一、（25 分 ）质量为 m 的自由标量场 $\varphi(x)$ 由如下拉氏量描写，

$$\mathrm{L}(x) = -\frac{1}{2}\partial_\mu\varphi\partial^\mu\varphi - \frac{1}{2}m^2\varphi^2 ,$$

体系在 Lorentz 变换下保持不变，导出 Lorentz 不变性所导致的 Noether 守恒流。

二、（30 分 ）质量为 μ 的中性 π^0 介子由赝标量场 $\varphi(x)$ 描写，质量为 m 的中子 n 由 Dirac 场 $\psi(x)$ 描写，π^0 和 n 之间的强相互作用 Lagrangian 可写为

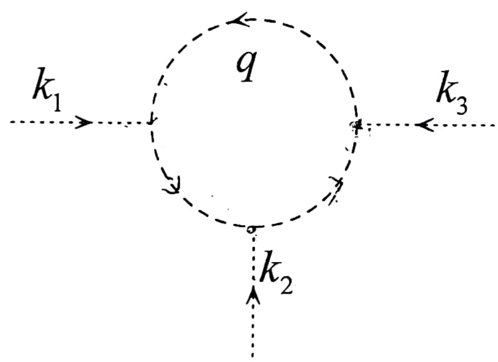
$$L_i(x) = ig\bar{\psi}\gamma_5\psi\varphi$$

其中 g 为实耦合常数。

（1） 写出该体系总的 Lagrangian $L(x)$；

（2） 推导出体系所满足的运动方程。

三、（15 分 ）写出如下 Feynman 图的 S 矩阵元。



$$\left[L_i(x) = -\frac{\lambda}{3!}\varphi^3(x) \right]$$

四、（30 分 ）电子的质量为 m_e，考虑 $M\phi ller$ 散射过程 $e^-(p) + e^-(p') \to e^-(k) + e^-(k')$，其中括号内的量为各粒子的四动量，

（1） 写出相应的 Feynman 规则；

（2） 画出该散射过程相应的 Feynman 图（至二级微扰展开）；

（3） 利用相应的 Feynman 规则，求该散射过程的非极化散射截面（至二级微扰展开）；

一、（25 分 ）考虑一个由电子和正电子组成的体系，粒子之间存在由最小电磁耦合所描写的电磁相互作用。

（1） 写出该体系的拉氏密度；

（2） 导出体系所满足的运动方程。

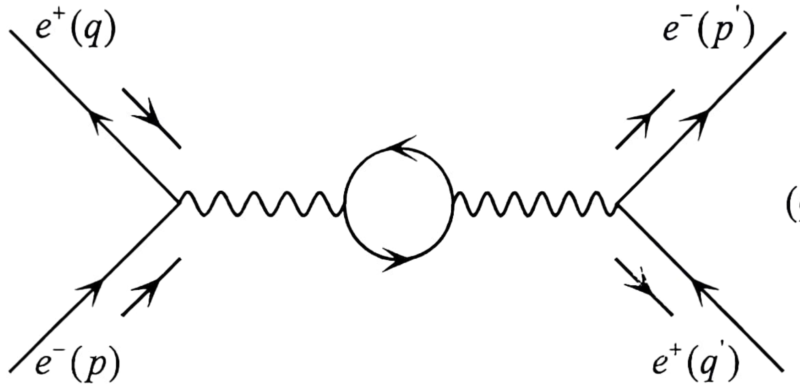
二、（25 分 ）质量为 m 的自由标量场 $\varphi(x)$ 由如下拉氏量描写，

$$\mathrm{L}(x) = -\frac{1}{2}\partial_\mu \varphi \partial^\mu \varphi - \frac{1}{2} m^2 \varphi^2 \ ,$$

体系在 Lorentz 变换下保持不变，导出 Lorentz 不变性所导致的 Noether 守恒流。

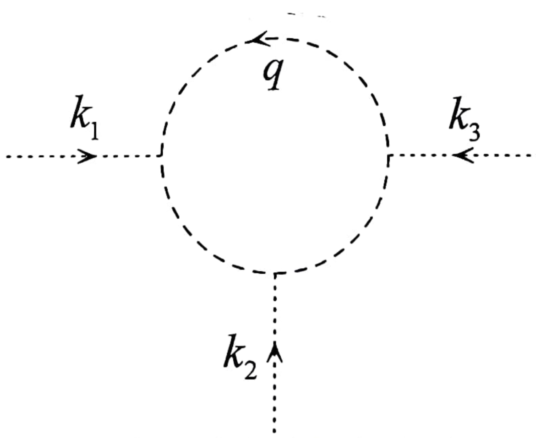
三、（20 分 ）写出如下 Feynman 图的 S 矩阵元。

(a)



(QED)

(b)



$$\left[L_i(x) = -\frac{\lambda}{3!}\varphi^3(x) \right]$$

四、（30 分 ）π^+ 是自旋为 0 的赝标量介子，核子 N（包括质子 p 和中子 n）是自旋为 1/2 的费米子，将它们的质量分别记为 m_π、m_p、m_n。考虑散射过程 $\pi^+(k) + p(q) \to \pi^+(k') + p(q')$，其中括号内的量为各粒子的四动量，

（1） 写出 $\pi - N$ 的强相互作用的 Yukawa 耦合以及相应的 Feynman 规则；

（2） 画出该散射过程相应的 Feynman 图（至二级微扰展开）；

（3） 利用相应的 Feynman 规则，求该散射过程的非极化散射截面（至二级微扰展开）；