

微观到宏观的桥梁——统计物理学

中国科学院院士 郝柏林

今年七月三十一日到八月四日，一次盛大的国际学术会议——第十九届国际统计物理学会议将在厦门举行。那时将有数百位各国学者，包括诺贝尔奖和玻耳兹曼奖获得者，云集厦大，切磋学问。

何谓统计物理学呢？

现代社会习以为常的许多技术设备，无论电灯电话、飞机汽车、电视机、计算机，都离不开物理学研究成果。可是物理学研究的首先是那些看不见摸不着的分子、原子和电子的构造、运动和相互作用，而前面提到的技术设备都是看得见、摸得着的物体。原子电子属于微观世界，而机器设备是宏观物体。一块宏观物体由大量微观粒子组成。这里的“大量”不是千千万万，而是比亿兆兆还多。大量微观粒子通过相互作用，产生许多集体和合作现象，使宏观物体具有少量粒子没有的新性质。从微观的理论到宏观的应用，需要一座桥梁，要使用统计方法，这就是统计物理学。

这里举两个例子加以说明。

汽缸里的电火花使汽油和空气的混合体爆炸，温度急剧上升，体积迅速膨胀，气体的压力推动活塞运动，最终导致汽车前进。这里温度、体积和压力，都是大量气体分子的运动和相互作用造成的。单个分子只有速度和能量，谈不上体积和压力，可是亿兆个气体分子，大家不可能都以同样的速度运动，必然有快有慢，有某种“速度分布”。为了从大量分子的微观运动规律推知宏观气体的性质，就要用到统计的方法。正是为了回答这类问题，在十九世纪后半叶诞生了统计物理学。

计算机里面最重要的元件是集成电路，而集成电路是用半导体制成的。先要把半导体提炼得很纯，然后有控制地参进杂质，做成一定的结构，才能制备出集成电路。一块纯硅要达到百分之九十九点九九九九九九的半导率，与硅加“一八九九”其中杂质原子的数目还有成二、三之比。正是这些杂质带来或带走的电子，才决定导体的许多美妙性质。为了从电子的微观运动和相互作用出发，设计出实用的半导体器件，又得用统计物理学的概念和方法。

热量只会从温度高的地方流向温度低的地方，而不会倒流。放进一杯咖啡中的糖只会向四周扩散开来，而不会自发地重新聚集。这些都是非平衡过程。平衡态的研究更为活跃和广泛。处于平衡状态的物质会经过涨落而偏离平衡，更复杂的状况，诸如非平衡态的“非平衡态”和“自组织现象”也是非平衡统计物理学的重要课题。

统计物理学形成了一整套方法，用于研究由极其大量的微观粒子组成的宏观物质的平衡和非平衡性质。这些方法也运用到由大量量子系统组成的其它系统。因此，统计物理学的研究方法有着普遍应用，它的研究对象跨越许多学科。统计物理学是研究“量变到质变”的过程，是微观到宏观的桥梁。它是简单到复杂的阶梯，是物理理论应用的途径。

1995年7月16日 星期日 第7版

厦门日报

杨振宁教授对统计物理学的贡献

中科院院士 郝柏林

杨振宁和李政道两位先生在1956年因发现基本粒子在弱相互作用中的“宇称”不守恒，即左右不对称，而获得诺贝尔物理学奖，首次为炎黄子孙争得这项国际学术殊荣。这是人们广为传颂的大事。可是，许多人未必知道，杨振宁先生对统计物理学也做出了将永远垂诸科学史册的贡献。这要从“相变”这种物理现象讲起。

微观世界的物理规律比较单纯，而宏观世界的变化丰富多彩，水会在温度变化时或化或气、或冻成冰。磁铁被加热到一定温度会突然失去磁性。这些物质状态的突然变化称为相变。统计物理学中的平均方法，会抹平物理量的微小变化，使一切变得更光滑，而相变是物理性质的不连续的突变。统计物理学究竟能不能描述“相

变”？这个难题曾经是对统计物理学的一大挑战。

杨振宁和李政道早在获得诺贝尔奖之前，就对相变理论作出过重要贡献。他们证明的“单位圆定理”和“聚点原理”如今已是教科书的内容。

为了严格分析相变问题，人们建议过各种数学模型。对这些模型必须精确求解，来不得半点近似，才能得到令人信服结论。杨振宁对统计物理学中的一批数学模型的严格求解作出了特殊贡献。他在1952年首先严格算出了著名的“伊辛模型”的一个“临界指数”精确地等于八分之一。1966年，杨振宁和弟弟杨振平关于一维海森堡模型的研究，引发了众多后继工作，使物理和数学的许多重要研究领域连成一片，形成了历30年而不衰的活跃研

究方向。这些研究最终导致了“杨振宁——巴克斯特方程”。这个方程已经成为物理学和数学的一种强大工具，被广为研究和应用。不久将在天津举行的关于杨振宁——巴克斯特方程的卫星会议，将集中检阅这方面的最新进展，其中包括中国学者的许多贡献。

杨振宁先生曾回忆说，是已故的王竹溪教授把他引进了统计物理学。那是在昆明西南联大时期，王先生使杨振宁对统计模型发生了兴趣。王竹溪自己在统计物理领域作过创造性研究。他的《热力学》和《统计物理学导论》培养了几代中国物理工作者。杨振宁先生今年将亲莅厦门国际统计物理大会，论述统计力学的发展过程。