

МАССОВОЕ ЧИСЛО — суммарное число A нуклонов (протонов и нейтронов) в атомном ядре. Различно для изотопов одного элемента, указывается справа сверху у символа хим. элемента (напр., O^{17} , U^{238}). Одна из важнейших характеристик ядра, вместе с его зарядовым числом Z определяет свойства невозбуждённых ядер (массу, спин, магн. и электр. моменты).

МАССОВОЙ ОПЕРАТОР в квантовой теории поля — ф-ция, к-рую можно считать обобщением массы частицы, включающим эффекты взаимодействия квантовых полей. Напр., в квантовой электродинамике M о. электрона складывается из собственно массы m и радиационных поправок, простейшая из к-рых отвечает однопетлевой Фейнмана диаграмме собств. энергии электрона (рис.). В импульсном представлении вклад этой диаграммы представляется расходящимся интегралом

$$\sum(p) = \frac{e^2}{(2\pi)^4 i} \int d^4k D_{\mu\nu}^c(k) \gamma^\mu S^c(p-k) \gamma_\nu,$$

где $D_{\mu\nu}^c$ — пропагатор фотона, S^c — пропагатор электрона, γ^μ — Дирака матрицы ($\mu, \nu = 0, 1, 2, 3$), по индексам μ, ν подразумевается суммирование (p, k — 4-импульсы электрона и виртуального фотона, e — электр. заряд). После надлежащего устранения расходимостей (перенормировки) этот

интеграл явно вычисляется, и соответствующее конечное выражение \sum в сумме с массой m образует M о. электрона:

$$M(p, \alpha) = m + \sum(p, \alpha); \quad \alpha = e^2/4\pi$$

(используется система единиц, в к-рой $\hbar = c = 1$). С помощью M о. полный пропагатор электрона $G(p; \alpha)$, учитывающий радиац. поправки, записывается в виде, близком к свободному пропагатору:

$$G(p; \alpha) = [\hat{p} - M(p, \alpha)]^{-1},$$

где \hat{p} — свёртка компонент 4-вектора p с матрицами Дирака: $\hat{p} = p_\nu \gamma^\nu$.

Лит.: Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В., Квантовые поля, 2 изд., М., 1990. Д. В. Ширков.

МАСС-СЕПАРАТОР — прибор для измерения массовых чисел A нуклидов, образующихся в ядерных реакциях (на ускорителях или в ядерных реакторах). При изучении радиоактивных долгоживущих нуклидов (период полураспада $T_{1/2} \geq 1$ мин) в качестве M -с. используют статич. масс-спектрометры со спец. конструкцией ионного источника, позволяющей быстро помещать образец в источник ионов или облучать его непосредственно в масс-спектрометре. Для определения A короткоживущих нуклидов применяются M -с. с торможением ионов в камере, наполненной газом и помещённой в поперечное магн. поле. При определ. условиях изменение заряда иона (при торможении ядра «обрастают» электронами) компенсируется изменением его скорости, и радиус траектории определяется лишь массой иона. Разрешающая способность газонаполненных M -с. ~ 100 , мин. время анализа $\sim 10^{-3}$ с. И. О. Лейпунский.

МАСС-СЕПАРАЦИЯ в плазме — пространственное разделение тяжёлых частиц с разной массой или зарядом в первоначально однородном плазменном объёме, связанное с процессами ионизации и движением частиц в электр. и магн. полях, практически всегда присутствующих в плазме. Поэтому M -с. происходит в той или иной степени во всех плазменных системах. Так, напр., если на стеклянную трубку, содержащую при низком давлении смесь двух газов с разными коэф. ионизации, надеть обмотку, создающую бегущее электр.

поле, то полев будет сильнее увлекаться легкоионизуемая компонента, что приведёт к M -с.

Сепарация частиц по массам всегда проявляется в плазменных ускорителях. Напр., в ускорителях с замкнутым дрейфом частицы, родившиеся в одной точке и поэтому прошедшие одну и ту же разность потенциалов и пересекшие один и тот же магн. поток, на выходе из ускорителя имеют разные азимутальные скорости $v \sim M^{-1}$ (вследствие сохранения обобщённого момента кол-ва движения), что и приводит к сепарации. Чётко проявляется M -с. тяжёлых ионов (примесей) в замкнутых магнитных ловушках, напр. в токамаках.

Приборы, специально предназначенные для разделения ионов по массам (точнее, по отношению M/e), наз. масс-сепараторами и масс-спектрометрами. M -с. подробно изучается в «плазменных центрифугах», к-рые представляют собой осесимметричные системы с продольным магн. и радиальным электр. полями. Центр. электрод такой центрифуги может быть твердотельным или плазменным. Поскольку центрифуговая сепарация аналогична отстаиванию в поле тяжести, она рассчитывается по барометрич. ф-ле, но на практике оказывается существенно меньше из-за разл. рода плазменных колебаний. Большие потенциальные возможности для создания плазменных масс-сепараторов открывает плазмооптика (см. Плазмооптические системы).

К системам M -с. в плазме может быть отнесён эл.-магн. метод разделения изотопов, поскольку объёмный заряд движущихся в магн. поле ионных пучков нейтрализован малоподвижными электронами, и такие пучки являются плазменными образованиями. Этот метод имеет промышленное применение (см. Изотопов разделение), остальные методы M -с. в плазме находятся в стадии разработки.

Лит.: Морозов А. И., Лебедев С. В., Плазмооптика, в сб.: Вопросы теории плазмы, под ред. М. А. Леонтовича, в. 8, М., 1974; Тезисы докладов III Всесоюзной конференции по плазменным ускорителям, Минск, 1976; Иванов А. А., Неравновесная плазма для химии, в кн.: Итоги науки и техники. Сер. Физика плазмы, т. 3, М., 1982; Мирнов С. В., Физические процессы в плазме токамака, М., 1983.

А. И. Морозов.

МАСС-СПЕКТРОМЕТР — прибор для разделения ионов. масс. частиц (атомов, молекул, кластерных образований) по их массам (точнее, по отношению массы иона m к его заряду e) путём воздействия магн. и электр. полей, а также для определения их масс и относит. содержания, т. е. спектра масс. M -с. включает: систему подготовки и ввода вещества в прибор (рис. 1);

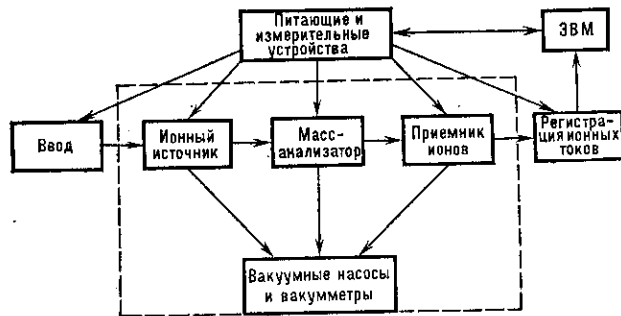


Рис. 1. Блок-схема масс-спектрометра (пунктиром обведена вакуумированная часть прибора).

источник ионов, где это вещество частично ионизуется и осуществляется формирование ионного пучка; масс-анализатор, в к-ром происходит разделение ионов по величине m/e и фокусировка ионов, вылетевших в разных направлениях в небольшом телесном угле; приёмник ионов (коллектор), где ионный ток измеряется или преобразуется в электр. сигнал, к-рый далее усиливается и регистрируется выходным устройством.