

## 附件 5.1：2026 年辽宁省大学生物理实验竞赛量子赛道题目

### 01. 光电效应的定量分析

光电效应是光的粒子性的重要证据。收集不同金属的光电效应实验数据，利用爱因斯坦光电方程计算各金属的逸出功和截止频率。分析光电子动能与光强、频率的关系，讨论这一发现对建立波粒二象性概念的意义。

### 02. 物质波的尺度

德布罗意提出物质波假说，认为一切物质都具有波动性。计算并比较不同尺度物体的德布罗意波长：电子、原子、病毒、尘埃、乒乓球、人类。分析为何宏观物体的波动性难以观测，讨论电子显微镜如何利用物质波原理突破光学极限。

### 03. 量子力学诠释之争

量子力学的数学形式主义在实验上取得了巨大成功，但对其物理解释存在多种观点（哥本哈根诠释、多世界诠释、导引波理论等）。系统调研至少三种主要诠释的核心观点、哲学基础和历史背景，讨论贝尔定理对诠释问题的约束，形成你自己的理解和评价。

### 04. 不确定性原理的定量验证

海森堡不确定性原理是量子力学的核心。利用公开的粒子物理实验数据或原子光谱数据，验证位置和动量的不确定性关系。估算原子中电子的速度不确定度，讨论不确定性原理对原子结构稳定性的决定性作用。

### 05. 量子隧穿的模拟研究

量子隧穿是粒子穿越经典禁戒区域的奇特现象。建立一维方势垒模型，推导透射系数的解析表达式。编写程序数值计算不同能量、不同形状势垒的透射系数，研究隧穿概率与势垒参数的关系，分析共振隧穿现象。

### 06. 贝尔不等式的数值验证

贝尔不等式将哲学争论转化为可实验检验的问题。建立隐变量理论和量子力学的预测模型，设计数值实验模拟 CHSH 不等式的检验。统计大量"测量结果"，计算贝尔参量，验证量子力学对不等式的违背，讨论非定域性的物理意义。

### 07. 量子随机行走的模拟

量子随机行走展现了与经典随机行走本质不同的统计行为。建立一维离散时间量子随机行走的"硬币-行走者"模型，编写程序模拟 Hadamard 量子行走。研究均方位移的标度行为，对比量子行走的二次方加速与经典行走的线性扩散。

### 08. 波包在势场中的隧穿动力学

数值模拟高斯波包入射到各种势垒（方势垒、Eckart 势、双势垒等）的含时演化过程。研究透射系数与入射能量、势垒参数的关系，分析波包在势垒中的停留时间，讨论超光速隧穿和 Hartman 效应。

## 09. 氢原子在电磁场中的斯塔克效应与塞曼效应

数值计算氢原子在外电场（斯塔克效应）或外磁场（塞曼效应）中的能级移动和波函数变形。研究不同量子数态的响应差异，绘制能级随场强的变化图，分析简并解除的机制。

## 10. 双势阱中的量子隧穿振荡

构建一个对称或不对称双势阱模型，数值求解含时薛定谔方程。观察粒子初始局域在一个势阱后随时间的隧穿振荡，研究振荡周期与势垒高度、宽度的关系，讨论在分子（如氨分子）反转中的应用。