



卢鹤绂 著

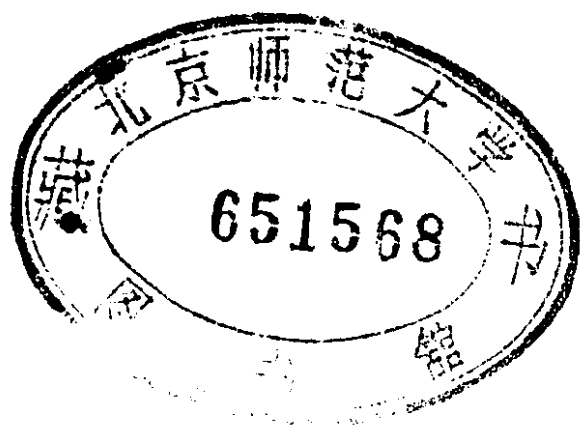
高能粒子物理学漫谈

上海科学技术出版社

高能粒子物理学 漫谈

卢鹤绂著

JY1136/06



上海科学技术出版社

高能粒子物理学漫谈

卢鹤绂著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 5 字数 126,000

1979 年 11 月第 1 版 1979 年 11 月第 1 次印刷

印数 1—15,000

书号: 13119·833 定价: 0.58 元

序

今日的高能粒子物理学的发展情况类似于三十年代的(低能)原子核物理学,通过科学仪器的发明创造,基本事实已经大量地发掘出来,规律性的认识在一定程度上也已经大致就绪。不同处主要在于所研究的对象大都是极其不稳定的粒子,只在高能量碰撞过程中才被产生出来。观察到的新奇现象的很大部分是人工促成的,其天然存在大都只能在遥远的太空宇宙之中。这一特点倒又与原子核物理学类似,只要想到今日为人类所利用的重核裂变链式中子反应及轻核聚变热反应也并不在地球领域内天然存在就够了。

无可否认,高能粒子物理学的科学研究标志着当前人类智慧顶点之一。它对揭示宇宙奥秘,带头发展科学技术,探索迫使自然界服务于人类的途径,在不太远的将来都会有其惊人的贡献。诚然,这类科学实验研究要耗费较大量的物力、财力,单靠一个国家或一个区域,当然难于决定承担。正是由于这个缘故,在欧洲出现了十二个国家合办的欧洲核研究中心(CERN),在美国出现了几十个单位在国家资助下合办的费米实验室,全世界各地(包括苏联在内)都派人到这类基地进行高能粒子物理学的实验研究。根据所得观测结果进行的理论认识则已普及世界各地。随着成熟的传统行业陆续大规模自动化之后,人类劳力将大为解放,高能粒子物理学科研事业也势将在人类和自然界作斗争的活动中作出一定的贡献。

1978年间作者应约在上海等地多次对高能粒子物理学作过评述。这些社会活动导致不少人向作者进一步质询高能粒子物理学究竟已发展到何等地步、其对社会的贡献究将如何;对此难于一

一作全面解说。因而决定应上海科学技术出版社的要求，就作者目前对它的理解，写成这本小册子，供对此感兴趣的读者（包括干部和大专学生）参考。这门学科发展相当快，国家不分大小，都在不同程度上参与其事，作者偏见难免有误，尚希识者指正。

卢鹤绂

1979年6月

目 录

第一章 绪论	1
第二章 范畴和目的	12
第三章 发展概况	16
第一节 早期发现	16
第二节 基本粒子的分类	19
第三节 时空对称性和内部对称性	27
第四节 相互作用及其对称性(不变性原理)	32
第五节 强子的共振态	38
第六节 强相互作用的么正对称性及其层子(夸克)模型的解释	41
第七节 雷奇动力学模型——雷奇极点和雷奇轨迹	51
第四章 探测技术的近期进展	57
第一节 气泡室	57
第二节 气体放电型探测器	59
第三节 量热器和切伦科夫计数器	61
第四节 流光室	62
第五章 理论认识的近期进展	66
第一节 对基本粒子相互作用认识的发展概况	66
第二节 弱电统一轻子模型理论(维恩伯-萨拉姆规范模型)	74
第三节 强子的弱相互作用模型理论(GIM 模型)	83
第四节 高能轻子和核子深非弹性相互作用的研究成就	92
第五节 新粒子的发现及其解释	96
第六节 量子色动力学(QCD)的提出	111
第六章 与工程技术和其他学科的关系	123
第一节 高能加速器	123
第二节 储存环对撞机	127
第三节 同步加速器辐射光源	130
第四节 探测器、记录器的广泛应用	132
第五节 高能粒子物理学知识在天体物理学中的应用	133
第七章 大规模影响人类社会实践的可能性	138
结束语	145

第一章 绪 论

物理学是人们对无生命自然界所呈现的物质运动和物质转变的知识作出的规律性总结。

在早期,这种运动和转变是人们通过感官知觉及其人为直接延伸(例如使用直接辅助目力的望远镜、显微镜,或把所察现象直接放大的其他简单仪器)直接观察到的。诸如天体运行、气动水流、飞翔降落、水波传播、大气传声、热水变汽、冷水结冰、光分霓彩、电动生磁、磁动生电等,都属于此。这种只靠直接观测结果为根据的规律性研究总结,一般称为宏观物理学或经典物理学。

近期,人们对物质运动和物质转变的认识已深入到物质的内部。人们按照在经典物理学中已认识到的规律,发明创造供观察测量用的成套精致复杂的科学仪器,根据人工安排的科学实验的实践结果,间接地去认识物质的内部结构及其运动和转变。说其间接,意在所观察测量到的现象并不是所认识到的微观运动或转变本身,而是由其引起的在仪器中某种不可逆放大过程所导致的宏观效应。这些效应大都不能运用经典物理学中的规律来全面解释,即经典物理学不足以概括描述这些现象。这就是说,人类通过科学仪器装备迫使自然界表现出在日常条件下不能觉察到的新奇现象。对这种新奇现象背后的所谓微观世界的运动和转变的研究总结,一般称为微观物理学或量子物理学。

不论宏观、微观,经典、量子,物理学就是为概括和贯穿在自然界实践中观察测量得到的巨量经验事实,而发明创造出来的合乎逻辑的科学语言,其中包括数学语言。人们利用这种语言能够把初看起来很复杂,并好象是互无关联的自然现象贯穿起来,表达出其间的内在联系。例如把运动和转变的因果关系在空间和时间上以数学关系的形式联系起来,表达成自然界演变过程所服从的规

律。人们根据那些已经得起考验的正确规律就可准确地作出科学预言,预见未知,借此指导更有效的实践,以图进一步改变自然、控制自然,为人类服务。

经典物理学的科学语言是日常语言的推广、精炼和严谨定量化,其中包括来自日常经验的连续不断的因果过程概念。一切因果关系的连续性成为经典物理学中理论认识的基本假定。但是,在同一实验安排的条件下观测到的结果表明,微观客体并不服从经典物理学的因果决定论。在人们认识到的微观世界里,物理量大都有其基本的不连续性,即某些物理量只能是某最小微量的倍数,每种最小微量都可称之为量子。可以说,数量量子化了。这同经典物理学中把每个量都当作可连续改变就足够准确的情况大有区别。其后果是微观转变过程是不连续的跃变过程(所谓量子跃迁)。这些特征是量子物理学这个名称的由来。量子的大小比起宏观物理学所用的数量是如此的微小,微观不连续性在宏观上就显现不出来。在这个意义上,量子物理学可以说是经典物理学的一种推广或扩展,用以容纳量子的存在。

十九世纪末,汤姆生在稀薄气体放电的阴极射线实验中认识到带负电的最小微粒子——电子,它是电的最小单位,即电荷的量子。随后,为了说明电磁辐射的某些经验规律,1900年普朗克认识到电磁辐射源振动能量的量子,1905年爱因斯坦认识到电磁辐射能量本身的量子——光子,它是仅按频率不同而异的各种量子。1913年卢瑟福根据 α 粒子散射实验结果认识到,原子内部的正电集中在其核心上,这个原子核带有几乎全部的原子质量,而 α 粒子正是氦原子的核。这就导致玻尔发展了量子论,用于说明卢瑟福的原子由一群电子和原子核组成的模型,并推算出与光谱实验数据初步符合的定量结果。玻尔理论的基础是两个同经典物理学完全违背的假定:(1)原子能量由于量子化,只能以不可分割,抗拒任何连续性描述的整体突变过程的形式转移,从而放出或吸收光子(所谓量子跃迁假定);(2)原子中电子绕核运动的角动量量子化(所谓量子化条件)。玻尔认识到不把量子观点引进原子结构的理

论中就无法解释原子的稳定性。十余年后,海森堡、薛定谔、玻恩、约旦、狄拉克、泡利等一大批理论物理学家,把这个旧量子论进一步发展到量子力学(可简称为 QM)阶段,使其在原子、分子两个物质结构层次上同实验事实符合得相当准确,从而奠定了量子物理学理论认识的概念基础。1928 年狄拉克开始提出符合狭义相对论要求的电子的相对论性 QM, 其中预言的带负能量的电子后来被解释为 1932 年在云室实验中所鉴定的正电子,即负电子的反粒子(在量上相同而质上相反的两粒子互称正反粒子)。

有必要在这里附带指出,按照以玻尔(和海森堡)为首的哥本哈根学派的观点,经典物理学概念不能完备地描述微观世界,而海森堡不确定性原理则是硬要用经典物理学原有概念来解释微观世界中发生的过程时不可避免地必须使用的基本物理原理。这个原理是经典概念在微观世界中的应用必然要受到不确定性关系的天然限制。此关系是指:在经典力学中成对出现的所谓正则共轭量 A 和 B ,对于微观客体来说有个得此失彼的天然限度如下:

$$\Delta A \Delta B \geq \frac{\hbar}{2},$$

其中 $\hbar \equiv \frac{h}{2\pi}$, 而 h 是象征微观世界中物理量量子化(不连续地变化)微小基本单位的常数因子,叫普朗克常数 ($h = 1.0545887 \times 10^{-27}$ 尔格秒 $= 6.582173 \times 10^{-22}$ 兆电子伏特秒)。此关系表示人们对成对物理量 A 和 B 同时可能有的知识有其不确定程度 ΔA 及 ΔB 的乘积关系,它表达出 QM 脱离经典力学形式的程度。在 QM 的数学形式上它被表达成 A 及 B 两个可观察量算符先后起作用的次序不能随意调换的所谓不对易性:

$$AB - BA = i\hbar。$$

但是这个限制不仅仅是 A 和 B 这两个量不可对易,而且也直接反映(同经典物理学中性质不同的)微观客体和观测仪器之间最终有个不能连续描述的相互作用及观测者对客体不能控制的干扰。通俗地说就是,观测迫使客体发生不可忽视的跳变,使同时得到一微

观客体的 A 和 B 的严格准确测量在原则上不可能。也就是说, 在同一微观状态上, A 和 B 两量同时都确知或同时都测准是不可能的。因此, 海森堡的上述关系也称之为测不准关系。

1919 年卢瑟福用天然放射性物质发出的运动能量高达几兆电子伏(相当于电子或质子在几兆伏特的电压下加速获得的能量, 兆电子伏可简称为 MeV) 的 α 粒子作为弹丸, 去轰击(氮)原子核促使原子核改变, 第一次做到古人梦寐以求的人工改变化学元素(如炼丹、点金术)的企图。1934 年约里奥·居里利用这种手段第一次制成人造放射性物质。1930 年洽德威克在这种实验中首次认识到有不带电、重如质子(氢原子核)的粒子从原子核中被打出。这个粒子叫中子。这类人工引起的现象使人们开始有了获得关于轻原子核变化的丰富事实数据的手段, 据此, 人们从原子内部结构及其变化规律的研究进一步深入到原子核内部结构及其变化规律的研究。三十年代中, 原子核物理的发展进入兴旺时期。那时, 人们发明创造出使带电粒子人工加速到近兆、几兆到几十兆电子伏的加速器——即高压倍加器、静电加速器、直线共振加速器、回旋共振加速器。从此人们造成了能量更高、强度更大的轰击束, 使在较大规模上全面改变原子核成为可能。

在中子未被发现之前人们试图把原子核看成是由质子和电子所组成, 但这同量子力学原理有了不可克服的矛盾。中子发现之后, 人们认识到原子核可看成是由通称核子的质子和中子组成, 矛盾才迎刃而解。这样一来, 不稳定的放射性核放出电子和为了保持前后总能量不变还须放出不带电的叫中微子的微粒子这件事, 就得说成电子和中微子都是在这—质子、中子在核内相互转变的过程中产生出来的, 而不是原来就在核内的组成部分。但是在定量方面, 按照量子力学原理对组成原子核的质子中子体系的研究, 直至今日还远远未能得出象原子物理学那样全面准确符合事实的结果, 其缘故被认为是: 核子之间相互作用的力还不够确知。尽管如此, 根据量子力学原理对原子核转变过程的定性说明大有功效, 并在后来实验发现的重核裂变方面作出了能正确指导大规模社会

实践的科学预言，使人们能够利用实验数据，配合经典理论计算，发明创造出重原子核链式反应装置(原子堆和原子弹)，大规模人工控制利用从重原子核释放出的空前巨大的能量。

QM 是物质粒子的量子理论，它还没有触及电磁辐射场的量子化表述。QM 和经典电磁场论并存显然是矛盾的，而且如果不对辐射场作出与之相应的量子化，QM 的基本原理(海森堡不确定性关系)就遭到破坏。

早在 1929 年，泡利和约旦就提出了“辐射”和“物质”相互作用的量子论(即量子电动力学)，是电磁波场的量子理论。这个理论是从 QM 原理发展出来的，它把电磁场看成是无穷多自由度的力学体系，QM 中的线性迭加原理、薛定谔运动方程等等被推广应用到电磁场上，因而可看成是 QM 的一种扩展。在这个理论中，电磁波的发射和吸收被分别看成是光子的产生和湮灭。光子是电磁场的量子。带电粒子之间的电磁相互作用力被看作彼此交换光子，而光子与带电粒子之间存在相互作用；从这种图象可推导出已知的电磁力。因此，光子被称为电磁力的中间传递子。

为了对今后各章取得一定程度的理解，有必要在这里多说一些。关于微观粒子彼此如何相互作用的一切概念都是以 QM 为基础的。总的说来，量子论和实验事实相联系只解决了一个计算某一微观过程发生的相对次数问题，即某一特殊结果在所有各可能有的观测结果中出现的百分数或“几率”的问题。QM 确定的粒子的一些力学性质的几率决定于由其算出的几率振幅(例如薛定谔波函数 ψ)，几率振幅的绝对值平方正比于该几率。QM 确定的粒子从某一起始量子态通过某种相互作用(V)跃变到某个终了态的几率决定于由其算出的、称作跃迁振幅($\langle \psi_{\text{终}} | V | \psi_{\text{始}} \rangle$)的几率振幅，跃迁振幅的绝对值平方正比于该几率。人们关于粒子之间的相互作用的知识都是根据关于粒子碰撞引起的散射和反应以及粒子自发衰变这类被认定为量子跃迁过程的实验结果推出来的。量子论计算其跃迁振幅的办法主要靠的是所谓微扰理论，把这个相互作用(V)看成是对原有粒子体系随时间的演变的微小扰动。在

两自由粒子 a 和 b 通过碰撞而散射的量子态突变(从起始态突变到终了态)的情况如图 1 表示。

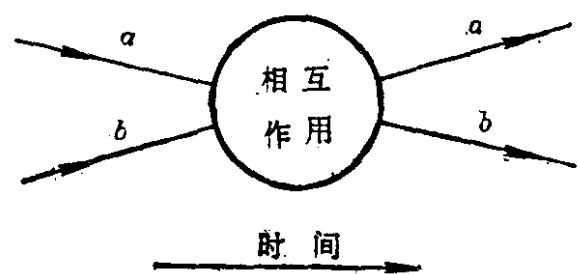


图 1 量子态突变示意

在 QM 中这个相互作用是用一个相对势能函数 (V) 来代表的。如果考虑的是各带电荷 e 的两粒子之间的库仑散射, QM 算出的散射振幅就正比于 e^2 。在这种散射过程中, 原粒子 a

及 b 的鉴别类型不变。对那些有粒子产生和湮灭、碰撞前后粒子类型截然不同的反应过程的情况, 从电磁场的量子论发展出来的场论概念在原则上更适合于作出合理的描述。用场论概念计算库仑散射振幅的办法可采用图 2 来说明: (a) a 放出虚光子 $\hbar\omega$, b 吸收虚光子 $\hbar\omega$; (b) b 放出虚光子 $\hbar\omega$, a 吸收虚光子 $\hbar\omega$ 。

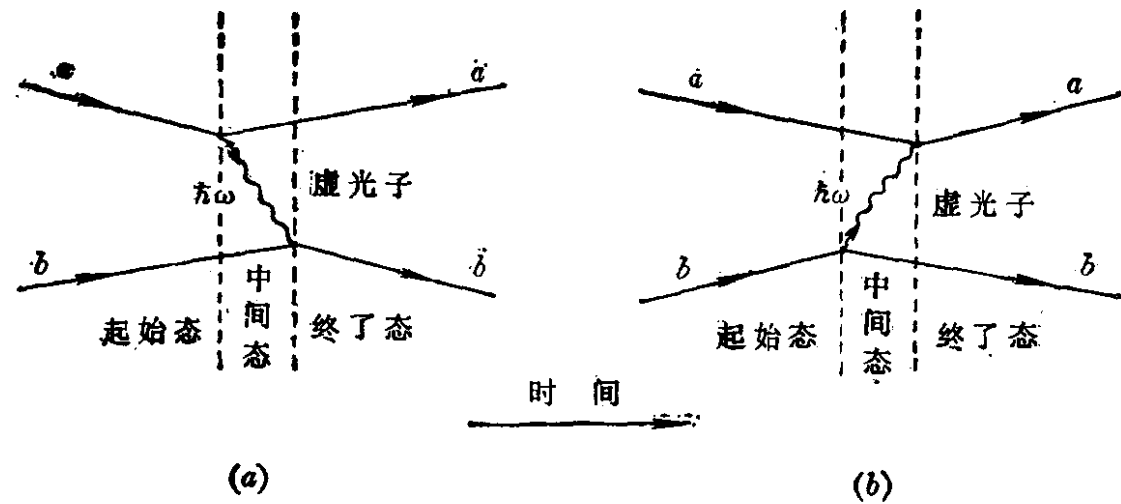


图 2 库仑散射示意

在这里, 相互作用不看成是势函数, 而是看成电磁场量子(光子)和带电粒子的一种耦合引起的带电粒子(a, b)发射或吸收光子($\hbar\omega$)的结果。这一图景的定量表述也是按照 QM 的微扰理论作出的。上图所示是一级微扰的跃迁过程, 正比于粒子电荷 e 的耦合使体系的初态跃迁到一个含有质量(乘光速平方)不相当于能量(即不符合于狭义相对论的质能关系式)的所谓虚光子的中间态, 同类耦合又使这个中间态跃迁到体系的终态。在象

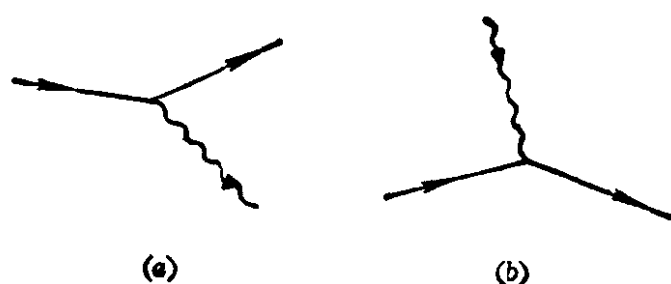


图 3

图 3 (a)、(b) 这种代表耦合的交点或顶点处，假定粒子总动量前后守恒（因无外力），但其总能量则不守恒，这种过程叫虚过程。QM 的不确定性关系 $\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$ 允许在短时间 Δt 内能量守恒可有所违背（虚光子是观测不到的）。因此，两带电粒子之间相互作用的可能方式之一就是如图 3 所示在两粒子之间交换一个虚光子的过程，这是库仑势的一种场论解释。微扰论是按象征相互作用强度的耦合程度 $\frac{e^2}{\hbar c}$ （以它为底数）进行数学展开，然后作逐级计算的近似算法。因此，总的散射振幅应为所有各级微扰过程的总和，这些高级微扰跃迁相当于在两带电粒子之间交换 2 个，3 个， $\dots$ ， n 个， $\dots$ 虚光子的结果，其强度正比于 $\left(\frac{e^2}{\hbar c}\right)^2$ ， $\left(\frac{e^2}{\hbar c}\right)^3$ ， $\dots$ ， $\left(\frac{e^2}{\hbar c}\right)^n$ ， $\dots$ 。众所周知，由于 $\frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$ 是个小数，逐级近似各项逐次迅速小下去，使整个级数迅速收敛到一个有限值，这种微扰论计算办法才有了成效，得出与事实符合的结果。逐级各项相应于如图 4 所示（四、五、 $\dots$ 光子交换依次类推）。使上述微扰论计算方法符合狭义相对论要求导致出现某些项走向无穷大。费曼(Feynman)首先指出这些项相当于带电粒子和它本身场的相互作用，并提出筹画一切可能过程的作图法，据此计算跃迁振幅。因此，上面所画的这些图通称费曼图。他对走向无限大的各项所作的重正化办法导致今日堪称完善的量子电动力学(今后简称 QED)理论。

1935 年汤川秀树试图解决核力问题，仿照量子电动力学，预言核子之间的相互作用力也是在其间交换某种场量子所引起，与

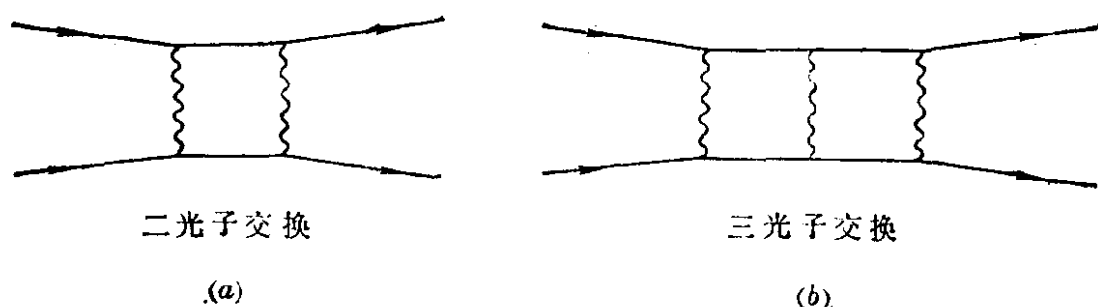


图4 多光子交换

电磁力不同之处主要在于电磁力在无限长程上起作用；而经验表明核力仅作用于大致约为 10^{-13} 厘米的短程上，其后果是核力的中间传递子具有约为电子质量 300 倍的静止质量[按海森堡原理，力程 $\times$ 场量子质量 $\times$ 光速 $c \approx \hbar$ ，即场量子质量 $\approx \hbar/(c \times \text{力程})$]。也正是由于核力的短程性质，这个核力场量子与核子耦合的核“荷” g 的准确测量很困难，目前人们公认的耦合常数数值是

$$\frac{g^2}{\hbar c} \approx 14.7。$$

用这个大于 1 的数值作微扰论展开显然不能组成一个收敛的级数，因而我们对核力这种强相互作用的理解以及对其所作定量计算的办法长期以来就几乎没有。尽管如此，后来的研究使人们信服核子可以发射或吸收这种场量子，其在两核子之间的交换产生核力这个场论图景在定性上仍是正确的，尽管我们还没有办法对之作出定量的计算。可是，汤川理论所推出的核力形式[力程 a 为 10^{-13} 厘米的汤川势 $V(r) = -\frac{g^2}{r} e^{-\frac{r}{a}}$]也远未能导致用 QM 合理解决核结构的结果。但是他所预言的核力传递子，十数年后却在实践中被鉴别出来，那就是 1947 年人们才在乳胶中发现、从太空来的宇宙射线与大气中原子核发生相互作用产生叫 π 介子的粒子，并发现这个 π 介子迅速(平均在 10^{-8} 秒内)自动转变成另一叫 μ 子的轻粒子，后者平均在较前者长百倍的 10^{-6} 秒内转变成稳定的电子。1948 年人们在同步回旋加速器上用人工加速的 380 兆电子伏 α 粒子轰击原子核，首次人工产生了大量的 π 介子。此后，

两核子之间交换虚 π 介子就一直成为人们解释核力的场论图景。

四十年代人们把中微子、光子、电子、 μ 子、 π 介子、质子、中子等等都叫作基本粒子，把这些粒子都看成是没有内部结构的点状粒子。(狭义相对论 1905 年问世后，人们据此认为地道刚体即使是在想象中也不可能存在，其缘故是作用力只能以有限速度传播，一物体的各部分就不能同时起动。本此，则任何有限大小的物体都必然要有其内部结构。因此，被认为没有内部结构的所谓基本粒子就只能是个几何上的点了！)如前所述，电子与光子在 QM 的创立中起了重要作用。所以，人们试图通过延伸 QM 来对所有基本粒子作出理论描述。汤川的工作及 π 介子的发现激起人们倾向于相信把量子电动力学扩展成普遍成立的量子场论的形式，就有希望概括所有基本粒子，成为基本粒子理论的普适构架。但是这一企图至今尚未圆满达成，尽管长久以来已经做了大量的工作，取得了不少成效。

早在 1929 年，约旦(Jordan)和维格纳(Wigner)就提出了用“物质场”来解释量子力学(所谓二次量子化的场论)，把薛定谔的几率振幅看成是电子的场函数(或场算符)，起湮灭和产生电子的作用。在狄拉克的相对论性 QM 中，湮灭负电子等于产生正电子，产生负电子等于湮灭正电子。照此精神，只有场论才能自然地表述光子湮灭转成正负电子对，正负电子对湮灭转成光子这类于 1932、1933 年相继开始在实验上发现的过程。能量超过两个电子质量的光子能激起电子场的转变，从而产生一对正负电子。可以说，量子场论容纳了 QM 不能描述的粒子的产生和湮灭；当产生和湮灭的效应可以不顾时，量子场论的结果应该与 QM 结果符合。

与 QM 略有不同，量子场论不能概括地说成是经典场论的一种推广，用以容纳量子的存在。电磁场原是经典场，这还可以如此说。电磁场的量子论也确是通过通常以量子化步骤从经典场论得来的。但是象电子，以及除光子(及所谓引力子)而外的所有其他基本粒子的场就没有什么经典场与之对应了。这正说明量子场论构架的宽阔在原则上应该期待能概括所有基本粒子。

人们久已怀疑，把一切基本粒子都这样看成是实质上不同的振动波场的量子这一假定，仍然是个暂时性的办法，是在能量转移还不够高、相互渗透还不够深、耦合作用还不够强的领域内，粒子结构可被忽略的情况下近似成立。

直至目前，量子场论仍然困难重重。例如，未能合理地完全避免某些物理量走向无限大；某些预言一直未能观测到；而大部分近期观测到的事实，理论推算却全然未能预见，等等。我们还缺乏一个全面正确的理论，能够贯穿一切从原子核过程和其他过程人为产生出来已观测到的较高能量的粒子现象。量子场论的临时性面貌依然存在。这就是为什么有不少理论物理学家有意识地离开量子场论的数学形式构架，另行提出多少是现象论的那种理论（例如单靠初态终态和量子跃迁的 QM 观点，试图概括所有实验事实的散射矩阵理论）。这种尝试也可反过来推进量子场论的发展（例如， S 矩阵在后来发展的量子场论中起了主要作用，引出不少成效）。

在传统的量子场论中，两粒子之间（粒子和粒子之间或粒子和另一场量子之间）的相互作用由两粒子的波场算符在空间时间的同一点上的乘积来表示，亦即相互作用是局域性的，两个点状粒子在这个相遇的同一点上湮灭并重新产生粒子。在这种所谓局域场中，场是用波传播的微分方程来描写的。

把基本粒子看成没有结构的点的这类局域性量子场论，尽管由于能够符合狭义相对论的洛伦兹不变性要求，并且便于用微扰论的计算，长期为人们所接受，但不能真地令人满意，必将有其实质性的改变。已被看作基本粒子的粒子究竟有否结构，还要靠在更高的能量领域中的实验结果来判定。只当已有粒子运动能量达到足够高时（不管是在宇宙射线中天然存在，还是在人造加速器中通过提高能量而获得），才能指望有更多更新的粒子被产生出来。到五十年代人工加速的粒子能量已达十亿电子伏特，被当作基本粒子的已有三十余种，其中地道稳定（不能自行转变）的粒子只有光子、中微子、反中微子、电子、正电子、质子及反质子七种，其余二十几种也有相当的稳定性。后来，在 1962 年人们发现分别和电

子及 μ 子一道出现的中微子是两种不同的粒子，叫 e 中微子和 μ 中微子，这样一来，地道稳定的基本粒子就有了九种。1953年霍夫施塔特(Hofstadter)利用高能电子作探头进行的散射实验第一次揭示出，质子有大小，半径约为 0.9×10^{-13} 厘米，还具有电磁结构。这就开始肯定所谓“基本粒子”还可以有其内部自由度，为更基本的东西所组成。这意味着有必要修改传统的量子场论，至少要从所谓局域场(场及其相互作用决定于所在的一点)扩展到必须考虑有非局域性相互作用的非局域场。

例如，把电子看成有大小，电子和电磁场量子(光子)的相互作用就不在一个点上了，而是在一个有广延性的区域之上。这种非局域性相互作用问题直到目前还无法圆满解决。非局域场论不能符合所谓微观因果性这个狭义相对论的要求。按照该要求，不能用光信号连起来的两个空间时间点上发生的事件彼此无影响。狭义相对论、QM和粒子有大小这三者都照顾到的量子场论还未能建立起来，这件事可能意味着狭义相对论和QM的定律在很小距离处终将垮台，在小距离处目前的概念可能还需修改，如何修改，目前只能猜度，有可能日后会出现一个理论，它能把一切粒子及其相互作用都概括进去。

上一例子充分说明，在更高能量领域里进行科学实验将会提供事实根据去改进旧理论或必要时不得不另行建立新理论，以求认识到能进一步概括新旧现象的规律，并据此作出科学预言，以指导进一步实践，试图为更大规模地改造自然提供手段，为人类服务。物理学本身的理想是最后能总结出尽可能最简单的几套规律来概括尽可能广阔的经验事实，并且力求能把这些规律用可供灵活运用方式表达出来。不言而喻，有了这种简单性、概括性、灵活性，人类就有了改造自然的巨大力量。历史已充分地说明了这一要点。

本绪论除了论述了高能粒子物理学问世前的简短历史以外，还顺便扼要地介绍了一批专用名词的意义和一些预备性的知识，用意在于为读者提供方便。