

ных ядерных систем типа α -частица — ядро, два ядра ^{12}C , два ядра ^{24}Mg и т. д. (см. *Ядерных ассоциаций модель* [3]). В этом случае выделение состояний в области высоких энергий возбуждения, когда открыто много каналов распада составной системы, объясняется своеобразной структурой уровней, приводящей к преобладающей вероятности распада по одному каналу. Примером такого выделения может служить спектр, полученный при торможении ускоренных ионов ^{16}O с энергией 90 МэВ в He (рис. 2). Наблюдаемые резонансы в спектре α -частиц отдачи связаны с тем, что при определ. энергии ионов ^{16}O и ядер He существуют уровни составной системы ^{20}Ne с характерной квази-молекулярной структурой уровней ($^{16}\text{O} + \alpha \rightarrow ^{20}\text{Ne}$).

Большие сечения, характерные для резонансных реакций при определ. энергиях, являются основой для элементного анализа материалов. При высоких энергиях ускоренных частиц резонансные ядерные реакции являются инструментом поиска новых частиц — резонансов.

Лит.: 1) Bohr N., Kalckar F., On the transmutations of the atomic nuclei by impact of material particles, «Kgl. Danske Videnskab. Selsk., Math.-Fys. Medd.», 1937, v. 14, № 10, p. 1; 2) Fermi E. и др., Azione di sostanze idrogenate sulla radioattività provocata da neutroni, «Ric. Scient.», 1934, v. 5, p. 1282; 3) Zurnuhle R. W., Spins and spin alignment of heavy ion molecular resonances, Proc. Fifth Int. Conf. Clustering Aspects in Nucl. and Subnucl. Systems, Kyoto, 1988, I., «Phys. Soc. Jpn.», 1989, v. 58, Suppl., p. 37.

РЕЗОНАНСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ — усилитель электрических колебаний, содержащий резонансный колебательный контур и имеющий вследствие этого большое усиление в сравнительно узкой полосе частот вблизи резонансной частоты (см. также *Резонанс*), что позволяет с помощью Р. у. не только усиливать, но и выделять колебания с требуемыми частотами. Р. у. широко используются в радиотехнике, гл. обр. в качестве малошумящих избират. усилителей на входе радиоприёмных устройств и мощных усилителей на выходе радиопередающих устройств. По принципу работы разделяются на Р. у., построенные на невзаимных усилит. элементах без внеш. положит. обратной связи, и Р. у. регенеративные.

В Р. у. первого типа усиливаемые колебания подводятся к управляющему электроду (транзистора, электронной лампы, ИС), резонансный контур включён в цепь выходного электрода и возбуждается его током. Используются преим. на умеренно высоких частотах, на к-рых значительно развязка между выходной и входной цепями управляющего электрода. В качестве резонансного контура применяют обычно простые одиночные контуры с сосредоточенными параметрами и малым собств. затуханием ($d \ll 1$). В режиме усиления малых колебаний макс. коэф. усиления напряжения при резонансе $K_{\text{макс}} = SR_3$, где S — крутизна усилит. элемента, R_3 — эквивалентное сопротивление резонансного контура на резонансной частоте f_0 . Амплитудно-частотная характеристика при малых расстройках Δf от частоты резонанса описывается выражением

$$\frac{K}{K_{\text{макс}}} = \frac{1}{\sqrt{1+(2\Delta f/f_0d_3)^2}}$$

где K — коэф. усиления при расстройке Δf ; полоса пропускания на уровне 3 дБ $\Pi = f_0d_3$, где d_3 — результирующее затухание шунтированного др. цепями резонансного контура. Фазочастотная и переходные характеристики Р. у. также определяются гл. обр. соответствующими характеристиками резонансного контура. Для неискажённого усиления больших модулированных колебаний стремятся к линеаризации динамич. колебат. характеристики Р. у. — зависимости первой гармоники выходного тока усилит. элемента от амплитуды напряжения на управляющем электроде.

В резонансный контур регенеративных Р. у., включённый в тракт усиливаемых колебаний на проход или на отражение, вносится отрицательное дифференциальное сопротивление, обусловленное введением по-

ложительной обратной связи (при невзаимных усилит. элементах), разл. физ. явлениями в полупроводниковых диодах (туннельных, лавинно-пролётных, диодах Ганна и др.), изменением реактивного параметра резонансного контура под действием генератора *накачки* (параметрич. усилитель) и т. д. Р. у. находят применение гл. обр. в СВЧ-диапазоне, где обеспечение хорошей развязки между выходными и входными цепями трёхэлектродных усилит. элементов затруднено. В качестве резонансного контура используются объёмные резонаторы и резонаторы из отрезков линий передачи разл. типов: полосковых, щелевых, компланарных, коаксиальных, волноводных и др. Макс. коэф. усиления мощности при резонансе регенеративного Р. у. отражат. типа $K_{P_0} = 4R_0^2/(R_0 + r_s)^2(1 - \gamma)^2$, где R_0 — волновое сопротивление согласованного тракта усиливаемых колебаний, r_s — сопротивление собств. потерь регенерирующего элемента, $\gamma = R_0/(R_0 + r_s)$ — коэф. регенерации, R_0 — вносимое в резонатор отрицат. сопротивление; полоса пропускания при оптимальном резонаторе $\Pi = f_0d_3(1 - \gamma)$. При $\gamma \rightarrow 1$ возрастает усиление, но сужается полоса пропускания, и на практике при $K_{P_0} > (10-20)$ дБ полоса сокращается до единичных процентов, а Р. у. переходит в режим генерации. В таких Р. у. для разделения приходящей и усиленной отражённой волн используют невзаимные элементы — ферритовые циркуляторы. Регенеративные Р. у. проходного типа ещё более узкополосны и имеют более высокий уровень собств. шумов, поэтому применяются реже отражательных, особенно в малошумящих радиоприёмных устройствах.

Лит.: Ризак и А. А., Основы теорий усилительных схем, 2 изд., М., 1954; Радиоприёмные устройства, под ред. А. П. Жуковского, М., 1989.

РЕЗОНАНСНЫЙ УСКОРИТЕЛЬ — ускоритель элементарных частиц, в к-ром ускорение производится переменным высокочастотным электрич. полем. К Р. у. относятся линейные ускорители и все циклические ускорители, кроме бетатронов. В Р. у. частицы проходят ускоряющие промежутки лишь в те моменты времени, когда поле в них находится в равновесной фазе или вблизи неё. В линейных ускорителях частицы последовательно проходят ряд таких промежутков, в циклических — многократно возвращаются к одним и тем же промежуткам, постепенно увеличивая свою энергию.

Л. Л. Гольдин.

РЕЗОНАНСЫ (резонансные частицы) — короткоживущие возбуждённые состояния адронов. В отличие от др. нестабильных частиц, Р. распадаются в осн. за счёт сильного взаимодействия. Поэтому их времена жизни лежат в интервале $10^{-22}-10^{-24}$ с, что по порядку величины близко к характерному ядерному времени ($\sim 10^{-23}$ с).

В зависимости полных эфф. сечений рассеяния σ от энергии \mathcal{E} (в системе центра инерции) Р. часто проявляются в виде колоколообразного (т. н. брейт-вингеровского) максимума:

$$\sigma(\mathcal{E}) = \sigma_0 \frac{(\Gamma/2)^2}{(\mathcal{E}_0 - \mathcal{E})^2 + (\Gamma/2)^2} \quad (1)$$

Энергия \mathcal{E}_0 , соответствующая максимуму сечения $\sigma = \sigma_0$, сопоставляется с массой Р., $M = \mathcal{E}_0/c^2$. (Обычно в физике элементарных частиц используется система единиц, в к-рой $\hbar = c = 1$; тогда $M = \mathcal{E}_0$.) Полная ширина Γ резонансной кривой на половине её высоты определяет время жизни Р.: $\tau \approx \hbar/\Gamma$ (в соответствии с неопределённостью соотношением между энергией и временем). Для определения спина Р., как правило, необходим более тщательный анализ угл. зависимости дифференц. сечения упругого рассеяния с целью нахождения той парциальной амплитуды, в к-рой проявляется этот максимум (см. *Рассеяние микрочастиц, Поляризационные эффекты* в рассеянии частиц).

Первый Р. открыт в нач. 1950-х гг. Э. Ферми (E. Fermi) с сотрудниками при изучении процесса взаимодействия π^+ -мезонов с протонами на протонном