

# 宏观物质颗粒的波粒二象性

叶明山

中国 南昌市

Email: yemingshan2006@163.com

**摘要:** 对于波粒二象性的本质, 不同的学派有不同诠释。其中的隐变量诠释、导波诠释、随机过程诠释等都认为波粒二象性的产生有更深层的原因。根据这些诠释推论, 宏观物体也可以呈现明显的波粒二象性。作者做了“粉末颗粒的圆孔衍射实验”: 使一些质量相等、形状相同的粉末颗粒一颗一颗地通过一个圆孔自由下落到一个平面上, 起初粉末颗粒在箱内平板上杂乱无章的分布, 而随着落下的粉末颗粒数量增多, 就逐渐呈现出由几个同心环组成的图样。实验结果表明波粒二象性不是微观粒子独有的特性, 宏观物体也可以有波粒二象性。这个实验结果有助于揭示波粒二象性的本质。

**关键词:** 粉末颗粒, 圆孔衍射, 几率波, 波粒二象性

## 1 引言

波粒二象性是量子力学的物理基础。对于波粒二象性的本质, 不同的学派有不同诠释[1]。其中, 隐变量诠释、导波诠释、随机过程诠释等多种诠释都认为波粒二象性的产生有更深层的原因。根据这些诠释又可以推论: 只要具备相应条件, 宏观物体也可以呈现明显的波粒二象性。如果能够在实验中发现宏观的波粒二象性, 就可以早日解开波粒二象性之谜, 就有助于正确地认识和深刻的理解量子力学, 促进量子力学的发展。为此, 关于宏观波粒二象性的研究受到人们的重视。例如近年来, 一些作者对于在液面运动的油滴表现的波粒二象性进行了大量的研究[2]-[8]。

本文展示了一种更加直观的宏观波粒二象性: 在空气中, 使一些质量相等、形状相同的粉末颗粒一颗一颗地通过一个圆孔自由下落到一个平面上, 可以形成一幅由几个同心环组成的衍射图样。该实验方法简单, 实验结果直观可靠。

## 2 材料和方法

制作了一个长宽约 250 mm、高约 400 mm 的箱子。箱子的侧面由透明玻璃制成, 便于观察箱子内部。箱子顶部的中心开一个直径约 10mm 的圆孔, 用一小块厚度约 0.2mm 的硬质塑料片(或者金属片)盖在箱顶圆孔上, 并且用胶带粘牢, 再在塑料片(或者金属片)中心开一个直径约 0.15mm 的圆孔。箱内有一块接受粉末颗粒的平板, 其位置可以上下调节(图 1)。

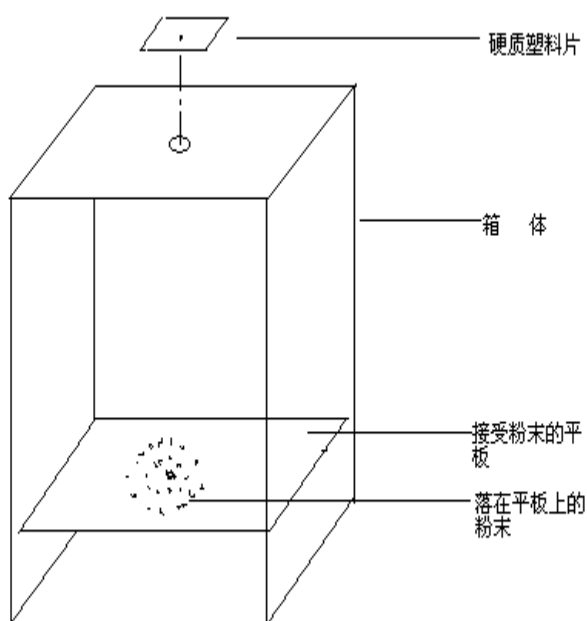


图 1 粉末下落实验装置示意图

往塑料片上倒少量滑石粉，再手持一根直径约 1mm 的小竹棍，沿着同一个方向一次次的将滑石粉刮进塑料片中心的小孔里，使粉末从小孔挤出并且下落到箱内的接受平板上；这样，小孔就起到了一个“模压”的作用，使每次下落的粉末挤压成体积和形状都比较一致的颗粒。实验操作时，尽量使每个粉末颗粒的初始动量相同。

### 3 结果与讨论

通过实验过程中的观察发现，起初粉末颗粒在箱内平板上杂乱无章的分布，而随着落下的粉末颗粒数量增多，就逐渐呈现出由几个同心环组成的图样。如果在实验前改变箱内平板至箱顶之间的距离，那么衍射图样中的同心环大小也随之改变。并且，随着上述距离的改变，衍射图样的中心有时是实心的圆斑（图 2a、c），有时是空心的圆环（图 2b、d）。实验结果表明粉末颗粒下落运动时具有几率波的特性。

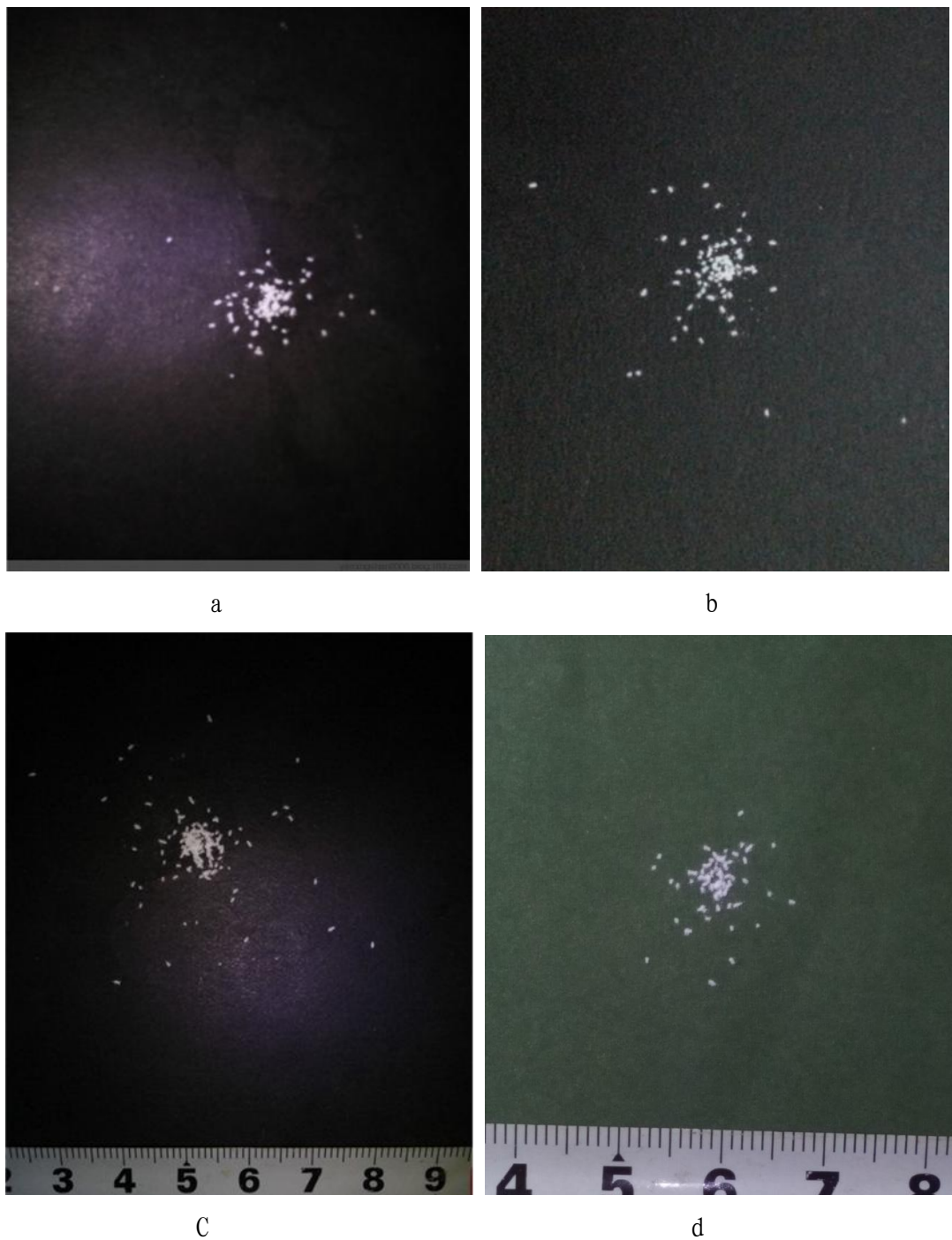


图2 粉末落在平板上形成的图样

由于粉末的下落运动是变速运动，所以对实验结果做定量研究比较困难。一方面，粉末颗粒下落过程中的速度连续变化，没有一个固定的动量值；另一方面，当我们仿照光的圆孔衍射中计算波长的方法，根据粉末颗粒圆孔衍射图样计算粉末颗粒的几率波波波长时，发现同心环的半径不同，对应的波长也不同，同心环的半径越大，对应的几率波波波长也越长。为什么得到这样的结果，目前还不知道确切原因，只是猜测与粉末颗粒在重力作用下加速下落有关。目前我们只能对这个实验结果给出一种定性的解释：空气的随机作用导致粉末颗粒下落时附加布朗运动，这种复合运动能形成几率波，因此，粉末颗粒就有了波粒二象性。

#### 4 结论和建议

粉末颗粒的衍射实验结果表明，波粒二象性并不是微观世界特有的现象，宏观物体在一定条件下也可以具有显著的波粒二象性。这个实验结果对于我们揭示波粒二象性的本质有着非常重要的意义，同时也给经典统计物理学提出了新的研究课题。

为了能够对实验结果做定量研究，需要避免重力的影响。为此建议使用高频超声脉冲替代粉末颗粒做单孔（或单缝）衍射实验和双孔（或双缝）干涉实验。超声波在空气中传播时直线性强，受重力的影响可以忽略不计。要求超声波的频率达1MHz以上，声束聚焦成直线状，直径小于1mm，并且在传播过程中无损耗。将超声波发生器、挡板和接受屏置于一个箱内固定，让超声波脉冲一个一个的通过挡板上的单孔（或双孔）射向接受屏。预期超声脉冲在接受屏上的冲击点起初杂乱无章的分布，而随着冲击点数量增加，就逐渐呈现出规则的衍射图样（或干涉图样）。在不同次的实验中，可以调整超声的频率、振幅以及箱内空气的温度、湿度、压强等，并且对比实验结果。通过对实验结果进行定性和定量的研究，有望找出几率波的产生原因，并且找到超声脉冲的几率波波长与超声脉冲的“动量”之间的关系，建立一个关系式。此外，超声波本身是一种机械波，如果超声脉冲兼有几率波的性质，那么超声脉冲的机械波波长与几率波波长之间是否存在某种关系呢？这个问题也有望通过实验研究得到解决。

#### 参考文献:

- [1] M. Jammer, *The Philosophy of Quantum Mechanics* (The John Wiley & Inc., New York, 1974).
- [2] Y. Couder, E. Fort, A. Boudaoud, and S. Protière, *Nature* 437(7056):208 ·October 2005.
- [3].A. Eddi, E. Fort, F. Moisy and Y. Couder, *Phys. Rev. Lett.* 102,240401 (2009).
- [4] E.Fort, A. Eddi, A. Boudaoud, J. Moukhtar, and Y. Couder, *PNAS*,107,41(2010).
- [5] Y. Couder, A. Boudaoud, S. Protière, & E.Fort, *eprn(europhysicsnews)*.(2010).
- [6] D.M Harris, J.W.M. Bush, *J. Fluid Mech*, ( 2014),vol .739,pp.444-464.
- [7] J.W.M .Bush, *Physics Today*, 68, 8 (August 2015).
- [8] G .Pucci, D.M. Harris, L.M. Faria, J.W.M. Bush, *J. Fluid Mech*, (2018), vol. 835, pp. 1136–1156.