

编者按: 信息技术不仅是中小学生学习的内容, 更是他们开展研究性学习的工具和手段, 基于信息技术构建的数字化探究实验室让学生的科学探究活动变得直观、精确, 在一定程度上为学生“做科学”提供了条件, 体现了数字化探究实验室相对于传统实验室的优越性。本期的“数字化探究实验室”就是对各方面问题的反映。当然, 一种新的事物从进入到校园到进入教室, 直至走进教师们和学生的心里必然需要一个或长或短的过程, 在这个过程中您有哪些实践与思考? 本刊将继续关注相关的研究, 欢迎您的参与。

新课程背景下的数字化实验室 及其在中学理科教学中的应用

蒋永贵, 吴俊明

(上海师范大学 生命与环境科学学院, 上海 200234)

摘要: 数字化实验室作为一种新型课程资源, 以学生的真实实验为基础, 实现了信息技术与中学理科课程的有效整合, 对当前的教育变革起到了一定的指引作用。基于数字化实验室的中学理科教学在常规教学创新、传统实验改进、科学探究深入等方面具有良好效果, 同时, 数字化实验室应用于中学理科教学也面临着一些挑战。

关键词: 新课程; 传感器; 数字化实验室; 中学理科教学

中图分类号: G434 文献标识码: A

随着信息技术的飞速发展, 国家基础教育课程改革的稳步推进, 以及欧美等发达国家将数字化实验室应用于理科教学的积极影响, 我国新一轮中学理科课程改革对信息技术尤其是基于传感器的数字化实验室与课程整合提出了明确要求。2003年新公布的《普通高中物理课程标准(实验)》(以下简称《标准》)对信息技术与物理课程整合提出: 信息技术要进入物理实验室, 即重视将信息技术应用到物理实验室, 加快中学物理实验软件的开发和应用, 诸如通过计算机实时测量、处理实验数据, 分析实验结果等。^[1]又因传感器是当今生活和生产中各种测量、控制所不可缺少的元器件, 《标准》还首次提出“了解常见传感器及其应用, 体会传感器的应用给人们带来的方便”的要求, 同时在选修模块中将其作为一个独立的二级主题供学生学习。随后, 2004年公布的《上海市中学化学课程标准(试行稿)》要求当前中学化学教学“推行在化学实验中使用图形计算器或掌上电脑(掌上实验室)和传感器技术, 并应用于课堂教学之中, 特别是应用于研究性学习之中”; “在化学实验教学中, 采用模拟实验, 提高实验教学效果; 引入数字化传感器技术, 革新中学化学实验的内容, 拓展实验方法, 节省实验时间”。^[2]

由此, 一种基于传感器和计算机(或图形计算器)的新型实验教学模式——数字化实验室应运而生。据不完全统计, 2006年4月在温州召开的第51

届中国教学仪器设备展示会上, 就有多达100家企业参展数字化实验室。这也充分表明数字化实验室开发速度之快、潜在教育价值之大。结合近年来在大学和中学进行的基于传感器的中学理科实验教学实践, 利用中学理科新课程改革的契机, 我们对数字化实验室及其在中学理科教学中的应用做了积极并富有成效的探索。

一、基于传感器的数字化实验室建设

1. 传感器的发展、组成及分类

传感器是新技术革命和信息社会的重要技术基础, 是现代科技的开路先锋。美国早在上世纪80年代就声称世界已进入传感器时代, 日本则把传感器技术列为十大技术之首。甚至, 日本工商界人士声称“支配了传感器技术就能够支配新时代”。^[3]随着信息技术的迅猛发展, 曾经主要用于高精尖领域的传感器现已广泛地深入我们的日常生活。譬如, 电子台秤的核心技术是压力传感器, 超市收银员用光电传感器对准条形码获取信息等。

根据中华人民共和国国家标准(GB7665-87), 传感器(Transducer/Sensor)被定义为: 能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置。目前人们常根据其功用, 将国标中的定义具体化: 传感器是把所感受到的非电量信号(如物理量、化学量、生物量等)转换为电量信号的器件。数

数字化实验室中常见的传感器一般由敏感元件、转换器件、测量电路(也叫转换电路)三个部分组成,敏感元件直接感受被测非电量信号;转换器件将敏感元件输出量转为适于传输和测量的电信号;测量电路,将转换器件输出的电量信号变为便于显示、记录、控制和处理的有用信号。比较简单的传感器仅由一个敏感元件(兼转换器件)组成,它感受被测非电量信号时,直接输出电量信号,如电热偶;有的传感器仅由敏感元件和转换器件组成,没有测量电路,如光电池、光电管等;还有的传感器,测量电路不只一个,要经过若干次测量转换。

传感器种类繁多,基于不同视角有多种分类方法。依据工作原理,可分为电阻式、电压式、热电式、光电式、电感式传感器等;依据输出信号的性质,可分为数字式、模拟式传感器。就中学数字化实验室建设而言,我们建议依据输入科学量分类,如温度、PH、CO₂ 气体、运动(含位移、速度、加速度)、转动、肺活量、力、光强、超声测距、电压、电流、声音传感器等。按此分类的优点在于能够明确表达传感器的用途,便于中学生“做科学”时选用。

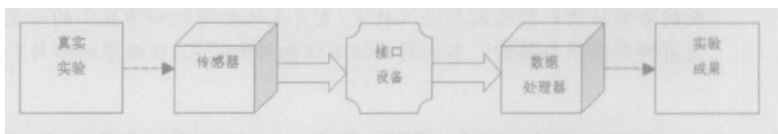
2. 数字化实验室的内涵及组成

数字化实验室作为一种新型实验教学模式,在我国中学理科新课程改革背景下破土而出。据悉,全国首个中学数字化实验室于 2004 年落户于天津一中,是该校与教育部教学仪器研究所共同开发的。其实,数字化实验室并非新生事物,欧美等发达国家很早就将其应用于中学物理、化学、生物等理科的教学。

那么,何谓数字化实验室?从近几年国内外数字化实验室的发展看,“数字化”的内涵就有一个历史嬗变过程,即随着当代科技的发展有着不同的理解和实践探索。早期,数字化实验室可谓是“大脑发达,五官不灵”。借助计算机先进的硬、软件技术,在科学教学上的使用仅局限在计算机“模拟”实验方面。譬如,用计算机展示虚拟实验、采集和分析实验数据、基于 Java 技术的探索式科学实验、在网上发布相关实验资料和信息等等。近年,随着“电五官”——传感器技术的发展,以及中学理科新课程改革的基本理念 and 目标要求,现代数字化实验室建设力争做到“大脑发达,五官敏捷”。因此,新课程背景下的数字化实验室是以真实实验为基础,通过“电五官”即各种传感器替代传统的仪表,将采集到的实验数据通过接口设备交由数据处理器(如计算机、图像计算器、掌上电脑等),经过分析处理,从而能够更加清晰、明确地展示现象,揭示科学规律。的确,数字化实验室既是对理科传统实验教学的有效补充,又是理科传统

实验教学的变革。

数字化实验室是一个主要由传感器、接口设备和数据处理器组成的多功能测量系统,系统运作模式如下图所示。系统各组件功能说明:传感器用来快



速、高精度适时采集科学实验中各种变化科学量数据;接口设备主要接受来自传感器的数据并输入计算机,能够同步记录模拟和数字信号,具有极高的采样率;数据处理器是整个数字化实验系统的核心,具有数据采集、计算、分析及实验结果展示等功能。一般而言,数据处理器都具有智能工具、曲线拟合、计算器、选定统计、坐标变换、设置值、任务清除、数据/图形、智能仪器显示等功能。例如,“曲线拟合”可以实现从最基本的线性拟合到自定义拟合;“数据/图形”可用来存储、编辑、打印,并可转存为 Excel/Word 文档进行处理,方便学生完成实验报告。此外,配合局域网以及开发好的教育测评软件,还可以实现实验教学中师生的良好互动以及对学生实验能力的有效评价。

3. 数字化实验室的主要特征

由上不难看出,数字化实验室具有如下三个突出特征:

一是智能性。在一定意义上说,数字化实验室就是一个智能型实验室,其智能性特征基本贯穿整个科学实验过程。譬如,智能工具能够显示数据点的坐标,测量真实的数据点而不是像素点,精确测量任何两点的距离等;虚拟仪器仪表(如示波器/FFT/电压电流表)可同步显示真实数据等。

二是开放性。根据教学的实际需要,数字化实验室既可用于演示实验,也可进行学生实验;既适用于必修模块,也可作为选修模块;既可课堂教学使用,也可用于综合实践活动。因此,数字化实验室是一个开放性的实验平台,既表现为时空的开放性,也表现为教学内容、教学方式的开放性。

三是整合性。学生能否适应当今知识和信息爆炸的社会,是否具备完整的信息处理能力将尤为关键。而以传感器为主的数字化实验室仍以学生的真实实验为基础,很好地抓住了信息处理的三个重要环节(采集、处理和表达),从而有效实现了信息技术与理科学科的整合。

二、数字化实验室应用于中学理科教学的层次

作为我国中学理科教学的新生事物,以及笔者

近两年的教学尝试,数字化实验室应用于中学理科教学深受学生欢迎,并赢得了同行认可,初步突显出其较强的教育功能,有利于中学理科新课程的推进。通过对教学实践的跟踪分析,基于数字化实验室的中学理科教学在常规教学创新、传统实验改进、科学探究深入三个应用层次上具有较好的教学效果。

1. 常规教学创新

常规教学如何创新?或者说,常规教学创新的基点在哪里?这不得不促使我们先了解科学的本质观。近代科学的奠基人伽利略曾经指出,经验和推理是科学赖以建立的两根支柱。由此,科学中有两种思维方法:一种是由培根提出并由伽利略卓有成效运用了归纳方法;另一种是笛卡尔在指导自己思维活动时自觉运用的演绎方法。的确,演绎法和归纳法是科学认识的根本方法,同时也是中学理科教学的重要方法。前者强调从一般到特殊,由定义、定律、定理等出发一步步递推,逻辑严密结论可靠,且能体现事物的特性;而后者注重从特殊到一般,由现象出发探索众多事物的根本规律,且能体现事物的共性。两种方法虽都有自己的优点,但其不足也很明显:演绎法缩小了范围,使根本规律的作用得不到充分的展现;归纳法容易存在不完全归纳的问题。孰优孰劣,难有定论。又因科学知识本身的客观实在性,所以,常规教学创新的基点在于探索科学的方法。

杨振宁先生通过比较中美科学教育发现,在中国传统的教育体制下,中学甚至大学科学教学普遍使用的是演绎法,而美国则更注重归纳法。究我国学生容易忽视归纳法原因,除了传统文化尤其是老庄思辩哲学影响外,恐怕归纳法教学的耗时性和现代教学手段的落后性之间矛盾也应是原因之一,使得一些中学教师对应用归纳法教学望而却步。而数字化实验室因其强大的实验现象展示和数据处理功能,可以大大提高教学效率和质量,应用于中学理科教学恰好可以弥补这一缺憾。例如,动能定理的传统教学大都采用演绎方法,即利用牛顿第二定律和匀变速直线运动公式推导出一个合乎逻辑的动能定理。事实上,演绎教学法运用不当,往往成为“灌输式”教学,学生处于被动地位,不利于素质教育的实施。如果从启发式的归纳法思想出发,创设一定质量物体自由下落、沿斜面下滑等问题情境,启发学生借助数字化实验室(运动传感器可以测量任一时刻的速度和位移;计算机软件可以创建动能和功的计算公式)探索物体受力做功和动能变化的关系,最后再让学生自己根据已有知识来演绎所归纳的结论。这样的教学不但可以使学生应用两种方法的能力都得到发展,还让学生体验到了“做科学”的探究过程,非

常符合新课改的基本理念。

由此,为实现学生科学素质的培养,促进学生的全面发展,科学教育中的常规教学创新具体表现为演绎和归纳两种方法的融合。

2. 传统实验改进

如果说常规教学创新层次不过是借助于数字化实验室进行的理科教学“变式”,那么,传统实验改进层次则是充分发挥数字化实验室的“特色”。其实,数字化实验室如何更有效地应用于中学理科传统实验改进,关键要回答好如下问题:

(1) 传统实验难以深入的困难是什么

传统中学理科实验,一般都是靠学生的肉眼观察实验现象、手脑记录和处理数据,其局限性显而易见。归纳一下,传统理科实验主要遇到三个方面的困难:一是细微科学过程难以捕捉。长期以来,科学实验仍然是传统设备、陈旧技术、老套方法。在这样的实验环境中,很多实验现象靠肉眼是来不及观察或者根本观察不到,即使能够读数,也可能数据处理繁琐,容易造成较大误差,从而给实验的进一步分析、处理带来困难。二是定性科学实验难以量化。定性实验主要检测研究对象的性质及组成成分,而定量实验是在定性研究的基础上,进一步测定各组成成分的数值及其之间的数量关系。由此看出,定性实验是定量实验的基础,定量实验是定性实验的深化,二者有着密切关系,只有当定性实验定量化,才可能了解物质的整体性本质,从而更科学地看问题、解决问题。三是抽象科学理论难以理解。抽象科学理论的理解,要求学生具有较强的抽象思维能力。实际上,大多数学生的抽象思维能力较低,这也是中学生感觉科学尤其物理学科难学甚至厌学的原因之一。

(2) 运用数字化实验室如何进行改进

针对中学理科传统实验改进遇到的上述困难,数字化实验室依靠其独有的功能和优势,能够分别给予解决。

一是实验过程“可视化”。传感器和计算机组成的数字化实验室可以检测信号量的微小变化和瞬间变化,并能以数字、图像、表格、视频等多种形式呈现给学生,从而使科学实验的研究范围大大扩展、形式更加多样。例如“酸碱中和滴定”实验,传统方法常会由于人为因素比如加液、振荡、读数不恰当等,从而造成未知溶液浓度的标定误差。而借助数字化实验室中的PH传感器、滴数传感器以及计算机,可以很好控制滴定的终点时刻($\text{PH}=7$),从而改进实验。

二是定性实验“定量化”。定性实验能否进一步深化,受实验技术的制约。数字化实验室为定性实验的“定量化”研究提供了很好帮助,有利于学生理解

科学的本质。譬如,按照传统实验方法对静电力大小进行定性研究,会遇到像两小球不易带电、带电后放电较快、偏离竖直方向的角度不易观察等困难。若借助电流传感器,将会带来非常理想的实验效果。所以,数字化实验室能够支持学生在实验中进行定量测量,特别是测量传统实验设备难以测量的变量,使学生积极参与到以观察和实验为主的探究学习中。

三是抽象问题“直观化”。数字化实验室抽象问题“直观化”功能不仅有利于学生对实验现象的观察,还方便学生对实验数据的处理,从而可以提高实验的效率和质量。动力学中的超重失重虽是生活中的常见现象,但由于超重失重发生在物体变速运动过程中,按照传统实验方法,只能用弹簧测力计测量压力的变化。显然,变速运动过程中是很难读出弹簧测力计示数的,所以学生无法看到该过程中的压力变化情况,更别提记录数据了。而借助力传感器和运动传感器能够在同一界面直观显示 $F-t$ 和 $a-t$ 图像。根据图像不仅可以直观理解超重失重的内涵,还可以探索超重失重与加减速运动的关系。

3. 科学探究深入

科学探究教学既是一种教学模式,也是一个创造性的活动。它以探索、研究科学规律为出发点,以学生的实验活动为中心,以培养学生的探究能力为目标,最终实现学生的全面发展和个性张扬。在数字化实验室的支持下,科学探究教学可以更加深入、发挥更大作用。为了让学有所长的学生更充分地发展,以便进一步提高学生的实验素养,增强学生的创新意识,发展学生的自主学习能力和独立研究能力等,我们建议有条件的学校开设校本课程《基于数字化实验室的科学探究》,以便于整合学校各方面的资源,充分发挥各类传感器的作用,培养学生的科学精神和探究能力。数字化实验室应用于科学探究学习,可以使学生亲自体验“做科学”的探究过程,这样更能体现学生的主体性,增加学生的参与度,既有利于学生基本知识技能的获得,又有利于培养学生的科学态度、实践能力和创新素质。

三、数字化实验室应用于中学理科教学面临的挑战

数字化实验室作为我国中学理科新课改下的一种新型教学模式,正挑战着传统的实验教学模式。而实践中发现,其自身在应用于中学理科教学时却也面临着一些挑战:

1. 基于数字化实验室的教学效果如何评价

毋庸置疑,数字化实验室对转变学生的学习方式、提高实践能力、培养创新精神等方面是值得肯定

的。但相比传统实验教学,基于数字化实验室的实验教学效果究竟有多好,这是一个值得思考和研究的问题。因为对这一问题的回答,直接涉及到下述两个挑战的解决。

2. 数字化实验室与传统实验如何统筹兼顾

数字化实验室侧重学生体验“做科学”的过程以及思维能力的培养,而传统实验更重视实验过程的操作规范以及实验现象的细致观察,两者各有优势。显然,理想的教学追求二者的有机融合。然而实际情况是,因研究课题、实验技术和教学时间等的限制,两者难以兼顾。因此,数字化实验室与传统实验如何统筹兼顾,这不能说不是一个挑战。

3. 数字化实验室建设的经费从何处筹集

一套完整的数字化实验室设备,一般都要几十万甚至上百万元的资金投入,这对于我国的中学来说的确是一笔巨大的数目。目前,就是东南沿海地区的大多数城市中学都望而却步,更别提西部农村中学了。因此,仅从经费投入看,数字化实验室面向每个孩子的道路可谓是“路漫漫其修远兮”。

问题尚还存在,但我们应坚信,数字化实验室的发展不仅是教学形式和学习方式的变革,而且会对当前的教育思想、观念产生深刻影响。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准[M].北京:人民教育出版社,2003.64.
- [2] 上海市教委.上海市中学化学课程标准(试行稿)[M].上海:上海教育出版社,2004.63.
- [3] 吴向东的 Blog.传感器在信息社会中的地位[DB/OL]. <http://www.cersp.net/userlog/9179/archives/2006/35864.shtml>.

收稿日期:2006年8月20日

责任编辑:朱广艳