

理论物理所专题讲座 (Colloquium) 简况

第三次理论物理所专题讲座由中国科学院学部委员、理论所研究员何祚庠先生作了题为《量子力学测量问题和非各态历经 (Nonergodic) 统计系统》的报告。内容摘要如下:

一、测量定理是量子力学基本原理中不可缺少的独立的基本原理

量子力学的测量假说就是量子力学体系在经历测量后,要跃迁到相应的算符的本征态或者由所谓纯粹状态转化为混合状态。但不能以量子力学的其它基本原理“推导”出来,必须独立地引入量子力学体系以内。而且,量子力学如果缺少了这一假说,那么在逻辑上很难成为自相封闭的系统。

二、玻尔的不可控制的相互作用

为了解释测量后的双缝衍射花样为什么要变成两个单缝衍射花样的叠加“干涉项”随“测量”而消失的现象,玻尔提出了仪器和微观粒子之间存在不可控制的相互作用的假说。这一假说认为在仪器和粒子相互作用时,会“不可控制”地在相应的本征态上产生某个任意的相角,正是这种任意的相角导致干涉项的消失。但是,这种解释并没有回答为什么会会出现这种“随机”的相角。

三、诺依曼的测量定理和物理——心理的平行主义

冯·诺依曼 1932 年设想测量仪器也是一个服从量子力学规律的微观系统,把被测微观体系与测量仪器看作更大的一个微观体系。他用严密的数学证明测量仪器消除了被测体系中的“干涉项”。这样,将存在一个仪器的链条及观察者的神经系统等,在这一无限的“链”内都是自洽的。于是有所谓的“心理和物理的平行主义”的原理:被测系统与测量仪器的界限是无关紧要的,这个界限可以在被测系统和测量仪器之间、可以在测量系统和感觉器官之间,甚至可以在精神系统和最后的“抽象的自我”之间。

四、对诺依曼测量定理的批评

量子力学研究中之所以广泛流行诺依曼的测量定理是因为在测量过程中以“主观介入”观点为“科学”基础。但由于测量过程是熵增过程,不能在薛定谔方程范围内推导出来,因而诺依曼的“证明”实质上是由错误的前提而得出的错误的结论。

五、D-L-P 理论

1962 年意大利学者 A. Daneni, A. Loinger 和 G. M. Prosperi 等证明上述“干涉项”的消除并不需要“抽象的

自我”,而是在宏观测量仪器和微观粒子体系相互作用时发生的。由于此理论具有深刻的唯物主义性质,受到众多理论物理工作者的支持。

最后,何祚庠先生探讨了应用 D-L-P 理论解决 EPR (即 A. Einstein, B. Podolsky 和 N. Rosen) 佯谬问题(三)。

第 4 次专题讲座是由广州中山大学高等学术研究中心教授李华钟先生主讲,题为《介观 (Mesoscopic) 物理——过路人所见》。全文共分四部分:

1. 介观尺度: 1984 年以来,实验肯定地显示有一种现象,其实验手段与理论解释都与过去我们所理解的纯宏观或纯微观区划有很大的本质的相异。这种现象存在的尺度亦介于过去所界定的宏观和微观之间。在实验上,中介尺度 $L \lesssim 100\text{nm}$; 理论上, $L \lesssim L_\phi$, L_ϕ 为电子在无序介质中经受两次非弹性散射之间的自由程,也即电子波保持其位相关系的一段路程。所以,在样品大小线度 $\leq L_\phi$ 时,电子运动为波动占主导地位。

	微观	介观	宏观
含粒子数(个/cm ³)	$\sim 10^0 - 10^1$	$\sim 10^{10}$	$\sim 10^{23}$
长度大小(cm)	$\sim 10^{-8}$	$\sim 10^{-4}$	$\sim 10^0$

从上表可见:单个原子或分子 $\ll L \ll$ 通常宏观物体。由此推论,特征量可以用宏观量表述,即用宏观方法测定,但决定的性质是微观粒子的规律,样品大小则应大到足以用宏观量测量,小到电子波在全样品长度上显示波动位相相干。现代微电子技术的集成电路线度 L 已接近 L_ϕ 。

2. 关键实验: 先决条件 $L \lesssim L_\phi$, 但 L_ϕ 随温度下降而增大。所以有利条件为低温 ($\leq 1\text{K}$), $L_\phi \sim 1\mu$ 。80 年代实验技术,特别是微电子技术可以做出 $\sim 0.1\mu$ 的线度。

3. 理论启示: 实验结果表明: a. 在介观尺度,样品测量所得并不完全是系综平均,个别样品内部的特有行为也会在所测量的物理量中显示出来。 b. 在介观尺度,人们仍然用宏观方法测量宏观定义的物理量,但是所被测的量属于宏观还是微观,却会依赖于所用的测量方法和手段。 c. 系统所遵从的规律是微观(量子力学)规律。 d. 在固态物理中过去主导的观念和理论(经典、半经典或量子修正)的办法,在介观物理中需要改变为完全计及或波动性的方法。

从理论方法来看: a. 过去处理输运过程的方法、玻耳兹曼方程、甚至对有的现象系综统计平均,在介观系统中是不适用了! b. 人们需要从量子的运动方程出发找寻玻耳兹曼方程那样有效的近似。 c. 目前对 1984 年以来新的实验现象有了大致定性的了解,但是尚未到定量的程度。

4. 工业效益: 美国、欧共体、英国、日本等都已投入相当的人力、物力于介观现象的研究,并已取得了某些成果(四)。