



河南师范大学
HENAN NORMAL UNIVERSITY

厚德博学 止于至善

光前夸克

报告人：胡镇清
2023年11月12日



目录

1. 研一课程

2. 量子场论基本思路

3. 重整化

4. 光前夸克理论基础



研一课程 数学部分

群论:上课学的群论是凝聚态方向的群论，B站有[理论物理](#)用到的群论，[《群论-中国科学院大学》](#)

李群: [《李群》](#)是跟着曹俊杰老师学的，B站也有北京师范大学讲解的[《Lie代数理论及其在物理学中的应用》](#)，讲的都是非微分流形版本的李群

微分几何与广义相对论:这个视频是由梁灿彬先生讲解的，会涉及到微分流形版本的李群，当初看这个视频主要是为了解决张量和指标升降的问题



研一课程 粒子物理

粒子物理是孙老师讲解的，讲得非常好

推荐资料：

格里菲斯的《粒子物理导论》

南京大学的《粒子物理讲义》

章乃森的《粒子物理学》

肖振军的《粒子物理导论》

视频教程：

复旦大学顾老师的《粒子物理》

粒子物理学

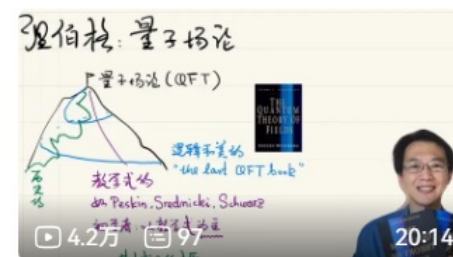
陈申见

南京大学物理学院



研一课程 量子场论

- 入门级教材：
胡瑶光的《量子场论》
姜志进的《量子场论》
- 进阶级教材：
peskin 《量子场论导论》
有翻译版本的
- 最后一本教材：
温伯格《量子场论》
- 入门级视频教程：
北京大学《量子场论》
陕西师范大学的《量子场论》
- 进阶级视频教程：
贾宇老师的《量子场论》



0 温伯格量子场论简介



研一课程 规范场论

《规范场论》的视频比较少，入门花了好长时间。主要是看胡瑶光的《规范场论》，还有裘忠平的《现代量子场论导引》，遇到不懂的也看了看李灵峰的《量子场论》，视频课程看的是陕西师范大学的《量子场论》，大连理工大学的《量子场论》，还有一点北京大学的《规范场论》。



研一课程 量子场论专题选讲

没有学好，在电弱统一方面花的时间有点少，一直在赶进度，看的书比较少。这一方面的知识体系还没有用路径积分的思路构建起来。



研一课程

重味物理

- 研究理论的同学是必选的，因为重味物理中，会讲解到圈图计算。孙老师讲解圈图计算讲解的非常好，看过了一些书和视频，没有比孙老师讲解得好的。圈图会有发散，老师上课用的维数正规化的方法将发散和有限项分离
- 还讲解了许多其他方面，研究会用到的知识，做了一部分笔记，用到了再查一下，比如Fiertz变换。



量子场论基本思路

量子场论基本思路：

第一步：构造拉式量

第二步：推导费曼规则

第三步：计算散射截面和衰变宽度（格里菲斯书上有具体的公式）



量子场论基本思路

正则量子化对标量场和旋量场的量子化比较好，对于电磁场的量子化也勉强（贾宇老师对矢量场的量子化讲了许多），正则量子化不能解决非阿贝尔规范场的量子化问题。**为什么？**因为对非Abel规范场做正则量子化的过程是极端困难的（后面再看看，这个解释不太好，看得有点久了，忘记了是什么原因了）。

对于非阿贝尔规范场的量子化，需要用到费曼路径积分量子化。对于这部分，我看的裘忠平的《现代量子场论导引》，视频：大连理工大学的《量子场论》



重整化

1. 为什么需要重整化呢？

因为物理要解释现实世界，不能出现无穷大

2. 重整化的两个基本步骤

第一步：**正规化**：将积分拆成收敛部分和发散部分，采用的方法有：动量截断，Pauli-Villars正规化（修改被积函数），维数正规化

第二步：**减除**：保留收敛部分，引入抵消项，抵消发散部分，采用的方法有许多，比如：最小减除方案。其中抵消项也有抵消项的费曼规则，可以看裘忠平的书

通常采用的办法是：**维数正规化+最小减除**

3. 重整化是场论精彩的地方



重整化

看后面研究需要，可以把重整化系统的学习一下。包括：重整化群，重整化群方程的解，量纲标度变换群（就是将大连理工大学的视频看一下，还差2讲没有看完）

- 基本的QED重整化，有人推荐石志康的《量子场论与重整化导论》
- QCD重整化 黄涛的《量子色动力学导引》



光前夸理论基础 庞加莱群

3个空间转动，3个boost，4个时空平移。其中前6个正好对应洛伦兹群的6个生成元，后4个对应时空平移群的4个生成元，四维闵氏时空的等度规群被称为**庞加莱群**。

$$\begin{aligned}\text{庞加莱群} &= \text{洛伦兹群} + \text{时空平移群} \\ &= \text{空间转动} + \text{boost} + \text{时空平移}\end{aligned}$$



光前夸理论基础 庞加莱群

庞加莱群总共有10个生成元，3个Boost生成元 K_j ，3个Rotation生成元 J_j ，四个时空平移生成元 P_μ

庞加莱群的李代数之间的关系可以写成下面的公式：

$$\left\{ \begin{array}{l} [P_\mu, P_\nu] = 0 \\ [P_0, J_i] = 0 \\ [P_i, J_j] = i\epsilon^{ijk} P_k \\ [P_i, K_j] = i\delta_{ij} P_0 \\ [P_0, K_i] = iP_i \\ [J_i, J_j] = i\epsilon^{ijk} J_k \\ [K_i, J_j] = i\epsilon^{ijk} K_k \\ [K_i, K_j] = -i\epsilon^{ijk} J_k \end{array} \right.$$

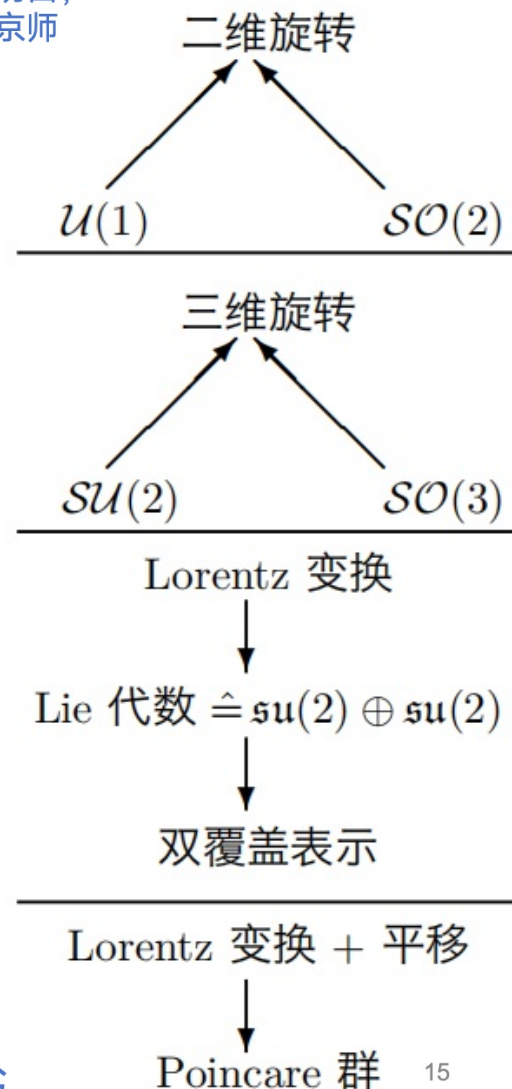
所谓Boost，就是两个直线运动的
两个坐标系之间的洛伦兹变换

<https://zhuanlan.zhihu.com/p/82590997> 这篇知乎文章是关于庞加莱群的



光前夸理论基础 庞加莱群

这一部分弄得不是很明白，
后面有空会看一下北京师
范大学的《李群》



Poincare 群的不可约表示是描述所有基本粒子的数学工具。

- 描述标量粒子的数学对象称为标量，它根据自旋 0 表示变换。
- 描述自旋 1/2 粒子（例如电子、中微子、夸克等等）的数学对象称为旋量，它根据自旋 1/2 表示变换。
- 描述光子或其它自旋 1 的粒子所用的对象称为向量，它根据自旋 1 表示变换。

参考书是《基于对称性的现代物理学》
这本书适合入门，深入学习的话还是看其他的书

基于对称性的

Lie 群, Lagrange

原著: Jakob Schwichtenberg :



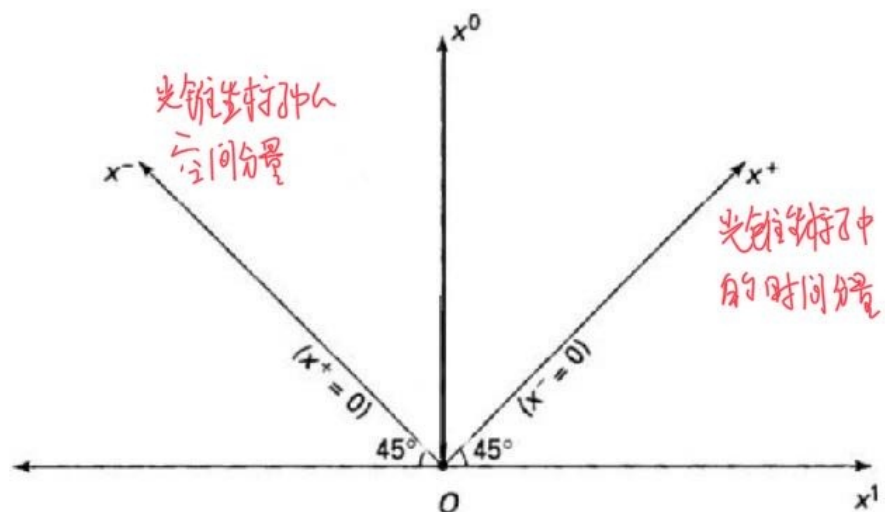
光前夸理论基础 光锥坐标系

什么是光锥坐标系

我们定义光锥坐标系（二维）坐标轴 x^+ ， x^- 。（时间和空间维度的线性组合）（ x^0 代表时间， x^1 代表空间（空间有三维但是我们只取一个来考虑））

$$x^+ \equiv \frac{1}{\sqrt{2}} (x^0 + x^1),$$

$$x^- \equiv \frac{1}{\sqrt{2}} (x^0 - x^1).$$





光前夸理论基础 光锥坐标系

光锥坐标系的速度

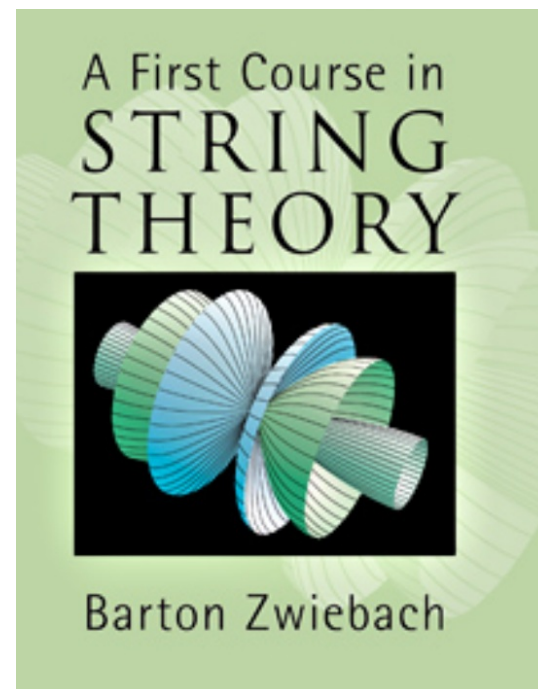
$$\frac{dx^-}{dx^+} = \frac{1 - \beta}{1 + \beta}$$

因为 x^- 是光锥坐标的空间分量, x^+ 是光锥坐标的时间分量

类比于正常速度的定义, 所以上面就是光锥坐标系的速度

正常的四矢量 $x^\mu = (x^0, x^1, x^2, x^3) \equiv (ct, x, y, z)$.

光锥坐标系的四矢量 (x^+, x^-, x^2, x^3)



光锥坐标系主要参考的是这本弦论书



光前夸理论基础 光锥坐标系

光锥坐标系的动量

$$p^+ = \frac{1}{\sqrt{2}} (p^0 + p^1)$$

$$p^- = \frac{1}{\sqrt{2}} (p^0 - p^1)$$

光锥坐标系的能量

$$E_{lc} = cp^-$$

光锥坐标系还是看弦论那本书吧，理解了正则部分的指标升降，理解光锥坐标的指标升降应该没有什么问题，光锥坐标系的度规发生了变化



光前夸理论基础 光前量子化

- 光前形式的标量场，光前形式的旋量场，光前形式的矢量场，这部分会和QED正则量子化进行对比
- QCD光前量子化，会和QCD路径积分形式对比
- 通过比较，来发现光前量子化的优点和局限性，以及物理学家是如何克服光前量子化的局限性



河南師範大學
HENAN NORMAL UNIVERSITY

厚德博学 止于至善

恳请老师给予批评指正!