**Нильс Бор**

**в физике 19-20 вв.**

Зачетное задание по Истории физики студента V-го курса физического факультета Калицкого Юрия.

Гродно 1996г.

 Копенгаген - древний и красивый датский город. Впервые упоминаниется в истории с 1043 года под названием Half - гавань. На этапе с XIX по XX века он стал гаванью поправу для самой грандиозной и одачливой личности в физике - Нильса Бора.

 Вся жизнь Нильса Бора неразрывно связана с Копенгагеном. В Копенгагене Бор родился и вырос. Здесь он учился, написал основные свои работы, создал всемирно-известный институт теоретической физики. Все в его жизни связано с этим городом.

1. Семья Боров.

Б

ор родился в очень интеллигентной и образованной семье. Первым представителем семьи Боров в высшем ученом свете был дед Нильса Бора. Отец семейства - Христиан Бор начинал свою карьеру как врач-терапевт и впоследствии прославился как физиолог. Христиан Бор имел докторскую степень . Для него, как для исследователя , были специфичны две черты характера:

 - христиан был очень скрупулезен и педантичен в работе;

 - он всегда стремился к философскому толкованию физиологии . Христиан писал , что он постоянно чувствовал в себе страсть , страсть к естественным наукам и исследованию природы. Отец Нильса не отгораживал себя от политики. У него были очень прогрессивные взгляды по поводу шовинистической и милитаристской политики , дух которой начинал зарождаться в странах германской группы , и взгляды эти он не боялся высказывать в открытую . В 70 годы 19 века в Дании развернулась борьба за женскую эмансипацию и Христиан Бор принял в ней активное участие в качестве репетитора женских классов на соискание аттестата зрелости. Одной из его учениц была Эллен Адлер, которая пленила молодого Христиана и вскоре они обвенчались . Первым ребенком Боров была Дженифер . Потом 7 октября 1885 года родился Нильс Хенрик Давид - будущий великий физик , а через полтора года 24 апреля 1887 года родился второй сын Харальд Бор - ставший впоследствии знаменитым математиком . Семья Боров жила в центре Копенгагена , в так называемом старом городе . Основной чертой , которая выделяла эту семью была большая доброта и душевность родителей по отношению к своим детям . Ситуация , когда отец семейства постоянно занят своей работой , как это часто бывает в высокоинтеллектуальных семьях для семьи Боров была чужда. Христиан Бор очень много путешествовал с семьей , они совершали прогулки со своими детьми в места , где было много технических диковинок: это были маяки, судоверфи, башни с часовыми механизмами. Боры сделали очень много для того, чтобы их дети стали лучшими людьми на планете. У Христиана была большая страсть - футбол. Он так сильно привил свою страсть у детей , что в студенческие годы Харальд и Нильс играли за сборную страны. У Харальда игра в футбол получалась особенно успешно : он играл правым полузащитником за сборную , а зато Нильс так и не поднялся выше второго запасного вратаря.

 В детстве два маленьких брата Нильс и Харальд были очень дружны между собой. Чувство взаимопонимания и поддержки они сохранили на всю жизнь . Они постоянно друг с другом переписывались , обсуждали новые идеи , работали учились вместе : такую сплоченность не часто встречаешь среди двух братьев - ровесников. Тем более многое , очень многое отличало их друг от друга. Нильс более старший , был спокойным и уравновешенным , открытым и простодушным. В науке он был практиком, экспериментатором . Он очень часто помогал отцу в домашней лаборатории и полученные там слесарно-технические навыки потом очень пригодились ему при стажировке в Кавендишской лаборатории. Прямой противоположностью ему был Харальд . Он был страшным теоретиком . Над ним шутили что он будет выводить теорию даже там , где надо просто вбить гвоздь. Харальд был очень остроумен , он любил над всеми подшучивать , особенно оставалось Нильсу . Родные вспоминали что однажды мальчики поспорили о том кто кого лучше подденет . Нильс долго тужился , пытался найти хоть что-нибудь остроумное . но ничего не получалось . Однако Харальд не отступал , спор затягивался и в результате долгих мук Нильс только и смог сказать “А ты посадил пятнышко на пальто “....

Как все-же один , так и другой выбрали настоящий путь в жизни - путь познания природы. Отец Боров смог передать своим мальчикам тягу , которую он испытывал к познанию природы, а также трудолюбие , которое и стало залогом успешной карьеры детей Бора.

2. Учеба мальчиков Бор.

В

школе мальчики учились хорошо , хотя сверстники часто подшучивали над ними . Они были очень похожи внешне, одинаково одевались и вдвоем тянулись ко всему новому и неизвестному. Единственной проблемой для Нильса было сочинение на свободную тему . Сочинения получались очень короткие , а предложения длинными и тяжелыми для понимания.

 В 1903 г. Нильс успешно окончил школу и поступил в Копенгагенский университет, один из старейших университетов Европы. В университете Нильс учился довольно ровно, и запомнился всем как погруженный в себя медлительный юноша с большой головой, крупными чертами лица, таскавший с собой нечто вроде школьной сумки. Группа однокурсников Бора организовала кружок “Эклиптика”. В его состав входили братья Бор . На кружке студенты обсуждали проблемы философии и физики , и все очень быстро заметили, что Боры лучше всего выглядят тогда, когда выступают дуэтом.

 Уже в Университете Нильс Бор обнаружил в себе тягу к исследованию загадок атомарной структуры вещество , а Харальд Бор проявил в себе наклонности к математике. В 1907 году Нильс окончил университет и начал работать над магистерской диссертацией . Интересен факт , что работа над ней затянулась очень надолго , потому что он никак не мог покончить с экспериментальной частью , так как постоянно ставил все новые и новые опыты. Отец Бора , видя что его сын закопался слишком глубоко для магистерской оправил сына к тетушке , где тот смог спокойно дописать теоретическую часть. Она была посвящена вопросам тепло- и электропроводности металлов , их магнитным и термоэлектрическим свойствам на основе электронной теории металлов , разработанной Лоренцем. Защита прошла очень успешно и , хотя Нильс остался не очень доволен масштабами магистерской , получение степени магистра окрылило его и он сразу же сел за докторскую . Через день после защиты в жизни Нильса случилось еще одно знаменательное событие. На вечере у Нерлунда(с Нерлундом они сдружились в кружке “Эклиптика”) он познакомился с его сестрой Маргаретт. Нильс и Маргаретт потянулись друг к другу и судьба Бора как семьянина была решена в эти дни . И в работе над докторской у Нильса появился еще один стимул для работы - чисто душевный подъем . Он озаглавил ее “Анализ электронной теории металлов “ . По ряду вопросов работа была выполнена полностью, но в отношении магнитных свойств металлов возникли определенные трудности . Он перечитал всю литературу , которая была написана к тому времени и пришел к выводу , что при существующем уровне развития электронной теории логичного объяснения магнитных свойств не существует . Защита Нильса прошла блестяще 13 мая 1911 года , однако ее не увидел отец Бора , который умер 3 февраля 1911 года. В сентябре этого же года молодой доктор отбывает на годичную стажировку в Англию. Ее назначение - работа в Кавендишской лаборатории в Кембридже.

3. Первые шаги в науку.

С

 Кембриджем Нильс Бор связывал очень много надежд, ведь там работали такие светила как Дж.Дж.Томпсон, Лармор, Джинс. Томпсон в то время находился в расцвете творческих сил и на вершине славы. В 1897 году он установил отношение e/m , в 1903 - модель атома Томпсона (изюминки в пудинге ), 1906 год Нобелевская премия за работы по исследованию электронов. В своей докторской Бор затронул проблемы связанные с электронной теорией , поэтому ему особенно хотелось поговорить об этом лично с Джи-Джи (так шутливо называли его сотрудники) . Однако взаимоотношения Томпсона и Бора не сложились . Томпсон был приверженцем классической теории и он как-то подсознательно чувствовал в Боре инакомыслие , чужбину. Нильс вспоминал , что работа в Кавендишской лаборатории принесла больше трудностей , чем достижений . Слабое знание английского + большое количество лекций на время приостановили исследовательскую работу Бора . И единственное , что вынес Бор из стажировки в Кембридж это то, что в его мозгу все настойчивее начинает стучать мысль о недостаточности классической теории для описания все новых и новых фактов , полученных из лабораторий.

 Стажировка подходила к завершению когда Бор совсем неожиданно повстречался с Резерфордом , который предложил ему присоединится к его группе в Манчестере. Джи-джи легко согласился с уходом Бора к Резерфорду , что было не характерно для него. Хотя его всегда и отличало тонкое чутье на молодых талантов с помощью которого он собирал вокруг себя лучших ученых, в этот раз он ошибся. Итак Бор переезжает в Манчестер в группу Резерфорда. Вместе с Резерфордом тогда работали: Гейгер, Маковер, Хевеши, Чадвик, Дарвин (внук знаменитого Дарвина). Они в больших масштабах проводили исследования радиоактивности и строения атома. Атмосфера в лаборатории была очень дружественная , Бор очень быстро освоился в новом кругу в чем ему очень помог венгерский химик Хевеши. Резерфорд и его соратники были великими экспериментаторами , и в новом раскладе Бор со своим аналитическим умом взял на себя роль теоретика. Из всех физиков он серьезнее всех отнесся к Резерфордовской планетарной модели атома . В результате получилась следующая схема строения атома:

 - вся масса атома сосредоточена в ядре , которое несет положительный заряд . Движение электронов совершается по орбитам разного радиуса. На орбите может быть не более семи электронов. Добавление нового электрона равносильно образованию новой оболочки, т.е. группы элементов. Несмотря на убедительность теории Резерфорд посоветовал Бору не спешить с выводами и был прав. Последний изложил свои мысли на бумаге и счастливый от работы уезжал из Манчестера домой.

4. На пути к атомной теории.

А

 в следующем месяце была свадьба Нильса и Маргаретт. Бор совершил много визитов к своим друзьям в Кавендишскую лабораторию, к Резерфорду домой, в Шотландию и все , кто видел Нильса и Маргаретт были очарованы этой чудесной парой. Молодая чета нашла квартиру в Копенгагене и Бор приступил к чтению лекций по термодинамике в Копенгагенском университете. Мысли Бора не переставала занимать модель атома. Он пришел к убеждению , что квант действия введенный Максом Планком можно использовать в качестве величины, ограничивающий определение координат и скорости электронов. Бор решил выразить свои мысли в статье “О строении атомов и молекул ”. Он очень спешил написать ее , потому что видел , что ученые все ближе и ближе подходят к решению проблемы ограничения классических представлений в микромире. Когда статья была закончена , Резерфорд , прочитав ее , указал Бору на избыток вопросов и неопределенностей, однако согласился с тем , что ее надо издать в журнале. Основные выводы , которые Бор смог сделать в ней вошли в физику под названием “Постулатов Бора”. Они сразу взбудоражили мир физиков , и хотя ни Томпсон, ни Релей , ни Зееман не приняли новые постулаты , чаша весов , на которую была положена судьба атомного мира неуклонно склонялась на сторону Боровской трактовки мира атома.

 Для того , чтобы понять , почему так неоднозначно были встречены постулаты Бора необходимо вспомнить положение физики в начале ХХ века. Всем известна речь лорда Кельвина о безоблачности неба физики , произнесенная в 1900 году в Королевском институте. Хорошо помнится и упомянутое им маленькое облачко , связанное с проблемой излучения , из которого потом грянул гром переворота в физике. Все было ясно в классической теории физики , которую построили Галилей и Ньютон, Максвелл и Лоренц. В ней природа не делает скачков , она равномерна и предсказуема. И вдруг невероятная гипотеза Планка , которая доказала, что скачкообразные процессы квантования также свойственны природе , как и непрерывность. Эйнштейн убирает из физики эфир , исчезли законы сохранения массы и размеров. От старой физики остались развалины . а взамен ничего нового предложено не было .

 В 1916 году после некоторой неопределенности с работой Бору предложили должность профессора теоретической физики в Копенгагенском университете, на что он охотно согласился. В сентябре 1916 года Бора выбирают председателем датского физического общества . Он читает лекции по механике, теории упругости, термодинамике, электронной атомной теории. Слава о Боре в ученом мире начинает разрастаться. Став членом Датского королевского общества , молодой Нильс начинает вынашивать очень смелую идею : “Организовать при университете Институт теоретической физики “. У Бора помимо научных способностей раскрываются прекрасные организаторские способности. Ему удается объединить вокруг себя много сторонников, он находит поддержку и в Королевском обществе , и в Муниципалитете, и среди деловых кругов Дании. И вскоре приступают к строительству детища Бора - 1-го Института физики в Дании.

5. Институт теоретической физики.

Б

ор жил в постоянной спешке , он везде был быстрее всех . Полтора года огромного энтузиазма с которым работал сам Бор и каким он заражал других дали свои результаты. Несмотря на рост цен , несмотря на I-ую мировую войну и огромной число других препятствий институт был сдан в назначенный срок . 15 сентября 1920 года состоялось официальное открытие института , который в последующие 20 лет будет едва ли ни единственным международным центром по изучению квантовой теории.

 В институте сразу же образовалось ядро молодых и талантливых ученых , которое потом назвали “копенгагенской группой” . Бор был прекрасным организатором , умел подбирать лучших людей. Группа Бора занималась проблемой Теории атома . Проблема эта в то время сделалась важнейшей в мире и к Бору стекалось очень много талантливой молодежи . Был даже заведен специальный журнал , в котором регистрировали всех , кто приезжал и уезжал и по которому потом было очень интересно судить о миграции ученых к Бору. К нему также поступало много заявок на чтение лекций в различных Вузах мира. Он старался на все предложения ответить согласием , вследствие чего большая загруженность + административные обязанности привели к болезни Бора. Поставленный диагноз гласил : “Острое переутомление”. Прошло почти полгода , пока Бор смог приступить к своим обычным обязанностям .

 По мере работы копенгагенской группы становились очевидными многие неясные вопросы атома , и в 1922 году Бору присудили Нобелевскую премию в области физики “За заслуги в исследовании строения атомов и атомного излучения”. Его нобелевская речь была обзором всего существующего , всего , что было достигнуто квантовой теорией строения атома, но при этом он четко давал понять , что теория находится в начальной стадии своего развития и что основные проблемы еще впереди. Блестящим подтверждением правильности новой теории явилось известие о получение нового 72 - го элемента Периодической системы элементов Д.И.Менделеева, существование которого предсказывала квантовая теория. Этот элемент назвали Гафний , в честь древнего названия Копенгагена - Hafn.

6. Создание квантовой механики.

П

олнейший развал физики ХХ века казалось был немного приведен в порядок . Однако этот порядок достиг рубежа за которым появлялось все больше различных “но” которые не вписывались в рамки существующей теории атома. В теории использовались одновременно как классические , так и квантовые понятия , что приводило к явной незавершенности учения. Все ждали разрешения проблем. Теория Бора была лишь промежуточным звеном между классикой и чем-то совершенно новым. Положение , в котором находилась теоретическая физика вызывало чувство грусти и безнадежности. Ученые заново начали проверять все, что только можно было подвергнуть сомнению . На кон был даже поставлен закон сохранения энергии . Бор связывал большие надежды в решении этой проблемы со своими молодыми сотрудниками : Паули, Гейзенбергом, Дираком, Шредингером. Как ученый , он на удивление прекрасно чувствовал себя в окружении большого количества ученых , он работал , руководил группой очень остроумных людей , которые в свободной , .порой даже в шутливой обстановке пытались разгадать загадки природы атома. Такой стиль работы впоследствии был назван “Копенгагенским стилем”.

 Первым результатом напряженной работы стал принцип “Запрета Паули” который утверждал , что в определенном квантовом состоянии может находиться не более 1-го электрона. Этот принцип сразу пролил свет на теорию строения атома и на периодичность химических и физических свойств элементов. За этот принцип Паули была присуждена Нобелевская премия мира, правда в последствии - за 1946 год. Последующие два года 1922-1924 года длились в мучительных поисках решения проблем квантования , в течение которых у Бора было два приятных события:

 1-ое у него родился четвертый сын (всего их было 5)

 2-ое : Кембриджское философское общество приняло его в свои члены.

 Осенью 1924 года началось то, чего ученый мир ждал с надеждой и тревогой. Сложность квантовой теории достигла предела, ее буквально разрывали внутренние противоречия. И вот в институте Бора появляется человек , который раньше не занимался проблемами атома , но лишь вступив в стены Института сразу же взялся за работу. Это был Гейзенберг. Его гениальность проявилась в том , что он предложил заменить все ненаблюдаемые величины для электрона (координаты, скорость, частоту обращения) наблюдаемыми , которые можно измерять в непосредственном эксперименте (частота спектральных линий, интенсивность) - т. наз. “Гейзенберговский формализм”. Идею Гейзенберга подхватил Борн и пришел к выводу , что “Гейзенберговский формализм идентичен матричному исчислению , хорошо известному в математике. В результате совместных действий Гезенберга , Борна и Иордана была создана матричная механика. Последний шаг в решении проблем квантования сделал Шредингер . Введенные им собственные значения , а также рассмотрение электрона не как частицы , а как распределение плотности вероятности привели Бора в глубокое волнение. Взволновался он потому, что поначалу казалось , что волновая механика Шредингера и матричная Гейзенберга несовместимы. Однако все закончилось благополучно . Гейзенберг сформулировал свое соотношение неопределенностей , а Шредингер записав впервые свое волновое уравнение заложил основы для создания совершенно новой науки - квантовой механики. Как только были описаны все основы нового направления все стало на свои места. Теперь легко объяснялись правила квантования, принцип запрета Паули, периодическая система элементов Д.И.Менделеева.

 В 1927 году в Италии в г.Комо состоялся Международный физический конгресс . На конгрессе главным был доклад Бора на тему “Квантовый постулат и новейшее развитие атомной теории”. В своей докладе Бор сформулировал принцип , который смог ответить на все вопросы , которые в то время стояли перед теорией атома. Это был принцип дополнительности , который гласил , что любой предмет может проявлять себя как частица , так и как волна. Этот принцип сразу вошел в обиход физических понятий , и применялся не только в физике , но и в других науках.

 Сейчас можно с уверенностью сказать , что наука которая была создана всего за два с половиной года в корне изменила наше миропонимание. Оказалось , что исходя из принципа неопределенности невозможно однозначно предсказать исход опыта, а лишь можно судить о вероятности того или иного результата. Новая теория вызывала много возражений . Многие ученые так и не приняли ее: это были Луи де Бройль , Шредингер, Планк , Лауэ, Эйнштейн. Официальные творцы квантовой механики : Гейзенберг, Дирак, Борн, Шредингер. И, хотя имя Бора не упоминается , все признают , что именно в “копенгагенском котле” , которым управлял Бор была сварена новая наука. И именно Бора следует считать творцом квантового мировоззрения.

7. Бор и семья.

З

аслуга Бора в науке несомненно была грандиозная. Однако раскрылся он не только как талантливый ученой , организатор , но и как прекрасный семьянин и отец. К людям и к жизни Бор был не менее любознателен , чем к проблемам науки. С детьми он был ласков и добр и постоянно , как и его отец , Христиан Бор , приучал их к труду. Семья у него была не маленькая: пять сыновей и одна дочь . Дети сами вспоминали потом , что для них отец в первую очередь являлся лучшим другом , который открывал перед ними большой и интересный мир . “Больше всего, - пишет Ханс Бор , - в моей памяти остались вечера , когда отец читал вслух или мы , дети, собирались вокруг него и засыпали кучей вопросов , на которые он с удовольствием отвечал.

 Бор никогда не работал по графику. Он мог думать о работе и в праздники , и во время лыжных прогулок и даже ночью. Обладая огромной работоспособностью , он тем самым вынуждал своих ассистентов выдерживать большие нагрузки , для обеспечения нормальной работы шефа. Тяжело было также потому , что у Бора не получалось одновременно думать и писать , отсюда его помощники писали под диктовку его статьи , которые по много раз переписывались и корректировали. Интересно также понимание Бором проблем психологии. Дирак вспоминал : “Как-то раз на прогулке Бор обратил внимание на то , что когда он ударяет своей тростью по земле , то кажется что чувство осязания находится не в руке , а на конце палки. Тут же он провел аналогию с мозгом человека , который подобно руке настраивается с помощью фактов и органов чувств на анализ воспринимаемой информации. ”

7. В глубь ядра.

Ч

то же происходило в квантовой науке в предвоенные годы?. В 1930 году Бор прочитает лекцию в Лондонском химическом обществе , в которой говорит весьма пророческие слова : “...в атомной теории , несмотря на достигнутые успехи , мы должны быть готовы к новым сюрпризам ”. И сюрприз не заставил себя ждать. Началось интенсивное исследования атомного ядра, которое привело к рождению ядерной физики. Уже в 1930 году была предложена протонно-нейтронная модель ядра , позже Ферми обнаруживает *нейтрино ,* а дальше буквально обрушивается поток новых открытий. 1934 год Кюри открывают искусственную радиоактивность, Юкава вводит идею о мезонах, Ферми регистрирует искусственную радиоактивность при бомбардировке тяжелых элементов нейтронами. Копенгагенский институт больше не мог оставаться в стороне от проблем ядра. Датчанами было собрано 100 тысяч крон на которые купили 0.6 грамма радия и подарили Институту теоретической физики на 50 -летие Бора. В 1938 году в институте был построен I-ый циклотрон в Европе. Как только начались опыты по бомбардировке тяжелых ядер, как только стали поступать результаты опытов от Ферми, Жолио-Кюри, Фриша в атмосферу физики был запущен дух предчувствия открытия. Бор писал: “Все были полны предчувствия , что физика стоит на пороге новой эры”. В 1939 году у Бора собрались Метнер , Фриш, Плачек и Розенфельд. В результате обсуждения данных проведенных экспериментов они делают вывод: “Столкновение нейтрона и ядра может привести к взрыву всего ядра с большим выделением энергии .Однако использование этой энергии в практических целях стоит под большим вопросом”. Их прогноз оказался ошибочным . Уже в марте этого же года Энрико Ферми докладывал правительству США о том, что создание атомного оружия является задачей осуществимой , при условии если U235 , которого в U238 1% будет отделен от последнего. Достижения ядерной физики были очень опасными и сразу перешли в разряд сверхсекретных.

 Ко всему прочему обстановка в Европе обострилась до предела. Германией была захвачена большая часть стран Европы , в которых был установлен фашистский режим. Проводить исследования на оккупированных территориях было тяжело и небезопасно. 28 сентября 1940 года пришло известие о том , что из Берлина ждут приказа об аресте Нильса и Харольда Боров . Видя такую ситуацию Боры покидают родину и переезжают в Англию , до которой Гитлер не добрался. В Англии Бор экстренно встречается с английскими коллегами . После анализа данных английских и американских ученых становится ясно: При текущем уровне понимания структуры ядра , создание ядерного оружия становится лишь делом лишь технической и конструкторской реализации. Буквально сразу американское правительство, приглашает Нильса Бора и его сына Оге Бора к себе в лабораторию. Опасения того, что немцы реализуют смертельный проект раньше других были очень сильны, ибо в таком случае исход войны в Европе был бы непредсказуем для всей планеты, посему Бору в условиях сверхсекретности были переправлены в штаты.

 Лаборатории по созданию атомной бомбы были размещены в Лос-Аламосе. Американцы собрали лучшие научные силы: Ферми, Бете, Чедвика, Фриша, Комптона, Сцилорда. Роль руководителя, главного аналитика исполнял Николас Бейкер - так теперь звали Бора . Работы проводились в условиях строжайшей секретности , тратились огромные средства и 16 июля 1945 года в штате Нью-Мехико была взорвана первая в мире атомная бомба. Результаты испытания были ужасающими , которые американцы не замедлили продемонстрировать в Хиросиме и Нагасаке. “Все ученые Лос-Аламоса испытывали чувство вины. Мы сделали работу за дьявола” - вспоминает впоследствии Энрико Ферми. Еще в 43 году Бору и Эйнштейн прилагали нечеловеческие усилия по предотвращению бомбардировок, но ни Рузвельт ни Трумэн не захотели услышать голос благоразумия. 11 августа 1945 года Бор выступает в газете “Таймс” , где он обвиняет штаты в нецелесообразности использования ядерных бомбардировок в Японии и призывает всех к международному контролю над новым видом вооружения. В последующие годы он очень много внимания уделял этой проблеме, несмотря на рост холодной войны и гонки вооружения.

 До конца своих дней Бор успел сделать много полезных дел для развития науки среди которых были :

 - строительство лаборатории при институте теоретической физики;

 - создание ЦЕРНа - Европейского Совета по ядерным исследованиям;

 - постройка датского атомного реактора.

18 ноября 1962 Нильс Бор скончался , оставив после себя такое количество проделанной работы , которым могла бы гордиться даже целая группа людей.

**Литература.**

1. Е.М.Кляус, У.И.Франкфурт, А.М.Френк. “Нильс Бор”//Наука .М.-1977.