

【教材分析】

高中数学教材中的跨学科内容研究及教学启示

吕世虎 赵泽国

【摘要】数学教育要关注跨学科教学.从学科来源、设置目的、呈现位置、呈现方式、内容主线五个方面,分析人教A版与湘教版高中数学教材必修部分的跨学科内容,获得如下教学启示:深入挖掘教材中的跨学科内容,加强不同学科教师之间的交流合作;利用跨学科内容创设教学情境,加强学生对数学知识的理解;开展跨学科教研活动,提升教师的跨学科教学素养.

【关键词】高中数学;教材研究;跨学科内容;跨学科教学

一、研究缘起

随着课程改革的不断深化,学科知识综合性不断增强,跨学科内容成为培养学生核心素养的重要载体.2019年6月,国务院办公厅发布《关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》,明确提出了加强学科联系的跨学科综合性教学的要求.数学是具有广泛应用性特点的学科,与其他学科的联系十分紧密.《普通高中数学课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称“课标”)在“课程理念”中指出,要“强调数学与生活以及其他学科的联系”^[1].首届国际数学教材研究和发展会议的一个主题就是:其他学科内容在数学教材中与数学内容在其他学科教材中的相互渗透.^[2]这些都传递了一个信息:数学教育要关注跨学科教学.

跨学科教学是指打破独立的学科课程边界,建立学科与学科、学科与生活之间的联系,让学生深入学科本质,并在各学科领域之间建立联系,生成辩证意识、创新思维和实践能力的教学.^[3]数学跨学科教学能引导学生使用数学知识解决其他学科的问题,还能利用其他学科的知识、方法、思维促进数学知识的理解,拓展数学解题的思路.^[4]

数学教材是教师教学与学生学习的重要范本,其中的跨学科内容是落实数学跨学科教学的重要资源.国内已有学者对数学教材中的跨学科内容进行了相关研究,概括起来主要有两个方面.一是对同一版本数学教材中跨学科内容的分析研究.例如,潘小勤、张维忠从学科来源、呈现位置、使用目的、呈现方式四个方面分析了新人教A版高中数学必修教材中的跨学科内容^[5],宋燕伶、彭刚从学科来源、呈现位置、使用目的、呈现方式、知识领域五个方面分析了

新旧北师大版高中数学教材中跨学科内容的异同^[6].二是对不同版本数学教材中跨学科内容的比较研究.例如,朱树金从学科来源、呈现位置、设置目的三个方面分析了中国和美国高中数学教材有关“指数函数与对数函数”等的跨学科内容的差异^[7],尚念从学科来源、呈现位置、使用目的、呈现方式四个方面对我国人教版、沪教版和美国加州版初中数学教材中“数与代数”领域的跨学科内容进行了研究^[8].以上学者的研究成果为教材编写提供了参考,也为教材中跨学科内容的研究提供了分析框架.但是,目前还未见到对课标下不同版本高中数学教材中跨学科内容的分析研究.

对课标下不同版本高中数学教材中跨学科内容的分析研究,一方面,有助于教师了解课标下不同版本教材中跨学科内容的异同;另一方面,有助于教师对跨学科内容的解读和教学.在此背景下,我们选取基于课标编写的人教A版与湘教版两版高中数学教材(均为2019年出版2022年修订的)必修部分的跨学科内容作为研究对象,展开了分析研究.

二、研究框架

基于已有文献建立的数学教材中跨学科内容研究框架,结合两版教材的编写特点,从学科来源、设置目的、呈现位置、呈现方式、内容主线五个方面对人教A版与湘教版高中数学教材必修部分的跨学科内容进行分析.

学科来源根据《中华人民共和国学科分类与代码国家标准(GB/T13745-2009)》,分为自然科学(物理学、化学、生物学、地球科学等)、人文与社会科学(经济学、历史学、语言学、体育科学等)、农业科学(农学、林学、水产学等)、医药科学(基础医学、药学

等)、工程与技术科学(电子通信、材料工程、土木工程等)五类。

设置目的根据两版教材中跨学科内容的编写特点,分为引入新知(以其他学科类知识为背景,引入数学性质、定理、公式等)、巩固应用(以其他学科类知识为问题情境或工具,对数学知识进行巩固和应用)、解释拓展(以其他学科类知识为补充性材料,对数学知识进行进一步的解释与拓展)三类。

呈现位置根据两版教材中跨学科内容出现的地方,分为非正文(章前言、章头图、旁白等)、正文(教材中呈现数学概念、关系、性质等内容的文字)、例题(教材中标记为例题且有解答的内容)、习题(教材中标记为练习题、习题、复习题的内容)、拓展内容(教材中以独立的形式出现的内容,如“数学文化”“多知道一点”等)五类。

呈现方式根据两版教材中跨学科内容呈现的特征,分为文字、图表、文字加图表三类。

内容主线根据课标的课程结构,分为预备知识、函数、几何与代数、概率与统计、数学建模活动与数学探究活动五类。

为了使统计的数据更具客观性,需要较好地区分上述框架中的各个类别,所以,通过举例对如何进行数据统计加以说明。以湘教版高中数学必修第一册“函数”章节的一道习题为例:

某农场种植西红柿,由历年市场行情可知,从2月1日起的300天内,西红柿市场售价与上市时间的关系可用一条折线图(如图1)表示,试写出市场售价与上市时间的函数解析式 $p=f(t)$ 。

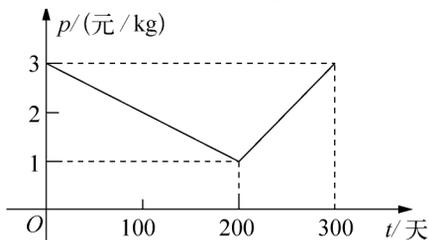


图 1

从学科来源看,本题是一个以种植业为情境的数学问题,需要运用数学知识解决与经济相关的问题,因此分别给对应的农业科学类、人文与社会科学类计数1次;从设置目的看,本题通过创设以其他学科类知识为情境的问题,让学生巩固应用所学的知识,故在“巩固应用”上计数1次;从呈现位置看,本题位于教材的习题部分,故在“习题”上计数1次;从呈现方式看,本题是以文字加图表的形式呈现的,故给文字加图表类计数1次;从内容主线看,本题考查的数学知识属于“函数”主线,故在“函数”上计数1次。

三、研究结果

根据研究框架对人教版A版与湘教版高中数学教材必修部分的跨学科内容进行编码统计后发现,人教版A版教材的必修部分有526页,共出现283处跨学科内容;湘教版教材的必修部分有529页,共出现273处跨学科内容。这表明两版教材中的跨学科内容在设置密度上比较接近。此外,两版教材中的跨学科内容有大量的重叠。如平面向量部分,两版教材都以物理学科内容为背景展开。具体分析如下。

(一) 学科来源分析

两版教材中跨学科内容的学科来源分布统计如表1所示。

表 1 两版教材中跨学科内容的学科来源分布

学科来源	人教 A 版		湘教版	
	数量	占比	数量	占比
自然科学类	109	38.3%	101	37.0%
人文与社会科学类	113	39.9%	107	39.2%
农业科学类	13	4.6%	8	2.9%
医药科学类	14	4.9%	5	1.8%
工程与技术科学类	60	21.2%	73	26.7%

进一步统计可知,人教版A版教材必修部分的283处跨学科内容中,学科来源涉及一个学科类别的有259处,涉及两个学科类别的有22处,涉及三个学科类别的有2处,所以,学科来源数量总计309;湘教版教材必修部分的273处跨学科内容中,学科来源涉及一个学科类别的有254处,涉及两个学科类别的有17处,涉及三个学科类别的有2处,所以,学科来源数量总计294。

这表明:两版教材中的跨学科内容都以涉及一个学科类别为主,很少涉及三个及以上学科类别;两版教材中的跨学科内容都涉及五大学科类别,但都主要集中在自然科学、人文与社会科学两大类,二者的占比均在30%以上。原因在于:一方面,数学学科是自然科学的基础,与物理、化学、生物学等学科的联系十分紧密;另一方面,数学广泛渗透于人们的日常生活中。

(二) 设置目的分析

两版教材中跨学科内容的设置目的分布统计如表2所示。

表 2 两版教材中跨学科内容的设置目的分布

设置目的	人教 A 版		湘教版	
	数量	占比	数量	占比
引入新知	35	12.4%	36	13.2%
巩固应用	189	66.8%	194	71.1%
解释拓展	59	20.8%	43	15.7%

可以看到,两版教材中跨学科内容的设置目的都以巩固应用为主,这表明两版教材都注重通过其他学科知识的融入,促进数学知识的巩固与应用,体现数学的应用价值与科学价值;两版教材中以引入新知为目的设置的跨学科内容的占比基本适当,这表明两版教材都注意运用跨学科知识作为背景去引入新知,提高学生学习数学的兴趣,加深学生对所学数学知识的理解;以解释拓展为目的设置的跨学科内容在人教A版教材中的占比高于在湘教版教材中的占比,这表明人教A版教材更注重利用跨学科知识解释与拓展数学知识。

(三) 呈现位置分析

两版教材中跨学科内容的呈现位置分布统计如表3所示。

表3 两版教材中跨学科内容的呈现位置分布

呈现位置	人教A版		湘教版	
	数量	占比	数量	占比
非正文	32	11.0%	14	5.1%
正文	40	14.1%	47	17.2%
例题	36	12.7%	37	13.6%
习题	152	53.7%	155	56.8%
拓展内容	23	8.5%	20	7.3%

可以看到,两版教材都注重将跨学科内容呈现在习题部分,通过解决以其他学科类知识为情境的习题,加深学生对数学知识的理解与应用,体现数学的应用价值;跨学科内容在非正文位置的占比人教A版教材高于湘教版教材,在正文位置的占比湘教版教材高于人教A版教材,在例题与拓展内容位置的占比两版教材相差不大。

(四) 呈现方式分析

两版教材中跨学科内容的呈现方式分布统计如表4所示。

表4 两版教材中跨学科内容的呈现方式分布

呈现方式	人教A版		湘教版	
	数量	占比	数量	占比
文字类	179	63.3%	112	41.0%
图表类	1	0.3%	1	0.4%
文字加图表类	103	36.4%	160	58.6%

可以看到,两版教材都主要以文字和文字加图表的方式呈现跨学科内容,很少单独以图表的方式呈现跨学科内容;以文字方式呈现的跨学科内容在人教A版教材中的占比高于在湘教版教材中的占比,以文字加图表方式呈现的跨学科内容在湘教版教材中的占比高于在人教A版教材中的占比。通过具体内容可以看出湘教版教材在知识背景的处理上

更加生动灵活,更有意于缓解学生学习抽象数学知识时的枯燥感,例如关于碳14的衰变、里氏震级表和对数的缩写,都配有插图辅助理解。

(五) 内容主线分析

两版教材中跨学科内容的内容主线分布统计如表5所示。

表5 两版教材中跨学科内容的内容主线分布

内容主线	人教A版		湘教版	
	数量	占比	数量	占比
预备知识	34	12.0%	33	12.1%
函数	90	31.8%	64	23.4%
几何与代数	56	19.8%	50	18.3%
概率与统计	72	25.4%	93	34.1%
数学建模活动与数学探究活动	31	11.0%	33	12.1%

可以看到,两版教材中的跨学科内容均重点分布在函数、概率与统计两大主线上。原因在于:函数内容较为抽象,需要其他学科类知识来引入或者运用其他学科类知识创设情境来辅助理解。更为重要的是,函数作为一种模型,在解决实际问题中有广泛的应用;概率与统计内容与实际生活的联系比较紧密,课程要求学生运用数学知识解决社会生活中的问题。其中,跨学科内容在函数主线上的占比人教A版教材高于湘教版教材。这是由于在函数概念的引入上,人教A版教材注重以现实问题为背景,而湘教版教材注重以已有知识为背景。例如,在“函数的概念与表示”一节中,人教A版教材利用四个现实问题引入,而湘教版教材利用初中学过的概念引入。跨学科内容在概率与统计主线上的占比湘教版教材高于人教A版教材。这是由于在概率与统计主线上,湘教版教材相较于人教A版教材,习题跨学科背景的设置更丰富。例如,在“随机事件的独立性”一节中,两版教材习题数目是一致的,但湘教版教材设置了以三个学科类别知识为背景的题目,人教A版教材全以纯数学背景设置题目。在其他三个主线上,两版教材中跨学科内容的占比差别不大。

四、教学启示

研读教材是活用教材的前提。上述关于两版高中数学教材中跨学科内容的分析,对高中数学的跨学科教学有如下启示:

(一) 深入挖掘教材中的跨学科内容,加强不同学科教师之间的交流合作

两版教材中跨学科内容在各个位置(部分)均有分布且主要集中在习题位置上,因而,大多数跨学科内容只是以其他学科类知识作为一种问题情境与数

学知识整合在一起,数学与其他学科内容的融合深度不够.因此,为了更好地实施跨学科教学,教师需要对教材中的跨学科内容进行深入挖掘.例如,湘教版高中数学必修第二册第六章《数学建模》,涉及生物学中的仿生知识、物理学中的万有引力定律以及社会学中的人口增长模型等其他学科类知识,旨在让学生体会建立数学模型解决实际问题的过程.教师在设计有关的教学活动时,要深入挖掘这些跨学科知识,用其创设数学建模活动情境.比如,教师可以对物理学中万有引力定律的发现过程进行深入挖掘,找出与数学知识联系紧密的关键点,以此为背景设计跨学科主题教学活动.此外,两版教材中的跨学科内容均涉及多个不同类别的学科,数学教师对这些学科内容未必都熟悉,甚至会有理解方面的困难,所以在教学中,要与相应学科的教师交流合作,特别是对数学教材中涉及的自己不熟悉的其他学科类知识,应与相应学科的教师开展研讨.这有助于打破学科之间的壁垒,促进学科之间的融合,优化教学活动的设计与实施,更好地引导学生开展跨学科内容的学习.

(二)利用跨学科内容创设教学情境,加强学生对数学知识的理解

两版教材中跨学科内容不仅在各个内容主线上均有较多分布,而且有多种表现形式.因此,教师在设计教学活动时,可以适当利用跨学科内容创设情境,加深学生对数学知识的理解.例如,湘教版高中数学教材“指数函数”的有关章节,涉及生物学中的细胞分裂、物理学中的铀裂变等其他学科内容.教师在教学中,可以提问学生“是否知道细胞分裂的过程”来引入,进而让学生观察细胞分裂的动态演示,体验细胞分裂是一个增长的过程,最后让学生探索每一次分裂时细胞数量的变化规律.利用上述生物学知识创设教学情境,有利于学生后续归纳指数函数模型的特征,也有助于加深学生对数学知识的理解.再如,教学“平面向量及其应用”时,教师可以通过学生已经学过的力、位移、速度等物理学知识创设情境,利用物理学中比较具体的案例说明数学中较为抽象的知识,从而加深学生对向量知识的理解.

(三)开展跨学科教研活动,提升教师的跨学科教学素养

跨学科教学可以打破学科的樊篱,以整合的形式重新建构课程概念;能够为教师提供创新的契机,激发学生的学习兴趣.^[9]而分析发现,跨学科内容是数学教材的一大特色,通过与其他学科类知识的交融,一方面有助于打破分科教学的模式,另一方面可以很好地体现数学的应用价值与科学价值.此外,两

版教材中跨学科内容设置目的多样且以巩固应用为主.教师作为教学的引导者,自身对教材中跨学科内容设置的理解至关重要,是落实跨学科教学的重要因素.因此,教师要通过开展跨学科的教研活动,增强自身的跨学科教学素养.例如,教师之间可以建立跨学科教学备课组,对不同学科之间具有紧密联系的教学内容进行集体备课与探讨,促进不同学科知识的互补,弄清不同学科之间相互联系的关键点,在此基础上开发出优秀的跨学科教学方案并付诸实施;教师也应参与其他学科的听课评课活动,吸取经验,借鉴教法,探讨跨学科教学的路径,提升自身的跨学科教学能力;教师还可在学校开展跨学科教学案例的分享,听取意见,优化数学跨学科教学的设计与实施.

参考文献:

- [1]中华人民共和国教育部.普通高中数学课程标准(2017年版2020年修订)[S].北京:人民教育出版社,2020:2.
- [2]范良火,吴立建.国际数学教材研究和发展趋势述评和分析——从首届国际数学教材研究和发展会议及其大会报告说起[J].数学教育学报,2015(3):1-5.
- [3]安留敏.高中跨学科教学研究述评[J].教育研究与评论,2022(11):77-82.
- [4]刘祖希.关于数学跨学科内容与教学的已有研究——兼及2022年全国高考数学试卷跨学科试题分析[J].教育研究与评论(中学教育教学版),2022(12):5-11.
- [5]潘小勤,张维忠.高中数学教材中跨学科内容的呈现——以新人教A版高中数学必修教材为例[J].中学数学教学参考,2020(5上):31-34.
- [6]宋燕伶,彭刚.北师大版高中数学教材跨学科内容研究[J].中学数学杂志,2022(1):6-10.
- [7]朱树金.中美高中数学教材跨学科内容比较研究[J].中学数学月刊,2020(8):47-50.
- [8]尚念.中美初中数学教材跨学科内容的比较研究——以“数与代数”部分为例[D].上海:华东师范大学,2017:23.
- [9]姚乔君.跨学科教学:从知识契合到学科整合[J].教育研究与评论(中学教育教学版),2020(12):26-29.

【作者简介】吕世虎、赵泽国,西北师范大学教师教育学院(730070).

【原文出处】《教育研究与评论》:中学教育教学版(南京),2023.9.8~13

【基金项目】本文系甘肃省教育科学“十四五”规划2023年度专项课题“甘肃省普通高中数学新课程实验跟踪与质量监测研究”(编号:GS[2023]GHBZX0094)的阶段性研究成果.