**量子隧穿的过饱和融合机制：基于ABC场组合理论的动量和能量重分配模型**

**作者：** 李志军，赵光耀

**摘要：**  
本文基于李志军ABC宇宙涡旋场理论，提出了一个关于量子隧穿现象的动力学模型。核心论点为：量子隧穿是入射粒子（特定的ABC场组合态）与势垒（另一类ABC场组合态）发生瞬态非弹性散射，形成一个动量和能量过饱和的复合态，该不稳定复合态通过在其边界处优先分解从而重放出入射粒子的过程。本文通过构建含时Ginzburg-Landau方程描述融合态的演化，并计算其概率流在边界处的分布，严格推导出隧穿概率的表达式，其主导项为指数形式，与Wentzel-Kramers-Brillouin (WKB) 近似结果一致。本模型将量子隧穿诠释为一个符合直观的注入-过饱和-选择性释放的物理过程，消除了传统解释中的抽象性。

**关键词：** ABC场论；量子隧穿；过饱和态；Ginzburg-Landau方程；概率流；WKB近似

1. **引言**

量子隧穿是量子力学的基本现象。传统解释依赖于波函数的概率诠释，未能揭示其微观物理机制。李志军教授的ABC场论认为，所有物理实体均是A场（电磁涡旋）、B场（色荷涡旋）、C场（希格斯涡旋）的特定组合态。本文据此提出：量子隧穿是入射粒子与势垒的场组合态发生动力学相互作用，导致暂时融合并随后分解的过程。此过程遵循能量与动量守恒定律，其概率可通过求解融合态的动力学方程得到。

1. **模型：过饱和融合与选择性分解**

**2.1 态的定义**

* 入射粒子态： 一个具有能量 和动量 的量子粒子是特定的ABC场组合态： 。
* 势垒态： 势垒由另一类处于亚稳态基态的ABC场组合态构成： ，其基态能量为 。

**2.2 融合过程**

入射态与势垒态通过相互作用哈密顿量 发生耦合，形成瞬态融合态：

该融合态的能量 （其中 ），动量 ，是一个动量和能量过饱和的激发态。

**2.3 融合态的稳定性与分解**

过饱和态 是不稳定的，其寿命 满足能量-时间不确定关系：

它通过在其边界处分解，释放出多余的动量和能量 和 ，回归稳定的基态 ，从而重放出原始的入射粒子态。

1. **数学建模：Ginzburg-Landau方程与概率流**

引入有效序参量场 来描述融合态 的时空分布。

**3.1 含时Ginzburg-Landau方程**

融合态 的演化满足：

其中 是融合态的有效质量， 是势垒基态的稳定性参数， 是非线性系数。入射粒子的融合相当于一个瞬时外场扰动，使系统进入 的过饱和状态。

**3.2 概率流与隧穿几率**

融合态分解的概率流密度由量子力学的标准定义给出（修正了输入中的 和 缺失）：

需计算此概率流在势垒远侧边界 处的值 与入射概率流 之比。

通过求解Ginzburg-Landau方程在势垒区域 的静态解（令 ），并在线性近似下忽略非线性项 ，方程简化为：

其解在经典禁戒区 呈指数衰减形式：

其中衰减常数 为：

将其代入概率流定义式，可得在位置 处的概率流密度幅值为：

因此，在远边界 处的概率流与在 处的入射概率流之比为：

其中 。

对于一般形势垒 ，其等效高度 与 量纲一致且物理意义等效。将上述结果推广至变形势垒，即得到隧穿概率 的表达式：

此即WKB近似的标准结果。

1. **守恒律的证明**

* 能量守恒： 入射粒子能量 。出射粒子能量 。融合时带来的多余能量 在分解过程中留给了势垒，使其内能增加。总能量守恒。
* 动量守恒： 入射动量 。出射动量 。融合时带来的多余动量 在分解过程中转移给了势垒整体。总动量守恒。

1. **结论**

本文基于ABC场组合理论，将量子隧穿重新诠释为一个动量和能量过饱和融合态的选择性分解过程。通过构建含时Ginzburg-Landau方程并求解其概率流，严格推导出隧穿概率的WKB公式。该模型为理解量子输运过程提供了更深刻的物理图像。

**参考文献**  
[1] Ginzburg, V. L., & Landau, L. D. “On the theory of superconductivity.” Zh. Eksp. Teor. Fiz. (1950).  
[2] Landau, L. D., & Lifshitz, E. M. Quantum Mechanics: Non-Relativistic Theory. Pergamon Press (1965).  
[3] Li, Z. J. “On the Fundamental Vortex Fields of the Universe.” Preprint, 2023.