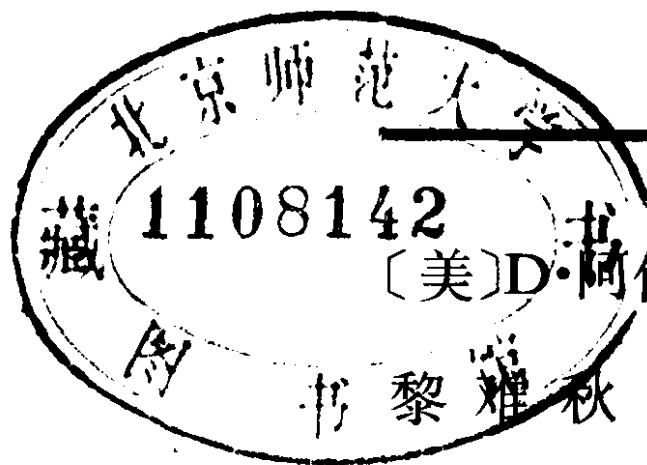


物理学前沿及其社会作用

科学出版社

541.182/08

物理学前沿 及其社会作用



[美]D·阿伦·布朗利 著

戴培林

王昌燧

译

安徽科学技术出版社

责任编辑：孙述庆

封面设计：徐捷

THE FRONTIERS OF PHYSICS
AND
THEIR ROLES IN SOCIETY

物理学前沿及其社会作用

[美]D·阿伦·布朗利著

黎难秋 戴培林 王昌燧译

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路1号)

安徽省新华书店发行

安徽新华印刷厂印刷

*

开本850×1168 1/32 印张2.75 插页2 字数71,000

1983年3月第1版 1983年3月第1次印刷

印数1—5,500

统一书号：13200·46 定价：0.45元

内 容 提 要

本文全面论述物理学所有重要分支方面的最新进展,同时举例说明这些分支的进展在社会上的最新应用。它表明过去五年,不仅就涉及宇宙结构和动力的基础发现而言,而且就这些发现和其它发现对于减少人类问题的实际应用而言,均属科学史上振奋人心、硕果累累时期之最。全文的重点,放在学科间的协调性和远景的展示方面。

JY1182108

译者的话

本书作者戴维·阿伦·布朗利，是美国著名物理学家、理科博士、文学硕士、美国科学艺术研究院院士，现为美国耶鲁大学物理学教授、物理系主任，西部Wright核结构实验室主任。他还兼任许多重要机构的领导职务，例如：美国自然科学基金委员会主任，美国国家科学基金委员会核科学委员会主席，国家物理评述委员会主席，国家研究委员会物理科学局主任等。此外，他还是橡树岭国家实验室、布鲁海文国家实验室、《科学新闻》社、贝尔实验室、McGraw-Hill出版社、国家科学基金委员会等单位的顾问。

一九七八年，国际理论物理与应用物理协会在瑞典斯德哥尔摩召开第十届全会，布朗利应邀在会上作特别报告。会后，他的报告作为专著出版，也即本书。本书全面概述了物理学各重要分支的最新进展及其社会作用，内容新颖，图文并茂，适合于从事物理学各领域科研和教学的技术人员阅读，也可供中等专业学校和中学教师、理工科大学高年级学生阅读参考。

在翻译本书的过程中，承蒙我校董秉刚教授、项志遴教授、尹鸿钧副教授、解俊民副教

授、白贵儒副教授以及华新民、卢炬甫老师协助校审，在此一并致谢。

本书译自《Physica Scripta》vol. 19, 1979 No.3 March. 由于我们的水平所限，译文中难免有错误和不妥之处，恳请广大读者指正。

黎难秋

戴培林

王昌燧

1982年于中国科学技术大学

科学是可以认识的。一个人认识了物理学中的非生物领域,更确切地说,认识了全体事物的终极实质,他就认识了物理学。随着他的知识日益渊博,原先似乎纷纭繁杂、变幻莫测的事物,则可看成本质简单而在深入的意义上又是有序的。由于环境的制约和智慧的局限,因此要理解我们所见各种事物作用的实质,更好的办法就是在使自然界适应人类的同时,人类也适应自然界。

引自《Physics in Perspective》第 I 卷,
第55页。华盛顿特区,美国国家科学院,1972.

目 次

1. 导论.....	(1)
2. 粒子物理学.....	(4)
3. 核物理学.....	(17)
4. 等离子体物理学.....	(32)
5. 原子和分子物理学.....	(38)
6. 凝聚态物理学.....	(47)
7. 声学.....	(56)
8. 流体力学.....	(58)
9. 天体物理学.....	(63)
10. 超引力	(72)
11. 新以太	(76)
12. 结语	(79)

1 导论

引用《物理学展望》所下的物理学定义，这似乎特别适合于理论物理与应用物理国际协会。科学早已惊人地促进着整个人类生活水平的提高，也改进了我们社会的结构。对这些进展，我们有时往往会忘记或认为是不言而喻的。我相信，迄今人们所看到的还只是一个开端。在所有学科中，物理学大概是最具有国际性的学科，它有可能并有责任把这种为社会谋福利的形势继续下去，而且最重要的是将这些福利扩展到占世界极大部分的发展中地区去，因为迄今为止，这些地区——不管什么原因——还没有得到这方面利益。

自1975年上届慕尼黑国际大会以来，物理学得到了生气勃勃的发展，其影响越来越深远，试图对这样一个学科作全面评述，显然一开始就注定难以成功。因而，我仅试图例举纯属本人目前选择的物理学各分支获得的新进展，以及这些分支在我们应付当代社会所提出的问题和挑战方面的用途。

我回避了“理论的”和“应用的”这样的形容词。我确信，与其说有理论物理学和应用物理学，不如说有好的物理学和糟的物理学。任何好的物理学，不论它是理论的还是应用的，都是由物理学家研究动机（并非物理学本身）所决定的。这些应用除了提供上述福利外，还给培育和支持国际物理事业的社会提供了一座相互联系的桥梁。置身于这一事业的我们，享受着能在人类最伟大的一项探索中发挥作用的特权。这种探索，就是要从本质上认

识事物的行为。虽然社会常常会很抽象地把这种探索认作是现代文化不可缺少的一部分，但物理学界主要还是通过应用产生着极大的影响。

在这个时刻，我有机会把这一专著奉献给各位，深感荣幸。我认为，就物理学而言，过去的几年是自量子力学创立以来最为激动人心的时期，因为这几年，对事物的认识有了根本性的突破。

在这一论文中，我将采用物理学各分支所固有的层次：

相对论天体物理学

粒子物理学

核物理学

等离子体物理学

原子和分子物理学

凝聚态物理学

流体物理学

声学

光学

力学

相对论天体物理学或宇宙学(也许还包括地球物理学)，它探讨时空本身的基本结构，研究宇宙的开始、发展和终结，研究自然界的基本对称性。若没有物质，那宇宙就死寂一片。粒子物理学研究的是物质的最基本内容，即物质的基本组元，自然界的基本作用力，还研究支配物质结构的基本对称性。粒子在它第一个聚集层次中，结合成地球自然环境中存在的从氢到钷的原子核，而在我们这部分宇宙较早的、更猛烈的元素形成时期，粒子显然曾结合成种类更繁多的原子核。强大的电磁力迫使物质大规模聚集，总体上它是电中性的，即带正电的原子核与电子混合成物质的第四态——等离子态。事实上，可以认为宇宙中90%以上的物质是以某种等离子态存在着的。

然而，当温度下降到更接近地球(它是环绕着熟知的在太空

中最普通的一颗恒星运动的典型行星)表面温度时,原子核与各原子壳层组成中性的原子。各种原子更复杂的集聚形成了种类繁多的分子,由各种化学分子直至生命分子。继续冷却导致了各种原子和分子进一步集聚,从而产生了液体,之后又产生了固体——凝聚态物质。流体仍然是我们环境的基本成份,它又是科学上突出的难题。用固体,我们制造出各种日常用品。通过声学、光学和力学这些古老而又是物理学非常活跃的宏观分支,人们在继续深入地研究着固体的性质。

这样,我们所涉及的范围很广,从已知宇宙的外层边缘直到原子中心的深处;从最奥秘的超引力的推测直到医学、技术和普通居民日常生活中的应用。这确实是一项伟大的探索事业!

在考虑不同分支的情况时,我将不按照上述一览表顺序,(我希望读者将会明白这样做的理由)而把相对论天体物理学或宇宙学放到拙著的末尾。现在,我从粒子物理学谈起。

2 粒子物理学

在二十世纪五十年代，粒子物理学经历了极为激动人心的时期。当时，从设备越来越复杂、能量越来越高的加速器射线束流中发现了越来越多的“基本粒子”。这些粒子的产生，是由于很高的能量被转移到很小的空间之中，其间，能量实体被转化为基本粒子族中的一些暂态成员。基本粒子族包括着介子（即从 π 介子、 K 介子直到 ρ 、 ω 和 ψ 等一系列介子）和重子（即从质子、中子直到 Ω 粒子等一系列重子），还包括与这些粒子相应的反粒子。如此众多成员的粒子族，无疑不可能全是真正基本的，其间关联终究会被发现的，我们知道，若自然界存在着三种称之为夸克*的很重实体，它们以数学群 $SU(6)$ 的对称结构互相作用着的话，那么为我们熟知的这些粒子的结构、动力学特性及其相互作用就能理解了。尽管我们曾作了不少深入的研究，但至今还没有获得观察到自由夸克的可靠证据，夸克禁闭被看作是强相互作用径向关系假设的推论。例如，人们试图从某个重子中打出一个夸克，就要用极高的能量，这一能量就会被用来产生出一个夸克反夸克对，而其中的反夸克就会同原来物质中存在的夸克耦合成物理介子。

除了强子，自然界还有轻子（包括电子、 μ 介子及其各自相应的中微子以及每个粒子的反粒子）、它们只有弱相互作用，而没有强相互作用。据我们所知，这些粒子才是真正的基本粒子，其内部尚

译者注：*夸克是国外对构成介子与重子的更深一层“基础粒子”的称呼，而在国内常称为层子。

无复合结构的迹象。

二十世纪六十年代的后期和七十年代的前期，粒子物理学的发展不那么令人满意，虽然规律的描述达到了人们所期待的简化，但理论在迅速发展，实验验证却很少。而在一九七四年九月，在布鲁海文实验室的强相互作用实验和斯坦福实验室电磁相互作用实验中，几乎同时发现了一种全新的粒子，这一个划时代的发现，使粒子物理学的局面全然改观。图 1 说明这个发现，它是从斯坦福的斯佩拉(SPEAR)储存环的正负电子湮灭作用中得到的。 ψ 共振态有这样长的寿命(根据测不准原理，能带越窄，寿命越长)，表明它是由与过去所知实体根本不相同的实体组成的，因而它不易衰变成较低能量的组态。它无疑是由一个新夸克及其反夸克(即所谓的粲夸克对)所组成； ψ 粒子的激发态和粲介子(即由一个粲夸克或一个反粲夸克与一个正常的夸克组成)陆续地从湮灭实验中观察到。最近，人们还认为适于研究的加速器能量在 8 GeV 左右为宜，由图 1 可以看出这样考虑的合理性。

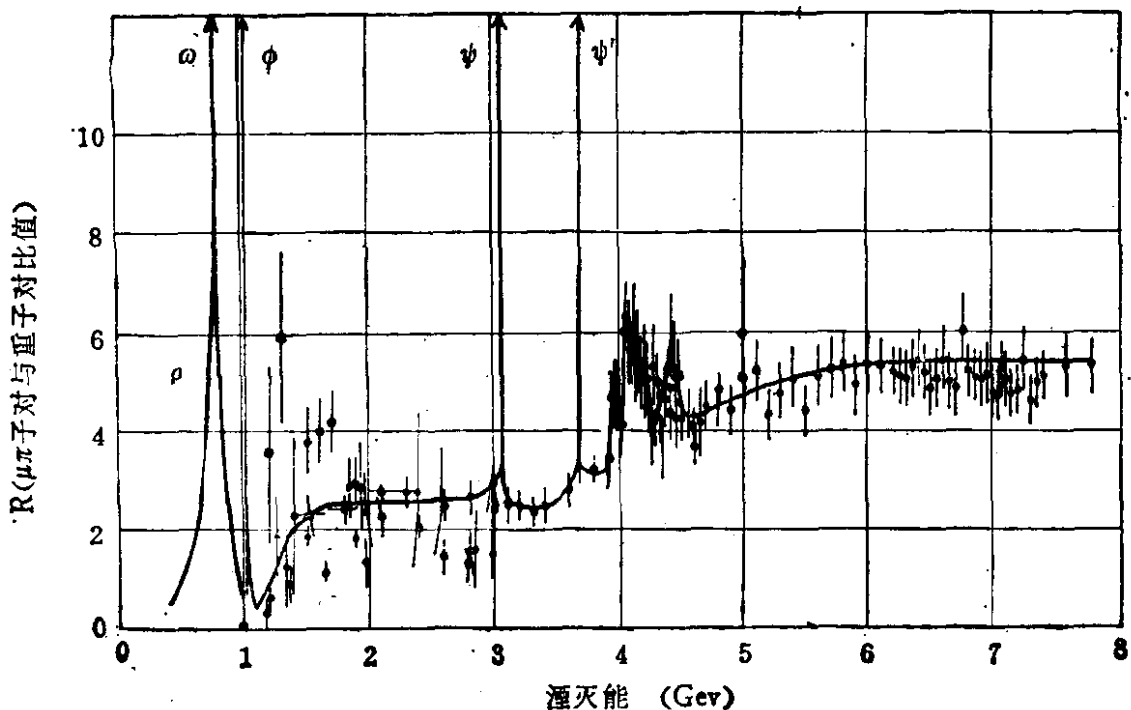


图1 比值 R 从能量小于 3 GeV 时的 2.5 左右提高到能量大于 5 GeV 时的 5.5，产生了一个新种类的夸克阈横穿上述能区 ($3 \sim 5 \text{ GeV}$)，这可用

来较好地解释 R 值的提高。除 R 值有一般提高外，更为引人注意的是曲线有一系列特别窄的高峰。其中三个聚集在能量为 1 GeV 附近的峰，代表 ρ 、 ω 、 ϕ 介子的产生，它们的夸克构成分别是 $u\bar{u}$ 、 $d\bar{d}$ 、 $s\bar{s}$ 。在 3.1 GeV 处的尖峰是 ψ 介子，它由一个 $c\bar{c}$ 对构成。 ψ 是在1974年测量 R 过程中被发现的；带撇的 ψ (即 ψ')是相同 $c\bar{c}$ 系统的激发态，它是在发现 ψ 的十天后被找到的，在 4 GeV 处的宽峰代表几个短寿命粒子，现在认为 4 GeV 是一对粲介子的产生阈。

新粲介子的发现，显然揭示出粒子物理学一个完全崭新的领域。上(u)、下(d)、奇异(s)三种夸克结合在 $SU(6)$ 的对称框架中，产生出图2所示的已熟知的全部强子。当发现有新粲夸克后，

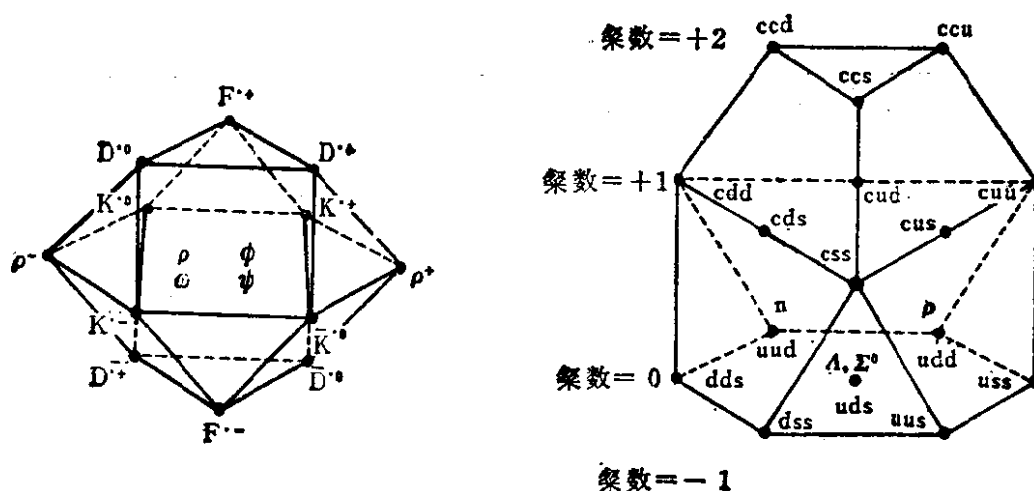


图2强子族规定了各夸克间所有可能的组合，有几种不同的族，每族相应本征角动量的一个允许值，这里画出的是带1个单位自旋的介子和带 $1/2$ 单位自旋的重子。迄今，我们仅观察到在粲数为0的平面上的粒子，然而这个粲粒子的发现意味着还一定存在着所有其它的粲粒子(每个至少包含一个粲夸克 C)。 ψ 粒子构成了

一个四粒子的群，这个群在自旋为1的介子阵列的中心。 D^0 、 D^+ 和 F^+ 介子是另一个介子族的成员，它们的自旋为零，但它们的激发态 D^{*0} 、 D^{*+} 和 F^{*+} 属于自旋为1的群，已发现了 D^{*0} 和 D^{*+} 及其反粒子。迄今为止，观察到粲重子的证据仍不多。

预料会得到一种包含有粲夸克或者反粲夸克的全新粒子，它们确实陆续被发现了。

更令人兴奋的是，费米实验室从强相互作用中得到的结果（如图3所示），后来又为汉堡德塞（DESY）实验室电子正电子储存环的回转装置上（*tour-de-force*）所证实。这一结果有迹象显示，存在着由更重的新夸克及其反夸克组成的介子即依拍西隆（ Υ ）介子以及它的激发态。在欧洲，这个新夸克被命名为“美丽”（ b ）*，而在美国，仿效原来的非奇异夸克即“上”和“下”夸克的名称，采用较平凡的名称——“底”*。

在强子世界中有这些发现的同时，斯坦福的一个研究小组获得了第五种和第六种轻子的证据，它们是比 μ 介子更重的 τ 介子及其相应的中微子 τ_ν 。这样，我们总共有了六个轻子。

大多数粒子物理学家相信，一旦达到更高的能量（这正是汉堡、斯坦福、康奈尔和苏联诺伏西勃斯克将着手达到的），第六种夸克（ t ）将被观察到。它在欧洲被称为“真理”，而在美国仍用较平凡的名称——“顶”**。这个预测最初基于对称性理论，看来它还将是更基本理论的推断。

许多物理学家常因一些带有深奥哲理的问题所困扰。自然界为什么会按群 $SU(6)$ 的框架构成呢？六个轻子和约有六个基本夸克是否把自然界的一切现象都包括进去了？是否还会发现其它的基本粒子？是否还要用其它群来描述？特殊的数“6”究竟意味

译者注：*原文分别写的是“真理”和“顶”，似有误。

**原文分别写的是“美丽”和“底”，似有误。

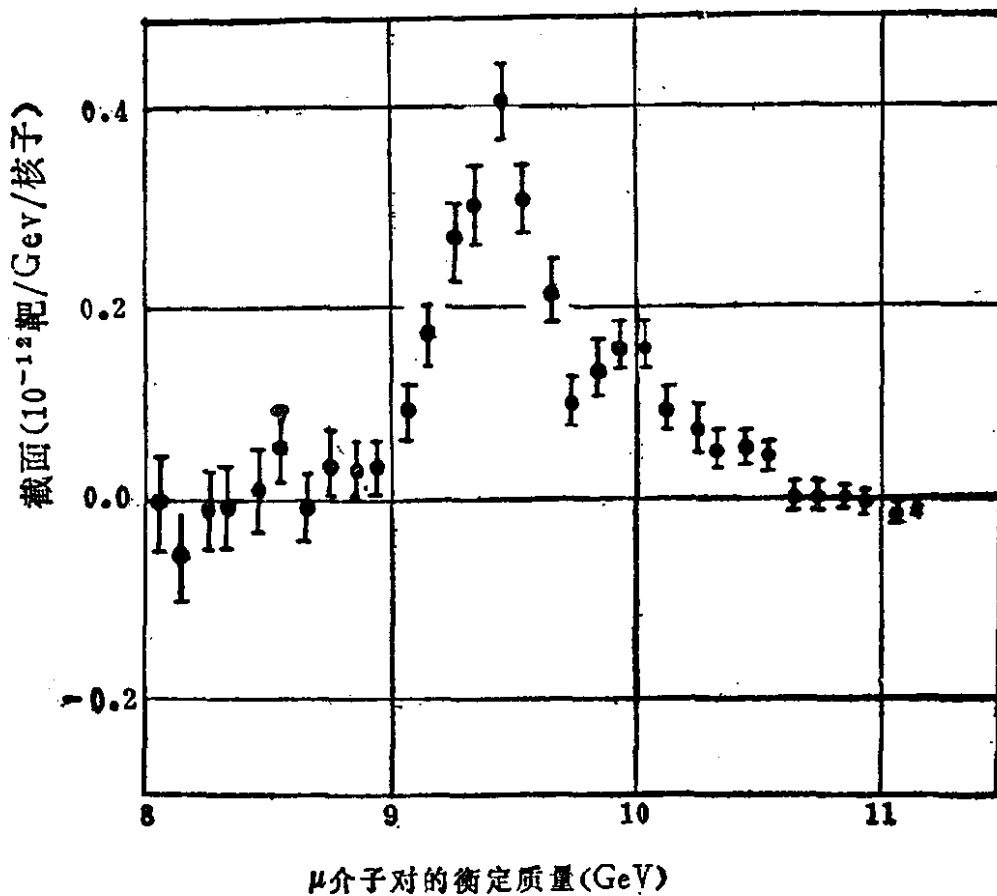


图3 μ 介子对产生截面是 μ 介子对恒定质量的函数。为了更加详细地揭示9~10GeV能区情况，我们已删去与数据相吻合的平滑的指数连续区域。请注意：9.4GeV峰相应为Y，10.0GeV峰相应为Y'，不太明显的隆起在10.4GeV上。

着什么？特殊的数是否可能是“17”或“37”呢？

近来，理论粒子物理学家和数学家特别关注五个（只有五个）特殊李群的最大集合 $E(8)$ 能否为扩展基本粒子族提供一条序列原理。若真是这样的话，这倒是颇有一些艺术情趣，因为上述似乎暗示了不可能有更复杂的群。而 $E(8)$ 仅仅需要六种夸克（每种夸克有三色，但这是另一码事），暗示了我们仅有一种较重夸克有待发现。

乍看起来，从三种发展到五种（可能是六种）基本的强子（即夸克）以及从四种发展到六种基本的轻子，似乎难以简化我们对自然界的理解，幸而粒子物理学在另一个重要领域（即基本力领域）的发展会弥补我们的理解。

图 4 以图的形式显示了四种已知物理作用力。历史教育我们，在认识事物时应持一种开放的思想，应认为自然界可能还存在着其它的力。现在我们所能说的这四种力足以理解和解释全部的物理现象。若诸如电子自旋共振现象是真实的还需阐明的话，那么显然需要一个新的力来解释它。因为图 4 所示的这些力没有一个足以解释这个现象。

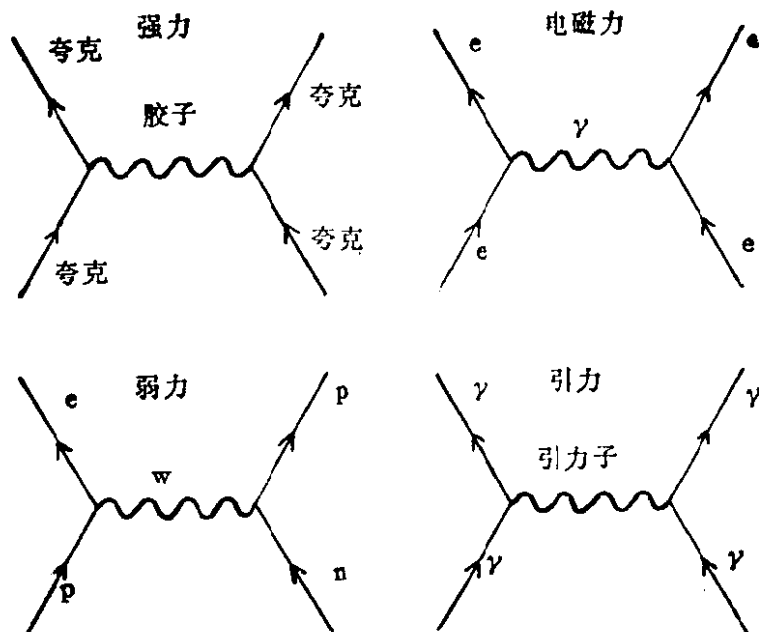


图 4 粒子间的作用可作图描述。图中两顶点被连接起来了。两粒子间的作用力靠交换第三种粒子来传递，由于第三种粒子不能被探测到，所以称其为虚粒子。这四种力的每一种都有自己的虚粒子或量子。电磁力的量子是光子。两夸克(它是中子和质子内部的组元)间的强相互作用是以称之为胶子的粒子为媒介的，弱相互作用由粒子(W^\pm 和 Z^0)来传递。这些粒子(即胶子、 W^\pm 和 Z^0)除质量很大外，其它性质与光子十分相似。在这些交换量子中，虽然只能观察到光子，但可断定其它粒子也存在着。

近年来的一个重要发现，是我们知道存在着弱相互作用，它