

LI ZI YU ZHOU
TAN SUO

粒子宇宙探索

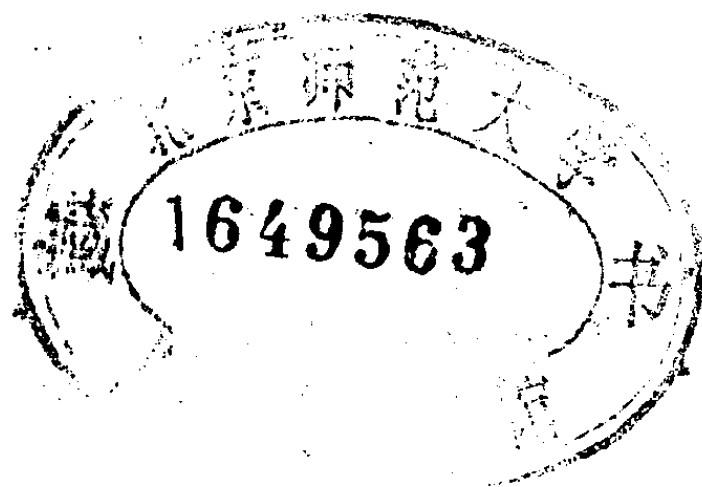
葛旭初 著

科学技术文献出版社

粒子宇宙探索

葛旭初 著

J11135/25



科学技术文献出版社

(京) 新登字130号

内 容 简 介

本书对粒子物理和现代宇宙论中现存的基本问题进行了系统的分析探索,得到了一些新的结论,对一些带根本性的问题作出了统一的解释。本书以辩证思维为基础,重视物理思想和物理概念的分析和论证,尽量不涉及复杂的数学运算。语言浅显,道理深刻,适于不同层次的读者了解粒子物理和现代宇宙论的进展情况和存在问题。

本书对从事物理学、物理学史、哲学、哲学史的研究工作者,特别是大中学物理和哲学教师、学生、研究生都有一定参考价值。

粒子宇宙探索

葛旭初 著

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

中国人民解放军第三军医大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092毫米 32开本 12.875印张 310千字

1993年6月第1版 1993年6月第1次印刷

印数: 1—1200册

科技新书目: 290—104

ISBN 7-5023-1922-0/O·99

定价: 8.20元

前 言

基本粒子、天体物理和宇宙论都是当代理论物理中最活跃的一部分。在这些领域中，由于众多物理学家和数学家的努力，无论是理论上还是实验观测上都取得了辉煌的成就，其中不少学者还获得了诺贝尔物理奖。这说明他们的工作取得了理论和实验观测上的重大突破，而且获得了世界同行的公认。但这是否就意味着粒子、天体物理和宇宙论都已经是完美无缺的理论了呢？当然不是。无论是理论自身的统一，还是实验观测的符合，都表明理论还存在着严重的困难。正如英国L·赖德博士在其所著的《基本粒子与对称性》一书的结束语中所说：“大多数物理学家都承认近几年来已经取得了巨大的进步，但是看来仍然不知道最终的解在哪里。为了把现有的理论纳入一个统一的方案，可能需要提出一些全新的概念；另一方面，我们可能已经具备了所有的资料，而只是需要有人来正确理解它们的意义”。粒子物理的情况如此，天体物理和现代宇宙论的情况就更加如此了。

我是1970年才开始学习和研究基本粒子的，是受坂田昌一的影响。记得《红旗》杂志1965年第6期发表的日本著名物理学家坂田昌一的《关于新基本粒子的对话》一文，引起了我国物理学界普遍的重视，影响非常之大。坂田是研究核物理和粒子物理的。1942年曾提出过两种介子的理论，1955年又提出了著名的坂田模型，对现代物理学做出了重要的贡献。由于他在自己的学习和研究中能够自觉地运用唯物辩证

法，所以《关于新基本粒子的对话》一文，自始至终坚持了马克思主义哲学的基本观点，批判了“一切基本粒子都是物质的原始的正统派的观点”，批判了“数学万能论”，主张“把形的逻辑深化为物的逻辑”。他说：“当看到采用了复合模型的观点，神秘的形的逻辑立即转变为明确的物的逻辑的时候，我心中充满了无限的喜悦”。读《对话》，对坂田的观点，我不仅能接受，而且还产生了强烈的共鸣。这是因为，从1949年起，我们就开始学习《实践论》和《矛盾论》，同时还学习了恩格斯的《自然辩证法》和列宁的《唯物主义与经验批判主义》，并坚持用马克思主义哲学指导自己的教学和科学研究。《对话》使我受到很大启发和鼓舞，我决心转入粒子物理的学习和研究。但由于十年动乱，直到1970年才得以实现。

恩格斯说：“在涉及概念的地方，辩证思维至少可以和数学计算一样地得到有效的结果”。经过几年的学习和探索，我越来越感到现代的粒子物理理论的研究，是越来越抽象和越来越数学化了，而物理图象、物理思想和物理概念却越来越模糊和越来越难以捉摸。不少人认为这是一种偏向，弄不好可能会走进牛角尖死胡同，甚至有可能前功尽弃。如果真是这样，那就不知道要浪费掉多少人的时间和精力，并因此对粒子物理和其它相关学科的发展造成多么大的影响。我也深感这是一个急需解决的问题。要使粒子物理能够健康而有效地向前发展，就必须把数学和物理密切结合起来，至少要把物理思想和物理概念的分析和数学的推导演算置于同等重要的地位，并力争把“形的逻辑深化为物的逻辑”；就必须通过对现有材料（实验的和理论的）的分析，正确了

解它们的物理意义，提出全新的物理概念，以求得粒子物理的突破性的进展。有了以上的初步认识，我决心改用以辩证思维为主的研究方法，进行粒子物理的探索工作。在《对话》一文的影响下，我首先对盖尔曼-西岛法则背后隐藏的物理意义有了突破性的认识，1980年提出了“粒子的电荷二旋量理论”，揭示了电的本质，从而使CP联合反演为什么不变，电荷为什么不随速度改变，电流为什么产生磁场，重子数和轻子数为什么守恒，以及奇异数为什么只近似守恒等带根本性的问题，都有了解释。接着对宇称破坏和CP联合反演进行了探索，到1986年发现除CP联合反演能恢复镜象对称外，反转镜内自旋的方向也可以恢复镜象对称。因此，提出了恢复镜象的两个方案：一个方案改变镜内电荷的符号（CP联合反演不变），另一个则是改变镜内磁极的符号或反转镜内自旋方向。经过反复的对比分析，认识到前一方案是假象，后一方案才真正反映了问题的实质。到1988年才出乎意料地认识到吴健雄等的极化 Co^{60} 实验等，并未真正推翻宇称守恒定律。因此，中微子也不破坏宇称定律。接着对 θ - τ 疑难重新进行了探索，并很快地找出了宇称破坏的真正原因是真空激发产生的没有轨道旋的正反夸克或其它正反粒子对，而且这一结论恰巧和李政道的有关猜想一致。即不守恒的宇称跑到真空中去了，如把真空也计算在内，则宇称P还是普遍守恒。P守恒，C和T更是普遍守恒的。因此，C、P和T守恒定律都仍然是普遍成立的。

由于粒子物理的研究成果越来越多地被运用于近代天体物理和宇宙论，所以我在粒子物理的探索中逐渐了解了一些天体物理和宇宙论的进展情况，觉得天体物理和宇宙论中存

在的问题更多、更乱也更严重，而且有些理论是违反唯物辩证法的基本原理的。于是我从1988年下半年开始便把探索的重点转向了天体物理和宇宙论。经过一年多的探索，我开始认识到当前这一领域中存在的许多带根本性的大问题所以长期得不到解决，其主要原因全在于真空定义的不确切。且由核力的吸引性质和正电子的静质量约较电子的静质量小千分之二以及宇宙常数接近于零的观测实验，我认识到真空只能是被各种粒子和负能反粒子对填满的大海，而不可能再定义成别的什么。将这个真空定义和真空涨落相结合便可得到一个物质和负能反物质对称的宇宙模型，从而天体物理和宇宙论中存在的一些带根本性的问题，便基本上都可能得到统一的解决。而且这种理论还理所当然地与马克思主义哲学的宇宙观保持最广泛的一致性。

上述每项成果都曾使我感到无限的欣慰，因为它们是我在马克思主义哲学的思维方法指导下，经过20多年的努力探索才得到的。我很希望能有更多的人了解它们，并且通过了解这些工作进而了解数学万能论给科学发展带来的危害，了解辩证思维方法的重要，了解究竟用什么哲学指导科学研究最为重要。我写这本书的目的也仅仅是为了这一点。

目 录

第一章 粒子物理与宇宙学的关系

- § 1 电子的自旋及其和动量的方向关系..... (1)
- § 2 狄拉克方程的负能解与真空理论..... (3)
- § 3 狄拉克的正反物质对称宇宙..... (7)
- § 4 海森伯真空及其和狄拉克真空的联系和
区别..... (10)
- § 5 大爆炸宇宙模型及其发展..... (17)
- § 6 本章的小结和讨论..... (21)

第二章 海森伯等效真空和正负能物质对称宇宙模型

- § 1 狄拉克方程解和海森伯等效真空..... (25)
- § 2 核力和原子核的结合能..... (29)
- § 3 真空的第二种激发和大爆炸能产生哪些
粒子..... (35)
- § 4 带电正反粒子对的湮灭和带电负能反粒子
的凝聚..... (39)
- § 5 关于物质和负能反物质对称的宇宙模型
..... (42)
- § 6 和当前流行的大爆炸宇宙模型比较..... (44)
- § 7 真空涨落与物质和负能反物质对称宇宙
模型..... (48)
- § 8 为什么地球上至今尚未发现带电的负能反
物质..... (53)

第三章 类星体的负能带电星体理论

- § 1 类星体的属性和问题..... (58)
- § 2 负能带电星体的基本特性..... (61)
- § 3 对类星体红移的解释..... (64)
- § 4 类星体的能源和射电喷流..... (67)
- § 5 类星体的演化和负能物质场..... (70)

第四章 宇宙的层次和运动转化

- § 1 大爆炸产生的宇宙..... (76)
- § 2 膨胀中的宇宙..... (77)
- § 3 无限的宇宙和宇宙的层次..... (82)
- § 4 宇宙在暴涨阶段产生的物质..... (85)
- § 5 关于死亡天体的复活途径问题..... (88)
- § 6 关于宇宙中吸引和排斥的对立统一问题..... (92)
- § 7 两种宇宙模型的进一步比较..... (98)

第五章 粒子物理发展史中的两起重大事件

- § 1C两起重大事件的简单介绍..... (103)
- § 2 P 联合反演面临的严重困难..... (108)
- § 3 恢复镜象对称的两个方案..... (110)
- § 4 自旋的镜象反演定理..... (116)
- § 5 θ - τ 疑难和李政道猜想..... (120)
- § 6 第二方案和第一方案为什么能在恢复镜象对称上等价..... (126)
- § 7 结论和问题..... (130)

第六章 镜象不对称现象并不破坏宇称守恒定律

- § 1 二分量中微子理论的推广..... (134)

§ 2 自旋和磁场的同向关系·····	(136)
§ 3 第一方案比较切合我们的实际·····	(139)
§ 4 $\Lambda \rightarrow \rho + \pi^-$ 衰变中 π^- 分子分布的不对称也 不是宇称破坏的原因·····	(142)
§ 5 中间玻色子 Z^0 并不破坏宇称守恒定律·····	(144)
§ 6 弱电统一理论中的宇称守恒统一·····	(147)
第七章 非轻子衰变和宇称守恒定律	
§ 1 非轻子衰变的宇称破坏理论·····	(151)
§ 2 宇称破坏理论的介子衰变检验·····	(156)
§ 3 宇称破坏理论的重子衰变验证·····	(162)
§ 4 宇称破坏和作用的强弱究竟有没有关系 ·····	(175)
§ 5 非轻子衰变中的宇称守恒定律·····	(178)
第八章 强子的轻子和半轻子衰变与宇称守恒定律	
§ 1 宇称概念在轻子领域中的推广·····	(180)
§ 2 介子的轻子和半轻子衰变检验·····	(183)
§ 3 重子和重轻子的轻子和半轻子衰变检验	(192)
§ 4 轻子和夸克物理学·····	(198)
§ 5 P 、 C 、 T 守恒定律的恢复·····	(200)
第九章 两种宇称破坏理论的比较	
§ 1 关于非轻子衰变·····	(202)
§ 2 关于轻子和半轻子衰变·····	(204)
§ 3 关于中性 K 介子的理论·····	(206)
§ 4 正反物质世界并不存在绝对差别·····	(213)
§ 5 两种理论的综合对比·····	(217)
第十章 盖尔曼-西岛关系与粒子的电荷二能置公式	

§ 1 盖尔曼-西岛关系	(222)
§ 2 从盖尔曼-西岛关系到粒子的电荷二旋量 公式	(225)
§ 3 向轻子领域的推广	(230)
§ 4 关于电荷分量 J_3 和 T_3 的严格定义	(234)
§ 5 关于物质和反物质之间的关系	(238)
§ 6 正反粒子的重子数和轻子数以及奇异数等 为什么等值反号	(240)
§ 7 “为什么为了求得对称，就必须将物质和 反物质的变换与镜子反射联合起来”	(243)

第十一章 电的本质与粒子的电荷二旋量理论

§ 1 关于电荷守恒定律的解释	(246)
§ 2 电流产生磁场的基本定律	(248)
§ 3 中间玻色子和光子的电荷分量与同位旋	(250)
§ 4 轻子的电荷分量和同位旋	(254)
§ 5 夸克的电荷分量与同位旋	(256)
§ 6 重子的电荷分量和同位旋	(258)
§ 7 介子的电荷分量和同位旋	(261)
§ 8 电荷的二旋量理论	(265)

第十二章 电子的内禀运动及其对真空的影响

§ 1 电子的内禀运动及其自旋和磁矩	(268)
§ 2 粒子的内禀运动和德布洛衣波	(273)
§ 3 静电场和真空的平均位移	(275)
§ 4 磁感强度和真空的转速	(277)

§ 5 简单的结论.....	(279)
第十三章 关于中间玻色子的静质量问题	
§ 1 关于弱作用的力程问题.....	(281)
§ 2 对 $W^\pm$ 和 Z^0 的静质量的估计.....	(284)
§ 3 $W^\pm$ 和 Z^0 的衰变与弱作用和强作用的相互 转化.....	(287)
§ 4 中间玻色子的总质量由什么决定.....	(290)
§ 5 关于喷注现象的解释.....	(292)
§ 6 $W^\pm$ 粒子与能量守恒和转换定律.....	(295)
§ 7 和弱电统一理论比较.....	(297)
第十四章 关于么旋超多重态的质量差问题	
§ 1 $W^\pm$ 粒子形成的质量差.....	(302)
§ 2 $W^{\pm\prime}$ 粒子形成的质量差.....	(307)
§ 3 么旋超多重态的质量差.....	(309)
§ 4 破坏同位旋守恒的原因究竟是什么?	(312)
§ 5 关于作用强弱和作用时间长短的问题.....	(317)
第十五章 电荷的二旋量理论与同位旋守恒及其他对称定律	
§ 1 本征自旋与重子数和轻子数守恒定律.....	(321)
§ 2 本征隐旋与同位旋和奇异数守恒定律.....	(323)
§ 3 电荷的二旋量理论和宇称守恒定律.....	(330)
§ 4 电荷的二旋量理论和动量矩守恒定律.....	(332)
§ 5 结论和问题.....	(335)
第十六章 粒子物理与马克思主义哲学	
§ 1 粒子物理最生动不过地证明了马克思主义 哲学关于一切物质都处于产生和消灭与运 动和转化之中的论断.....	(339)

§ 2 粒子物理证明了马克思主义哲学关于物质和运动的不可分割性与物质和运动的不灭原理.....	(341)
---	---------

§ 3 对质能关系的几种错误理解.....	(346)
-----------------------	---------

§ 4 关于物质的无限可分性.....	(351)
---------------------	---------

§ 5 20世纪的科学革命.....	(354)
--------------------	---------

§ 6 关于基本粒子的组成性问题.....	(358)
-----------------------	---------

第十七章 镜象反演与物质和负能反物质对称宇宙模型

§ 1 关于电场和磁场的镜象反演定理.....	(363)
-------------------------	---------

§ 2 镜象反演和空间反演的联系和区别.....	(367)
--------------------------	---------

§ 3 镜象反演和CP联合反演的区别和联系...	(369)
--------------------------	---------

§ 4 镜象反演与物质和负能反物质对称宇宙模型.....	(375)
------------------------------	---------

§ 5 再论C、P、T守恒定律.....	(379)
----------------------	---------

结束语.....	(383)
----------	---------

第一章 粒子物理与宇宙学的关系

粒子物理学研究的对象是尺度小于 10^{-13} 厘米，质量小于 10^{-23} 克的基本粒子，而宇宙学研究的对象则是尺度于 10^{19} 厘米，质量大于 10^{29} 克的星系。前者称为微观物理学，后者则称为宇观物理学。而现代宇宙论的研究却把两者密切地联系起来。粒子物理又称为高能物理，其理论基础是狄拉克(P. A. M. Dirac)的相对论量子力学。因此，在这一章中，首先将针对本书的需要，介绍并研究狄拉克理论的某些基本内容及其在宇宙学中的应用，接着分析海森伯(W. Heisenberg)的真空概念和宇宙大爆炸学说，指出当代宇宙论存在的困难和问题。

§1 电子的自旋及其和动量的方向关系

1925年，乌伦贝克(G. E. Uhlenbeck)和古斯密特(S. A. Goudsmit)为解释原子光谱的精细结构，曾提出电子具有自旋的假设，认为电子的自旋动量矩为 $\frac{\hbar}{2}$ $\hbar = h/2\pi$ ，(h 是普朗克常数)或自旋为 $\frac{1}{2}$ 。但这只是一种假设，并没有任何理论根据。直到1928年狄拉克研究相对论量子力学，得到了著名的电子波动方程，即狄拉克方程，才从这个方程推得了电子具有 $\frac{1}{2}$ 的自旋，从而才使电子具有自旋的假设有了理论根据。

狄拉克理论的另一重要结果是，测量自由电子的速度分量肯定只能得到 $\pm c$ ，而 c 是光在真空中的速度。然而实际上被观测到的电子速度 v 通常总较光速小得多。于是实验和理论便产生了矛盾。但这个矛盾只是表面现象，因为理论上给出的电子速度分量 $\pm c$ ，是瞬时速度，而被观测得到的速度 v 却总是在某一个小的时间间隔中的平均速度。 $v < c$ 说明电子在任何一个小的时间间隔内，速度 c 都要多次变更方向。就与 v 重合的坐标轴而言，由于速度取 c 的次数多于取 $-c$ 的次数，所以平均速度 u 才小于 c 。设对电子在动量 $p = m\mathbf{v}$ 方向上的速度进行了 n 次测量，且测得瞬时速度为 c 的次数为 n_+ ，为 $-c$ 的次数为 n_- ，则电子的平均速度

$$v = \frac{n_+ c + n_- (-c)}{n} = \langle p \rangle c \tag{1.1}$$

式中

$$\langle p \rangle = \frac{n_+ - n_-}{n} = \frac{n_+ - n_-}{n_+ + n_-} \tag{1.2}$$

显而易见是电子的纵向极化度。（1.1）式表明了电子的纵向极化。而现代的电子纵向极化理论，总是把极化和电子发射的跃迁形式联系在一起进行讨论。但实验证明电子的纵向极化又都与其发射的跃迁形式无关。现在我们由狄拉克的自由电子理论，异常简单地导出了（1.1）式，就可以从理论上说明电子的纵向极化确实与电子的发射没有任何实质性的关系。

由狄拉克方程解和电子的纵向极化实验，我们知道电子的自旋方向和电子运动的方向直接相联。且就高速运动的电子（即速度 v 趋于光速 c 的电子）而言，其自旋总是绕动量 $p = m\mathbf{v}$ 左旋的，且自旋动量矩为 $\frac{1}{2} \hbar$ 。即以左手的拇指指动量

p 的方向时，左手的其余四指总是指自旋的方向，如图1-1所示。

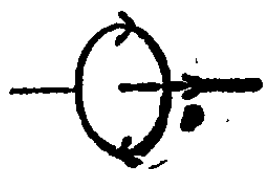


图1-1

当然图1.1只对高速或速度 v 接近于 c 的电子适用，而对速度 $v < c$ 的电子，由于在 n 次速度测量中，只有 n_+ 次得 c ，而另外的 n_- 则为 $-c$ 。取为 c 的 n_+ 次而言，自旋虽仍然绕动量 p 左旋，但取 $-c$ 的 n_- 次，自旋就要绕 $-p$ 左旋即绕 p 右旋了。

分别如图1.2中的 (a) 和 (b) 所示。为便于以后的讨论，

我们引进平均自旋的概念。因为电子绕 c 左旋的动量矩为 $\frac{1}{2} \hbar$ ，故在 n_+ 次取 c 的测量中得电子绕 p 左旋的动量矩

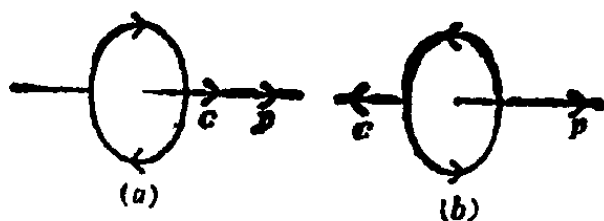


图1-2

$n_+ \hbar/2$ ， n_- 次取 $-c$ 的测量中得电子绕 p 左旋的动量矩 $-n_- \hbar/2$ 。因此，电子绕 p 左旋的平均自旋动量矩

$$J = \frac{n_+ \hbar/2 - n_- \hbar/2}{n} = \langle p \rangle \frac{\hbar}{2} \quad (1.3)$$

$$J = \frac{\hbar}{2} \frac{v}{c} \quad (1.4)$$

由此可见，平均自旋 $\overline{J}$ 总是和瞬时自旋同向的，即电子以小于 c 的速度 v 运动时，平均自旋仍绕动量 p 左旋。因此， $v < c$ 与 $v = c$ 的差别，只需在自旋前加“平均”二字即可。

§ 2 狄拉克方程的负能解与真空理论

负能解可以说是狄拉克的最大发现。当然爱因斯坦 (A. Einstein) 的狭义相对论早就给出了电子的能量 ϵ 和动量 p 具

有如下的关系：

$$\varepsilon^2 = c^2 p^2 + m_0^2 c^4$$

式中 m_0 为电子的静质量。因此，由上式可直接得到

$$\varepsilon = \pm \sqrt{c^2 p^2 + m_0^2 c^4}$$

就 $p = 0$ 的静止电子而言，有 $\varepsilon = \pm m_0 c^2$ ，即正能电子和负能电子之间至少有 $-2m_0 c^2$ 的差距（一般说来，能量差距为 $2m_0 c^2$ ），因为在经典物理学中，所有力学量都只能连续变化，而不可能从正能 mc^2 跃到 $-mc^2$ 。因此，负能解可以认为是没有任何意义的，可以根本不考虑它。但量子理论却根本不同，它允许能量作不连续的跃迁，即它允许正能电子放出 $2mc^2$ 或大于 $2mc^2$ 的能量变为负能电子。这样，正能电子就会无限制地向负能态跃迁，直至所有正能电子变为负能电子为止。因此，常见的电子早就应该不存在了。这显然和已有的观测实验直接相矛盾。所以当时的物理学家（包括狄拉克本人）都认为负能解是狄拉克理论的一大困难。因此，很多人想建立一个没有负能解的相对论电子理论，可结果都失败了。为克服负能电子给理论带来的困难，狄拉克于1931年又提出他的真空理论。这一理论，一方面承认负能电子的存在，另一方面却又认为电子都只能冻结在真空之中，而不能通过观测实验发现它们。他假定在现实的世界中，由于电子遵守泡利（W. Pauli）的不相容原理，所以真空几乎全被负能态电子充满了，或者说真空就是被负能电子填满的大海。当真空中的负能电子从外界吸收 $2mc^2$ 的能量时，它的能量就可由 $-mc^2$ 变为 $-mc^2 + 2mc^2 = mc^2$ ，因此，负能电子就变成了正能电子，同时由质能关系知正能电子的质量就是 m 。假如负能电子在真空中是均匀分布的，而且真空又无限广