

# 相位力学原理

*Xiangwei Lixue Yuanli*

于长丰 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

0572. 2/14

2007

# 相位力学原理

于长丰 著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

相位力学原理 / 于长丰著. —北京: 国防工业出版社,  
2007.9

ISBN 978 - 7 - 118 - 05098 - 1

I. 相... II. 于... III. 相位角—力学 IV. 032

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 040557 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 850 × 1168 1/32 印张 8½ 字数 218 千字

2007 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 22.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

## 前 言

就基本理论而言,物理学曾走过了经典力学、麦克斯韦经典电磁理论、热力学和经典统计力学、相对论和量子力学等能够直接推动人类社会生产力向前发展的几个极其重要和辉煌的阶段。可以说,没有上述基本理论的建立与发展,近一个世纪以来人类取得空前重大的科技进步是完全不可能的——物理学上的这些重大发现和进展,不仅深刻地改变了人类对物理世界的看法,而且正以极大的力度把它的理论和方法向自然科学的其他部门、向现代技术的一切领域、向社会生活的各个方面扩散和渗透,推动着社会文明的全面飞跃。经典物理学奠定了两次工业革命的基础;近代物理学推动了信息技术、新材料技术、新能源技术、航空航天技术、生物技术等的迅速发展,继而推动了人类社会的变化。现代物理学的研究正在上述基本理论的基础上向着更深物质层面的微观、超微观世界和更广物质层面的宇观世界两个方向发展。目前,在微观世界我们有基本粒子标准模型、量子场论和量子色动力学、电弱统一理论、超弦/M 理论等;在宇观世界有广义相对论和正在发展中的量子引力理论等;在物理观测和科学实验方面,也已积累了相当可观的可供利用的宝贵资料和数据。所有这些交织构成了现代物理学的一幅完整而壮丽的画面,为 21 世纪物理学的深化和广泛发展提供了坚实的基础。

物理学是研究物质基本结构和物质运动规律的最一般的学科,在本质上,它是建立在实验基础上的科学。19 世纪末,物质结构的研究开始进入微观领域,在近百年内,人们在这方面取得了重

大的进展:物理学中建立了研究物质微观结构的3个分支学科,即原子物理、原子核物理和粒子物理;发现了高速及微观世界的运动规律,创造了相对论、量子力学及量子场论,20世纪60年代后期相继发展出粒子物理标准模型和关于强相互作用的量子色动力学理论等。

物理学各个分支的发展,在当今形成了一系列前沿领域。在这些前沿领域中,问题最多的可能属于粒子物理学,而这些问题恰好是人类认识物质世界的核心,它们不仅涉及物质结构最小尺度的性质,而且涉及基本力的作用机理。标准模型是近三四十年里逐步发展建立起来的粒子物理理论体系,它综合了粒子物理现有的理论与实验成果,在解释物质的基本组成及其相互作用方面,目前被公认为是最佳的理论体系。按照标准模型,物质的基本组元是三代夸克与轻子,它们之间存在着4种基本作用,即强力、电磁力、弱力与引力。描述强力的理论为量子色动力学,弱电统一理论又把弱相互作用与电磁相互作用做了统一描述。迄今为止,标准模型理论已经成功地通过所有可靠实验的验证。

在标准模型中,质量被作为一个基本常数,它是根据实验数据人为地加到理论中去的,类似的基本常数近20个。到目前为止,标准模型经受住了全部可靠实验的考验,但是对很多问题还不能做出回答,如夸克禁闭、大沙漠问题,基本粒子质量谱以及为什么夸克与轻子有三代的划分?三代间的质量为什么相差悬殊?为什么没有第四代?是什么因素决定了它们质量的大小?另外,理论中所预言的黑格斯粒子是否存在将对标准模型的检验起到至关重要的作用,但至今却未在实验中得到黑格斯粒子存在的确凿证据。更重要的是,在标准模型理论中,无量纲物理常数至少有17个以上,大量基本参量的出现是唯象理论的特征,这表明标准模型还有大量唯象成分。为弥补标准模型的这些不足,克服其理论上的一些困难,不少科学家正探索超出标准模型的新现象、新理论。

#### IV

总之,现有的理论并不是完美无缺的,各种理论之间尽管有一定联系,但还是相对独立的,缺乏一定程度的统一性。另外,许多理论中包含的唯象成分较多。目前,还没有一个较为普适的能够统一描述基本粒子结构和基本相互作用的完整理论。对基本粒子的各种内禀属性,如电荷、自旋、磁矩和动量矩等之间的内在联系还缺乏统一的认识和描述方法;在现有大统一理论中,因理论中包含较多的人为调节参数,弱相互作用、电磁相互作用以及强相互作用还未实现真正意义上的统一;尽管超对称、超弦/M 理论有许多诱人和可取的物理思想,但由于理论所涉及的能量极高,目前,这些理论还缺乏判定性实验证据的支持;在量子力学领域,决定性与非决定性、定域与非定域性的争论到目前为止还没有十分明确的结论。所有这一切说明,现代物理学的进一步发展还面临一些困难,在原有理论基础上有必要寻求或探索新的物理学思想、方法或理论框架等。

作为尝试,作者在现有物理学理论和实验成果的基础上提出了一种可能的关于基本粒子结构和相互作用的理论框架,目的是为现代物理学的发展提供一种新的和可能的研究途径。从物理学的发展史来看,物理学的创造性发展从来没有间断过,而且今天仍在继续,我们不能断言标准模型和量子色动力学将是最终的理论形式,至少并不排除其他理论形式存在的可能性。相位力学原理的提出就是超出标准模型的一种有益尝试,作者对基本粒子的组成及结构、4 种基本相互作用等做了较深入细致的探索和研究,得到了不少有意义的结果。

本书在真空量子化的基本假设下,给出了基本粒子电磁结构和弱电强 3 种相互作用的两个统一场方程,并尝试用这两个方程解决一些实际物理问题,如电荷量子化、夸克禁闭等问题。本书的内容安排如下:导引部分给出相位力学的两个基本假设;第 1 章,给出基本粒子电磁结构统一场方程(PEMU 方程),由此计算出基

本粒子的电荷、自旋并对粒子进行分类(给出 36 种正反夸克、6 种中微子等)等;第 2 章,给出弱电强 3 种相互作用的统一场方程(GUTE 方程),并给出一些相关支持证据;第 3 章,利用 GUTE 方程对夸克禁闭给出理论证明,并将跑动耦合常数的理论计算值与实验值进行了比较;第 4 章,在第 2 章、第 3 章的基础上,给出了粒子散射截面的一般解析计算式,并用实例给予了验证;第 5 章,介绍 GUTE 方程在原子与分子物理中的应用,给出描述双原子分子或分子离子间相互作用的普适性解析势能函数,并给出了若干计算实例;第 6 章,介绍 GUTE 方程在核物理中的应用,对原子核比结合能和核素最大极限值等给出解析推导与计算;第 7 章,介绍 GUTE 方程与相位分布函数的联合应用,对量子隐形传态、汤川型相互作用的动力学机理等给出理论解释;第 8 章,介绍 GUTE 方程的其他一些应用情况;第 9 章,阐述了引力的产生机制,给出了牛顿引力常数的解析表达式并从理论上解释了该常数的宇宙学意义。

作为新的理论框架,没有前人的工作成果和现代物理学一些实验数据的支持,相位力学的提出是不可能的,在撰写本书的过程中,作者曾学习和参考过不少专著或文献,受益很多,同时也感到自己孤陋寡闻、学疏识浅,还有许多东西需要进一步学习和研究。最后,西安交通大学朱长纯教授、河南师范大学理论物理研究所薛晓舟教授审阅了本书的初稿,提出了宝贵的意见,谨在此表示深切的谢意。当然,因作者水平所限,书中一定还存在不少缺点甚至错误之处,恳请读者予以指正。

于长丰

# 目 录

导引 .....	1
<b>第 1 章 基本粒子电磁结构的统一场方程 (PEMU 方程) .....</b>	<b>3</b>
1.1 PEMU 方程的建立 .....	3
1.1.1 基本粒子的内部相位场与界面相位场 .....	3
1.1.2 基本粒子的波动半径 .....	4
1.1.3 PEMU 方程 .....	5
1.2 基本粒子的电荷 .....	6
1.3 基本粒子的自旋 .....	10
1.4 基本粒子的磁矩、粒子与反粒子 .....	12
1.4.1 基本粒子的磁矩 .....	12
1.4.2 粒子与反粒子 .....	13
1.5 麦克斯韦方程组 .....	15
1.6 单态、双组态和三组态粒子 .....	18
1.6.1 单态、双组态和三组态费米子 (共 72 种) .....	18
1.6.2 单态、双组态和三组态玻色子 (共 71 种) .....	20
1.7 PEMU 方程的微分形式 .....	21
参考文献 .....	25
<b>第 2 章 弱电强统一场方程 (GUTE 方程) .....</b>	<b>26</b>
2.1 GUTE 方程的建立 .....	27
2.1.1 真空生成与湮灭原理 .....	27
2.1.2 真空量子之间的相互作用 .....	28



2.1.3	粒子相位场在空间的分布及同化相位场强	31
2.1.4	GUTE 方程的导出	35
2.2	弱、电、强无量纲耦合常数	39
2.3	汤川强耦合常数的计算	40
2.3.1	单 $\pi$ 介子和多 $\pi$ 介子交换势下的汤川耦合常数	40
2.3.2	单 $\pi$ 介子交换势下的平均汤川耦合常数	43
2.4	相同力程下弱耦合常数和强耦合常数的比较	44
2.5	无量纲弱耦合常数、电弱统一能量、弱作用截面及轻子半径的理论计算	46
2.5.1	弱耦合常数与弱作用截面及能量的关系	46
2.5.2	弱作用截面与能量的关系	47
2.5.3	弱耦合常数与弱作用截面的关系	50
2.5.4	轻子半径的理论估算	51
2.5.5	费米弱作用常数的能量适用范围	52
	参考文献	53
<b>第3章</b>	<b>夸克禁闭的理论证明</b>	<b>55</b>
3.1	引述	55
3.2	强子夸克模型的约化	57
3.3	夸克的相对论质量及强子口袋半径	59
3.4	强跑动耦合常数及渐近自由的精确计算	60
3.4.1	强作用力程与强跑动耦合常数的导出	60
3.4.2	能量标度参量 $\Lambda$ 和 $\Delta\Phi$ 的计算	63
3.4.3	强跑动耦合常数的计算	65
3.5	口袋半径与色荷的计算	73
3.6	夸克的解禁能量	75
3.7	统一的弱电强跑动耦合常数	76
	参考文献	78
<b>第4章</b>	<b>散射态计算</b>	<b>80</b>
4.1	截面计算公式	80

4.1.1	截面计算公式的理论导出	80
4.1.2	费米弱作用常数的解析表达式及理论估算值	81
4.1.3	截面的极值分析	82
4.1.4	截面起点能量的估算	84
4.1.5	微分截面	86
4.2	截面计算实例	87
4.3	散射截面与作用力程及势能函数的关系	91
4.3.1	截面与作用力程的关系	91
4.3.2	截面与粒子势能函数的关系	91
4.3.3	截面与跑动耦合常数的关系	93
4.3.4	势能函数的重整化	94
4.4	共振态和奇异粒子	96
4.4.1	共振态	96
4.4.2	奇异粒子	99
4.5	RCP 方程组	102
	参考文献	106
<b>第 5 章</b>	<b>GUTE 方程在原子与分子物理中的应用</b>	<b>108</b>
5.1	引述	108
5.2	由 GUTE 方程导出普适性解析势能函数	108
5.3	势能曲线的基本形态	115
5.4	面心立方金属的线膨胀系数和杨氏模量	115
5.4.1	线膨胀系数和杨氏模量的导出	115
5.4.2	线膨胀系数和杨氏模量的关系	120
5.5	由线膨胀系数获得解析势能函数	121
5.5.1	由单调节参数 $\Delta\Phi$ 表示的解析势能函数	121
5.5.2	$\Delta\Phi$ 与线膨胀系数的关系	122
5.6	$\text{Cu}_2$ 分子和 $\text{Cu}_2^+$ 分子离子势能函数的精确研究	123
5.7	$\text{PdH}$ 分子势能函数的精确研究	126
5.8	55 种低激发态双原子分子力常数的解析计算	128

5.9 双原子分子光谱的精确解析计算 .....	132
参考文献 .....	142
<b>第6章 GUTE 方程在核物理中的应用 .....</b>	<b>145</b>
6.1 引述 .....	145
6.2 原子核比结合能的解析推导与计算 .....	145
6.2.1 原子核的表面结构处理及核子的空间利用率 .....	146
6.2.2 原子核半径的解析计算式 .....	148
6.2.3 表面核子与周围核子的实际接触数目 .....	149
6.2.4 表面核子受力分析及 $\beta$ 稳定线的导出 .....	150
6.2.5 原子核比结合能的解析推导 .....	154
6.2.6 800种核素比结合能的解析计算 .....	162
6.3 原子核的最大临界自发裂变参量 .....	168
6.4 核素的极限值 .....	170
参考文献 .....	172
<b>第7章 GUTE 方程与相位分布函数的联合应用 .....</b>	<b>173</b>
7.1 量子隐形传态的动力学机理 .....	173
7.2 量子隐形传态的传播速度 .....	180
7.3 汤川型相互作用 .....	181
参考文献 .....	183
<b>第8章 GUTE 方程的其他应用 .....</b>	<b>184</b>
8.1 反氢原子能级及光谱的经典定性研究 .....	184
8.1.1 反氢原子的能级及正电子的轨道方程 .....	184
8.1.2 反氢原子的光谱 .....	187
8.2 氢原子的基态经典振子模型 .....	189
8.2.1 引述 .....	189
8.2.2 基态氢原子经典一维谐振子的模型计算 .....	189
8.2.3 小结 .....	193

8.3	氢分子离子 $H_2^+$ 的键长和离解能 .....	194
8.4	金属单晶体杨氏模量的微观定量研究 .....	196
8.4.1	原子受力分析及理论推导 .....	196
8.4.2	杨氏模量理论值与实际值的比较 .....	203
8.5	相对论和量子力学基本关系式的内在统一性 .....	205
8.5.1	引述 .....	205
8.5.2	相对论和量子力学基本关系式的推导 .....	206
8.5.3	相对论动能的另一种表示式 .....	210
8.5.4	粒子质量和物质波 .....	211
8.5.5	小结 .....	214
8.6	光子的动量和光速不变原理 .....	215
8.6.1	光子动量与自旋的取向关系 .....	215
8.6.2	光速不变原理 .....	219
8.7	中微子、反中微子的动量和自旋的取向关系 .....	222
8.8	夸克的静止质量 .....	227
8.9	金属晶体的结合能、力常数及线膨胀系数 之间的关系 .....	228
	参考文献 .....	233
<b>第9章</b>	<b>引力理论 .....</b>	<b>236</b>
9.1	引力理论的研究现状 .....	236
9.2	引力的起源 .....	238
9.3	无量纲真空量子耦合常数和牛顿引力常数 .....	244
9.3.1	无量纲真空量子耦合常数 .....	244
9.3.2	牛顿引力常数的解析式 .....	247
9.4	无量纲真空量子耦合常数和牛顿引力常数的 宇宙学意义 .....	248
9.5	物体与引力场的相互作用 .....	254
	参考文献 .....	256

## 导 引

现代物理学认为,量子场是物质的基本存在形式,量子场的激发或退激即代表粒子的产生或消失。量子场系统的能量最低状态就是真空。由于实物粒子是真空的激发态,其性质必然与真空的性质和结构有着密切的联系。真空不但为各种微观现象提供了表现背景,而且各种微观现象(包括实物粒子的生成和湮灭)都起源于真空中某种更为基本的相互作用。真空有着复杂的结构和性质,这一点已被现代物理学的理论和实验所证明(真空具有零点能振荡、极化、对称性自发破缺、相变等一些物理性质)。那么,真空的本性是什么?它是否是由性质和结构相对稳定的一种更为基本的物质组元组成的呢?要深入探索和研究真空的结构及其内部相互作用机理,以及基本粒子的生成等问题,就不能回避这一问题。真空的性质及其结构不但是哲学关心的问题,也是物理学的基本问题。

由真空生成的各种微观粒子都有着一些固定和相对稳定的物理性质,如电荷、自旋、磁矩和动量矩等。这说明微观世界的物质构成、性质及其结构都表现出强烈的内在统一性——暗示着真空是由某种结构和性质稳定的更为基本的物质组元组成的,不妨称其为真空量子。

关于真空量子的基本信息,必然在现有的理论中有某种隐匿的表现。在现代物理学中,相位是个十分重要的概念,且已获得广泛的应用。许多物理效应(如 A - B 效应、波的干涉等)包括一些基本和前沿物理学问题都与相位有关,对各种量子场以及真空态的描述也都离不开相位这个概念。真空作为量子场的一种特殊形态,在本质上是一种相位因子场。我们认为,作为构成真空的基本

单元——真空量子应具有和相位因子相同的结构,这个相位因子的一般表示形式为

$$Q = Q_0 \exp[j(\omega t + \Phi)]$$

因此,真空可以看作由真空量子组成的复相位因子场。基本粒子作为真空的激发态是由真空量子组成的,本质上也是复相位因子场。基本粒子的各种内禀属性,以及基本粒子与真空之间、基本粒子与基本粒子之间的相互作用均是由这种复相位因子决定的。由此可得出相位力学的两个基本假设。

(1) 真空、各种量子场以及实物粒子都是由一种具有复相位因子结构且性质稳定、不可分割的最小物质基元——真空量子构成的。

(2) 由真空量子构成的复相位因子场决定了基本粒子的各种内禀属性及其之间的相互作用。

# 第 1 章 基本粒子电磁结构的 统一场方程 (PEMU 方程)

## 1.1 PEMU 方程的建立

### 1.1.1 基本粒子的内部相位场与界面相位场

PEMU 方程是关于基本粒子各种内禀属性(如电荷、自旋、磁矩等)的一个统一场方程,是关于相位力学两个基本假设的理论延伸和形式化表述。假设真空量子的相位场决定了基本粒子的性质,不妨用电磁量  $Q$  来表示粒子相位场的分布情况,根据导引中的基本假设,则有

$$Q = Q_0 \exp\{j[\omega t + \Phi(r, \theta, \varphi)]\} \quad (1.1)$$

式中:  $Q_0$  为一待定常数;  $\Phi(r, \theta, \varphi)$  代表粒子内部坐标点  $(r, \theta, \varphi)$  处真空量子的初相位;  $r, \theta, \varphi$  为粒子内部坐标变量,且  $0 \leq r \leq R$ ,  $0 \leq \theta \leq 2\pi$ ,  $0 \leq \varphi \leq \pi$ , 这里  $R$  为粒子的特征波动半径,即在本理论中默认基本粒子有一个有限的半径。

由式(1.1)可知,  $Q$  包括实部与虚部两部分,且在一个周期内实部与虚部的符号是变化的,这意味着  $Q$  共包括 4 种基本属性,不妨称为正阳、负阳、正阴和负阴,分别用符号  $P^+$ 、 $P^-$ 、 $jS^+$  和  $jS^-$  表示这 4 种属性。假设粒子的电磁性质与这 4 种性质相对应,并定义  $jS^+$  代表正电性,  $jS^-$  代表负电性,而  $P^+$  和  $P^-$  分别代表正磁性(N 极)和负磁性(S 极)。因自然界中还存在着中性的基本粒子,而  $P$  与  $jS$  的 4 种组合态即  $P^+ + jS^+$ 、 $P^+ + jS^-$ 、 $P^- + jS^+$  和  $P^- + jS^-$  则代表了 4 种中性的基本粒子。

注意到式(1.1)中,  $Q$  在一个变化周期内的积分值为 0, 所以  $Q$  并不代表基本粒子的真实电荷或磁荷。式(1.1)仅反映了基本粒子内部相位场的分布情况。对于稳定的基本粒子, 可以将它看成一个由真空量子所组成的致密的连续体, 意味着其内部的相位场将完全封闭在粒子表面的内部, 而与外部的真空不产生直接的相互作用。进一步说, 基本粒子对外所表现的各种物理性质仅取决于粒子表面相位场的分布状态, 而与内部相位分布状态无关。粒子表面的相位分布函数应与  $r$  无关, 由式(1.1)可得

$$Q_s = Q_0 \exp\{j[\omega t + \Phi(\theta, \varphi)]\} \quad (1.2)$$

$Q_s$  为粒子界面的电磁分布函数, 而  $\Phi(\theta, \varphi)$  为界面相位分布函数。

### 1.1.2 基本粒子的波动半径

物质的基本属性只有通过物质运动才能表现出来, 而运动是在时间与空间的环节内展开的。粒子的基本属性也是一种运动效应, 不但与粒子界面的电磁分布函数有关, 而且与粒子波动半径的波动规律有关。目前, 从理论上给出粒子半径波动规律还有困难, 但可唯象地假定有如下 3 种基本形式, 即

$$R_1(t, \varphi) = R_0 + H \sin \varphi \cos \omega t \quad (1.3)$$

$$R_2(t, \theta, \varphi) = R_0 + H \sin \varphi \cos(\omega t - n\theta) \quad (1.4)$$

$$R_3(t, \theta, \varphi) = R_0 + 2H \sin \varphi \cos n\theta \cos \omega t \quad (1.5)$$

式中:  $R_0$  为粒子的特征波动半径;  $H$  或  $2H$  为粒子表面的振幅;  $n$  为整数。

分别称  $R_1(t, \varphi)$ 、 $R_2(t, \theta, \varphi)$  和  $R_3(t, \theta, \varphi)$  为球面纵波、球面行波和球面驻波粒子波动半径。对于式(1.3)和式(1.4),  $0 < H < R_0$ ; 对于式(1.5),  $0 < 2H < R_0$ 。注意到粒子半径表示式中的第二项代表了粒子半径的变化量, 因此, 一般情况下, 粒子的波动半径可用如下通式来表示, 即



$$R(t, \theta, \varphi) = R_0 + \Delta R(t, \theta, \varphi) \quad (1.6)$$

### 1.1.3 PEMU 方程

由式(1.2)表示的复相位因子代表了粒子的一种内在运动性质,而由式(1.3)~式(1.5)表示的粒子半径的波动则代表了一种外在的运动形式。粒子的电磁性质是这两种运动形式的综合效应。建立 PEMU 方程的基本思想是,将粒子的电磁性质归结为这两种运动形式的某种“组合”<sup>[1]</sup>。为此,可构造出如下表达式,即

$$W = \frac{1}{2\pi^2} \oint_D \left\{ \frac{\int_0^T R(t, \theta, \varphi) Q_s(t, \theta, \varphi) dt}{\int_0^T R(t, \theta, \varphi) dt} \right\} d\theta d\varphi \quad (1.7)$$

式中:积分区域  $D$  为  $0 \leq \theta \leq 2\pi, 0 \leq \varphi \leq \pi$ ;  $T$  为函数的周期。

限定  $R(t, \theta, \varphi)$  取式(1.3)~式(1.5)中的函数形式,注意到式(1.2)及  $\int_0^T R_0 \exp(j\omega t) dt = 0, \int_0^T \Delta R(t, \theta, \varphi) dt = 0$ , 则式(1.7)可写成

$$W = \frac{Q_0}{2\pi^2 R_0 T} \oint_D \left\{ \int_0^T \Delta R(t, \theta, \varphi) \cdot \exp\{j[\omega t + \Phi(\theta, \varphi)]\} dt \right\} d\theta d\varphi \quad (1.8)$$

式(1.8)即基本粒子电磁结构的统一场方程。选择适当的界面相位分布函数  $\Phi(\theta, \varphi)$  可由式(1.8)给出基本粒子的电荷、自旋以及磁矩量子数等。

有时需要对粒子表面的某一区域进行积分计算,这时可用下式进行计算,即

$$W_D = \frac{Q_0 \iint_D \left\{ \int_0^T \Delta R(t, \theta, \varphi) \exp\{j[\omega t + \Phi(\theta, \varphi)]\} dt \right\} d\theta d\varphi}{R_0 T \iint_D d\theta d\varphi} \quad (1.9)$$