·国外教育·

中美初中科学课程标准中技术与工程教育的比较研究

冯秀梅[1]　付　朝[2]　杨　杰[3]

(1. 华中师范大学物理科学与技术学院,湖北 武汉　430079; 2. 广州市番禺区象贤中学,广东 广州　511483; 3. 北京师范大学科学教育研究院,北京　100875)

摘　要: 基于国际上广受认可的技术与工程素养模型,从内容和水平两个维度搭建了技术与工程教育的分析框架,通过文本分析法对我国课标与美国《下一代科学标准》初中阶段的技术与工程的相关内容进行了比较分析.从内容上看,美国课标覆盖面更广,我国课标要求频数更多;从水平上看,美国课标整体要求更高,我国课标对不同水平的要求更均衡;综合内容与水平来看,两国课标在各个方面对不同层面的要求总体相似又各有侧重.基于研究结果,从课程实施、教学实践以及教师培养 3 个方面提出了建议.

关键词: 科学课程标准; 初中科学; 技术与工程; 比较研究

1　研究背景

2022 年 4 月,教育部新颁布的《义务教育科学课程标准(2022 年版)》(以下简称"新课标")首次在初中科学课程中明确提出了技术与工程教育的要求,并将"技术、工程与社会"和"工程设计与物化"作为两个重要的学科核心概念在"课程内容"中进行了详细规定.[1]

技术与工程同科学密不可分,发展学生的技术与工程素养是培育科技创新人才的重要基础.国际科学教育界普遍倡导在科学教育中融合技术与工程教育,帮助学生深化技术与工程本质认识,提升技术与工程实践能力.[2,3] 早在 2011 年,美国就在《K-12 年级科学教育框架》(*A Framework for K-12 Science Education*)中用"科学与工程实践"取代沿用多年的"科学探究"以尝试将技术与工程融入科学课程之中,并于 2013 年颁布《下一代科学标准》(*Next Generation Science Standards*,简称 NGSS),建立"科学与工程实践""学科核心概念"和"跨学科概念"三维框架,率先实现了科学、技术与工程的全面融合.[4] NGSS 对于在科学课程中整合技术与工程教育具有里程碑意义.

国际比较一直是课程标准研究的重要视角.通过与国外课程文件进行比较,有助于更好地理解我国课程标准的内容和特点、优势与不足,为课程的实施和改革提供参考和借鉴.因此,基于国际技术与工程素养的最新研究成果,本研究从内容和水平两个维度搭建了技术与工程教育的分析框架,为后续技术与工程教育的研究提供工具支撑,并通过文本分析法对新课标和 NGSS 初中阶段的技术与工程教育的相关内容进行比较分析,厘清中美两国在技术与工程教育内容分布及水平要求上的异同,明确各自的优势与不足,为我国科学课程中技术与工程教育的开展提供参考与启示.

2　研究对象与分析框架

2.1　研究对象

我国新课标的"课程内容"与美国 NGSS 的"表现期望"在地位与作用上相当,均对科学课程内容要求进行了详细阐述.其中,我国新课标初中阶段对技术与工程的内容要求包含在"课程内容"中的"技术、工程与社会"和"工程设计与物化"的7～9年级部分;NGSS 的相应内容则位于 6～8 年级"表现期望"中的"工程设计"和"科学·技术·社会·环境"部分.因此,本研究将这两部分的相关文本作为研究对象.

2.2　分析框架

2020 年,国际技术与工程教育协会(ITEEA)和技术与工程教师教育委员会(CTETE)联合发布《技术与工程素养标准》(*Standards for Technological and Engineering Literacy*,简称 STEL),旨在提升全体学生的技术与工程素养.该标准以开放式的"大概念"引领,强化技术与工程教育的实践性和情境性,通过系统设计与工程实践将技术与工程进行整合,明确了技术与工程教育的跨学科性及其在 STEM 教育中的学科整合作用.该标准因其权威性和完备性广受学界认可.[5] 本研究以其中的技术与工程素

基金项目:本文系教育部人文社会科学研究青年基金"教育神经科学视域下科学本质认知发展轨迹的模型构建研究"(项目编号:22YJC880099)研究成果.

通信作者:杨杰(1992—),男,四川乐山人,北京师范大学科学教育研究院博士后,主要从事科学教育研究,电子邮箱:yangjiebnuer@163.com.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

养模型(STEL 模型)为基础构建技术与工程教育的二维分析框架,对新课标和 NGSS 中技术与工程的相关内容与对应的水平要求进行分析.

(1) 技术与工程教育的内容分析维度.

STEL 模型指出,技术与工程的学习内容主要由 8 个方面构成:技术与工程的本质与特征;技术与工程的核心概念;知识、技术与实践的整合;技术的影响;社会对技术发展的影响;技术史;技术与工程教育中的设计;应用、维护与评估技术产品和系统.这 8 个内容方面能够较为全面地反映技术与工程素养所涵盖的内容,且被广泛接受.本研究将其作为技术与工程教育的内容分析维度,具体描述如表 1 所示.[6]

表 1 技术与工程内容分析维度

内容领域	具体描述
1 技术与工程的本质与特征	技术与工程作为一种人类活动,在自然世界与人工世界之间建立联系,具有跨学科性.技术与工程实践发展理解、运用、评估、技术产品创新以及形成思维方式的能力
2 技术与工程的核心概念	技术与工程包括系统、资源、需求、权衡、优化、过程、控制等核心概念.这些核心概念反映了技术与工程的特征,是学习技术与工程的基石
3 知识、技术与实践的整合	技术与工程同多个内容领域相互影响,技术与工程的知识和实践也与其他领域相互促进.有效的技术与工程教育通过整合跨课程内容与实践促进跨学科思维的发展
4 技术的影响	技术与工程对于社会及环境同时存在积极和消极的影响,技术使用能带来个体、人类文明及环境的根本性变化.需要树立并践行可持续发展的理念,合理、负责地创造与使用技术,在进行技术与工程决策时考虑成本、收益和权衡利弊
5 社会对技术发展的影响	个体与社会需求引领技术与工程;社会的信念与价值观决定了人们对于技术的态度.社会发展阶段不同,对新技术推广的影响也不同
6 技术史	技术随着其他领域的进步而加速发展,技术的革新界定了历史时代,例如农耕时代、蒸汽时代和信息时代等;技术史记载了人性积极和消极的方面
7 技术与工程教育中的设计	技术与工程设计是一项基本的人类活动,它根据标准与限制条件在迭代过程中不断完善,通常不存在唯一的正确方案;技术与工程设计需要遵循一些普适性原则,同时也需要一系列技能.制作是技术与工程设计的重要环节
8 应用、维护与评估技术产品和系统	技术产品、系统的应用、维护与评估是技术与工程素养的重要体现:高素养的人更有能力了解和使用技术产品及系统;维护对于产品正常运转极为重要,发生故障时要进行合理修复;评估技术产品和系统时,应收集、综合及分析信息来形成结论
为行文方便,后文中 8 个内容方面的名称采用简写表示,依次为“本质”“概念”“整合”“技术影响”“社会影响”“技术史”“设计”和“应用”	

(2) 技术与工程教育的水平分析维度.

技术与工程教育的二维分析框架除了涵盖内容的 8 个基本方面,还应包含相应的水平维度.

STEL 为反映学生在经过技术与工程学习后应具有的表现,从认知、过程和情感 3 个层面为技术与工程内容制定了一系列“基准”(Benchmark),并相应地给出水平划分.其中,认知层面以安德森(Anderson)等人重新修订的布鲁姆认知目标水平为基础,反映知识和心智技能的发展程度;[7,8] 过程层面以戴夫(Dave)、哈罗(Harrow)和辛普森(Simpson)等人修订的过程目标水平为基础,反映肢体的运动与协调、动作技能形成的发展程度;[9-11] 情感层面以克拉斯沃尔(Krathwohl)等人修订的情感目标水平为基础,反映兴趣、热情、动力和价值观等情感的发展程度.[12] 本研究对其进行整理,从认知、过程和情感 3 个层面明确了各水平的具体描述,并将其作为技术与工程教育的水平分析维度,如表 2 所示.

表 2 技术与工程水平分析维度

水平	认知	过程	情感
水平 4	将零散的概念组合起来形成一个新的概念,并构建新的关系	在实际的技术与工程活动中精细打磨以完善活动过程	将自身内化的价值观外显,具有与新价值观一致的表现,实现价值观个性化
水平 3	能根据给定标准与限制对资源、技术产品、流程等进行检验和评判	反复地尝试某项特定的技术与工程活动,通过反复训练使自己的表现进步、连贯	将某种新的价值观整合到自己已有的价值体系中,且新价值观具有更高的优先级
水平 2	能在不同情境中运用所学技术与工程知识,通过拆分、组合、分类、对比、推理等方式分析材料内部的关系	模仿某项技术与工程活动,并得到有关自身表现的反馈和引导	在技术与工程的学习活动中表现出某种明显的投入状态,形成一定的价值观

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表

水平	认知	过程	情感
水平 1	能回忆学过的技术与工程内容；能领会其含义，解释并复述相应的观点	观察并积极参与技术与工程相关的智力活动	注意并接纳技术与工程中的某些要素，基于经验对其做出反应

3　研究结果

根据前文建立的技术与工程教育二维分析框架，从内容和水平两个维度对中美两国课程标准中明确提出技术与工程素养要求的内容条目进行分析和统计，具体结果如下.

3.1　技术与工程教育的内容维度比较

表 3 呈现了中美两国课程标准中技术与工程教育的内容维度比较结果.新课标中的技术与工程内容条目总计 16 条，分属除“社会影响”外的 7 个内容方面.其中，“概念”“整合”与“设计”方面的内容要求相对较多，占比分别为 31.25%、18.75%和 18.75%；其次为“本质”方面，占比为 12.50%；然后是“技术影响”“技术史”与“应用”方面，占比均为 6.25%；“社会影响”方面没有相关内容要求.

NGSS 的技术与工程内容条目总计 13 条，在 8 个内容方面上均有所涉及.其中，“设计”方面的内容要求最多，占比 23.07%；其次是“概念”“技术史”和“应用”方面，占比均为 15.39%；其余 4 个方面占比均为 7.69%.

表 3　中美两国课程标准的内容维度比较

		本质	概念	整合	技术影响	社会影响	技术史	设计	应用	总计
新课标	频数	2	5	3	1	0	1	3	1	16
	占比/%	12.50	31.25	18.75	6.25	0.00	6.25	18.75	6.25	100.00
NGSS	频数	1	2	1	1	1	2	3	2	13
	占比/%	7.69	15.39	7.69	7.69	7.69	15.39	23.07	15.39	100.00

可见，与 NGSS 相比，新课标中技术与工程教育要求出现的频数更多.新课标的要求侧重于掌握概念、促进整合以及参与设计，但是在社会对技术发展的影响方面未提出明确要求.NGSS 涉及的技术与工程内容更全面，对学生的工程设计过程最为重视，要求次数最多；其次是学生对于技术与工程领域基本概念的掌握，对技术应用以及技术史的知识获取；对于技术与工程的本质特征、跨学科整合以及技术与社会要素之间的相互作用，NGSS 也提出了相应要求.

3.2　技术与工程教育的水平维度比较

图 1 呈现了两国课标中技术与工程教育的水平维度比较结果，纵坐标代表条目数.需要说明的是，标准中某一内容条目可能同时涉及认知、过程、情感中的多个层面，因此会被多次编码.例如，新课标的“知道技术的开发和应用需要考虑伦理问题，关注并讨论一些有伦理争议的技术与工程问题”条目同时提出认知与情感要求，故该条目在这两个层面均会被编码.

在认知层面上，新课标共有 8 条内容条目提出了明确要求，其中水平 1 有 4 条，水平 2 和水平 3 各有 2 条；NGSS 则有 9 条，其中水平 1、水平 2、水平 3 和水平 4 各有 5、1、2 和 1 条.可见，新课标内容条目以水平 1 为主，最高要求为水平 3，但每个水平层次上都存在 2 条及以上内容条目，即对理解知识、分析运用以及价值评估等不同认知水平都提出了较多要求；NGSS 的内容条目也以水平 1 为主，但最高要求达到水平 4，表明其既侧重学生对相关知识的理解，要求学生在获取新知后能解释并复述它们，又兼顾最高水平要求，希望学生能够将零散的观点形成新的想法，构建新的关系.

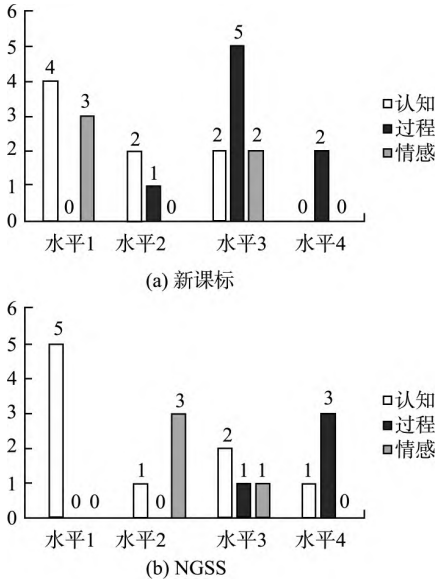

图 1　中美两国课程标准的水平维度比较

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

在过程层面上，新课标共有 8 条内容条目提出了明确要求，其中水平 2、水平 3 和水平 4 各有 1、5 和 2 条；NGSS 则有 4 条，其中水平 3 有 1 条，水平 4 有 3 条.可见，新课标对实践过程的要求更为均衡，既注重模仿和练习水平的活动，也关注调整优化、修正完善等高水平活动；NGSS 则重点强调学生高阶能力的发展，要求学生在反复练习、打磨过程的基础上提升工程实践能力.

在情感层面上，新课标共有 5 条内容提出了明确要求，其中水平 1 有 3 条，水平 3 有 2 条；NGSS 有 4 条内容，其中水平 2 有 3 条，水平 3 有 1 条.可见，新课标兼顾低水平和高水平要求，期望学生能够通过技术与工程学习形成一定的价值观，并将外在的新价值观与自身已有的价值观进行整合；NGSS 对于学生情感获得的要求主要集中在水平 2，侧重价值观的形成，即在技术与工程内容的学习过程中表现出某种明显的投入状态.

3.3 技术与工程教育的综合比较

现结合内容维度和水平维度对中美课标的技术与工程内容进行综合比较，分别以技术与工程内容维度的 8 个方面和水平维度的认知、过程和情感 3 个层面为行和列，以单元格中的颜色深浅和数字大小表示水平高低，绘制技术与工程水平分布热图，结果如图 2 所示.需要说明的是，如果某一内容方面在某个层面涉及多个水平，则以最高水平为准，例如，NGSS 在“概念”方面存在 2 个条目，在认知层面分别为水平 1 和水平 3，则 NGSS 在“概念”方面的认知层面取水平 3.

新课标	本质	概念	整合	技术影响	社会影响	技术史	设计	应用
认知	1	2	2	3	0	3	0	0
过程	0	4	3	0	0	0	4	3
情感	1	1	0	3	0	3	0	0

NGSS	本质	概念	整合	技术影响	社会影响	技术史	设计	应用
认知	2	3	3	1	1	1	4	0
过程	0	0	0	0	0	0	4	4
情感	0	0	0	3	2	2	0	0

水平1 水平2 水平3 水平4

图 2 中美两国课程标准中技术与工程教育水平分布热图

横观 8 个内容方面，“本质”“概念”与“整合”方面主要体现对于技术与工程自身特点的内容要求，包括对技术与工程的本质、特征、基本概念和跨学科性质的认识.从这 3 个方面来看，新课标在认知、过程和情感层面都有一定要求，其中在认知与情感层面要求较低，在过程层面对把握技术与工程的基本概念和跨学科性质提出了较高水平要求；NGSS 则仅在认知层面提出要求，其中基本概念和跨学科性质的水平较高.

“技术影响”“社会影响”与“技术史”方面侧重于技术与政治、经济、历史、文化等社会要素的相互作用.从这 3 个方面来看，新课标和 NGSS 都在认知和情感层面提出相应要求.其中，新课标在 2 个层面上都有较高水平要求；NGSS 在情感层面对技术的社会影响提出较高水平要求，其余层面的要求都较低.

“设计”与“应用”方面则主要关注学生开展技术与工程实践的要求，包括学生的工程设计与实践、技术应用与评估等.从这 2 个方面来看，中美课标在过程层面的要求水平均较高.此外，NGSS 还在认知层面上对工程设计提出高水平要求.

4 结论与启示

4.1 研究结论

本研究基于国际最新研究成果构建了二维分析框架，通过文本分析法从内容和水平两个维度对新课标和 NGSS 初中学段“课程内容”中明确提及的技术与工程要求进行了比较分析，得出如下结论.

(1) 新课标内容要求频数更多，NGSS 覆盖面更广.

从内容维度比较结果来看，一方面，新课标中的技术与工程内容条目数量更多.新课标主要在“概念”和“整合”方面的要求多于 NGSS，表明新课标十分重视技术与工程内容，尤其关注技术与工程领域中的学科概念和学科特性，延续了我国课程标准强调基本概念的优良传统.[13] 另一方面，NGSS 技术与工程内容的覆盖面更广，兼顾 8 个方面的内容要求.新课标在“课程内容”中没有显性提出“社会对技术发展的影响”方面的要求，只是以隐性的方式出现在“课程目标”和“教学建议”中，

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

例如要求学生理解科学·技术·社会·环境(STSE)关系.

(2) 新课标对不同水平的要求更均衡,NGSS整体要求更高.

从水平维度比较结果来看,整体上新课标对技术与工程内容的水平要求低于 NGSS,但水平要求设置更为均衡,兼顾低水平和高水平要求.这符合两国国情:美国技术与工程教学改革已开展多年,学生的技术与工程素养从小得到关注,其在前置学段已奠定较好基础,故 NGSS 初中阶段对技术与工程水平要求更高.我国直到 2017 年才在《义务教育小学科学课程标准》中首次明确提出在基础教育阶段的科学学科中融入技术与工程教育,相关的课程改革仍处于起步阶段.因此,新课标初中阶段的技术与工程内容既要帮助低水平学生打好基础、完成过渡,又要兼顾强化高水平学生技术与工程素养的进一步发展,在水平要求上做到了均衡兼顾以适应我国学生多样性的现状.

(3) 两国课标在不同内容方面对不同层面水平要求总体相似又各有侧重.

从综合比较结果来看,两国课标存在一定的相似之处,二者均关注技术与工程自身特点方面的认知层面、技术与社会相互作用方面的情感层面以及技术与工程实践方面的过程层面,且要求水平相似,凸显出技术与工程教育共通特性在两国课标中得以体现.同时,两国课标又各有侧重,我国课标在技术与工程自身特点方面不仅从认知层面上提出要求,还对过程和情感层面做了要求,注重学生在认知、过程、情感 3 个层面上的统筹协调发展.这 3 个层面分别与科学观念、科学思维和探究实践、态度责任等核心素养方面存在较强的对应关系.科学课程强调将核心素养有机融入学科核心概念的学习过程中,新课标在技术与工程相关的学科核心概念的内容条目上能够兼顾认知、过程与情感层面,从内容要求上实现整合,真正落实了课程方案聚焦核心素养的要求.[14]

4.2 启示

新课标的颁布对培养初中生技术与工程素养具有里程碑式的意义.本研究对如何在科学教育中更好地融合技术与工程教育,促进义务教育科学课程的落地实施具有以下启示.

(1) 确保科学课程中技术与工程教育的完整性和发展性.

STEL 从 8 个方面解读了技术与工程领域核心概念的内涵和外延,这些方面相互支持、互相联系,全面描绘了技术与工程素养最基本的内容.[5] 新课标对其中 7 个方面提出了显性要求,但对"社会对技术发展的影响"的要求却不明确.社会中的政治、经济、历史、文化等因素对技术的发展具有促进与制约作用,理解社会对技术发展的影响对促进技术与工程本质的认识至关重要.研究发现,除美国外,加拿大、英国等国家也在课程标准中明确要求学生将技术与社会建立联系,认识到当代社会的价值观和需求会对技术的发展和使用产生影响.[15,16] 从全面落实课程目标和完善技术与工程教育的视角来看,宜在科学课程中增加相应的内容要求,并在具体实施以及教学资源的开发过程中确保技术与工程教育的完整性.

此外,核心素养的发展是一个长期的过程,因此在课程教学中应注重跨学段的衔接.[17] 事实上,美国 NGSS 通过学习进阶实现了学段间的有序递进;我国新课标也采用进阶设计,形成了符合学生认知发展的课程结构.因此,在课程实施时,不仅要衔接好小学打好的基础,还应为高中的进一步发展做好奠基.同时,新课标在初中学段对同一内容方面也提出了不同水平要求.因此,在初中学段内的教学实施中也要注重技术与工程教育的进阶发展,合理设定技术与工程学习目标的层次以形成由浅入深的有序教学,逐步达成认知、过程与情感层面的目标.

(2) 围绕技术与工程开展跨学科主题学习,促进学生核心素养的整合与发展.

科学课程注重内容与经验、知识与实践结合,关注学生对世界的整体把握,具有综合性与实践性的重要特点.科学课程的这些特点可以在围绕技术与工程开展的跨学科主题学习中得以充分体现.[18] 学生在技术与工程实践活动中,充分关注多个学科的知识,综合运用跨学科的方法和技术以解决复杂真实的实践问题,深入认识科学、技术与工程等不同学科间的相互联系并收获情感体验.通过知识情境化和学习实践化来拓展知识学习与实践学习的边界,实现科学世界和生活世界的融通与转化.

研究表明,围绕技术与工程教育开展的跨学科主题学习在认知上能够通过情景化的真实体验为学生理解概念提供有效支架;[19] 在过程上能通过真实项目的设计、制作、检验及优化提升学生的实践能力;[20] 在情感上激发学习兴趣、提升自我效能感等,[21] 推动核心素养 4 个方面的齐驱并进.可见,以技术与工程为载体开展跨学科主题学习活

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

动，有助于充分发挥不同知识领域的育人功能，促进学生核心素养的整合与发展.

(3) 引导科学教师重视技术与工程的教育价值，提升教师技术与工程教育教学能力.

技术与工程教育已然成为初中科学教育的重要内容，但目前对其重视程度依旧不足.研究表明，在中学阶段进行技术与工程教育，有利于学生整合学科知识，提升科学思维和实践创新能力以及发展综合素质.[22]这对于促进学生终身发展，培养跨学科创新型人才具有重要意义.因此，应当引导教师重视技术与工程的育人价值，在日常教学中将其置于重要地位.只有解决了理念与地位问题，技术与工程教育才有可能进一步落实到实践中.

教师的教学能力直接影响了教学效果，如何提升教师相应的教学能力是技术与工程教育进入课堂的首要前提.目前已有许多国家和地区尝试在职前与职后教师的培养中增加技术与工程学习内容，帮助教师树立基于技术与工程学习开展跨学科教学的理念，培养其开发实施技术与工程教育项目的能力.例如，随着 NGSS 中“科学与工程实践”的出现，美国科学教师培训项目在原有基础上增加了技术与工程要素，[23]其中 UTeach 项目以其“职前多元培养与职后持续培训”的特色课程体系培养了许多具有围绕技术与工程开展跨学科主题学习能力的卓越教师.[24]我国教师培训也可以借鉴相应的方式，在师范生培养和教师专业发展中融入技术与工程教育的相关内容，重视教师人才储备；在职后培训中，关注基于教研的跨学科职业培训项目开发，强化教研的专业支撑，[14]切实为技术与工程教育的实施和学生跨学科实践能力的发展提供保障.

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：北京师范大学出版社，2022.

2 曾雅婷，王祖浩.“科学与工程实践”视角下美国各州科学课程标准比较研究[J].比较教育研究，2021，43(8)：56－63.

3 Strimel G, Grubbs M. Positioning technology and engineering education as a key force in STEM Education [J]. Journal of Technology Education, 2016, 27 (2): 21－22.

4 NGSS Lead States. Next generation science standards: for states, by states [S]. Washington DC: The National Academies Press, 2013.

5 苏洵，丁邦平.美国 PreK－12 年级技术与工程素养标准解读与启示[J].比较教育学报，2021(2)：150－166.

6 ITEEA, CTETE. Standards for technological and engineering literacy: The role of technology and engineering in STEM education[S]. VA: ITEEA, 2020.

7 Anderson L W, Krathwohl D R. A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of bloom's taxonomy of educational objectives [M]. New York: Longman, 2001.

8 Bloom B, Engelhart M, Furst E, et al. Taxonomy of educational objectives, handbook I: The cognitive domain [M]. New York: David McKay Co, 1956.

9 Dave R H, Armstrong R J, et al. Developing and writing behavioral objectives[M]. Tucson, AZ: Educational Innovators Press, 1970.

10 Harrow J. A taxonomy of the psychomotor domain [M]. New York: David McKay Co, 1972.

11 Simpson E J. The classification of educational objectives in the psychomotor Domain [J]. The Psychomotor Domain, 1972(3): 43－56.

12 Krathwohl D, Bloom B, Masia B. Taxonomy of educational objectives. book II. affective domain [M]. New York: David McKay Co, 1964.

13 胡炳元.物理课程与教学论[M].杭州：浙江教育出版社，2003.

14 中华人民共和国教育部.义务教育课程方案(2022 年版)[S].北京：北京师范大学出版社，2022.

15 The Ministry of Education. The Ontario Curriculum, Grade 9 and 10: Science [S]. Canada, 2008.

16 Department for Education. Science Programmes of Study: Key Stage 3 National curriculum in England [S]. England, 2013.

17 朱立明. 从“核心概念”到“核心素养”——2011 年版与 2022 年版《义务教育数学课程标准》比较研究[J]. 天津师范大学学报(基础教育版)，2022，23(3)：1－6.

18 李刚. 围绕大概念的 STEM 整合课程建构与应用研究[J]. 天津师范大学学报(基础教育版)，2022，23(2)：64－69.

19 Wan Z, So W, Zhan Y. Developing and validating a scale of STEM project-based learning experience [J]. Research in Science Education, 2022(52): 560.

20 Han S, Capraro R, Capraro M. How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low Achievers differently: The impact of student factors on achievement [J]. International Journal of Science and Mathematics Education, 2014, 13 (5): 1091－1092.

21 Baran M, Maskan A. The Effect of project-based learning on pre-service physics teachers electrostatic achievements [J]. The Turkish Online Journal of Educational Technology, 2013, 12 (2): 128－129.

(下转第 82 页)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

滑动变阻器 R_2（0～1 kΩ，允许最大电流 0.5 A）；

单刀单掷开关 S 一个，导线若干.

（1）为了尽可能精确测定该电阻，电流表应选_____，电压表应选_____，滑动变阻器应选_____.（填器材符号）

（2）为了减小误差，要求电表示数不小于量程的 1/3，且所测量范围尽可能大，请在图 6 的虚线框内画出测量电阻 R_x 的实验电路图.



图 6 实验电路图

（3）某次测量中，电压表示数为 U 时，电流表示数为 I，则计算待测电阻阻值的表达式为 R_x=_____.（用所测量物理量的符号表示）

解题思路：题目中有多个电流、电压表，根据电动势大小选取量程为 3 V 的电压表.估算电流为 0.1 A，两个电流表量程均偏大，说明需要改装，电表只能小改大，不能大改小，如何测其电流是本题的难点.电压表内阻极大，选择电流表外接.题目要求所测量范围尽可能大，滑动变阻器分压式接法.细分模块有“电流表内外接”“电表改装”和“滑动变阻器的接法”.

解析：

模块 1.“滑动变阻器的接法”.

题目要求所测量范围尽可能大，滑动变阻器用分压式接法，选 R_1.

模块 2.“电流表内外接”.

电动势约为 3 V，电压表选 V_1.电压表内阻极大，且电流表内阻未知，故电流表外接.

模块 3.“电表改装”.

根据 $I=\frac{U}{R_x}\approx 0.1$ A，A_1 和 A_2 量程均偏大.需要并联一分流电阻来增加电流表读数（$I=\frac{U}{R_x}+\frac{U}{R}\approx 0.6$ A），变向改小电流表量程，故电流表选 A_1.

答案：（1）A_1；V_1；R_1.

（2）实验电路原理如图 7 所示.

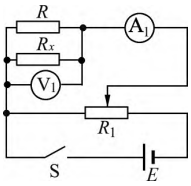

图 7 电路原理图

（3）$R_x=\frac{U}{I-U/R}=\frac{UR}{IR-U}$.

4 模块化备考 3 点思考

4.1 夯实基础知识，高效备考

复习备考时间紧任务重，如何提高备考效率是每一位一线教师都要思考的问题，大量地刷题会让学生顾此失彼，不利于形成整体知识框架.为了落实立德树人根本任务，作为教师应该培养学生物理观念，夯实基础知识，让学生构建完整的知识体系，备考才会事半功倍.

4.2 重视模块教学，举一反三

在复习备考中，教师要有意识地将知识点模块化处理，并引导学生将所遇问题模块分析，逐一解决，从而达到举一反三的效果.电学基础实验有自己固定的模块.传统教学注重就题讲题，学生掌握题目的速度赶不上新题产生的速度.学生科学思维没有得到提升，所以学生常常一听就会，一做就错.模块化教学重在培养学生科学思维，让学生从题目中提取常见的模块，并一一解决.只有抓住了本质，才能让学生在千变万化的题目中轻松破局.

4.3 验证实验为辅，提升体验

实验不能仅停留在纸笔，在学生复习各模块建立一定的物理观后，需带领学生进入实验室，动手验证各模块特点，让学生加深印象，提升体验.只有学生在观察到电流表内外接法测量值不一样、滑动变阻器两种接法调节范围不同等特点后，才能真正将知识内化.逻辑找到了根基，科学思维才会真正得到培养.

参考文献：

1 教育部考试中心.中国高考评价体系[M].北京：人民教育出版社，2019.

2 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准（2017 年版 2020 年修订）[S].北京：人民教育出版社，2020.

（收稿日期：2023－10－28）

（上接第 75 页）

22 Chiu J，Linn M. Knowledge integration and wise engineering [J]. Journal of pre-college engineering education research (J-PEER)，2011，1 (1)：2.

23 Bybee R. NGSS and the next generation of science teachers [J]. Journal of Science Teacher Education，2014，25 (2)：217－218.

24 高巍，刘瑞，范颖佳.培养卓越 STEM 教师：美国 UTeach 课程体系及启示[J].开放教育研究，2019，25 (2)：36－43.

（收稿日期：2024－02－03）

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net