

2-4 用快速电子验证相对论效应

几个时间点：1905，1955，2005

狭义相对论（1905）：讨论的是匀速直线运动的参照系（[惯性参照系](#)）之间的物理定律，

广义相对论（1915，1916）：在加速度的参照系中（[非惯性系](#)），并在[等效原理](#)的假设下，广泛应用于引力场中。

相对论解决了高速运动问题，颠覆了人类对宇宙和自然的“常识性”观念，提出了“时间和空间的相对性”、[“四维时空”](#)、[“弯曲空间”](#)等全新的概念。

一 实验目的

1. 了解和掌握相对论中的一些基本概念和基本原理
2. 学会RES-99型相对论实验谱仪测量快速电子动量与动能的关系的方法，从而验证其符合相对论关系而非经典关系。

二、基本原理

经典力学中物体的动能与动量之间的关系为：

$$E_k = \frac{P^2 c^2}{2m_0 c^2}$$

相对论中物体的动能与动量之间的关系变为：

$$E_k = E - E_0 = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4} - m_0 c^2 \quad p = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}} v = \gamma m_0 v \quad \beta = v/c$$

本实验通过测出快速电子的动量与动能，并依此作出Ek-PC图，将其与经典和相对论的理论关系曲线进行比较，从而得出结论。

电子动量可由磁谱仪上标尺读数间接给出。

RES—99型相对论效应实验谱仪装置

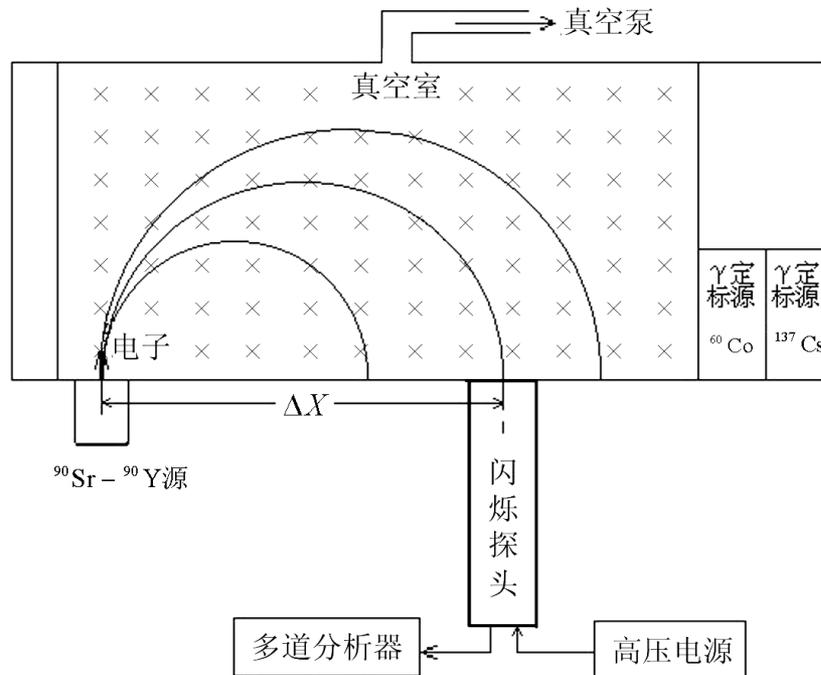
$$f = evB \quad f = m \frac{v^2}{R}$$

得: $p = eBR$

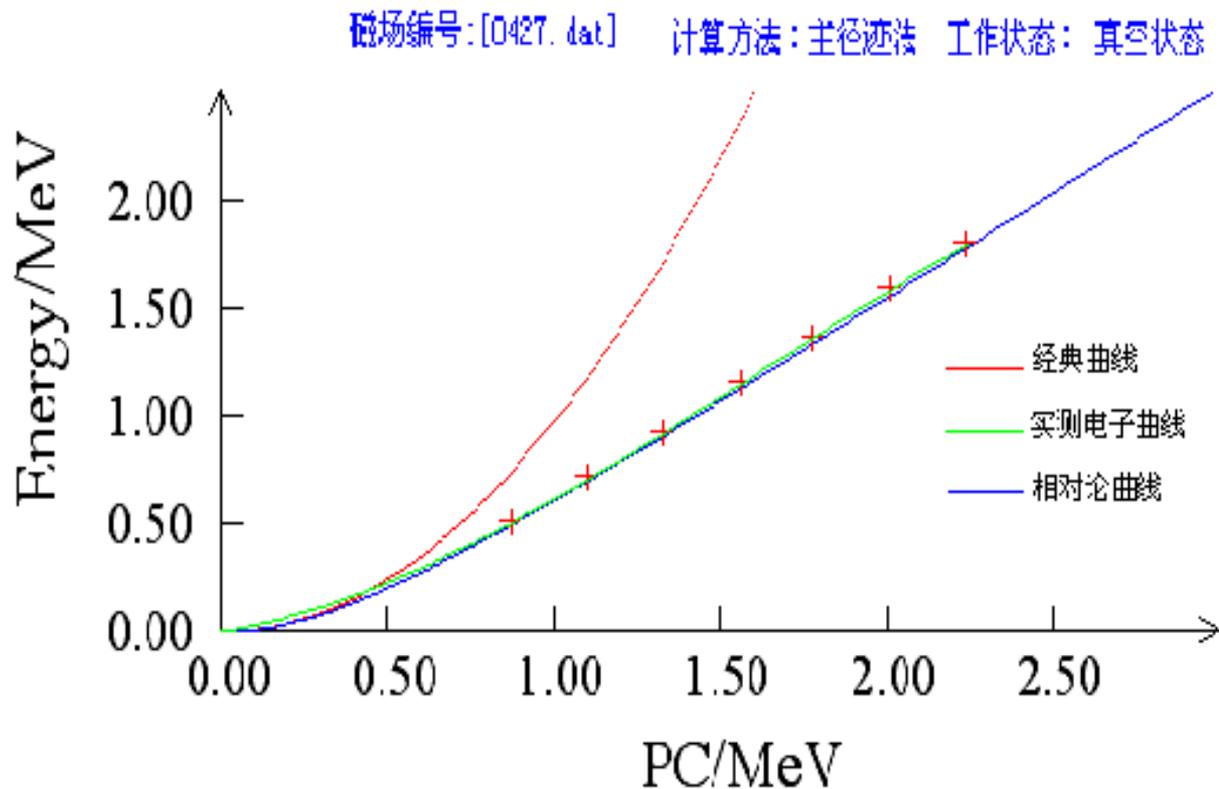
式中R为β粒子轨道的半径，为放射源与探测器间距的一半。

即: $p = eBR = eB\Delta X / 2$

能量的测量采用2-2的测量方法，即用能量定标的方法测出



根据不同动量的电子对应的动能值作图并与经典线和相对论曲线比较。



快速电子关系曲线与经典和相对论关系的比较

三、实验内容

(一) 能量定标

- 1.检查仪器线路连接是否正确，然后开启高压电源和电脑，打开多道分析器测量软件.
- 2.打开 ^{60}Co 的 γ 定标源的盖子，移动闪烁探测器使其狭缝对准 ^{60}Co 源的出射孔, 开始测量.
- 3.调整加到闪烁探测器上的高压和多道分析器的放大倍数，使测得的 ^{60}Co 能谱的1.33MeV峰位道数在一个比较合理的位置. 建议：在多道脉冲分析器总道数的50%~70%之间，这样既可以保证测量高能 β 粒子（0.5~1.9MeV）时不超出量程范围，又充分利用多道分析器的有效探测范围.
- 4.在确定测量条件后测量 ^{60}Co 源和 ^{137}Cs 源的全能峰峰位

(二) 测 β 源的动能和动量的关系

1. 打开机械泵抽真空（机械泵正常运转2~3分钟即可停止工作，但要留意真空表指示的真空度）。
2. 打开 β 源的盖子，开始测量快速电子的动量和动能，探测器与 β 源的距离 ΔX 取值范围在 $10\text{cm} \sim 26\text{cm}$ ，获得动能范围约在 $0.5 \sim 1.9\text{MeV}$ 的电子。
3. 选定探测器位置后开始逐个测量单能电子能峰，记下峰位道数CH和相应的位置坐标 X 。
4. 全部数据测量完毕后关闭 β 源及仪器电源，打开数据处理软件进行数据处理和计算。

四、实验注意事项

1. 闪烁探测器上的高压电源、前置电源、信号线绝对不可以接错；
2. 装置的有机玻璃防护罩打开之前应先关闭 β 源；
3. 应防止 β 源强烈震动，以免损坏它的密封薄膜；
4. 移动真空盒时应格外小心，以防损坏密封薄膜；

五、思考问题

- 1.为什么要用电子来验证相对论效应？用其他粒子如何？
- 2.粒子出现相对论效应时的最低速度究竟是多少？

表 2.4.1 不同能量的电子速度与光速的关系

能量 (MeV)	0.001	0.005	0.020	0.100	1.000	2.000
v/c	0.062	0.139	0.272	0.548	0.941	0.979