

大概念视角下融合 PhET 虚拟实验的教学设计——以小学科学“无处不在的能量”为例

续双宇

山东师范大学 物理与电子科学学院

DOI:10.12238/mef.v8i7.12093

[摘要]虚拟实验技术具有逼真、准确、可视化程度高及交互性强的特点,可灵活地运用于探究实验教学当中。本文以小学科学《无处不在的能量》为例,在大概概念视角下融合 PhET 虚拟实验进行教学设计,以虚实结合的方式开展探究活动,以期促进学生全面构建能量这一抽象的科学概念。

[关键词]PhET; 大概概念; 教学设计; 能量

中图分类号: G61 **文献标识码:** A

The Teaching Design of PhET Virtual Experiment from the Perspective of Big Concept—Taking "Energy Everywhere" in Primary School Science as an Example

Shuangyu Xu

College of physics and electronic science, Shandong Normal University

[Abstract]Virtual experiment technology has the characteristics of verisimilitude, accuracy, high degree of visualization and strong interactivity, which can be flexibly used in inquiry experiment teaching. Taking the primary school science "energy everywhere" as an example, this paper integrates PHET virtual experiment for teaching design from the perspective of big concept, and carries out inquiry activities in the way of combination of virtual and real, in order to promote students' comprehensive construction of the abstract scientific concept of energy.

[Keywords]PHET; Big concept; Instructional design; Energy

引言

在《义务教育科学课程标准(2022版)》中,提出要培养学生的学科核心素养,包括科学观念、科学思维、探究实践、态度责任四个方面,要求学生理解基础的科学概念,领悟科学家在获取知识过程中所使用科学方法,形成科学思维,树立正确的科学精神,能够将所学概念应用于社会生活中^[1]。

“能量”在小学科学课程中是物质科学领域中的核心概念,但在教学过程中由于概念的抽象性,小学阶段的学生往往很难构建起这一概念,因此利用现代教育技术,运用可视化手段进行教学促进学生理解抽象概念成为有效的途径。PhET 是一款成熟的交互式模拟实验平台,其中能量板块能跟踪并可视化能量在系统中流动和变化,使能量这一抽象概念变得形象具体,本文基于能量大概概念设计课堂教学,探讨 PhET 在小学科学教学中的应用。

一、PhET 对于概念理解的促进

PhET 是诺贝尔物理奖得主卡尔威曼创立的一个开放式的、免费的交互式模拟实验平台,由美国科罗拉多大学研制并运行,目前已研制出 125 多款模拟软件,涵盖了数学和自然科学的各个领域,尤其是物理和化学。且涵盖的学段从小学、初中、高中到大学,适合化学、物理、生物、数学和教

育技术等学科教师使用,融合到常规教学中^[2]。

在教学过程中进行模拟实验有助于促进学生的概念理解,学生看待模拟实验就像科学家看待他们的实验一样,模拟实验为学生提供了一个探究机会来历经科学概念构建的过程,并且挑战、纠正和增加学生对于世界如何运作的理解^[3]。学生通常会对模拟实验产生较强的兴趣,依据学生经验设计恰当的模拟实验,能够将学生的注意力吸引在基本的科学现象和概念上。在 PhET 模拟中,视觉刺激和直接互动有助于解答学生的问题,并有助于发展学生的心智模型和对科学的理解。

二、大概概念的内涵

布鲁纳认为掌握一个学科的结构是理解这个学科的重要方式,学习的实质是学习事物相关性,他强调了一般观念是构建在基本概念和原理之上的,为学习者在未知领域中思考 and 解决问题提供了重要的支持^[4]。奥苏伯尔强调了有意义学习的重要性,学习者使用已有的认知结构来理解新信息,将新知识融入原有的知识体系,更新和扩展认知结构,上位概念和下位概念,为理解新信息提供了基础^[5]。布鲁纳与奥苏伯尔所提出的理论都已蕴含了“大概概念”的内涵。在教育领域,不同学者对于大概概念有不同的表述,在《追求理解的

教学设计》一书中，威金斯与麦克泰最早对“大概念”进行了系统阐述，威金斯等提出大概念不仅仅是一种事实或抽象的概念，还有一种可以强化思维的概念工具，能将不同的知识碎片联系在一起，让学生能够进行迁移和运用^[6]。哈伦基于科学教育的角度，也提出了“大概念”是指有结构、有联系的科学核心概念和模型^[7]。

珀金斯提出大概念不仅能够连接学科内的知识，还能够将学科知识与现实生活联系起来，为学生未来的真实世界应用奠定基础^[8]。大概念的迁移价值要体现在走出学校后，与生活实际紧密相连，刘徽明确指出大概念是反映专家思维方式的观念、观念或论题，并强调它具有生活价值^[9]。因此，大概念是对某一学科领域内基础知识和原理的高度概括，更是连接知识点、构建认知框架和促进迁移应用的关键。

三、能量大概念的基本特征

能量大概念是科学知识概念中的核心概念，能够以网状结构连接不同领域的知识，类似于一个有序的文件夹，归档了各种能量相关的小概念，概念之间相互联结，并具备高度的迁移性，为学生提供理解和应用能量知识的框架^[10]。能量大概念具有迁移性，学习能量概念时应使其在不同情境和领域中灵活应用。

从认识论的角度来说，一些研究者指出，儿童对能量的认知遵循一个逐步发展的过程：首先，他们能够识别能量的多种表现形式，然后认识到不同形式的能量之间可以相互转化，最后理解能量是守恒的^[11]。郭玉英教授以核心概念的学习为导向，基于层次复杂性、知识整合等认知理论，提出了对科学概念理解和发展的层次模型，这个模型包含了经验、映射、关联、系统和整合五个层次，并依据这个模型，对能量、机械运动和力、电磁等各个层次的表现期待给出了一个系统的描述，也说明了能量概念发展具有进阶性^[12]。

从能量概念的本质来说，能量实际上是衡量物质每一种运动的量度，它是物质运动状态的主要表现形式，用以描述物质自身运动的强度以及物质间相互转化的能力^[13]。能量并非一个可以直接观察或感知的物理量，在科学教育中，能量概念需要通过具体的实验、观察和分析来帮助学生理解和掌握。因此，能量大概念还具有抽象性，理解和应用能量概念需要具备一定的抽象思维能力和实际经验的积累。

四、PhET 虚拟实验的设计

（一）确定预期结果

1.《义务教育科学课程标准》关于“能量”的内容要求科学课程设置了13个学科核心概念与4个跨学科概念，对“能量”的学习主要体现在“能的转化与守恒”和“物质与能量”这两个概念中。课标对能量概念的学习进行了划分，其核心概念下包含能的形式、转移与转化、能源与可持

续发展三个次级概念，并明确规定了各年级阶段对能量概念的内容要求。

2. 学情分析

六年级学生具备一定的逻辑分析与自主实践探究能力，依据皮亚杰的认知发展理论，此阶段的学生处于具体运算阶段向形式运算阶段的过渡期，当儿童进入形式运算期时，他们的思维开始摆脱具体事物的限制，能够进行抽象思维。虽然六年级学生已经具备了一定的逻辑分析与自主实践探究能力，但思维仍然受到具体事物的限制。在进行能量转化的教学时，教师需要采用具体、直观的教学方法，如实验演示、模型制作等，结合虚拟实验引导学生逐步从具体思维向抽象思维过渡。通过以上分析，确定预期结果：（1）能够认识到自然界中处处存在能量，能识别并列举出常见的能量形式。（2）能够理解不同形式能量的转化过程，熟练运用能量的知识解释生活现象和解决实际问题。

3. 虚拟学习体验

在实际探究活动课程的基础上，运用 PhET 互动式仿真程序进行总结，PhET 中能量板块由两部分选项卡组成，分别是能量介绍和构建自己的能量转化系统两个实验，在这里主要运用能量转化系统。如图1所示，该板块屏幕下方分为三个功能区，分别代表能量来源、能量转化器和能量的去处。其中能量来源包括人体的化学能、水流的机械能、太阳能和热水壶的热能与机械能，能量转化器包括发电机和光伏板，能量的去处是指加热水、点亮灯泡、扇叶转动。右上方是能量形式图例，不同颜色的E字符号表示不同的能量形式，通过点击不同的工具，选中能量符号后，物品上会显示出他们各自蕴含的能量符号，可以看到各种工具运转后的能量转化过程。例如点击第一个方框中的水管，然后点击第二个方框中的发电机涡轮，最后点击灯泡，就可以直观地看到装置中能量的传递及转化的整个动态过程。

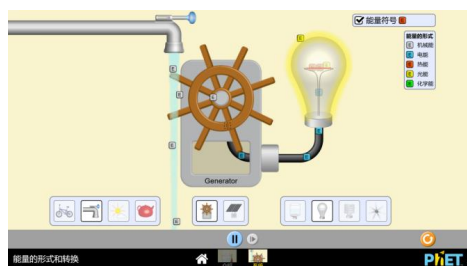


图1 PhET 互动式仿真程序能量转化界面

五、结语

大概念教学强调将学科知识与现实生活联系起来，使学生能够将所学知识应用于不同的情境和领域。大概念中包括基于日常生活和日常感知为主形成的“常理型概念”，它们常与具体的物体、事件或情境相关联，具有直观性和形象

性,也就是具体概念。除此之外,大概念中还包括基于经验现象背后的规律或原因形成的“学理型概念”,也就是抽象概念,它们超越了具体的物体和情境,无法直接观察,需要具体经验的基础上,通过概括、归纳和推理等思维过程,才能建构出抽象概念^[14]。大概念教学强调抽象大概念的建立,在教育神经科学领域中,大概念的学习机制属于高通路迁移,走具体→抽象→具体的路径。而高通路迁移实际上是在塑造强有力的神经网络,塑造的网络越多,越灵活,处理信息的效率越高,因此大概念不容易被遗忘,小概念容易被遗忘^[15]。

具身认知理论认为抽象概念的建立需要感知经验作为基础,通过情景模拟或隐喻与感知经验发生联系。因此在构建能量这一抽象概念时,需要使感知经验与隐喻建立联系,而视觉表征在抽象概念的隐喻中发挥着重要作用^[16]。教育神经科学领域的研究发现,视觉是人类最强大的感官通道,擅长于感知情境,能够促进大脑对于语言的理解。人对视觉信息的加工是通过后脑的枕叶进行的,对视觉信息的加工预处理的过程十分复杂,通过把文字信息转换成“视觉”的形式,可以极大地提高学生的理解效率和理解的准确性。在教学中采用“可视化”方式(比如图像、图表、视频等)能够显著提升教学效果^[17]。

PhET将“能量”这一抽象概念转化为视觉信息,并且操作方便,反馈及时,以互动式动画的形式展现能量传递与转化的过程,并与实际情境建立联系,帮助学生突破思维障碍,极大地提升学习效率。但PhET平台只提供仿真模拟实验,并不能完全取代真实的探究实验,对学生的实验操作能力没有促进作用,也无法为学生带来感性体验。因此,本设计将虚拟实验与实际实验进行优化整合,学生在实验探究过程中获取感知经验,虚拟实验帮助学生将感知经验与视觉表征建立联系,帮助学生在头脑中完整构建能量这一抽象概念。

[参考文献]

[1]中华人民共和国教育部.义务教育科学课程标准(2022年版)[S].北京师范大学出版社,2022.

[2]Wieman C.E, Admas W.K, Perkrns K.K.PHYSICS PhET: Simulations That Enhance Learning[J/OL]. Science, 2008, 322(5902): 682-683.

[3]Banda,H.J,Nzabahinama J. Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literat

ure[J/OL]. Physical Review Physics Education Research, 2021, 17(2): 023-108.

[4]Bruner,J.S. The Process of Education 1M . Cambridge ,MA:Harvard University Press,1960.11-21.

[5]戴维·保罗·奥苏贝尔.意义学习新论:获得与保持知识的认知观[M].杭州:浙江教育出版社,2018.

[6]格兰特·威金斯,杰伊·麦克泰格.追求理解的教学设计[M].上海:华东师范大学出版社,2017.

[7]温·哈伦.科学教育的原则和大概念.[M].韦钰译.科学普及出版社,2011.

[8]戴维·珀金斯.为未知而教,为未来而学[M].杭州:浙江人民出版社,2015.

[9]刘徽.“大概念”视角下的单元整体教学构型——兼论素养导向的课堂变革[J].教育研究,2020,41(06):64-77.

[10]李刚,吕立杰,杨曼.科学教育中的能量大概念:内容释义、哲学内涵与课程设计[J].首都师范大学学报(社会科学版),2020,No.256(5):159-171.

[11] Neumann K, Viering T, Boone W.J. Towards a learning progression of energy[J]. JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING, 2013, 50(2): 162-188.

[12]郭玉英,姚建欣.基于核心素养学习进阶的科学教学设计[J].课程.教材.教法,2016

[13]王维臻,王磊.跨学科概念“能量”的含义和3种认识框架[J].化学教育(中英文),2020,41(23):40-45.

[14]王强,李松林.大概念教学设计的三个框架[J].教育科学研究,2022,(09):55-60.

[15]Gallese, Vittorio, George Lakoff. The Brain's concepts: the role of the Sensory-motor system in conceptual knowledge[J].Cognitive neuropsychology, 2005(3): 45-79.

[16]张思涛,方杰,林文毅,等.抽象概念表征的具身认知观[J].心理科学进展,2013,21(3):429-436.

[17]王珏.新领域、新方向:“知识可视化”的解析与应用——基于脑科学的视角[J].广西职业技术学院学报,2021,14(01):49-56.

作者简介:

续双宇(2000.7-),女,汉族,山东省济宁人,硕士,研究方向:科学与技术教育