

物质波的秘密--德布罗意波

说起德布罗意的物质波，就不得不提他那被评为史上最牛毕业论文了，而德布罗意物质波的概念，就是出自此论文。

德布罗意家族显赫，其父亲当过法国总理和外交部长等职。所以生活环境的优厚造成了德布罗意成为类似于现在“王思聪一样的国民老公的待遇”。不过，唯一和思聪不同的是，德布罗意极其聪明。不仅他，他的哥哥也是聪明至极，是实验物理学家，还是法国公爵兼德国亲王，地位极其显赫。而德布罗意本科是历史学专的，后来实在闲着无聊去读了5年博士，最后交的博士论文竟然是一页纸!!!该论文给出了德布罗意波动方程，但是奈何太骇人听闻，其导师朗之万害怕过不了，所以把德布罗意的论文邮寄给了爱因斯坦求其给予支持，给爱的信中写道：“请您给此论文一个评价，顺便给您介绍一下，此论文作者父亲是敝国内阁部长，如您不惜给出评价，相信您来敝国一定会收到隆重接待”。

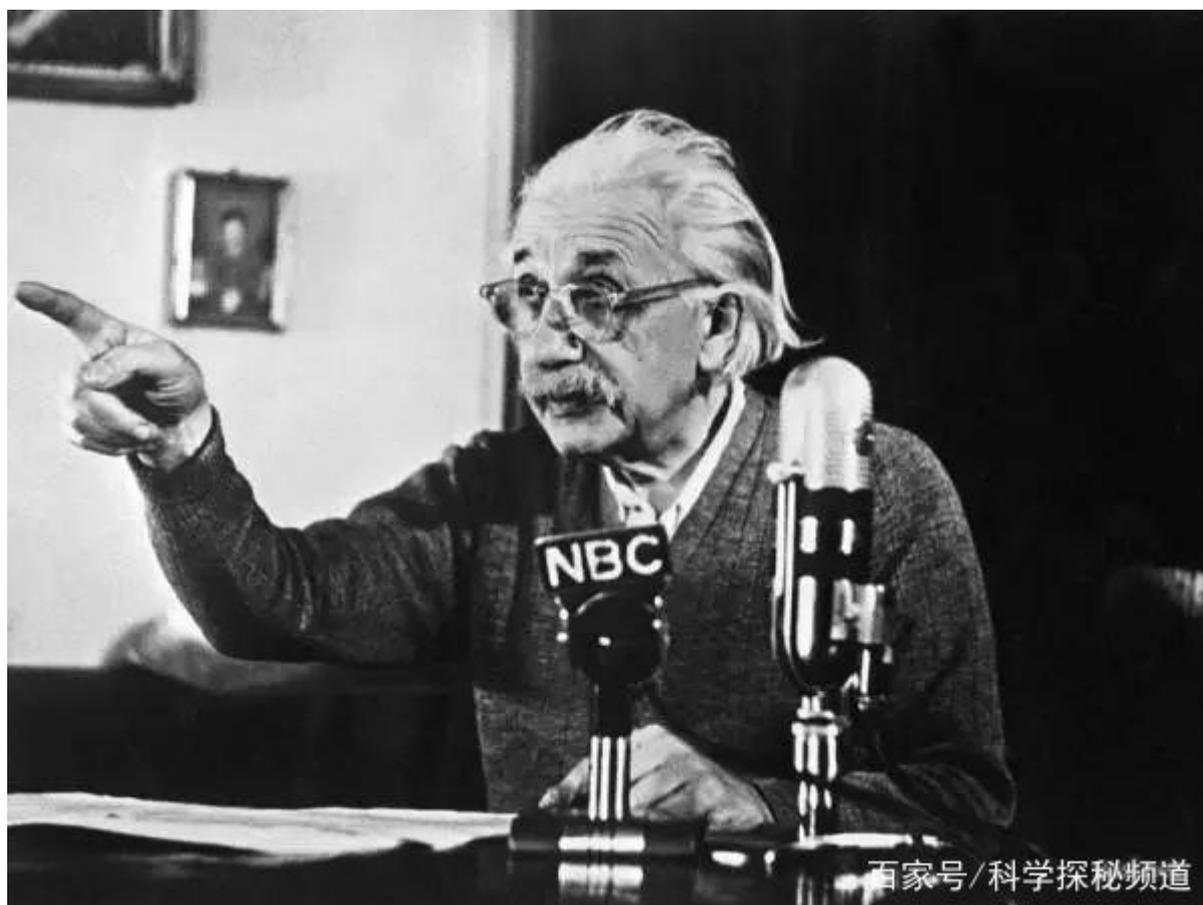


百家号/科学探秘频道

德布罗意

这样的信显然是带有威逼利诱的，不过爱因斯坦看到德布罗意的创造性思维之后，真的给予其了高度评价：“揭开了改领域大幕的一角”。有了爱因斯坦的支持，德

布罗意的论文立马收到了物理学界的关注，特别是当时还是一位郁郁不得志的讲师薛定谔看到后，深受启发。闭关了整整一年，悟出了绝世大作：薛定谔波动方程。自此，德布罗意关于物质波的描述不仅帮助其顺利拿到了博士论文，并得了诺贝尔奖；还改变了薛定谔的命运，使其一跃成为当时最著名的量子物理学家之一，并因此也获得了诺贝尔奖。一页纸的博士论文，帮助两个人活得诺贝尔奖，也算是前无古人后无来者了。



爱因斯坦

德布罗意波，指的是微观粒子而非宏观物质的波

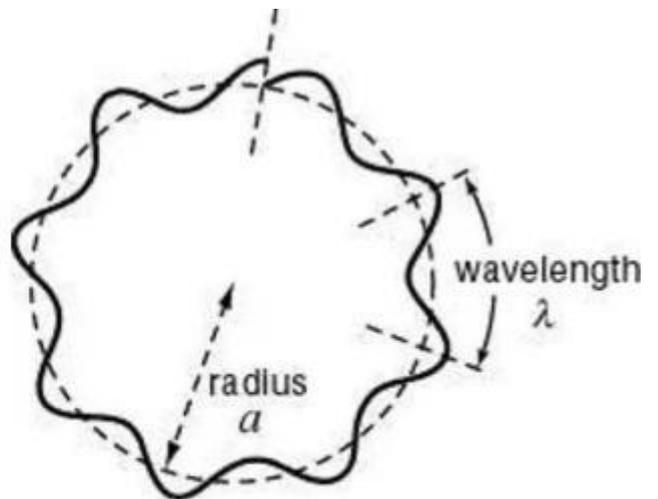
言归正传，德布罗意波动方程正是参考了光的波粒二象性实验而提出的，他认为不仅仅是光，其它微观粒子也具有波动性。注意，这里是微观粒子，并不是说的宏观物质。当然了，现在把德布罗意的波动概念拓展到宏观物质也行，比如一个运动的汽车，但是这么计算下来，其波长会远小于普朗克长度，变得毫无意义。所以，德布罗意波动方程比较适合微观基本粒子，比如质子、中子、电子等质量很小的粒子，这样得出的波长是大于普朗克长度的，是有意义的。比如我们通过计算，可以得到 200eV 电子的波长是 0.87 埃，即 0.087nm，远远小于一般晶体的晶格间距。所以，想要看清楚电子的衍射图形，需要使用特殊的晶体做衍射光栅才行。而物质波的证明，也正是利用这种方式。

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}};$$

德布罗意波长公式

德布罗意波是概率波，并非真实的机械波

虽然德布罗意得出了物质波的波长公式，提出了物质波概念，薛定谔据此得出了量子的波动方程，但是这两位自己都没有搞清楚自己所提出概念的物理意义。直到过去很久，才有物理学界玻恩给出了物质波的物理学意义，即物质波是概率波，它表示微观粒子在空间上某个点出现的概率。比如德布罗意电子波，就是电子在空间某点出现的概率波，可以用一个概率函数来表示，即薛定谔方程。可惜的是，薛定谔一直不承认玻恩对自己波函数的解释，他和爱因斯坦一样，都认为上帝不会掷骰子来决定宇宙如何运行。



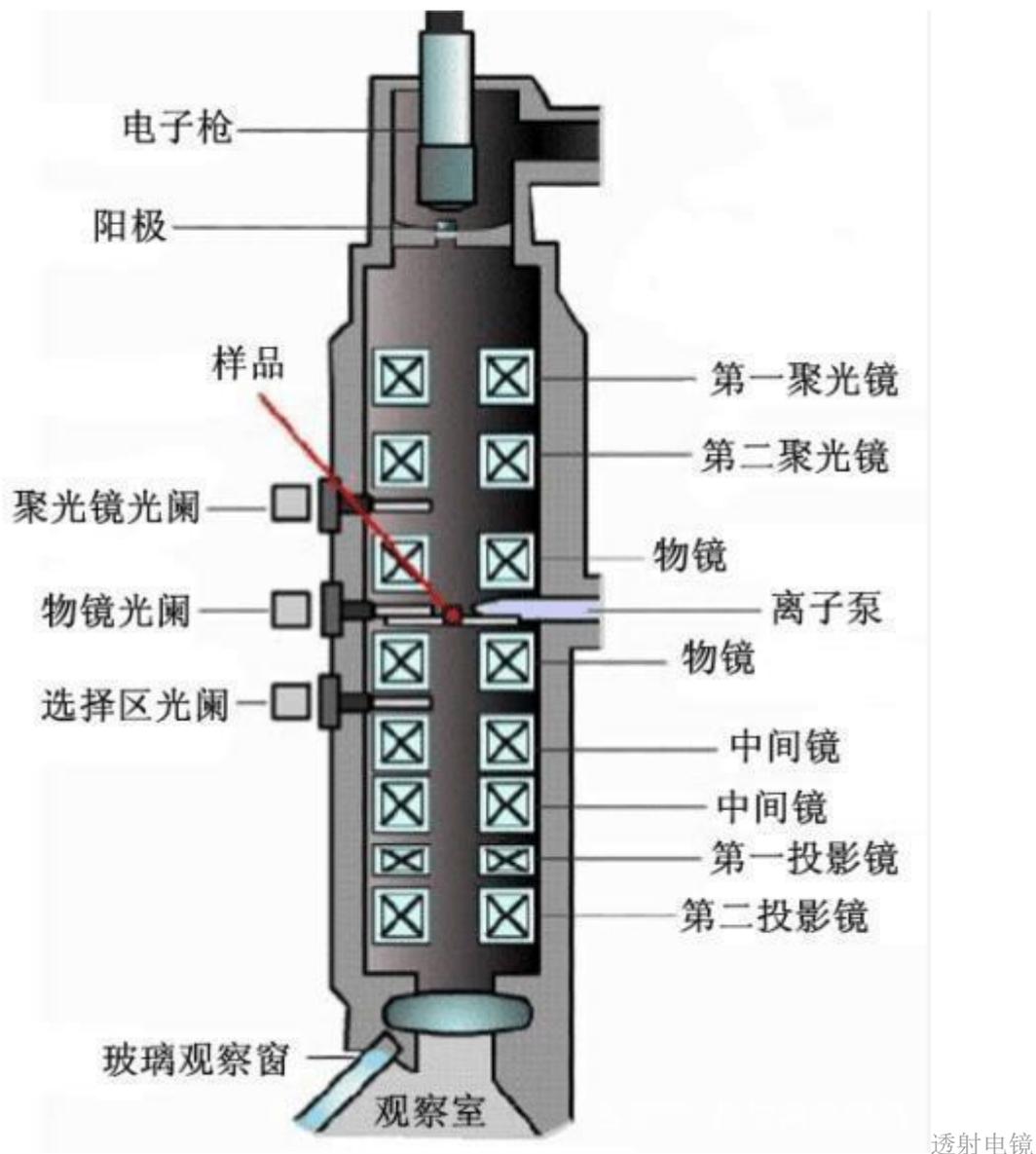
$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$= \frac{h}{m_0 v \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

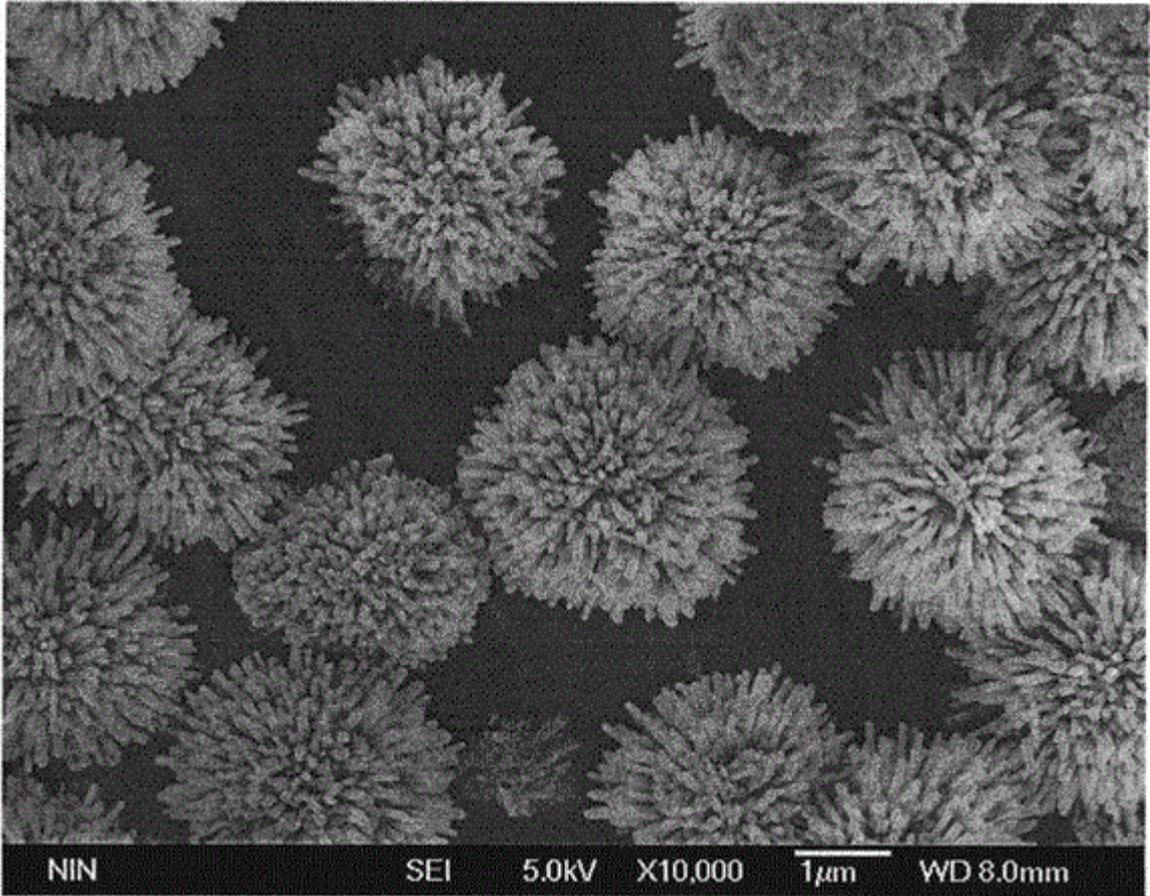
薛定谔和德布罗意波

德布罗意波在实际生活中的应用实例

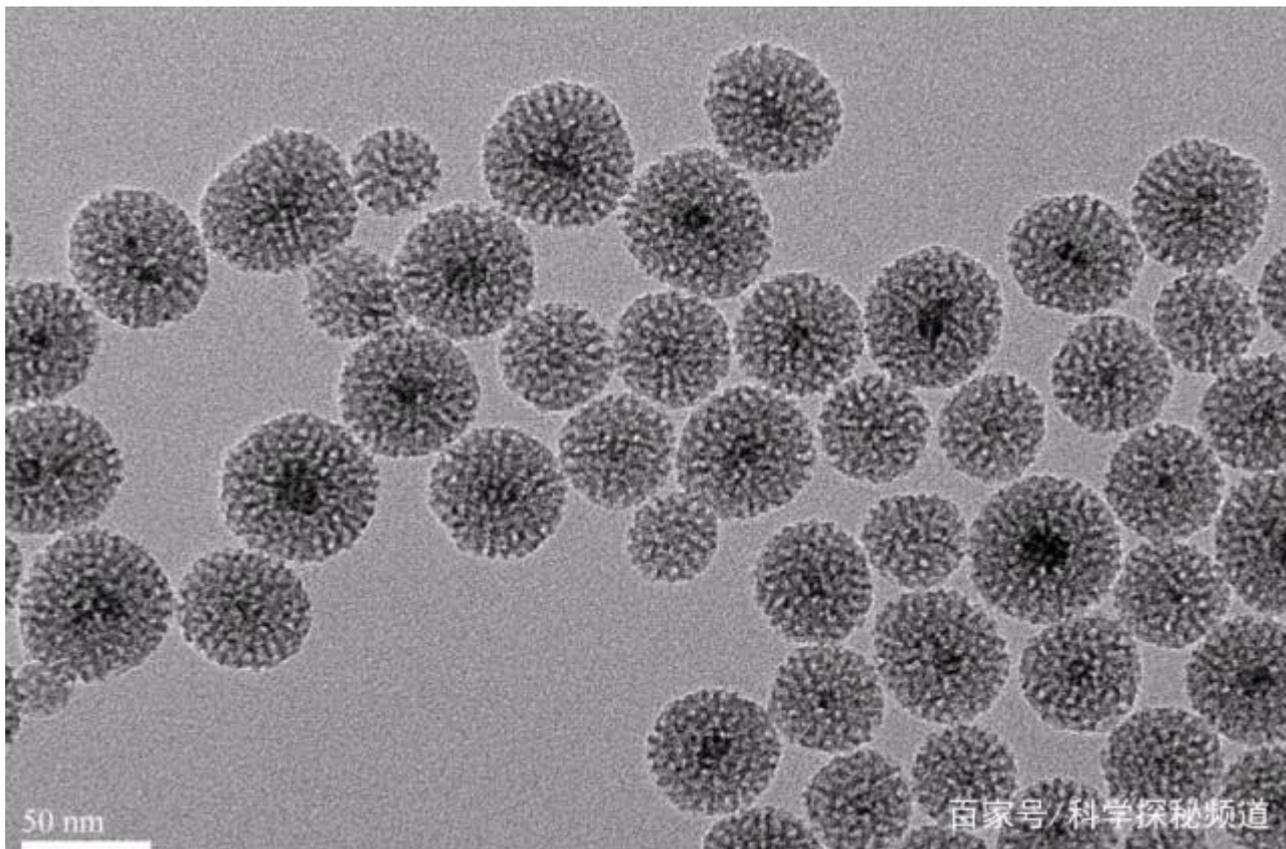
很多人觉得德布罗意波就是一个晦涩难懂的物理学公式而已，在现实生活毫无用处。然而并非如此，德布罗意波在某些科技领域给予了我们极大帮助，比如我们现在分辨率最高的使用最广泛的显微镜（电镜）：透射电镜，就涉及到了德布罗意波。



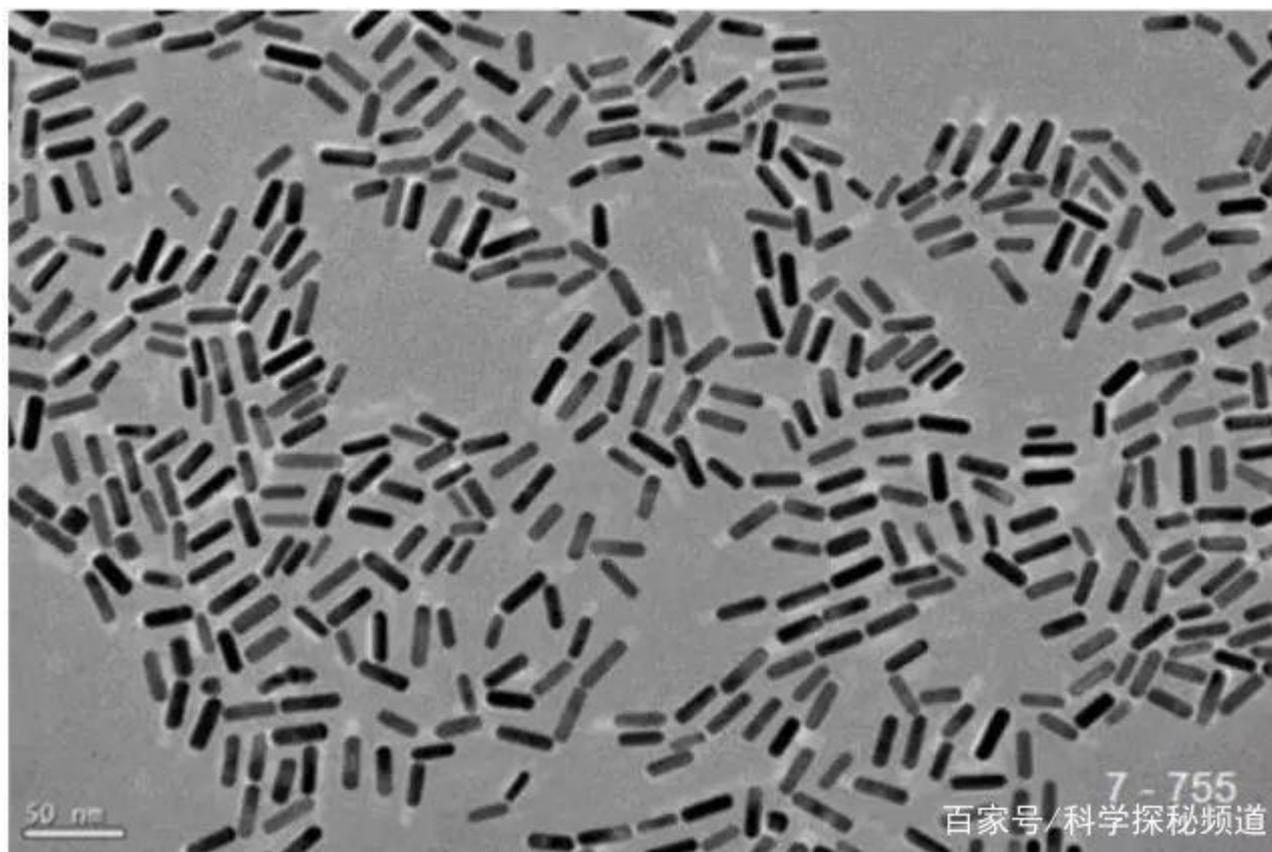
我们都知道，显微镜的分辨率公式为： $\sigma = \lambda / N$ ；式中 σ 为最小分辨距离； λ 为光线的波长； N 为物镜的数值孔径。因为可见光的波长有一个最小值，所以想要提供显微镜分辨率只能加大物镜的数值孔径。但是物镜再改造和优化。其数值孔径也有一个极限值。所以很长一段时间内，科学家对此毫无办法，想要看清楚物质的围观形貌，简直难于上青天。



透射电镜下的纳米颗粒形貌



透射电镜下的纳米颗粒形貌



透射电镜下的纳米颗粒形貌

好在德布罗意波出现了，德布罗意波可以是基本粒子波，这些粒子的波比光子小的多，所以如果使用这些粒子波，那么显微镜的分辨率无疑会提升很多倍。所以，科学家经过论证，发明了利用电子束作为波的电子投射显微镜（透射电镜），利用这种电镜，我们可以看清楚很多物质的微观形貌，其分辨率可以达到埃米级！而现在纳米科技如此蓬勃发展，这和透射电镜是完全分不开的。

所以德布罗意的贡献，是划时代的，无与伦比的。向德布罗意致敬