

粒子物理学

第0章 引言

粒子物理学（又称高能物理学）是物理学的一个分支学科。其研究对象是比原子核更深层次的微观世界中物质的结构、性质，以及在很高的能量下这些物质相互转化的现象、产生这些现象的原因和规律。



一、物质微观结构的研究史

学科	物理化学 物性学 → 原子物理 → 原子核物理 → 粒子物理			
年代	19世纪	1900's~ 1930's	1930's~ 1940's	1950's~
基元	原子	e^- , γ , 原子核	e^- , γ , ν , p , n	μ , e^+ , π , K , Λ , Σ , Ξ , ...
能量 尺度	10^{-2} eV	1 eV	10^6 eV	10^9 eV

二、粒子物理的发展

1947年以前，只发现了 p, n, e^-, γ, μ 子，
当时称为“基本粒子”。

四种基本相互作用：

引力、电磁作用、强作用、弱作用

相互作用研究方面：

- 1954年，提出杨-米尔斯理论。（非阿贝尔规范场）
- 1956年，李政道和杨振宁提出弱作用中宇称不守恒理论。
- 1957年，吴健雄从实验上证实了宇称不守恒。
- 1958年，Feynman等提出普适的弱作用V-A理论。
- 1964年，提出自发破缺的Higgs机制。

- 1967年, Weiberg & Salam 提出弱电统一理论, 预言了弱中性流的存在, 预言中间玻色子 W^{\pm} 和 Z^0
- 1969年, 提出弦理论、部分子模型。
- 1971年, 提出超对称理论; 证明了规范场理论的可重整性。
- 1973年, 实验发现弱中性流现象; 格罗斯、波利茨、威尔茨克发展量子色动力学, 发现QCD的渐近自由性质。

- 1974年, Georgi & Glashow 提出大统一理论, 预言质子的衰变; Wilson提出格点规范理论。
- 1979年, 实验上发现三喷注事例, 证实胶子存在。
- 1983年, 实验上发现中间玻色子 W^\pm 和 Z^0 , 确定了弱电统一理论的正确性。
- 1998年, 日本超级神冈中微子探测器发表有关中微子振荡的结果显示中微子拥有非零质量。

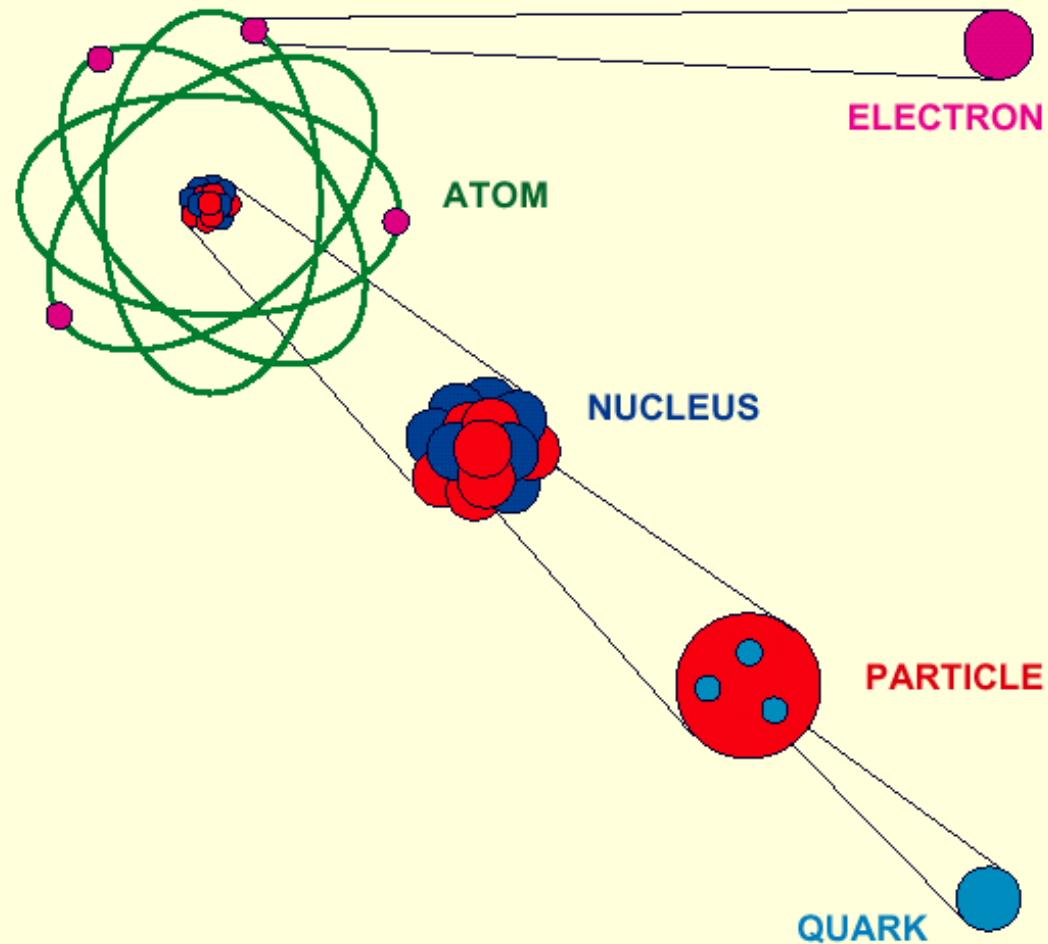


- 1999年，日本超级神冈的实验并未能深测到质子衰变。

- 2008年，欧洲核子中心的大型质子对撞机LHC运行。



Constituents of Matter



三、为何要研究粒子物理

物质微观结构的研究是各学科研究的基础。物理、化学、材料科学、生物、医学、农业... 都离不开物质微观研究的成果。历史的经验证明，物质结构研究的每一进展都有重大的应用，粒子物理也不例外。



在粒子物理学的深层次探索活动中，粒子加速器、探测手段、数据记录和处理以及计算技术的应用不断发展，既带来粒子物理本身的进展，也促进整个科学技术的发展；粒子物理所取得的丰硕成果已经在宇宙演化的研究中起着重要的作用。



原子物理的应用：新材料、激光（治病、手术、武器）电视、收音机、发电站、各种家用电器、通讯手机、IC卡、计算机...等都来自原子物理。

原子核物理的应用：核电站、核医学、原子弹、氢弹、农业用的示踪原子等。




粒子物理（高能物理）的应用：

为发展粒子物理而建造的加速器可用于工业探伤、海关检查、水果蔬菜保鲜等。

环形加速器发出的同步辐射可用于光刻、微型机械加工、光合作用、生化、生物物理等方面的研究。

硅条探测器可用于癌变早期诊断。质子加速器可用于治癌（质子束聚焦在癌变处，质子停止时杀伤力最大，可保护健康细胞）。正电子断层照象（PET）在医疗诊断和工业上多有广泛应用。

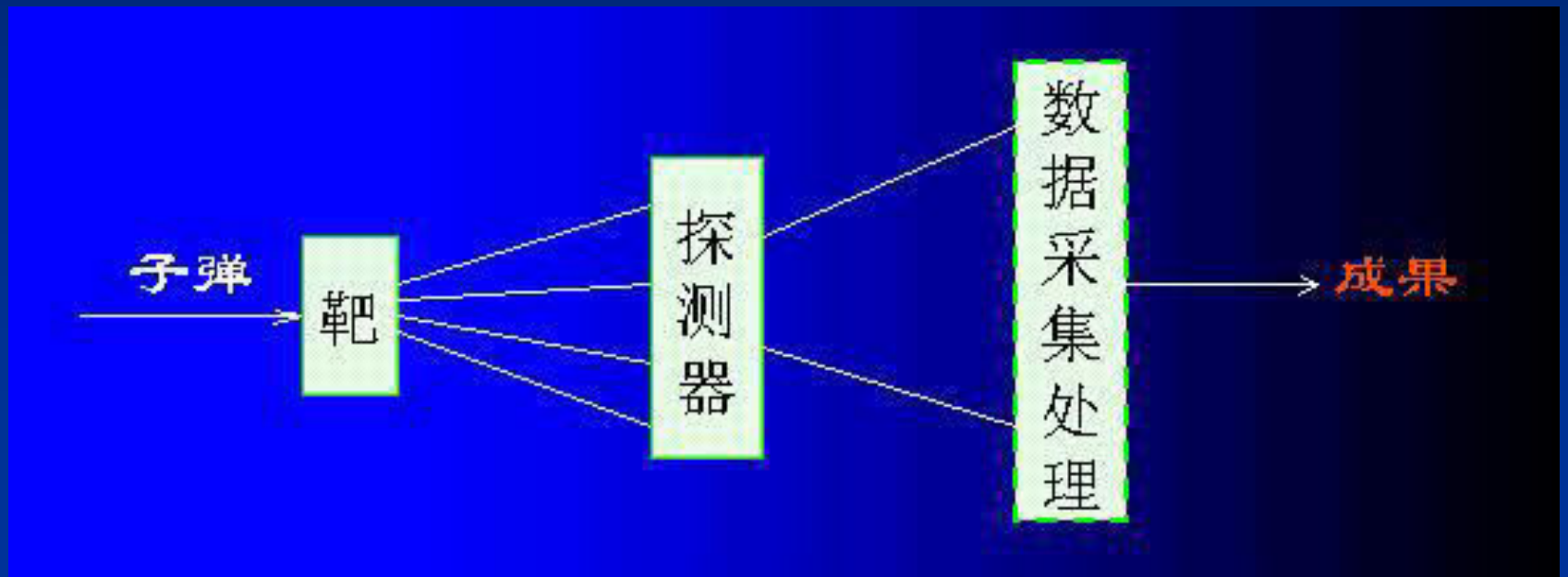
A dark brown silhouette of a mountain range is positioned at the bottom of the slide, spanning the entire width of the image.

互联网（internet）由于粒子物理研究的推动获得巨大发展，现已经商业化。目前世界粒子物理界正在合作建造超大容量、超快速的数据传输国际互联网系统 GRID。它的传输速度可达每秒100 Gbits，即在一秒钟内可以传输一张CD盘的全部数据，七秒传输一张DVD盘的全部数据。比目前的宽带网快一千倍到一万倍。



四、如何来研究粒子物理

粒子物理需要实验和理论研究的相辅相成。设法用“炮弹”打碎“基本粒子”做成的靶子，还得用仪器（探测器）观测和记录被打碎的基本粒子的碎片，最后要对记录的数据进行处理，找出物理规律。



炮弹：电子、质子、重离子、光子、中子...等，可从宇宙线或粒子加速器中获得。

靶子：气体、固体、液体都可做靶。

探测器：雲霧室、气泡室、核乳胶、多丝室、量能器、切仑科夫计数器、闪烁计数器、硅条顶点探测器、飞行时间计数器...等等。可根据探测对象和目的的不同来选取不同的探测器。

数据处理：由于采集的数据量大，必须用大型快速计算机来处理。



五、自然单位制



六、课程内容

- 第一章 粒子的基本性质和分类
- 第二章 高速粒子运动学
- 第三章 对称性和守恒量
- 第四章 强子及强子结构
- 第五章 轻子-核子深度非弹性散射，部分子模型
- 第六章 量子色动力学（QCD）
- 第七章 弱电统一理论及标准模型
- 第八章 超出标准模型的物理
- 第九章 粒子宇宙学

七、教材和参考书

