第5卷 第6期 高能物理与核物理 Vol. 5, No. 6
1981年11月 PHYSICA ENERGIAE FORTIS ET PHYSICA NUCLEARIS Nov., 1981

计算偶偶变形核基态转动惯量的一个简化方法

王正大 郑蔓芃
(中国科学院近代物理研究所)

摘 要

本文在刚性转动与量子系统集体转动特征基础之上，提出了一个计算偶偶变形核基态转动惯量的有效方法.

引 言

对于量子系统的集体转动，球对称系统不存在集体转动. 轴对称系统不存在绕对称轴的集体转动. 原子物理、分子物理与核物理的大量实验结果证实了这一点. 实验上一方面根据变形核转动能谱基态带 Z^+ 态能级可以确定基态转动惯量；另一方面从基态电四极矩又可以确定基态四极形变参数 β，但是对应实验提取的形变参数，用刚性转动惯量 $\mathscr{T}_{\rm rig}(\beta)$ 公式计算得到的值，比从 Z^+ 能级确定的基态转动惯量 $\mathscr{T}_{\rm ex}(\beta)$ 要大一倍. 由于偶偶核存在对能隙，无旋流体转动的经典模型也被用来计算原子核基态转动惯量，可是计算结果比实验值小五倍. 根据独立粒子模型计算转动惯量，著名的 Inglis 公式能够自然过渡到刚性转动惯量公式. 考虑偶偶变形核存在对能隙之后，计算基态转动惯量的微观理论能够得到与实验大致相符的结果. 因此人们长期以来认为基态转动惯量比刚性转动惯量小一倍是由于偶偶核内存在能隙造成的，并期待原子核高自旋态带交义理论证实这一点. 然而近年来研究偶偶核高自旋态表明，等效转动惯量 $\mathscr{T}_{\rm eff}$ 与转动再速度平方 $W^2_{\rm eff}$ 关系曲线发生反弯的机制，在稀土区原子核主要是转动重排效应. 能隙消失即对崩溃引起的转动惯量增加是不大的，比如基态带反弯前转动惯量的少量增加有可能来自能隙消失. 由于实验没有证实微观理论予言的结果，有必要从不同侧面探索基态转动惯量与刚体值大量差别的原因.

偶偶变形核基态转动惯量

我们可以考虑核形变仅为四极形变，对于中子和质子核物质有相同的密度分布，转动轴穿过质心并垂直对称轴.

本文1981年5月30日收到.

$$R(\theta) = R_0[1 + \beta Y_{20}(\theta)],$$
$$R_0 = r_0 A^{1/3}, \quad r_0 = 1.2\ \mathrm{fm}.$$

引入新的形变参数 α，α 与波尔形变参数 β 之间有如下关系

$$\alpha = (5/4\pi)^{1/2}\beta$$

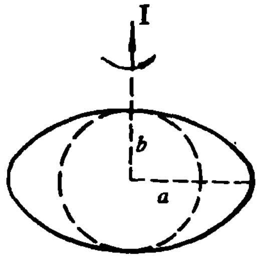

图 1

这里原子核的形状是旋转对称椭球，通常原子核基态形变是长椭球，即形变参数 α 为正，长轴 a 与短轴 b 和球形核半径 R_0 之间有如下关系

$$a = R_0(1 + \alpha), \quad b = R_0(1 + \alpha)^{-1/2}.$$

很容易得到刚性转动惯量为

$$\mathscr{T}_{\mathrm{rig}}(\alpha) = \frac{1}{5} Am(a^2 + b^2).$$

这里 A 是核子数，m 是核子质量．在计算原子核转动惯量中，我们认为考虑到量子系统集体转动的性质，有必要不考虑核心为球心，短轴为半径的球对称部分，在长椭球的情况下，转动惯量公式如下（图 1）

$$\mathscr{T}(\alpha) = \frac{1}{5} Am(a^2 + b^2) - \frac{2}{5}\frac{b^3}{ab^2} Amb^2$$
$$= \frac{1}{5} AmR_0^2[(1 + \alpha)^2 + (1 + \alpha)^{-1} - 2(1 + \alpha)^{-5/2}],$$

当原子核为扁椭球时应为

$$\mathscr{T}(\alpha) = \frac{1}{5} AmR_0^2[(1 + \alpha)^2 + (1 + \alpha)^{-1} - 2(1 + \alpha)^5].$$

计算结果与分析讨论

根据实验测量的基态形变参数 β，我们对稀土区和锕系区 25 个偶偶变形核基态转动

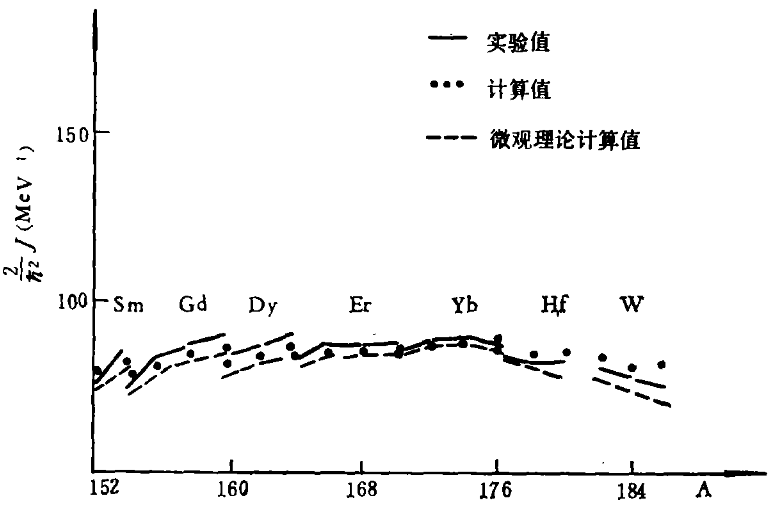

图 2

惯量 $\mathscr{T}(\alpha)$ 作了数值计算，并与这些核的基态转动惯量实验值作了比较，比较结果说明计算值与实验值基本符合．由于实验值 β 的误差反映在理论计算值 $\mathscr{T}(\alpha)$ 上出现的偏差是较大的，我们的计算要求比较可靠的基态形变实验值．我们的计算结果比微观理论的计算结果与实验符合更好．我们认为基态转动惯量比刚性转动惯量小得多主要来源于球对称部分对集体转动无贡献，对能隙使转动惯量减少可能反映在对能隙存在使核形变减少上．微观理论降低了刚性转动惯量值，可能是由于没有考虑在不破坏对的条件下成对散射的结果．(表 1、图 2)．

表 1

核	A	Z^+ (MeV)	B	$2\mathscr{I}_{ex}(\alpha)$ ($\hbar^2$/MeV)	$2\mathscr{I}_{th}(\alpha)$ ($\hbar^2$/MeV)
$_{62}$Sm	152	0.1218	0.290	56.42	49.27
	154	0.0820	0.336	65.5	73.2
$_{64}$Gd	154	0.123	0.280	55.9	48.7
	156	0.089	0.320	64.1	67.4
	158	0.0795	0.346	70.1	75.4
	160	0.0753	0.354	73.0	79.7
$_{66}$Dy	160	0.0868	0.301	63.5	69.1
	162	0.0807	0.320	68.3	74.4
	164	0.073	0.334	72.4	81.8
$_{68}$Er	164	0.0914	0.306	67.1	65.7
	166	0.0806	0.323	71.7	74.5
	168	0.0798	0.320	72.6	75.2
	170	0.0793	0.310	72.0	75.7
$_{70}$Yb	170	0.0843	0.304	70.8	71.2
	172	0.0787	0.311	73.7	76.2
	174	0.0765	0.308	74.4	78.5
	176	0.0821	0.301	74.4	73.1
$_{72}$Hf	176	0.0883	0.282	70.3	67.9
	178	0.0932	0.265	67.8	64.4
	180	0.0931	0.254	66.6	64.3
$_{74}$W	182	0.1001	0.236	63.6	59.9
	184	0.111	0.224	61.8	54.0
	186	0.122	0.220	61.9	49.0
$_{92}$U	238	0.0447	0.28	134.2	115.2
$_{94}$Pu	240	0.043	0.28	140.2	117.0

参考文献

[1] A. Bohr and B. R. Mottelson, *Nuclear Structure*, Vol. 2, p. 1—144.
[2] Judah M. Eisenberg and Walter G. Reiner, Microscopic Theory of the Nucleus, Vol. 3, p. 368—388.
[3] F. S. Stephens and R. Simon, *Nucl. Phys.*, A183(1972), 257.

A SIMPLE METHOD OF CALCULATING MOMENT OF INERTIA AT GROUND STATES OF EVEN-EVEN NUCLEI

WANG ZHENG-DA ZHENG MAN-JIAO
(*Institute of Modern Physics, Academia Sinica*)

ABSTRACT

A effective method of calculating moment of inertia at ground state of even-even deformations nuclei is derived based on rigid rotation and collective rotation nature of quantum systems.