

科学教育应该教什么？笔者认为很多人过于强调科学方法和科学精神的重要性，而忽视了科学知识。科学的内涵离开了知识基础，方法只是“空中楼阁”。

科学教育应该教什么？

□ 李秀菊



科学教育

什么知识最有价值？19世纪，著名英国哲学家赫伯特·斯宾塞自问自答了这个问题——科学。随着科学技术的飞速发展和对人类社会产生越来越大的影响，科学教育的重要价值已经被全世界各国认可。科学教育是促进社会发展的重要途径，更是提升公众科学素养的主渠道。因此，“科学教育应该教什么”一直是讨论和研究的热点。

先来梳理一下以美国为代表的西方科学教育目标及教育重点。早期的科学教育，主要目的是让受教

育者掌握更多的自然科学知识。因此，教育的内容是以自然科学知识为主，涉及科学知识、科学原理。美国教育家杜威提出“生活即教育”，提倡“做中学”。这个理念对当时的科学教育影响很大。

20世纪60年代，美国开始一次比较大的科学教育改革。改革强调：探究、发现和解决问题。这主要是因为当时科学发展迅猛，特别是分子生物学等领域的飞速发展使得很多科学知识被重新认识。人们觉得，仅有知识型人才是不够的，要培养能力型人才。培养具有能力的“发现”型人才成为当时的科学教育目标。

在那一时期，科学教育更强调儿童通过动手在实验中寻找答案，

强调科学过程技能。20世纪末，影响全球科学教育变革的重要计划——“2061计划”明确提出科学教育的目标是提升全体公民的科学素养。在“科学为大众”的口号的影响下，培养学生的科学素养成为学校科学教育的最终目标。

为了培养具有科学素养的人，科学教育中十分强调“科学探究”，同时需要学生理解科学知识。2011年，美国国家研究理事会（NRC）发布《K-12科学教育框架：实践、跨学科概念和核心概念》，将一直倡导的“科学探究”转向“科学实践”，要求学生围绕学科核心概念和跨学科概念而组织的科学实践促进学生提升科学素养。在此框架的基础上，2013年，美国发布《新一代

科学教育标准（NGSS）》，引领科学教育的新发展。这一次修订并没有改变科学教育的目标，是基于新的科学课程研究成果和学习的研究成果对教什么做的一次修订。这次修订，希望纠正科学探究模式化和教条化的现状，深化了探究的内涵，同时再一次强调了科学知识的重要性。

我国的科学教育自1978年以来也进行多轮改革。其中，影响最大的为21世纪初启动的第八次基础教育课程改革。本次科学教育改革改变了原来的“一纲一本”的状况，改为“一本课程标准，多种教材”；从培养科学家的精英教育，转变为培养全体学生的科学素养的大众教育。在教育

内容方面强调科学探究，也强调学科内容。2011年，新课标修订工作启动，以生物学为例，生物学课标修订组提出：凸显生物学的重要概念，将跨学科概念融入生物学课程，将跨学科能力培养贯穿于生物学课程，强化科学探究的同时加强工程实践。

梳理国际和国内科学教育目标及重点的转变，我们能够发现：培养学生的科学素养仍然是世界范围内都被认可的学校科学教育的目标。在教学内容方面，科学知识的教学应该让学生掌握“少而精”的内容，应该教给学生最重要的概念和技能，让学生获得理解上的质量，而不是一大堆由事实和理论堆砌的内容。即帮助学生理解核

心概念（Core Ideas）和大概概念（Big Ideas）。科学探究是科学的本质特征，是目前被一致认同的科学教育的目标、内容和方式。此外，科学本质（Nature of Science）是科学素养的重要内容，很多国家（包括我国）都将理解科学本质纳入课程标准中。以上几点是目前主流的、被一致认同的科学教育的教育内容。

（作者系中国科普研究所副研究员，博士。曾在美国伊利诺伊理工大学数学与科学教育系做访问学者。参与撰写《青少年创造性想象力培养理论与实践》等，为《中国科学教育发展报告2015》和《中国科学教育发展报告2017》副主编。）



编者按：对于不少中小學生而言，以往的科学课程似乎就是一些科学和科普理论的再灌输，这正是当下中小学科学课程理论与实践严重脱节的现状。如何解决中小学科学课程中理论和实践相脱节的问题，让课堂变得实用而有趣？在这方面，上海宝山区通过全面打造“陶行知教育创新发展区”中提出的区域构建“学校、联合体和区”三级科技教育工作室，重点培养一批（5-8人）在上海市有一定知名度的科技教育项目领军人，似乎无意插柳般地解决了科学课堂上的理论和实践失调的矛盾。即日起，科普时报将陆续刊登介绍陈岭、董思征、汪月辉、杨荣、周斌几位优秀老师的教学成果。

陈岭：用科技给物理造点“趣”

的信息量。这意味着什么呢？不妨想象一下，今后课本里那些扁平死板的插图，都可以通过一个APP变成生动立体、可看可听可玩的移动知识小百科。

创造室里乐无穷

陈岭是上海市宝山区首批科技特长教师工作室领军人，他和组员们在创新实验室里运用3D打印等新技术，从教学的实际需求出发，对传统的教学方式进行了改革与创新。增强现实（AR）科学实验就是借助互联网技术，将时下炙手可热的互联网思维融入教学的绝佳实践。2016年，实验已经覆盖了高中物理教材中的部分实验插图，2017年，他们正力争将此项成果扩大至其他学科的教科书插图。

陈岭老师的求真创造室就像是一间物理科普玩具室，各种新鲜玩意随处可见，有会演奏木琴的单片机器人，两根琴槌交替敲击下，儿歌《两只老虎》的曲调被精准无误地演奏出来；3D打

印磁力加速器……这些寓教于乐的“玩具”中有许多是陈老师上课的教具，还有些是学生在老师指导下完成的作品。学生玩过后如能对物理和科技产生了解、探索的兴趣，陈老师的目的就达到了。他说：“假如100人里有20人对原理感兴趣，那真是令人高兴；假如这20人里有一两个了解过后还能产生思索，想要尝试自己动手创造，那就更值得高兴了。”

3D打印创意教具

为了改进公开课教学的实验和教具，陈老师累积了不少个性化实验设计和教具作品，并屡次在科技创新大赛、微课教学评比等赛事中获得全国和市级奖项。然而，他发现闭门造车的产物是跟不上信息时代步伐的，于是他报考了上海大学机械工程专业在职硕士。在读期间，各种前沿科技开阔了他的视野，3D打印技术和ARUINO单片机技术使他看到了教具研发的新方向。

短短两三年时间里，陈老师的3D打印创意教具不仅作品数量丰富，且品质精良，已有3项发明专利和3项实用新型专利被受理，其中“楞次定律演示装置”与“可变径轮”已经拿到实用新型专利证，并凭此二项作品蝉联2015年、2016年上海市青少年科技创新大赛科教制作类一等奖，并获得第九届国际发明展览会“发明创业奖项目奖”银奖和2017上海国际发明展2个发明金奖。

作为科技辅导员，陈老师善于充分发掘学生潜能，已培养了多位上海市“明日科技之星”及提名奖、上海市“科技希望之星”和上海市创新大赛、“未来城市”设计大赛的获奖者。陈老师还培养出许多青年骨干，如米雪、徐雯老师，她们已经指导学员获得全国级大奖，并作为组员参与了中央电教馆的国家课题。

科教一线

彩虹的科学原理

□ 刘晨



每当雨过天晴之后，人们有时会看到一种非常奇妙的自然景观——彩虹。那么朋友们，你们知道出现这种现象的科学原理是什么吗？

彩虹是一种光学现象，在物理学上叫光的色散。那么光的色散的原理是什么呢？

光的色散的科学原理其实很简单，在物理学中，一种材料如制成三棱镜的玻璃等对不同颜色的光具有不同的折射率，而一束光通过三棱镜折射后，光的传播方向会发生偏转，其偏向角与折射率有关，这样，不同颜色的光经过三棱镜后偏向角会有所不同。从而将白光分成七种颜色的光。

那为什么只能分成七种呢？因为白光是由七种颜色的光组合而成。这个结论是由著名科学家牛顿首先发现的。在历史上，第一个做出光的色散实验的就是这位大科学家牛顿先生。这个实验后来被人们称为物理学实验中最美的实验之一。

1665年，牛顿在自己家中的窗户上开了一个孔，让一束太阳光射进房间，当时牛顿在房间里放置一个三棱镜，结果在三棱镜的后面墙壁上，出现了一幅令牛顿感到无法理解的由七种颜色组成的光带。这是怎么回事呢？

因为根据当时的光学知识，在实验前他就设想，这束光通过三棱镜后在墙壁上会出现一个类似太阳的图像，结果出乎意料。为了弄清事实真相，牛顿又在开孔的红色的后面，又加了一个三棱镜，他想看看结果又会怎样？结果发现，后面的墙壁上只出现一种红光。随后，牛顿又将七种颜色的光加以组合，发现出现了白光。

由此牛顿断定：白光是由七种颜色：红、橙、黄、绿、青、蓝、紫组成。它可以通过三棱镜分成七种颜色的光，即光的色散。那么自然界中彩虹的形成又与光的色散有什么关联呢？

有的。大家知道，太阳光是一种白光，它是沿直线传播的，可一旦它进入水中（如雨后天残存在空中的小雨滴），就会产生折射，小雨滴相当于一个三棱镜，所以，通过雨滴折射后，太阳光（白光）就可以分成七种颜色的光，这七种颜色的光以各自不同的角度折射，然后很漂亮地排列起来，就形成了彩虹。

这就是彩虹形成的原理，大家看看，在原理上是不是与光的色散的原理一样？

课堂内外

来自首都师范大学附属中学初一学生周宇丹青一边脱下实验服装一边说：“这是我几年来参加课外实验课中最好的一堂课，我们不仅自己动手制作了电池，让土豆唱歌，懂得了化学能转化为电能的原理，而且参观了中国化工博物馆，使我们终身受益！”

这个场景发生在位于北京市海淀区北四环西路62号的中国化工博物馆。

2017年12月30日上午，一个辞旧迎新的假日。中国化工博物馆热闹非凡，实验室里迎来了首都师范大学附属中学、海淀北部新区实验学校、北京市二十中学、北京市二十一世纪国际学校、北京市五十七中学、北京市育英学校、北京市师达中学等十多所学校的28名初一学生。这些孩子在家长的陪同下兴致勃勃地开启了向往已久的电池DIY（即自己动手制作电池）实验活动。

电池DIY实验课就是在老师的辅导下，学生自己动手实验，用土豆块作为能源发电以及自己动手制作电池。

为了开好这节课，中国化工博物馆与北京师范大学合作提前做了精心准备。设计了同学们关注的内容，准备了实验材料，设计了制作流程，同时还制定了安全规范，实验之



前首先告知安全要求，确保同学们实验平安。

同学们在王丽和邵玉梅老师的辅导下，按照实验流程，将锌棒和铜棒插入土豆块，连接音乐芯片，土豆块竟然播出了悦耳的音乐，令同学们惊叹不已。王丽老师告诉大家：土豆块插入正负导线后能将化学能转换为电能，不仅是土豆，而且萝卜、西瓜、苹果都能发电。我们这世界能源无处

感受化学的神奇

——中国化工博物馆电池DIY实验课侧记

□ 叶建华

不在，同学们要努力学好化学知识，掌握运用自然资源造福人类的本领。

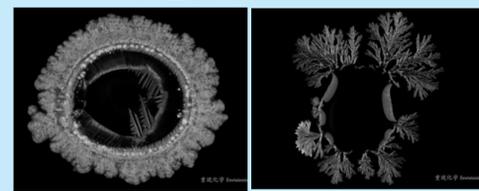
完成土豆块唱歌实验项目之后，同学们开始用材料包中的材料自己制作电池。他们在老师的指导下，将碳棒插入铁管，倒入黑色粉末，注入化学液体，连接正负导线，时间不长，一节电池做好了。用电压表一测，有的电池电压达到1.5伏以上，相当于商店里出售的电池电压。

王丽和邵玉梅两位老师细致地讲解了材料的性能，电池的发电原理，让同学们不仅知其能，而且知其所以能。当老师宣布：同学们制作的电池可以带回家时，更让同学们兴奋不已、喜出望外。

同学们通过实验课，感受到了化学的神奇。实验课程结束的时间到了，还有许多同学久久不愿离去，回味着这段美好时光。



（△ 重铬酸钾 $K_2Cr_2O_7$ ）



（△ 氯化铵 NH_4Cl ）

（△ 硫酸钠 Na_2SO_4 ）

微小的液滴 蕴含 自然的奇迹



美丽科学

杨振宁先生在一次题为“美在科学与艺术中的异同”的演讲中谈道：物理学家了解的宇宙结构，到最后就是一组方程式。比如牛顿运动方程式、麦克斯韦方程式、爱因斯坦相对论，无论是星云之大还是基本粒子之小，无论漫长的时间还是短促一瞬，都受几个基本科学规律控制，这是一种大美。法国数学家、物理学家和天文学家庞加莱说：“我们特别喜好探索简单的事实和浩瀚的事实，因为简单和浩瀚都是美的。”

化学并不可怕，它是一门描写变化的学科，是一门可以化兴趣为学力的学科，更是一首化繁为简的诗篇。在化学里面，结晶是指固体溶质从（过）饱和溶液中析出的过程。隐藏在结晶过程背后的，除了物质存在形式的变化和能量的转换，更有“美”的存在。

右图是镜头捕捉到的无机盐结晶瞬间，美的不可方物。

李颢 高昕/文 梁琰/摄
（美丽科学和中国化学会供本报专稿）