Chapter 1

The New Quantum Universe

物理学家, 就像一个好侦探一样, 仔细分析各种证据, 遵循福尔摩斯说过的一句格言:”当你把不可能的事情都排出了以后, 剩下的选择,不管看起来多么不太可能, 一顶是对的.”
光子的本质是量子力学的

电子的双缝实验

Result: 在没有观察光源时, 电子双缝实验发生干涉, 而有观察光源时, 干涉图案消失.

打开和不打开用来观察电子的光源将导致不同的结果! 这一明显的疑惑来自于光子本身的量子属性. 光, 跟电子一样, 是以确定的叫光子的能量块的方式过来的. 为了看见一个物体, 必须至少有一个光子从这个物体上反弹回来. 这正是问题的症结. 但我们将光照射到子弹上时, 子弹的运动不会发生可以察觉的改变. 因为一个单个的光子的能量和子弹的能量相比太小了. 而电子确实非常细小的量子对象. 光照在点子上会给电子一个猛击, 从而显著改变电子自身的运动状态. 更仔细的分析发现,这一扰动总是正好足够破坏整个干涉图案.

海森堡不确定原理

$$\Delta x \times \Delta p \geq \hbar$$

实验测量的精度存在原则上的极限. 在量子世界里, 扰动(比如光子造成的扰动)是无法忽略的, 这就是海森堡不确定原理的本质.
为了精确测量粒子的位置, 就必须使用波长很短的光,因为光的波长决定了无门能将粒子定位在某一定范围的最小长度. 而很短的波长的光有很高的频率, 光子的能力$E = h\nu$, 高频率的光子达到系统上, 会给量子体系一个很大的推动. 出于同样的原因, 如果想精确测得动量, 我们只能给体系一个很小的推动, 根据普朗克的公式, 这就意味着只能使用低频率的光. 而低频率的光意味着很长的波长, 这样反过来就意味着位置测量的很大不确定性.

不确定性与照相术

眼睛就是一个很好的光子探测器: 一个光子就可以激发一个视网膜细胞. 当然, 一般情况下, 很多光子还没有到达视网膜, 就被眼睛吸收了. 出于这一原因, 大约只有百分之几进入到眼睛的光子真正被眼睛探测到. 显然, 看东西这种化学反应必须是可逆的—实际上, 大约0.1 秒以后视觉细胞就会回到之前的正常状态.

为什么还没有到达视网膜就被眼睛吸收了

否则, 看到一种东西之后, 不回复到之前的状态就看不到了

照相术通过把这种化学变化永久保存在感光乳剂里, 克服了眼睛的这种限制.

Chapter 2

Quantique

2.1 Equation de Schrȯndinger

推广到三维情况下，方程为:

$$\psi(\mathbf{r}, t) = A\cos(\mathbf{k}\cdot\mathbf{r} - \omega t + \varphi)$$

其中：r是三维空间中的位置矢量；· 是矢量点积；k是波矢。这一方程描述了平面波。一维情况下，波矢的大小是角波数

$$|\mathbf{k}| = 2\pi/\lambda$$

波矢的方向是平面波行进的方向.

波动方程是双曲形偏微分方程的最典型代表,其最简形式可表示为:关于位置x 和时间t 的标量函数u(代表各点偏离平衡位置的距离)满足:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2\nabla^2 u$$

这里c通常是一个固定常数，代表波的传播速率. 在针对实际问题的波动方程中，一般都将波速表示成可随波的频率变化的量，这种处理对应真实物理世界中的色散现象。此时，c 应该用波的相速度代替:$v_{\mathrm{p}} = \frac{\omega}{k}$

上面的波动方程可以化成下面的形式

$$\left(\nabla^2 - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right)u(\mathbf{r}, t) = 0.$$

Separation of variables begins by assuming that the wave function $u(r,t)$ is in fact separable:

$$u(\mathbf{r}, t) = A(\mathbf{r})T(t)$$

Substituting this form into the wave equation, and then simplifying, we obtain the following equation:

$$\frac{\nabla^2 A}{A} = \frac{1}{c^2 T}\frac{d^2 T}{dt^2}.$$

Notice the expression on the left-hand side depends only on r , whereas the right-hand expression depends only on t . As a result, this equation is valid in the general case if and only if both sides of the equation are equal to a constant value. From this observation, we obtain two equations, one for $A(r)$, the other for $T(t)$:

$$\frac{\nabla^2 A}{A} = -k^2$$

and

$$\frac{1}{c^2 T}\frac{d^2 T}{dt^2} = -k^2$$

Rearranging the first equation, we obtain the Helmholtz equation:

$$\nabla^2 A + k^2 A = (\nabla^2 + k^2)A = 0$$

Likewise, after making the substitution

$$\omega \stackrel{\text{def}}{=} kc$$

the second equation becomes

$$\frac{d^2 T}{dt^2} + \omega^2 T = \left(\frac{d^2}{dt^2} + \omega^2\right) T = 0,$$

where k is the wave vector and ω is the angular frequency.