

татам. По этой же причине неприменим к Я. м. и *Хартри—Фока метод*—простейший квантовомеханич. метод описания многофермионных систем. Применение метода Хартри—Фока к системам с сильным отталкиванием на малых расстояниях приводит к таким же расходимостям, что и теория возмущений.

Первые успешные подходы к теории Я. м. относятся к кон. 50-х гг. и принадлежат Р. Ястрову (R. Jastrow) и К. Бракнеру (K. Brueckner). Ястров развил вариаци. подход, в к-ром он использовал корреляц. (ястровский) фактор, мешающий нуклонам подходить на малые расстояния друг к другу. В случае жёсткого кора вероятность встретить нуклон на расстояниях меньше радиуса кора  $r_c$  строго равна 0. Метод Ястрова позволил для реалистических NN-потенциалов получить значения  $\rho_0 \approx 0,16 \text{ Фм}^{-3}$  и  $\delta_0/A \approx -12 \text{ МэВ}$ .

Одновременно с методом Ястрова появился метод Бракнера, основанный на частичном суммировании бесконечных рядов теории возмущений. В простейшем виде метод Бракнера сводится к замене в методе Хартри—Фока нуклон-нуклонного потенциала на т. н. *G*-матрицу (метод Бракнера—Хартри—Фока). *G*-матрица имеет смысл эфф. взаимодействия между нуклонами в ядерном веществе. Она учитывает все акты перерасеяния нуклонов друг на друге (двухчастичные корреляции) и определяется интегральным ур-нием Бете—Голдстоуна. Сам же подход часто наз. методом Бете—Бракнера, отмечая большую роль, к-рую сыграл Г. Бете (H. A. Bethe) в его развитии.

Аналог *G*-матрицы для свободных нуклонов—*T*-матрица, лишь нормировкой отличающаяся от амплитуды рассеяния (или длины рассеяния) *f*. При замене *G* на *T* метод Бракнера—Хартри—Фока переходит в газовое приближение—метод, применяемый для описания свойств неидеального ферми-газа и основанный на использовании малого параметра  $f/r_0 \ll 1$ , где  $r_0$ —ср. расстояние между частицами газа. Для отталкивательного кора роль длины рассеяния играет радиус кора  $r_c$ . Метод Бракнера использует малость параметра  $r_c/r_0$  и, по существу, является аналогом газового приближения по отношению к отталкивательному кору. Дальнодействующее притяжение сравнительно слабое и может быть учтено методом теории возмущений.

Метод Бракнера дал приблизительно те же результаты, что и метод Ястрова. Хотя формально эти методы выглядят непохожими, они основаны на одних и тех же физ. приближениях и учитывают двухчастичные корреляции в Я. м. Многие годы эти методы развивались параллельно в направлении уточнения и учёта многочастичных корреляций. В вариаци. подходе применяются развитые в теории конденсир. сред метод кластерного разложения и т. н. гиперцепной метод. В подходе Бракнера использовались ур-ние Бете—Фаддеева—аналог ур-ний Фаддеева в теории 3 тел. Эти ур-ния точно учитывают трёхчастичные корреляции, но сложны для точного решения. В 1980 Дзю (W. Dzu) удалось точно решить ур-ние Бете—Фаддеева, при этом энергия связи оказалась близкой к экспериментальной, но равновесная плотность сильно сдвинулась в сторону больших значений:  $\rho_0 = 0,19 \text{ Фм}^{-3}$ . Эта фундам. трудность теории Я. м. пока не разрешена. Наиб. популярные подходы к разрешению этой проблемы основаны на представлении о ср. мезонных полях, действующих в ядерном веществе. Однако они грешат неоднозначностью.

Согласно представлениям о природе сильных взаимодействий, основанным на квантовой хромодинамике (КХД), нуклоны в нормальном ядерном веществе в значительной степени сохраняют свою индивидуальность, а эффекты КХД существенны лишь на малых расстояниях между нуклонами. Задача вычисления потенциала NN-взаимодействия в рамках КХД пока не решена. Под большим вопросом с точки зрения КХД оказывается статус мезонов (за исключением пионов). Обмен тяжёлыми мезонами между нуклонами происходит на столь малых расстояниях, что их кварк-глюонная природа становится существенной.

Поэтому релятивистские подходы в теории Я. м. пока далеки от последовательной теории.

Лит.: Бракнер К., Теория ядерной материи, пер. с англ., М., 1964; Браун Дж., Единая теория ядерных моделей и сил, пер. с англ., М., 1970. Э. Е. Саперштейн.

**ЯДЕРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ**—раздел эксперим. ядерной физики, объединяющий методы исследования ядерных излучений:  $\alpha$ -,  $\beta$ -частиц,  $\gamma$ -квантов, электронов внутр. конверсии (см. *Конверсия внутренняя*), а также протонов, нейтронов и др. частиц, возникающих при радиоакт. распаде и в ядерных реакциях. Определяются энергия частиц, их поляризация, пространств. и временные распределения. Цель исследований—определение спектра и квантовых характеристик ядерных состояний: энергии, *спина, чётности*, магн. дипольных и *квадрупольных моментов ядра*, параметров деформации (см. *Деформированные ядра*) и др., а также вероятностей переходов между ядерными состояниями в зависимости от их квантовых характеристик. Получаемые методами Я. с. эксперим. данные при сравнении их с результатами теоретич. расчётов в рамках тех или иных ядерных моделей позволяют судить об осн. чертах связи и движений нуклонов в ядре, что может быть выражено через структуру модельной волновой ф-ции ядра.

В Я. с. используются разл. спектрометры частиц и  $\gamma$ -квантов (см. *Альфа-распад, Бета-спектрометр, Гамма-спектроскопия, Гамма-спектрометр, Нейтронная спектроскопия*). Осн. доля исследований ведётся непосредственно на пучках ускоренных заряж. частиц (протонов,  $\alpha$ -частиц, тяжёлых ионов и др.) или нейтронов. Исследования в области Я. с. могут быть разделены на 2 осн. группы.

1. Исследование радиоактивного распада короткоживущих нуклидов, удалённых от полосы  $\beta$ -стабильных ядер,— *нейтронно-избыточных ядер*, образующихся при делении тяжёлых ядер под действием нейтронов или заряж. частиц, или *нейтронно-дефицитных ядер*, образующихся в ядерных реакциях глубокого рассеяния ядер протонами или в реакциях с *тяжёлыми ионами*. При этом облучаемая такими частицами мишень является одновременно источником ионов для масс-сепаратора, производящего разделение образующихся в мишени нуклидов (по массе и заряду) и транспортирующего выделенный пучок ионов к детекторам частиц (см. *Масс-спектрометр*). Такие системы получили общее назв. ISOL (isotope separation on-line, т. е. сепарация изотопов с выходом на ЭВМ).

На рис. 1 показана схема установки на протонном синхротроне (ОИЯИ, Дубна); выведенный пучок протонов  $p$  с энергией 660 МэВ бомбардирует мишень из W, нагретую до 3000 °С. Образующиеся в ней в результате реакции расщепления ядер W нуклиды, диффундируя из мишени, ионизируются на её поверхности и вытягиваются электр. полем в область магн. поля масс-сепаратора М. Ионы заданной массы по ионопроводу И подаются в измерит. камеру, где они собираются на подвижной ленте.

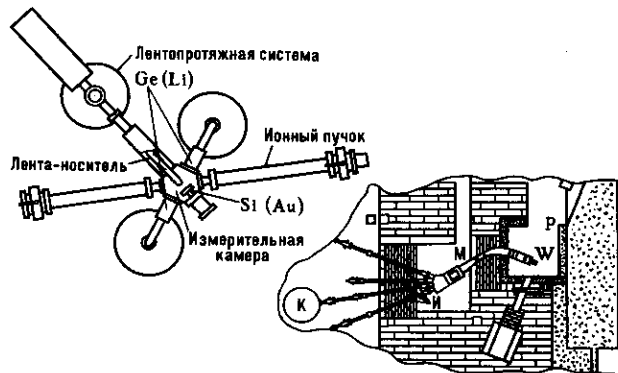


Рис. 1. Схема установки ЭЛГА для изучения радиоактивного распада короткоживущих нуклидов:  $p$ —выведенный пучок протонов синхротрона;  $W$ —вольфрамовая мишень,  $M$ —камера масс-сепаратора;  $I$ —ионопровод;  $K$ —измерительная камера;  $Ge(Li)$ ,  $Si(Au)$ —полупроводниковые детекторы.