

量子规范场论2021春期末试题

任课教师：马滢青

(回忆版，可能有不准确之处)

(卷面总分为70分)

一 (10)、在某些情况下，即使拉格朗日量在经典意义下存在某种对称性，其量子理论也可能没有对应的对称性。列举课上讲到过的这样的对称性破缺的例子，并简要说明对应的破缺机制。

二 (20)、中微子散射实验可以对质子的结构函数做出某些限制。(1) 考虑一个电子中微子和一个u夸克发生散射，在标准模型框架内，画出所有产生两体末态的领头阶图；(2) 一个质子中的u夸克数量是否与重整化标度有关？简要说明理由。

三 (30)、在QED中、 \overline{MS} 重整化下，相互作用强度的重整化可以写为 $\alpha_0 = \alpha Z_\alpha \left(\frac{\mu^2 \gamma_E}{4\pi} \right)^\epsilon$ ，其中 $Z_\alpha = 1 + \frac{\alpha}{3\pi\epsilon} + O(\alpha^2)$ 。(1) 通过计算验证 Z_α 的表达式；(2) 写出 α 对应的重整化群方程；(3) 利用重整化群方程，求出 Z_α 中 $\frac{\alpha^2}{\epsilon^2}$ 项的系数。(注意这里 $\epsilon = \frac{4-d}{2}$)

四 (10)、在路径积分表述中，我们定义一个关联函数为

$$\langle O \rangle = \frac{\int \prod_r d\phi_r O e^{iS}}{\int \prod_r d\phi_r e^{iS}}$$

其中 ϕ_r 是理论中出现的不同的场。在规范场论中，有一个有趣的结论，若一个量 O 不是规范不变的，则 $\langle O \rangle = 0$ 。对于QCD的关联函数 $\langle \bar{\psi}(x)\psi(0) \rangle$ ，验证这一结论。