

539.1(049.3)

**УЧЕБНИК ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ**

**К. И. Мухин. Экспериментальная ядерная физика.** В 2-х т. Т. 1. Физика атомного ядра, 584 с. Т. 2. Физика элементарных частиц, 336 с. Учебник для вузов. Изд. 3-е, переработ. и дополнен. М., Атомиздат, 1974.

Реценziруемая книга имеет довольно большую историю. Впервые она была издана в 1962 г. типографией МИФИ в виде трехтомника под общим названием «Ядерная физика», части I, II и III, тиражом 700, 1000 и 1200 экземпляров соответственно. И эти тонкие (страниц по 200) книжечки без переплета сразу завоевали большую популярность у студентов, аспирантов и преподавателей (и не только МИФИ, но и других вузов). В Атомиздате книга вышла первый раз в 1963 г. под названием «Введение в ядерную физику» и с грифом «Учебник для инженерно-физических и физико-технических вузов и факультетов». Это издание было тепло встречено критикой, студентами и преподавателями и очень быстро разошлось. В 1965 г. Атомиздат выпустил 2-е, переработанное и дополненное издание, но и оно вскоре исчезло с прилавков магазинов. А начиная с 1966 г. в адрес Издательства стали поступать запросы на 3-е издание.

Такая большая популярность учебника К. Н. Мухина объясняется тем, что, по существу, это была первая отечественная книга по ядерной физике, в которой в доступной форме и вместе с тем на достаточно высоком научном уровне рассматривались основные вопросы современной экспериментальной физики атомного ядра и физики элементарных частиц. При этом в каждом новом издании находили отражение многие новейшие достижения ядерной науки. Успеху книги также, несомненно, способствовали простота и ясность изложения материала, достигнутые автором благодаря большому опыту преподавания и непрерывной многолетней работе в разных областях экспериментальной ядерной физики.

Издания книги сыграли большую роль в деле подготовки молодых специалистов-физиков, а также перецодготовки «старых» кадров атомной промышленности.

Сравнение недавно вышедшего третьего издания книги с предыдущим показывает, что она вновь была серьезно переработана и существенно расширена (с заменой части старого материала). Ее содержание естественным образом делится на два тома. В первом томе рассмотрены вопросы экспериментальной физики атомного ядра: свойства стабильных ядер (масса, заряд, радиус, спин, магнитный момент, четность, квадрупольный электрический момент, изоспин), ядерные модели (капельная, ферми-газ, оболочечная, коллективная, оптическая), альфа- и бета-распады, гамма-излучение, прохождение излучения через вещество, основы нейтронной физики и физики деления, ядерные реакции под действием заряженных частиц, нейтронов и  $\gamma$ -квантов, термоядерные реакции и реакции образования трансурановых элементов. Во втором томе рассмотрены вопросы физики элементарных частиц: нуклон-пуклонные взаимодействия при различных энергиях (с элементами фазового анализа) и свойства ядерных сил, теория дейтона и элементы мезонной теории, структура нуклонов, свойства лептонов,  $\pi$ -мезонов, странных частиц, гиперядер и резонансов, физика античастиц и антиядер, систематика частиц и резонансов на основе унитарной симметрии и цикл вопросов, связанных со свойствами слабых взаимодействия.

В основу учебника положен курс лекций, который автор в течение многих лет читает в Московском инженерно-физическом институте. Главными особенностями учебника по-прежнему являются физичность, простота и ясность изложения и современность методики рассмотрения материала. Практически все узловые вопросы ядерной физики рассмотрены с единой позиции, исходя из симметрии законов природы и вытекающих из нее законов сохранения для сильных, электромагнитных и слабых взаимодействий.

Рецензируемая книга является учебником экспериментальной ядерной физики. Поэтому естественно, что главное внимание в ней уделено именно эксперименту и его методическим тонкостям. В книге подробно описаны все основополагающие опыты, включая такие важные и сложные, как эксперименты по обнаружению нарушения законов сохранения пространственной и комбинированной четности, по измерению спиральности нейтрино, по определению аномального магнитного момента мюона методом измерения  $(g - 2)/2$ , по доказательству различия электронного и мюонного нейтрино, по обнаружению антинуклонов, антиядер и далеких трансурановых элементов и многие другие. Рассмотрены основные методики экспериментальной ядерной физики: разные варианты масс-спектрометрии, методы нейтронной спектроскопии, методы трековых детекторов (камера Вильсона, фотопластики, эмульсионные, пузырьковые, искровые и стримерные камеры, методы  $\gamma$ -спектроскопии, включая варианты с использованием эффекта Мессбауэра, метод магнитного резонанса, методы времени пролета с применением быстродействующих счетчиков и наносекундной электроники, пороговые и дифференциальные черенковские счетчики, гейтеровские, пропорциональные, сцинтиляционные, полупроводниковые, нейтронные счетчики, детекторы осколков, специфические методы физики трансуранов и т. п.). Одновременно в книге дано представление о некоторых расчетных методах: метод Монте-Карло, метод эффективной массы, метод недостающей массы.

Экспериментальная книга не должна быть перегружена теорией, однако элементарное теоретическое описание рассматриваемых вопросов весьма желательно. Рецензируемая книга вполне удовлетворяет этому условию. В качестве примеров можно привести теории  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов, теорию деления тяжелых ядер, теорию замедления и диффузии нейтронов, теорию дейтона, описание унитарной симметрии, структуры нуклонов, различных моделей атомного ядра и др. Кроме того, в книге дается качественное представление о диаграммах Фейнмана, СРТ-теореме, подробно рассказывает об изотопической, зарядовой, пространственной и временемной инвариантности, об универсальном слабом взаимодействии и др. Естественно, что при теоретическом описании главное внимание уделяется физической сущности явления, а не математической строгости доказательств, но это обстоятельство вряд ли можно считать недостатком экспериментального курса. Наоборот, нам кажется, что приближенные оценки, доведенные до числа, могут принести начинающему физику больше пользы, чем строгие, но абстрактные расчеты. Вообще следует заметить, что автору удается очень ясно и доступно объяснять самые трудные для начинающего вопросы (например, нарушение СР-инвариантности и связь ее с дипольными электрическими

моментами у частиц, опыт по определению спиральности нейтрino, угловые корреляции в бета-распаде нейтрона и др.). Это достигается благодаря разумным упрощениям схемы эксперимента или теоретической модели, которые всегда делаются без ущерба для физического содержания рассматриваемого вопроса.

Несколько слов о «методической кухне» автора. От издания к изданию книга неизменно улучшается как учебник. Это обеспечивается использованием различных методических приемов, способствующих более глубокому восприятию материала: введение и краткое заключение к каждой главе, предметный указатель, краткие сведения из атомной физики, квантовой механики, теории относительности и квантовой электродинамики, даваемые по ходу дела, многочисленные ссылки на другие места книги, справочный материал в конце книги, таблицы частиц и элементов на форзацах, многочисленные рисунки и т. п. Все это постепенно накапливалось и, казалось бы, от третьего издания трудно было ожидать чего-нибудь нового в этом смысле. Однако такие методические находки есть и здесь, причем в самых неожиданных местах, например, в главе I. Действительно, на первый взгляд непонятно, что нового можно найти в способе изложения такого «устоявшегося» материала, как свойства ядер (масса, заряд, спин и т. п.)? Тем не менее автору удалось изложить этот стандартный материал так, что по прочтении главы I у читателя уже создается представление о содержании книги в целом, о логической связи ее отдельных разделов и даже глобальное представление о предмете ядерной физики вообще. Этот эффект достигается следующим образом. В начале главы буквально на одной странице постулативно сообщается о всех свойствах любых ядер: масса, заряд, спин, четность, изоспин и т. п., о наличии у них возбужденных состояний, о его радиоактивных характеристиках ядра, о вероятностях и способах перехода из возбужденного состояния в основное, о ядерных превращениях и т. п. Затем начинается последовательное описание отдельных свойств ядра с непрерывным «ходом в сторону». Так, в разделе о заряде и массовом числе сразу же вводятся законы сохранения электрического и нуклонного зарядов. В разделе о массе ядер и нуклонов читатель естественным образом знакомится с ядерными реакциями, соотношением между массой и энергией,  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадом и, наконец, энергией связи ядра. В этом месте применяется еще один, на наш взгляд очень сильный, методический прием. Вместо рассмотрения удельной энергии связи для  $\beta$ -стабильных ядер (как обычно делается), автор рассматривает систему энергетических поверхностей для любых нуклоностабильных ядер. Рассматривая затем разные сечения этих поверхностей, автор очень естественным путем подводит читателя к картине закономерного расположения различных ядер (стабильных,  $\alpha$ -радиоактивных,  $\beta$ -радиоактивных и др.) на плоскости  $A, Z$ , объясняет их свойства как функцию расположения на этой плоскости и предсказывает новые ядра. Аналогичным способом автор получает основные свойства ядерных сил (включая зависимость от спина и зарядовую независимость), проводит предварительный разговор о моделях ядра и т. п. И все это делается с непрерывными ссылками на соответствующие места книги для более подробного рассмотрения. В результате после прочтения первой главы читатель оказывается подготовленным к пониманию любой следующей, и вся книга представляется ему единым и в какой-то степени знакомым произведением.

Книг без недостатков, по-видимому, не существует. Имеются они и у этого учебника.

Наряду с несомненными методическими достижениями в книге К. Н. Мухина усматривается некоторое влияние традиций. Подбор материала не совсем точно отражает истинное соотношение между разделами экспериментальной ядерной физики и физики элементарных частиц, сложившиеся к настоящему времени. Например, в томе первом большое внимание уделено радиоактивным превращениям ядер и взаимодействию с ядрами нейтронов, в то же время опущены такие важные, много давшие для ядерной физики и уже ставшие классическими разделы, как ядерные реакции под действием мезонов (в том числе рассеяние и захват), экзотические атомы (прежде всего ли- и мю-мезоатомы) и атомоподобные системы и др. Не нашли должного места в книге первоклассные по технике и результатам эксперименты по рассеянию электронов на ядрах, оказавшие громадное влияние на наши представления о структуре ядер и нуклонов. Во втором томе не получили отражения важные вопросы физики пионов, например, рассеяние пионов на нуклонах и фоторождение пионов. Очень мало материала о современной физике космических лучей.

Несколько пожеланий, относящихся к изложению теоретических вопросов. Имело смысл ознакомить студентов с фазовым анализом в пион-нуклонном и пион-ядерном рассеянии, качественными основами современных теоретических моделей, использующихся для описания ядерных взаимодействий, таких, как импульсное приближение, теория многократного рассеяния Ватсона, представление Глаубера и др. Учебник много выиграл бы, если на простых примерах давал возможность студенту составить представление о способах конструирования амплитуд ядерных процессов в наиболее распространенных моделях.

Вообще, учитывая интенсивное развитие и перспективы высокоеффективных средств исследования ядерной физики и физики элементарных частиц, какими являются

ускорители высоких энергий и сильноточные ускорители, «мезонные» фабрики», думается, что следовало бы сделать больший акцент на те разделы курса, которые являются основой практической деятельности физиков-экспериментаторов.

Что касается оформления книги, то фотографии с «натуры» взаимодействий и распадов частиц в трековых детекторах позволили бы лучше ощутить дух эксперимента и, наверное, доставили бы читателю эстетическое удовольствие.

В целом же книга К. Н. Мухина, несомненно, будет полезна людям, приступающим к изучению физики ядра и элементарных частиц. Она написана хорошим языком, умело проиллюстрирована и хорошо издана. Успеху книги будет способствовать педагогическое мастерство автора и доступность изложения материала. Можно не сомневаться, что эта книга найдет свой широкий и благодарный круг читателей.

*В. Г. Кириллов-Угрюмов*