

中国美国基础教育物理课程标准比较

马世红^{1,2} 蒋平^{1,2}

(¹复旦大学物理学系; ²上海市物理教育教学研究基地, 上海 200433)

摘要 本文具体以美国俄亥俄州为例分析, 比较中美两国基础教育物理课程设置及课程标准, 包括教育背景介绍、课程标准比较以及此类比较研究带给我们的启示。

关键词 课程设置; 课程标准; 比较研究

COMPARISON BETWEEN CHINESE AND AMERICAN PHYSICS CURRICULUM STANDARD

Ma Shihong^{1,2} Jiang Ping^{1,2}

(¹ Department of Physics, Fudan University, ² Shanghai Center for Physics Education and Teaching Research, Shanghai 200433)

Abstract With Ohio State as a typical example, a comprehensive comparison between Chinese and American physics curriculum standard for high and primary schools is presented. Basically the paper consists of three parts: education background, curriculum standards, and the inspiration that we can draw from such comparative study.

Key words physics curriculum; curriculum standard; comparative study

近几十年以来, 美国的基础科学教育研究在国际上处于领先地位, 多次大规模的科学课程教学改革均在世界范围内产生了较大的影响。美国的基础教育与我国有很大的差异, 前者没有全国统一的课程标准, 而是由各州教育主管部门组织力量分别制定。本文具体以美国俄亥俄州为例分 3 个部分比较中美两国中、小学物理课程的设置和课程标准, 即中小学基础教育背景、课程标准比较以及此类比较研究带给我们的启示。

1 美国俄亥俄州中小学教育背景介绍^[1,2]

美国是一个文化多元、经济高度发达的国家, 基础教育在社会经济发展中占据着非常重要的地位。联邦政府高度重视教育的改革和发展, 建立了比较完备的教育管理体制和相应的政策法规体系。其教育管理结构分为 4 级: 联邦政府教育部、

州政府教育部、学区和学校。联邦政府主要通过教育立法、经费援助等保障性措施对教育实施宏观调控, 而各州政府则拥有对本州教育事业制定规划、组织实施、具体指导的权力和责任, 具体的教育管理权交由地方教育局。美国把办好中小学校的权力直接交给了校长, 办学模式多样、灵活, 特色突出、显著, 几乎没有雷同的学校。

美国中小学教育的主要目的在于发展每个孩子的个性和才能, 培养他们的生存和生活能力, 不但要求学生掌握教师传授的知识, 而且更注重培养学生的学习能力、动手能力、解决问题的能力 and 独立思考的能力, 让孩子们最大限度地发挥自己的想象力和创造力。

美国的义务教育为免费教育。由于各州的经济状况不同, 各州的义务教育年限也是不相同的。短的有 8 年, 长的有 12 年, 且以 12 年较为普遍 (如俄亥俄州、密歇根州等)。其义务教育阶段包

收稿日期: 2017-03-08

作者简介: 蒋平, 男, 教授, 长期从事固体物理的教学和理论研究, 复旦大学物理学系课堂教学督导组组长, pjjiang@fudan.edu.cn。

引文格式: 马世红, 蒋平. 中国美国基础教育物理课程标准比较[J]. 物理与工程, 2017, 27(5): 15-27.

括学前、小学、中学。所以,美国 1996 年颁布的《国家科学教育标准》和 2013 年颁布的《下一代科学教育标准》均是针对幼儿园到 12 年级(即所谓 K-12)制定的。12 年的中小学学习阶段的划分则因地制宜,灵活多样,各有特色,没有硬性的规定。大致有以下几种不同的类型:“六三三制”,即小学六年、初中三年、高中三年;“六二四制”,即小学六年、初中二年、高中四年;“五三四制”,即小学五年、初中三年、高中四年;“四四四制”,即小学四年、初中四年、高中四年;“六六制”,即小学六年、中学六年;“八四制”,即小学八年、中学四年。

美国的初、中等教育系统包括公立学校与私立或教会学校两种类型。在初、高中阶段,各有大约 10% 的学生就读于私立或教会学校。美国的公立学校在学校系统中占绝对优势,公立学校系统是保证美国教育平等的重要支柱。

美国联邦政府规定中小学必须开设 7 门核心课程,即数学、英语、科学、历史、地理、外语、艺术。除此之外,小学还设有其他一些辅助课程,中学还设有许多与生活实际非常贴近的选修课程。

美国联邦政府制定的国家课程标准只是框架性的,并不具体,科学教育标准也是指导性的。美国的中小学课程设计是由各州教育委员会、学区教育委员会和学校三级一体化的教育机构分层进行的,州政府制定中小学课程的最低标准,学区教育委员会根据此标准和本地的实际情况制定本学区中小学课程方案,包括科目的增设、内容的补充和课时的具体分配,可以高于州定最低标准。各学校则依据州政府和学区的要求,结合本校实际,予以必要的补充和调整,甚至可以由教师本人自行决定,进而形成本校的课程结构。所以,各州、各学区、各校的课程设置有同有异,课程类型多种多样。各级教育标准既有相对的统一性,又保持了地方特色。这使得各地各校的课程设置能基本符合本地本校的实际。

美国的中学一般指 6 年级到 12 年级这个阶段,包括初中和高中。按类型划分,美国中学分为普通中学、职业中学和特科学学校。普通中学是美国最主要的中学类型,一般为综合性的中学。普通中学具有 3 种职能:一是为所有学生提供普通教育,二是为大多数学生提供职业教育,三是为有需要的学生提供升学准备教育。美国的中学课程总体上分为必修课和选修课两种形式,必修课即国家规定的数学、英语和科学等几门主要核心课

程;而选修课的内容则非常广泛,既有为准备进入大学而设置的学术类选修课,如基础数学、实用数学、计算机等;也有为学生准备就业而设置的职业类选修课,如建筑设计、机械制造、绘画、乐器等;还有各种各样的生活类、休闲类选修课,如家政、购物、驾驶等。

下面以俄亥俄州的课程设置为例,说明其高中的课程设置情况。

俄亥俄州的幼小阶段是 K~4 年级,初中阶段是 5~8 年级,高中阶段是 9~12 年级。其中,俄亥俄州高中阶段要求学生获得 16 个必修学分。对此,不同州的要求也是不统一的,例如:密歇根州则要求 18 个必修学分。表 1 给出俄亥俄州和密歇根州高中毕业学分的具体比较^[1,2]。

表 1 俄亥俄州和密歇根州课程高中毕业学分要求比较

课程设置	俄亥俄州	密歇根州
英语语言艺术	4 文学、写作、演讲	4 英语语言艺术(9 年级~12 年级)
数学	3 代数 I、代数 II、几何学、三角学、微积分、统计	4 代数 I、代数 II、几何学、其他数学课程
科学	3 生物学、物理或化学、地球/空间科学	3 生物学、物理或化学、地球科学
社会研究	3 美国历史、美国政体、世界历史或地理、经济、其他	3 社会、经济、美国历史和地理、世界历史和地理
外语	2	2
视觉、表演艺术	1	1
体育教育与健康	/	1
小计	16	18

俄亥俄州从幼儿园到中学统一开设科学课程,没有单独开设物理分科课程。物理学科包含在科学课程中的物质科学部分,与生命科学以及地球与空间科学共同构成科学课程。科学课程按照年级划分,即幼小阶段 K~4 年级,初中 5~8 年级,高中 9~12 年级。表 2 中列出了 K~8 年级的科学课程中与物理相关的学习内容^[1]。

表 2 俄亥俄州 K~8 年级科学课程内容

	年级	年级水平的学习主题	具体内容描述	阶段水平的主题要求	科学探究和应用
小学阶段	幼儿园	日常物品和材料的性质	有生命和无生命的东西均有特殊的物理性能,可用于排序和分类。如:空气和水的物理性质可以适用于天气及其预报	观察周围环境: 这个主题的重点是利用科学探究方法,帮助学生培养系统发现的技能,以便深入地理解他们周围自然世界的科学	在幼儿园到 4 年级期间,所有学生必须培养下列能力: • 对自然环境观察和提问; • 设计(计划)并进行简单的研究(调查); • 使用简单的设备和工具来收集数据和延伸视角; • 使用适当的数学且借助数据构建合理的解释; • 交流(沟通)相关的观察、研究和解释; • 评论和提问别人的观察和解释
	1 年级	运动和材料	能量可以通过运动、加热、冷却和生物的需求来观察		
	2 年级	运动的变化	有生命和无生命的东西可以运动。一个运动物体有能量。如:空气移动是风能,而风能又可以让风车转动		
	3 年级	物质和能量形式	物质构成了地球上的所有物体。物质具有特殊属性,且以不同的物质状态存在于地球,可以生物形式存在,也可以其所包含能量形式存在。同时,有许多不同形式的能量存在		
	4 年级	电、热和物质	热能和电能是能量的形式,且可以从一个地方转移到另一个地方。物质具有使热量和电能传递的属性	系统内部的相互联系: 这个主题的重点是利用科学探究方法,帮助学生探索各种系统的成份,然后研究系统内部动态和可持续发展的关系	在 5 年级到 8 年级期间,所有学生必须培养下列能力: • 通过科学研究,识别可以回答的问题; • 设计和开展科学研究; • 使用适当的数学、工具和技术来收集数据和信息; • 分析和解释数据; • 开发描述、模型、解释和预测; • 思辨(批判)性和逻辑性思维,以便关联证据和解释; • 确认和分析选择性的解释和预测; • 交流(沟通)科学的程序和解释
初中阶段	5 年级	光、声和运动	周期运动,比如那些发生在光和声的运动,导致描述模式。速度是对运动的测量。速度的变化涉及力和质量。能量的转移驱使系统发生改变,包括生态系统和物理系统		
	6 年级	物质和运动	所有的物质是由称为原子的微小颗粒所组成。物质的属性均是基于原子和分子的排列和组织所决定。细胞、矿物、岩石和土壤都是物质的例子		
	7 年级	质量和能量守恒	当系统内与系统之间发生相互作用时,系统可以交换能量和/或物质。系统以可观察和可预测的模式来循环物质和能量		
	8 年级	力和运动	通过分析系统组成部分的相互作用,系统可以被描述和理解。能量、力与运动结合可以使系统的物理特征改变		

高中阶段(9~12 年级)科学课程要求获得 3 个学分(见表 1),包括 1 学分的生物学,1 学分的物理或化学,1 学分的地球与空间科学,且并未限制在哪个年级学习哪门学科。从课程的要求来看,物理学科在高中的科学课程中并非必修科目,俄亥俄州的学生在高中阶段可以选择不学习物理。

针对科学课程,2011 年俄亥俄州制定了相应的科学课程标准(修订版)《俄亥俄州科学教育标准和示范性课程》(Ohio Revised Science Education Standards and Model Curriculum)^[1]。这是一份综合的科学课程标准,将科学课程分为地球科学、物质科学(物理和化学)、生命科学 3 个部分,并分别为各个学科制定了相应的课程标准和示范性课程(分别以 K~8 年级和 9~12 年级两个部分来具体说明)。高中阶段的每个学科的学习内容如表 3 所示^[1]。

就物理学科的课程设置而言,俄亥俄州在中学阶段开设科学课程,由地球科学(地质学)、生命科学、物质科学、物理、化学、环境科学共同组成,其中物理是选修课程,学生可以选择不学习物理课程。而中国则是在初中阶段采用科学课程或分科课程,到高中阶段开设分科的物理课程,且至少需要学习两个共同必修模块和一个选修模块。

就课程内容及结构而言,俄亥俄州物理课程标准将高中物理内容分为 5 部分,每个部分对应一个一级主题,每个一级主题下列出若干二级主题(重要概念),并未规定每部分的学习时间。而中国采用的是模块化课程,共 12 个模块,分为 3

个系列,每个系列均有共同必修、必修和选修 3 部分。这是针对学习需求不同的学生而设置的,每个模块均规定为 36 个学时。

2 课程标准的比较

2.1 课程标准文本框架结构

课程标准的框架是课标文本的组织形式,体现了课程标准的主要内容和结构关系。先了解一下两个课程标准的框架结构有何异同。表 4 列出了中国和美国俄亥俄州高中物理课程标准文件的文本结构^[1-3]。

从框架涉及的主题上来看,中国物理课程标准可能更加全面些。与俄亥俄州物理课程标准相比,中国物理课程标准还突出了实施建议部分,包括教学、评价、教科书编写、课程资源利用与开发等建议。这些对于课程的实施有一定的宏观指导作用,而在俄亥俄州课程标准中并没有体现。

而俄亥俄州课程标准中较具特色的是利用较长的篇幅详细说明每个年级水平的内容细化部分,包括学习的期望(认知要求)、付诸实践的愿景(课堂上的例子)、教学策略和资源(常见错误、学习者的多样性、各类资源)等 3 个方面,这非常有利于一线的教师或读者更好地理解课程的内容标准和教学手段或方法。

2.2 俄亥俄州课程标准文本中认知需求的期望

表 5 和表 6 分别给出了俄亥俄州科学课程标准中的“学习认知需求”和“技术和工程设计的期望”的具体表述^[1]。

表 3 俄亥俄州高中科学课程学习内容

初级科学课程		高级科学课程			
物质科学	生物学	化学	环境科学	地质学	物理学
标准(在每个标准里的具体内容陈述的个数)					
P1 物质研究(5) P2 能量和波(5) P3 力和运动(3) P4 宇宙(3)	B1 遗传(5) B2 进化(2) B3 生命的多样性和相互依存(2) B4 细胞(2)	C1 物质的结构和性能(7) C2 物质的相互作用(4)	E1 地球系统:地球的相互关联领域(5) E2 地球的资源(5) E3 全球环境问题和议题(9)	G1 矿物质(5) G2 火成岩、变质岩和沉积岩(3) G3 地球的历史(1) G4 板块构造(3) G5 地球的资源(4) G6 冰川地质(1)	Ph1 运动(3) Ph2 力、动量和运动(7) Ph3 能量(5) Ph4 波(2) Ph5 电和磁(6)

表 4 中美高中物理课程标准文本结构

中国	美国俄亥俄州
<p>第一部分 前言</p> <p>一、课程性质</p> <p>二、课程基本理念</p> <p>三、课程设计思路</p> <p>第二部分 课程目标</p> <p>一、课程总目标</p> <p>二、课程具体目标</p> <p>第三部分 内容标准</p> <p>一、科学探究及物理实验能力要求</p> <p>二、共同必修模块</p> <p>三、选修模块</p> <p>第四部分 实施建议</p> <p>一、教学建议</p> <p>二、评价建议</p> <p>三、教科书编写建议</p> <p>四、课程资源利用与开发建议</p> <p>附录 1 物理实验专题</p> <p>附录 2 物理专题研修</p>	<p>概述</p> <p>愿景(理念)</p> <p>目标</p> <p>指导原则</p> <ul style="list-style-type: none"> • 科学定义 • 科学探究 • 21 世纪技能 • 工艺设计 • 技术和工程 • 内容的深度 • 国际基准测试 • 评估 • 标准和课程 <p>标准和示范性课程的格式和开发</p> <p>过渡期</p> <p>科学探究/学习周期(评估-实施-探索-解释-扩展-评估)</p> <p>对未来的愿景(科学集成“眼”)</p> <p>示范性课程的定义</p> <ul style="list-style-type: none"> • 学科内容“连接链” • (扼要的)内容表述 • 内容细化 • 学习的期望:认知要求 • 付诸实践的愿景:课堂上的例子 • 教学策略和资源(常见错误、学习者的多样性、各类资源) <p>表 1 俄亥俄州的科学认知要求</p> <p>表 2 技术和工程设计的期望</p> <p>科学模型的描述</p> <p>幼儿园至 8 年级的科学课程标准和示范性课程</p> <ul style="list-style-type: none"> • 年级水平的学习主题 • 幼儿园(地球科学、生命科学、物质科学) • • 8 年级(地球科学、生命科学、物质科学) <p>高中阶段科学课程标准和示范性课程</p> <ul style="list-style-type: none"> • 初级科学课程 <ul style="list-style-type: none"> • 物质科学 • 生物学 • 高级科学课程 <ul style="list-style-type: none"> • 化学 • 环境科学 • 地质学 • 物理学

表5 俄亥俄州的科学认知需求(对学习认知需求的期望)

与所有其他框架和认知需求的系统相比较,俄亥俄州的课程标准(修订版)系统在不同的类别之间有重叠。“牢记科学内容”包括在俄亥俄州的框架内,也是其他3个认知要求的一部分,因为科学知识需要学生们展示/演示科学素养。

认知需求	具体描述
利用科学概念,设计技术/工程的解决方案(T)	要求学生通过科学探究的应用,解决基于科学的工程或技术问题。在给定的科学约束之内,提出或评论(批判)解决方案,分析和解释技术和工程问题,运用科学原理预测技术或工程设计的效果,使用科学和工程或技术找到解决方案,考虑结果和备选方案和/或集成和综合科学信息
演示/展示科学知识(D)	要求学生利用科学探究,发展出与探究方式相关的思考和行动的能力,包括提出问题、计划和开展研究(调查),用适当的工具和技术来收集和整理数据,批判性和逻辑性地思考证据与解释之间的关系,构建和分析不同的解释,交流(沟通)科学的争论。(从国家科学教育标准稍微改变而来) 注意:过程性的知识(知道如何)则包含在牢记科学内容之中
解释和交流科学概念(C)	要求学生使用特定主题的概念知识,以及年级适合的科学术语,技术知识和数学知识,解释和说明事件、现象、概念和经历 使用丰富的调查情况(场景),清晰、专注和有组织地交流沟通真实的数据和有效科学信息
牢记科学内容(R)	要求学生提供出有关科学上正确的事实、概念和关系的准确表述。“牢记”只需要学生做记忆性的回答,知识陈述或一般的数学计算。这种认知需求指的是学生的科学事实、信息、概念、工具、过程(能够描述怎么)和基本原则的知识

表6 对技术和工程设计的期望

下面是期望各年级的学生在“使用科学的概念设计技术/工程解决方案”这一认知领域应能达到的技能的例子。这些技能补充了科学探究的能力,预计在K-8和高中阶段各年级结束时实现。

年级阶段	技术和工程设计的期望
小学阶段 (幼儿园~4年级)	识别问题和潜在的技术/工程解决方案 理解设计的过程(步骤)和故障诊断的作用 理解物质(物理)、信息及与生物相关技术的目标 理解物理技术如何影响人类
初中阶段 (5年级~8年级)	理解并能够选择和使用物理和信息技术 理解所有技术如何随着时间的流逝而发生改变 认识在设计过程中设计和测试的作用 应用研究、创新和发明,以解决问题
高中阶段 (9年级~12年级)	展示对人类、技术、工程和环境之间关系的理解 确定问题或需求,考虑设计标准和约束 在解决问题时,注重综合多个学科 在解决问题中,集成技术和工程知识和设计 应用研究、开发、试验和基于反馈的重新设计,以解决问题 构建、测试和评估模型或原型来解决一个问题或需求

2.3 课程标准内容主题的划分

课程内容在课程标准中占有十分重要的地位,它是指导课程具体实施的重要内容。俄亥俄州的物理课程内容分为 5 个一级主题具体展开,亦即内容陈述,内容细化(标准陈述),学习的期望(认知要求),付诸实践的愿景(课堂上的例子),教学策略和资源(常见错误、学习者的多样性、各类资源)等 5 个方面。与我国物理课程标准相比,俄亥俄州的物理课程内容和呈现方式具有鲜明的特色。

在中国美国两个课程标准(高中阶段)中,知识内容的组织均是按照一级主题、二级主题或三级主题(物理概念)划分的,如表 7^[2,3]和表 8 所示^[1]。

表 7 中国物理课程知识内容的主题划分

一级主题	二级主题	三级主题
科学探究及物理实验能力要求		科学探究 7 要素 提出对应的基本要求
共同必修模块	物理 1	运动的描述
		相互作用与运动规律
	物理 2	机械能和能源
		抛体运动与圆周运动 经典力学的成就与界限
选修模块	选修 1-1	电磁现象与规律
		电磁技术与社会发展
		家用电器与日常生活
	选修 1-2	热现象与规律
		热与生活
		能源与社会发展
	选修 2-1	电路与电工
		电磁波与信息技术
	选修 2-2	力与机械
		热与热机
	选修 2-3	光与光学仪器
		原子结构与核技术
	选修 3-1	电场
		电路
		磁场
	选修 3-2	电磁感应
		交变电流
		传感器

续表

一级主题	二级主题	三级主题
选修模块	选修 3-3	分子动理论与统计思想
		固体、液体与气体
		热力学定律与能量守恒
		能源与可持续发展
	选修 3-4	机械振动与机械波
		电磁振荡与电磁波
		光
		相对论
	选修 3-5	碰撞与动量守恒
		原子结构
		原子核
		波粒二象性

在美国幼小和初中阶段的科学课程标准中,知识内容的组织仍然可认为是按照一级主题、二级主题(内容表述)或三级主题(内容细化)进行划分的,如表 9 所示^[1]。

从表 7 和表 8 中可以看出,中国课程标准按照模块划分,分为必修模块和选修模块两个部分。而俄亥俄州课程标准(高中阶段)尽管分为初级课程(物质科学)和高级课程(物理学)两个部分,但是均按照物理学的内容进行划分,前者分为物质研究、能量和波、力和运动、宇宙 4 个主题,后者分为运动、力和动量及运动、能量、波、电和磁 5 个主题^[1-3]。

在三级主题中,中国共有 35 条,俄亥俄州(以高级课程为例)有 42 条,虽然三级主题的数量相差不太多,但是所涵盖的知识内容并不相同。从表中可以看出两课程标准在学科内容的选择上是有一定的差别的:中国课程标准中三级主题较大,涉及的是某一块知识内容,如运动的描述;相比而言,俄亥俄州课程标准中的三级主题描述的是某一个具体的知识内容,如速率-时间、位置-时间、反射、欧姆定律等。

在中国课程标准中,从涉及的领域内容而言,共同必修全部是力学,学生先学习运动学,再学习动力学。3 个系列中的必选模块(选修模块 1-1、选修 2-1、选修 3-1)全部是电磁学内容,其他选修模块包括了力、热、电、光、近代物理的内容,可供学生进一步选择。从课程模块设置的功能和取向而言,共同必修——物理 1、物理 2 是全体高中学生的共同学习内容,选修系列 1 针对文科学生,选

表 8 俄亥俄州物理课程知识内容的主题划分
(可以任何顺序讲授以下内容;俄亥俄州教育委员会并未推荐讲授顺序。)

初级科学课程——物质科学			高级科学课程——物理学		
一级主题	二级主题	三级主题	一级主题	二级主题	三级主题
物质研究(5)	物质的分类	<ul style="list-style-type: none"> • 异质体与同质体 • 物质的属性 • 物质的状态及其变化 	运动(3)	示意图的解释	<ul style="list-style-type: none"> • 位置与时间 • 速度与时间 • 加速度与时间
	原子	<ul style="list-style-type: none"> • 原子的模型(组份) • 离子(正离子和负离子) • 同位素 		解决问题	<ul style="list-style-type: none"> • 使用图表(平均速度、瞬时速度、加速度、位移、速度变化量) • 匀加速运动包括自由落体(初始速度、末速度、时间、位移、加速度、平均速度)
	元素的周期性规律	<ul style="list-style-type: none"> • 周期律 • 典型的群组 		抛射体	<ul style="list-style-type: none"> • 独立的水平和垂直运动 • 解决涉及水平发射炮弹的问题
	键和化合物	<ul style="list-style-type: none"> • 键(离子和共价键) • 命名法 	力、动量和运动(7)	牛顿定律应用到复杂问题	/
	物质的反应	<ul style="list-style-type: none"> • 核反应 • 化学反应 		引力和引力场	/
能量守恒	<ul style="list-style-type: none"> • 动能的量化 • 重力势能的量化 • 能量的相对性 	弹性力		/	
能量的传输和转换(包括功)	/	摩擦力(静态和动态)		/	
波	<ul style="list-style-type: none"> • 折射、反射、衍射、吸收、叠加 • 辐射能量和电磁波谱 • 多普勒频移 	空气阻力和拖力		/	
能量和波(5)	热能	/	二维力	<ul style="list-style-type: none"> • 力的矢量合成 • 斜坡上运动 • 向心力和圆周运动 	
	电	<ul style="list-style-type: none"> • 电子的运动 • 电流 • 电势(电压) • 电阻和能量的转移 	动量, 冲量和动量守恒	/	

续表

初级科学课程——物质科学			高级科学课程——物理学		
一级主题	二级主题	三级主题	一级主题	二级主题	三级主题
力和运动(3)	运动	<ul style="list-style-type: none"> 一维向量介绍 位移,速度(恒定、平均和瞬时)和加速度 解释位置与时间和速度与时间示意图 	能量(5)	重力势能	/
	力	<ul style="list-style-type: none"> 力图 力的类型(重力,摩擦力,法向力,张力) 相隔一段距离的力场模型 		弹性势能(弹簧中的能量)	/
	动力学(力如何影响运动)	<ul style="list-style-type: none"> 静止物体 恒定速度运动的物体 加速运动的物体 		核能	/
宇宙(3)	宇宙的历史	/	波(2)	功和功率	/
	星系形成	/		能量守恒	/
	恒星	<ul style="list-style-type: none"> 形成;进化阶段 恒星的聚变(合) 		波动特性	<ul style="list-style-type: none"> 能量守恒 反射 折射 干涉 衍射
			光现象	<ul style="list-style-type: none"> 光路图(光的传播) 反射定律(等角) 斯涅尔定律 衍射图样 光的波粒二象性 可见光谱和颜色 	
			电和磁(6)	物体带电(摩擦、接触和感应)	
				库仑定律	
				电场和电势能	
				直流电路	<ul style="list-style-type: none"> 欧姆定律 串联电路 并联电路 混合电路 应用电荷和能量守恒(节点和回路规则)
				磁场和能量	
			电磁相互作用		

表 9 俄亥俄州科学课程知识内容主题划分

年级	一级主题	二级主题(内容表述)	三级主题(内容细化)
幼儿园	日常物品和材料的性质(这个主题关注声音的产生,以及观察、探索、描述和比较学生所熟悉物品和材料的属性)	物品和材料可以按照属性来分类、描述	物品可以由构成材料的属性来分类和描述。一些属性可以包括颜色、大小和质地
		一些物品和材料可以振动产生声音	声音是可由触摸,吹或敲打物体而产生。所产生的声音取决于物体的属性。物体振动时产生声音
一年级	运动和材料(这个主题关注发生在物品和材料中属性的变化。改变物体的位置是推或拉的结果)	物品和材料的属性可以改变	物品和材料处于各种条件的作用下会发生变化,如加热或冷冻。并不是所有的材料以同样的方式改变。 注1: 改变温度是能量改变的结果。 注2: 水从液体到固体,从固体到液体的变化安排在“地球与空间科学(ESS)”1年级的课程标准中
		物体可以以多种方式移动(运动),如直线、弯曲、圆周和往复	通过相对于另一个物体或周边物体的定位可以描述一个物体的位置。 物体的位置发生变化时,物体处在运动中。 推或拉行为可以影响物体的运动。推或拉是一种力,可以使物体移动得更快,更慢或转向(改变方向)。 注意: 运动改变是由于能量的变化
二年级	运动的变化(这个主题集中在观察力和运动之间的关系)	力可以改变物体的运动	运动可以增加,改变方向或停止,这取决于施加的力。物体的运动变化与力的大小有关。 一些力可以无接触作用于物体,如用磁铁移动一个物体,或物体向地面下落。 注意: 在这个年级水平,仅仅通过观察和实验应该引入重力和磁力。这些力的定义应该不是内容表述的重点
三年级	物质和能量形式(这个主题主要关注物质和能量之间的关系。物质具有特殊属性,且由地球上存在的化学成分所构成。热是一种熟悉的能量,可以改变物质的状态)	自然界所有物体和材料是由物质组成的	物质占据空间和具有质量。 注意: 在俄亥俄州,直到六年级不要求学生区别质量和重量
		物质存在于不同的状态,每一个状态都有不同的属性	最常见的物质状态是固体、液体和气体。 形状和可压缩性是可以区分物质状态的特性。 改变物质状态的一个方法是加热或冷却
		热量、电能、光、声音和磁能是物质能量的形式	有许多不同形式的能量。能量是导致运动或造成变化的能力。 注意: 这个年级水平所列出的不同形式的能量应该局限于学生可以观察到且熟悉的能量的形式
四年级	电、热和物质(这个主题侧重于物质守恒和能量传递和转换的过程,尤其适用于热量和电能)	物质的总量发生变化时是守恒的	当一个物体被分解为更小的部分,当固体溶解在液体或物质状态变化(固体、液体、气体)时,物质的总量保持不变。 注1: 在这个年级,物质守恒的讨论应该局限于宏观,可观察到的水平。 注2: 物质的状态是物质科学三年级的课程标准。加热和冷却是改变物质状态的一种方法

续表

年级	一级主题	二级主题(内容表述)	三级主题(内容细化)
四年级	电、热和物质(这个主题侧重于物质守恒和能量传递和转换的过程,尤其适用于热量和电能)	能量可以从一种形式转化为另一个形式,或者可以从一个地方转移到另一个地方	能量以热(量)形式从热物体向冷物体转移,导致温度的变化。 电路由一个完整的导电材料回路所组成,通过这个回路电能可以被转移。 电路中的电能可以转化为其他形式的能量,包括光、热、声音和运动。 电和磁是密切相关的
五年级	光、声和运动(这个主题主要关注影响运动的作用力。它包括物体运动速率的变化,所施加作用力的大小和物体的质量之间的关系。光和声音是以可预测的方式移动的能量形式,且有赖于他们经过的物质)	物体运动的变化量取决于物体的质量和所施加的外力大小	运动可以由速率来测量。物体的速率由一段时间(t)内所通过的确定距离(d)来计算。 地球以引力的形式吸引所有的物体。重量是物体和地球之间引力的测量。 物体速率或方向的任何改变需要力,且这些变化受到物体的质量和作用力大小的影响。 注意:重力和磁力(通过观察)在物质科学2年级的课程标准有介绍
		光和声音是以可预测的方式所表现出的能量形式	光可以传播和保持它的传播方向,直到它与物体发生相互作用,或者从一种介质移动到另一种介质,并发生反射、折射或吸收。 声音是由振动的物体所产生,其传播过程需要借助介质。振动频率是与声音的音调相关。 注意:在这个年级水平,光线和声音的讨论应该基于可观察到的行为。波动是在中学水平介绍的
六年级	物质和运动(这一主题侧重于研究物质的颗粒性质,线性运动,动能和势能等基本概念)	所有物质是由称为原子的小微粒所组成的	每个原子占据空间,具有质量,也在不断地运动。质量是一个物体内部所有物质的总量。 元素是单一类型原子所组成的一类物质。 分子是以化学方式连接在一起的两个或两个以上原子的结合。 化合物是由两种或两种以上的不同元素组成的。每个元素和化合物具有属性,而与样品的数量无关
		状态的变化可用一个运动着原子和/或分子组成的物质模型来解释	当物质经历状态变化时,原子和分子都不改变其自身的结构。 热能是物质内部原子和分子运动的衡量。 当物质经历状态变化时,质量是守恒的。 注意:热能可以与这个年级水平的动能相联系
		有两个类别的能量:动能和势能	运动的物体和物质具有动能。 物体和物质可以有和位置相关的能量(势能)。 注意:动能和势能应该在这个年级的宏观层面引入。化学能和弹性势能是不应包括在这个年级,而应在物质科学的8年级出现的
		物体的运动可以由物体的速率和移动的方向来描述	可以测量物体的位置和速率,也可以绘制其与时间的函数关系示意图。 注1:使用适当的数学技能,开始量化学生的观察结果。 注2:速度和加速度不应包括在这个年级水平;这些术语在高中阶段介绍

续表

年级	一级主题	二级主题(内容表述)	三级主题(内容细化)
七年级	质量和能量守恒(这个主题集中在原子元素周期表中原子排列的经验证据,以及质量和能量守恒,能量的转换和传递)	物质的属性是由原子的排列方式决定的	<p>有相似属性的元素可以组成为元素族,如活性金属、非活性金属、活性非金属和一些几乎完全不反应的气体。根据它们的属性对物质进行分类,如金属和酸。当物质相互作用形成新的物质,新物质的属性可能完全不同于旧物质,但是他们的质量不会改变。</p> <p>注1:这是元素周期表的概念介绍。</p> <p>注2:酸和碱都包含在这个主题中;进一步的细节将在示范性课程中提供。</p> <p>注3:重要的是要强调,大部分物质的属性改变是化学和物理变化的组合(在不同级别上)</p>
		能量可以转换或转移,但从未消失(失去)	<p>能量从一个系统转移到另一个时,转移之前的能量数量等于转移后的能量数量。当能量从一种形式转换为另一种形式,能量的总量保持不变。</p> <p>注意:能量转换的进一步讨论在高中水平阶段会处理</p>
		可以通过各种方式来转移(传输)能量	<p>物体相互推或拉一段距离时,机械能可以发生转移。电磁波与物质相互作用时,电磁波可以传递能量。通过辐射、对流和传导,热能可以转移。当一个电源连接在一个完整的电路上,电能可以传输给电子设备。</p> <p>注1:能量转移应该是经验性和可观察的。这建立在物质科学4年级和直接与地球与空间科学7年级(水文循环中的热能转移)相关联。</p> <p>注2:通过电流、电压和电阻,可以测量电力。此外,应该包括可再生能源系统(如风力、地热、水力或太阳能)。</p> <p>注3:这一主题中使用的波的类型包括地震、海洋、声音和光线。地震波也在地球与空间科学8年级出现</p>
八年级	力和运动(这个主题关注地球内、地球上、地球周围,以及宇宙内的力和运动)	当物体直接接触时,或者当他们不触碰时,物体之间存在相互作用力	<p>磁力、电力和引力可以间隔一段距离而发生相互作用。</p> <p>注:直接接触力在小学阶段已经处理</p>
		力有大小和方向	<p>物体的运动总是相对于一个参考点而测量的。力可以相加。对一个物体的合力是作用在物体上所有力的总和。作用于一个物体的合力可以改变物体的方向和/或速率。</p> <p>合力大于零时,物体的速率和/或方向会发生改变。当合力为零时,物体处于静止或继续以恒定速率沿一条直线移动</p>
		有不同类型的势能	<p>系统内重力势能随着物体的质量或相对位置的变化而发生改变。物体由于压缩或拉伸可以有弹性势能,或由于组成物质的原子性质及其排列情况而可以有化学势能</p>

修系列 2 针对工科学生,选修系列 3 针对理科学生。模块设置体现了满足学生不同需求的选择性。(这样设置的初衷是好的,也希望有美好的“愿景”;但是,现实又是非常“骨感”的,因为在高中一开始就要求学生或学生家长来确定学生一生的人生规划(文科、理科、工科或医科等)是非常不现实的,“高考指挥棒”的作用不可低估,导致实施的效果不尽如人意。)

在俄亥俄州课程标准中,根据物理学科本身的特色,将其分为运动、力和动量及运动、能量、波、电和磁 5 大主题。在“运动”部分涉及运动学内容;在“力和动量及运动”部分涉及动力学内容;在“波”和“电和磁”部分主要分别涉及光学、电磁学等内容;在“能量”部分除了涉及经典物理学内容(重力势能、弹性势能)外,还包括核能等近代物理学内容,体现了突破经典物理的学科体系,围绕学科的核心概念组织内容的思想。

3 课程标准对比研究的启示

通过对俄亥俄州课程标准与中国课程标准的比较,能够发现俄亥俄州课程标准中的一些特色,可供参考借鉴^[1-3]。

3.1 注重学生科学素养的培养,使他们融入日常生活之中

俄亥俄州课程标准非常重视科学素养。在整个俄亥俄州科学课程的“科学认知要求”及“技术和工程设计期望”中,科学素养放在了十分重要的位置,可以说学生进行学习的总目标就是提高科学素养,使他们能够成功地参与到未来的生活中。

3.2 将科学教育标准与示范性课程结合,凸显典型的实施效果

在俄亥俄州课程标准的每个年级水平的内容标准中均安排了示范性课程内容,从其主题的设置安排(见表 4)来看,分别从学科内容关联链、内容陈述、内容细化(标准陈述)、学习的期望(认知要求)、付诸实践的愿景(课堂上的例子)、教学策略和资源(常见错误、学习者的多样性、各类资源)等 6 个方面具体展开。

课程内容标准的一大特色就是用“内容细化”的方式呈现学习内容,提供年级水平应有的内容知识深度的期望,提供与学习内容关联的科学过程技能的例子,还提供信息帮助学生确定应该掌

握的预备知识和现有水平内容所要构建的未来知识。对各个年级阶段所需学习的科学(物理)内容和物理概念的认知水平进行具体说明和界定,进而使教师或读者清晰地了解该三级主题下的知识内容和物理概念在相应年级学习阶段的重要程度。

另外一大特色是对课程内容学习的期望(认知要求),提供了对俄亥俄州的科学认知要求的界定,在本质上与目前对人们是如何学习的理解和研究有关。它们为教师和评估者提供一个框架结构以便仔细考虑科学教学计划,掌控学生学习的可观测证据,进而形成一份学生学习科学的总结性评价。俄亥俄州的科学认知要求包括使用科学概念,设计技术和工程解决方案,展示/演示科学知识,解释和交流(沟通)科学概念和牢记科学内容。

最后一大特色就是通过“课堂上的例子”的方式,在每个主题内容下,均提供学生所能完成的任务案例。这些任务不是强制性的。包括使用科学概念设计技术和工程解决方案,展示科学知识,解释和交流科学概念和牢记科学内容。这些任务案例对开展课堂教学和评估具有积极意义。可以看出,这些例子不是应该做什么的详尽清单,而是产生创新想法的出发点。

3.3 提供教学策略和资源,拓展任课教师的视野

俄亥俄州的课程标准为教育工作者提供了必要的支持和信息,从而可使学生积极地参与到各个主题的学习之中。这些信息也提供动脑观察和探索的主题内容,包括真实可信的科学探究数据资源,实验和问题导向且与工艺、技术和工程设计相结合的任务。课程标准中所提供的策略和资源均是纸质或网络版的材料且与特定的主题内容表述相关联。但是,需要强调的是:上述资源并不是一份课程规范的列表(教案),而是提供给任课教师的教学参考资料。

致谢:感谢美国俄亥俄州立大学(OSU)物理系包雷教授给予的帮助,以及相互间的交流与合作。

参 考 文 献

- [1] Ohio's New Learning Standards: Science Standards (Adopted July 2011), Ohio Department of Education[Z].
- [2] 郭玉英. 中学理科课程标准国际比较与研究(物理卷)[M]. 北京:北京师范大学出版社,2014.
- [3] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(实验)[M]. 北京:人民教育出版社,2003.