检验量子理论. 这时对粒子 B 的选择可以选寿命略长一点的粒子(如可选为 ω 粒子,约为 10^{-22} 秒),从而使这些粒子在距离上和其它粒子相距远一些,避免受到这些粒子的干扰. 如为验证不稳定粒子理论,粒子 B 以寿命较短一些(如为 10^{-23} 秒)较好,这时可能有较强的关联.

参 考 资 料

[1] 彭桓武,物理学报, **18** (1962), 165.

由磁单极子组成的高自旋介子

罗辽复 (内蒙古大学)　　陆 琰 (南京电讯仪器厂)

考虑由正反磁单极子组成的系统(记作 Z 介子).资料[1]从 Bethe-Salpeter 方程出发,讨论了通过光子耦合两费米子构成束缚态的可能性,但这是在零能条件下进行的,也没有得到多少实际结果. 由于正反磁单极子束缚系统的半径比 $\frac{1}{M}$ (M为磁单极子质量)约大三个量级左右,不妨假定瞬时作用近似是合理的[2]. 这时可引入三维波函数来描写此系统. 这个系统具有 $C=(-1)^{l+s}$, $P=(-1)^{l+1}$. 自旋单态 ($s=0$) 和三态 ($s=1$) 不能相混,因此,B-S 幅在自旋空间按 16 个 γ 矩阵展开后只能取两种形式(注意: $|\mathbf{P}|\ll M$):

$$\{A(\mathbf{P})+B(\mathbf{P})\gamma_4\}\gamma_5 \text{(单态)}$$

和

$$\boldsymbol{\gamma}\{C(\mathbf{P})+D(\mathbf{P})\gamma_4\} \text{(三态)}$$

B-S 方程在梯形——瞬时作用近似下为

$$(i\hat{P}-\gamma_4 E+M)\varphi(P)(-i\hat{P}-\gamma_4 E-M)$$
$$=\frac{4\pi}{(2\pi)^4 i}g^2\int d^4k\frac{1}{(\mathbf{P}-\mathbf{k})^2}\gamma_\mu\varphi(k)\gamma_\mu \quad (1)$$

($2E$ 为 CM 系能量). 令 $\bar{\varphi}(P)=\varphi(P)\gamma_4$,则

$$\int\bar{\varphi}(P)dP_0\equiv\psi(\mathbf{P})=\begin{pmatrix}0 & -F_{+-}\\ +F_{-+} & 0\end{pmatrix}. \quad (2)$$

$F(\mathbf{P})=\begin{pmatrix}F_{++} & F_{+-}\\ F_{-+} & F_{--}\end{pmatrix}$ 满足

$$(\boldsymbol{\alpha}\cdot\mathbf{P}+\beta M-E)F(\mathbf{P})$$
$$-F(\mathbf{P})(\boldsymbol{\alpha}\cdot\mathbf{P}+\beta M+E)$$
$$=\frac{-4\pi}{(2\pi)^3}g^2\int d^3k\frac{1}{(\mathbf{P}-\mathbf{k})^2}\gamma_4\gamma_\mu\psi(\mathbf{k})\gamma_4\gamma_\mu. \quad (3)$$

(3) 式给出 $F_{++}, F_{+-}, F_{-+}, F_{--}$ 的四个方程,转至坐标表象,消去 F_{++} 和 F_{--},得到 $F_1=F_{-+}-F_{+-}$, $F_2=F_{-+}+F_{+-}$ 的联立方程. 对于自旋单态,方程组为

$$EF_2=-\left(\frac{g^2}{r}+M\right)F_1,$$
$$\nabla^2F_1+E^2F_1=\frac{2g^2E}{r}F_2-EMF_2. \quad (4)$$

令

$$F_1=R(r)Y_{lm}(\theta,\varphi), \quad (5)$$

由 (4) 式可得径向方程

$$\frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}\left(r^2\frac{d}{dr}\right)R+\frac{g^2M}{r}R+$$
$$\frac{[2g^4-l(l+1)]}{r^2}R=(M^2-E^2)R. \quad (6)$$

令 $R=\frac{u}{r}$, $\rho=\alpha r$, $u(\rho)=e^{-\frac{1}{2}\rho}f(\rho)$, 则(6)式可化成

$$\frac{d^2f}{d\rho^2}-\frac{df}{d\rho}+\left[\frac{\beta}{\rho}+\frac{2g^4-l(l+1)}{\rho^2}\right]f=0. \quad (7)$$

上面

$$\alpha=2\sqrt{M^2-E^2},\quad \beta=\frac{Mg^2}{\alpha}, \quad (8)$$

本文 1976 年 9 月 3 日收到.

对(7)式采用级数解法,令

$$f(\rho)=\sum_{\nu=0}^{\infty}b_\nu\rho^{\nu+s}, \qquad (9)$$

为满足 $r=0$ 和 $r\to\infty$ 处的边界条件,要求

$$\beta=n_r+s,\ (n_r=0,1,2\cdots) \qquad (10)$$

$$s(s-1)=l(l+1)-2g^4. \qquad (11)$$

由于 β, s 皆为正实数,故由(11)式可得

$$l(l+1)\geqslant 2g^4-\frac{1}{4} \qquad (12)$$

及

$$s=\frac{1}{2}[1+\sqrt{1+4l(l+1)-8g^4}]. \qquad (13)$$

又由(10)和(8)式可得

$$E^2=M^2[1-g^4/4(n_r+s)^2]. \qquad (14)$$

据能量为实数的条件得到

$$\frac{g^2}{2(n_r+s)}\leqslant 1, \qquad (15)$$

(12)式给出了对角动量 l 的限制,(15)式给出了对径向量子数 n_r 的限制. 我们曾讨论过磁氢(由磁荷组成的类氢系统)具有高角动量的问题[3],此处的结果说明,基态处于高轨道态可能是粒子在光子型强耦合下的普遍性特征,并且有时这种高轨道态表现为高角动量态,因而可能存在具有很高自旋的介子.(12)式给出

$$l_{\min}=\begin{cases}48\ (\text{Dirac 情形})[4]\\ 194\ (\text{Schwinger 情形})[5],\end{cases} \qquad (16)$$

这就是Z介子的自旋. 再利用(15)式给出的 $(n_r)_{\min}$,便可求出Z介子质量

$$m_z=(2E)_{\min}=\begin{cases}0.51M\ (\text{Dirac 情形})\\ 0.24M\ (\text{Schwinger 情形}).\end{cases} \qquad (17)$$

根据Z介子的波函数,可估计出其半径约为 $\frac{2}{\alpha}(n_r+s)^2_{\min}\sim 10^3\frac{1}{M}$. 具有高自旋的Z介子的最主要衰变方式可能是多光子衰变 $Z\to n\gamma(n\sim 50$ 或 $200)$.

当半径 $\sim\frac{1}{M}$,由于瞬时近似的失效和可能的磁荷非点状分布,难以给出较为确定的理论处理. 如果在此范围内出现新的能量更低的束缚态,那么高轨道态(Z介子)将会向它跃迁并放出多个光子,这在物理上也是颇为有趣的.

参 考 资 料

[1] Goldstein, J., *Phys. Rev.*, **91** (1953), 1516; Kummer W., *Nuovo Cimento*, **31** (1964), 219; Ito, M. I., *Progr. Theor. Phys.*, **43** (1970), 1035.

[2] Salpeter, E., *Phys. Rev.*, **87** (1952), 328; 中国科学院原子能研究所, 原子能, 1966, 3, 137; Stroscio, M., *Phys. Rep.*, **22C** (1975), 217.

[3] 陆埮、曲钦岳、汪珍如、罗辽复, 磁荷天体和磁氢, 1976年7月合肥天体物理讨论会报告.

[4] Dirac, P. A. M., *Proc. Roy. Soc.*, **A133** (1931), 60.

[5] Schwinger, J., *Phys. Rev.*, **144** (1966), 1087.

[上接 404 页]

1191.

[4] 杨频, 化学通报, 1974, 2, 105.

[5] Phillips, J. C. & Van Vechten, J. A., *Phys. Rev.*, **183** (1969), 3, 709.

[6] Flytzanis, C. & Ducuing, J., *Phys. Letters*, **26A** (1968), 7, 315.

[7] Jha, S. S. & Bloembergen, N., *Phys. Rev.*, **171** (1968), 3, 891.

[8] Patel, C. K. N. *et al.*, *Phys. Rev. Letters*, **17** (1966), 1011; Wynne, J. J. & Boyd, G. D., *Appl. Phys. Letters*, **12** (1968), 191.

[9] Levine, B. F., *Phys. Rev. B.*, **7** (1973), 6, 2600.