

新量子论

——重建新量子力学

袁灿伦

中国水利水电第九工程局有限公司，贵阳，中国

福州原创物理研究所基础部，福州，中国

摘要：本文从场在势阱中的行为出发，得出场在势阱中以驻波的形式伴随着能量存在的结论，从而找到了量子力学中波动的原因。在本文中只用一个物理模型：**场形成波动，它就是波函数**，并利用康普顿波长，推导出电磁波能量和机械波能量与频率的关系，得出波函数具有广义场的意义，指出索末菲的量子化通则才是量子力学的基本方程，从而建立了新量子力学理论。分析了波函数的叠加性、正交归一性和等效原理，指出波函数态叠加是不存在的。由此给出的每一个结论都有明确的显而易见的物理意义，使量子力学问题变得简单明了。建立了新原子模型，并讨论了电子的跃迁、电子的自旋、电子的发射和吸收等问题。把物质分为实体物质和场态物质。特别分析了光的本质问题，明确指出光就是电磁波，光不是物质粒子。重新解释了戴维孙-革末实验的电子图样、电子显微镜原理、光电效应、康普顿效应、双缝干涉等等实验。提出了新的不确定关系。明确指出不存在物质波，也不存在“波粒二象性”，更不存在量子纠缠，薛定谔方程不是波动方程等等问题。

关键词：量子力学，波函数，广义场，广义量，驻波条件，物质波，新原子模型，光的本质，物质，场，力，能量，戴维孙-革末实验

一、引言

量子力学是百年来理论物理学研究的重要成果，是集体智慧的结晶。量子力学自创始以来，一直存在有较大争议。至今为科学界所普遍接受的是哥本哈根学派的量子力学理论。

但是，哥本哈根学派的量子力学理论曾受到过一些人，特别是创始量子力学的物理学家如爱因斯坦、德布罗意、薛定谔等人的反对，甚至开创量子概念的普朗克都强烈反对。爱因斯坦始终认为“量子力学是不完备的”。狄拉克也说“关于量子力学基础是正确的说法，我是不能接受的”。哥本哈根学

派的量子力学理论虽然已经成为了现代理论物理学的两大支柱理论之一，并以此发展出了量子场论、粒子物理学标准模型、弦理论，但是对哥本哈根学派的量子力学理论争论不仅尚未结束，还呈愈演愈烈之势。

本文作者找到了量子力学中波动的原因和实质，**广义场形成波动，它就是波函数**，用严密的数学推导，对波函数的物理意义作出了明晰的解释，从而解决了量子力学的根本性问题，建立了新的量子力学理论。

对比光和物质波，光的问题在电动力学的麦克斯韦方程中已经研究清楚了，那么研究物质波的量子力学就应该是这样的：

光→电动力学→麦克斯韦方程→电磁波→电场和磁场→场的波动。

物质→量子力学→薛定谔方程→物质波(机械波)→场(广义场)→场的波动。

二、微观物质波动性的原因

对比电磁波的能量密度，就会发现电磁波和机械波的能量密度在形式上是相同的：

电磁波能量密度：

$$w = \frac{1}{2}(\epsilon \vec{E}^2 + \frac{1}{\mu} \vec{B}^2) = \epsilon \vec{E}^2 = \frac{1}{\mu} \vec{B}^2 \quad (1)$$

机械波能量密度：

$$w = \frac{1}{2}(m\vec{v}^2 + k\vec{x}^2) = m\vec{v}^2 = k\vec{x}^2 \quad (2)$$

应用本文的 6.3 节中的**等效原理**，把这两种能量等效为动能的形式，即把电磁波的能量等效为质量为 m 速度为 \vec{c} 的能量，把机械波的能量等效为质量为 m_0 速度为 \vec{v} 的能量(见(2)式)，分别对应着电磁波的能量团和机械波的能量团，则

电磁波能量密度：

$$E_c = m\vec{c}^2 \quad (3)$$

机械波能量密度：

$$E_0 = m\vec{v}^2 \quad (4)$$

(注：上面两式并不是质能方程，只是用有质量的物体的能量来等效为机械波和电磁波的能量)

为了下文的描述，用**广义场** $\vec{\Phi}(\vec{r}, t)$ 和**广义量** M 来统一命名(3)式和(4)式中的两个量。电磁波和机械波的能量密度和广义场遍及的空间的总能量都是这样的形式，为广义量与广义场平方之积，都可以统一写成这两个式子：

能量密度：

$$w = M \left| \vec{\Phi}(\vec{r}, t) \right|^2 \quad (5)$$

总能量：

$$W = M \int_V \left| \vec{\Phi}(\vec{r}, t) \right|^2 d\tau \quad (6)$$

分析**电场**和**动能**的情况，就能够找出**微观物质波动性**的原因。

有一广义场 $\vec{\Phi}(\vec{r}, t)$ 在一定空间区域内与其相应的广义量 M 产生的能量形成一**势垒**。下面以电场和动量场为例来说明另一相同(或不同)广义场与**势垒**的关系。

2.1. 电场在电场能势垒中的贯穿

电量为 Q 的电荷在空间形成一**电场能势垒**(“**势垒贯穿**”是量子力学中讨论的典型问题)，如图 1(1)。另一电量为 $q(q < Q)$ 的电荷从远处移近 Q ， q 的电场会影响 Q 的电场分布，当 q 、 Q 同号时电场线如图 1(2)。图中 A、B 两区电场变强，C 区变弱，这相当于 q 的电场穿过**势垒**到达 A 区，部分被**势垒**反射回 B、C 两区后的叠加效果，只是此时对**势垒**来说 q 的电场是“**负**”的，如图 1(3)。当 $Q \rightarrow \infty$ (或 $Q \gg q$)时，**势垒**无限高，此时 q 的电场不影响 Q 的电场分布，就是说**电场**不能穿过无限高**电势垒**，而全部被反射回去，如图 1(4)。无限高**势垒**起到**屏蔽外场**的作用。

两高**势垒**间有一低**势垒**就形成**势阱**，如带电的导体盒(金属中的电子就是这种情形)。当电荷在**势阱**中运动时，其**电场**就会在**势阱**中**来回反射**，**振荡形成驻波**，相当于**谐振腔**。若当**势阱**有限深时，**振荡电场**穿过**势阱壁**形成**行进波**，在**无场区**形成**平面波**。**微观粒子**在未发射时是处于在**周围物质**形成的**势阱**中运动，因此它产生的**广义场**就振

荡形成波动,发射后,在无场区形成平面波。
这就是哥本哈根学派的量子力学理论中“微

观粒子具有波动性”的原因,其实是广义场
 $\bar{\phi}(\vec{r},t)$ 在波动。

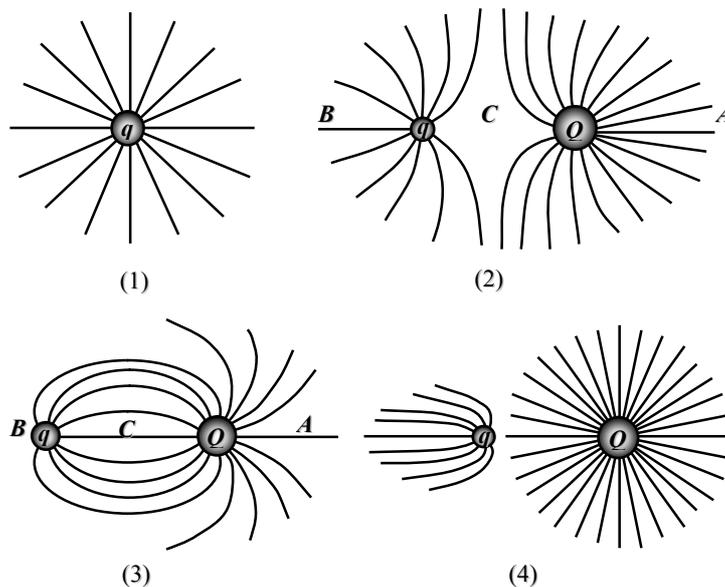


图 1. 电场在电势垒中的贯穿

2.2. 动量场在动能势垒中的贯穿

用两球的碰撞现象可讨论动量场(或速度场)在动能势垒中的贯穿。两球 M 和 m 的速度分别为 \vec{v} 和 \vec{v} , 且 $M > m$, $M\vec{v}^2/2 > m\vec{v}^2/2$, 则 M 球形成一动能势垒, 当两球同向相碰时, \vec{v} 增大, \vec{v} 减小或反向, 如图 2(1)。当两球反向对碰时, \vec{v} 相对于势垒是“负”的, 碰撞后 \vec{v} 减小, \vec{v} 减小或反

向, 如图 2(2)。两种情形都相当于小球的动量场(或速度场)穿过了势垒, 部分被势垒反射后与原来的场叠加。当 $M \rightarrow \infty$ (或 $M \gg m$) 时, 碰后 m 球全速反弹, 并不影响 M 球的动量, 这相当于动量场不能穿过无限高动能势垒, 如图 2(3)。当具有初动能的振子在动能势垒中运动时就被阱壁来回反弹, 其动量的大小和方向周期性变化, 振荡而形成驻波或行进波。

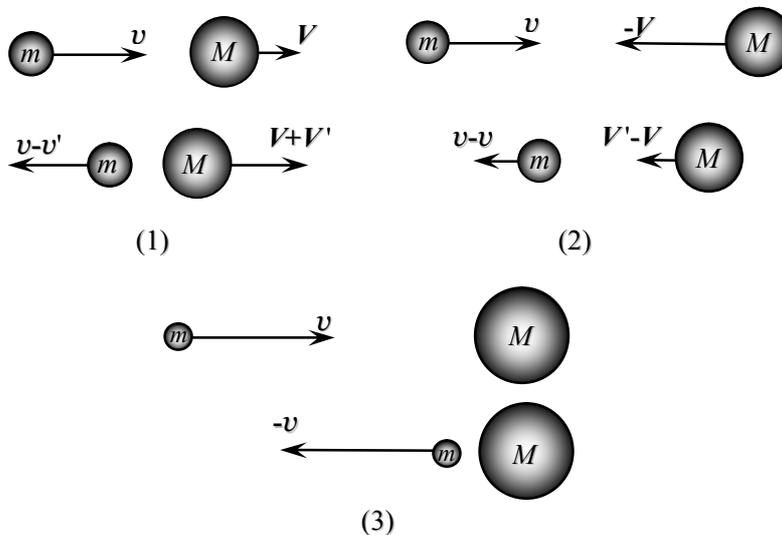


图 2. 动量场在动能势垒中的贯穿

很明显, 由(5)式或(6)式可知, **势垒只能对形成此势垒的相应的广义场起到阻碍或屏蔽作用(力的作用), 对其它广义场无影响。因为广义场只有同相应的广义量才能产生能量和力的作用。**在上例中, 广义场贯穿了高势垒。

在此基础上, 可以建立起唯一的**新的量子力学物理模型:**

广义场形成波动, 广义场就是波函数。

三、能量关系式

从这个物理模型出发, 所得出的每一个结论就都有明确的显而易见的物理意义。现在就把一个质量为 m 的振子放在宽度为 λ_0 的无限深势阱中以频率 ν_0 作周期性振荡, 振子波形成一个波长为 λ_0 的波包。

根据 X 射线散射实验总结出的康普顿波长 $\lambda=h/mc$, 一般地, 对于质量为 m , 速度为 \bar{v} 的振子, 振子的波动形成一个波长为 λ 的波包(能量团), 则有关系 $\lambda=h/mv$, 即

$$mv\lambda=h \quad (7)$$

设振子动能不变, 且 $v=\lambda_0\nu_0$, $c=\lambda\nu$, 由(3)式和(4)式可得

电磁波能量:

$$E_c = m\bar{c}^2 = (m\bar{c}\lambda)\frac{\bar{c}}{\lambda} = h\nu = \hbar\omega \quad (8)$$

机械波能量:

$$E_0 = m_0\bar{v}^2 = (m_0\bar{v}\lambda_0)\frac{\bar{v}}{\lambda_0} = h\nu_0 = \hbar\omega_0 \quad (9)$$

(注: 上面两式并不是质能方程, 只是用有质量的物体的能量来等效机械波和电磁波的能量)

普朗克推导黑体辐射公式时, 提出了能量量子假设, 普朗克考虑将电磁场的能量按

照物质中带电振子的不同振动模式分布, 假设处于封闭区域所形成的腔(也就是构成物质的原子)内的微小振子的能量只能取某些基本能量单位的整数倍, 这些基本能量单位只与电磁波的频率有关, 并且和频率成正比, 即 $E=h\nu$, 这样的一份能量称为**能量量子**, 简称**量子**。普朗克没能为这一量子化假设给出更多的物理解释, 他只是相信这是一种数学上的推导手段, 从而能够使理论在全波段范围内符合经验上的实验数据。

通常普朗克提出的能量量子假设表述为, 黑体腔内不连续地发射和吸收辐射, 进而又表述为, 黑体腔内发射和吸收的电磁波辐射的能量是一份一份的。

需要明确的是, 普朗克的能量量子假设, 指的是黑体辐射发射和吸收电磁波的能量是一份一份的, 每一份为 $E=h\nu$ 。而不是指量子是物质的最小单位, 更不是指物质粒子。本文中所述的能量量子、能量子、量子, 指的是普朗克的能量量子的含义。

四、驻波条件

再来考虑振子从势阱壁上获得动能而使频率增加。在波动中, 我们已经知道, 只有驻波才能稳定地存在, 但要形成驻波, 则**波包数必须是整数个**, 即得驻波条件:

$$n\frac{\lambda}{2} = l, (n = 1, 2, 3 \dots) \quad (10)$$

其中 l 为势阱宽度, $\lambda/2$ 为波包线度(因为一个波长内有两个波包), 此条件只适用于在势阱宽度范围内广义场是均匀分布的体系, 因为这样各个大小相同的波包内的能量才相等。

如果广义场不均匀, 则驻波条件应为索末菲的量子化通则【1】:

$$L = \oint Pdq = (n - \frac{1}{2})h, (n = 1, 2, 3 \dots) \quad (11)$$

如果势阱宽度 l 为 $\lambda/2$ (即一个驻波波包的长度), 则振子吸收能量后形成 n 个波包时的波长由驻波条件(10)式得:

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n} \quad (12)$$

代入(9)式, 可得到:

$$E_0 = nh\nu = n\hbar\omega \quad (13)$$

即是说: 振子的能量只能以 $\hbar\omega$ 的整数倍改变, 频率也以 ω 的整数倍改变。

就是说, 能量只能一份一份地发射或吸收, 这就是能量量子假说的实质, 这是普朗克在研究黑体辐射时首先发现的。

电子在未发射时, 都可以看成是处于周围物质形成的势阱中, 周围物质的电场就会振荡形成驻波, 并吸收或辐射能量子, 电子在势阱中受到电场驻波的作用, 而随着电场驻波的变化而运动。当电子发射后形成自由电子, 脱离了电场驻波的作用, 携带一定的能量, 保持脱离时的速度和方向, 继续作惯性运动。

索末菲的量子化通则(11)式, 是关于波函数的通用方程, 这是本理论的重要方程, 完全取代了薛定谔方程。

五、波函数的场意义

在这个物理模型中, 广义场和波函数是什么关系? 波函数究竟是什么? 哥本哈根学派的量子力学理论中的波函数的几率解释是什么?

一个振子在体系中的广义场形成 n 个波包的波, 则其能量为 $n\hbar\omega$ 。就是说, 每个

波包相当于一个能量为 $\hbar\omega$ 的能量团, 称为一个能量子, 其范围为一个波包的体积 V 。

一个能量子是在一个波包的体积 V 内, 体系的广义场 $\bar{\Phi}(\vec{r}, t)$ 产生的能量。则在体系 V 内的总能量 W , 和在体积元 $d\tau$ 内的能量 dw 分别为:

$$W = M \int_V |\bar{\Phi}(\vec{r}, t)|^2 d\tau = n\hbar\omega \quad (14)$$

$$dw = M |\bar{\Phi}(\vec{r}, t)|^2 d\tau = \hbar\omega dn = \hbar\omega \frac{dn}{d\tau} d\tau \quad (15)$$

将此式积分, 并将两式相比得:

$$\frac{|\bar{\Phi}(\vec{r}, t)|^2}{\sqrt{\int_V |\bar{\Phi}(\vec{r}, t)|^2 d\tau}} = \frac{w}{W} = \frac{1}{n} \frac{dn}{d\tau} = |\bar{\Psi}(\vec{r}, t)|^2 \quad (16)$$

反过来推导也能得到此式, 如果把一个能量量子当作是一个物质粒子, 则从哥本哈根学派的量子力学理论中的波函数的统计(几率)解释, 也可以得这个关系式。将 n 个能量为 $\hbar\omega$ 的能量子当作是 n 个物质粒子, 放入体系中, 用来检验物质粒子在体系中的几率分布, 则由概率知识可知, n 个物质粒子将按波函数确定的几率分布。即在 t 时刻 \vec{r} 处单位体积元 $d\tau$ 内分配的物质粒子数量为:

$$dn = n |\bar{\Psi}(\vec{r}, t)|^2 d\tau \quad (17)$$

又有每个物质粒子的能量为 $\hbar\omega$, 则体积元 $d\tau$ 内的能量为:

$$dw = \hbar\omega dn = n\hbar\omega \cdot \frac{1}{n} \frac{dn}{d\tau} \cdot d\tau = W |\bar{\Psi}(\vec{r}, t)|^2 d\tau \quad (18)$$

将此式积分并整理, 就可以得到:

$$|\bar{\Psi}(\vec{r}, t)|^2 = \frac{1}{n} \frac{dn}{d\tau} = \frac{w}{W} = \frac{|\bar{\Phi}(\vec{r}, t)|^2}{\sqrt{\int_V |\bar{\Phi}(\vec{r}, t)|^2 d\tau}} \quad (16')$$

其中 $\frac{1}{n} \frac{dn}{d\tau}$ 为 t 时刻 \vec{r} 处单位体积内物

质粒子出现的几率。这正是哥本哈根学派的量子力学理论波函数的几率解释中【2】，波函数平方 $|\bar{\Psi}(\vec{r},t)|^2$ 的意义。 $\bar{\Psi}(\vec{r},t)$ 是体系的归一化后的波函数。由这个重要关系式(16)可以得出如下结论：

$|\bar{\Psi}(\vec{r},t)|^2$ 表示在 t 时刻 \vec{r} 处单位体积内体系所具有的能量与体系总能量之比 w/W ；广义场 $\bar{\Phi}(\vec{r},t)$ 就是体系的未归一化的波函数。

设 $\bar{\phi}$ (或 $\bar{\phi}'$)为未归一化的波函数，则有

$$\bar{\Psi} = \frac{1}{\sqrt{\int_V |\bar{\Psi}|^2 d\tau}} \bar{\Phi} = \sqrt{\frac{M}{W}} \bar{\Phi} \quad (19)$$

其中归一化常数

$$\frac{1}{\sqrt{\int_V |\bar{\Psi}|^2 d\tau}} = \sqrt{\frac{M}{W}} \quad (20)$$

$\bar{\Psi}(\vec{r},t)$ 为归一化后的波函数。

$$\int_V |\bar{\Psi}(\vec{r},t)|^2 d\tau = 1 \quad (21)$$

由上述重要的关系式(16)式的推导过程中可看出，只用到了广义场的波动能量，并没有用到物质及其质量，即与物质粒子无关。在反过来推导(16)式的过程中，先要假设把一个能量量子当作是一个物质粒子，并假设这样的物质粒子按波函数的几率分布，才能得到(16)式。果然如此，哥本哈根学派的量子力学理论中的波函数的统计(几率)解释，就是把能量量子当成一个物质粒子质点来处理的。其实，波函数是由广义场的波动推导出来的，而不是由物质粒子质点推导出来的，并且广义场的波动的波包是有体积有大小的，而不是一个有质量的质点。很自然就看得出来，波包的体积为一个量子的体积。现在我们看到了，波函数就是场(广义场)，波函数的平方与广义量之积就是能量

密度。

波包、能量、物质粒子，这三者的概念和含义完全不同，三者不可混为一谈，本文作者已在有关相对论的文章【3】中明确指出，物质和能量没有本质联系，更不能相互转化，本文后面将继续分析。

在微观世界里，物质和空间的尺度本来就已经很小了，运动速度又很快，如果仍然从宏观的角度去看待它，忽略了它的体积、形状和大小，而当作一个质点，那样每个质点在波包范围内的位置就是“不确定”的，不确定程度就是“不确定关系”的范围。

另外，当把体系总能量为 $n\hbar\omega$ 当成一个物质粒子质点时，其所在的位置在 n 个波包内，具体在某个波包内就只能是更宽范围的几率的意义了，就有更大范围的“不确定性”。弥散于整个空间的广义场及其能量，是不能把它们当成一个物质粒子质点的，可见，“几率密度”是没有意义的。

六、波函数的叠加性、正交归一性和等效原理及其物理意义

6.1.波函数的叠加性

广义场是强度量，又是有方向性的广延量，就具有叠加性，广义场就是波函数，波函数也就具有叠加性。若体系有多个同类广义场源，那么在任一点的广义场就为多个广义场源在此点的矢量叠加，即

$$\vec{\Phi} = c_1 \vec{\phi}_1 + c_2 \vec{\phi}_2 + \dots + c_n \vec{\phi}_n = \sum_n c_n \vec{\phi}_n \quad (22)$$

上述的两电荷和两球的势垒贯穿现象，其实就是广义场的叠加性的表现，而并非有物质粒子真的穿过了高势垒。

波函数的叠加性同哥本哈根学派的量子力学理论中的波函数态叠加完全不同, 后者的波函数代表了微观粒子的状态如动量、位置、自旋等, 得出了两个或多个粒子处于同一位置, 或一个粒子处于多个位置的结论, 这是不可思议的, **波函数态叠加是不存在的。**

6.2. 正交归一性

两个波函数 Ψ_k 和 Ψ_l 满足关系:

$$\int_V \bar{\Psi}_k^* \cdot \bar{\Psi}_l d\tau = \delta_{kl} = \begin{cases} 1, (\text{当 } k=l \text{ 时}) \\ 0, (\text{当 } k \neq l \text{ 时}) \end{cases} \quad (23)$$

在这里, 其物理意义是很明显的: 广义场 $\bar{\phi}(\vec{r}, t)$ 只有与其相应的广义量 M 才能构成能量。

证明如下。因为只有当 $k=l$ 时, 才有

$$\begin{aligned} W &= M_k \int_V \bar{\phi}_k^* \cdot \bar{\phi}_k d\tau \\ &= M_l \int_V \bar{\phi}_l^* \cdot \bar{\phi}_l d\tau = M \int_V \bar{\phi}_k^* \cdot \bar{\phi}_l d\tau \\ &= M \cdot \frac{W}{M} \int_V \left(\sqrt{\frac{M_k}{W}} \bar{\phi}_k^* \right) \cdot \left(\sqrt{\frac{M_l}{W}} \bar{\phi}_l \right) d\tau \\ &= W \int_V \bar{\psi}_k^* \cdot \bar{\psi}_l d\tau \end{aligned} \quad (24)$$

就是说, 当 $k=l$ 时, $W=W$, $\int_V \bar{\psi}_k^* \cdot \bar{\psi}_l d\tau=1$ (能构成能量); 当 $k \neq l$ 时, $W=0$, $\int_V \bar{\psi}_k^* \cdot \bar{\psi}_l d\tau=0$ (不能构成能量)。

正交归一性在哥本哈根学派的量子力学理论中没有任何的物理意义和解释, 只有数学上的“厄密性”。在这里, 其物理意义是显而易见的。当 $k=l$ 时, $W=W$, 能构成能量; 当 $k \neq l$ 时, $W=0$, 不能构成能量。理解为, 广义场只有与其相对应的广义量才能构成能量, 否则就不能构成能量。

例如: 质量 m 与速度 v 才能构成动能, 介电常数 ε 与电场 E 能构成电场能(即 $v \cdot v = v^2$, $E \cdot E = E^2$, 就是上述 $k=l$ 时, $W=W$ 的

意思); 反过来, 质量 m 与电场 E 就不能构成能量, 介电常数 ε 与速度 v 也不能构成能量(因为 $m \cdot E = ?$, $\varepsilon \cdot v = ?$, 就是上述 $k \neq l$ 时, $W=0$ 的意思)。

6.3. 等效原理

各种不同广义场同时作用于一个体系时, 其总能量可等效为任意一种广义场 $\bar{\phi}_n$ 与其相应的广义量 M_n 所形成的能量。其表达式:

$$\begin{aligned} W &= M \int_V \bar{\Phi}^* \cdot \bar{\Phi} d\tau \\ &= \sum_n W_n = \sum_n M_n \int_V \bar{\phi}_n^* \cdot \bar{\phi}_n d\tau \end{aligned} \quad (25)$$

将 $\bar{\phi}$ 归一化为 $\bar{\psi}$

$$\begin{aligned} \frac{M}{W} \int_V \bar{\Phi}^* \cdot \bar{\Phi} d\tau &= \sum_n \frac{M_n}{W} \int_V \bar{\phi}_n^* \cdot \bar{\phi}_n d\tau \\ &= \sum_n \frac{W_n}{W} \frac{M_n}{W_n} \int_V \bar{\phi}_n^* \cdot \bar{\phi}_n d\tau \end{aligned} \quad (26)$$

即:

$$\begin{aligned} \int_V \bar{\Psi}^* \cdot \bar{\Psi} d\tau &= \sum_n \frac{W_n}{W} \int_V \bar{\psi}_n^* \cdot \bar{\psi}_n d\tau \\ &= \sum_n \frac{W_n}{W} = \sum_n |C_n|^2 = 1 \end{aligned} \quad (27)$$

用二次项定理对上式中的 n 个积分项作合并, 其中 $k, l=1, 2, 3, \dots, n$, 且 $k \neq l$ (就是下式中加的那个 0 的情况):

$$\begin{aligned} \int_V \bar{\Psi}^* \cdot \bar{\Psi} d\tau &= \sum_n \int_V |C_n \bar{\psi}_n|^2 d\tau + 0 \\ &= \sum_n \int_V |C_n \bar{\psi}_n|^2 d\tau + \sum_n 2 |C_k^* C_l| \int_V \bar{\psi}_k^* \cdot \bar{\psi}_l d\tau \\ &= \int_V \left(\sum_n |C_n \bar{\psi}_n| \right)^2 d\tau \end{aligned} \quad (28)$$

就可以得到等效原理的另一种表述形式: $\bar{\psi}$ 可按 $\bar{\psi}_n$ 展开成级数 $\bar{\psi} = \sum_n C_n \bar{\psi}_n$ 。这就是完全性的实质。又可得关系式:

$$|C_n|^2 = \frac{W_n}{W} \quad (29)$$

$$\sum_n |C_n|^2 = 1 \quad (30)$$

$$C_n = \int_V \bar{\psi}_k^* \cdot \bar{\psi}_l d\tau \quad (31) \quad \lambda_n = \frac{4a}{n} \quad (32)$$

这式表明： $|C_n|^2$ 表示体系第 n 个广义场产生的能量在体系的总能量中所占的比例。

在这里，它的平方还是多个广义场体系中，其中一种广义场形成的能量在体系总能量中所占的比例 w/W ；也表示在 t 时刻 \bar{r} 处单位体积内体系所具有的能量在体系总能量中所占的比例 w/W 。

例如：带电粒子在电场和磁场中运动，它有动能、电场能和磁场能，但其总能量都可以用动能、电场能或磁场能的任一种来代替。它甚至可以被另一种能量所取代，或者可以用多个能量来代替。

此处的等效原理是新的原理，就是能量守恒定律的体现。

从数学形式上看，其实等效原理这就是哥本哈根学派的量子力学理论中的**完全性**的意思。**完全性**的展开式系数，作为量子力学的五个基本假定之第三个基本假定，它的平方为找到粒子的几率，它是玻恩对波函数的统计解释的表述形式。对波函数的几率解释就导致了整个理论的混乱。

七、典型应用实例

清楚了波动的原因和实质，运用驻波条件，只须几步简单的代数运算，就能求解一些典型问题，并且还能求解出其它所有参量。

7.1.一维无限深势阱

宽为 $2a$ 的一维无限深势阱中的振子(如电子)【4】，显然只有动能且无能量变化，由驻波条件(8)式可得
波长：

进而得能级：

$$E_n = \frac{P^2}{2m} = \frac{4\pi^2\hbar^2}{2m\lambda_n^2} = \frac{\pi^2 n^2 \hbar^2}{8ma^2} \quad (33)$$

速度：

$$v_n = \pm \sqrt{\frac{2E}{m}} = \pm \frac{\pi n \hbar}{2ma} \quad (34)$$

和频率：

$$\nu_n = \frac{v_n}{\lambda} = \frac{\pi n^2 \hbar}{8ma^2} \quad (35)$$

再由振动能：

$$E_n = \frac{1}{2} m \omega^2 A_n^2 \quad (36)$$

可得到振幅：

$$A_n = \frac{4a}{\pi n} = \frac{1}{\pi} \lambda_n \quad (37)$$

波包可看作是作正弦振动的旋转体，则得其体积：

$$V = \int_0^\pi \pi (A_n \sin\theta)^2 d\theta = \frac{\pi^2 A_n^2}{2} = \frac{8a^2}{n^2} \quad (38)$$

因为势阱无限深，能级就与势阱深度无关，那么就无轨道半径，表明了能级在任何深度都可以稳定。

7.2.一维线性谐振子

一维线性谐振子的运动方程为 $\ddot{X} + \omega^2 X = 0$ ，其解为 $X = A \cos(\omega t + \delta)$ 和 $\dot{X} = -\omega A \sin(\omega t + \delta)$

有多种解法，由于广义场 X 或 \dot{X} 是变化的，故用量子化通则(11)式，并且最大动能为总能量，则

$$\oint Pdq = m \oint \dot{X}^2 dt \quad \frac{\lambda_n}{A_n} = 2\pi \quad (47)$$

$$= \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \cdot 2 \int_0^{2\pi} \sin^2(\omega t + \delta) dt \quad (39)$$

$$= (n - \frac{1}{2})h$$

在一个周期 $0 \rightarrow 2\pi/\omega$ 内积分, 可得能级:

$$E_n = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 = (n - \frac{1}{2})\hbar\omega \quad (40)$$

用其它解法可得波函数转折点坐标即位置:

$$X_n = \pm \sqrt{\frac{2(n - \frac{1}{2})\hbar}{m\omega}} \quad (41)$$

速度:

$$v_n = \dot{X}_n = \pm \sqrt{\frac{2(n - \frac{1}{2})\hbar\omega}{m}} \quad (42)$$

可看出振幅、能级半径和位置相等

$$v_n = \omega X_n = \omega r_n \quad (43)$$

其中的位置 X_n 就相当于能级半径 r_n , 结合能级 $E_n = m\omega^2 A^2 / 2 = (n - 1/2)\hbar\omega$, 可得

振幅:

$$A_n = r_n = X_n = \pm \sqrt{\frac{2(n - \frac{1}{2})\hbar}{m\omega}} \quad (44)$$

波长:

$$\lambda_n = \frac{2\pi}{\omega} v_n = 2\pi A_n$$

$$= \pm 2\pi \sqrt{\frac{2(n - \frac{1}{2})\hbar}{m\omega}} \quad (45)$$

波包可看作是作正弦振动的旋转体, 则其体积为:

$$V = \int_0^\pi \pi (A_n \sin \theta)^2 d\theta$$

$$= \frac{\pi^2 A_n^2}{2} = \frac{\pi^2 (n - \frac{1}{2})\hbar}{m\omega} \quad (46)$$

可看出, 其波长是振幅的 2π 倍

7.3.类氢原子

类氢原子是核外只有一个电子的原子核或离子【5】。若取无穷远处为零势能, 并设体系的折合质量为 $\mu = mM/(m+M)$, 核电荷数为 Z , 则

运动方程:

$$\mu \frac{v^2}{r} = \frac{Ze_s^2}{r^2}, \quad (\text{其中 } e_s = \frac{e}{\sqrt{4\pi\epsilon_0}}) \quad (48)$$

势能:

$$U = -\frac{Ze_s^2}{r} \quad (49)$$

总能量:

$$E = \frac{1}{2} \mu v^2 + U = -\frac{Ze_s^2}{2r} \quad (50)$$

振荡电场沿核外空间传播形成闭合的驻波, 由驻波条件(8)式可得波长:

$$\lambda_n = \frac{2\pi r}{n} \quad (51)$$

关系式 $\hbar = \mu v \lambda / 2\pi$ 代入上式可解得

能级:

$$E_n = -\frac{\mu Z^2 e_s^4}{2n^2 \hbar^2} \quad (52)$$

轨道半径(即位置):

$$r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{\mu Z e_s^2} = \frac{n^2}{Z} a_0 \quad (53)$$

速度:

$$v_n = \pm \sqrt{\frac{Ze_s^2}{\mu r_n}} = \pm \frac{Ze_s^2}{n\hbar} \quad (54)$$

波长:

$$\lambda_n = \frac{2\pi n \hbar^2}{\mu Z e_s^2} = \frac{2\pi}{n} r_n \quad (55)$$

再由振动能 $E_n = \mu\omega^2 A_n^2 / 2$ 可得

振幅:

$$A_n = \frac{2n\hbar^2}{\mu Ze_s^2} = \frac{2}{n} r_n = \frac{1}{\pi} \lambda_n \quad (56)$$

氢原子第一能级的电子速度 $v_1 = e_s^2 / \hbar$

与真空中光速 $c = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ 之比为精细结构常数:

$$\frac{v_1}{c} = \frac{e^2}{4\pi\hbar} \cdot \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = \frac{e^2}{2\epsilon_0 ch} = \frac{1}{137} \quad (57)$$

其实, 一般情况下, 不同的核电荷数 Z 、不同的能级 n , 就对应着不同的精细结构常数:

$$\frac{v_n}{c} = \frac{Ze^2}{4\pi\hbar} \cdot \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = \frac{Z}{n} \cdot \frac{e^2}{2\epsilon_0 ch} = \frac{Z}{n} \cdot \frac{1}{137} \quad (58)$$

(以氢原子第一能级为例, 以上各个可观测量分别为: 能级 -13.6 eV , 波尔半径 $5.29 \times 10^{-11} \text{ m}$, 速度 $2.19 \times 10^6 \text{ m/s}$, 波长 $3.32 \times 10^{-10} \text{ m}$, 频率 $6.54 \times 10^{15} \text{ Hz}$, 振幅 $1.06 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。这些数据可作为实验验证之用。)

r_n 的意义是具有能量 E_n (频率和波长也就确定)的广义场(电场)只有在半径为 r_n 的区域上时, 其波动才能形成驻波, 其频率才恒定不变。这样的一个波包才不会“逐渐扩展而消失”, 电子才能在能级上稳定运动。当其能量改变时(即在能级间跃迁), 就以波动的电磁场(电磁波)的形式发射和吸收。

这三个例子中, 系统都具有对称性, 从速度表达式可看出, 广义场形成的波动都可向两个方向传播, 这样就形成了驻波。

电场形成的驻波的波长是振幅的 π 倍

$$\frac{\lambda_n}{A_n} = \pi \quad (59)$$

八、物质的运动速度和波的传播速度

以上几个例子中, 都是从能量的角度来分析的, 其中 v_n 是物质的运动速度。我们再从波的角度来分析速度 v_n 。

从波的角度来看, $v_n = \lambda_n \nu_n$ 就是波速。在以上几个例子中, 物质都处于束缚态, 其波是驻波。在一个波长内有两个波包, 每个波包就是一个量子, 每个量子的能量就应该是一个波长内的两个波包的量子的能量的一半 $h\nu_n / 2$ 。现在我们把上面解得的各个例子中物质的运动速度 v_n 作为波的传播速度代入 $E_n = h\nu_n / 2$, 分别求出各个例子中每个量子的能量, 看看能得到什么。

8.1. 一维无限深势阱

$$\begin{aligned} E_n &= \frac{1}{2} h\nu_n = \frac{1}{2} \cdot 2\pi\hbar \cdot \frac{v_n}{\lambda_n} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 2\pi\hbar \cdot \frac{\pi n\hbar}{2ma} \cdot \frac{n}{4a} = \frac{\pi^2 n^2 \hbar^2}{8ma^2} \end{aligned} \quad (60)$$

8.2. 一维线性谐振子

$$\begin{aligned} E_n &= \frac{1}{2} h\nu_n = \frac{1}{2} h \cdot \frac{v_n}{\lambda_n} = \frac{1}{2} h \cdot v_n \cdot \frac{mv_n}{h} \\ &= \frac{1}{2} mv_n^2 = \frac{1}{2} m \cdot \frac{2(n-\frac{1}{2})h\omega}{m} = (n-\frac{1}{2})h\omega \end{aligned} \quad (61)$$

8.3. 类氢原子

$$\begin{aligned} E_n &= \frac{1}{2} h\nu_n = \frac{1}{2} h \cdot \frac{v_n}{\lambda_n} = \frac{1}{2} \cdot 2\pi\hbar \cdot v_n \cdot \frac{n}{2\pi r_n} \\ &= \frac{1}{2} n\hbar \cdot \frac{v_n}{r_n} = \frac{1}{2} n\hbar \cdot \frac{Ze_s^2}{n\hbar} \cdot \frac{mZe_s^2}{n^2\hbar^2} = \frac{mZ^2 e_s^4}{2n^2\hbar^2} \end{aligned} \quad (62)$$

这就是各个例子中的能级, 也就是每个能量团的能量。由此看来, 物质的运动速度和波的传播速度相等。物质随着波一起运动, 或者说, 波带动物质一起运动。

上述用到了波速关系 $v_n = \lambda_n \nu_n$ 式, 其中

的 v_n 既是波的速度，也是物质的运动速度。这个结论说明，波是客观存在的真实的物理波，而不是哥本哈根学派的量子力学理论中所述的只具有数学意义上的“几率波”。

这三个事例中，还可以验证，满足

$$E_n = \frac{1}{2} m v_n^2 \quad (63)$$

这也表明，每个量子的能量就应该是一个波长内的两个波包的量子的能量的一半。

在一个波长内，能量满足(9)式

$$E = m v_n^2 = h v_n \quad (9)$$

九、新原子模型

9.1.新原子模型

现在应该可以这样来重新描述原子模型：核外电场(广义场)在能级限制的空间范围内 r_n 处波动，形成闭合的驻波，此驻波的

波形整体以速度 v_n 绕核旋转，电子在电场驻波的约束和带动下，稳定地以速度 v_n 绕核旋转。

电场驻波在某个能级 E_n 对应着的半径 r_n 的一个壳层上波动，这个壳层具有一定厚度，厚度为波腹的振幅的 2 倍，电场驻波的长度 $\lambda_n = 2\pi r / n$ 和腰径 $2A_n$ 之比为一个常数 $\pi/4$ ，驻波的半波长为 $\lambda_n/2$ ，可见电场驻波形状是固定的。

一节驻波波包所占据的空间的大小可看作是作正弦振动的旋转体，则其体积为：

$$V = \int_0^\pi \pi (A_n \sin \theta)^2 d\theta = \frac{\pi^2 A_n^2}{2} = \frac{2\pi^2 n^2 \hbar^4}{\mu^2 Z^2 e_s^4} \quad (64)$$

(氢原子第一能级的电场驻波波包的体积为 $5.59 \times 10^{-20} \text{ m}^3$)

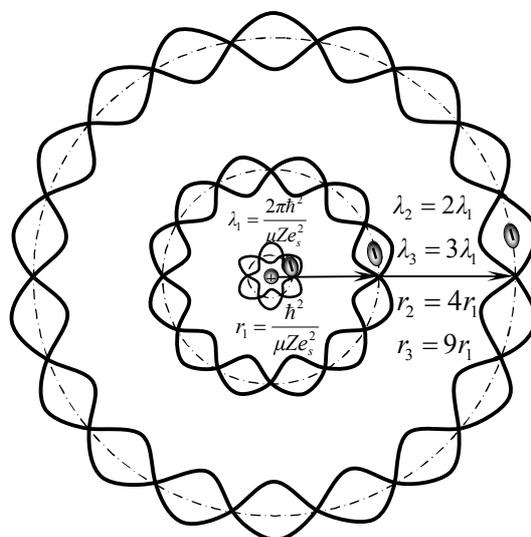


图 3. 类氢原子在三个能级上的电场驻波

由类氢原子电场驻波波包的波长表达式可以看出，在第一和第二能级上，它已经把原子核包裹起来，并围绕原子核旋转。它的相位和方位等关系是由它的波函数中另外的几个量子数 l 、 m 来描述的，这几个量

子数可以由量子化通则(11)式求解出来。

图 3 为类氢原子在三个能级上电场驻波波波动的情形，就是根据上面类氢原子的能级、轨道半径、速度和波长的计算结果画出的。它是在核外三维空间形成的波动，因图

中的圆形无法画出基态 1 个波包的情形，这里就画了 $6n$ 个。

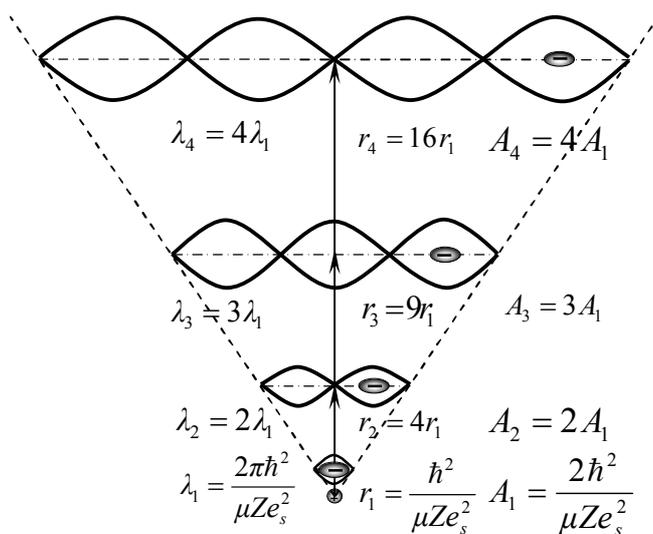


图 4. 类氢原子在三个能级上的电场驻波的展开图

实际上基态能级只有 1 个波包，第 2 能级有 2 个波包，第 3 能级有 3 个波包……，如果将图中沿波节那根半径剖开展直，就是图 4，图中画出了 4 个能级上的波动的情形，

其包络线(图中虚线)是直线，把两条包络线向下转动闭合时，将波包拉伸环绕在原子核周围，就是本文描述的一类氢原子的电场波动的形状，如图 5。

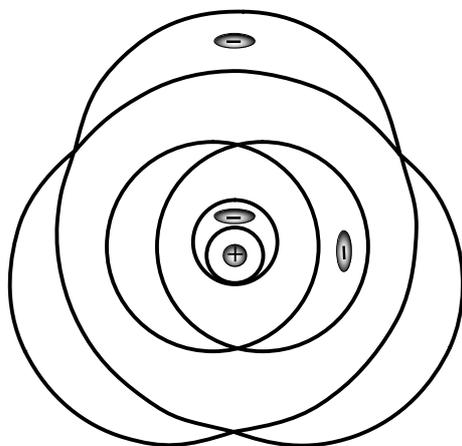


图 5. 类氢原子的广义场波动的形状

驻波稳定而不弥散，就像绳子上的驻波，它像静止不动那样的，一节一节的，就是一个波包，长度为半波长。在这模型里，他的整体是在运动的，原子核外的电场波形成闭合的驻波，整体在绕核旋转，可以向顺、逆两个方向旋转。它旋转一圈时，它本身也就自转了一周。如图 5 所示。基态的第一层只有一个波包，就是电子只有一个位置；第

二层的第二能级上有两个波包，就是那个电子有两个位置……，以此类推。

这里说的两个波包，并不是说有两个电子，而是这一个电子可以处在第二能级上的两个稳定的位置上。各能级间有很大的空间，这些空间里没有电场，没有稳定的位置，电子不能稳定地处在这些空间里，当电子的能量发生改变时，只能在各能级间跃迁。或

者这样说更确切，电场形成的这一个能量团的能量发生改变时，这个驻波需要满足的驻波条件被破坏而解散了，它跃迁到别的能级上重新形成稳定的驻波。

教科书【6】上说：“根据经典电动力学，电子环绕原子核的运动是加速运动，因而不断以辐射的方式发射出能量，电子运动轨道的曲率半径也就不断减小，电子最后将落到原子核中去。此外，加速电子所产生的辐射，其频率是连续分布的，这与原子光谱是分立的谱线不符，按照经典理论，如果一个体系发射出频率为 ν 的波，则它也可能发射出各种频率是 ν 的整数倍的谐波，这也不符合光谱实验结果，实验证明，谱线频率分布所遵从的是并合原则”。本文作者则认为，经典电动力学在电荷作加速运动时是否会产生电磁辐射的问题上有误，当电荷做速率不变的变速运动时，特别是做匀速圆周运动时，并没有能量的变化，电荷就不会产生电磁辐射，而是稳定地做匀速圆周运动，只有电荷作速率变化的变速运动时，电荷的能量发生了变化，才会产生电磁辐射。福州原创物理研究所的梅晓春先生也有相同观点，并写了文章论述了这个问题【7】。

9.2. 电子跃迁

能级其实就是稳定态所在的位置，在此位置上，才能满足驻波条件，电场才能形成稳定的驻波。电子吸收电磁波的能量时，或激发出电磁波时，电场驻波的能量发生改变，原来的驻波就会被破坏而解散，电场在新的位置上形成新的稳定的驻波，电子随着电场驻波的变化而改变位置，这个过程就是**电子跃迁**。

能级上的电场驻波可以有两个旋转方向，电子随着电场驻波的旋转而运动，也有两个运动方向。

电子从高能级跃迁到低能级时，电场驻波波包解散，产生变化的电场，变化的电场又激发出变化的磁场，以电磁波的形式发射出去，这就是**发光**，电场在低能级重新形成新的驻波。这个过程满足如下关系：

$$h\nu = E_m - E_n \quad (65)$$

当电子接受到来自外界的电磁波的能量时，电场驻波波包解散，在高能级重新形成驻波，电子随着电场驻波的变化而改变位置。这个过程满足如下关系：

$$E_m - E_n = h\nu \quad (66)$$

当外界的电磁波能量足够大时，电子跃迁到最外层能级，摆脱原子核的库仑力约束而成为自由电子，这就是**电离**。当外界的电磁波能量足够大时，电子甚至飞出了金属体表面，这就是**光电效应**。可见，光电效应吸收的是高频高能量电磁波，这个过程满足光电效应方程：

$$\frac{1}{2}mv_m^2 = h\nu - W_0 \quad (67)$$

在前面两个带电小球靠近时的例子中，其电场动态地重新分布。类似地，核外各个能级间有较大空间，电子的电场波跃迁时，也是电场动态地重新分布的结果。

9.3. 电场驻波自旋和电子自旋

在此原子模型中，核外电场波是环绕原子核波动着的驻波，其形状不是一个球体，而是**橄榄球形或象纺锤形**，它就是我们看到的绳子上形成的驻波的形状，但它并非固定不动的，而是以速度 v_n 旋转。它在环绕

一周时，其自身也自转了一周，这就形成了**电场驻波的自旋**，如图6。

现在已经知道电子存在着自旋，现在分析电子是如何自旋的。如果电子的形状是一个球体的，其物质分布是各向同性的，那么不论它如何自旋，也都是各向同性的，就无法区分是否在自旋，也就相当于没有自旋，那么假设它是自旋的也就无意义了。由此得

知，**电子的形状不是一个球体，而应该也是象橄榄球形或象纺锤形，两端与电场驻波波包的方向一致。**

上述求解出的速度有正也有负，表示振荡电场的波动可以向两个方向传播，也表示电子可以向两个方向运动，也对应着电子可以有二个方向上的自旋。这与泡利的那个不相容原理是吻合的。

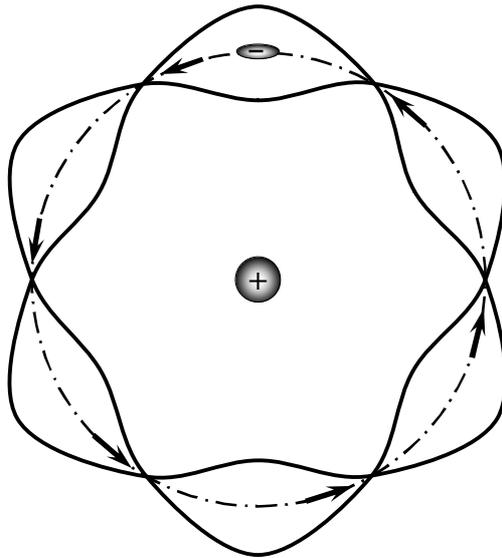


图6. 电场驻波自旋和电子自旋

电子环绕原子核波动的方向也有顺时针和逆时针两种方向，对应着**电子自旋**的方向也有顺时针和逆时针两种方向。图6形象描绘了一个电场驻波波包在其所在壳层(三维空间的)转动到六个方位时的情形，图中的“→”号只示意其转动方向。这样角动量和磁矩也就都明了了。

电子随着电场驻波波包绕原子核运动一周时，电子也绕自身中心自旋了一周，电子自旋和电场驻波波包自旋的频率就相等，那么电子绕原子核运动的频率和绕自身中心自旋的频率相同并等于 ν_n 。电场驻波波包绕自身中心自旋时，最大半径在它的端点处，为 $r'_n = \lambda_n / 4$ ，则**电场驻波波包自旋的最**

大相对线速度为

$$\begin{aligned} v'_n &= \pm 2\pi r'_n \nu_n \\ &= \pm \frac{1}{2} \pi \lambda_n \nu_n = \pm \frac{\pi Z e^2}{2n\hbar} \end{aligned} \quad (68)$$

(氢原子第一能级电场驻波波包自旋最大相对线速度为 3.44×10^6 m/s)

电场驻波波包自旋的最大相对线速度与电子绕原子核运动的速度之比为

$$\frac{v'_n}{v_n} = \frac{\pi}{2} \quad (69)$$

电子绕自身中心自旋时，也会产生两个方向上的自旋磁矩和自旋进动。但是这里不详细讨论。

电子的体积比电场驻波波包的体积小

得多(至今未知其大小), 那么, 电子自旋的最大相对线速度就要远远小于(68)式, 远远小于真空中的光速 c 。电子自旋的角动量也要远远小于下式的估算值:

$$L \ll \pm r_n' \mu v' = \pm \frac{1}{4} \cdot \frac{2\pi n \hbar^2}{\mu Z e_s^2} \cdot \mu \cdot \frac{\pi Z e_s^2}{2n \hbar} \quad (70)$$

$$= \pm \frac{1}{2} \pi^2 n \hbar = \pm \frac{\pi}{4} n \hbar$$

带有电属性的实体物质【3】(本文十一节中将分析实体物质和场态物质)称为电荷, 如电子、质子和离子, 其运动使周围空间中的电场分布发生变化, 就产生了磁场。电荷的自旋运动, 也产生磁场, 形成磁矩, 运动的电荷的变化的磁场是形成磁矩的原因, 而非“内禀磁矩”。这里就不详细讨论了。

9.4. 电子的发射和吸收

电子吸收能量跃迁到高能级上时, 能量增大了(因为能级是负的)。当电子离开原子核时, 它携带了这个原子给它的电离能和速度, 保持脱离时的状态, 脱离了原子核外的电场力约束, 在无场区域成为自由状态, 这个自由电子保持脱离时的速度切向飞出, 若在真空中没有其它的物质时, 将保持原来的速度自由飞行(惯性运动), 这就是**电子的发射**。

当电子运动到前面的物体时, 这个物体中的原子的电场俘获了它, 它就在在这个物体的原子周围运动, 成为负离子, 或者被这个物体中的离子俘获, 它就在与它携带的能量相匹配的能级上, 随着电场驻波波包绕核旋转, 这就是**电子的吸收**。

十、光的本质

10.1. 弦振动方程和麦克斯韦电磁波动方程的相似性

波动方程是一种偏微分方程, 主要描述自然界的各种波动现象, 包括横波和纵波, 例如声波、光波、无线电波(光波)和水波。波动方程抽象自声学、物理光学、电磁学、电动力学、流体力学等领域。它是从弦的机械振动推导出来的, 机械波波动方程也就是弦振动方程。

一维波动方程可用如下的方式推导: 一列质量为 m 的小质点, 相邻质点间用长度 b 的弹簧连接。弹簧的弹性系数为 k , 其中 $\vec{\alpha}(\vec{x}, t)$ 表示位于 x 的质点偏离平衡位置的距离。由牛顿第二定律计算的质点惯性力, 胡克定律计算的弹簧作用力, 施加在位于 $x+b$ 处的质点 m 上的力为:

$$\vec{F} = m\vec{a}(t) = m \cdot \frac{\partial^2}{\partial t^2} \vec{\Phi}(\vec{x} + b, t) \quad (71)$$

$$\begin{aligned} \vec{F} &= \vec{F}_{x+2b} + \vec{F}_x \\ &= k[\vec{\Phi}(\vec{x} + 2b, t) - \vec{\Phi}(\vec{x} + b, t)] \\ &\quad + k[\vec{\Phi}(\vec{x}, t) - \vec{\Phi}(\vec{x} + b, t)] \end{aligned} \quad (72)$$

弹簧作用力改变运动状态, 两式相等, 得到方程, 简化质点和弹簧为一根张紧的弦, 则得到一维波动方程, 并推广到三维情况得到三维波动方程:

一维波动方程:

$$\frac{\partial^2 \vec{\Phi}(\vec{x}, t)}{\partial x^2} = \frac{1}{\vec{v}^2} \frac{\partial^2 \vec{\Phi}(\vec{x}, t)}{\partial t^2} \quad (73)$$

三维波动方程:

$$\nabla^2 \vec{\Phi}(\vec{r}, t) = \frac{1}{\vec{v}^2} \frac{\partial^2 \vec{\Phi}(\vec{r}, t)}{\partial t^2} \quad (74)$$

系数 \vec{v} 通常是一个固定常数, 代表**波的传播速度**, 在弦振动问题中, 波速与振动和波均无关, 而与弦本身的材质、密度和轴向

张力有关。很显然，这根弦是这个波的传播介质，这个波的速度是以这根弦为参考系的，波速只与这根弦本身的材质、密度和轴向张力等因素有关，而与其它因素无关，这些有关因素确定的情况下，这根弦的波速就是确定不变的。

方程的解是两部分的组合， \vec{F} 表示向右的行进波， \vec{G} 表示向左的行进波。波动方程是一个线性微分方程，解出的两列波振幅可以叠加。

$$\vec{\Phi}(\vec{x}, t) = \vec{F}(\vec{x} - \vec{v}t) + \vec{G}(\vec{x} + \vec{v}t) \quad (75)$$

在无外力持续作用时为齐次方程，无任何阻力的情况下，拨动一下琴弦，弦以不变的振幅一直波动。

当有持续的外力(动力或阻力)时，波动方程并不是一个齐次方程，而是

一维非齐次波动方程：

$$\frac{\partial^2 \vec{\Phi}(\vec{x}, t)}{\partial t^2} - v^2 \frac{\partial^2 \vec{\Phi}(\vec{x}, t)}{\partial x^2} = f(\vec{x}, t) \quad (76)$$

三维非齐次波动方程：

$$\frac{\partial^2 \vec{\Phi}(\vec{r}, t)}{\partial t^2} - v^2 \nabla^2 \vec{\Phi}(\vec{r}, t) = f(\vec{x}, t) \quad (77)$$

当 $f(\vec{x}, t)$ 为正时为动力，持续周期性的策动力使波动增强；当 $f(\vec{x}, t)$ 为负时为阻力，持续的阻力使波动衰减。

当弦无穷长时，无边界，波动向一个方向永远传播下去，形成正弦波：

$$\vec{\Phi}(\vec{x}, t) = A \cos(\omega t \pm 2\pi \frac{\vec{x}}{\lambda}) \quad (78)$$

只要拨动一下琴弦，在无穷长的弦上形成一个孤立的正弦波传播下去。用直板推动水体，在水体中产生一维正弦平面波。

线性平面波只是最简单的情况，但不是真实的情况。真实的情况的波源通常是一个

点，向三维空间发出，就是球面波。

其实产生平面波是最复杂的，排成无穷长直线上的一系列波源才能产生平面波，任何真实情况下都是不可能的。

数学上把球面波传播到无穷远处时，其球面波的很小的一小块，近似地当作平面波。或者用排成直线上的一系列波源产生的波近似地当作平面波，

两端固定张紧的弹性弦，两端固定点为边界点，以此为边界条件，则其方程的解为三角函数，即正弦波或余弦波。

拨动弦，给弦一个策动力，弦振动，产生一系列正向传播的行进波，此波传播到固定端点时，另一列同频的波反向传播，两列同频行进波叠加，就得到了**驻波方程**：

右行进波：

$$\vec{\Phi}_1(\vec{x}, t) = A \cos(\omega t - 2\pi \frac{\vec{x}}{\lambda}) \quad (79)$$

左行进波：

$$\vec{\Phi}_2(\vec{x}, t) = A \cos(\omega t + 2\pi \frac{\vec{x}}{\lambda}) \quad (80)$$

驻波方程：

$$\begin{aligned} \vec{\Phi}(\vec{x}, t) &= \vec{\Phi}_1(\vec{x}, t) + \vec{\Phi}_2(\vec{x}, t) \\ &= 2A \cos 2\pi \frac{\vec{x}}{\lambda} \cdot \cos \omega t \end{aligned} \quad (81)$$

两个相位差为 $\pi/2$ 的驻波

$$\vec{\Phi}_1(x, t) = 2A \cos 2\pi \frac{\vec{x}}{\lambda} \cdot \cos \omega t \quad (82)$$

$$\vec{\Phi}_2(x, t) = 2A \sin 2\pi \frac{\vec{x}}{\lambda} \cdot \sin \omega t \quad (83)$$

叠加时，又变为右行进波：

$$\begin{aligned} \vec{\Phi}(x, t) &= \vec{\Phi}_1(x, t) + \vec{\Phi}_2(x, t) \\ &= 2A \cos(\omega t - 2\pi \frac{\vec{x}}{\lambda}) \end{aligned} \quad (84)$$

驻波的特点是各点都在作简谐振动，频率相同，各点振幅作周期性变化，与时间无关。振幅为0处 $n\lambda/2$ 称为波节，振幅最大为 $2A$ 处 $(n-1/2)\lambda/2$ 称为波腹。需要满足驻波条件才能形成驻波，长为 L 的弦，驻波条件是：

10.1.1. 两端固定：

$$L = n\lambda/2 \quad (85)$$

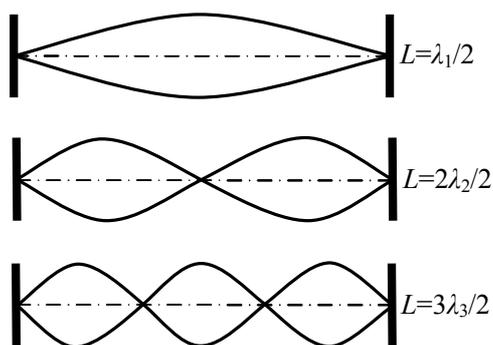
10.1.2. 一端固定一端自由：

$$L = (n-1/2)\lambda/2 \quad (86)$$

10.1.3. 两端自由：

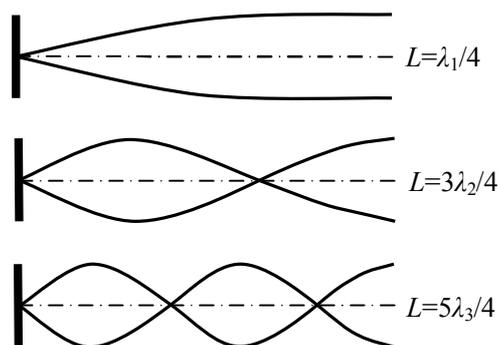
$$L = (n-1/2)\lambda/2 \quad (87)$$

10.1.4. 环形：



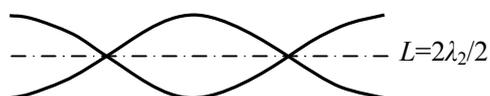
$$L = n\lambda_n/2, \quad n=1,2,3\cdots$$

(1) 两端固定



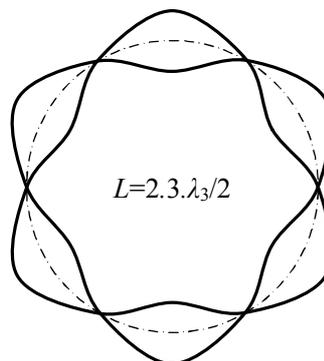
$$L = (n-1/2)\lambda_n/2, \quad n=1,2,3\cdots$$

(2) 一端固定一端自由



$$L = (n-1/2)\lambda_n/2, \quad n=1,2,3\cdots$$

(3) 两端自由



$$L = 2\pi r_n = 2n\lambda_n/2, \quad n=1,2,3\cdots$$

(4) 环形

$$L = 2\pi r = 2n\lambda/2 \quad (88)$$

如图7。

麦克斯韦电磁波动方程(电磁场的齐次方程)：

$$\nabla^2 \vec{E} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (89)$$

$$\nabla^2 \vec{B} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \quad (90)$$

可看出，电磁波动方程同弦振动方程完全相同，其中波速 v 正是光速 c 。

$$\vec{c} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (91)$$

图7. 几种弦振动驻波模式

同机械波形成驻波一样，广义场在势阱中振荡形成驻波，也是需要满足驻波条件的。**要形成驻波，则波包个数必须是整数。**

与宏观的机械驻波比较，从宏观驻波的知识可以看出，此理论的思路与其不谋而

上述实例中的一维无限深势阱、一维线性谐振子和类氢原子的波动情形，分别对应了两端固定、一端固定一端自由、环形的驻波的情形，电磁波对应了两端自由的驻波的情形。一维无限深势阱是一种典型的**束缚态**，相当于两端固定的驻波，驻波条件完全相同($n\lambda/2=l$)；一维线性谐振子是一种典型的**发射态**，相当于只有一端固定的驻波，其驻波条件类似于索末菲的量子化通则，就有半波($(n-1/2)\lambda/2=l$)；类氢原子是一种典型的**球壳态**，相当于环行驻波($n\lambda/2=\pi r$)，长度取半周长，只是实际情况是三维空间的驻波，平面上的环形驻波，正像新原子模型；自由电子是一种典型的**自由态**，相当于两端自由的平面波，它由一端固定一端自由的发射态过渡而成。如图(7)。

电磁波(光波)有点特殊，虽然电磁波是在无电荷无电流的条件下推导出来的，但是，弦振动方程与麦克斯韦电磁波波动方程比较可看出，两种方程完全一样，麦克斯韦电磁波波动方程也是弦振动方程。因为弦振动方程产生的是驻波，那么**麦克斯韦电磁波波动方程产生的也是驻波，即光波是一种驻波**。又因为电磁波是电场和磁场交替激发形成的波，它的传播介质是电场和磁场，因此，**电磁波实际是自我约束而形成的驻波**。

由此看来，**电磁波也是一种驻波，从波源激发出的电磁波，像一端固定一端自由的驻波，在自由空间，它像两端自由的驻波，**

合。机械驻波，两端固定有整数个，一端固定一端自由有半波，两端自由无反射过渡为平面波，环形驻波向两个方向传播，在半周时相聚叠加而形成环形驻波，这就是类氢原子中的驻波条件中为半周长的原因。

这是因为它并不是实体物质介质的振动，而是由电场和磁场(场态物质)交替激发而产生的，并且是边产生电场和磁场边形成波动。

10.2.光的本质

本文作者在长期的研究中一直在强调，**光的问题一直是科学界最关键的问题，人类只要解开了光的秘密，那么所有科学问题都可以迎刃而解！**

各种原子反应、核子的分离、电子跃迁，甚至化学反应，一般都伴随着能量的改变，和光的发出和吸收。

光就是电磁波，电磁波就是光，是电磁场的波动，光和电磁波是完全等价的概念。本文中所述的光、光波或电磁波，其意义完全相同。这已经由麦克斯韦方程组描述得很清楚了，光的问题，也是导致了相对论和量子力学产生的起源问题。

但是，后来的包括相对论和量子力学的所有理论就忽略了光就是电磁波这个最关键的问题，都把光当作是粒子，量子力学把光的波硬说成是几率波，或者说它还有另外的几率波。

用电磁波本身就能完全描述清楚，并不是为了研究方便才引入的这个波的，也没必要再引入另外一个波函数来描述光波(电磁波)了。这个电磁波并没有几率的含义，也不必要对它作其它的解释。

自由空间(真空)中的电磁波,也是由波源(原子核外的电场)发出的,在自由空间中,是无场区,它保持着原来的驻波状态,在自由空间中传播。

根据麦克斯韦电磁理论,光具有如下特征:

光是一种电磁波,是电场和磁场相互交替激发的波动,并在空间中传播,光的传播可以不需要介质,但光可以在某些介质中传播,光在真空中传播速度约为 3.0×10^8 m/s,在介质中的传播速度比这个速度低,光具有波的所有特征如反射、折射、衍射、干涉、叠加、偏振、等速等共同特征。

本文作者重新分析了光的本质问题后,对光的本质有以下更深入的认识:

光是一种波动的形式,而不是物质运动的形式。不能叫光的运动,应该叫光的传播。光传播的是波动的形式和波动的能量。光不是物质,没有质量,没有惯性,不受到力的作用和影响,不加速也不减速,不被光源拖曳,但可以被电磁场介质拖曳,即光速可以叠加电磁场介质的速度。在同一种均质物质中,光传播时不会改变方向。光源发光的瞬间就立刻产生光波,而且是以光速匀速传播出去。

光源的移动不影响光传播的速度和方向。光从光源产生后立即传播出去,从此与光源无关。每种光相互独立产生和传播,相遇时叠加,分离后独立传播。光传播能量,没有传播质量。光的这些独特性质决定了光的独特行为,这种行为也明显不同于物质的性质,这就说明了光并不是物质,而是一种波动的形式。当光被一个物体反射时,这个物体就成为一个新的光源。

光速不变原理是不正确的。相对于同种均匀物质(光的实体物质介质),光速是一样的,这才是光速不变的真实含义。在真空中,相对于真空介质参考系,光速为 c ,光速满足光速相对性和叠加性定律。光速不是所有速度的上限,而实体物质的运动速度可以超光速。真空是光(电磁波)传播的最理想介质,传播速度最快(为 c),折射率最低(为 1)。

真空中虽然没有实体物质作为介质,但它以电磁场形式的物质作为介质。电场和磁场在空间中交替激发并向前传播,这种波动的形式就是电磁波。在电场和磁场交替激发的过程中,后面的电场和磁场减弱消失,在前面激发出电场和磁场,前面的电场和磁场是在激发的过程中产生的,此消彼长。可见电磁波的传播速度,就是电场和磁场在空间交替激发并向前传播的速度,所以**电磁场就是电磁波传播的介质。**

麦克斯韦从方程组解出了电磁波动方程。电磁波动方程和机械波动方程(弦振动方程)具有完全相同的形式。机械波动方程求解的机械波速度是相对于介质的,与波源的运动无关。同理,电磁波动方程求解的电磁波速度是 $c = 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$ (其中 ϵ_0 为真空中的介电常数, μ_0 为真空中的磁导率常数),那么真空中的电磁波速度也是相对于真空中电磁波的介质电磁场而言的,与波源的运动无关。真空中电磁波的介质电磁场是真空中光速 c 的参考系。有了这个确定的参照系,麦克斯韦的电磁理论和伽利略的相对性原理就不矛盾了。

真空中的介电常数为 $\epsilon_0 = 8.854187817 \times 10^{-12}$ F/m,和真空中的磁导率常数为 $\mu_0 = 1.256638504 \times 10^{-6}$ N/A²,这是

无物质的自由空间中的数值，就表明了真空对电磁波没有任何阻碍作用，确定了真空中的电磁波速度达到最快 $c=299792458\text{ m/s}$ ，这个速度是以真空中电磁波的介质电磁场为参考系的。

在实体物质中，电磁波速度为 $c_w = 1/\sqrt{\varepsilon(\nu)\mu(\nu)} = c/n$ (其中 ε 为实体物质的介电系数， μ 为实体物质的磁导率系数，它们不仅与实体物质有关，还与电磁波的频率 ν 有关， n 为透明实体物质对光的折射率)。同理，实体物质中的电磁波速度，就是相对于实体物质中的电磁波的介质电磁场的，与波源的运动无关。作为实体物质中的电磁波介质，电磁场是实体物质中的光速 c_w 的参照系。

同样地，实体物质中的介电系数 $\varepsilon(\nu)$ ，和实体物质中的磁导率系数 $\mu(\nu)$ ，这是由实体物质本身的种类、密度、温度、压强等等状态参数确定的，还与电磁波的频率 ν 等因素有关，表明了实体物质对电磁波有阻碍作用，并且对不同频率的电磁波的阻碍作用不同，它们确定了实体物质中的电磁波速度 c_w ，这个速度是以实体物质中电磁波的介质电磁场为参考系的。例如，可见光在水中的速度为 $2.25 \times 10^8\text{ m/s}$ ，这是由可见光的频率，和水的种类、密度、温度、压强等等状态参数确定的。

由上述机械波动方程和电磁波波动方程形式完全相同，机械波速度是由介质本身的种类的性质和状态参数确定的，是相对于介质为参考系的速度，而不是以介质的运动确定的。同样，电磁波速度也是由电磁场这种介质本身的性质和状态参数确定的，是相对于电磁场这种介质为参考系的速度，而不

是以电磁场这种介质的运动确定的。在真空中，电磁场没有其它状态参数，只有单纯的电磁场，其电磁波速度就由真空中的介电常数 ε_0 和真空中的磁导率常数 μ_0 确定的，是相对于真空中的电磁场这种介质为参考系的速度，而不是以电磁场这种介质的运动确定的，更不是以其它任何介质的运动确定的。

在实体物质介质中，电磁波也是由电磁场这种介质传播的，而不是由实体物质介质传播的。在实体物质介质中，有电荷存在，电磁场与实体物质介质就发生电磁力的作用，电磁场在实体物质介质中的传递和分布，就受到实体物质介质的状态参数的影响，介电常数 $\varepsilon(\nu)$ 和磁导率常数 $\mu(\nu)$ 就与在真空中不同，从而影响了在实体物质介质中电磁场的波动情况，也影响了电磁场在其中波动的速度。随着实体物质介质的运动，其中的电磁场也随之一起运动。

光在(透明的)实体物质中传播时，光的传播也是以电磁场作为传播介质的。(透明的)实体物质不是光的传播介质，而电磁场才是光的传播介质。电磁场在实体物质中传播较慢，导致了光在(透明的)实体物质中传播也较慢，为 $c_w=c/n$ ，实体物质的整体运动(流动)速度与电磁场在实体物质中的传播速度不同步，导致了光在透明实体物质中的传播速度也不同步，通常是滞后的。即实体物质并没有完全同步地拖动电磁场，也没有完全同步地拖动电磁波，都只是部分地拖动。实体物质按一定比例拖动电磁场，两个作用通过整体移动的(透明)实体物质来减缓光的传播速度，这与实体物质的种类、密度、温度、压强等等状态参数有关，还与电磁波的

频率 ν 等因素有关, 这些状态参数总体表现在实体物质介质的介电系数 $\epsilon(\nu)$ 和磁导率系数 $\mu(\nu)$ 上。

所有的波(包括电磁波), 在介质内部是体波, 在介质界面是表面波。体波中既有横

波又有纵波, 介质界面处的表面波是横波, 而在介质中的体波是纵波。在介质中任何平行于传播方向的曲面都是横波, 在介质中任何垂直于传播方向的曲面都是纵波。如图 8 所示。

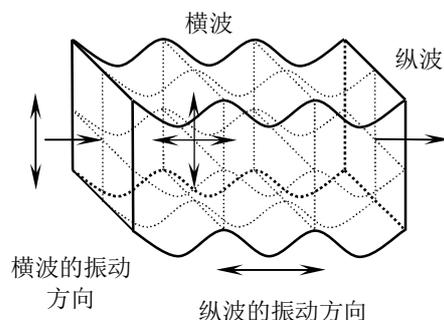


图 8. 体波同时存在横波和纵波

当电场和磁场交替激发形成电磁波时, 电场波和磁场波在传播方向和垂直于传播方向同时振动, 电磁波既有横波又有纵波。根据电场和磁场交替激发时的能量守恒, 电场波和磁场波的相位差为 90 度。如图 9 和图 11 所示。

光只是观察者或仪器用来观察物质的信息传递媒介, 就像声波是传递听觉信息的媒介一样。无论如何, 光都不会影响到物质的运动, 更不会影响到物质的本质和能量, 在坐标变换中、在运动方程中、在能量方程中, 就不应该包含有光速这个参数。如果在这些方程中包含有光速这个参数的物理理论, 是不可能正确的。

所有波的特征参数是波长、频率、相位, 其现象是反射、折射、衍射、干涉、叠加、偏振、等速。同样, 光也是有相同的参数和现象, 没有任何实验证明光具有粒子性, 所有现象和实验都证明光只有波动性, 并且都证明了光就是电磁波。X 射线、 γ 射线的波长再短, 它们仍然是波, 是光波, 是电磁波,

而不是粒子。

本文作者在专题文章中【3, 8】, 对波和光与运动的关系作了详尽的研究。

后面接着研究光是怎样发出的, 怎样传播的, 怎样与物质发生作用的, 怎样穿过实体物质介质的, 才能更进一步知道光的本质!

10.3. 发光机制

光不是由光源发射出来的, 而是由光源激发出来的。

光源的核外电子所处的能级的电场波, 获得外界的电磁场能量时, 失去稳定而解散, 在亚稳态的高能级上重新形成亚稳态的波动, 当它又跃迁到较稳定的低能级时, 波动的电场在低能级处重新形成稳定的波动, 多余的能量以变化的电场沿切向发出, 激发出第一个非均匀变化的电场, 此电场变弱时, 激发出第一个非均匀变化的磁场, 电场和磁场如此交替地激发, 就形成了新的电磁波。

广义来说, 所有波段的电磁波都可以称

为光波，人眼可见光只是其中很窄的波段(380~780nm)。

物质的层次决定了能量级别的变化。宏观的天线振荡电路是低层次的，其机制众所周知，产生长波段的低能量的电磁波(无线电波)；分子级别的最外层核外电子的变化是浅层次的，激发的是较高能量的短波段的电磁波(可见光及紫外光)；微观级别的核外电子的变化是中层次的，激发的是高能量的超短波段的电磁波(紫外光及 X 光)；渺观级别的质子中子等核子的核反应是物质的深层次的，产生的电磁波能量极高，那就是 γ 光。

光激发出来后，它在空间中传播出去

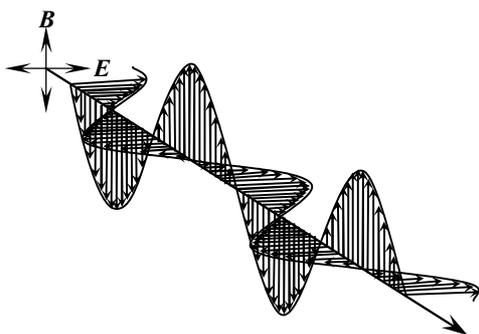


图 9. 电磁波传播图像

本文作者认为，在电动力学教科书中，关于电磁波的相位及其传播图像(图 4-2)【9】是错误的，因为，不符合能量守恒定律，也不符合电场和磁场交替激发形成电磁波的机制。

了，从此它就与光源无关了。光源起到了能量转换和激发电场的作用。

所以，相对于实体物质介质来说，光速不变。

10.4.光的结构形状大小

光是有结构有形状有大小的。而不是无结构无形状无大小的“点粒子”。

光的结构就是相互交替激发的电磁场，电场和磁场相互交替转化，此消彼长，两者的相位并非同步，而是相差 $\pi/2$ 。任一时刻电场能和磁场能之和为其携带的总能量 $E=hc/\lambda$ ，这样才符合能量守恒定律。电磁波传播图像应该为图 9：

光的形状是绕轴向旋转的纺锤形。因为在轴向上无差异性，而电磁场的振动具有方向性，故以绕轴向旋转消除其差异性。

一个光波的长度为 $\lambda/2$ ，半宽度为振幅 $A=\lambda/\pi$ 。如图 10。

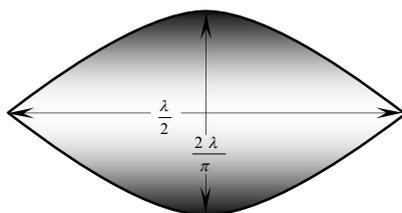


图 10. 光的形状和大小

一个核外电子从高能级向低能级跳跃一次，激发出一个光的波包；一个电子在吸收能量又不断跳跃的过程中，就可以激发出一串光波；多个电子跳跃时，激发出一束光波；连续跳跃时，激发出连续的光波；脉冲式跳跃时，激发出脉冲光波；多个电子同步

同频同相跳跃时，激发出同步同频同相的单色激光。

光的形状和传播如图 11，交替激发的电场和磁场绕轴旋转，并向前传播。光的旋转有左旋和右旋，这与电场和磁场之间的方向有关，可能符合右手螺旋定则吧。

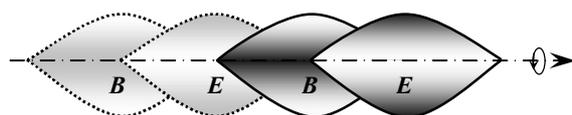


图 11. 光的形状和传播

10.5.光波在真空中的传播

光波(电磁波)在真空中为什么会向前传播呢？

电子从高能级向低能级跳跃时，激发出一个变化的电场，此电场在变弱时，激发出一个变强的磁场，原处的电场变弱消失，而前方的磁场变到最强；当磁场变弱消失时，又在前方激发出一个变强的电场。如此交替激发，在前面不断的产生电磁场，后面的电磁场消失，根据能量守恒关系，此消彼长，相互转化，并且在 X、Y 方向相互垂直变化(振动)，沿 Z 方向传播。光传播到那里，就在那里激发出电磁和电场，电场和磁场就是电磁波的介质。光传播的过程中，光的电场和磁场介质是边传播边产生的，而不是原来就布满在空间中的。光传播的过程中，产生的电场和磁场介质也随着传播了。可见，光传播的是产生的电场和磁场介质，及其波动的形式。

形象地描述，就像人穿着鞋在空中行走那样，空中并没有现成的道路，人穿的鞋就象是道路(电场磁介质)，边走边产生道路。左脚穿的鞋就象电场，左脚抬起时，左脚穿

的鞋也升高，左脚着放下时，左脚穿的鞋也降低，并转换给了右脚上，就象电场转换成了磁场；右脚向前抬起时，右脚穿的鞋也升高，右脚着放下时，右脚穿的鞋也降低，并转换给了左脚上，就象磁场转换成了电场，如此交替动作，左脚穿的鞋和右脚穿的鞋及其交替运动的形式就向前传播了。更像一条蚯蚓，后面的尾巴收缩变短了，就在前面增长头部；尾巴再缩短，头部又增长，就前进了。如图 11。

由此看出，电子激发的光可以向左右两个方向传播的，这与电子跳跃时的相位有关吧。点光源发出的光就是无选择性地向四面八方传播的。

在真空中，是无约束、无限制、无阻碍的自由空间，光在真空中传播的过程中，能量、速度、方向、频率、波长、模式等所有状态都保持不变，没有任何阻碍和转弯，只是电场和磁场的相互交替激发，此消彼长地向传播，速度也就达到了最快。

以上是一个光波波包的传播过程，实际中的是多个电子无选择性地连续激发出光波并连续传播的。

10.6.光在实体物质介质中的传播

根据射入光的能量大小与实体物质介质核外电子能级的匹配关系，介质对光就有透明、吸收、反射、散射的效果。

光在透明介质中传播，是一串接力赛。

射入光的能量大小与介质核外电子某能级差相等，高能级又无稳定态时，介质对光透明的。

光进入透明介质边界的第一个原子，刚好被电子完全吸收，使电子刚好跳跃到上一个高能级上，但又即刻跳跃回原能级上，从而激发出与原光同频同相同向的光。此光传播到第二个原子上，同样被电子吸收跳跃，再回跳激发出光，此光如此传播到第三个原子、第 N 个原子，到达边界，进入真空或另外的介质中。

光每次进入原子，激发出来的光，已不再是原来的那个光，但它们的能量都没有损失，都是同频、同相、同向的，就没有区别。

如此过程，光在透明介质中的传播速度就变慢了。

介质的透明特性，这种情况就是对于光的能量刚好符合电子能级差。

另一种情况是，射入光的能量很小，不能使电子吸收而跳跃，电子没有反应，也不能阻碍光的通行，介质对光也是透明的。

10.7.光的吸收

射入光的能量大小与实体物质介质核外电子某能级差相等，高能级有稳定态时，介质就吸收光。

光进入不透明介质边界，电子吸收能量而跳跃到上一个高能级，但此能级也是稳态能级，电子就不回跳到原能级，也就不能激

发出光，无法接力了。

10.8.光的反射

介质原子核对核外电子约束较小，最外层电子已跳跃到最高能级成为自由电子，如金属介质，电子就再也不能吸收光的能量，介质就反射光。

光进入介质边界，电子就再也不能吸收光的能量，也不能透过介质，只能原状态返回原来的真空或介质。这就是金属具有很高的反射率的原因。

10.9.光的散射

射入光的能量大小与实体物质介质核外电子某能级差不相等，电子吸收一部份能量跳跃到高能级稳定态上，但仍有部分能量以不同的频率和方向发出，成为散射光。

10.10.光的速度

光只要激发了，就传播出去了，就脱离了出发点光源，就与光源无关了，它携带着激发时的能量、速度和波长等状态传播，所以**光的速度与光源无关**，其传播速度和方向就不随光源的运动而变化，从而保持光的速度不变。

光源不是用力发射光，而是用能量差 $E_m - E_n$ 激发出第一个变化的电场，光源的任务就完成了，传播时就与光源无关。光的传播方向不是光源给定的，而是由第一个变化的电场的极化方向决定的，速度大小 $c = 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$ 是由传播空间的介电常数 ϵ_0 和磁导率 μ_0 决定的，波的多普勒效应也说明了波速与波源无关。这才是光速不变的实质。

10.11.电磁波的波长

如果是电振子(宏观)发出的电磁波，通

常能量较小，波长较长，称为无线电波(长波电磁波)，波动性特别明显，绕行性强，穿透性弱，可以绕过高山传播。如果是原子核外电子(微观)发出的电磁波，通常能量较大，波长较短，波动性不很明显，绕行性不明显，穿透性较明显，体积较小，但是，它仍然是电磁波，而不是物质，更不是粒子，不能把它当作粒子。波长在 380~780nm 的电磁波对人眼有感应，使人眼有反映而看到，称为可见光(短波电磁波)。如果电磁波的能量更高时(特高频电磁波)，波长更短，绕行性不明显，穿透性很明显，表现得很硬，大小小于 380nm，如 X 光、 γ 光，但它仍然是电磁波，而不是物质，更不是粒子。

十一、实体物质、场态物质、力和能量

本文将有质量的物质称为实体物质，而将场称为场态物质，广义而言，**物质分为实体物质和场态物质**。

11.1. 实体物质

实体物质用多少来衡量的，质量就是衡量有多少物质的物理量，它是一个标量，物质多，质量就多，数值累加。实体物质是具有质量的实体(实体的意思是其内部是单一组分的，其它的组分不能侵入其内部)，有界性(有明显的边界)、独占空间、排它性、不可叠加、不可侵入、不可分身多处，它有形状、大小、体积和结构(就是单一的某种质)。

实体物质以粒子的形态存在，最简单最基本的粒子，是由单一组份的某种质构成，称为**基本粒子**，如电子。那么，基本粒子就是最基本的、最简单的、最小的、最稳定的、

不可再分割的、不可再变化的、不可再衰变的单体，其内部是单一组份的某种同质构成，并且是充满其空间的，也就是实心的，如电子。实体物质不是无限可分的。

如果实体物质粒子能够发生衰变，或者寿命很短，那就不是基本粒子，而是复合粒子。现在的 62 种“基本粒子”可能都不一定是基本粒子，只要是寿命极短的、不稳定的、会衰变的粒子都不是基本粒子。

基本粒子的某种属性产生相应的场态物质，并通过场态物质产生力的相互作用，形成运动关系，按照运动关系组成更大的复合体，称为**复合粒子**，如原子、分子、离子，从而构成各种各样的宏观物质和物体。

粒子具有可数性，是一个一个的单体，单体之间是不连续的有界的。

质量是实体物质的一种属性，最早就定义为物体所含物质的多少，这个定义清楚明白，一直都没有改变，没有争议。粒子，特指可用多少(质量)来度量的、能够占据空间的、独占空间的、聚集的、坚实的、实体的、可数的物质存在形式，它表现为做功的特征，即 $W = \vec{F} \cdot \vec{s}$ 。

每一种实体物质粒子都有独立的空间存在位置，同一位置不能存在两个以上的物质粒子，描述物质粒子的物理量有位置(坐标)、体积、质量，其体积所占空间就是它的形状，通常认为它的形状是球形。因其有独占空间的形状，故称之为粒子。

实体物质粒子必须有质量的属性，也就是必须用多少来衡量它，有的物质粒子还具有电的属性。这里指的质量的属性，就是实体物质的多少，是含有多少实体物质，而不是其它的质量含意，更不是能量。

实体物质粒子在空间中的位置发生变化,就表现为运动,用运动速度(包括运动方向)来描述,在自由空间中,实体物质在空间中的位置或者不变化,或者是随时间连续地均匀地变化,表现为静止状态或者匀速直线运动状态。而在非自由空间中,空间里有其它实体物质粒子,或者有各种场态物质,实体物质粒子在非自由空中会受到外界的各种场态物质产生的力的作用,而改变其运动状态,其位置不再不变化,或者位置不再均匀变化,实体物质堆积得越多,质量就越大,就越不容易改变,即惯性就越大,这就是牛顿第一定律的实质。

11.2.场态物质

物质的另一种存在形式是场,称之为场态物质。它是由实体物质的某种属性产生的、可充满空间的、非独占空间的、可叠加的、可侵入的、不可数的、弥散于空间的、无质量的特殊物质存在形式,它在空间中的分布用强度来描述和度量,它表现为能量的特征,即 $w = \frac{1}{2}(c\vec{E}^2 + \frac{1}{\mu}\vec{B}^2) = c\vec{E}^2 = \frac{1}{\mu}\vec{B}^2$ 。

场态物质的基本性质是,对其中的实体物质的相应种类属性(荷量)产生力的作用。在本质上,这种作用称为基本力,在宏观上,直接就称之为力。

现在已经知道的有四种基本作用力,分别是万有引力、电磁力(电场力和磁场力)、弱相互作用力和强相互作用力,它们分别对应着五种基本场态物质,分别是引力场态物质、电场态物质、磁场态物质、弱核力场态物质和强核力场态物质,分别对应的物质的种类属性是质量、电荷、电流,这样的种类属性称为**荷量**。

各种场态物质的性质有,场态物质是一种强度量,用场强度来描述,而不是用多少来描述。场态物质是矢量,遵循矢量叠加法则(也就是量子力学中的叠加性),在空间中的同一位置上,多种场态物质或多个场态物质可以同时存在并叠加,而不独占空间,但多种场态物质并存时,又各自遵循着正交归一性原理,而不是交织着胡乱搭配。场态物质是一种流态,而没有明显的形状和边界,在限定的空间边界处,呈梯度过渡分布。

场态物质的扰动也形成波动,并在空间中传播,如电磁波。它是场态物质的强度在空间中的分布变化而呈现出的整体形式。

用 ϕ 来表示场态物质的场强,用 Q 来表示实体物质的种类属性的量,称为**荷量**,如质量、电荷、电流等,荷量是物质的固有属性,是物质内在的基本属性和本质特征,是真正的内禀属性,它不依赖于外部条件或观察者的测量方式,它没有起源,也没有原因。质量和电荷并不是起源于某种场(希格斯场),相反地,场态物质却是起源于实体物质的荷量。

场态物质由实体物质的荷量产生,同时又对别的实体物质的荷量产生力的作用,产生场态物质的实体物质就是场源。例如,实体物质的质量属性荷量 m 产生引力场态物质,引力场态物质又对别的实体物质的质量属性荷量 M 产生引力的作用;实体物质的电荷属性荷量 q 产生电场态物质,电场态物质又对别的实体物质的电荷属性荷量 Q 产生电场力的作用;实体物质的电流属性荷量 i 产生磁场态物质,磁场态物质又对别的实体物质的电流属性荷量 I 产生磁场力的作用。

场态物质的产生，以及场态物质对实体物质的相互作用，遵循上述正交归一性原理(就是量子力学中的正交归一性)，意思是，只有对应的荷量才能够产生对应的场态物质，也只有对应的场态物质同其对应的荷量才能产生力的作用，也只有对应的荷量和对应的场态物质才能产生能量。如，电荷只能产生电场态物质，而不能产生引力场态物质，电场态物质只对电荷产生电场力的作用，而不能对质量产生引力的作用。

根据万有引力定律、库仑定律和毕奥-萨伐尔定律，用 $\bar{\phi}$ 表示场态物质的强度，用 M 表示实体物质的种类属性的荷量，则在距场源 \bar{r} 处的场态物质的强度为

$$\bar{\phi} = K \frac{Q\bar{r}}{r^3} \quad (92)$$

11.3.力

场态物质对别的实体物质的种类属性的荷量 Q' 产生的作用力为：

$$\bar{F} = Q'\bar{\phi} \quad (93)$$

$$\bar{F} = Q'\bar{\phi} = K \frac{QQ'\bar{r}}{r^3} \quad (94)$$

(93)式可以看作是力的定义：**力是实体物质的荷量与对应的场态物质的强度之积。**

实体物质为场源产生的场态物质的强度在空间中按某种规律分布，如万有引力定律、库仑定律和毕奥-萨伐尔定律。在空间某远离场源的局域内，没有实体物质，只有场态物质，此时可以认为，场态物质可以独立于场源而存在。

从力的定义(93)式可以看出，在经典力学中，在场态物质强度确定的情况下，场态物质对实体物质产生的力 \bar{F} 的大小，与实体物质的质量荷量 m 成正比，场态物质强度 $\bar{\phi}$ 类似于加速度 \bar{a} ，这与牛顿第二定律吻合。

在经典力学中，两个(实体)物体之间发生相互作用力，两个物体互为施力物和受力物，根据牛顿第三定律，它们是一对作用力和反作用力，力的性质(种类)相同。

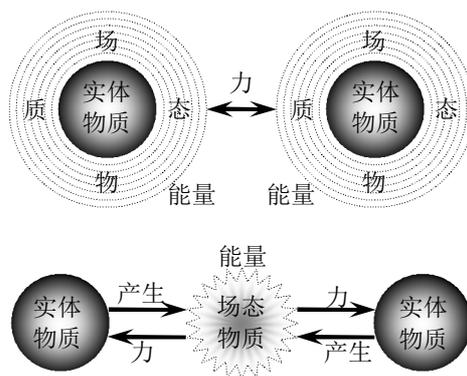


图 12. 实体物质产生场态物质，场态物质对实体物质发生力的作用

在本质上，力是场态物质对实体物质的作用，两个实体物质之间就是通过场态物质传递相互作用力的，而不是通过粒子传递的。

引力场态物质传递两个实体物质之间

的质量荷量的引力，电场态物质传递两个实体物质之间的电荷荷量的电力(如图 1)，磁场态物质传递两个实体物质之间的电流荷量的磁力，还有弱核力、强核力也是由其弱核力场态物质和强核力场态物传递的。它们

都不是由“引力子”、“光子”、“胶子”等等“传播子”来传递力的，根本就不存在这些“传播子”，如图 12。

电磁学理论中的洛伦兹力 $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$ ，是运动电荷在磁场(和电场)中受到的力，即磁场(和电场)对运动电荷的

11.4.能量

场态物质对实体物质产生的作用力是保守力，则处于场态物质中的实体物质就具有势能，这种势能是实体物质和场态物质共同拥有的，距场源 R 处的实体物质的势能为

$$E_p = \int \vec{F} \cdot d\vec{r} = Q' \int \vec{\Phi} \cdot d\vec{r} = K \frac{QQ'}{2R} \quad (95)$$

原子核内的核子实体物质的荷量产生核力场态物质(弱核力场态物质和强核力场态物质)，核力场态物质同时对原子核内的核子实体物质的荷量产生核力(弱核力和强核力)的作用。处于核力场态物质中的核子实体物质就具有核力势能，由于核力场态物质特别是强核力场态物质的强度很强，产生的核力很大，此核力势能就很大，当发生核反应时，就会释放出巨大的核力势能，这就是核能。

本文作者将在后续文章中可能披露人工可控核聚变能源利用装置可行性的问题。

(1)式和(2)式表明，场态物质本身也具有能量。

能量表达式

$$w = M |\vec{\Phi}(\vec{r}, t)|^2 \quad (5)$$

$$W = M \int_V |\vec{\Phi}(\vec{r}, t)|^2 d\tau \quad (6)$$

可以是写成这样的形式：

作用力，按照经典力学，却找不到洛伦兹力的施力物体，也就没有作用力和反作用力，不满足牛顿第三定律，安培力 $\vec{F} = \vec{B}IL$ 也是如此。现在按照本文的理论，洛伦兹力是场态物质 B 对运动电荷(即电流 i)的作用力，就符合上述力的定义。

$$w = 2M \int \vec{\Phi}(\vec{r}, t) d\vec{\Phi} = 2M \int \vec{\Phi}(\vec{r}, t) \frac{d\vec{\Phi}}{dt} dt \quad (96)$$

$$W = 2M \int \int \vec{\Phi}(\vec{r}, t) d\vec{\Phi} d\tau = 2M \int \int \vec{\Phi}(\vec{r}, t) \frac{d\vec{\Phi}}{dt} dt d\tau \quad (97)$$

这说明能量是场态物质(广义场)在时空中变化的积累，这就是能量的实质。

实体物质产生场态物质，场态物质对实体物质发生力的作用，实体物质和场态物质共同拥有势能，场态物质本身具有能量，它们的关系如图 12。

本文作者在文【3】中对此作了初步研究。

十二、戴维孙-革末实验图样的新解释

12.1.戴维孙-革末实验图样不是电子衍射

模仿光是一种波，结合爱因斯坦的假设，德布罗意推广了该假设，认为物质也有波，并认为所有物质都具有波的性质，认为所有的物质都同时具有粒子性，也同时具有波动性，即“波粒二象性”。

1927 年的戴维孙-革末实验，认为是电子的物质波的衍射实验，这个实验被认为是为德布罗意物质波假说提供了不可否定的证据。

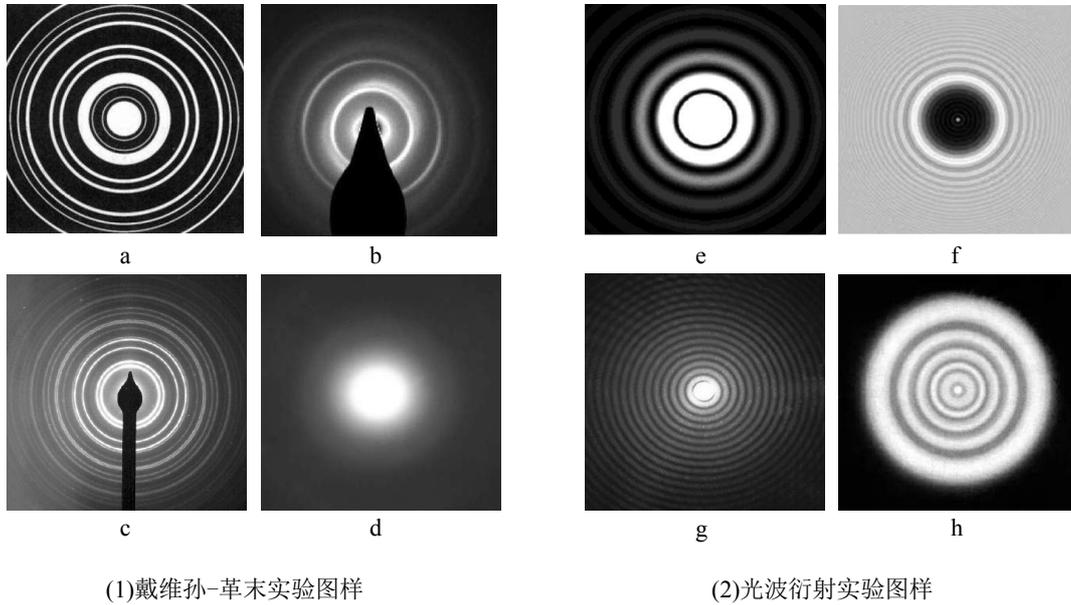
然而，本文作者对戴维孙-革末实验作出了完全不同的新解释。

本文作者认为，没有物质波，实体物质

只有粒子性，没有波动性，不存在物质波。
电子只有粒子性，没有波动性。

戴维孙-革末实验中，电子经过镍单晶粉

末时，电子的电场，与镍原子的电场相互作用，而产生散射，形成圆环形分布，但并不是电子波的衍射。



(1)戴维孙-革末实验图样

(2)光波衍射实验图样

图 13. 戴维孙-革末实验图样与光波衍射实验图样的对比

图 13 是戴维孙-革末实验与光波的衍射实验的对比，图 13(1)中，a 就是教科书中戴维孙-革末实验的原图【10】(图 1.4 电子被有序合金 Cu_3Au 衍射的照片)，a 和 c 是多晶体的图样，b 是准晶体的图样，d 是非晶体的图样；图 13(2)是光波衍射实验图样，e 和 g 是小圆孔的衍射图样，f 是圆板的衍射图样，h 是大圆孔的衍射图样。对比可以看出，两者有很大的区别，戴维孙-革末实验的电子图样明暗条纹的间距和宽度都很不均匀，而光的衍射实验图样条纹的间距和宽度则比较均匀，很显然，两者没有相似之处，有着不同的原理。光的衍射实验图样条纹表明了光发生了衍射现象，是波动的特征，而戴维孙-革末实验的电子图样不是衍射图样，电子并没有发生衍射现象，表明了电子没有波动性。

教科书中所述的“德布罗意假说的正确

性，在 1927 年为戴维孙和革末所做的电子衍射实验所证实。电子束在穿过细晶体粉末或薄金属片后，也像 X 射线一样产生衍射现象，这个实验也证明了(1.4.2)式(德布罗意关系 $p = h/\lambda \cdot \vec{n} = \hbar \vec{k}$)的正确性。电子的波动性还可以用与光的双缝衍射相当的实验来显示。此外，也观察到原子、分子和中子等微观粒子的衍射现象，实验数据分析都肯定衍射波波长和粒子动量间存在着德布罗意关系”，这显然是不成立的。

12.2.戴维孙-革末实验图样的新解释

本文作者对戴维孙-革末实验的电子图样有新的解释，如图 14、15、16 所示。金属晶体中原子规则排列，其核外电子的周围空间产生电场。电子枪发射电子束经过电场加速后射向晶体，晶体原子的电场与电子的电场发生作用，被晶体表面反射，或者进入

晶体内部，经过多次相互作用，少部分电子艰难地透过薄的晶体，在后面空间中重新分布，并携带有晶体的特征信息。屏幕上的亮

环纹是有电子到达的区域，暗环纹是没有电子到达的区域。

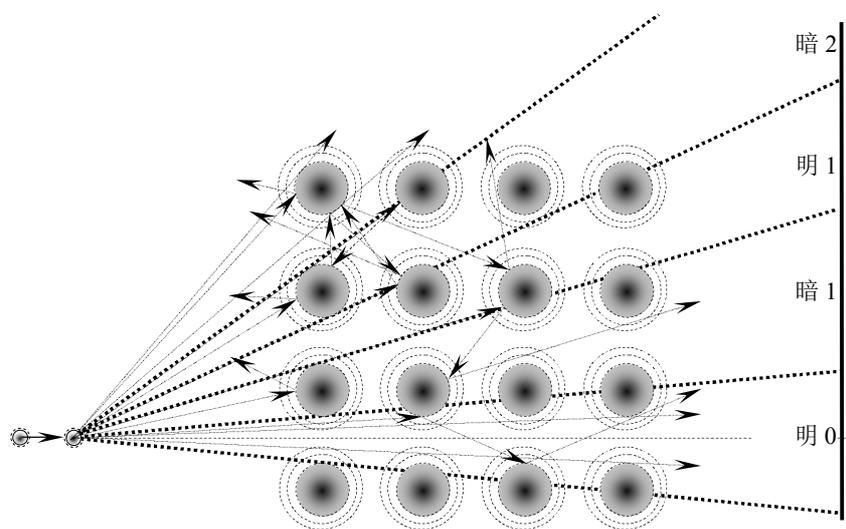


图 14. 戴维孙-革末实验的微观机制

电子束有一定的宽度和发散，电子束中心的电子密度大，透过晶体的电子就多，屏幕中心的亮度就高；电子束边缘的电子密度小，透过晶体的电子就少，屏幕边沿的亮度就低。

戴维孙-革末实验的微观机制是，电子束打在晶体表面时，表层原子就首先遮挡了大部分电子，被表层原子反射，发散回去，它携带有晶体表层的特征信息，收集处理，可得知晶体表层的图样，这就是反射式电子显微镜的原理。另一部分电子穿过了晶体表层原子间的空隙，进入第二层原子间，又有大部分电子被原子反射，只有小部分电子能透过原子间的空隙，进入后面的各层原子，最后只有小部分电子能够穿透晶体所有原子层，最终到达屏幕，激发出可见光，形成图样，这就是透射式电子显微镜的原理，如图 14 所示。晶体厚度越厚，能够透过晶体的电子就越少，甚至无法透过晶体；反之晶体厚度越薄，能够透过晶体的电子就

越多，图样就越亮。

电子在穿过晶体原子间的空隙的过程中，电子的电场不断地与原子的电场发生相互作用，不断地改变电子的路径，使电子的路径形成折线，或者弯曲，经过多层晶体原子后，在不能直接透过的区域，也有电子的分布。在稳定的电子束的原子规则列的晶体中，这样的电子分布就是稳定的，形成稳定的图样。

电子束边沿的电子与晶体表面的一个角度，透过晶体的路径更长，与更多的原子发生相互作用，从而产生了更复杂的情况，在明区域中有暗区域，在暗区域中有明区域，就形成了明暗相间的图样。

电子束透过单晶体、准晶体、多晶体、非晶体时的图样有所区别，透过单晶体和准晶体时的图样锐利而清晰，可以显示出晶体的排列，透过单晶体的图样呈清晰的排列整齐的一系列圆环形，透过多晶体的图样呈比较清晰的单个圆环形，透过准晶体时的图样

呈比较模糊的单个圆环形，透过非晶体时的图样呈很模糊的单个圆环形。

原子、分子和中子等微观粒子透过物质后，如果也有类似的图样，那么，它们与电

子和质子透过物质后的图样是不一样的，因为它们带电的情况不同，受到物质原子核外电场的作用也就不同。

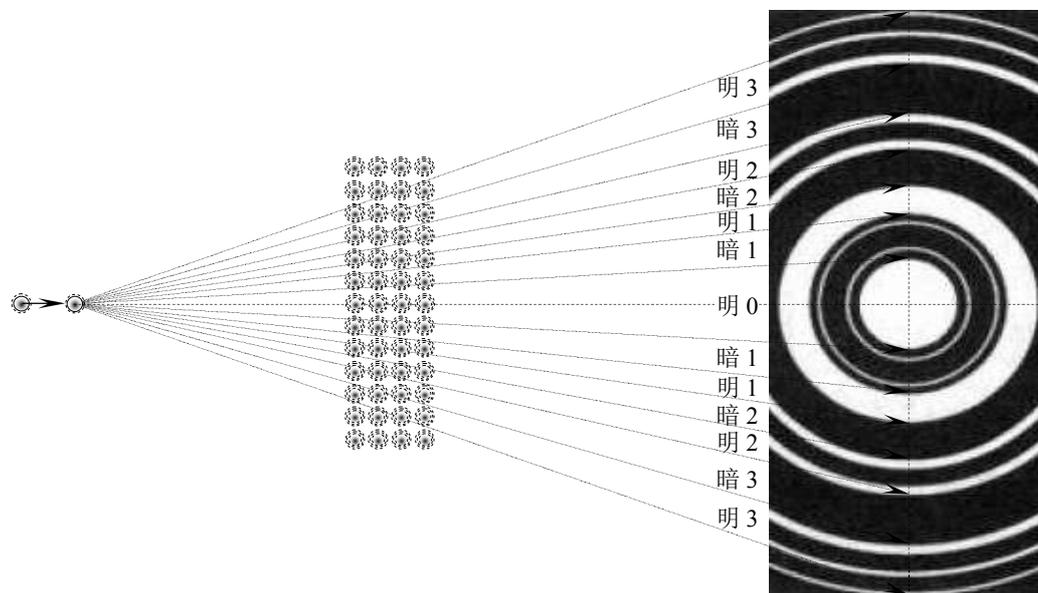


图 15. 戴维孙-革末实验图样分析 1

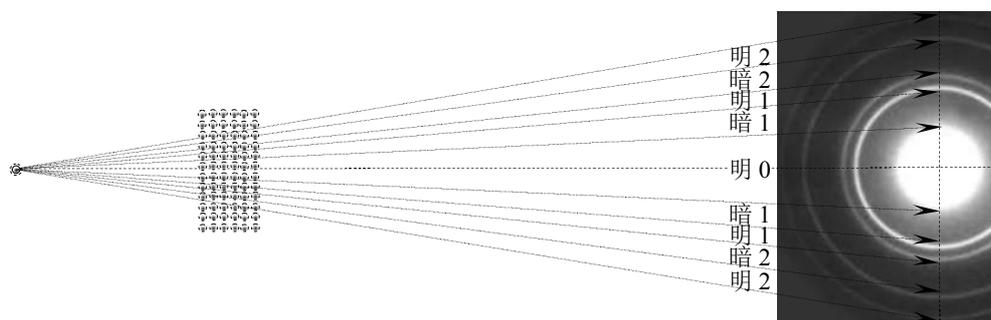


图 16. 戴维孙-革末实验分析图样 2

如图 15 和图 16 对两个图样的分析，其中暗区域中的明条纹，明区域中的暗条纹，暗区域比明区域更宽，这是因为晶体中的表面第一层原子对电子的遮挡效果更明显，后面各层原子又继续遮挡。在电子束中心，电子入射角度小，越不容易被晶体的原子遮挡，就少有暗条纹，如图 15 中明 0 区域和明 1 区域；并且在暗区域也有散射的电子，如图 15 中暗 1 区域。在电子束边缘，电子入射角度大，越容易被晶体的原子遮挡，在暗区域就少有散射的电子，如图 15 中暗 2

区域和暗 3 区域；而在明区域电子被晶体的原子散射，出现的较多的暗条纹，如图 15 中明 2 区域和明 3 区域。越在电子束边缘，电子穿越晶体原子的路径就越复杂，在明区域中的暗条纹就越多。

早在戴维孙-革末实验之前的 1909 年，卢瑟福 α 粒子散射实验，就是用 α 粒子轰击金箔，发现了原子的有核结构模型，也是这个原理，而不是 α 粒子具有波动性。

中国科学院华南植物园的曾纪晴先生也有类似的看法【11】。

12.3.电子显微镜的原理新解释

电子只有粒子性，没有波动性，电子有电量，能够受到电场的作用，运动电子能够受到磁场的作用，这样就能够对电子加速和改变方向，从而形成聚焦的效果。在电子显微镜中，经过电子枪的电场加速发射出速度均匀的电子束，透过被观察物质，成为透射电子，或者经过物质表面反射，成为反射电子，就带有物质内部的信息或物质表面的信息，经过磁透镜的磁场或者静电透镜的电场使电子轨迹向轴线弯曲形成聚焦，其焦点可以由磁透镜的电流调节，形成电子在空间中的分布，从而产生放大的效果，再由荧光屏转换为可见光，就看到了放大的图像，或者在底片上曝光成图像。

很显然，要使电子显微镜成像清晰锐利，就要加大加速电压，增加电子速度，从而增加电子动量，减小被观察物质电场对电子的影响。电子束越细，电子越集中，电子的穿能力就越强，成像就越清晰。

12.4.双缝干涉

衍射和干涉等现象，是波特有的现象，托马斯·杨用普通光源做的衍射和干涉等现象，正是光是波而不是粒子的有力证据。同样，戴维孙-革末实验，正是电子是粒子而不是波的有力证据。

不管是光通过单缝、双缝、多缝、光栅后，产生的图样都是光波的衍射或干涉现象。不管是电子通过单晶体、多晶体、准晶体、非晶体后，或通过单缝、双缝、多缝后，产生的图样都不是衍射或干涉现象，而是粒子的散射现象。

更不会出现有人描述的“可怕的、恐怖

的、不可思议的、令人毛骨悚然的、无法解释”的现象。更不会出现“路径选择”、“多世界”、“一个粒子同时穿过两条缝”等等神奇的问题。

十三、新的不确定关系

哥本哈根学派的量子力学理论中，不确定原理是其重要原理。它表明，一对共轭可观测量不可能同时具有确定的数值，其中一个量越确定，另一个量就越不确定。

本文的新理论也可以得到一个不同的不确定关系。图3~图6的新原子模型中，应该认为电子在驻波波包内的中心位置。如果认为电子不在其中心位置，而是在整个波包内“不确定”，则位置的“不确定”的范围在半个波长内，即 $\Delta x \leq \lambda/2$ 。由 $p=h/\lambda$ 又得动量的“不确定”的范围 $\Delta p = h/\lambda \leq h/(2\Delta x)$ 。即得位置和动量的“不确定关系式”：

$$\Delta x \Delta p \leq \frac{h}{2} \quad (98)$$

在核外电子中，轨道半径与动量的“不确定关系式”：

$$\Delta r \Delta p = \frac{1}{2\pi} \Delta x \Delta p \leq \frac{h}{2} \quad (99)$$

同样道理，电子在波包内的时间的“不确定”的范围在半个周期内，即 $\Delta t \leq T/2 = 1/2\nu$ ，由 $E=h\nu$ 式又得能量的“不确定”的范围 $\Delta E = h\nu \leq h/(2\Delta t)$ 。即得能量和时间的“不确定关系式”：

$$\Delta t \Delta E \leq \frac{h}{2} \quad (100)$$

对这几个式子的确切含义，作者只能说：若把电子看成是不在其中心位置，而是在整个波包内不确定，则位置的不确定的范

围在半个波长内。

可是，由以上三个实例中可以看出，能同时解出体系某时刻的**能级、位置、速度、波长、频率、振幅**等物理量，并没有出现不可同时确定的物理量。由此看来，不确定关系并不是一个重要的原理，没有任何神秘之处。

十四、其它问题的讨论

14.1.新量子力学的精髓

从以上的讨论可以看出，**新量子力学其精髓有康普顿波长($mv\lambda=h$)、驻波条件和量子化通则。**

以上的讨论可知，只要明确形成波动的原因，其精髓只有康普顿波长关系(7)式，及其驻波条件(10)和量子化通则(11)式。只要明确形成波动的原因，就可以利用康普顿波长关系(7)式推导出关系(8)、(9)两式来。实际上量子力学的奥妙还是在于(7)式，它说明任何物质都具有波动性，其波长受到物质的质量的制约。微观物质的质量小，其波长就长，波动性就很明显。宏观物质的质量大，其波长就短，波动性就不明显。驻波条件(10)式或量子化通则(11)式为求解具体问题提供条件，甚至取代了薛定谔方程，直接由其求解出结果。

$$mv\lambda = h \quad (7)$$

$$n \frac{\lambda}{2} = l \quad (10)$$

$$L = \oint Pdq = (n - \frac{1}{2})h \quad (11)$$

求解类氢原子时视原子核固定不动，用驻波条件(10)式即可轻松求解。实际上原子核和电子绕其质心运动，电子的运动不是圆

而是椭圆，这样的复杂系统就要用索末菲的量子化通则(11)式才能求解，这样就能求解出氢原子能级谱线的精细结构。其它任何复杂系统都可以用索末菲的量子化通则求解，而不需要用复杂的薛定谔方程求解。

14.2.波函数和几率解释

哥本哈根学派量子力学理论中，引入的波函数是核心概念，作为核心概念的波函数，居然不知道它是什么，它是什么含义，是什么在波动，该理论从最初开始，就存在着这么多尴尬的问题，这注定了之后的道路不会是畅通的。

波函数的意义及其解释，是该理论巨大的困难。后来玻恩根据电子的“衍射图样”，认为图样的条纹是“粒子”打在屏幕上的“几率分布”，认为波函数并不是真实的波动，而是一种“几率波”，或称“概率幅”，波函数的平方是代表了“找到粒子的几率密度”【12】，这个解释成为了哥本哈根量子力学理论的关键诠释。

在以上推导(16)式的过程中，如果把广义场驻波波包当作是一个一个的物质质点“粒子”，那么这个广义场驻波波包的位置也就变成了“几率密度”(即 $1/n \cdot dn/dt$)，但是，广义场驻波是波动，而不是物质，更不是“粒子”，尤其是光波，更不是物质“粒子”，电子虽然是粒子，但电子没有波动性，电子更不是波动本身，波动的是广义场，在原子核外，波动的是电场。不能把光波、电子、波动都当作是波动，甚至是当作波函数。另外，波函数是数学意义的函数，是描述波的参数变化关系的函数，它只是波动方程的解，并不能代表物质本身。(16)式非常明确

地表明了，是广义场(场态物质) 波动，而不是“粒子”在波动，更不是“几率密度”在波动，波函数反映的是实实在在的广义场(场态物质)在空间中的分布和变化关系，而不是虚无缥缈的“几率密度”。

$$\left| \frac{\bar{\Phi}(\vec{r}, t)}{\sqrt{\int_V |\bar{\Phi}(\vec{r}, t)|^2 d\tau}} \right|^2 = \frac{w}{W} = \frac{1}{n} \frac{dn}{d\tau} = |\bar{\Psi}(\vec{r}, t)|^2 \quad (16)$$

14.3. 薛定谔方程不是波动方程

薛定谔方程是由平面波波函数结合能量关系构造出来的，不具有上述波动方程的形式和特征，薛定谔方程就不是波动方程，其解就不能代表波动，也就不具有波动的含义。

物理学中的复数是为了运算的方便才引入的，其运算结果只取实数部分，不取虚数部分。哥本哈根学派量子力学理论在说不清楚的情况下，只能说这是微观世界所特有的，虚数部分也有其真实意义，但也没有说具体究竟是什么意义，只能是用以对“几率”和“不确定性”自圆其说，虚数在哥本哈根学派量子力学理论中的位置显得很尴尬。

在此，避开了含有复数的薛定谔方程，而是用驻波条件或索末菲的量子化通则求解。

14.4. 哥本哈根学派量子力学理论的基本假定

哥本哈根学派量子力学理论中共有5个基本假定【13】：(1)波函数假定，(2)力学量算符假定，(3)本征值概率及平均值假定(含几率解释)，(4)薛定谔方程，(5)全同性原理。

哥本哈根学派量子力学理论中，对其中的各个结论如：波函数的叠加性、正交归一性、完全性、“不确定关系”、本征值、厄密性、全同性、自旋均没有作出任何物理方面的解释，只是说它具有这样的性质。尤其是“不确定关系”和自旋是争论最大的问题，量子力学只能说微观粒子本来就是这样的，是其“内秉性”，却无法回答它为什么就是这样。波动性假设、量子化通则、爱因斯坦-德布罗意关系、玻尔量子假设、电子自旋等等，最先都是以假设的形式提出的。

实际上，哥本哈根学派量子力学理论，根本就没有“力学”的内容，也没有“运动学”的内容，也没有研究物质的本质，而只研究了核外电子的行为，得出的结果却是不确定的几率分布。

要形成一个理论体系的目的，就是要对这些假设作出合理的解释才行。但是它们依然还只是一种假设来作为基础的，并没有用理论来消除这些假设。

自然科学的东西不能是模棱两可的。经典力学、电动力学、热力学(包括统计热力学)都是确定的，虽然统计热力学用了统计的数学方法，但它得出的结果也是确定的。

物质的世界，它早就在那儿，你看没看它研没研究它，它都早就在那儿，它的所有一切属性都是真实的存在能够确定的，人没搞懂它没能确定它，并不代表它不真实的是那样，怎么能说“不确定是它本身的固有的内秉属性”呢？

量子力学基础理论的波函数由方程中解出，可是薛定谔方程也没有用到数学统计方法，也没有用到几率的概念，解出的波函数怎么就说它是几率的呢？一个方程的规

律是具有确定性的，解出的结果怎么就说它是不确定的呢？

物理学研究的是客观的物质世界，其任务是找出客观物质世界最本质的道理，应该不存在根本不能说清楚的假说的。如果一个理论中的“假说”太多，其真的道理也被说“假”了。

自然科学的研究是有方法的：以辩证唯物主义哲学思想为指导，以逻辑推理为前提，以数学为工具演算，解释其结果结合科学实际，必须合理自洽，然后用实验去验证，最后才能谈得上实际应用。理论是应用的依据，理论指导实践。没有理论指导的实践是盲目的实践，错误理论指导的实践更是错误的实践，是出不了真实结果的。

看来，哥本哈根学派量子力学理论并没有抓住一个可靠的“物理模型”。最开始时的一个物理模型——光(电磁波)，爱因斯坦解释光电效应时，就错误地视其“粒子”了，而无视了它本来就是电磁波的事实，这导致后来得出的各种结论更是解释不清楚了。

在本文中，只有一个**物理模型：广义场形成波动，它就是波函数。**

无须再附加其它的假定了。若从这个物理模型出发，所得出的每一个结论都有明确的显而易见的物理意义，量子力学不再变得神秘，也使问题变得简单明了。根据此模型，都能在人们的脑海中形成一个清晰的场景。

14.5.光电效应的新解释

光电现象由赫兹于 1887 年发现，现在广泛接受的是爱因斯坦提出的一种解释。光电效应是金属表面在光辐射作用下发射电

子的效应，光变致电的现象统称为**光电效应**。当光照射到金属上时，有电子从金属中逸出。实验显示，只有当光的频率大于一定值时才有电子发射出来，如果光的频率低于这个值，则不论光的强度多大，照射时间多长，都没有电子产生；电子能量只与光的频率有关，而与光的强度无关，光的频率越高，电子的能量就越大。光的强度只影响电子的数目，强度增大，电子的数目就增多。光电效应的这些规律是经典理论无法解释的。按照光的电磁理论，光的能量只取决于光的强度，而与光的频率无关。

爱因斯坦认为，光除了波动性之外，还具有微粒性，并由此进一步认为光具有“波粒二象性”，爱因斯坦称发射出来的电子叫做光电子。他认为电磁辐射不仅在被发射和吸收时以能量为 $h\nu$ 的微粒形式出现，而且以这种形式以速度 c 在空间运动。这种粒子叫做光量子，用这个观点，爱因斯坦解释了光电效应。

按照爱因斯坦的观点，当光照射到金属表面上时，能量为 $h\nu$ 的光子被电子所吸收。电子把这能量的一部分用来克服金属表面对它的吸力，另一部分就是电子离开金属表面后的动能，这个能量关系可以写为：

$$\frac{1}{2}m\nu^2 = h\nu - W_0 \quad (101)$$

式中 m 为电子的质量， ν 是电子脱出金属表面后的速度， W_0 是电子脱出金属表面所需要做的功，称为脱出功。如果电子所吸收的光子的能量 $h\nu$ 小于 W_0 ，则电子不能脱出金属表面，因而没有光电子产生。光的频率决定光波的能量，光的强度只决定光波的数目，光子多，产生的光电子也多。这样经

典理论所不能解释的光电效应就得到了说明。爱因斯坦因对光电效应的解释获得诺贝尔物理学奖。

可是，爱因斯坦对光电效应的解释，把光当作是粒子。我们都知道光是具有方向性的，如果把光当作是粒子，光子打向金属板，与金属表面的电子碰撞，根据动量守恒定律，光子的部分能量传给电子时，光子的能量减少而被反弹，电子被打进金属内部，而不会离开金属。反弹的光子因能量减少而频率降低。由此可见，**爱因斯坦对光电效应的解释是错误的。**

另外，现在的半导体光伏电池，当入射光的频率更高时，理应产生光电子的效率更高，但反而不能产生光电效应，这是用爱因斯坦的光波说无法解释的。

现在用新量子力学理论就可以很好的解释光电效应了。从新量子力学对光的本质分析中可知，光就是电磁波，而不是物质粒子，光波携带的一份能量是 $h\nu$ 。光波射入金属表面，外层电子完全吸收一份光波的能量，使电子能量增加，克服原子的束缚而离开金属表面，进入自由空间成为自由电子，自由电子将保持脱出时的运动状态继续传播，动能为 $m\nu^2/2$ ，这就是光电效应的实质。克服原子对电子的束缚脱出金属表面所需要做的功称为脱出功 W_0 ，能量关系仍然满足上式的**光电效应方程**

$$\frac{1}{2}m\nu^2 = h\nu - W_0 \quad (102)$$

14.6.不存在“波粒二象性”

首先要分清波和粒子的特征和区别，才能判“波粒二象性”的观点是否有道理。

波，是一种物理量的表现形态。一个物

理系统受到扰动时，扰动在空间传播时都可以形成波动，波是场强度或者介质在空间中的周期性动态分布情况。

波的种类通常有绳波、水面波、水体波、声波、温度波、密度波、电磁波(光波)，从介质的性质可分为机械波和电磁波。机械波是实体物质粒子介质整体受到扰动，而在空间中的整体的动态分布，电磁波是电磁场受到扰动而在空间中的动态分布。

描述波的物理量有波长、频率、相位、波速、振幅等。

波的特征有反射、折射、叠加、衍射、干涉、偏振等。

波除了具有上述性质外，还具有如下显而易见性质：波的速度是由介质的种类及其状态因素决定的；在同类均匀介质中，波的传播不受力的作用和影响，不会被加速也不会被减速，没有加速或减速的过程，波传播时不会被改变方向。波源振动的瞬间立即产生波动，并以恒定的波速传播。

相对于介质，波源的运动不影响波的传播速度和方向。波从波源产生后即刻传播出去，从此独立而与波源无关。各个波彼此独立产生和传播，同类波相遇叠加，分开后又独立传播。波传播的是能量，没有传播质量，波没有质量，也就没有惯性。波具有的这些独特的性质，确定了波的独特行为，也明显地不同于实体物质的性质。

波在传播过程中都需要介质，物质是波传播的介质，实体物质传播机械波，电场态物质和磁场态物质传播电磁波。

波是物质的运动和变化的形式，而不是物质。

粒子，指的就是实体物质单体，有基本

粒子和复合粒子，是物质。上述已经分析得很清楚了。

普朗克最早提出“能量量子”概念，黑体在辐射和吸收电磁波时，是以一份一份地辐射和吸收电磁波能量的，“量子”的概念非常明确。爱因斯坦在解释光电效应时，把黑体辐射能量推广为光的能量，把光的一份一份的能量，当作一个一个的光粒子，简称为光子，并认为这样的光子是物质粒子。已经知道，光就是电磁波，爱因斯坦又认为光还是粒子，于是就认为光具有“波粒二象性”。德布罗意推广了爱因斯坦的观点，认为既然电磁波有粒子性，那么物质粒子也应该有波动性，于是便认为所有物质都具有波动性，提出了物质波概念。于是，便认为光和物质都具有波动和粒子的双重性质，称为光和物质的“波粒二象性”。

波和粒子，是完全不同的概念，两者的概念和本质有着天壤之别，两者没有任何相似性，完全不相容，没有交集。波动性和粒子性，不可能用于描述同一个光波或粒子的属性。

本文作者明确指出，光和物质的“波粒二象性”是完全错误的。“波粒二象性”就如一半是魔鬼，一半是天使，真实的物理世界中不存在这样的双面怪物。任何波动，即使波长再短，它仍然是波，仍然是介质的一种运动或变化形式，不可能变成物质，更不可能变成一个一个的物质粒子。任何物质，在作为波动的介质时，都只是波动的介质，而不能成为波动的形式本身。“波粒二象性”的概念是无法想象的，无法理解的。

光电效应实验以及爱因斯坦对光电效应的解释，都不能说明光具有粒子性，更不能

说明光具有“波粒二象性”，他的解释是错误的。戴维孙-革末实验，以及其它相关实验，都不能说明实体物质具有波动性。

14.7.康普顿效应

康普顿在1923年研究X射线通过实体物质发生散射的实验时，发现散射光中除了有原波长的X光外，还产生了更长波长的X光，其波长的增量随散射角的不同而变化。这种现象称为**康普顿效应**。

现在用新量子力学理论就可以很好的解释康普顿效应，X光波射入物质表面，物质外层电子吸收一份X光波的一部分能量，散射的X光波的能量减少，频率减小，波长变长。同时，X光波与电子交换能量时，遵从能量守恒定律，从而其波长的增量随散射角的不同而变化，其波长为 $\lambda=h/mc$ 。这就是上式(3) $mv\lambda=h$ 的实质。

14.8.势垒贯穿

能量低的粒子不能穿过比它能量高的势垒，因为这是违背能量守恒定律的。

在能量密度和总能量表达式中，以及波函数的正交归一性中，可以看出，势垒只能对形成此势垒的相应的广义场(即场态物质)起到阻碍或屏蔽作用，对其它广义场无影响。因为广义场只有同相应的广义量才能产生能量和力的作用。

在前面分析两电荷之间电场及两球碰撞中可以看出，**贯穿了高势垒的是场态物质，而不是实体物质粒子**，场态物质具有叠加性，可以穿过势垒。但并没有出现实体物质粒子可以贯穿势垒而运动到势垒的另一区域中去的情况。

14.9. 三种原子模型的对比

14.9.1.经典原子模型：**轨道**，核外电子在轨道上高速运动。

14.9.2.哥本哈根学派量子力学原子模型：**电子云**，核外电子在能级限制的空间内按一定几率出现。

14.9.3.电场波动理论原子模型：**电场驻波波包**，核外电场在能级限制的空间内波动形成闭合的驻波，驻波的长度为半波长，驻波整体绕核旋转，电子随着驻波一起绕核旋转，每一个物理量都是唯一确定的。

作个形象的比喻：**轨道描述就像普通录像，电子云描述就像照相，电场驻波波包描述就像 3D 录像**。原子核外没有轨道，电子也不是点粒子，跃迁也不是瞬时的。电子在原子核外的三维空间中高速运动，若只给它照相，当然只能照下在一个平面上的投影点，看起来就只能象一片无规则的密集的点状云。它是离散的、不连续的、跳跃的，也是局部的、片面的、某角度的、不完备的，更是粗略的、不确定的、概率性的。完整的描述当然是 3D 录像了，电子是有结构、大小、体积、形状的，电子在能级间的跃迁也是有过程的，是需要时间的、全方位的、有细节的。

14.10.归一化

在哥本哈根学派的量子力学理论中，在平面波波函数和薛定谔方程中出现了复数，但代表自由粒子的平面波波函数是发散的，无法归一化。在这里的三个实例的求解过程中，不用薛定谔方程就能很简单的求解出结果来，甚至求解出了原来不能求解出的驻波的速度、频率和波长，波函数也不需要进行归一化。

在哥本哈根学派的量子力学理论中，因为“几率”只能小于 1 的原因，量子力学把波函数归一化后，变成了一个无量纲的量，就把波函数的真实意义给丢掉了，同时也丢掉了很多最关键的信息。如丢掉了波函数的量纲是广义场的强度、波函数的振幅，这两个信息是最关键的物理量，它正是体现出了波函数的物理意义。也丢掉了速度、位置、波长和振幅等物理量。

14.11.隐变量

在哥本哈根学派的量子力学理论中，几率解释逐渐被科学界接受的情况下，爱因斯坦仍然始终不相信“不确定”的物质世界，用定域实在论质疑量子力学的不完备性，猜测可能还有能起到确定作用的“隐变量”还没有引入量子力学理论里面去，从而导致了不确定性或随机性，后来波姆也没有找到隐变量，EPR 佯谬、贝尔不等式都是基于这个问题提出的。贝尔不等式描述此定域性关系，指出如果贝尔不等式成立，便有定域的不完备性，反之亦然。意味着量子力学违背了定域性原理或反事实确切性，并且显示某些量子效应貌似能够以超光速行进。实验证实贝尔不等式不成立，当然也就否定了“隐变量”存在的必要性，但也不能肯定哥本哈根学派的量子力学理论就此完备。在此可看出，其实量子力学的“几率、不确定、态叠加、电子云……”，以及后来的“量子纠缠、波函数塌缩、量子涨落……”等等概念都是不存在的，**那是因为不知道波函数究竟是什么，究竟是什么在波动造成的！**只要知道波函数是什么，那么量子力学就可以确定微观物质的所有状态。

从场和能量的角度出发,如果非得要说有个什么“隐变量”的话,在此新理论中,那隐藏着的原来没有考虑到的一个重要而基础的东西就是**场**,从电磁学时代起,它就摆在人们的眼前,它是最基本的物质形态,少了它就不会完备,可是人们却对它视而不见。本文明确指出,**场态物质在波动,场态物质就是波函数**。有了这样清晰的物理模型,波动就不再是假设,而是推导出来的,所有的结果都和原来的结果一致,并求解出原来不能求解的**速度、位置、波长和振幅**,每一个结论都有很明确的物理意义,并且每一个都有的物理机制和过程。

参考文献

- 【1】周世勋,《量子力学教程》(第二版),高等教育出版社,2009年,7页。
- 【2】同【1】,15页。
- 【3】袁灿伦,绝对论——物质、空间、时间和运动的关系
Yuan, C. (2024). The Theory of Absoluteness—The Relations among Matter, Space, Time and Motion. *J Electrical Electron Eng*, 3(2), 01-21.
<https://doi.org/10.33140/JEEE.03.02.006>
- 【4】同【1】,26页。
- 【5】同【1】,58页。
- 【6】同【1】,6页。
- 【7】梅晓春,俞平,经典电磁辐射理论的修正与无辐射损耗同步回旋加速器
Mei Xiaochun, Yu Ping, Revision of classical electromagnetic radiation

14.12.测量

测量也是哥本哈根学派的量子力学理论中的一个重要概念,测量是对事物作出量化的过程,同观察一样,让人综合感知事物的情况。测量和观察,都是人用仪器的传感器去同事物发生相互作用,事物的某种场态物质对传感器产生力的作用,传感器发生变化,最后让人感知到事物的情况。通常是传感器的变化转化为光信号,让人眼看到,让人感知到事物的存在及其情况。

人无法直接测量和观察微观物质世界的情况,只能借助仪器的传感器,间接地测量和观察,本文作者在【8】文中有研究。

- theory and synchrocyclotron without radiation loss
Applied Physics Research, Vol. 4, No. 2; 2012
- 【8】袁灿伦,观察论——波的传播与物体运动的视速度
Yuan, C. (2024). The Theory of Observation — The Propagation of Wave and the Apparent Velocity of Object Motion. *J Electrical Electron Eng*, 3(2), 01-14
<https://doi.org/10.33140/JEEE.03.02.02>
- 【9】郭硕鸿,《电动力学》,(第三版),高等教育出版社,2009年,115页。
- 【10】同【1】,10页。
- 【11】曾纪晴,曾天和,粒子流的类衍射与类干涉机制研究
Zeng JQ, Zeng TH. Study on the diffraction-like and interference-like mechanisms of particle flow. *Applied Physics Research*, 2023, 5(2):157-172.

<https://doi.org/10.5539/apr.v15n2p157>

【12】同【1】，14页。

【13】同【1】，223页。

后记

本文作者于1987年就读于贵州大学物理专业，于1990年秋读大学四年级时学习周世勋编写的《量子力学教程》(1979年版)，这是周世勋于1962年编写的中国第一本量子力学教科书。当时我学习到前面的主要理论后，有很多疑问不能理解，问杨邦君老师，他说这是一个新理论，与经典理论不同，还有很多问题没有得到解决，争议很大。我看到周世勋在书末结束语中写道：“可以肯定的是，目前量子力学的基本理论，既不是最终理论，也不会停留在现有的水平上，它一定会继续深入发展下去。至于沿着哪个方向发展，如何发展，这类问题应在辩证唯物主义指导下，通过实践寻求解决”。我总是觉得这个理论不对，我就思考寻求解决办法。

最初普朗克解决黑体辐射公式时，假设黑体空腔内的电磁辐射是不连续的，而是一份一份的，引入了能量量子假说。先后几十年，有25位世界顶级物理学家参与，共同创建了量子力学，其中就有12位物理学家因此而获得诺贝尔物理学奖，后来又有多位物理学家因此而获得诺贝尔物理学奖。

我就从光入手思考，光就是电磁波，对比光和物质，找到了突破口。

作者于1991年学习《量子力学教程》时起思考并动笔，于1992年写成了《新量子力学》，并应邀参加了中国科学院主办的

【14】Canlun Yuan, The field meaning of wave function
<https://www.researchsquare.com/article/rs-73948/v1>

纪念德布罗意诞辰一百周年暨量子物理学史学术研讨会，并分发给各参会者。

至今，我已经研究了三十三年，现在可以完稿了。

英文版的简略版《The field meaning of wave function》已发布于《Nature》预印本网站【14】

作者始终相信，客观物质世界是这样的：

1、客观存在性：世界是客观的，世界是物质的，人只是物质世界之一尘一瞬，人诞生之前和消亡之后，物质世界仍然存在，并按照既有的规律运转，客观物质世界不因人的意志和认知而转变。

2、普遍联系：客观的物质世界并不是孤立的，而是相互联系的、普遍联系的，各部分之间的关系，按照发生时间顺序，形成因果关系。

力是客观的物质世界普遍联系的动力和原因，物质在空间中的运动的先后次序是因果关系和逻辑关系的原因。

3、规律性：客观物质世界之间的关系并不是杂乱无章的，而是有一定规律的，按照既定的规律有序运转，形成自然法则。

4、同一性：客观物质世界的规律放之四海而皆准，具有空间同一性，和时间同一性，不因不同地点不同时间而有所不同。

5、世界总是对的：客观物质世界总是对的，不对的是人。

人只是客观物质世界之一粟一瞬，客观物质世界不因人而特殊。

先有物质才有人，才有人的思想和认知。只有当人的认知符合客观物质世界的规律，才是正确的理论。

人对客观物质世界的认识不对，人的头脑里有一个“常规”做标准，认为“不合常规”的却是客观物质世界，现代科学理论正是犯了这样的错。

6、可认知性：客观物质世界的规律就摆在那里，以复杂的形式表现出来，让人摸得到看得到。

人对感知的信息进行思维处理，分析判断，挖掘出整理出规律，不断完善升华，得到接近世界真实（真理）的规律。

客观物质世界是可以被人认知的，虽然很难，但遵循上述方法，可以逐渐认知。客观物质世界不愿轻易展露其真相，人类观测到的客观物质世界都不是它的真相，客观物质世界只给人类打开了一扇小窗，只展露一瞬间的真相。

7、大道至简：世界是简单的，复杂的是人。

世界是简单的，复杂的是人，也是人有意无意中把客观物质世界搞复杂的。如果复杂到无法表达，说不清楚，说了也无法理解的，就是概念混乱的，没有逻辑的，肯定就是错误的。

客观物质世界是简单的，越基本的越单一，越底层的越简单，由力的相互作用，结合起来，构成复杂的客观物质世界，遵循着基本而简单的逻辑关系。因此，复杂的理论，庞大的公式，往往是错误的。

8、由简及繁：客观物质世界是由低级

到高级、由简单到复杂、由基本到广泛的发展变化，简单的组合成复杂的，基本的组合成广泛的。简单的种类少，复杂的种类多。

9、科学精神：实事求是，尊重事实，尊重自然。

曾纪晴先生一再强调，科学理论要符合常识理性和客观事实，坚持科学统一性和一致性，这对科学研究工作有很大的指导作用。基本事实和基本逻辑，是真实的客观世界的客观存在和客观规律的基础，是检验理论的准则，首先用这两个准则检验理论的错误性，接着检验理论的正确性，通过了这两关，最后才用实验检验理论的正确性。

10、科学理论：人在认识客观物质世界的过程中，总结了一些方法，有先知型、哲学型和科学型。有效的方法是科学型，运用了观察、实践、实验、归纳、逻辑、辩证、数理、推理、分析、结论、检验等过程，形成理论体系，流传给其他人和后代，形成知识体系，又不断深化完善和发展，使其更接近真理。

11. 相容性：客观物质世界是相互联系的，普遍联系的，不是孤立的。客观物质世界是有其道理的，有其规律的，有其逻辑的，规律是相容的，统一的。

万事万物都是相互联系的，不是孤立的，有同一性，即都是由基本的物质组合或进化而成，物理规律就具有万有性。它们的组合是有其规律的有逻辑的，找出它们的规律，这就是理论物理研究的目的。这就需要逻辑学，数学是逻辑学的高级形式，比初等逻辑学更严密。物理学脱胎于哲学，辩证唯物主义哲学提供了可靠的世界观和方法论，为我们研究世界指明方向和提供方法。

一是客观物质世界是有其规律的有其逻辑关系的，而不是毫无规律可循的。二是其规律遵循同一性原理，即哪里的物质的规律都是相同的，其规律放之四海而皆准。三是其规律是可以被聪明的人类感知的、可被认知的、可以研究探寻的，四是其规律是可以被验证的复现的。五是其规律是可以被接近真相的，但很难得知其全部的真相，而不是某人(上帝)先知先觉得知其规律，更不可人为胡乱臆造规律。这些就是科学研究的意义所在。

物理，是关于事物的道理。物，是物质，是客观存在。

物质不是乱的，而是有其规律的，这个规律就是物质的道理。物质及其规律是有同一性的，各处的物质都是相同的，都遵循同一规律，包含两个含义，我这里的物质和你那里的物质是相同的，我研究的规律适用于你那里的物质。这些物质和规律从来就有的，这是物理的底层意义。从物理科学来看，物理是研究探求物质规律的科学，我们研究它的目的是，发现物质的规律，而不是发明物质的规律。规律，就有其内在联系，就是逻辑，这个逻辑是由物质之间的相互作用联系起来的，是有先后次序，因果关系的，人们认识其规律的过程中，形成思维，这个思维，由一系列概念、内涵、条件、边界、范围、限制等等组成了一个构成和变化的场景，这就是研究人在头脑中的思维活动。数学却是更加严密的逻辑，数量关系是更加精确的逻辑，用数学语言表达物质的关系，推理总结出规律，并用数值加以验算，得出的规律更加可靠。之所以，研究物理理论，必须要用到数学，才能使理论更加严密可靠，

否则，仅用逻辑思维，只能得到粗略的认识，得不到精确的规律，甚至更多的是不受约束的天马行空胡言乱语，尤其是很多爱好者不具备数学描述的能力，思考的东西不着边际，浪费精力时间的无用功。

这些只是基本实验现象，而不是规律，没有规律，就不知道为什么会是这样的现象，没有规律就不知道内在的联系。而人知道了规律，就可以用规律去组合物质，有目的地产生更多的现象。比如，电，是普遍的自然现象，如果不知道它的规律，就不明白雷电、摩擦起电、发电、电池的电是同一个事物，更不是知道电和磁还有关系，更不能有意去改变它组合它成为发电机、电动机，更不能用电来做有用的事，更不能有电视、电子计算机、手机等等。

判断事物，从有限的信息，自己思考，加权选择。方法就是哲学的辩证唯物主义思想和方法论，大多数的事物都在我们生活的环境之中，都在我们身边，观察现象，总结普遍性，形成规律，寻找相互联系，形成逻辑链条，量化，推演，得出更严谨的结论。事物之前都不是独立的，而是普遍联系的，具有普适性，同一性，因果性，逻辑性，这些性质的共性，就是规律，就形成理论。

世界都是有物质构成的，都遵循相同的运行规律，研究出的基本规律就具有万有性，适合于整个世界，我正家里研究的规律，同样适合于你家。这是世界的同一性原则。物质不是孤立的，而是相互作用相互联系相互制约的，物质有物质存在和运动的道理，而不是混乱的不可捉摸的，这个道理就是逻辑。这样看来，逻辑既基本又简单，越基本越简单的规律普适性就越广泛，复杂的是由

简单的构成。逻辑就是道理，就是基本关系，因它简单，人人能懂。人们对事物规律的判断，往往先从逻辑入手，这是第一关，如果有道理有逻辑，就继续判断，否则就无需再继续。逻辑判断是人的思维过程，不需要动手，更不需要昂贵的实验装置，人人都可以判断。

对实验现象的解释，只能说明符合客观世界表面特征，却不一定能代表客观世界的本质。

而用实验检验，不是基本的简单的方法，而是一种模拟的方法，受条件限制，不能原样模拟出事物对象，就算认真去做，也不一定得到真实的结果。现代的科学实验，造价高昂，以举国之力才有可能建造，别人难以复现，不能做重复检验。往往形成话语权垄断，他说什么就说什么，别人无法从实验方法重复检验，无法质疑。这样的例子太多了，对撞机、天文干涉仪、墨子卫星等。

人们不知道微观物质世界，就用光去照射它，光透过仪器进入人眼中，才能看到它。但是只能看到底片或荧光屏上的像素点，就猜它可能是“找到粒子的几率”，更不要说看到微观物质世界的细节和过程了。由此可见，在哥本哈根学派的量子力学理论中，人们对微观世界的研究，都是“人”去“看”世界

时的“观测效果”。如果看不到微观物质世界的细节和过程，看到的就不是真实的微观世界，不是微观世界的真相，理论描述的都不是微观物质世界“真实的”运动规律，看到的只能是大概的粗略的模糊的轮廓。

但是，其实客观世界就在那儿，不管人看不看它，它就是那样，人们看到它感觉到它是怎样的，那是人的事，与世界无关。人们只是客观世界中的一瞬间一颗尘埃而已，“以人为本”的思想去看世界，就不是科学的唯物主义观。月亮就在那儿，你看不看它都在那儿。不可能“不看月亮它就不存在”。

只有能精确描述微观物质世界的细节和过程的理论，才能真实反映出微观物质世界“真实的”运动规律。

人们生活在宏观世界中，对宏观世界很熟悉，对微观世界很陌生，就对微观世界充满神秘感，人为地划分成宏观和微观，并认为宏观和微观遵循着不同的物理规律，这是一种唯心主义世界观。

人们不应该把客观世界人为地划分为宏观和微观，高速和低速，更不可能遵循着几种互不兼容的规律，而是统一的规律。如果有区别对待的几种互不兼容的理论，那必然是错误的。

Canlin Yan

370773476@qq.com

86+18275391359

2024-10-08