

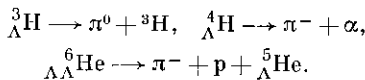
ГИПЕРЯДРА — ядерноподобные системы, состоящие из нуклонов (протонов и нейтронов) и одного или неск. гиперонов (Λ , Σ и др.). Λ -Г. открыты экспериментально в 1953 М. Данышем (M. Danysz) и Е. Пневским (J. Pniewski); в 1963 обнаружено Г., содержащее два Λ -гиперона (двоиное Г.), а в 1979 открыты Σ -Г. [1, 2]. Г. обозначаются символом ${}^A_Z\Lambda$, где A — барионный заряд (суммарное число нуклонов и гиперонов), Z — символ элемента, соответствующего заряду Г., Λ — символ гиперона. Напр., ${}^3_\Lambda\text{H}$ — Λ -Г. с барионным зарядом 3 и электрич. зарядом +1; оно состоит из протона, нейтрона и Λ -гиперона. Г. обладают ненулевой странностью S , к-рая равна суммарной странности входящих в его состав гиперонов. Структура Г. определяется сильным взаимодействием нуклонов и гиперонов. Большинство Г. может находиться в неск. (основном и возбуждённых) состояниях с определ. значениями полного углового момента I и чётности $\pi(I^\pi)$. Благодаря приближённой изотопической инвариантности барион-барионных взаимодействий гиперядерные состояния обладают изотопическим спином T .

Энергия связи. Энергией связи данного состояния Г. ${}^A_Z\Lambda$ наз. величина

$$B_\Lambda = [m(A-1Z) + m_\Lambda - m({}^A_Z\Lambda)]c^2,$$

где $m({}^A_Z\Lambda)$ — масса Г., $m(A-1Z)$ — масса основного состояния ядра $A-1Z$ (нуклонного остова), m_Λ — масса Λ -гиперона. Энергии связи основных состояний однозначно идентифицированных Λ -Г. приведены в табл. [1, 3]. С ростом массы Г. энергия связи основного состояния Г. стремится к пост. величине $D_\Lambda \approx 30$ МэВ (наступает насыщение гиперон-ядерных сил [4]).

Распады гиперядер. Г. нестабильны; различают распады, обусловленные сильным и слабым взаимодействием (слабые и сильные распады [1, 4, 5]). Наибольшие времена жизни, сравнимые со временем жизни τ свободного Λ -гиперона ($\tau = 2,6 \cdot 10^{-10}$ с), имеют основные состояния Λ -Г., сильные распады к-рых запрещены энергетически. Слабые распады Г. происходят с изменением странности благодаря процессам: $\Lambda \rightarrow p + \pi^-$, $\Lambda \rightarrow n + \pi^0$ ($Q \approx 40$ МэВ) и $\Lambda + N \rightarrow n + N$ (N — нуклон, $Q = 176$ МэВ), в к-рых выделяется Q заметно превышает энергию связи Λ -гиперона в ядре. Слабые распады с образованием π -мезонов (мезонные распады) существенны для лёгких Г.:



Для Г. с $A > 5$ в слабых распадах доминируют безмезонные распады (т. н. безмезонные моды), продуктами к-рых являются нуклоны и ядра.

В сильных распадах Г. сохраняется странность. Их характерное время (время жизни Г.) $\tau \sim 10^{-21} - 10^{-23}$ с. Продуктами распада являются гипероны или Г., нуклоны и ядра. Так распадаются мн. возбуждённые состояния (*) Λ -Г. (${}^9_\Lambda\text{Be}^* \rightarrow {}^5_\Lambda\text{He} + {}^4\text{He}$; ${}^{12}_\Lambda\text{C}^* \rightarrow p + {}^{11}_\Lambda\text{B}$; ${}^6_\Lambda\text{Li}^* \rightarrow {}^4_\Lambda\text{He} + 2p$), основные состояния нек-рых Λ -Г. (${}^6_\Lambda\text{Li} \rightarrow {}^5_\Lambda\text{He} + p$), а также Σ -Г., особенностью к-рых является сильный распад в результате т. н. $\Sigma \rightarrow \Lambda$ конверсии: $\Sigma + N \rightarrow \Lambda + N$ ($Q \approx 80$ МэВ). Сильно распадающиеся состояния Г. наблюдаются в разл. ядерных реакциях в виде резонансов с типичными значениями ширины от долей до десятков МэВ (рис. а, [2, 3, 5, 6]).

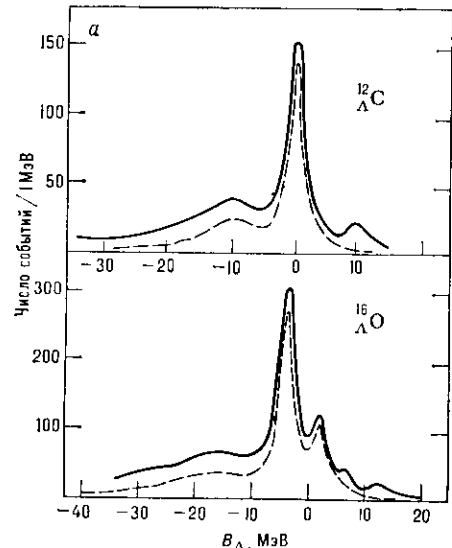
Г., находящиеся в возбуждённом состоянии, сильный распад к-рого энергетически невозможен, способны переходить в состояние с более низкой энергией, испуская γ -квант: ${}^4_\Lambda\text{H}(I^\pi = 1^+) \rightarrow {}^4_\Lambda\text{H}(I^\pi = 0^+) + \gamma$. Скорость γ -перехода обычно на неск. порядков превышает

Таблица

Гиперядро	Энергия связи, МэВ	Гиперядро	Энергия связи, МэВ
${}^3_\Lambda\text{H}$	0,13	${}^9_\Lambda\text{Be}$	6,7
${}^4_\Lambda\text{H}$	2,0	${}^{10}_\Lambda\text{Be}$	9,1
${}^4_\Lambda\text{He}$	2,4	${}^9_\Lambda\text{B}$	7,9
${}^5_\Lambda\text{He}$	3,1	${}^{10}_\Lambda\text{B}$	8,9
${}^6_\Lambda\text{He}$	4,2	${}^{11}_\Lambda\text{B}$	10,2
${}^8_\Lambda\text{He}$	7	${}^{12}_\Lambda\text{B}$	11,4
${}^6_\Lambda\text{Li}$	4,5	${}^{12}_\Lambda\text{C}$	10,8
${}^7_\Lambda\text{Li}$	5,6	${}^{13}_\Lambda\text{C}$	11,7
${}^8_\Lambda\text{Li}$	6,8	${}^{14}_\Lambda\text{C}$	12,2
${}^9_\Lambda\text{Li}$	8,5	${}^{15}_\Lambda\text{N}$	13,6
${}^7_\Lambda\text{Be}$	5,2	${}^{16}_\Lambda\text{O}$	14
${}^8_\Lambda\text{Be}$	6,8	${}^{32}_\Lambda\text{S}$	17,5

скорость слабого распада [4]. Если γ -переход подавлен, возбуждённое состояние проявляется как долгоживущий изомер [1] (см. *Изомерия ядерная*).

Экспериментальные методы. Г. образуются в реакциях с обменом странностью, напр. (K^- , π^-): $K^- + {}^A_Z\text{X} \rightarrow \pi^- + {}^A_Z\Lambda$, при взаимодействии медленных гиперонов



Сверху спектр возбуждённых состояний гиперядра ${}^{12}_\Lambda\text{C}$, образующихся в результате реакции $K^- + {}^{12}\text{C} \rightarrow \pi^- + {}^{12}_\Lambda\text{C}$ при импульсе K^- -мезонов $p_K = 720$ МэВ/с и угле вылета π^- -мезонов $\theta = 0^\circ$. Пик с $B_\Lambda = 11$ МэВ соответствует основному состоянию Г.

${}^{12}_\Lambda\text{C}$ (ширина пика определяется экспериментальным разрешением). Вклад когерентных переходов нуклонов на оболочках $1p_{3/2}$ ($B_\Lambda = 0$) и $1s_{1/2}$ ($B_\Lambda = -9$ МэВ) показан штриховой кривой. Внизу то же для гиперядра ${}^{16}_\Lambda\text{O}$. Пик с $B_\Lambda = 14$ МэВ соответствует основному состоянию, пик с $B_\Lambda = 8$ МэВ — квазиобедному переходу, в к-ром участвует нейтрон из оболочки $1p_{3/2}$, а Λ -гиперон занимает состояние $1s_{1/2}$. Штриховой кривой показан вклад когерентных переходов на оболочках $1p_{3/2}$ ($B_\Lambda = 3$ МэВ), $1p_{3/2}$ ($B_\Lambda = -3$ МэВ) и $1s_{1/2}$.