

起源

背景: 1890 德国柏林 新兴工程公司安装路灯

问题: 电加热金属发光, 光颜色会变化: 橙 黄 黄白。

实验: 黑体辐射器: 加热带点金属, 观察颜色变化

普朗克: 光颜色、频率与能量之间的关系

金箔验电器: 红色光不管强度多大, 都不能使金箔片张角变小;
而微弱的紫外光则可以使金箔边张角变小

紫外灾难

→ 为什么光不容易发蓝色光

产生紫外光量子需要巨大的能量。
100倍普通光

→ 矛盾: 越强的波应该具有越大的能量

光电效应

光的粒子性

解释

1905 爱因斯坦 提出 光粒子

光粒子即量子, 是一小股能量。频率越高, 光粒子携带能量越多

量子力学诞生

起始

双缝实验 电子枪发送一个个电子，形成波纹。

VS 与水纹不同的是：一个个电子通过狭缝，最终形成条纹。也就是说每一个电子都具有波动性

水箱波纹实验 波特征条纹的形成：每个波纹同时穿过了两条狭缝，并使其分割的部分相互干扰

1922 尼尔斯·玻尔 量子力学

根据量子力学，我们不能说穿越狭隙的是一个实体对象，只能说是：电子具有某种概率，这种概率波以某种方式同时穿越两条狭隙，并形成干涉，当到达屏幕时，具有灵魂般概率的电子又神秘地变回实体

尼尔斯·玻尔

VS
爱因斯坦

针对光的神秘本质的好奇转换为量子实在本质的讨论

电子处于混合状态 旋转的硬币
电子具有真实状态

玻尔声称：在测量之前，我们无法得知电子的确切位置，更奇怪的是电子本身同时处于各处
电子是现实世界最基础的基石。但是，玻尔却说只有通过观测，我们才能使它的位置变成真实存在。
玻尔与爱因斯坦十年争论的核心：量子力学是否意味着对实在的否定

量子纠缠（第二个重要特性）

一起产生的粒子之间具有某种特殊的关系。它们存在神秘的通信，而这种通信能瞬间穿越时空

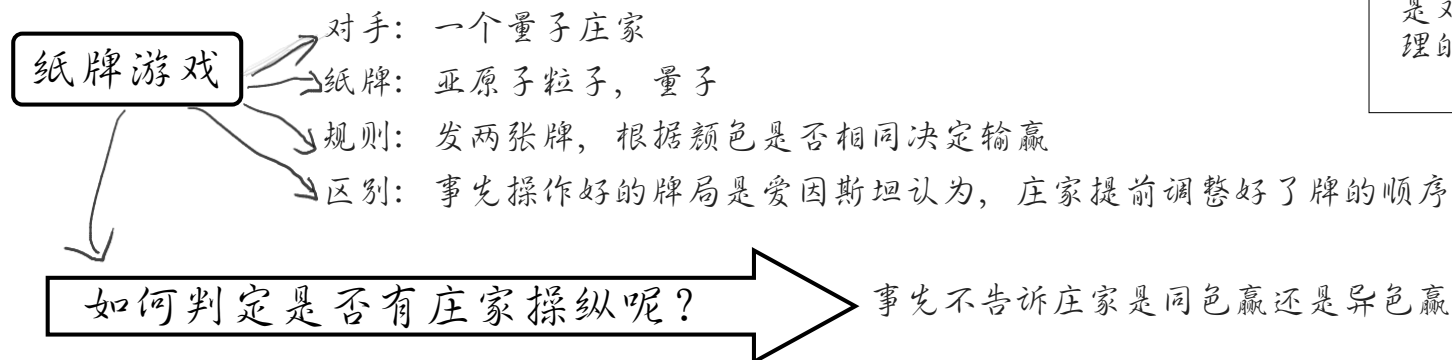
这不符合相对论，爱因斯坦称之为“超距幽灵”

爱因斯坦认为：最终状态，在我们观测之前已经确定，只是我们不知道罢了

实验 放在箱子中的两个白手套
VS
两个旋转的硬币

1964 约翰贝尔

如何才能决定事物是否真实存在？如何在不进行观测的情况下决定事物存在与否



贝尔核心思想

如果输赢的概率相同，那爱因斯坦是对的；如果输了，则说明没有合理的解释。即实在性是不可知的

$$P(a, c) - P(b, a) - P(b, c) \leq 1$$

1970年代 约翰 克劳泽 用实验测验了量子是否事先确定

实验步骤: 晶体将一束激光转换成相互纠缠的量子, 变成两束极精密的光束。要测量的是光的一个偏振特性, 相当于纸牌颜色, 两个光偏振方向一致就类似同色。

结论 玻尔是正确的。没有事先操纵好的牌局