

с энергией 1 ГэВ при ср. интенсивности пучка 200 мкА, линейный ускоритель тяжёлых ионов с энергией 8 МэВ/нуклон и быстроциклирующий синхротрон — бустер с накопит. кольцом типа Stretcher с энергией до 3 ГэВ. В бустере предполагается ускорять как протоны, так и тяжёлые ионы. Пучок протонов (3 ГэВ, 200 мкА) будет доускоряться в протонном синхротроне КЕК до энергии 30 ГэВ. На этой адронной фабрике планируются эксперименты по четырём программам: **к а о н н а я** — эксперименты по редким распадам каонов и гиперядерные эксперименты на каонных пучках; **н е й т р о н н а я** — физика конденсатов, сред с помощью каскадных нейтронов; **м е з о н н а я** — ядерная физика с мюонами энергии в неск. ГэВ и изучение свойств конденсиров. сред с помощью мюонов (μSR -метод); **э к з о т и ч е с к и е** ядра — изучение свойств экзотич. ядер и ускорение этих ядер.

Лит.: Дмитриевский В. П., Мезонные фабрики, в кн.: Труды I Международной школы молодых ученых по проблемам ускорителей заряженных частиц. Ужгород, 4—15 сентября 1975, Дубна, 1976; Муринов В. П., Линейные ускорители для мезонных фабрик, там же; Proceedings of the International Workshop on Hadron Facility Technology, Santa Fe. Febr. 2—5, 1987 (LA — 11130—C). В. П. Муринов.

МЕЗОННАЯ ХИМИЯ — метод изучения структуры вещества, к-рый использует свойства мюонов (μ^\pm), π^- и K^- -мезонов для получения данных об электронной оболочке молекул, кристаллич. и магн. структуре веществ, скоростях хим. реакций и т. д. Возник в 1960-х гг. В М. х. можно выделить четыре осн. направления исследований: π^- - и μ^- -мезонная химия, изучение поведения μ^+ в веществе и реакций мюония (связанной системы μ^+e^-).

В основе π^- -мезонной химии лежит использование ядерной реакции перезарядки π^- на ядрах водорода: $\pi^- + p \rightarrow n + \pi^0$. Вероятность W этой реакции очень сильно зависит от заряда Z (в единицах заряда протона e) ядра атома Z , с к-рым связан водород в соединении Z_mH_n , и равна $W(Z_mH_n) \approx a(n/m)Z^{-3}$. Кроме того, коэф. a в этой ф-ле даже при одном и том же Z зависит от типа хим. связи между атомами H , в частности от степени ионности (полярности) связи. Т. о., π^- -мезонный метод позволяет надёжно отличить химически связанный водород от свободного. Напр., для аммиака NH_3 и эквивалентной ему механич. смеси $N_2 + 3H_2$ измеренное отношение

$$W(NH_3)/^{1/2}W(N_2 + 3H_2) \approx 1/10.$$

Коэф. a зависит также от физ. состояния облучаемого π^- -мезонами вещества. Напр., при нагревании воды от комнатной темп-ры до темп-ры $\approx 400^\circ C$ коэф. a увеличивается примерно вдвое.

В основе μ^- -мезонной химии лежит измерение энергий и интенсивностей отд. линий рентг. серий мюонных атомов разл. хим. элементов. При захвате μ^- на возбуждённые уровни и последующих переходах в осн. состояние μ^- -атома испускаются характерные для каждого элемента γ -кванты. Энергия излучаемых мезорентгеновских серий является характеристикой хим. элемента, ядро к-рого вместе с мюоном образует мезоатом. Такой спектральный анализ элементного состава веществ по существу ничем не отличается от обычного спектрального анализа. Однако, в отличие от рентг. серий обычных атомов, относит. интенсивность отд. линий рентг. серий мезоатома зависит от вида хим. соединения, в к-рое входит исследуемый элемент. Это свойство рентг. излучения μ^- -атомов положено в основу идеи нового метода анализа вещества в закрытых контейнерах, к-рый в принципе позволяет определить не только элементный состав образца, но также и вид хим. соединения, составленного из этих элементов. Используя мюоны малых энергий, можно изучать также свойства и хим. состав поверхностей.

При изучении свойств вещества с помощью μ^+ и мюония (Mu) используются наличие спина у мюона и электрона, а также факт несохранения чётности при

распаде $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$. Направление вылета e^+ в этой реакции коррелировано с направлением спина μ^+ . Поэтому в магн. поле вследствие прецессии спина мюона с частотой $\omega_\mu = eH/m_\mu c$ (где H — напряжённость магн. поля, m_μ, e — масса и электрич. заряд мюона) периодически меняется также интенсивность позитронов, вылетающих в нек-ром фиксиров. направлении (рис.); это даёт возможность следить за направлением

Схема наблюдения спина мюона (μ^+). Магнитное поле перпендикулярно плоскости рисунка; толстая стрелка — направление спина μ^+ .



спина μ^+ . Т. о., μ^+ , а также мюоний представляют собой, по существу, меченые атомы (см. *Изотопные индикаторы*), за движением к-рых можно проследить от момента их рождения до момента распада. В частности, локальные магн. поля в кристалле взаимодействуют со спином μ^+ и изменяют картину прецессии его спина, что позволяет делать заключения о величине и распределении внутр. магн. полей в кристалле, изучать диффузию мюонов в кристаллах, обнаруживать фазовые переходы с изменением магн. структуры и т. д. Метод изучения свойств вещества с помощью μ^+ наз. μSR -методом (muon spin rotation), получившим широкое распространение (см. *Мюонной спиновой релаксации метод*).

Мюоний является аналогом атома водорода, поэтому, исследуя реакции мюония, можно сделать заключения о реакциях атомарного водорода. Т. к. спин мюония (в ортосостоянии) равен 1, а приведённая масса прибр. равна массе электрона, частота его прецессии составляет $\omega_{Mu} \approx eH/2m_e c$. При вступлении мюония в хим. реакцию связь между μ^+ и e^- разрывается и характер прецессии резко меняется, что позволяет определить абс. скорость хим. реакций мюония, а следовательно, и реакций атомарного водорода. С помощью мюония удалось моделировать состояние водородного атома в полупроводниках, растворах и т. д.

Развитие получает также мюонная химия сложных атомов. Напр., при захвате μ^- на орбиту мезоатомов неона и аргона образуются мезоатомы соответственно с электронными оболочками атомов фтора и хлора. Взаимодействие спинов мюона и нераспаренного электрона атомных оболочек этих галогенов приводит к тому, что в магн. поле их суммарный магн. момент прецессирует с частотой мюония. Наблюдение этой прецессии позволяет измерять абс. скорости реакций атомов фтора, хлора и т. д.

Лит.: Герштейн С. С. и др., Мезоатомные процессы и модель больших мезомолекул, «УФН», 1969, т. 97, с. 3; Гольданский В. И., Фирсов В. Г., Химия новых атомов, «Успехи химии», 1971, т. 40, в. 8, с. 1353; Muon physics, v. 3, ed. by V. W. Hughes and C. S. Wu, N. Y., 1975; Exotic atoms, 79, N. Y., 1980; Кириллов-Угрюмов В. Г., Никитин Ю. П., Сергеев Ф. М., Атомы и мезоны, М., 1980. Д. И. Пономарёв.

МЕЗОНЫ — адроны, не обладающие барионным числом и имеющие целочисленный спин. Как у всех адронов, лептонные числа M равны нулю. Назв. « M » происходит от греч. слова μέσος — средний, промежуточный; исторически это связано с тем, что масса первых из обнаруженных M -*пи-мезонов* — оказалась промежуточной по величине между массами электрона и протона. В дальнейшем выяснилось, что такое значение массы не является отличит. признаком M . (масса M может быть во много раз больше массы протона m_p).

По совр. представлениям, M -*сложные системы*, построенные (в осн.) из пары частиц со спином $1/2$ — *кварка и антикварка* (qq), вообще говоря, различных по своей природе, и небольшой примеси *глюонов*. В редких случаях M могут быть построены из неск. кварк-антикварковых пар (двух и более). Согласно предсказаниям *квантовой хромодинамики*, могут существовать также M -, построенные из глюонов. Такие M . наз. *глюо-*