АН СССР.

С целью организации работы на местах, оказания научно-методической помощи и координации деятельности семинаров при Домах политического просвещения создаются городские, областные, краевые и республиканские бюро по работе философских (методологических) семинаров, а также соответствующие бюро философских (методологических) семинаров научных учреждений АН СССР.

Региональные бюро работают в сотрудничестве с областными и республиканскими организациями Философского общества СССР.

Региональные бюро философских (методологических) семинаров работают при содействии институтов и кафедр философии соответствующих академий и вузов как базовых философских учреждений.

6. Институты и кафедры философии АН СССР, республиканских, отраслевых академий наук и вузов в качестве базовых философских учреждений соответствующих бюро семинаров выполняют следующие функции:

- поручают в качестве производственной обязанности научным сотрудникам и членам профессорско-преподавательского состава в соответствии с профилем их философско-методологической специализации консультирование одного или двух семинаров в институтах (факультетах) аналогичного профиля в объеме до 15% их общегодовой нагрузки;
- в идейно-теоретическом, научно-организационном и научно-методическом отношении направляют, контролируют и учитывают работу консультантов;
- участвуют в разработке перспективных и текущих планов работы семинаров;
- издают по итогам работы философов-консультантов и семинаров коллективные монографии и сборники по философско-методологическим проблемам конкретных наук, способствуют в научном и организационном отношении проведению аналогичных работ самими институтами;
- получают планы и отчеты о работе семинаров, анализируют и обобщают опыт такой работы, вырабатывая рекомендации по дальнейшему ее совершенствованию.

7. Философы-консультанты выполняют следующие производственные функции:

- совместно с бюро семинаров разрабатывают планы работы семинаров;
- участвуют в заседаниях семинаров и бюро семинаров;
- консультируют докладчиков и выступающих по темам занятий, рекомендуют необходимую философскую литературу;
- рецензируют тексты или тезисы докладов, способствуя повышению их уровня в философско-методологическом и общественно-политическом отношениях;
- участвуют в подготовке и проведении симпозиумов, конференций и совещаний, включенных в планы деятельности семинаров;
- участвуют в анализе и обобщении итогов работы семинаров и периодически отчитываются о результатах своей работы.

8. В рамках учреждений руководство семинаром осуществляет бюро семинара, которое возглавляет ведущий ученый (директор, ректор, декан, их заместители по научной работе — для семинаров первого типа; руководители отделов, лабораторий, кафедр — для семинаров второго типа). Философ-консультант входит в состав бюро семинара.

В обязанности бюро семинара входят выработка основных научных направлений, планов работы на пятилетие и каждый учебный год, организация работы семинара, установление связей с семинарами других институтов для проведения совместной работы в ее различных формах, организация симпозиумов и конференций, рекомендация работ для их издания, подготовка годовых и

пятилетних отчетов о работе семинара, обобщение опыта работы и выработка рекомендаций по ее улучшению.

V. Документы и отчетность о деятельности семинаров

1. Бюро каждого семинара ведет следующую документацию: планы (годовые и пятилетние); протоколы заседаний семинара, список участников заседания (постоянных членов семинара и приглашенных) с указанием их ученой степени, входящую и исходящую корреспонденцию, относящуюся к деятельности семинара (копии или выписки из протоколов заседаний парткома (партбюро), партийных собраний, ученого совета, постановления и рекомендации регионального бюро, Центрального совета, определяющие статус, состав, направления, планы работы семинара и т. п.), перечень и экземпляры научных публикаций изданных на основе работы семинара, отчеты (годовые и пятилетние по единой типовой форме).

2. Отчет о работе семинара за истекший год (пятилетку) и тематический план занятий на следующий год (пятилетку) составляются бюро семинара в мае — июне, обсуждаются на заседании семинара и утверждаются на заседании парткома (партбюро) и ученого совета. Отчет о работе семинара является частью ежегодного отчета по итогам научно-исследовательской деятельности учреждения.

3. Отчеты и планы работы семинаров представляются в бюро семинаров научных центров АН СССР или в городские, областные, краевые и республиканские бюро, которые составляют сводные планы и отчеты по установленным типовым формам и направляют

их в Центральный совет философских (методологических) семинаров при Президиуме АН СССР.

4. Настоящее Положение является для философских (методологических) семинаров всех научно-исследовательских учреждений и учебных заведений единым.

I.P. Bazarov, P.N. Nikolaev

THE METHODOLOGICAL SEMINAR OF PHYSICAL DEPARTMENT

The scientific work of the seminar of the Moskow University physical department is elucidated from its creation in 1948 to our days. The subject of seminar lessons and material of seminar discussion of various methodological problems in physics art adduced.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ноздрев В.Ф. Методологический семинар физического факультета. — Вести. Моск. ун-та. Сер. физ.-матем. и естеств. наук, 1949, № 5, с. 118.
2. Марков М.А. О природе физического знания. — Вопросы философии, 1947, № 2, с. 140.
3. Давыдов Б. Квантовая механика и термодинамическая необратимость. — ЖЭТФ, 1946, 16, вып. 2, с. 105.
4. Фок В.А. Система Коперника и система Птолемея в свете общей теории относительности. — В кн.: Николай Коперник. — М.: Изд-во АН СССР, 1947.

5. Ш и р о к о в М.Ф. О преимущественных системах отсчета в ньютоновской механике и теории относительности. — Вопросы философии, 1952, № 3, с. 128.
6. Т е р л е ц к и й Я.П. О содержании современной физической теории пространства и времени. — Вопросы философии, 1952, № 3, с. 192.
7. Б а з а р о в И.П. За диалектико-материалистическое понимание и развитие теории относительности. — Вопросы философии, 1952, № 6. 175.
8. К а р а с е в М.Н., Н о з д р е в В.О. О книге М. Э. Омеляновского "В. И. Ленин и физика XX века". — Вопросы философии, 1949, № 1, с. 337.
9. Шахпаронов М.И. О книге И.В. Кузнецова «Принцип соответствия в современной физике и его философское значение». — Вестн. Моск. ун-та. Сер. физ.-матем. и естеств. наук, 1951, № 3, с. 99.
10. Иоффе А.Ф. К вопросу о философских ошибках моей книги «Основные представления современной физики». — УФН, 1954, 53, вып. 4, с. 590.
11. Ноздрев В.Ф. О работах Х.М. Фаталиева «Борьба за диалектический материализм в истории советской физики». — Вестн. Моск. ун-та. Сер. физ.-матем и естеств. наук, 1949, № 10, с. 181.
12. Семенов А.А. Об итогах обсуждения философских воззрений академика Л.И. Мандельштама. — Вопросы философии, 1953, № 3, с. 199.
13. Кукаркин Б.В. Некоторые методологические проблемы современной астрономии. — Вопросы философии, 1962, № 2, с. 37.

14. Терлецкий Я.П. Принцип причинности и второе начало термодинамики.— ДАН СССР, 1960, 133, с. 329.
15. Базаров И.П. Методологические вопросы в курсе термодинамики. — В кн.: История и методология естественных наук, вып. 1. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960, с. 98.
16. Предводителев А.С. Учение о пространстве и времени в современной науке. — В кн.: История и методология естественных наук, вып. 2. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963, с. 3.
17. К о з ы р е в Н.А. Причинная механика и возможность экспериментального исследования свойств времени. — В кн.: История и методология естественных наук, вып. 2. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963, с. 95.
18. Базаров И. П. Из опыта работы методологического семинара на физическом факультете МГУ. — Научные доклады высшей школы. Философские науки, 1963, № 6, с. 121.
19. Базаров И.П. Разве можно летать без крыльев? — «Советская Россия», 1963, 1 ноября, № 259.
20. Б а з а р о в И.П. Обсуждаем философские проблемы физики. — «Московский университет», 1963, 15 ноября, № 57.
21. Шушурин С.Ф., Щекина Л.И. О книге «Философия естествознания».— Вестн. Моск. ун-та. Сер. физика, астрономия, 1970, № 3, с. 355.
22. Критерий живого. Под редакцией Б.И. Спасского, А.П. Руденко. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1971, с. 83.
23. Готт В.С. Философские основания физической теории. — В кн.: История и методология естественных наук, вып. 22. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979, с. 22.

24. Сифоров В.И. Прогнозирование науки. — В кн.: История и методология естественных наук, вып. 22. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979, с. 12.
25. М а т в е е в А.Н. О методологических вопросах в курсе общей физики. — В кн.: История и методология естественных наук, вып. 15. — М.: Изд-во Моск. унта, 1974, с. 20.
26. М а т в е е в А.Н. О соотношении детерминизма и причинности. — В кн.: История и методология естественных наук, вып. 15. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974, с. 16.
27. Кулаков Ю.И. К вопросу о единой физической картине мира. — В кн.: История и методология естественных наук, вып. 19. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978, с. 3.
28. М а т в е е в А.Н. Об обосновании механики. — В кн.: История и методология естественных наук, вып. 26. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981, с. 69.
29. Положение о философских (методологических) семинарах. — Вопросы философии, 1980, № 2, с. 92.
30. С а м а р с к и й А.А. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. — Вестник АН СССР, 1979, № 5, с. 38.
31. Л о г у н о в А. А. Основы теории относительности. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982, 114 с.

Николаев П.Н.

Методологический семинар физического факультета: из года атома Бора в международный год кристаллографии

(Статья впервые опубликована в газете "Советский физик" (2014), № 2)

В 2013 году широко отмечалось столетие со дня создания Н. Бором модели атома, которая стала предтечей современной атомной физики (Nature, 2013, vol 498, N 7452; Physics Today, 2013, vol 66, N 4, p. 10, N 5, p. 36; 2014, vol 67, N 1, p. 33). В связи с этим на методологическом семинаре факультета (руководитель семинара - декан физического факультета, профессор Н.Н. Сысоев) был заслушан доклад профессора А.В. Борисова «К столетию модели атома Резерфорда – Бора», который вызвал большой интерес.

Создание модели атома Бора шло параллельно с созданием представления об элементарных частицах, первой из которых был открыт электрон (1897, Дж. Дж. Томсон). В дальнейшем стало формироваться представление о фотоне как элементарной частице, вначале в основном в работах А. Эйнштейна. Это позволило создать квантовую оптику, которая в настоящее время бурно развивается. В связи с этим на семинаре был заслушан интересный и актуальный

доклад профессора В.П. Кандидова «От самофокусировки световых пучков – к филаментации лазерных импульсов» (см. УФН, 2013, т. 183, с. 133; «Советский физик», 2013, № 3).

На методологическом семинаре физического факультета постоянно рассматриваются вопросы, связанные с исследованиями в области биофизики. Особенно, когда они связаны с другими актуальными исследованиями, например, в области физики космоса. На семинаре был заслушан доклад профессора С.Э. Шноля «Космофизические факторы в случайных процессах» (см. УФН, 2000, т. 170, с. 214), вызвавший оживленную дискуссию. С.Э. Шноль до этого неоднократно выступал на заседаниях семинара, и его доклады всегда вызывали интерес слушателей.

Наступивший 2014 год по решению Генеральной ассамблеи ООН стал Международным годом кристаллографии. Так решено было отметить сто лет Нобелевской премии по физике 1914 года, которая была присуждена М. Лауэ в 1915 году за открытие дифракции рентгеновских лучей в кристаллах (Nature, 2014, vol 505, p. 586). В том же году была присуждена Нобелевская премия по физике 1915 года Г. Брэггу и Л. Брэггу за изучение структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей.

В Московском университете работал целый ряд ученых, которые стояли у истоков кристаллографии. Это в первую очередь В.И. Вернадский, Г.В. Вульф, А.В. Шубников.

В наступившем году не следует забывать и о событии в области физики, вызвавшем наибольший резонанс в обществе, которое произошло в 2013 году – открытию бозона Хиггса (см. Nature, 2014, vol 504, p. 99; «Советский физик», 2014, № 1).

В 2014 году исполняется 175 лет со дня рождения Александра Григорьевича Столетова, выдающегося ученого, заложившего основы лабораторных исследований в области физики в Московском университете. Создание современной экспериментальной базы для научных исследований постоянно является актуальной проблемой.

Методологический семинар физического факультета будет обсуждать наиболее актуальные проблемы современной физики.

Николаев П.Н.

Методологический семинар физического факультета: из международного года кристаллографии в международный год света и световых технологий

(Статья впервые опубликована в газете "Советский физик" (2015), № 1)

Прошедший 2014 год ознаменовался целым рядом важных событий в области физики. Постоянно обсуждалось открытие бозона Хиггса (см. Nature, 2014, vol 504, p. 99; «Советский физик», 2014, № 1), которое оказало большое воздействие на развитие физики элементарных частиц.

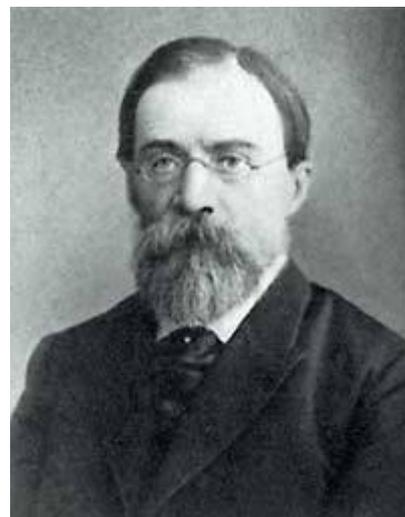
С интересным докладом на тему "Бозон Хиггса и осцилляции нейтрино Понтекорво" на методологическом семинаре физического факультета (руководитель семинара – декан физического факультета, профессор Н.Н. Сысоев) выступил профессор А.И.Студеникин. На этом заседании также состоялась демонстрация нового документально-публицистического фильма "Maksimovich. The Story of Bruno Pontecorvo" режиссёра Дж. Муссарди (Италия), повествующего о жизни и научном наследии

Бруно Понтекорво и выпущенного к столетнему юбилею со дня его рождения.

Как известно, прошедший 2014 год по решению Генеральной ассамблеи ООН (A/RES/66/284) стал Международным годом кристаллографии (Nature, 2014, vol 505, p. 586; «Советский физик», 2014, № 2). В резолюции приведено много аргументов для обоснования такого решения. Среди них можно выделить два. Это то, «что понимание человеком материальной природы окружающего мира основывается, в частности, на нашем знании кристаллографии». И, во-вторых, «Нобелевская премия 23 раза присуждалась за исследования в этой области, и то, что кристаллография по-прежнему представляет собой плодотворную почву для новых и многообещающих фундаментальных исследований».

На методологическом семинаре факультета был заслушан приуроченный к этому событию доклад профессора А.Н. Образцова «Получение алмазных монокристаллов из газовой фазы – совершенство через конкуренцию», вызвавший большой интерес.

В 2014 году исполнилось 175 лет со дня рождения выдающегося русского физика, профессора Московского университета Александра Григорьевича Столетова (1839 - 1896). С докладом «К 175-летию со дня рождения А.Г. Столетова, создателя физической школы в России» на методологическом семинаре факультета



выступил заведующий кафедрой магнетизма профессор Н.С. Перов. Доклад вызвал живой интерес участников семинара.

Во Владимире, на родине А.Г. Столетова, проводятся с 1969 года научно-методические и научно-практические конференции по физике и истории физики «Столетовские чтения». В них принимают участие историки науки, преподаватели высшей и средней школы, научные сотрудники университетов, институтов, музеев, библиотек. В «Столетовских чтениях» в разные годы участвовал целый ряд сотрудников физического факультета.

В октябре 2014 года проходила Всероссийская научно-практическая конференция «XI Столетовские чтения». На конференции традиционно имеется обширная культурная программа. На данной конференции проведен премьерный показ фильма о А.Г. Столетове «Первый физик России» (режиссер С. Виноградов). Участники конференции посетили дом-музей Столетовых. С докладом «Исследование А.Г. Столетовым критического состояния вещества и современное представление о сверхкритической области» выступил профессор П.Н. Николаев.



Дом-музей Столетовых во Владимире. Октябрь 2014 года

20 декабря 2013 года Генеральная ассамблея ООН приняла решение провозгласить 2015 год Международным годом света и световых технологий (A/RES/68/221). Рассматривая аргументы в поддержку такого решения, остановимся на двух из них. Во-первых, это признание важности «света и световых технологий для жизни граждан всего мира и для будущего развития глобального общества на многих уровнях». Во-вторых, «отмечая, что 2015 год будет юбилейным для целого ряда важных вех в истории науки о свете, включая написание Ибн аль-Хайсамом работ по оптике в 1015 году; введение понятия световой волны, предложенного Френелем в 1815 году; появление электромагнитной теории распространения света, предложенной Максвеллом в 1865 году; появление теории фотоэлектрического эффекта, предложенной Эйнштейном в 1905 году, и введение в космологию понятия света благодаря общей теории относительности в 1915 году; и открытие Пензиасом и

Вильсоном космического микроволнового фонового излучения, а также успехи, достигнутые Као в области волоконно-оптической связи на основе передачи света, в 1965 году».

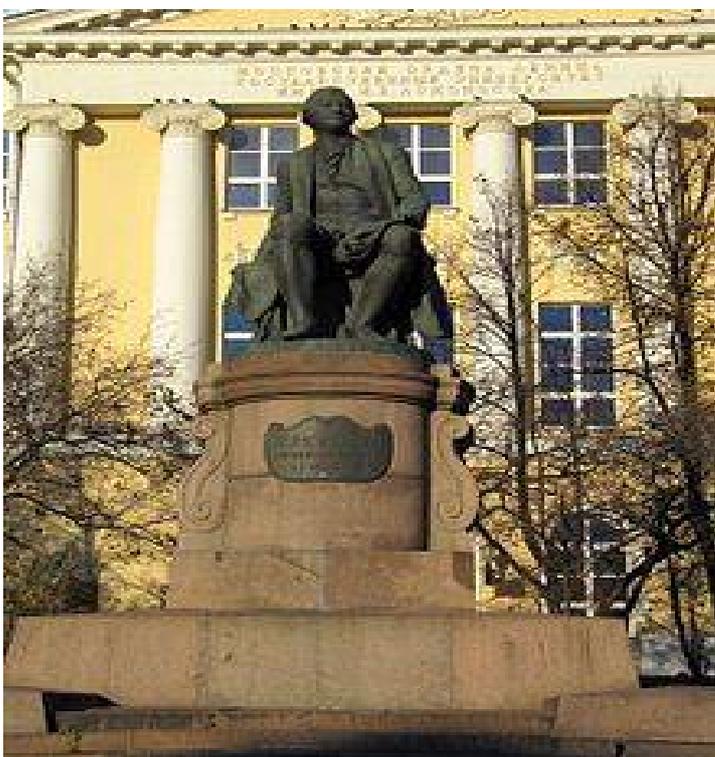
Методологический семинар физического факультета готов обсуждать наиболее актуальные проблемы современной физики и другие проблемы, которые влияют на развитие физической науки.

Николаев П.Н.

Методологический семинар физического факультета: итоги года и перспективы

(Статья впервые опубликована в газете "Советский физик" (2016), № 1)

В 2015 году исполнилось 250 лет со дня кончины Михаила Васильевича Ломоносова. Жизнь и деятельность Михаила Васильевича Ломоносова – великого русского ученого совпала с



эпохой коренных перемен в мире и в России. М.В.Ломоносов оказал огромное влияние на развитие науки и просвещения в нашей стране, символами которых являются Академия наук и Московский университет. Это влияние прослеживается на протяжении всей нашей

истории.

Исключительное значение имела деятельность М.В.Ломоносова, направленная на создание Московского университета. Влияние его идей, заложенных в фундамент образовательной программы университета, прослеживается на протяжении всей истории его развития. В 1753 г. М.В. Ломоносов отправляется в Москву и начинает подготовительную работу. Летом 1754 г. в письме И.И. Шувалову М.В. Ломоносовым дается краткий проект университета и основные принципы его организации.

Из Академического университета в Петербурге в Московский университет были переведены ученики и последователи М.В. Ломоносова – магистры Н.Н. Поповский, А.А. Барсов, Ф.Я. Яремский.

Открытие Московского университета оказало большое влияние не только на развитие образования, но и на всю общественную жизнь в России. Уже в 1756 г. при нем была открыта типография и книжная лавка, начала издаваться газета «Московские ведомости», открылась библиотека университета, которая была общедоступной. В августе 1758 г. вышел первый том сочинений М.В. Ломоносова, который содержал как стихотворные, так и научные, научно-популярные и публицистические произведения. В «Московских ведомостях» за 9 октября 1758 г. сообщалось, что в «Московском Императорском университете недавно отпечатано и продается собрание сочинений Коллежского Советника, химии профессора и Санкт-Петербургской Императорской академии наук члена господина Ломоносова». Второй том был опубликован в 1765 г..

Влияние М.В. Ломоносова не ограничилось этапом его создания. На протяжении всей дальнейшей истории работы М.В. Ломоносова стали предметом пристального изучения и развития.

На методологическом семинаре факультета (руководитель семинара – декан физического факультета, профессор Н.Н. Сысоев) был заслушан приуроченный к 250-летию со дня кончины Михаила Васильевича Ломоносова доклад доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника В.К. Новика "... И слава твоя есть слава вождя", вызвавший большой интерес.

При решении проблем организации научных исследований и просвещения М.В. Ломоносов использовал наиболее перспективные подходы, которые существовали в мире, а затем и среди них выбирал наиболее эффективные. В современном мире, где изменения в области науки и образования происходят особенно быстро, и приходится решать много сложных проблем не только научного, но и социального характера, метод М.В. Ломоносова, его цельный взгляд на жизнь и науку, безукоризненная честность по отношению к себе и людям, приобретают первостепенное значение. Пророческими оказались слова В.И.Вернадского: "М.В. Ломоносов – один из создателей методологических основ современного естествознания, творчество М.В.Ломоносова имеет не только большое научное, но и общественное значение".

Прошедший год, как известно (см. «Советский физик», 2015, № 1), был провозглашен Генеральной ассамблеей ООН Международным годом света и световых технологий. И накануне этого года, то есть в 1914 году, была присуждена Нобелевская премия по физике "за изобретение эффективных синих светоизлучающих диодов, которые



**Бруно Максимович
Понтекорво**

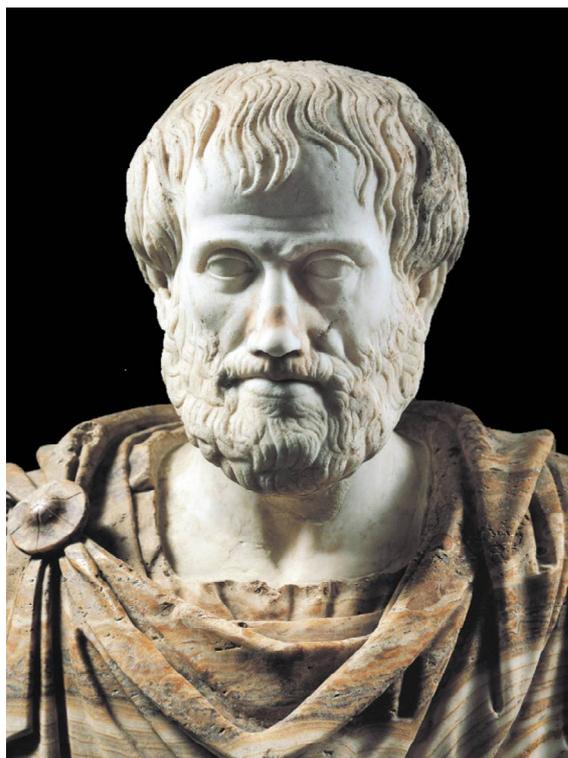
сделали возможными яркие и энергосберегающие источники белого света".

Проблемы, связанные со светом и световыми технологиями, находятся в поле зрения многих кафедр нашего факультета. На методологическом семинаре был заслушан доклад "Солнечные элементы третьего поколения: идеи и перспективы", сделанный доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником А.Г. Казанским, посвященный этим

новым эффективным источникам энергии с точки зрения как фундаментальных исследований, так и практических применений.

Отметим, что в 1915 году Нобелевская премия по физике была присуждена "за открытие осцилляций нейтрино, которые показывают, что нейтрино имеют массу". А еще в феврале 1914 года с докладом на тему "Бозон Хиггса и осцилляции нейтрино Понтекорво" на методологическом семинаре физического факультета выступил профессор А.И.Студеникин. На этом заседании также состоялась демонстрация нового документально-публицистического фильма "Maksimovich. The Story of Bruno Pontecorvo" режиссёра Дж. Муссарди (Италия), повествующего о жизни и научном наследии Бруно Понтекорво (1913-1993) и выпущенного к столетнему юбилею со дня его рождения (см. «Советский физик», 2015, № 1).

Наступивший 2016 год связан с целым рядом юбилеев. Будет широко отмечаться 2400 лет со дня рождения Аристотеля (384-322 гг. до н.э.). Влияние этого человека на все области знания огромно. Имя Аристотеля упоминается практически во всех науках. Не является исключением и физика (см., например, биографический справочник "Физики" Ю.А. Храмова).



Аристотель

В разные периоды истории имя Аристотеля и его учение использовались с самыми разными целями. В настоящее время мы в полной мере можем оценить то огромное влияние, которое он оказал и оказывает на многие сферы человеческой деятельности. На методологическом семинаре физического факультета многократно рассматривались вопросы, связанные с творчеством Аристотеля. По данной тематике было опубликовано много статей в сборнике "История и методология естественных наук".

24 февраля (8 марта) исполняется 150 лет со дня рождения выдающегося русского физика Петра Николаевича Лебедева (1866-1912) - родоначальника физической школы России.

П.Н.Лебедев обучался в Московском техническом училище, а с 1887 года в Страсбургском университете у А.Кундта. Здесь он в 1891 году защищает докторскую диссертацию и в этом же году

возвращается в Москву, где А.Г.Столетов обещает взять его на работу в качестве внештатного ассистента.

В 1895 году П.Н.Лебедев впервые создал комплекс устройств для генерирования и приема миллиметровых электромагнитных волн длиной 6 и 4 мм, установил их отражение, двойное преломление, интерференцию и т.д.. В 1899 - 1900 годы им было измерено световое давление на твердые тела. Находясь на лечении в Швейцарии,



Петр Николаевич Лебедев

П.Н.Лебедев сделал сообщение научному обществу в Лозанне об экспериментальном доказательстве существования светового давления.

28 февраля 1900 года П.Н.Лебедева утвердили экстраординарным профессором Московского университета. В 1904 году П.Н.Лебедеву была присуждена премия Академии наук, которая давалась российским ученым за наилучшие достижения, и одновременно его избрали членом-корреспондентом Российской академии наук. 21 июня 1906 года П.Н.Лебедев получил звание ординарного профессора Московского университета. К концу 1907 года ему удалось осуществить серию экспериментов по измерению сил светового давления на газы.

В 1991 году на физическом факультете широко отмечалось 125-летие со дня рождения П.Н.Лебедева. 25 апреля состоялось заседание Ученого Совета, в работе которого участвовали гости из ФИАНА имени П.Н.Лебедева. В заключение был продемонстрирован документальный фильм "Давление света".



Иван Павлович Базаров

15 января 2016 года исполняется 100 лет со дня рождения Ивана Павловича Базарова (1916-2005), Заслуженного профессора Московского университета, участника Великой Отечественной войны, Лауреата Государственной премии СССР, Заслуженного работника культуры РСФСР, известного физика-теоретика, специалиста в области термодинамики и статистической физики, методологии физики.

Получил широкое распространение его курс термодинамики, переведенный на английский, французский, немецкий, китайский, румынский и болгарский языки, выдержавший много изданий и издающийся до настоящего времени. Большую известность получили и его книги по статистической физике, в том числе и по методологическим проблемам термодинамики и статистической физики.

И.П.Базаров начал принимать участие в работе методологического семинара физического факультета со дня его

основания в 1948 году. Он много лет был членом бюро семинара, а в 1987 - 1997 годах - его руководителем. И.П.Базаров был заместителем главного редактора университетской серии "История и методология естественных наук", научным редактором физических выпусков этой серии (1984-1997). При его активном участии методологический семинар физического факультета стал самым крупным факультетским методологическим семинаром МГУ.



**Методологический семинар физического факультета.
И.П.Базаров в первом ряду крайний справа.**

Методологический семинар физического факультета опирается в своей работе на богатый опыт своих основателей, помнит о своей истории и обсуждает наиболее актуальные проблемы современной физики и другие проблемы, которые влияют на развитие физической науки.

Приложение XI

Николаев П.Н.

Взаимосвязь физики и философии и проблема периодизации истории физики

(Статья впервые опубликована в сборнике "История
и методология физики (1988). Выпуск XXXIV. Физика. С. 69)

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.

Наука развивается, опираясь на общее представление об окружающей действительности, на понятия, формируемые философией. Между физикой и философией всегда существовала и

существует тесная связь. При своих исследованиях физики используют общие принципы, представления, понятийный аппарат, разработка которых является предметом философии. «Какую бы позу ни принимали естествоиспытатели, - писал Ф. Энгельс, - над ними властвует философия. Вопрос лишь в том, желают ли они, чтобы над ними властвовала какая-нибудь скверная модная философия, или же они желают руководствоваться такой формой теоретического мышления, которая основывается на знакомстве с историей мышления и ее достижениями» [1, с. 525].

Ряд философских проблем, которые мучили древних греков, Декарта, Галилея, Ньютона, обсуждаются до сих пор. Можно встать на формальную точку зрения и отнести к процессу познания, как к использованию цветного телевизора — знать лишь только, как его включать. Но, во-первых, это не тот путь достижения знания, которому следует подавляющее число ученых, а, во-вторых, телевизор в один прекрасный момент может перестать работать и нашего формального знания не хватит для его ремонта.

Изучение физики как некоего набора истин в последней инстанции мешает дальнейшему прогрессу науки. В определенной мере это стимулировалось имевшим место в последнее время стремлением некоторых из наиболее выдающихся физиков не показывать гносеологические проблемы развиваемых учений. В этом отношении основатели физики были более откровенны. Так Галилей, Декарт, Ньютон не скрывали своих философских и даже религиозных взглядов. У Фарадея и Максвелла уже имеет место строгое разделение их религиозных верований и научных взглядов.

Ряд современных физиков придерживаются прагматических взглядов, относясь к занятиям наукой, как к ремеслу, способному

дать ответы на конкретные вопросы - предсказания результатов экспериментов. Сложность же общепhilosophического осмысления современной физики отражена в известном выражении Р. Фейнмана, одного из самых выдающихся физиков современности, когда он заявил, что квантовую механику никто не понимает. Все это показывает, насколько важным является рассмотрение методологических вопросов физики.

Физика - глубоко мировоззренческая наука. На ее основе складывались общеметодологические концепции, значение которых часто выходило за пределы физики. Фактическое содержание физики и ее методологию необходимо рассматривать в их развитии. «...Не забывать основной исторической связи, - писал В. И. Ленин, - смотреть на каждый вопрос с точки зрения того, как известное явление в истории возникло, какие главные этапы в своем развитии это явление проходило, и с точки зрения этого его развития смотреть, чем данная вещь стала теперь» [8, с. 67].

В процессе развития менялось не только внутреннее содержание физики, но и ее взаимосвязь с другими науками, в том числе и философией.

Философия — древнейшая наука. Она стремится удовлетворить духовную потребность мыслящего человека в обобщенном знании об окружающем его мире и об отношении человека к этому миру. Философия—это такое воззрение на мир, которое основано на определенном понимании материи и духа.

Естествознание и философия в древности существовали в рамках единой нерасчлененной науки - натурфилософии при ведущем положении философских идей. В «Метафизике» Аристотель сознательно поставил вопрос: «Что такое философия?» В своем

сочинении он скорее не декларирует, а размышляет и, исходя из допущения, что философия есть *особый вид знания или особый срез науки*, ставит вопросы: 1) каков предмет этой науки, 2) в каком отношении она находится к другим наукам, 3) для чего философия нужна человеку, т. е. какова социальная функция философии.

«...Наука философия имеет своим предметом сущее как сущее вообще, а не в одной (какой-нибудь) части...» [10, с. 185]. Логический каркас этого рассмотрения построен из категорий «целое» и «часть», «общее» и «единичное». Определение предмета философии дается через противопоставление общего единичному, целого - его частям. Философии отводится роль науки, познающей общую природу всего сущего, целого, а другим наукам предписывается изучение единичного, частей целого.

«Если коротко изложить аристотелевское понимание философии, - пишет А. В. Потемкин, - то оно сводится к следующему. Специфика философии состоит в том, что она есть первая мудрость. Последняя равна просто знанию, ибо многознание, как сказал еще Гераклит, само по себе не научит уму. Мудрость - скорее то, что в новое время стали обозначать словами «жизнепонимание», «мировоззрение»: она есть обладание знанием в общей форме и как таковое есть достояние немногих. В отличие от мнения философия есть наука, т. е. знание, основанное на доказательстве. Предмет этой науки - высшие причины, первые начала и основания всякого бытия, бытие как целое в его отношении к первым началам и причинам. Природа, человек и его деятельность, познание - все это входит в круг интересов философии, который "должен быть в состоянии подвергнуть своему рассмотрению все проблемы" [10, с. 60]. Другие науки исследуют лишь часть бытия, единичные вещи. Не их дело

заниматься общим. Философия выше всех наук. Она - госпожа, все другие науки - рабыни. Абсолютность, завершенность знания - отличительный признак философии. Философия занимает руководящее положение не только по отношению к наукам теоретическим, но и практическим, ибо науки теоретические вообще выше создающих.

Так как последним началом в человеческой деятельности и природе является мировой разум (бог), то философия выступает в качестве теологии, учение о первых началах совпадает с учением о божестве.

Назначение философии состоит в том, что это наука для тех, кто свободен, сама ничего не производит, но руководит другими. Наука о началах и есть наука для начальства. Она должна обосновать порядок и устойчивость общественной жизни. Философия также научает строить жизнь наилучшим образом, да и сама она есть наилучший способ жизнедеятельности.

Если в общей оценке аристотелевского понимания философии исходить из известного афоризма Гегеля: «Философия есть в мыслях схваченная эпоха», то философ Аристотеля - это не что иное, как идеализированная фигура свободного гражданина (рабовладельца) греческого города - государства; жизнедеятельность философа - идеализированный образ жизни рабовладельца, освобожденного от всех земных забот, предающегося самому любимому и самому приятному занятию - непротиворечивому мышлению, посредством которого ему удастся все приводить в движение» [13, с. 52—53].

От Аристотеля философия, понимаемая как наука наук, прошла длительный путь развития и в философии Гегеля получила свое наиболее полное выражение. «Философия и религия, — писал

Гегель, — имеют своим предметом истину и именно истину в высшем смысле этого слова — в том смысле, что бог, и только он один, есть истина. Обе далее занимаются областью конечного, природою и человеческим духом, в их отношении друг к другу и к богу как их истине» [11, с. 17]. В отношении социальной функции философии Гегель прямо говорит о необходимости слияния философии и государства. Он обосновывает необходимость того, чтобы государственная власть, религия и принципы философии совпали воедино, чтобы «произошло примирение всей вообще действительности с духом государства - с религиозной совестью и с философским знанием» [12, с. 342].

Таким образом, используя понятие всеобщности философского знания, мы его должны точно определить. Конкретное историческое содержание понятия всеобщности философского знания различно для различных эпох и определяются эпохой.

В 30-х годах XIX в. широко распространилась буржуазная философия позитивизма, основанная французским философом О. Конттом. В первоначальном варианте Конта позитивизм отказывался от поисков сверхчувственных сущностей, первопричин и характеризовал их как бесплодную «метафизику».

Но отрекаясь на словах от роли философии как науки наук, позитивизм Конта предлагал философскую концепцию определенной направленности — враждебность материализму и революционным преобразованиям. Конт, как известно, выдвинул формулу «прогресс и порядок».

Диалектический материализм впервые дал решение вопроса о соотношении философии и естественных наук, в том числе и физики. Характеризуя прежнюю философию, К. Маркс писал: «До сих пор

философы имели в своем письменном столе разрешение всех загадок, и глупому непосвященному миру оставалось только раскрыть рот, чтобы ловить жареных рябчиков абсолютной науки» [3, с. 379].

В «Немецкой идеологии» [4] К. Маркс и Ф. Энгельс указывали на давнюю болезнь прежней историографии, которая не умела отличить то, чем люди на самом деле являются, от того, за кого они себя выдают, и потому верили на слово каждой эпохе, что бы она себе не воображала.

Поэтому, несмотря на большое количество суждений о специфике философского знания в различных философских системах, Ф. Энгельс писал: «Великий основной вопрос всей, в особенности новейшей, философии есть вопрос об отношении мышления к бытию» [2, с. 282].

Классики марксизма подчеркивали, что решение основного вопроса философии не есть теоретический вопрос, а вопрос практики: «Добавочные материалистические соображения Фейербаха более остроумны, чем глубоки. Самое же решительное опровержение этих, как и всех прочих, философских вывертов заключается в практике, именно в эксперименте и в промышленности. Если мы можем доказать правильность нашего понимания данного явления природы тем, что сами его производим, вызываем его из его условий, заставляем его к тому же служить нашим целям, то кантовской неуловимой «вещи в себе» приходит конец» [2, с. 284]; «от Декарта до Гегеля и от Гоббса до Фейербаха, философов толкала вперед отнюдь не одна только сила чистого мышления, как они воображали. Напротив. В действительности их толкало вперед главным образом мощное, все более быстрое и бурное развитие естествознания и промышленности» [2, с. 285].

Рассматривая развитие науки, не следует смешивать понятия объекта и предмета исследования. Объект существует независимо от нашего сознания. Объективна и граница объекта - она определяется включением явлений в практическую деятельность. Понятие предмета включает в себя субъективный элемент, который входит через определение его границы.

Предмет не может быть шире объекта, он может совпадать лишь с его частью. К. Маркс в «Тезисах о Фейербахе» писал: «Главный недостаток всего предшествующего материализма - включая и фейербаховский — заключается в том, что предмет, действительность, чувственность берется только в форме *объекта*, или в форме *созерцания*, а не как *человеческая чувственная деятельность, практика*, не субъективно» [6, с. 1].

Различные философские учения изучали лишь некоторые элементы отношения мышления к бытию. Прежний материализм отрывал объект от субъекта, т. е. выбрасывал один из важнейших элементов этого отношения. Только в марксистско-ленинской философии материализм органически связан с диалектикой и историзмом. «Античная философия, — пишет Ф. Энгельс в «Анти-Дюринге», - была первоначальным, стихийным материализмом. В качестве материализма стихийного, она не была способна выяснить отношение мышления к материи. Но необходимость добиться в этом вопросе ясности привела к учению об отделимой от тела душе, затем - к утверждению, что эта душа бессмертна, наконец - к монотеизму. Старый материализм подвергся, таким образом, отрицанию со стороны идеализма. Но в дальнейшем развитии философии идеализм тоже оказался несостоятельным и подвергся отрицанию со стороны современного материализма. Современный материализм -

отрицание отрицания - представляет собой не простое восстановление старого материализма, ибо к непреходящим основам последнего он присоединяет еще все идейное содержание двухтысячелетнего развития философии и естествознания, как и самой этой двухтысячелетней истории. Это вообще уже больше не философия, а просто мировоззрение, которое должно найти себе подтверждение и проявить себя не в некоей особой науке наук, а в реальных науках. Философия, таким образом, здесь «снята», т. е. «одновременно преодолена и сохранена», преодолена по форме, сохранена по своему действительному содержанию» [7, с. 142].

Физика как единое целое общественное явление сформировалась и выделилась из системы наук в XVII в. Дальнейшее ее развитие привело к окончательному оформлению в рамках классической физики к концу XIX в.

Новые открытия в физике на рубеже XIX—XX вв. породили кризисное состояние в этой науке. Огромное значение для разрешения возникших противоречий имела работа В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» [9].

С созданием новых физических теорий - квантовой физики и релятивистской физики — противоречия в значительной мере были сняты. Физика XX столетия продолжает развиваться в рамках квантовой теории поля, статистической теории неравновесных процессов, теории гравитации и других направлений. Вместе с тем возникли новые проблемы в исследовании методологических вопросов различных областей физики.

На переломных этапах развития науки, в периоды научных революций возрастает роль философских, мировоззренческих учений, их влияние на ход происходящих процессов. Так было во время

научной революции XVI—XVII вв., когда большую роль сыграли воззрения Ф. Бэкона и Р. Декарта, так было и во время научной революции на рубеже XIX—XX вв., когда работа В.И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» дала решение ряда мировоззренческих проблем, возникших в связи с новыми открытиями в физике.

Происходящее в настоящее время бурное развитие различных наук, в том числе и физики, ставит сложные проблемы перед философией при анализе новых открытий и переосмысления старых представлений. Особое место занимают методологические вопросы относительно новой науки — биофизики, возникшей на стыке биологии и физики. В силу того что современная физика и ее математический аппарат весьма сложны, это приводит к ряду проблем взаимодействия и взаимного влияния физики и философии, так как для серьезного философского осмысления ряда проблем необходимо исследовать их на высоком научном, в том числе математическом, уровне [14].

После формирования физики как науки в ее рамках происходил и происходит двуединый процесс: с одной стороны, выделение отдельных наук (физики твердого тела, радиофизики и электроники, нелинейной оптики и т. д.), с другой — образование наук на стыке областей знания (геофизики, физической химии, биофизики и т. д.). Таким образом, физика представляет собой сложное развивающееся во взаимодействии с другими науками явление.

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

Ряд историков, особенно в прошлом, излагали историю по пятидесятилетиям, столетиям и т.д. Такое формальное разделение даже при наличии богатого фактического материала не позволяет провести сколько-нибудь серьезный общий анализ развития.

Другое направление в периодизации истории физики - изложение ее по «лицам». В результате история физики превращается в историю ученых. Данная периодизация отражает важный момент влияния индивидуального творчества ученого на ход развития науки, но является весьма односторонней. Особенно это характерно для настоящего времени, когда крупные научные исследования ведутся большими коллективами ученых и важное значение приобретают вопросы планирования научных исследований.

Существует подход к периодизации истории физики, основанный на представлении, что история науки — органическая часть истории общества. В результате появляется периодизация истории физики по общественно-экономическим формациям.

С одной стороны, это отражает в известной мере основную закономерность развития физики: развитие физики обусловлено потребностями общественно-исторической практики. Однако вопрос здесь требует дальнейшего уточнения.

Физика как наука, особенно на современном этапе своего развития, представляет единое целое вне зависимости от того, в какой стране она развивается. Вводить для единообразия понятия «физика рабовладельческого строя», «физика феодализма», «физика капитализма», «физика социализма» нецелесообразно, так как это будет искусственным втискиванием физики в рамки определенной формации. Физика, развиваясь в неразрывной связи с

экономическим строем общества, его философией и другими науками, в то же время обладает относительной самостоятельностью. Она имеет внутреннюю логику своего развития.

В результате этапы развития физики не всегда совпадают с этапами развития общества. Все это является отражением сложности процесса познания.

Периодизация истории физики, основанная на внутренней логике ее развития, плодотворно используется в литературе. Особенно успешно данный подход нашел применение для периода XVII—XIX вв., т. е. для периода классической физики.

Дальнейшее развитие физики превратило ее в обширную разветвленную науку, взаимодействующую с различными областями жизни общества. Стала очевидна 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 в физике сформировались и существуют общие положения и принципы, которые имеют определяющее значение для всех областей физики и зачастую для смежных областей знания (мы уже упоминали о принципах, возникших в физике и имеющих общепhilosophическое значение) [15].

Выделение и исследование этих общих положений позволит рассматривать развитие физики как целостного учения, не вдаваясь в крайность - подробное исследование частных случаев.

Физика, особенно XX столетия, требует для своего анализа не только исследования внутренней логики развития, но и учета внешних связей. Причем в ряде случаев внешние связи играют определяющую роль. Значительно возрастает значение методологии физики, анализа процесса дифференциации и интеграции наук, их развития, рассмотрения вопросов о предмете исследования.

Характерны процессы, происходящие в современной физике: если несколько десятков лет назад физики пытались самостоятельно провести философское исследование возникающих в рамках науки проблем (зачастую неудачно — достаточно обратиться к примерам из работы В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм»), то в настоящее время их взоры по методологическим вопросам обращены к философам по поводу решения важнейших мировоззренческих проблем современной физики [16], так как их глубина и сложность не доступны для решения на любительском уровне.

Взаимосвязь и взаимозависимость наук, в том числе физики и философии, возрастают.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энгельс Ф. Диалектика природы // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20. С. 339—626.
2. Энгельс Ф. Людвиг Фейербах и конец классической немецкой философии // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 21.
3. Маркс К. Письма из *Deutsch-Französische Jahrbücher* // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 1. С. 371—381.
4. Маркс К., Энгельс Ф. Немецкая идеология // Соч. 2-е изд. Т. 3. С. 7—544.

5. М а р к с К. Капитал //Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 23.
6. М а р к с К. Тезисы о Фейербахе // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Изд. 2-е, Т. 3. С. 1—4.
7. Э н г е л ь с Ф. Анти-Дюринг // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20. С. 1—338.
8. Ленин В.И. О государстве. Лекция в Свердловском университете 11 июля 1919 г. // Полн. собр. соч. Т. 39. С. 64—84.
9. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм // Полн. собр. соч. Т. 18. С. 7— 384.
10. А р и с т о т е л ь . Метафизика. М.- Л., 1934.
11. Г е г е л ь Г. Сочинения. Т. 1. М., 1934.
12. Г е г е л ь Г. Сочинения. Т. 3. М., 1956.
13. П о т е м к и н А.В. О специфике философского знания. Ростов-на-Дону, 1973.
14. К р а в ч е н к о А.М. Философские проблемы обоснования физической теории. Киев, 1985.
15. Методы научного познания // Под ред. Ю. В. Сачкова. М., 1985.
16. S e g r e E. From falling bodies to radiowaves. N. Y., 1984. 294 p.

P. N. Nikolaev

The Correlation between Physics and Philosophy and the
Problem of the division of the History of Physics into
Periods

The mutual influence of physics and philosophy in the process of their development is considered. The question of the periodization of the history of physics is discussed using the analysis of tendencies of the

development process of physics. The strengthening of the correlation between physics and philosophy is emphasized.

Приложение XII

Николаев П.Н.

История факультета: дела и люди

(Статья впервые опубликована в газете "Московский университет" (1993) № 4 (3760). С. 4. Она была приурочена к юбилею Физического факультета МГУ. В 1993 году юбилей факультет отмечал впервые.)

Развитие физики в Московском университете начинается со времени его основания. Серьезные изменения в организации учебного процесса в рамках физической специальности начались в 1928 -1930 годах. К этому времени в области физики в университете специализировалось около 300 студентов.

В 1930 году физико-математический факультет Московского университета получил наименование физико-механико-математического с отделениями физико-механическим, математическим и астрономо-геодезическим. В 1931 году упраздняется факультетская система и образуется ряд самостоятельных отделений, в том числе и физическое. В апреле 1933 года на базе физического отделения и научно-исследовательского института физики (НИИФ) был создан физический факультет. Его создание явилось следствием значительного роста числа студентов, специализирующихся в области физики, в университете в конце 20—30-х годов. Много

сделал для этого первый заведующий кафедрой общей физики С.И. Вавилов.

Первым деканом факультета стал профессор Б. М. Гессен. В 1933 году физический факультет закончили 34 специалиста - физика. Большой вклад в укрепление факультета внес член-корреспондент А. С. Предводителев, бывший деканом факультета с 1937 по 1946 год. В 1938 - 40 годах общее число студентов-физиков достигло 770. В первые годы Великой Отечественной войны на факультете продолжали обучение 200—300 человек, но уже в 1943 г. количество студентов стало возрастать, в 1950 г. оно составило 830 человек.



С 1948 по 1954 год деканом факультета был профессор А.А. Соколов. В этот период началось строительство комплекса новых зданий на Ленинских горах, что потребовало больших усилий всего университета, в том числе и физического факультета во главе с деканом. Свой двадцатый учебный год факультет начал в новом

здании.

Значительные изменения произошли на физическом факультете в 1954—55 годах. Согласно приказу по университету была объявлена новая структура факультета, теперь он состоял из следующих структурных единиц - отделений строения вещества, радиофизики, геофизики и научно-исследовательского института физики. В августе 1954 г. деканом факультета был утвержден

профессор В.С. Фурсов (см. фото), трижды лауреат Государственной премии, который бессменно руководил физфаком до июня 1989 г.

В 1955 году было завершено строительство астрономической обсерватории на Ленинских горах, а в октябре 1956 года в состав физического факультета вошло астрономическое отделение механико-математического факультета и ГАИШ.

В декабре 1960 г. в г. Дубне при Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) был создан филиал физического факультета Московского университета. Инициатором создания филиала стал Д.И. Блохинцев, профессор физического факультета, выпускник Московского университета, являвшийся в то время директором ОИЯИ. Существующая в настоящее время отделенческая структура факультета была сформована 30 лет назад - в 1963 г. По-прежнему факультет состоит из 6 отделений: экспериментальной и теоретической физики, физики твердого тела, ядерной физики, радиофизики, геофизики и астрономии. В настоящее время на физическом факультете обучается около 2,5 тысяч студентов.

В июне 1989 г. деканом физического факультета был избран профессор А.П. Сухоруков. В 1992 г. принят Устав факультета. В результате проведенных после этого выборов деканом стал профессор В.И. Трухин.

Недавно ученый совет факультета одобрил переход на новую двухступенчатую систему подготовки специалистов, в основном магистров.

Высокий уровень подготовки в Московском университете специалистов-физиков, среди выпускников которого лауреаты многих отечественных и международных премий, академики и члены-корреспонденты различных академий наук, обеспечивается исключительно высоким уровнем преподавания и плодотворными научными исследованиями, ведущимися во многих областях физики.

В 1934 году в Физическом институте АН СССР С.И. Вавиловым (выпускник Московского университета 1914 г.) и П.А. Черенковым было открыто явление свечения чистых жидкостей под действием гамма-лучей и показано, что оно не является люминесценцией. В 1937 г. профессор физического факультета МГУ И.Е. Тамм (выпускник 1918 г.) и сотрудник ФИАН И.М. Франк (выпускник 1930 г.) создали теорию этого явления и объяснили его возникновение движением электронов со скоростью, превышающей скорость света в данной среде. За обнаружение и объяснение эффекта Вавилова - Черенкова П.А. Черенков, И.Е. Тамм и И.М. Франк были удостоены в 1958 г. Нобелевской премии.

А.А. Власовым (выпускник 1931 г.) в 1938 г. было предложено фундаментальное кинетическое уравнение (уравнение Власова), легшее в основу современной теории плазмы.

В 20-е и 30-е годы под руководством Л.И. Мандельштама в Московском университете создавалась общепризнанная школа по нелинейной теории колебаний, а в 50 - 70-е годы - школа по теоретическому и экспериментальному исследованию нелинейных волн, одним из основателей которой был академик Р.В. Хохлов (выпускник физического факультета МГУ 1948 г.).

В конце и после войны на физическом факультете начинает работать ряд выдающихся ученых, создавших целые школы и новые направления научных исследований. В 1943 г. академик П.Л. Капица, в дальнейшем Нобелевский лауреат, создает кафедру низких температур. На базе кафедры атомного ядра в 1946 г. организуется Научно-исследовательский институт ядерной физики, директором которого от основания до 1960 года был Д.В. Скобельцын.

Академик С.Н. Вернов развивал научные исследования в области физики космических лучей и космической физики, организовал первые исследования с помощью ракет и спутников за пределами атмосферы. С 1960 г до своей кончины (1982 г.) он руководил НИИЯФ МГУ.

В 1943 г. В.В. Шулейкин создал и возглавил на физическом факультете кафедру жидкой оболочки (современное название - кафедра физики моря и вод суши) и впервые в стране организовал выпуск специалистов соответствующего профиля. В 1944 г. организуется кафедра сейсмологии (руководитель профессор В.Ф. Бончковский). К 1945 г. сформировалось геофизическое отделение, которое возглавил О.Ю. Шмидт.

Запуск 4 октября 1957 г. первого искусственного спутника Земли оказал большое влияние на судьбу астрономии в МГУ, развивавшейся в это время в рамках физического факультета. Вскоре сильный научный коллектив ГАИШ, в первую очередь радиоастрономы и небесные механики, оказался в самом центре проблем космических исследований.

Выдающийся физик-теоретик и математик, академик Н.Н. Боголюбов создал школу физиков-теоретиков в области статистической физики, квантовой теории поля, теории элементарных частиц, математической физике, организовал на физическом факультете новую кафедру квантовой статистики (1967 г.).

Профессором физического факультета был выдающийся физик-теоретик академик Л.Д. Ландау, впоследствии Нобелевский лауреат. С 1959 г. является профессором факультета лауреат Нобелевской премии академик А.М. Прохоров.

Николаев П.Н.

**Физика в Московском университете
за 245 лет (к 70-летию физического
факультета МГУ)**

(Статья впервые опубликована в газете "Московский университет"
(2003) № 15 (4035). С. 4.)

Текущий год связан с целой серией юбилейных дат развития физики в Московском университете: 245 лет с начала преподавания физики в полном объеме, 100 лет со дня открытия Института физики Московского университета («старого здания» физического факультета), 70-летие физического факультета, 50 лет со дня открытия комплекса новых зданий на Ленинских (Воробьевых) горах.

В XVII-XVIII веках произошли принципиальные изменения в организации научных исследований. Возникли академии наук и научная периодика.

Создание Московского университета в 1755 году явилось реализацией потребности в высококвалифицированных специалистах. Университет создавался в первую очередь как учебное учреждение. Первоначально среди данных университету привилегий отсутствовало право «производить в градусь», то есть присуждать ученые степени.

Еще до открытия университета в Академии наук в Петербурге был рассмотрен вопрос о приобретении оборудования для физического кабинета. Однако физика в Московском университете стала преподаваться в полном объеме на философском и медицинском факультетах только с 1758 года, то есть 245 лет назад.

Историю развития физики в Московском университете с точки зрения характера преподавания можно поделить на три периода: от создания университета до создания первой физической лаборатории, от Столетова до создания физического отделения и от создания физического факультета в 1933 году до наших дней.

Становление преподавания физики первоначально шло сложно. Первые упоминания о курсах лекций по данной дисциплине относятся к 1756-1757 годам. Первоначально для преподавания физики использовались иностранные учебники и так продолжалось всю вторую половину XVIII века. Вместе со становлением университета происходило и становление преподавания физики, появлялись отечественные кадры. В 1810 году П.И.Страхов (заведовал кафедрой физики с 1791 по 1813 годы) опубликовал первый отечественный учебник по физике «Краткое начертание физики», написанный на основе опыта чтения лекций в Московском университете.

С 1826 года в Московском университете было введено правило к чтению лекций по утвержденным конспектам, то есть по программам. До 1826 года в университете было мало ограничений в преподавании. Автором первого в Московском университете «конспекта физических лекций стал И.А.Двигубекий (заведовал кафедрой физики с 1813 по 1827 годы). И.А.Двигубекий был выдающимся педагогом и организатором. Он многое сделал для

издания научного журнала «Новый магазин естественной истории, физики, химии и сведений экономический» (выходил с 1820 по 1830 годы).

С именем М.Ф.Спасского (работал на кафедре физики с 1839 (ординарный профессор с 1850 по 1859 гг.) связано деление преподавания физики в университете на опытную и математическую, которое в дальнейшем преобразовалось в деление на общую и теоретическую.

В период реформ 50-х - 60-х годов XIX века в Московском университете начинает свою деятельность выдающийся педагог и организатор Н.А.Любимов. Его лекционные демонстрации применяются вплоть до настоящего времени (явление полного внутреннего отражения, опыты по свободному падению и др.). Кроме того, именно приборы Н.А.Любимова сохранились на факультете в оригинальном виде, так как все, что осталось от А.Г.Столетова и П.Н.Лебедева, было передано в различные музеи.

В 1860 году Н.А.Любимов прочел публичный цикл лекций. На его лекциях впервые в России было применено электрическое освещение: электричеством был освещен университетский двор с прилегающей местностью.

Во второй половине XIX века начинают создаваться физические лаборатории, которую по университетскому Уставу 1863 года должен был иметь каждый российский университет. Первую научную лабораторию в России создает при Петербургском университете Ф.Ф.Петрушевский.

В 1871 году Н.А.Любимов и А.Г.Столетов представили Совету университета мотивированное заявление о необходимости открытия

физической лаборатории, которая была открыта в конце 1872 года для практических занятий студентов.

После назначения Н.А.Любимова членом Совета министра народного просвещения освободившуюся кафедру занял А.Г.Столетов. Под руководством А.Г.Столетова научные исследования в Московском университете в области физики впервые получают мировое признание.

В связи с выходом А.Г.Столетова «за штат» на его место в 1893 году был назначен Н.А.Умов. Вместо одной обычно существовавшей научной группы со своим лидером, которыми попеременно выступали П.И.Страхов, И.А.Двигубский, М.Ф.Спасский, Н.А.Любимов, А.Г.Столетов (за исключением 30-х годов XIX века, когда в качестве лидера в данной области фактически стал астроном Д.М.Перевощиков), параллельно стали работать несколько - Н.А.Умова, А.П.Соколова, П.Н.Лебедева. Последний до смерти А.Г.Столетова входил в его научную группу.

Начиная с этого времени уровень развития экспериментальной базы и квалификация исследователей позволяет воспроизводить наиболее важные экспериментальные открытия. В этом отношении наиболее знаменательным стал декабрь 1895 года, когда после открытия В.Рентгеном X-лучей практически сразу на кафедре начинается создание рентгеновской установки, которая была сделана П.Н.Лебедевым уже в январе 1896 года. В 1896 году появляется сообщение А.Беккереля об установлении им нового вида излучения урановой соли. В 1897-98 годах П.Н.Лебедев исследует зависимость интенсивности лучей Беккереля от количества урана и от расстояния до их источника.

Исследования по изучению радиоактивности начал и А.П.Соколов, научная работа которого в дальнейшем была связана с этой областью. К 1912 году при его самом активном участии была создана первая в России радиологическая лаборатория, которая поддерживала тесные связи с наиболее известными в этой области центрами Резерфорда в Манчестере, М.Кюри в Париже, О Гана в Берлине.

Еще в 70-х годах XIX века А.Г.Столетов предпринимал попытки создать физический институт при университете. Лишь спустя двадцать лет решение проблемы сдвинулось мертвой точки. Возникли соответствующие социальные предпосылки и нашлись средства для его постройки.

Весной 1897 года проект института, подготовленный Н.А.Умовым, А.П.Соколовым и П.Н.Лебедевым совместно с архитектором Е.М.Быковским, был разработан. Здание института заложено в 1898 году. 3 октября 1903 года в нем была прочитана первая лекция. Возможности научных исследований в университете значительно расширились. В первую очередь это сказалось на исследованиях П.Н.Лебедева, создавшего большую школу физиков, оказавших значительное влияние на развитие физики в России. Позже в этом здании разместится физический факультет до своего переезда на Ленинские (Воробьевы) горы. Именно с этим зданием многие поколения физиков связывают свое обучение в университете («старое здание» физфака). В этом году зданию исполняется сто

Исследования в области физики в Московском университете велись не только на кафедре физики. Уже с 1903 года В.И.Вернадский использовал метод Гиббса в кристаллографии. По-

видимому, это было первое использование методов современной статистической физики в России.

В 1911 году развитию физики в Московском университете был нанесен тяжелый удар. Министр просвещения уволил ректора и его помощника, которые фактически отказались выполнять циркуляр, обязывающий администрацию российских университетов незамедлительно сообщать в органы полиции о политических сходках студентов в стенах учебных заведений. В знак протеста против действий министра из Московского университета ушел ряд профессоров и сотрудников. Среди них были профессора физики Н.А.Умов, П.Н.Лебедев, А.А.Эйхенвальд и профессор астрономии В.К.Цесарский.

Несмотря на тяжелое положение Московского университета с 1911 по 1917 годы основные преподавательские кадры и научные традиции в нем удалось сохранить. После февральской революции 1917 года в состав правительства вошел бывший ректор Московского университета А.А.Мануйлов, который одним из первых издал циркуляр, по которому предоставлялось право вернуться всем профессорам и преподавателям, ушедшим из университета в 1911 году.

В этот период в Физическом институте университета начинают функционировать физический кабинет, лаборатория общих работ по физике и лаборатория физических измерений. В это время постоянно возникают и распадаются научные лаборатории и группы. Более долговечным оказался созданный в 1922 году Институт физики и кристаллографии (в дальнейшем НИИФ: научно-исследовательский институт физики).

По инициативе А. А.Эйхенвальда в 1921 году в Физический институт был приглашен С.А.Богуславский, который стал заведовать кабинетом теоретической физики. С.А.Богуславский читал лекции по строению атома, вел семинары. В 1923 году он скончался.

В результате многочисленных преобразований в университете 20-х - начала 30-х годов XX века сформировалось значительное сообщество физиков, которые во многом определили развитие физики в Московском университете на последующие годы. В первую очередь здесь следует отметить С.И.Вавилова и Л.И.Мандельштама. Учеником Л.И.Мандельштама был И.Е.Тамм, подготовивший много известных физиков-теоретиков, в том числе А.А.Власова и В.С.Фурсова

В 1930 году физико-математический факультет получил наименование физико - механико - математического с отделениями физико-механическим, математическим и астрономо-геодезическим. В области физики в то время специализировалось около 300 студентов.

27 апреля 1931 года приказом по Московскому университету предполагалось не позднее пятого мая текущего года ликвидировать органы факультетского управления на физико-механико-математическом факультете, образовав вместо факультета отделения физическое, механическое и астрономо-математическое.

В 1933 году в Московском университете восстанавливается факультетская система и приказом от 16 апреля образуется физический факультет на базе физического отделения и научно-исследовательского института физики как отражение реальных тенденций в развитии университета. Переход на факультетскую

систему был осуществлен, начиная с 1 мая. С этого времени происходит резкое увеличение специалистов, оканчивающих университет по специальности физика.

Первым деканом факультета стал Б.М.Гессен. В 1934 году факультет закончило 34 специалиста-физика. В 1935 году профессором и деканом факультета становится С.Э.Хайкин.

Окончательное организационное оформление физического факультета относится к 1937-38 годам, когда была введена штатно-окладная система. С 1937 по 1946 годы деканом факультета был член-корреспондент А.С.Предводителев. В 1938-1940 годах прием на факультет составил 170 человек, а общее число студентов достигло 770.

В первые годы Великой отечественной войны число обучающихся на факультете сократилось до 200 человек. Но уже в 1943 году число студентов на факультете стало возрастать. В 1950 году оно достигло 830 человек.

Во время войны после возвращения факультета из эвакуации (1943 год) происходит обновление преподавательского состава университета за счет сотрудников, появившихся в университете в результате эвакуации и реэвакуации (Н.Н.Боголюбов, А.А.Соколов, Д.И.Иваненко) На этот процесс оказывают влияние и общие государственные программы, в первую очередь ядерная программа.

В сложное послевоенное время с 1947 по 1948 годы деканом физического факультета был член-корреспондент С.Т.Конобеевский.

Строительство комплекса новых зданий на Ленинских горах потребовало больших усилий и работы всего коллектива. С 1948 по 1954 годы деканом факультета был профессор А.А.Соколов,

возглавивший эту сложную работу. В 1953 году факультет переезжает в новое здание, которому в этом году исполняется 50 лет.

Начавшийся еще в середине 30-х годов процесс подготовки специалистов в масштабах, не соизмеримых с существовавшими ранее, привел к болезненному делению науки на «академическую» и «вузовскую». Частично противоречие было снято в результате проведенных на факультете реформ в середине 50-х. В августе 1954 года деканом физического факультета утверждается профессор В.С.Фурсов, который бесменно руководил работой факультета до июня 1989 года. Реформы середины 50-х годов стали необходимы в связи с возникновением новых научных направлений и с выходом числа ежегодно подготавливаемых специалистов на такой уровень, который требовал упорядочения структуры специальностей. В середине 50-х годов число выпускников факультета впервые превысило 500.

В 1955 году было завершено строительство астрономической обсерватории на Ленинских горах, а в октябре 1956 года в состав физического факультета вошло астрономическое отделение механико-математического факультета и ГАИШ.

Существующая по настоящее время отделенческая структура факультета была сформирована в 1963 году.

Проведенные в 60-х годах науковедческие исследования показали, что исключительно высокие темпы развития науки, которые были характерны для нее в 50 - 60-е годы не могут сохраняться достаточно долго: при таких темпах к концу XX века все население планеты должно было бы заниматься наукой, а вся бумага использоваться исключительно для публикаций.

В дальнейшем темпы научных исследований в мире в целом стали снижаться. Интенсивно ищутся новые носители информации больших объемов. В целом стало уменьшаться и финансирование образовательных программ, особенно в области естественных наук. Все эти процессы стали характерными с начала 70-х годов

В целом период развития физики в Московском университете с середины 50-х до середины 80-х годов характеризуется устойчивыми темпами научных исследований и устойчивым уровнем подготовки специалистов - примерно 450 ежегодно (в 1970 году факультет закончило 524 выпускника).

В июне 1989 года на физическом факультете впервые проводятся выборы декана. Им становится профессор А.П.Сухорукое. В 1992 году принят Устав физического факультета. В результате после проведенных после этого выборов деканом факультета стал профессор В.И.Трухин.

К середине 80-х годов возникшие новые компьютерные технологии смогли решить проблему хранения, обработки и передачи больших информационных потоков. Вместе с тем в мире в целом возникли проблемы в связи с недостатком специалистов в области естественных наук. Когда в России возникли серьезные экономические проблемы, в том числе и с финансированием образования, они существенно усилили процесс внешней «утечки умов». От этого в значительной степени пострадал и физический факультет.

С начала 90-х годов факультет вошел в новый период своего развития. Он начался с реформирования системы управления факультетом, закрепленного в Уставе. Параллельно шло изменение системы подготовки специалистов и приближения ее к

международным стандартам. Но наиболее значительное влияние на работу факультета оказало изменение системы его финансирования. С точки зрения структуры финансирования, то оно соответствует положению в развитии физики в Московском университете до 1933 года, когда практически не было возможности вести хоздоговорные работы из-за слабого развития промышленности и весьма незначительного государственного финансирования.

Число выпускников факультета с начала 90-х годов опустилось ниже уровня 400. В 1998 году это число составило 321, что является наименьшим значением за последние 50 лет. Вместе с тем в 1993 году факультет окончило 536 выпускников - это абсолютное максимальное значение за всю историю физического факультета. Данный локальный экстремум возник из-за изменения политики по набору в армию в конце 80-х годов.

На рубеже столетий в обществе созрело понимание того, что проблемы в образовании необходимо решать исходя из логики развития самого образования, национальных традиций и задач, стоящих перед обществом. Опыт развития физики в Московском университете дает основание надеяться на благоприятный прогноз.

Николаев П.Н.

Физическому факультету Московского университета 80 лет: истоки, дела, люди

(Статья впервые опубликована в газете "Советский физик"

(2013) № 2)

Начало 30-х годов XX века связано с большими изменениями в жизни нашей страны и Московского университета. К этому времени в университете сформировалось значительное сообщество физиков, которые во многом определили развитие физической науки в университете в последующие годы. В первую очередь здесь следует назвать С.И. Вавилова и Л.И. Мандельштама. Учеником Л.И. Мандельштама был И.Е. Тамм, подготовивший много известных физиков, в том числе А.А. Власова и В.С. Фурсова.



В 1930 году физико-математический факультет Московского университета получил наименование физико-механико-математического с отделениями физико-механическим, математическим и астрономо-геодезическим. В 1931 году упраздняется факультетская система и образуется ряд самостоятельных отделений, в том числе и физическое. 16 апреля 1933 года на базе физического отделения и научно-исследовательского института физики (НИИФ) был создан физический факультет, что отражало реальные тенденции в развитии университета, связанные в первую очередь с потребностями производства в стране. Именно практические потребности привели к значительному увеличению числа подготавливаемых в области физики специалистов.

Переход на факультетскую систему был осуществлен, начиная с 1 мая 1933 года. Первым деканом факультета стал член-корреспондент АН СССР М.Б. Гессен, бывший до этого руководителем физического отделения. Он работал в этой должности до 1934 года включительно, а затем перешел работать в ФИАН на должность заместителя директора.

В 1933 году факультет закончили 17 специалистов-физиков при общем числе студентов 409, а уже в 1935 эта цифра возросла до 59 при общем числе обучающихся 635. В 1934 году была восстановлена система защиты кандидатских и докторских диссертаций. На физическом факультете первым кандидатскую диссертацию защитил Д.И. Блохинцев на тему «Некоторые вопросы теории твердых тел и в особенности металлов». Ему была присуждена степень доктора физико-математических наук.

В 1935 году деканом факультета становится профессор С.Э.Хайкин.

Окончательное организационное оформление физического факультета относится к 1937 – 38 годам, когда в университете была введена штатно-окладная система. В 1937 году деканом факультета стал профессор А.С. Предводителев (член-корреспондент АН СССР с 1939 года). В 1938 – 1940 годах прием на факультет составил 170 человек, а общее число студентов достигло 770.

В начале Великой отечественной войны число обучающихся на факультете сократилось до 200 человек, но уже в 1943 году стало возрастать. В 1950 году оно достигло 850 человек.

Во время войны после возвращения факультета из эвакуации (1943 год) происходит обновление преподавательского состава за счет сотрудников, появившихся в университете в результате эвакуации и реэвакуации (Н.Н. Боголюбов, А.А. Соколов, Д.И. Иваненко и др.). На этот процесс оказывают влияние и общие государственные программы, в первую очередь – ядерная программа. 1 ноября 1944 года академик И.В. Курчатов утвержден в должности профессора (по совместительству) на кафедре физики атомного ядра физического факультета. Эта кафедра была образована на физическом факультете в 1940 году, и ее руководителем был член-корреспондент АН СССР Д.В. Скобельцын (академик АН СССР с 1946 года).

В сложное послевоенное время деканом физического факультета был член-корреспондент АН СССР С.Т. Конобеевский.

Строительство комплекса новых зданий на Ленинских горах потребовало больших усилий и работы всего коллектива. С 1948 по 1954 годы деканом факультета был профессор А.А. Соколов, возглавивший эту сложную работу, В 1953 году факультет переезжает в новое здание, которому в этом году исполнилось 60 лет.

Начавшийся еще в 30-х годах прошлого столетия процесс подготовки специалистов в масштабах, на порядок превышающих существовавшие ранее, привел к болезненному делению науки на «академическую» и «вузовскую». Частично это противоречие было снято в результате проведенных на факультете реформ в середине 50-х годов. В августе 1954 года деканом факультета был утвержден профессор В.С. Фурсов, трижды лауреат Государственной премии. Реформы середины 50-х годов стали необходимы в связи с

возникновением новых научных направлений и с выходом числа ежегодно подготавливаемых специалистов на такой уровень, который требовал упорядочения структуры специальностей. В середине 50-х годов число выпускников факультета впервые превысило 500.

В 1955 году было завершено строительство астрономической обсерватории на Ленинских горах, а в октябре 1956 года в состав физического факультета вошло астрономическое отделение механико-математического факультета.

Начиная с 1960 года осуществляется тесное сотрудничество Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) в г. Дубне и физического факультета, инициатором которого стал Д.И. Блохинцев, профессор физического факультета, член-корреспондент АН СССР, являвшийся в то время директором ОИЯИ. На базе института было подготовлено большое число специалистов-физиков.

В этом году исполняется пятьдесят лет существующей ныне на факультете отделенческой структуре.

В 1973 году ректором Московского университета становится член-корреспондент АН СССР Р.В. Хохлов (академик с 1974 года) – крупный ученый, внесший серьезный вклад в развитие нелинейной оптики, радиофизики, акустики и квантовой электроники, теории колебаний. Его жизнь трагически оборвалась в 1977 году. Будучи убежденным сторонником активных занятий спортом, он принимает самое активное участие в подготовке и проведении Универсиады в Москве летом 1973 года, которая проходила на базе Московского университета.

С 1977 по 1992 годы ректором Московского университета был академик А.А. Логунов, внесший фундаментальный вклад в развитие квантовой теории поля, установивший строгие теоремы для поведения характеристик сильного взаимодействия при высоких энергиях, создал релятивистскую теорию гравитации.

Проведенные в 60-х годах прошлого столетия науковедческие исследования показали, что исключительно высокие темпы развития науки, которые были характерны для нее в 50 – 60-е годы не могут сохраняться достаточно долго. При таких темпах к концу XX века все население планеты должно было бы заняться наукой, а вся бумага использовалась бы для научных публикаций.

В дальнейшем темпы роста научных исследований в мире в целом стали снижаться. Интенсивно ищутся новые носители информации больших объемов. В целом стало уменьшаться и финансирование образовательных программ (если учитывать инфляцию). Все эти процессы стали характерными с начала 70-х годов.

Что касается развития физики в Московском университете с середины 50-х до середины 80-х годов прошлого столетия, то они характеризуются устойчивыми темпами научных исследований и устойчивым уровнем подготовки специалистов – примерно 450 выпускников ежегодно.

В июне 1989 года на физическом факультете были проведены выборы декана. Им стал профессор А.П. Сухоруков. В 1992 году был принят Устав физического факультета. В результате проведенных после этого выборов деканом факультета стал профессор В.И.

Трухин. В 2012 году деканом физического факультета избран профессор Н.Н. Сысоев.

Возникшие в середине 80-х годов XX века новые компьютерные технологии смогли решить проблемы хранения, обработки и передачи больших информационных потоков. Вместе с тем в мире в целом возникли проблемы, связанные с недостатком специалистов в области естественных наук. Когда в конце XX века в России возникли серьезные экономические проблемы, в том числе и с финансированием образования, они существенно усилили процесс внешней «утечки умов». От этого в значительной степени пострадал и физический факультет.

С начала 90-х годов прошлого столетия на факультете изменяется система подготовки специалистов, связанная с целью приближения ее к международным стандартам. Но наибольшее влияние на работу факультета в это время оказало влияние изменение системы его финансирования, которое было недостаточным.



В последние годы ситуация постепенно стала меняться, что было отмечено не только отечественными, но и зарубежными специалистами. В настоящее время мы являемся свидетелями реформирования науки, в том числе соотношения академической и вузовской науки, сложившегося в годы формирования физического факультета.

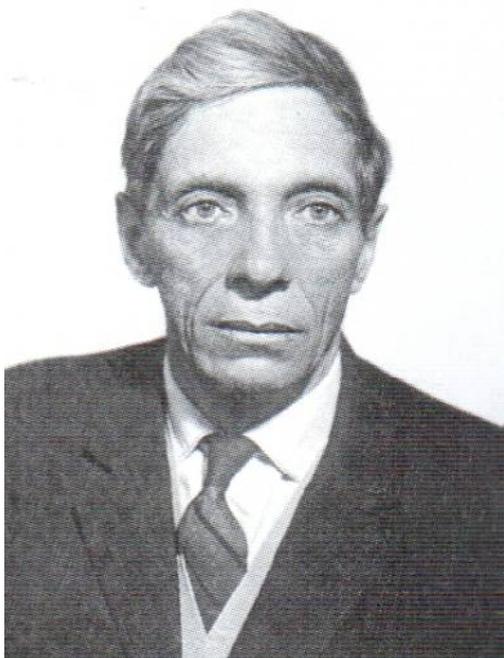
Будем надеяться, что проблемы в образовании и науке будут решаться комплексно, исходя из логики их развития и генетической взаимосвязи, национальных традиций и задач, стоящих перед обществом.

Приложение XIII

Николаев П.Н.

Борис Иванович Спасский

(Статья впервые опубликована в газете "Советский физик" (2000) № 3. Она была приурочена к 90-летию со дня рождения Б.И.Спасского)



10 февраля 2000 г. исполнилось 90 лет со дня рождения Бориса Ивановича Спасского, доктора физико-математических наук, профессора Московского университета, труды которого по истории и методологии физики широко известны научной и педагогической общественности.

Б.И. Спасский родился в 1910 г. в Туле. После окончания средней школы

он с 1929 по 1930 гг. работал слесарем на каменноугольной шахте, а с 1930 по 1932 — слесарем на тульском оружейном заводе.

В 1932 г. Б.И. Спасский поступил на физическое отделение Московского университета. В 1933 г. отделение было преобразовано в факультет, который он и окончил в 1938 г. по специальности «теоретическая физика», получив диплом с отличием.

В 1938 г. в ЖЭТФ выходит его первая научная работа «Обобщение Вильсоновской теории полупроводников», написанная совместно с Д.И. Блохинцевым.

После окончания факультета Б.И. Спасский поступает в аспирантуру научно-исследовательского института физики, который входил в состав физического факультета, где специализируется по истории физики. Его научным руководителем в аспирантуре стал профессор А.К. Тимирязев.

В мае 1941 г. работа над диссертацией была завершена. В ней Б.И. Спасский выражал благодарность А.К. Тимирязеву за постоянное внимание и ценные указания, а также профессору З.А. Цейтлину за обсуждение целого ряда вопросов.

Кандидатская диссертация на тему: «Основные физические воззрения XVII и XVIII веков и М.В. Ломоносов» досрочно была защищена 18 июня 1941 г. В диссертации впервые был дан анализ работ М.В. Ломоносова в области физики в контексте развития физики и философии XVII и XVIII вв. В результате была доказана оригинальность творчества М.В. Ломоносова как ученого, определено место его научного наследия в физике и в естествознании в целом.

В дальнейшем Б.И. Спасский неоднократно возвращался к исследованию творчества М.В. Ломоносова. В 1961 г. выходит книга «Ломоносов как физик», написанная совместно с А.Ф. Кононковым, а в 1986 г. он опубликовал брошюру «Михаил Васильевич Ломоносов». Метод, предложенный в диссертации для исследования творчества М.В. Ломоносова, был затем развит Б.И. Спасским в последующих его работах.

В начале Великой Отечественной войны Б.И. Спасский уходит на фронт. Он участвует в боях под Москвой, в Курско-Орловской операции, освобождении от оккупантов Витебска и Риги.

Войну Б.И. Спасский закончил на Дальнем Востоке. За боевые заслуги Б.И. Спасский был награжден тремя орденами — Красного Знамени (1943), Отечественной Войны II степени (1944), Красной Звезды (1945) и многими медалями.

На фронте Б.И. Спасский был командиром взвода, а затем командиром батареи. Он воевал в составе Западного, Прибалтийского и Дальневосточного фронтов.

На физический факультет МГУ Б.И. Спасский вернулся в 1946 г., где стал работать в должности доцента. Он начал создавать свой оригинальный курс истории физики.

Вместе с тем ему много пришлось заниматься и организационной работой. С 1949 по 1953 гг. он работал главным редактором Гостехиздата.

В 1962 году Б.И. Спасский защитил докторскую диссертацию по работам: «История физики», часть первая (1956), «Очерк возникновения и развития теории относительности», «Об

исследованиях Н.Н. Пирогова по статистическому обоснованию второго начала термодинамики».



Б.И.Спасский на методологическом семинаре физического факультета МГУ

В 1963 г. он становится профессором и заместителем декана факультета по научной работе. В 1965 г. Б.И. Спасскому было присвоено ученое звание профессора. В 1967 г. он оставляет должность заместителя декана и продолжает вплоть до последних дней своей жизни руководить работой кабинета истории физики.

На протяжении своей долгой жизни Б.И. Спасский неоднократно бывал за границей. В сентябре 1965 г. участвует в работе конгресса по истории науки в Польше. С сентября 1967 г. находится в научной командировке во Франции, где в августе 1968 г. участвует в работе конгресса.

Во время работы на факультете с 1948 г. Б.И. Спасский читал курс «История физики», который им был создан и постоянно совершенствовался. С 1956 г. стали выходить его учебники по истории физики. В 1963–64 гг. вышел учебник «История физики» в 2-х частях (издательство Московского университета). Второе издание этой книги было опубликовано в 1977 г. в издательстве «Высшая

школа». По книгам Б.И. Спасского учились и учатся тысячи студентов.

На протяжении многих лет Б.И. Спасский читал курс физики для студентов философского факультета. Результаты его многолетней работы были обобщены и нашли свое отражение в учебнике «Физика для философов» (1989).



Б.И.Спасский и Л.В.Заржицкая обсуждают материалы к научной статье по проблемам науковедения

Под руководством Б.И. Спасского в области истории и методологии физики специализировались десятки студентов и аспирантов. Один из его первых аспирантов, Ц.С. Сарангов, защитивший кандидатскую диссертацию в 1965 г., в дальнейшем на протяжении многих лет вплоть до своей кончины в 1983 г. вместе с Б.И. Спасским читал курс истории физики. П.Н.Николаев и О.О.Трубачев начинали свою деятельность как лекторы по курсу "История физики" под руководством Б.И.Спасского.

Тематика научных исследований Б.И. Спасского исключительно многопланова. Наряду с исследованиями по истории физики, по общеметодологическим проблемам, он постоянно интересовался и

последними достижениями в физике, особенно в квантовой механике. Широкую известность получили его работы, выполненные совместно с А.В.Московским, по проблеме нелокальности в квантовой физике.

Последние его работы относятся к исследованию развития атомной и ядерной физики, которыми он планировал дополнить свой учебник по истории физики. Но этим планам не суждено было сбыться.

Много работ было выполнено Б.И. Спасским в рамках сотрудничества с Академией педагогических наук. Им в разные годы были опубликованы методические пособия для школьников как по физике, так и по истории физики.

Широкое распространение получило его пособие «Физика в ее развитии».

На протяжении многих лет Б.И. Спасский был членом редколлегии сборника «История и методология естественных наук». В этом издании публикуются работы по истории и методологии физики, астрономии и другим естественным наукам. Б.И. Спасский был среди тех, кто был у истоков создания первой редколлегии сборника в 1960 г.

Многие годы Б.И. Спасский был председателем и членом бюро методологического семинара физического факультета.

Б.И. Спасский был председателем Отделения Советского национального объединения историков науки и техники при МГУ.

За заслуги в научной и педагогической деятельности Б.И. Спасский был награжден орденами Знак Почета и Дружбы Народов, многими медалями.

Приложение XIV

Кабинет истории физики⁸

(зав. кабинетом - профессор П.Н. Николаев)

Большой вклад в изучение развития физики в нашей стране внесли многие профессора Московского университета (П.И. Страхов, И.А. Двигубский, М.Г. Павлов, Д.М. Перевощиков, М.Ф. Спасский, Н.А. Любимов, А.Г. Столетов, Н.А. Умов, А.И. Бачинский, С.И. Вавилов, А.С. Предводителей, Н.А. Капцов и др.).

В 1954 г. кафедра истории физики, организованная на физическом факультете МГУ в 1941 г., была преобразована в межкафедральный кабинет истории физики. Сотрудники кабинета вошли в состав кафедры общей физики для физического факультета (впоследствии - кафедра общей физики). Заведующим кабинетом стал профессор *Аркадий Климентьевич Тимирязев* (1880-1955). После его кончины в 1955 г. кабинет возглавил доцент, а впоследствии профессор (1965) *Борис Иванович Спасский* (1910-1990). С 1990 по 1995 г. кабинетом заведовал доцент П.Н. Николаев, с 1995 по 2006 г. эту должность занимал профессор *Леонид Вадимович Левшин*. С 2006 г. кабинетом истории физики заведует профессор *Павел Николаевич Николаев*.

Кабинет обеспечивает чтение курса лекций по истории и методологии физики. Первоначально этот курс⁹ читали

⁸ Опубликовано в книге "Энциклопедия Московского университета. Физический факультет". Том 1. М., 2008. С. 115 -117.

⁹ До 1992 года курс назывался "История физики".

А.К. Тимирязев и доцент Тамбовского педагогического института П.С. Кудрявцев (1904-1975), опубликовавший очень удачный учебник по истории физики в 3-х томах (1948, 1956, 1971). В 1948 г. курс истории физики начал читать Б.И. Спасский. На основе своих лекций он издал известный учебник по истории физики в 2-х томах (1956,1964), который был переиздан в 1977 г. В течение многих лет он читал лекции совместно со своим учеником ст. преподавателем Ц.С. Саранговым. Большой вклад в организацию работы кабинета истории физики внес ст. научный сотрудник А.Ф. Кононков (1908-1974). В 1959 г. он издал книгу «История физики в Московском университете (1755-1859)», подготовленную на основе собранного им архивного материала.

В настоящее время курс истории и методологии физики для студентов физического факультета читают профессор П.Н. Николаев (с 1981 г.) и доцент О.О. Трубачев (с 1984 г.). В разные годы этот курс в филиале физического факультета МГУ в г. Дубне читали А.В. Московский, Т.В. Алексахина, А.Ю. Грязнов.

В кабинете истории физики подготовлены десятки специалистов в области истории и методологии физики, кандидаты и доктора наук. Исследования по истории и методологии физики, проводимые в Московском университете, характеризует свой подход, сформулированный выдающимся ученым и педагогом, профессором Московского университета Н.А. Любимовым (1830-1897), - «исследование логики открытий в их истории».

Начиная с 1960 г., в Московском университете начал выходить периодический сборник «История и методология естественных наук». В состав редколлегии от физического факультета в разные годы входили Б.И. Спасский, А.Ф. Кононков, С.Ф. Шушурин,

И.П. Базаров, П.Н. Николаев. В качестве редакторов отдельных выпусков серии «Физика» выступали А.С. Предводителей, Б.И. Спасский, И.П. Базаров, Л.В. Левшин, А.Х. Хргиан, С.Ф. Шушурин, Ц.С. Сарангов. В сборниках обсуждались многие важные методологические вопросы естествознания. Здесь публиковались результаты исследований по истории науки, анализ архивного материала, история развития науки в Московском университете. Сборник получил признание как у нас в стране, так и за рубежом.

Особое значение имело фундаментальное издание «Развитие физики в России (очерки)» в 2-х томах общим объемом около 100 печатных листов (1970). Составителем книги был А.Ф. Кононков, редакторами А.С. Предводителей и Б.И. Спасский. В написании тематических очерков от физического факультета МГУ приняли участие по первому тому Б.И. Спасский, А.Ф. Кононков, В.М. Верхунов, А.К. Тимирязев, А.Б. Млодзеевский, по второму тому - П.С. Кудрявцев, Л.В. Левшин, Л.В. Киренский и Р.В. Телеснин.

В 1947 г. в Московском университете был организован выпуск большой серии научно-биографических книг «Замечательные ученые Московского университета». За 40 лет существования серии в ней было выпущено более 50 книг, в том числе 10 книг об университетских физиках и астрономах.

В 1999 г. по инициативе профессора Л.В. Левшина на физическом факультете был организован выпуск историко-биографических книг новой серии «Выдающиеся ученые физического факультета МГУ». За истекшие годы в этой серии было опубликовано 11 книг (В.Ф. Бончковский, А.А. Власов, А.А. Померанцев, Н.А. Капцов,

С.П. Стрелков, Н.С. Акулов, К.Ф. Теодорчик, Р.В. Телеснин, А.Н. Тихонов, В.Ф. Киселев, В.В. Мигулин).

Материалы по истории развития физики в Московском университете, собранные и систематизированные сотрудниками кабинета истории физики, широко используются при подготовке и проведении различных юбилейных мероприятий, для изготовления рекламных материалов и буклетов, издания справочного материала, проведения выставок. Особенно это относится к празднованию 200-летия, 225-летия и 250-летия Московского университета.

Профессором Л.В. Левшиным был составлен исторический справочник (персоналии) о физическом факультете МГУ, который выдержал уже 3 издания (1996, 1998, 2002) и был переведен на английский язык. В 2002 г. вышла из печати книга Л.В. Левшина «Деканы физического факультета». В 2003 г. издательство «Мир» выпустило справочную книгу «Выпускники физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова (1953-2003)». Книга содержит большое введение «Очерк развития физики в Московском университете», написанное профессорами Л.В. Левшиным и В.И. Трухиным.

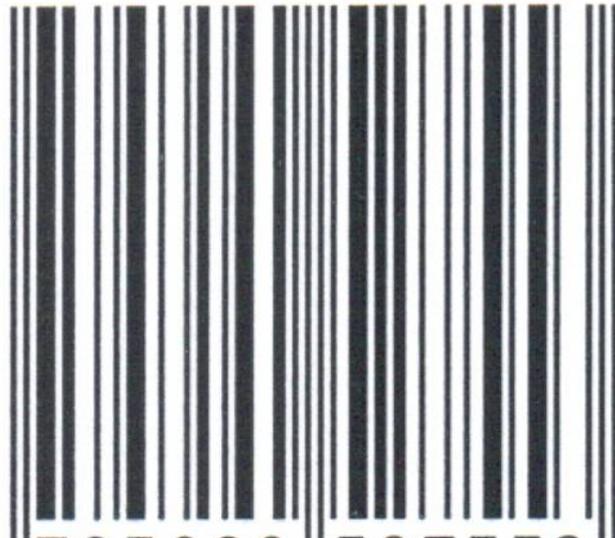
В 1980 г. на физическом факультете была открыта экспозиция постоянно действующей выставки «Развитие физики в Московском университете», созданная усилиями всех подразделений физического факультета, НИИЯФ и ГАИШ. Кабинет истории физики выступил в качестве координатора этих работ. Концепция дальнейшего развития выставки была разработана П.Н. Николаевым (заведовал выставкой до 1995 г.) и утверждена деканом факультета В.С. Фурсовым. На выставке был собран большой исторический материал, включая архивный. Здесь хранились демонстрационные приборы Н.А. Любимова, Н.А. Умова,

личные вещи А.Г. Столетова, ряда других выдающихся профессоров и сотрудников Московского университета. Большой вклад в создание и пополнение выставки внесли Л.В. Заржицкая, А.М. Толмачева, Н.Г. Носова, Р.П. Федорова, Н.М. Конопаткин, Е.А. Лукьянов. В качестве научных консультантов выступали профессора И.П. Базаров, Д.Д. Иваненко, Э.М. Рейхрудель, доцент Д.Д. Гуло. С 1995 г. выставкой заведовал Л.В. Левшин. В 1996 г. она преобразована в *Музей физического факультета*.

С 1948 г. работает методологический семинар физического факультета. Здесь рассматриваются наиболее актуальные проблемы развития физики. Работу семинара, совместно с его бюро, организует кабинет истории физики. Руководит семинаром декан физического факультета профессор В.И. Трухин¹⁰, заместитель, секретарь бюро - профессор П.Н. Николаев.

¹⁰ С 2012 года работой методологического семинара руководит декан физического факультета профессор Н.Н. Сысоев.

ISBN 978-5-9905275-5-3



9 785990 527553