

## 202 量子和量子化

### 主题

正如量子力学的名称所告诉我们，这是一门关于量子的学科。然而，什么是量子？在这里，我们只关心这个词的运用。这里有几个例子：

1. “在物理学中，人们把一个量子理解为一个物体。这个物体是由于描述系统状态变化的物理量的值发生间断变化时产生的。量子化的物理量被用在量子力学和由此产生的理论物理学的其他分支学科（如量子电动力学）的理论框架中。量子是这种物理量的一价值。相应地，它们是这种物理量的量子化。”

2. “声子是弹性场的基本激发（量子）。”

3. “在物理学中，一个量子是涉及相互作用的物理实在（物理性质）的最小部分。物理性质可以被‘量子化’。这一基本观点就是‘量子化假设’。这一假设的意思是，物理性质的大小只能取一些分立的值，它们是一个量子的整数倍。例如，一个光子是一个光量子（或电磁辐射的任何别的形式）。”

4. “量子：在处理波场中使用互补方法所得到的粒子。特别地，我们用它来理解光量子。光量子被用来指代电磁场。根据量子场论，每种场都有相应的量子；因此，核场的量子是介子，引起化学相互作用的物质场的量子是电子。”

### 负担

一个词表示什么意义？它指代哪个概念？这仅仅由这个词所用的场境来决定。这句话的意思是，特别在日常话语的情境中，一个词可以有几种或甚至许多种含义。

在物理学中，特别当一个词作为专业术语出现时，我们总希望它的含义是清楚的。然而，在物理学中情况通常不是这样的。这样，人们希望通过情境来揭示词的含义。例如，在力学中，“力”通常是  $F$  这个量的名称，但有时，特别在一些词组中，它的含义是能量。“电流”这个词有时指一种现象，有时指电流强度这个量。

在我们所讨论的话题中，一个特别耀眼的词是“量子”。用“量子”所组合起来的词有无数个：量子条件、量子性、量子假设、量子隧道、量子物体、量子数、量子统计、量子干涉。在读大学时，我从一本名为“量子”的教科书中学到

了量子物理。随着量子计算机的出现，“量子”这个词真正成为一个热词。

让我们再来看看上面所引用的内容：

1.在这里，一个量子有时指一个物体，有时指一个物理量的一份值。

2.一个量子是一种激发。

3.一个量子是一个物理实在或一种物理性质的最小单元。它也是一个粒子，即光子可以是一个量子。

4.电子和介子也是量子。

显然，量子这个术语是一个统称。然而，它是什么的统称？

很明显，它是几类概念的统称。一方面，它是粒子的统称；另一方面，它是物理量的基本量值的统称。无论如何，我们无法为它作出一个定义。原因是，

●不是所有粒子，甚至不是所有基本粒子叫作量子；

●对于能量，没有普适的基本量值。但是，人们喜欢说能量子；例如，在简谐振子中人们就这样说。对于熵，有一个基本量值，即  $k_B$ ；但是，人们不喜欢说熵是量子化的。

## 历史

一开始，相关的话语表达就很不清晰。爱因斯坦在 1905 年发表的著名著作中运用了“能量量子”（energy quanta）和“光量子”（light quanta）这两个术语。这里，在关于物理量（能量）的表述和关于粒子（光子）的表述之间仍前后不一致。然而，随着越来越多的“基本”粒子的发现和越来越多的物理量的基本量值的测量，人们越来越感到需要在概念上区分物质（粒子）和物理量（能量）。然而，人们到现在仍没有很好地区分它们。

## 建议

没有一个机构来规定用词的原则，即使对于所谓的术语也同样。我不想给物理学家们提关于用词的建议。如果我提这样的建议，这些建议也只能直接面向中学和大学的老师们。

我的第一个建议是，不要把量子这一术语用来作为粒子的名称。这个名称没有简化什么，也没有解释什么。不要把光子叫作光量子，也不要将光子叫作能量子（光子也不是动量子或角动量子）。

我的第二个建议是，也不要将量子这一术语用来表示物理量的基本量值。

另一方面，在我看来，动词量子化（quantize）是有用的。这样，“（在一个闭合系统中的）某些物理量的值是它们的基本量值的整数倍”这一事实可以得到简洁明了的表述：电荷、角动量、磁通量……是量子化的。然而，如果我们这样来用词，我们也可以这样说：物质的量是量子化的。

阿伏伽德罗常量的倒数

$$\tau=1.66\times 10^{-24}\text{mol}$$

是基本量子值。人们通常不这样来表述的原因也许是，这个量的量子化在量子理论产生前就已经被人们发现了。

然而，说能量量子化是粗略的表现。跟其他物理量一样，对于一给定的系统，其能量值通常是间断的。然而，我们可以说这能量是量子化的吗？

或者，我们可以将量子这个词在这个情境中取掉。这样，也许不会失去很多，却能得到更清晰的理解。

然而，我担心，在量子这一用词激增的时代，这样的建议是不现实的。然而，我们至少可以给出这样的建议：适度地运用量子这一术语。

*Friedrich Herrmann*

（陈敏华，2021年10月9日译毕于浙江师范大学国际交流中心708室）