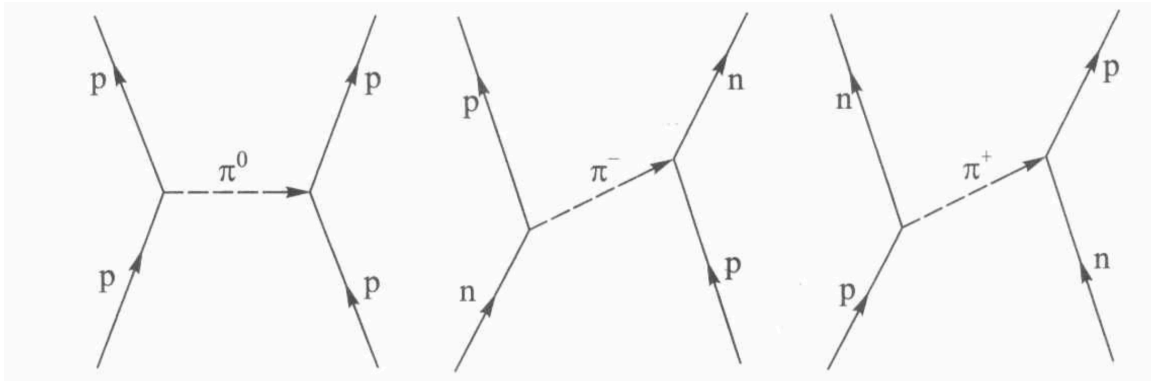


## 虚光子与作用力 (40 分)

近代物理认为, 粒子之间碰撞时的能量变化是通过交换粒子完成的, 本题对此种物理过程作一些简单的计算与分析 (送分题, 不要跳过——SKM)

- (1) 试就两粒子以任意大小、方向的动量发生碰撞, 证明此过程若是为两粒之间传递一个粒子, 该粒子的质量不可能为非零实数。(仅就正碰情况下讨论的不得分)
- (2) 在该类过程中较短时间  $\Delta t$  内, 交换的粒子允许的能量守恒的微小偏离  $\Delta E$ , 若满足 Heisenberg 不确定关系, 即  $\Delta E \cdot \Delta t \leq \frac{\hbar}{2}$  此间取  $\Delta E \cdot \Delta t \sim \hbar$
- (3) 对于核力, 其力程约为  $\Delta x \approx 2\text{fm}$  该估计核力中交换粒子的静能.
- (4) 基于此种思想,Y.Yukawa 通过核力与电磁力的类比提出核力的介子理论. 认为核力的作用是通过交换  $\pi$  介子完成的,  $\pi$  介子的存在于 12 年后得到证实。

该例子分为  $\pi^0, \pi^+, \pi^-$  分别带电  $0, e, -e$ , 质子中子利用其产生作用的方式, 如下图



并在以上过程可保持初末粒子均静止, 已知  $|m_p - m_n| \ll m_\pi$ . 粒子波函数为复数形式的球面波 (与光波相同), 是证明  $\pi$  介子的动量与虚数并给出和相互作用势能 (与波函数成正比) 与  $r$  的依赖关系

- (5) 请回答电磁相互作用中交换粒子是?