
物理需从实处借---布朗运动的启示

作者：鲍海飞 来源：鲍海飞科学网博客

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/topnews/6.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

物理研究的出发点在哪里？物理大厦的基石在哪里？这是一个值得探讨的问题。

爱因斯坦先生在1905的奇迹年所发表的几篇划时代的文章可以给我们清晰地展示这一个问题。当时，牛顿力学已经建立起来，但人们对微观世界的认识、对运动的认识，对物质世界基本现象的认知依然处于不是十分清晰的认识和掌握之中，比如，原子是否存在及其相互作用和运动的问题，原子或分子尺寸大小的问题等。

布朗运动(Brownian motion)是其中一个突出的例子。早在1827年，苏格兰生物学家罗伯特布朗在显微镜下发现悬浮在液体中的花粉颗粒在做随机运动，而推动花粉颗粒运动的机制是什么，却不是很清楚。此前，亦有很多人观察并研究过。而只有到了1905年，爱因斯坦从动力学平衡的角度出发，建立了颗粒在液体中的扩散方程，揭示了流体甚至固体中微观原子分子的运动机制，揭示了液体中花粉颗粒的布朗随机运动过程是单独水分子集合作用的结果，间接地揭示了原子和分子的存在。1905年之后，许多人开始针对爱因斯坦的研究工作进行验证，经历多年的研究，爱因斯坦的理论最终由其后的实验验证了。1908年Jean Perrin通过实验中证实了原子和分子的存在，并于1926年获得了诺贝尔物理奖。此前，也有很多杰出的科学家研究布朗运动，但爱因斯坦的研究之所以受到物理学界的重视，是因为他通过‘扩散’方式连接了宏观和微观的力学行为和表象，展示了一个可以间接了解原子和分子存在的途径，他得到了做布朗运动的粒子其扩散系数与布朗粒子位移的均方根相关。由此他给出结论，布朗粒子的位移并非正比于时间，而是与时间的平方根成正比。更重要的是，通过进一步推倒，宏观粒子的扩散系数与可测量量存在确定关系，通过此途径可以确定原子的尺寸以及阿伏加德罗原子数等。这也是爱因斯坦论文中的两个主要部分，即扩散方程的建立，以及原子分子尺寸的确定方法等。

值得进一步说明的是，在布朗所观察的体系中，包含了三个对象：花粉，花粉分泌的颗粒，以及水，其中主要是研究花粉所分泌出的花粉颗粒和水分子之间的相互作用。水分子的尺寸一般在0.1到0.2nm之间，而布朗观察到的花粉所释放出来的颗粒微粒尺寸一般在几个微米量级，而花粉本身的大小一般在100多微米的尺寸。液体中颗粒的无规则随机运动，既颗粒的无规则随机运动（随机行走）是由于围绕着花粉颗粒周围众多非常小的水分子从不同侧面共同‘轰击’大颗粒产生的力导致的瞬时非平衡的结果。有趣的是，一开始，人们并不知道布朗运动是什么，或意味着什么，甚至认为是一种有生命力的‘活体’在水中游动。

布朗运动之所以一而再，再而三地被人们提起和重视，这是有它内在的必然性和重要性。在当时，人们甚至连物质组成中原子、分子的认识都十分模糊，没有清晰的定义，又无法从实验上观察，确定分子的存在和尺寸大小是头等大事。一束阳光从窗上投射下来，夕阳西照，人们可以清楚地看见沸腾的灰尘与阳光一起翩翩起舞，这也是个观察研究微观客体的一种方式。但布朗运动可

以从更微观的角度来研究，人们可以捕捉液体中的颗粒作为标记物来对可观察量进行测量，这是空气中一缕阳光中沸腾的灰尘所无法比拟。因此，显微镜下一杯清澈透明的液体成为最好的研究出发点，人们可以容易地对液体中的颗粒进行选择 and 布局。这样，也开辟了一个分子动力学的研究模式。研究表明，在真正的随机行走中，在没有外力作用的情况下，大量粒子的平均位移是0，而位移的均方根更具有意义，它包含了所要揭示的物理内容。

在爱因斯坦1905奇迹年之前，已经有很多人利用液体进行微观客体的研究。如利用水表面的张力研究其中分子作用力的程度，利用毛细现象研究分子的大小等。但爱因斯坦更是从理论上和现象上开辟出了一条直观的道路，将悬浮的颗粒这一可观察物所体现的可观察量与代测量的量巧妙地结合在一起，揭示微观世界的运动状态，由此确定分子的大小等。

物理研究的全过程，就是实验与理论自我验证、对照和适应的过程，理论即需要实验来证明，实验也需要理论来验证。这就是一个自恰过程，是从实走向虚的过程，又从虚走向实的过程。实验现象、发现与观察确认为第一要义，理论上建立模型是为第二要义。第一要义是根本。第二要义是从现象上升到本质的探索过程，是为了确定所描述对象内部物理量之间的对应关系和数量关系。模型的建立是用来揭示物质世界的内在规律，认知和应用成为主要目标和目的。物理和数学的结合恰如实与虚的一个整体，但二者是相互验证的过程。虚的过程是个模型化的过程，实的过程是发现和验证过程。因此，存在着理论的不不断修正，和试验的不不断修正与发现。简而言之，抛开思想实验的研究范畴，基本的物理研究就是从观察和测量开始，因果关系是其构架基础，以数学表述作用量之间的相关和量化关系。所谓，言之有物。

在一篇美国著名大学数学系的博士论文中，有这样几句话描述爱因斯坦的布朗运动研究，“虽然有很多工作已经深入地在研究布朗运动，但遗憾地是爱因斯坦先生并没有意识到布朗运动的存在，但他从理论上定量地正确地公式化和预言了它”。其实，这个描述的后半部分是正确的，而前半部分是不正确的。爱因斯坦在他1905年这一年有关布朗运动文章的开篇即言明了主题：“由于分子的热运动，悬浮在液体中的微观可见的物体将会在显微镜下呈现出可观察的运动行为……这可能与所说的布朗运动相类似……。”从这里可以看出，即使没有布朗运动，从这种日常的经验中，爱因斯坦就已经对微观世界微粒的运动行为不仅有所察觉感知，而是有更深的洞察和思考了。

研究的目的是，就是经过观察和感悟，凭借洞察力和知识的积累，透过现象看本质，是一个去伪存真的过程。

物理不是空中楼阁，物理更不是无中生有。

有质疑，有争论，这才是科学的正确道路，这才是科学的态度。百花齐放，百家争鸣，此之谓也。

物理需从实处借，百花自是土中来。

寻根问底道谁解，大爱思真细细裁。

更多 科研头条 请访问 <https://www.iikx.com/news/topnews/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发