

момента ядра (спин):

$$\hat{\mu} = g \mu_0 \hat{J}. \quad (6,4)$$

Множитель g в (6,4) называется *ядерным гиромагнитным отношением*. Гиромагнитные отношения различных ядер изменяются в пределах примерно от -4 до 6 . Для иллюстрации в таблице 3 приводятся экспериментальные значения магнитных моментов ядер в состояниях с $J_z = J$ и соответствующие гиромагнитные отношения.

Таблица 3. Значение ядерных гиромагнитных отношений для некоторых ядер

Ядро	J	μ/μ_0	g
p	$\frac{1}{2}$	2,79	5,58
n	$\frac{1}{2}$	-1,91	-3,82
H^2	1	0,86	0,86
He^3	$\frac{1}{2}$	-2,1	-4,2
Al^{27}	$\frac{5}{2}$	3,6	1,76
Ag^{109}	$\frac{1}{2}$	-0,1	-0,2
Si^{29}	$\frac{1}{2}$	-0,6	-1,2
Co^{57}	$\frac{7}{2}$	4,6	1,31
Eu^{152}	$\frac{5}{2}$	3,6	1,55
Zr^{91}	$\frac{5}{2}$	-1,1	-0,55
Te^{125}	$\frac{1}{2}$	-0,9	-1,8
Mn^{54}	6	3,4	0,57
K^{40}	4	-1,3	-0,22
Rb^{86}	2	-1,7	-0,85

§ 7. Электрические квадрупольные моменты ядер

По-видимому, все атомные ядра в основном состоянии обладают центром симметрии, поэтому дипольный электрический момент таких ядер в системе координат, связанной с ядром, равен нулю.

Опыт показывает, что у некоторых ядер распределение электрического заряда не имеет сферической симметрии, но обладает аксиаль-

ной симметрией и плоскостью симметрии, перпендикулярной к этой оси. Отклонение распределения заряда в ядре от сферической симметрии характеризуется электрическим квадрупольным моментом

$$Q_0 = \frac{1}{e} \int \rho(\mathbf{r}) (3z^2 - r^2) d\tau, \quad (7,1)$$

где e — заряд протона, $\rho(\mathbf{r})$ — плотность электрического заряда. Квадрупольные электрические моменты обычно выражаются в единицах заряда протона, поэтому они имеют размерность $см^2$. Если плотность заряда в ядре постоянна, а форма ядра вытянута вдоль оси z , совпадающей с осью симметрии ядра, то квадрупольный момент положителен. Если форма ядра сплюснута вдоль оси z , то квадрупольный момент отрицателен.

Ядро, имеющее форму эллипсоида вращения с полуосями c (вдоль оси z) и a (перпендикулярной к оси z) и постоянную плотность электрического заряда, обладает квадрупольным электрическим моментом

$$Q_0 = \frac{2}{5} Z(c^2 - a^2), \quad (7,2)$$

где Z — заряд ядра в единицах e .

Если $c = a + \Delta a$ и $\Delta a \ll a$, то

$$Q_0 = \frac{4}{5} Z a^2 \frac{\Delta a}{a}.$$

Наблюдаемый квадрупольный момент Q ядра не совпадает с собственным квадрупольным моментом Q_0 , характеризующим величину несферичности распределения заряда в ядре. Наблюдаемым квадрупольным моментом Q ядра называется среднее значение квадрупольного момента ядра в состоянии, обладающем квадратом полного момента количества движения, равным $J(J+1)$, и его проекцией на выделенное направление в пространстве, равной J . При этом, как показано в приложении II, § K,

$$Q \equiv \langle Q \rangle_J = Q_0 \frac{J(2J-1)}{(J+1)(2J+3)}.$$

В частности, $Q = 0$, если $J = 0$ или $\frac{1}{2}$; $Q = \frac{Q_0}{10}$, если $J = 1$; $Q = \frac{6}{11} Q_0$, если $J = \frac{3}{2}$.

Квадрупольные моменты ядер изменяются в очень широких пределах. Таблица 4 дает представление о наблюдаемых значениях квадрупольных моментов ядер.

Большие квадрупольные моменты некоторых ядер указывают на значительное отклонение формы этих ядер от сферической симметрии.

Таблица 4. Квадрупольные электрические моменты некоторых ядер

Ядро	Z	N	J	$Q_0 \cdot 10^{21}$ см ²
H ²	1	1	1	0,27
O ¹⁷	8	9	$\frac{5}{2}$	-0,5
O ¹⁶	8	8	0	0
S ³³	16	17	$\frac{3}{2}$	-0,8
Cu ⁶⁵	29	36	$\frac{3}{2}$	-15
Au ¹⁹⁷	118	197	$\frac{3}{2}$	60
Nd ¹⁵⁰	60	90	0	480
Eu ¹⁵³	63	90	$\frac{5}{2}$	770
Sm ¹⁵⁴	62	92	0	670
Cd ¹⁵⁸	64	94	0	1000
Dy ¹⁶²	66	96	0	820
Lu ¹⁷⁵	71	104	$\frac{7}{2}$	820
Ta ¹⁸¹	73	108	$\frac{7}{2}$	680
Os ¹⁸⁸	76	112	0	510
Th ²³²	90	142	0	1000
U ²³⁸	92	146	0	1100
U ²³⁵	92	143	$\frac{7}{2}$	900
U ²³³	92	141	$\frac{5}{2}$	1400

Как правило, большие квадрупольные моменты положительны. Это указывает на то, что при значительном отклонении от сферической формы ядро имеет форму вытянутого эллипсоида вращения.