

[脑科学与科学教育]

科学概念和日常概念的区别

文_韦 钰

韦钰，电子学专家，教育家，中国工程院院士，中国少数民族教育学会理事长，中国电子学会副理事长，曾任教育部副部长，中国科协副主席。



我们周围的世界是如此的广阔、深邃、复杂而又变幻不定。在认识客观世界时，人类具有特有的高级思维能力，能够进行类比、推理和抽象。人类进行高级思维的基石在于能够对感知、客体、特征和事件进行分类、归纳和概括，找出其本质的共同点，组织成为概念。因此就能够：①进行有效的记忆；②鉴别客观世界的不同事物；③进行类比和推理；④想象和认识更多的新的事物和情境，扩展已有的知识；⑤构建更加复杂的理论。所以，形成概念是人类认知的重要途径，概念是人类知识的基石。

爱因斯坦（Albert Einstein）说：“在科学上形成概念的方法和我们在日常生活中用来形成一些观念的方法有联系，但是不同，它需要更加周密地进行概念的定义和得出结论，更加辛勤地和系统地选择试验素材和格外地重视逻辑推理”¹。

下面以“光”的概念为例，说明什么是科学概念，以及它和日常概念的区别。

“光”是不是一个科学概念？在一些科学教育标准和书籍中习惯用一个词“光”来表达一个科学概念，这样的表达至少是不明确的，或者说不科学的。“光”是一个概念，但是不同的情况下它可以代表不同的含义。例如有描述人情感反应的“泪光”；有宗教里用的“开光”、“佛光”；还有“红星闪闪放光彩”，其中的“光”表达了一种价值取向。这些“光”都是表达某种带有主观感觉或是虚拟的光，而不是客观存在的物理学中使用的“光”的概念。所以“光”是一个概念，但它并没有表达科学知识，用一个单词来表达科学概念，不是正确的表达方式。

如果采用这样的表述——“光在空气中沿着直线传播”，这就是一个科学概念。为什么呢？因为它表述了一个科学事实。这句话表达的是科学知识，但是，它之所以可以被认为是科学知识，并不是由于我们大多数日常生活中都有这样的感知“太阳光是直射的”，不是因为人们有这样的体验，所以它就是科学事实了。要知道，常常“眼见并不为实”。比如我们去看体育比赛，很多

人手里会拿着各种颜色的光棒，当人的手在抖动时，光好像也会弯曲。当然，如果你了解光纤的原理，你会理解这个现象；而对没有接受过物理学教育的人来说，是不是会得到光也会弯曲的结论呢？所以“光在空气中沿着直线传播”需要用更仔细设计的实验来证实。能证实这样一个科学概念的著名实验是我们中国在2000多年以前就发明的“小孔成像”。最早涉及该现象的当属先秦时期的墨家，墨家以研究自然现象著称，在其2300多年前的代表作《墨经》中就记述了小孔成像的现象：“景到，在午有端，与景长，说在端。”“景。光之人，煦若射，下者之人也高；高者之人也下。足蔽下光，故成景于上；首蔽上光，故成景于下。在远近有端，与于光，故景库内也”²。所以，用感官观察到的事实，同样需要经过实验证明，才能够被称为科学概念。因此“光在空气中沿着直线传播”是科学概念，因为它表述了一个经过实验证实了的客观事实。在小学阶段科学教育中所涉及的科学概念，多数都是我们能够直接观察到和感知到的，但是需要强调的是，它们之所以被称为科学概念，并不是因为基于人类直接的感知和观察，而是因为它们是经过一定的科学实验证实了的事实，才成为科学概念。

当光行进到两种不同物质的界面时，会发生反射和折射。荷兰数学家斯涅尔（Willebrord Snellius）基于科学事实，抽象出用数学语言描述的科学定律，这就是我们熟知的描述光通过不同介质界面时行进方向改变的折射定律，又称斯涅尔定律。有了折射定律，我们不仅可以解释一些观察到的现象，如为什么游泳池的池底看起来比真实的要浅，为什么插入水中的筷子看起来是折断的，而且是向上方翘起的，等等，还可以用它指导制作放大镜、望远镜。光纤的原理也运用了折射定律。有了光纤才会有今天许多光通讯设备和技术，有计算机，有互联网。光纤的发明者是我们华

人学者高锟。他作为“光纤之父”获得了2009年的诺贝尔奖。可见，科学定律是科学概念，它常常是用数学表达的更为抽象的科学知识。所以，“光从空气进入玻璃和水时，光的传播方向会改变”这样的表达是科学概念。在小学只要求学生观察这个现象，定量描述这个现象的折射定律要到中学里进行学习。

在19世纪，英国科学家麦克斯韦（James Clerk Maxwell）综合了科学家对电和磁的新认识，特别是发现在磁场中运动的导体可以产生电流；流动着的电流可以产生磁场；变化的电场和变化的磁场可以互相转换，从而总结出更为复杂的、用麦克斯韦方程组描述的电磁理论。麦克斯韦的电磁理论证明电磁波具有能量，它的传播速度和光速一致，光也是一种电磁波。电磁理论不仅可以用来解释牛顿（Isaac Newton）发现的白光可以分解成不同颜色光的现象，指出不同颜色的光具有不同的频率；而且还预言了，在可见光谱以外会存在许多不可见的电磁波和射线。麦克斯韦的预见是正确的。以后的科学家相继发现了许多不可见的电磁波，如X射线、红外线、无线电波、微波、紫外线等，所有这些不同类型的电磁波都可以用麦克斯韦方程来描述。麦克斯韦建立的科学理论不仅能够解释已经发现的科学事实，还能预见尚未发现的现象和规律。可见，科学理论是基于实证的，进一步概括和推理出来的科学知识，科学理论也是一种科学概念。

科学概念并非静止和一成不变的，而是开放的，在科学家群体的不断争论中改进、深化和扩展的。关于光是粒子还是波的争论延续了近一个世纪，牛顿将白光分解成不同颜色的光，又证明可以将这些不同颜色的光合成为白光。他认为不同颜色的光是不同的微粒。在18世纪虽然欧拉（Leonhard Euler）提出了不同颜色的光是不同频率的波，但是没有被公认。麦克斯韦的理论提出了光是电磁波的一种。直

到19世纪末，经过了激烈的争论，科学界才接受了光是一种电磁波的概念。但是在1905年爱因斯坦（Albert Einstein）却提出光是一种微粒的概念是正确的，因为光电效应的发现只能用微粒概念才能加以解释。一束光像一堆微粒，只有用具有一定能量的光波，就像具有一定能量的微粒，照射原子核，才能打出电子，否则只能被吸收。光和物质作用时像微粒，光具有一定的频率又像波。此后，科学家公认了关于光既具有波动性、又具有粒子性的概念。在科学的发展史中我们可以看到很多这样的例子。

总之，科学概念是经过科学研究得到的知识，包括科学现象、科学定律和科学理论。科学概念表达了某个时期科学家群体对客观现象的认识，它不同于日常概念，它必须是基于实证的，还需要经过逻辑推理，包含数量描述。目前的科学概念还包含极少数的还没有被完全证实，但是得到公认的科学假说，如达尔文的进化论。科学是开放的，科学不是宗教，科学概念会在科学研究活动中不断被修正和深化。

是否围绕科学概念进行学习，实际上是反应了有否正确理解科学的本质。

本文摘自韦钰院士的论文《科学课程要围绕重要的科学概念和模型组织教学》，有删节。

参考文献

- [1] David Klahr and Herbert A Simon, Studies of Scientific Discovery: Complementary Approaches and Convergent Findings, Psychological Bulletin 1999, Vol. 125, No.5 524-542
- [2] 《墨经》光学八条■



全民科学素质行动
科学教育专栏