电荷的量子化起源：基于色荷涡旋场分支耦合的ABC理论模型

作者： 李志军，赵光耀

摘要：  
基于李志军ABC理论，本文提出了关于电荷量子化的根本性解释。核心论点为：基本粒子的电荷并非内禀属性，而是宇宙能量子（或基础费米子）与色荷涡旋场B的特定分支发生耦合时表现出的拓扑量子数。我们证明色荷场B包含三个正交的分支分量（红、绿、蓝），每个分支携带基本电荷单位 。粒子与正色荷场 的一个分支耦合获得 电荷；与两个分支耦合获得 电荷；相应地，与反色荷场 的分支耦合则获得负电荷。电荷符号由所耦合色荷场的整体符号（ 或 ）决定，而电荷量值则由耦合的分支数量决定。我们构建了描述这一耦合机制的场算符代数，推导了电荷算符 与色荷场分支算符 的对易关系，并严格证明由此产生的电荷值必然满足 （）。该模型首次从场论的拓扑性质出发自然解释了电荷量子化，为理解粒子物理标准模型提供了全新基础。

关键词： ABC理论；电荷量子化；色荷场分支；耦合机制；拓扑量子数；分数电荷

1. 引言：电荷量子化的难题

电荷量子化（）是实验事实，但标准模型将其归因于 规范群的表示，并未解释其深层起源。为何电荷的最小单位是 ？为何夸克携带分数电荷？李志军ABC理论为此提供了全新视角：电荷是粒子与宇宙基本场几何结构相互作用的直接体现。

1. 理论框架：色荷场B的分支结构

2.1 色荷场B的数学表示

在ABC理论中，色荷涡旋场 是包含三个正交分支分量的复合场。我们将其表示为三分量场：

其中 分别对应红(R)、绿(G)、蓝(B)三个分支。每个分支 都是独立的涡旋场。

存在两种色荷场类型：  
\* 正色荷场 ：其分支记为   
\* 反色荷场 ：其分支记为

2.2 分支耦合与电荷算符

我们引入作用于粒子场组合态的电荷生成算符 。关键假设是该算符的期望值与色荷场分支算符 成正比。

对于基础费米子（如夸克），其场组合态为：

其中 是其在色荷场分支上的量子态。

电荷算符 作用于色荷场部分的效应定义为：

这意味着耦合一个正色荷场 分支获得本征电荷 ；耦合一个反色荷场 分支获得 。

1. 电荷量子化的代数推导

3.1 多分支耦合的叠加原理

若粒子同时与多个分支耦合，其总电荷为各分支贡献的线性叠加。由于分支正交，耦合态是它们的直积态。

例如，粒子同时耦合于 和 时，色荷场态为：

电荷算符作用其上：

根据定义， 只作用于对应分支，且因分支正交，交叉项为零。因此：

总电荷为 。

3.2 一般电荷公式

推广至一般情况，粒子耦合于 个 分支和 个 分支时，总电荷为：

其中 ，且 （因只有三个独立分支）。

因此所有可能电荷值为：

这完美解释了分数电荷的存在及电荷为何是 的整数倍。

1. 粒子电荷的具体分配

根据上述公式，我们为所有已知粒子分配色荷场耦合模式：

| **粒子** | **色荷场耦合模式** |  |  | **计算电荷 Q** | **实际电荷 Q** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 上夸克 (u) | 耦合于 | 2 | 0 |  |  |
| 下夸克 (d) | 耦合于 | 0 | 1 |  |  |
| 电子 () | 不耦合于色场 () | 0 | 3 |  |  |
| 正电子 () | 不耦合于色场 () | 3 | 0 |  |  |
| 质子 () | 通过胶子间接耦合，净色单态 | 0 | 0 |  |  |
| 中子 () | 通过胶子间接耦合，净色单态 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注： 对于电子和复合粒子（如质子），整体表现为色单态，但其电荷由底层组分夸克的电荷代数和决定。这表明我们的电荷生成算符 主要作用于基础费米子（夸克）的色荷场组分。

1. 与标准模型的关系

标准模型中电荷由 给出，其中 为弱超荷， 为弱同位旋第三分量。在ABC理论中，弱超荷 可能与耦合的色荷场分支数差 成正比，即：

而 可能与另一种内部自由度相关。这为从更基本几何原理推导盖尔曼-西岛关系提供了可能。

1. 结论

基于ABC理论，本文提出电荷量子化的新机制：

1. 电荷起源：电荷是基础费米子与色荷场 特定分支耦合的拓扑量子数
2. 电荷量子化：分支数为整数且每个分支贡献固定电荷量 ，导致电荷必为 的整数倍
3. 电荷符号：由所耦合色荷场类型（ 或 ）决定
4. 分数解释：自然解释了夸克的分数电荷

该模型将基本物理量电荷与宇宙基本场的几何结构和拓扑性质深刻联系，为统一理解基本粒子性质迈出关键一步。

参考文献  
[1] Li, Z. J. (2023). The ABC Mechanism in the Universe.  
[2] Millikan, R. A. (1913). On the Elementary Electrical Charge and the Avogadro Constant. Physical Review, 2(2), 109–143.  
[3] Gell-Mann, M. (1964). A Schematic Model of Baryons and Mesons. Physics Letters, 8(3), 214–215.  
[4] ’t Hooft, G. (1980). Naturalness, Chiral Symmetry, and Spontaneous Chiral Symmetry Breaking. In Recent Developments in Gauge Theories (NATO Sci. Ser. B, Vol. 59, pp. 135–157). Plenum Press.

*。*