

量子场论期末考试（2018 秋）

郑汉青

2019 年 1 月 14 日 14:00

1. 概念和简答题（每小题 5 分，共 30 分）：

- (a) 什么是 Ostrogradski 不稳定性？
- (b) 可重整性的必要条件是什么？
- (c) 为什么说规范不变性保证了 QED 的可重整性？
- (d) 什么是振幅的吸收部分？为什么会出现吸收部分？
- (e) 什么是色散关系？写出一个色散关系需要什么条件？
- (f) 什么是维数正规化里的 dimensional transmutation？以下面公式 (1) 里面的两个耦合常数说明，并做简要物理讨论。

2. 带电标量粒子的电磁相互作用拉氏量为：

$$\mathcal{L} = (D_\mu \phi)^\dagger D^\mu \phi - m^2 \phi^\dagger \phi - \frac{\lambda}{4} (\phi^\dagger \phi)^2 - \frac{1}{4} F^{\mu\nu} F_{\mu\nu} - \frac{\xi}{2} (\partial_\mu A^\mu)^2 \quad (1)$$

其中 $D_\mu = \partial_\mu - ieA_\mu$ 。

- (a) 写出所有费曼顶角和传播子。（10 分）
- (b) 画出标量粒子 Compton 散射 $\gamma\phi^- \rightarrow \gamma\phi^-$ 的费曼图。（10 分）
- (c) 计算此过程的不变矩阵元。（10 分）
- (d) 为检查计算结果是否正确，请利用规范不变性对振幅结果做验证。（10 分）

3. 继续上题：

- (a) 推出上面一题中的 Noether 流 j_μ 。（10 分）
- (b) 通过计算 $\partial_{\mu,x} \langle 0 | T \{ j^\mu(x) \phi^+(x_1) \phi^-(x_2) \} | 0 \rangle$ 推导 Ward 等式。（10 分）
- (c) 在 $\xi = 1$ 规范下，计算 $\partial_{\mu,x} \square_x \langle 0 | T \{ A^\mu(x) \phi^+(x_1) \phi^-(x_2) \} | 0 \rangle$ 并给出类似的 Ward 等式。（10 分）