

中小学教师深度研修模型的研究与实践

支撑材料目录

1. 团队应用“深度研修模型”开发的教师培训课程目录
2. 团队所开发的课程在教师培训中的使用情况
 - 2.1 在北京教育学院承办的教师培训项目中的使用情况
 - 2.2 团队成员所开发课程在北京市各区县承办的教师培训项目中情况
 - 2.3 团队成员所开发课程在京外单位承办的教师培训项目中的使用情况
 - 2.4 面向全国录制在线播放的教师培训课程情况一览表
3. 团队围绕“深度研修模型”而形成的科研成果
 - 3.1 学科教育类论文目录
 - 3.3 教师教育类论文目录
 - 3.2 著作目录
4. 代表性教师体验式学习活动资源与工具目录
 - 4.1 体现“学科高观点+学生之立场”的教学案例
 - 4.2 专门用于体会“学科高观点”的内涵与意义的培训教学资源与工具
 - 4.2 专门用于体会“学生之立场”的内涵与意义的培训资源与工具

1. 基于“深度研修模型”的教师培训课程目录

序号	课程负责人	课程名称	适用对象
1	杨小丽等	数学教育新视野	中学数学教师
2	杨小丽	基于学生研究的教学活动设计	中学数学教师
3	杨小丽	范希尔理论及其在数学教学中的应用	中学数学教师
4	杨小丽	基于 UbD 的单元教学设计	中学数学教师
5	杨小丽	课例研究与论文写作	中学数学教师
6	顿继安等	数学教育科研方法	中学数学教师
7	顿继安等	素养导向的初中数学教学（十五讲）	初中数学教师
8	顿继安	大概念统摄下的数学单元教学	中学数学教师
9	顿继安	中学数学教学方法	中学数学教师
10	顿继安	高观点下的中学数学（几何篇）	中学数学教师
11	刘春艳	高观点下的中学数学（代数篇）	中学数学教师
12	刘春艳	大概念视角下的教材分析与教学设计	中学数学教师
13	刘春艳	数学教育测量与教育评价	中学数学教师
14	刘春艳	数学教师角色的转变	中学数学教师
15	冯启磊	基于知识形成过程的数学教学	中学数学教师
16	冯启磊	中学数学教学设计	中学数学教师
17	冯启磊	中学数学教学实施技能	中学数学教师
18	冯启磊	案例式数学教育论文写作	中学数学教师
19	李红云	Geogebra 在初中数学教学中的应用	初中数学教师
20	李红云	Geogebra 在高中数学教学中的应用	高中数学教师
21	李红云	教学反思：从问题到案例	中学数学教师
22	白永潇	基于中小衔接的校本课例研究实施策略	小学初中教师
23	白永潇等	基于高阶思维发展的问题设计与试题研究	初中数学教师
24	张芳等	物理教育研究方法及论文撰写	中学物理教师
25	张芳	教研员的职能定位与自身发展	中学地理教师
26	张芳	物理教学设计	中学物理教师
27	张芳	项目教学：项目的开发与组织实施	中学物理教师
28	张芳	新教师教学反思的要点与策略	中学物理教师
29	邓靖武	高考改革背景下促进学生物理迁移能力提升的教学策略	中学物理教师
30	冯爽	物理学史优化教学的策略	中学物理教师
31	冯爽	利用科普名著转化教学资源培养学生核心素养	中学物理教师
32	李春艳	地理教学设计与学习活动设计	中学地理教师
33	李春艳	学习理论新视野：全视角学习理论在中学地教学中的应用	中学地理教师
34	李春艳	学习内容新视野：大概念下的中学地理单元教学设计	中学地理教师

35	李春艳	教学方法新视野：指向理解的教学（UbD）	中学地理教师
36	李春艳	SCL 课堂的自我诊断及反思问卷	中学地理教师
37	李春艳	以学生为中心（SCL）的地理教学	中学地理教师
38	李春艳	课堂教学中教与学的方式的转变	中学地理教师
39	李春艳	指向核心素养发展的地理教学	中学地理教师
40	李春艳	地理教学改进的方法与策略	中学地理教师
41	曾早早等	核心概念统摄下的中学地理教学	中学地理教师
42	曾早早等	地理教学教学研究方法	中学地理教师
43	胡玉华	生物学教学设计	中学生物教师
44	胡玉华	学科大概念统摄下的单元教学设计与实施	中学生物教师
45	胡玉华	从知识导向到能力导向—基于核心素养的中学 生物教学	中学生物教师
46	胡玉华	生物学核心概念及其教学理解	中学生物教师
47	胡玉华	生物学单元整体教学的理论与实践	中学生物教师
48	周玉芝	基于大概念的化学教学	中学化学教师
49	周玉芝	指向化学学科核心素养的教学	中学化学教师
50	周玉芝	可见的学习：学生化学学习的调研方法	中学化学教师
51	周玉芝	STEM 教学设计	中学化学教师

2. 团队所开发的课程在教师培训中的使用情况

2.1 在北京教育学院承办的教师培训项目中的使用情况

序号	负责人	项目类型	培训主题	人数	完成时间
1	顿继安	卓越教师工作室	“基于知识形成过程的数学教学研究”单元教学研究	5	2019.7- 2021.9
2	顿继安	通州名师工作室	初中数学单元教学设计研究	8	2017.12- 2020.12
3	顿继安	卓越工作室	指向学生核心素养提升的 数学教师培训课程体系研究	5	2017.3- 2019.10
4	顿继安	协同创新学校计划 —理工附中通州校 区	考试改革背景下的初中数 学教学	15	2017.3- 2018.3
5	顿继安	协同创新学校计划 —密云山区六校	考试改变背景下的初中数 学教学	26	2015.9- 2016.7
6	顿继安	国培计划示范性培 训	主题式数学教师研修方 案的设计与实施	42	2016.1
7	刘春艳	卓越计划	学科核心素养导向的高中 数学教学研究	4	2019.7- 2021.9
8	刘春艳	“青蓝计划”中学 舒徐学科项目	青年骨干教师教学胜任力	20	2018.9- 2021.9

9	刘春艳	“启航计划”中学数学学科项目	新教师教学胜任力	24	2015.8-2016.7
10	刘春艳	“亮蓝工程”中学数学教学改进项目	中学数学教学改进研究	17	2017.4-2021.12
11	刘春艳	协同创新学校计划-北京八一学校	基于考试改革的数学教学案例研究	19	2016.9-2018.5
12	刘春艳	国培计划示范性培训	主题式数学教师研修方案的设计与实施	95	2016.1
13	刘春艳	国培计划示范性培训	主题式数学教师研修方案的设计与实施	92	2016.1
14	杨小丽	“青蓝计划”中学数学	青年骨干教师教学胜任力	37	2017.9-2021.9
15	杨小丽	通州名师工作室	单元-课时教学设计研究	20	2017.12-2021.9
16	杨小丽	协同创新学校计划-文汇中学	基于学生研究的初中数学教学研究	18	2017.3-2017.12
17	白永潇	协同创新学校计划-北潞园学校和昊天学校	整体把握数学课程下的中小衔接教学研究	50	2016.3-2018.12
18	白永潇	北京市名师发展工程5期	研究引领，特色提炼（小学数学）	10	2015.10-2021.10
19	冯启磊	启航计划5期	新入职中学数学教师教学基本技能提升	138	2016.9-2021.6
20	冯启磊	专题特色培训2期	基于PISA数学素养的教学研究	86	2017.8-2019.12
21	冯启磊	专题特色培训	基于知识形成过程的单元教学研究	23	2020.6-2020.12
22	李红云	专题特色培训3期	基于信息技术的中学数学实验活动开发	134	2017.4-2019.12
23	李红云	专题特色培训2期	信息技术与学科教学深度融合-中学数学	58	2020.9-2020.12
24	张芳	通州名师工作室	新中考背景下的初中物理教学实践能力提升	7	2017.12-2020.12
25	张芳	卓越工作室	通用技术课程资源建设	5	2017.3-2019.10
26	张芳	协同创新学习计划-理工附中	Stem视野下学科教学改进	25	2017.3-2019.1
27	张芳	协同创新学校计划-密云山区六校	基于学情分析的物理课堂教学研究	20	2016.2-2016.12
28	张芳	“青蓝计划”初中物理	物理青年教师教学胜任力	17	2019.9-2021.9

29	邓靖武	北京教育学院 2018 级青蓝计划高中物理培训	物理青年骨干教师教学胜任力	23	2018.9-2020.9
30	邓靖武	北京教育学院 2020 级青蓝计划高中物理培训	物理青年骨干教师能力提升	28	2020.9-2022.9
31	邓靖武	高考改革背景下高中物理教学研究	高考改革背景下高中物理教学研究	30	2018.3-2019.12
32	邓靖武	新中考背景下的初中物理教学实践能力提升	新中考背景下的初中物理教学实践能力提升	6	2017.12-2020.12
33	冯爽	卓越教师工作室	物理学史视野下的核心素养教学研究	7	2019-2021
34	冯爽	通州名师工作室	融入物理学史优化中学物理教学策略研究	14	2021-2023
35	冯爽	专题特色培训	基于核心素养理解的教学研究	25	2018-2019
36	周玉芝	协同创新学习计划-大兴七中	核心素养导向的中学化学课堂教学研究与实践	30	2019.9-2021.9
37	周玉芝	协同创新学习计划-丽泽中学	Stem 视野下学科教学改进	24	2017.3-2019.1
38	周玉芝	协同创新学习计划-文汇中学	Stem 视野下学科教学改进	16	2017.3-2019.1
39	周玉芝	“青蓝计划”中学化学	青年骨干教师教学胜任力	42	2018.9-2021.9
40	周玉芝	通州初中化学名师工作室	指向学生化学核心素养提升的教学研究	12	2017.12-2020.12
41	周玉芝	协同创新学习计划-亦庄实验中学	核心素养导向的中学化学课堂教学研究与实践	30	2019.9-2021.9
42	胡玉华	通州名师工作室	学科大概念统摄下的生物学教学	8	2017.12-2020.12
43	胡玉华	通州名师工程	大概念统摄下的单元教学研究	6	2020.7-2022.7
44	胡玉华	卓越工作室	大概念统摄下的单元教学研究	6	2020.7-2022.7
45	曾早早	教非所学第二学历(大兴,房山)共3届	地理学科专业知识理解	90	2017.9-2021.9
46	曾早早	协同创新学校计划-首都师范大学附属房山学校	指向学科核心素养的课堂教学研究与实践	5	2019.9-2021.9
47	李春艳	协同创新学校计划-顺义一中	“以学生为中心”教学法促进学科教学的行动研究	50	2015.5-2018.5

48	李春艳	“亮蓝工程”中学地理教学改进项目	“以学生为本”的中学地理教学改进研究	12	2017.4-2021.12
49	李春艳	紧缺急需专题项目(大兴、房山、平谷、西城)	新中考形式下的初中地理教学研究	133	2016.3-2016.6
50	李春艳	“启航计划”5期	地理新教师教学胜任力	150	2015.8-2021.10
51	李春艳	“青蓝计划”中学地理学科项目	青年骨干教师教学胜任力	22	2017.9-2021.9

2.2 团队成员所开发课程在北京市各区县承办的教师培训项目中的使用情况

序号	姓名	区域或学校	对象	形式	受益人数
1	顿继安	首都师范大学	名师工程+研究生	讲座	40
2	顿继安	西城区	全体初中数学教师	在线讲座	200
3	顿继安	丰台区	全体初中数学教师	讲座	150人
4	顿继安	通州区	全体初中数学教师	在线讲座	300
5	顿继安	海淀区	全体中学数学新教师	讲座	87
6	顿继安	海淀区	4期中学数学骨干教师	讲座	120
7	顿继安	门头沟区	全体初中数学教师	在线讲座	140
8	顿继安	王长青名师工作室	工作室骨干教师	研究指导	20
9	顿继安	裴艳萍名师工作室	工作室骨干教师	讲座+研究指导	20
10	顿继安	刘永江名师工作室	骨干教师	研究指导	25
11	顿继安	朱静珍名师工作室	骨干教师	研究指导	20
12	刘春艳	丰台区	全体初中教师	讲座	150
13	刘春艳	通州区	全体初中教师	讲座	150
14	刘春艳	大兴区	全体初、高中教师	讲座	300

15	刘春艳	海淀区	新教师	讲座	87
16	刘春艳	房山区	全体高中教师	讲座	100
17	刘春艳	东城区	全体初中教师	讲座	150
18	刘春艳	朝阳区	全体初、高中教师	讲座	300
19	刘春艳	杨林军名师工作室	骨干教师	理论导师	20
20	邓靖武	海淀区	物理骨干教师	讲座	30
21	李春艳	西城区	全体初高中地理教师	讲座	100
22	李春艳	昌平区	全体初高中地理教师	讲座	136
23	李春艳	门头沟区	全体初高中地理教师	讲座	40
24	李春艳	通州区	全体初中地理教师	讲座	90
25	李春艳	房山区	全体初高中地理教师	讲座	120
26	李春艳	海淀区	全体初中地理教师和新教师培训	讲座	100
27	李春艳	大兴区	全体初中地理教师	讲座	40
28	李春艳	朝阳区	全体初中地理教师	讲座	60
29	李春艳	刘岩名师工作室	工作室成员教师	讲座	13
30	李春艳	全斌领军物工作室	工作室成员教师	理论导师	16
31	李春艳	胡淑琴特级教师工作室	工作室成员教师	讲座	7
32	李春艳	梁博名师工作室	工作室成员教师	讲座	20
33	冯爽	昌平区	区物理骨干教师	讲座	30
34	冯爽	石景山区	区物理骨干教师	讲座	20

35	冯爽	通州区	区物理骨干教师	讲座	14
36	周玉芝	石景山区	区化学骨干教师	讲座	20
37	周玉芝	中学化学特级名师	骨干教师	讲座	20
38	周玉芝	大兴区	区化学骨干教师	讲座	20
39	周玉芝	房山区	高中化学新教师	讲座	30
40	周玉芝	怀柔区	化学特级教师工作室	讲座	20
41	周玉芝	通州区	高中化学骨干教师	讲座	15

2.3 团队成员所开发课程在京外单位承办的教师培训项目中的使用情况

序号	姓名	研究课或报告名称	对象	受益人数	组织单位	时间
1	顿继安	大概念统摄的单元教学	北师大联盟校教师	80	北京师范大学	2021.4
2	顿继安	大概念统摄的单元教学	国培计划	100	河南大学	2020.10
3	顿继安	大概念统摄的单元教学	国培计划	100	河南师范大学	2020.11
4	顿继安	基于学生研究的数学教学	国培计划	50	山西师范大学	2016.11
5	顿继安	基于学生研究的数学教学	国培计划	50	天津师范大学	2018.11
6	顿继安	基于学生研究的数学教学	国培计划	50	岭南师范大学	2019.10
7	顿继安等	基于学生研究的数学教学	国培计划	50	高等教育出版社	2017.6
8	李春艳	核心素养下的高中地理教学内容组织策略	天津师范大学地理教育硕士	30	天津师范大学教师教育学院	2017.12
9	李春艳	核心概念下的中学地理教学	长春市地理名师	50	长春市教育学院	2018.7
10	李春艳	逆向教学设计	内蒙古锡盟地理教师	50	北京教育学院	2019.9

11	李春艳	教与学方式的转变	内蒙古锡盟地理教师	50	北京教育学院	2019.9
12	李春艳	国培计划：名师工作室工作活动设计、管理与项目研究	黑龙江省地理名师	100	黑龙江省教师发展学院	2019.10
13	李春艳	“以学生为本”的教学设计	绵阳职业教育教师	56	绵阳职业学院	2020.11
14	李春艳	国培计划培训者培训：参与式培训方式的设计与实施	全国24个省级行政区的培训者	36	合肥师范学院	2020.12
15	刘春艳	考试改革背景下的高中数学教学研究	江南大学国培计划高中数学	150	江南大学	2016-2019
16	刘春艳	教学设计与实施	北师大教育硕士	250	北京师范大学	2017-2021
17	刘春艳	考试改革背景下的初中数学教学研究	河北师大国培计划初中数学	50	河北师范大学	2020-10
18	冯爽	核心素养下的高中物理教学策略	内蒙古教师培训	50	内蒙古教育厅	2020.7
19	冯启磊	数学教师培训方案设计与案例分析	河南国培班	100	河南师范大学	2019.9
20	胡玉华	生物学核心概念及其教学理解	天津滨海新区教学能手研修班	32	北京教育学院	2015.10
21	胡玉华	生物学核心概念及其教学理解	秦皇岛生物骨干教师	56	北京教育学院	2016.11
22	周玉芝	促进学生化学核心素养发展的教学	河北省骨干教师	50	北京师范大学	2018
23	周玉芝	为理解而教的化学	全国各地骨干教师	60	北京师范大学	2017

2.4 面向全国录制在线播放的教师培训课程情况一览表（证书）

序号	姓名	研究课或报告名称	辐射范围	受益人数	组织单位	时间
1	顿继安等	素养导向的初中数学教学十五讲	全国（国培网路课程）	5000	中国教师教育网	2018.11

2	顿继安等	初中数学教师专业发展十五讲	全国（国培网路课程）	3000	中国教师教育网	2018. 11
3	顿继安	初中数学教学中的自学指导	全国（公益讲座）	1600	中国教师教育网	2020. 6
4	顿继安	高观点下的初等数学（几何篇）	全国	2000	中国教研网	2018. 6
5	刘春艳	高观点下的初等数学（代数篇）	全国	2000	中国教研网	2018. 6
6	刘春艳	中学数学教学设计	全国	2000	中国教研网	2017-2021
7	胡玉华等	初中生物教师的学科知识结构	全国（国培网路课程）	1800	中国教师教育网	2018. 11
8	胡玉华	整体把握高中生物学课程	全国（国培网络课程）	2000	中国教师教育网	2019. 6
9	张芳	《通用技术核心概念与思想方法》	全国	300	基础教育教师培训网	2016. 10
10	张芳	初中物理教学反思	全国（国培网路课程）	1000	中国教师教育网	2018. 11
11	张芳	教研员的职能定位与自身发展	全国（国培网路课程）	200	奥鹏教育网	2018. 10

3. 团队围绕“深度研修模型”而形成的科研成果

3.1 学科教育类论文目录

本表所列均为团队成员作为第一作者、独立作者或通讯作者发表的论文。

序号	作者	论文题目	刊名	时间	级别
1	邓靖武	大概概念统摄下物理单元知识结构构建及教学探讨	课程.教材.教法	2021	C刊
2	李春艳	中学地理“大概概念”下的单元教学设计	课程.教材.教法	2020	C刊
3	周玉芝	化学学科关键能力培养:教师教学的视角	课程.教材.教法	2019	C刊
4	邓靖武	基于学习视角的物理课堂构建策略	课程.教材.教法	2019	C刊
5	李春艳	学习视角下的地理课堂教学有效提问策略	课程.教材.教法	2018	C刊
6	胡玉华	基于核心素养的初中生物课堂教学改进探讨	课程.教材.教法	2017	C刊
7	李春艳	中学地理课程中的概念建构与学习进阶	课程.教材.教法	2016	C刊
8	顿继安	挖掘价值点·找准渗透点:让学科德	中小学管理	2020	C扩

		育真实落地			
9	李红云,	学生统计思维发展水平划分探究	数学教育学报	2019	C扩
10	白永潇	促进中小学数学教学衔接的初一年级数学前测命题研究	中国考试	2019	C扩
11	刘春艳	理解试题内涵 把好教学方向——从一道北京中考试题说起	数学教育学报	2018	C扩
12	冯启磊	基于学生猜想探究能力发展的初中数学教学改进研究	教育科学研究	2018	C扩
13	刘春艳	基于数学抽象的概念形成:模型与案例	数学通报	2021	核心
14	邓靖武	有质量零长度弹簧问题的处理——以2019年第50届国际奥林匹克物理竞赛理论第1题为例	物理教学	2021	核心
15	杨小丽	促进理解和迁移的四边形单元教学设计	数学通报	2021	核心
16	周玉芝	基于大概念与科学实践的连贯课程设计——美国AP化学课程设计方法探析	化学教学	2021	核心
17	李春艳	地理案例教学中的案例组织与教学操作	中学地理教学参考	2021	核心
18	杨小丽	台湾地区十二年一贯数学课程纲要的特点及启示	基础教育课程	2020	核心
19	邓靖武	以大情境统领课堂,克服情境创设碎片化	基础教育课程	2020	核心
20	邓靖武	合理选择探究层次,让探究教学更落地	物理教师	2020	核心
21	邓靖武	篮球真有可能向上运动吗?——评2020年北京高考物理第14题	物理教师	2020	核心
22	顿继安	问题变式视角下数学新定义型综合题的设问路径——以2020年北京市中高考数学题为例	基础教育课程	2020	核心
23	刘春艳	聚焦核心素养的单元教学设计——以高中“平面向量的运算”单元为例	数学通报	2020	核心
24	冯爽	指向核心素养的物理单元教学设计策略研究	物理教学	2020	核心
25	周玉芝	“洗涤的学问”项目式教学	化学教育(中英文)	2020	核心
26	顿继安	基于数学建模过程的三角函数概念教学研究	数学通报	2020	核心
27	周玉芝	基础教育阶段STEM教育的性质和路径	教学与管理	2020	核心
28	周玉芝	跨学科项目教学案例——魔力沙	化学教育(中英文)	2020	核心
29	胡玉华	芬兰基础教育核心素养框架及实施	教学与管理	2020	核心
30	顿继安	大概念统摄下的“二元一次方程组”单元教学研究	基础教育课程	2019	核心
31	顿继安	大概念统摄下的单元教学设计	基础教育课程	2019	核心
32	胡玉华	中学生物学探究活动的问题与教学改进	基础教育课程	2019	核心

33	杨小丽	我国大陆与台湾地区数学课程标准中内容分布的比较研究	数学通报	2019	核心
34	李春艳	“问题接力(Question Relay)”改变地理学习——以高中地理“热力环流”教学片段为例	地理教学	2018	核心
35	顿继安	对象拓展型新运算:概念、意义与教学思路	数学通报	2018	核心
36	杨小丽	关注证明思路的获得还要关注对证明的理解——以“三角形内角和定理”的教学为例	数学通报	2018	核心
37	李红云	基于 GeoGebra 的数学探究学习的实践与思考——以探究四边形全等条件为例	数学通报	2018	核心
38	邓靖武	以优化实验为策略提升学生科学思维能力——以“交变电流有效值”的教学为例	物理教学	2018	核心
39	周玉芝	指向科学教学改进的科学实践活动课程的设计原则	化学教育(中英文)	2018	核心
40	冯启磊	负负得正的教学:直观与推理的融合	数学通报	2018	核心
41	李红云	中学数学“用频率估计概率”问题及设计建议	数学通报	2018	核心
42	冯启磊	教材理解:新教师专业素养提升的必修课	中小学管理	2018	核心
43	周玉芝	芬兰基础教育阶段教师的培养及课程改革	中学化学教学参考	2017	核心
44	刘春艳	数学高考改革的“能力立意”:基于高考试题变化的解析	中小学管理	2017	核心
45	曾早早	NGSS“地球与空间科学”领域的内容特点及对地理教育的启示	中学地理教学参考	2017	核心
46	杨小丽	“平行四边形及其性质”怎么教	数学通报	2016	核心
47	胡玉华	德国科学教育改革:从知识导向到能力导向	中小学管理	2016	核心
48	刘春艳	以“考改”促“课改”:北京高考题目变化的目标与取向——以近几年北京市高考数学题目的变化为例	中小学管理	2016	核心
49	曾早早	运用核心概念培养地理学科核心素养	中学地理教学参考	2015	核心
50	胡玉华	美国《新一代科学教育标准》的设计理念及启示	中小学管理	2015	核心
51	杨小丽	基于学生需要和认知基础设计与实施教学	数学通报	2015	核心
52	胡玉华	科学教育中的核心概念及其教学价值	课程·教材·教法	2015	核心
53	冯爽	普通高中物理课程标准中物理学史内容分析及教学策略构建	物理教师	2021	核心
54	顿继安	学科融合:数学建模活动资源开发的一个视角——以“种群数量变化研究”为例	数学通报	2021	核心
55	曾早早	以核心概念为中心的地理单元教学设计	基础教育课程	2021	一般

56	顿继安	数学探究活动自主度水平体系的构建及应用策略	北京教育学院学报	2021	一般
57	胡玉华	基于核心素养的学科大概念及其教学策略	基础教育课程	2021	一般
58	李春艳	中学地理“概念为本”教学的内涵与策略	基础教育课程	2021	一般
59	李春艳	中学地理问题式教学的研究与设计	中学地理教学参考	2020	一般
60	白永潇	如何运用信息技术培养小学生数学高阶思维	中国信息技术教育	2020	一般
61	刘春艳	考试命题中情境与问题的设计	中国数学教育	2020	一般
62	李春艳	中学地理课堂可视化学学习的有效策略	中学地理教学参考	2020	一般
63	顿继安	基于学生自主探究的数学教学:题材选择与活动设计——以“二次根式加减法”为例	北京教育学院学报	2018	一般
64	李春艳	站在学习者的角度设计一节课的教学目标——以地理学科为例	中小学教材教学	2018	一般
65	曾早早	中学地理中的“人地关系”主题教育	中小学教材教学	2018	一般
66	周玉芝	静电复印模拟实验改进与教学活动设计	物理通报	2017	一般
67	杨小丽	如何选择和设计有效的数学活动	数学通报	2017	一般
68	冯启磊	“直观想象、逻辑推理”素养的培养——以探究“等腰三角形的性质”为例	中小学课堂教学研究	2017	一般
69	胡玉华	能力导向的德国中学生物学教育标准及启示	生物学教学	2016	一般
70	张芳	通用技术课专用教室的使用策略	北京教育学院学报(自然科学版)	2016	一般
71	冯爽	基于核心素养提升中学物理教师发展	中学物理教学参考	2016	一般
72	顿继安	关于构建穿越学科边界的课程的几点思考	中国教师	2016	一般
73	顿继安	基于核心素养的数学教学:基础、挑战与对策	中小学教材教学	2015	一般
74	胡玉华	核心概念统摄下的生物课堂教学活动设计	中国教师	2015	一般
75	冯爽	在基础教育中落实科普教育 增强物理课堂的时代性——以“光的偏振”为例	新课程教学(电子版)	2015	一般
76	顿继安	初中数学教学中分析学生认知的三个维度	北京教育学院学报(自然科学版)	2015	一般
77	杨小丽	美国数学教材统计部分编写特点及其启示——以 Holt McDougal 编写的教材 Mathematics 为例	北京教育学院学报(自然科学版)	2015	一般
78	白永潇	项目式学习促进师生共同发展	中国教师报	2021	一般
79	刘春艳	孩子抗议老师批评“罢学”怎么办	中国教育报	2015	一般

3.2.2 教师教育类论文

本表所列均为团队成员作为第一作者、独立作者或通讯作者发表的论文。

序号	作者	论文名称	刊名	时间	级别
1	刘春艳	“双一流”建设需要教师教育转型	中国高等教育	2017	C刊
2	冯爽	教研员培训的探索与创新——以一次以名著阅读为线的物理教研员培训为例	基础教育课程	2020	核心
6	顿继安	态度·方法·知识:教师“读懂学生”的三重路径——以数学学科教学为例	中小学管理	2017	核心
3	李春艳	具身认知理论视域下的新教师培训实践创新	继续教育研究	2020	一般
4	杨小丽	初中高级职称与非高级职称数学教师了解学情的比较研究	北京教育学院学报	2018	一般
5	冯爽	中学物理教师学科教学知识(PCK)测试研究	物理教学探讨	2017	一般

3.3 著作目录

本表所列均为团队成员主要作者出版的著作。

序号	作者	名称	出版社	时间
1	李春艳	“以学生为本”的中学地理教学原则、方法与工具	东北师范大学出版社	2020
2	顿继安等	素养导向的初中数学十五讲	北京教育出版社	2019
3	周玉芝	核心素养导向的中学化学教学——基于学科大概念与实践	北京教育出版社	2019
4	周玉芝	STEM教育视野下的课程开发与学科教学改进	北京师范大学出版社	2019
5	李春艳	教师教学技能培养系列教程·中学地理	中国轻工业出版社	2019
6	李春艳	以学生为本的教学设计(高中卷)	教育科学出版社	2019
7	李红云等	基于GeoGebra的中学数学实验活动	东北师范大学出版社	2019
8	刘春艳	考试改革背景下数学关键能力进阶培养研究	中国科学技术大学出版社	2018
9	顿继安等	基于知识形成过程的数学教学	高等教育出版社	2018

10	冯启磊	基于核心素养的数学学科能力研究	北京师范大学出版社	2017
11	冯爽	中学物理教师学科教学知识研究与实践	高等教育出版社	2017
12	胡玉华	基于初高中衔接的生物学重要概念体系构建	北京出版社	2016
13	顿继安	从备学生转向研究学生——基于学生研究的数学教学	教育科学出版社	2015

3.4 团队成员参加的影响较大的国内外学术会议做报告情况

序号	姓名	内容	组织单位	时间
1	顿继安等	2021年国际学生评估项目数学试题命制	OECD（教育部基础教育质量监测中心委托）	2017
2	顿继安等	大素养观下的数学教学	首届京师数学新课程教学与评价研讨会（北京师范大学）	2019
3	顿继安 冯启磊	A Study On Improving Flexibility In Equation Problem Solving: Unit Teaching Based on Big-idea in Mathematics	第14届国际数学教育大会（ICME14，上海）	2021
4	顿继安	“Interpreting Students’ Thinking From the Perspective of Process—The Analysis of Investigation On the Solution of Linear Equations Type	第8届东亚数学教育会（台湾）	2018
5	冯启磊	Teaching Improvement research to Promote Students’ Ability of Conjectures and Exploring in Mathematics	第8届东亚数学教育会（台湾）	2018
6	李红云	Empirical Research on Mathematical Inquiry Based Dynamic Software in the Lesson Study Training	第23届亚洲数学技术年会（ATCM）（印度尼西亚）	2018
7	杨小丽	ON How to Help Students Better Understand Function Concept through Comparison of Different Math Textbooks	第13届国际数学教育大会（德国汉堡）	2016
8	白永潇	Study on Students’ Geometric Intuition and its Assessment in Grade	第13届国际数学教育大会（ICME13，汉堡）	2016
9	贾小宇	Mathematical Modeling : Comparative Study of junior high School Mathematics Textbook	第19届国际数学建模教学与应用会议（ICTMA 19，香港）	2019

4. 代表性教师体验式学习活动资源与工具目录

4.1 体现“学科高观点+学生之立场”的教学资源

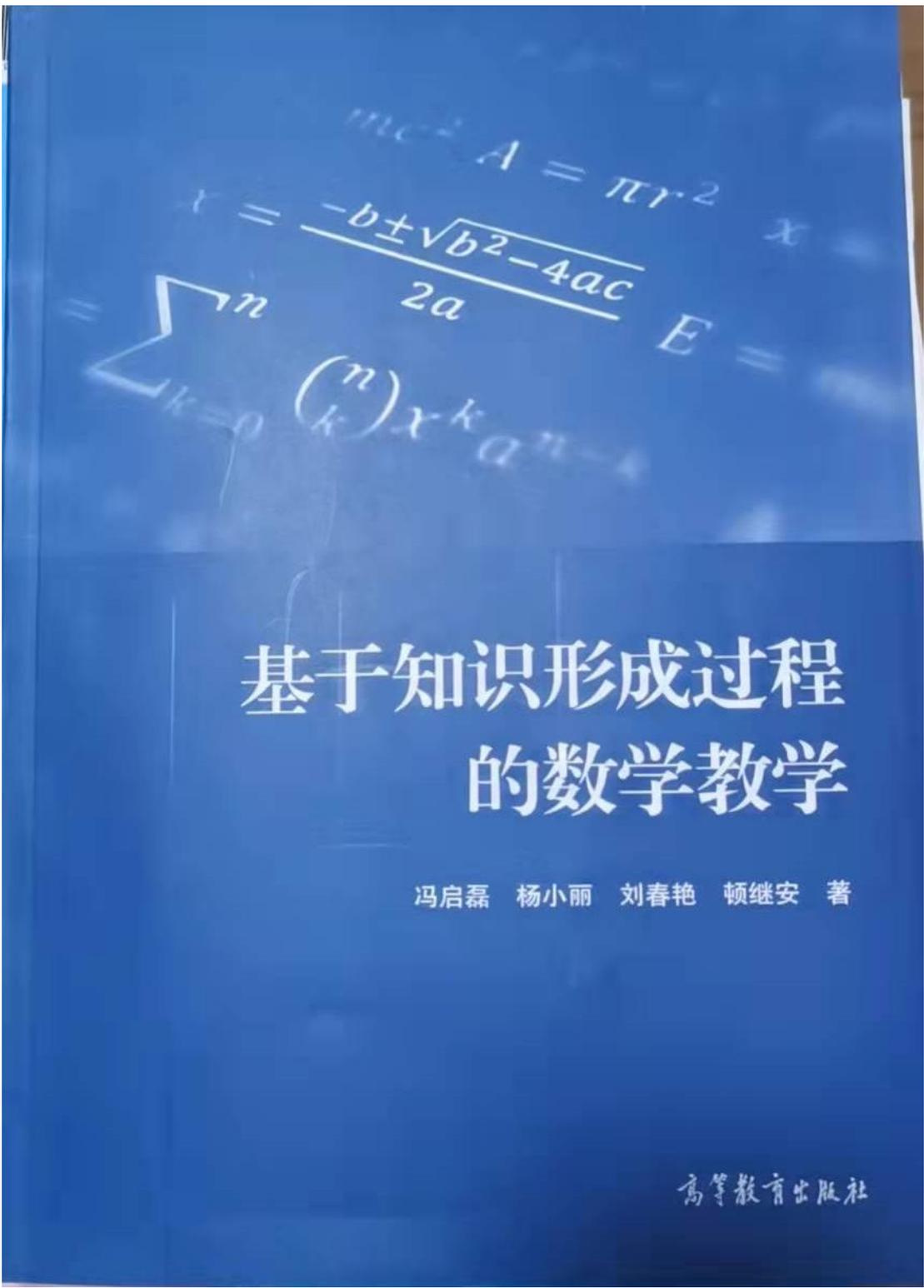
- 案例 1: 初中地理新授课《地图三要素》 文本与视频
- 案例 2: 初中地理新授课《地方文化特色》 文本与视频
- 案例 3: 初中地理复习课《等高线的判读与应用》 文本与视频
- 案例 4: 高中地理新授课《资源枯竭型城市的转型发展》 文本与视频
- 案例 5: 高中地理《高三 10 月月考试卷讲评》 文本与视频
- 案例 6: 初中化学《洗涤中的学问》 教学设计与学生作品
- 案例 7: 初中数学《有理数加法》 教学视频
- 案例 8: 高中数学《条件概率》 教学改进前后案例文本

4.2 专门用于体会“学科高观点”的内涵与意义的培训教学资源与工具

- 资源与工具 1: 高观点下内容组织对学生思维的影响案例
- 资源与工具 2: 用高观点视角重组单元教学内容的案例
- 资源与工具 3: 建构地理大概念的基本问题案例
- 资源与工具 4: 大概念统摄下地理单元教学内容的整合案例
- 资源与工具 5: 地理大概念“空间相互作用”的内涵框架
- 资源与工具 6: 将地理大概念“地理位置”进行全学段学习进阶设计
- 资源与工具 7: 数学大概念“方程”统摄下的初中数学相关内容结构图
- 资源与工具 8: 大概念—“最小公倍数”“乘法公式”与“对数运算”的一致性

4.3 专门用于体会“学生之立场”的内涵与意义的培训资源与工具

- 资源与工具 1: “三段式”访谈法与学生立场的建立
- 资源与工具 2: 从最近逃生门的确定到泰森多边形
- 资源与工具 3: 格子闯关图与平行四边形单元的活动设计
- 资源与工具 4: “滚雪球”与合作学习
- 资源与工具 5: “停车场”与信息加工
- 资源与工具 6: 数字链条与学习投入
- 资源与工具 7 “压力雪仗”与学生真实困难的暴露
- 资源与工具 8: “问题接力”与难题的突破



The background of the cover is a dark blue gradient. At the top, there are several mathematical formulas in a light blue, slightly blurred font. From top to bottom, they are: mc^2 , $A = \pi r^2$, x , the quadratic formula $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$, $E =$, and a binomial expansion $\sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k a^{n-k}$. A white star shape is drawn on the left side, with its top point pointing towards the top-left corner.

基于知识形成过程 的数学教学

冯启磊 杨小丽 刘春艳 顿继安 著

高等教育出版社

目 录

第一部分 基于知识形成过程的数学教学的理论探讨	1
第一章 数学知识形成过程中的基本问题	3
第一节 数学知识形成过程教学实践中存在的问题透视	3
第二节 从数学史看知识的形成过程	8
第三节 数学史意义下的知识形成过程与数学教学	15
第四节 “再创造”意义下的知识形成过程	20
第二章 按照知识的形成过程设计数学教学	25
第一节 还原数学知识形成过程的途径与方法	25
第二节 在知识形成的关键环节读懂学生	32
第三节 以多样化的方法帮助学生突破难点	55
第二部分 基于知识形成过程的中学数学教学实践与案例	75
第三章 数与代数领域的实践与案例	77
第一节 运算知识的形成过程分析与教学案例	77
第二节 方程知识的形成过程分析与教学案例	85
第三节 函数知识的形成过程分析与教学案例	95
第四章 几何领域的实践与案例	104
第一节 几何中概念性知识的形成过程分析与教学案例	104
第二节 几何中方法性知识的形成过程分析与教学案例	121
第五章 概率统计领域的实践与案例	121
第一节 概率知识的形成过程分析与教学案例	121
第二节 统计知识的形成过程分析与教学案例	131
后记	14

学生研究与学科教学丛书 | 季苹 主编

MATHEMATICS

从“备学生”转向“研究学生”

——基于学生研究的数学教学

顿继安 著



教育科学出版社
EHPH Educational Science Publishing House

从“备学生”转向“研究学生”——基于学生研究的数学教学

出版人 所广一
项目统筹 何 薇
责任编辑 郑 莉
版式设计 宗沅雅轩 郝晓红
责任校对 贾静芳
责任印制 叶小峰

图书在版编目 (CIP) 数据

从“备学生”转向“研究学生”：基于学生研究的
数学教学/顿继安著. —北京：教育科学出版社，2015. 7
(学生研究与学科教学丛书/季苹主编)
ISBN 978 - 7 - 5041 - 9857 - 0

I. ①从… II. ①顿… III. ①中学数学课—教学研究
IV. ①G633. 602

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 184262 号

从“备学生”转向“研究学生”——基于学生研究的数学教学
CONG “BEI XUESHENG” ZHUAN XIANG “YANJIU XUESHENG”
——JIYU XUESHENG YANJIU DE SHUXUE JIAOXUE

出版发行 教育科学出版社

社 址	北京·朝阳区安慧北里安园甲 9 号	市场部电话	010 - 64989009
邮 编	100101	编辑部电话	010 - 64981357
传 真	010 - 64891796	网 址	http://www.esph.com.cn

经 销 各地新华书店

制 作 北京博祥图文设计中心

印 刷 保定市中国画美凯印刷有限公司

开 本 169 毫米×239 毫米 16 开 版 次 2015 年 7 月第 1 版

印 张 17.25 印 次 2015 年 7 月第 1 次印刷

字 数 252 千 定 价 36.80 元

如有印装质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

目 录

第一章	对“研究学生”问题的梳理、还原与重建	001
第一节	梳理和反思现实中对“备学生”的理解	002
第二节	从“备学生”到“研究学生”的转变	010
第三节	“基于学生研究的数学教学”的提出	023

第二章	“学生研究”视角下的数学学科知识	037
第一节	从学生发展的视角认识数学及其教育价值	038
第二节	数学学科知识在研究学生中的作用	056
第三节	研究学生需要具体数学知识的准备	068
第四节	研究学生需要的数学方法论知识	075

第三章	“研究学生”需要树立的学生观	101
第一节	每一位学生都是主观能动性有数学智慧的人	102
第二节	学生作为发展中的人必然遇到规律性的困难	114
第三节	跳出数学学科，学生看作“完整的人”	136

第四章	基于学生研究的数学教学方法	153
第一节	按照“研究过程”设计教学流程	154
第二节	以“研究”为基础构建突破难点的方法	171

第五章 “基于学生研究的数学教学”的实践诠释 183

- 第一节 设计空间适度的问题 184
 - 第二节 以科学的方法调研学生 201
 - 第三节 根据学生情况积极做出调整 215
 - 第四节 有效的反思与学生研究 221
-

附 录 231

- 附录 1 莫让教与学“擦肩而过” 231
- 附录 2 用数学化方法组织一个领域 239
- 附录 3 怎样教更有效 249

参考文献 253

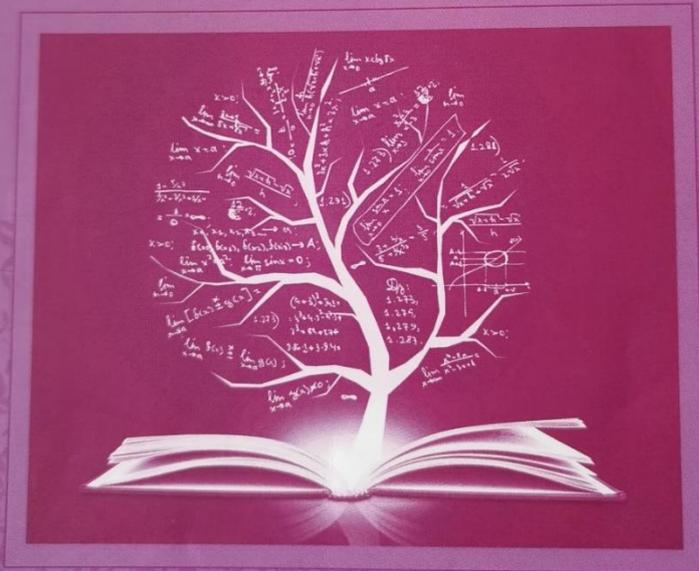
后 记 257



数学与科学教育研究丛书

素养导向的初中数学 教学十五讲

顿继安 主编



北京出版集团公司
北京教育出版社

目 录

Contents

导言 /001

第一部分

理论基础探讨

- 第1讲 核心素养与初中数学教学 /003
第2讲 基于初中数学教学的数学学科核心素养解析 /012
第3讲 基于知识纵横联系的初中数学知识体系分析 /027

第二部分

实践策略建构

- 第4讲 素养导向的初中数学新授课教学探讨 /041
第5讲 素养导向的初中数学习题课教学探讨 /053
第6讲 初中数学综合与实践活动的资源开发和教学实施策略 /065
第7讲 初中数学单元教学设计的实践探索 /077
第8讲 能力立意的数学试题解析 /090

第三部分

教学技能准备

- 第9讲 数学教材分析的思路与方法 /105
第10讲 学情分析的内容、方法与应用 /123
第11讲 支持学生自主探究的教师“言”与“行” /131

第四部分

Research on
Learning Progressions of
Key Mathematical Abilities
under the Background of
Examination Reform

刘春艳 著

考试改革背景下
数学关键能力进阶
培养研究

中国科学技术大学出版社

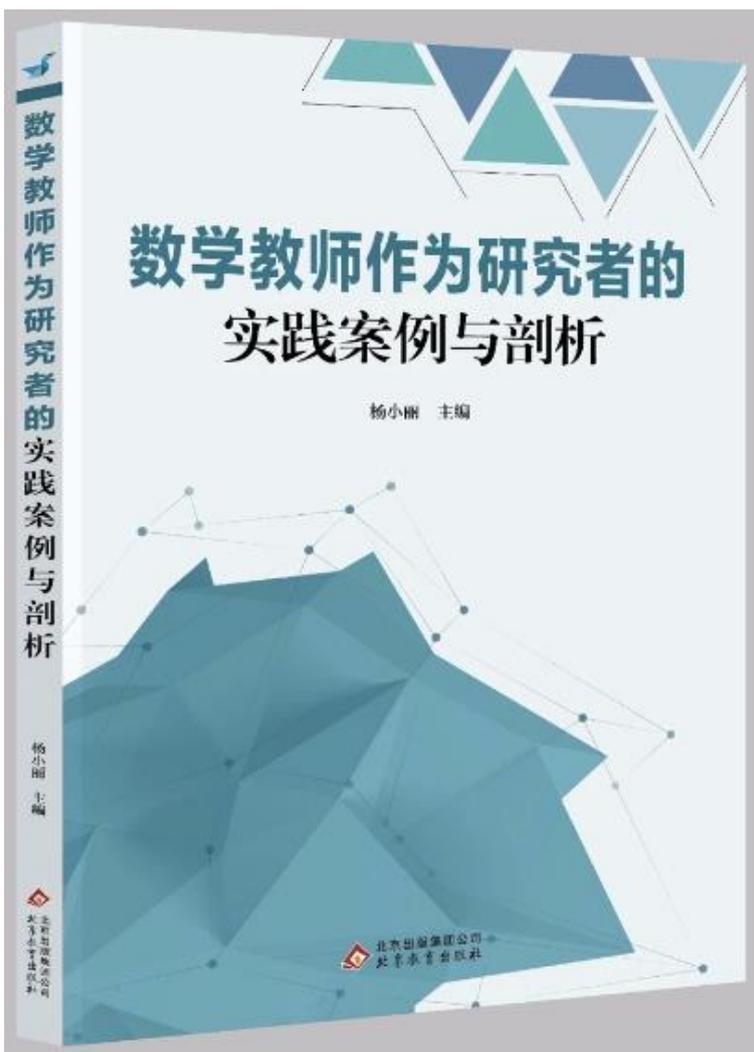
目 录

前言	(1)
第一章 能力立意的考试改革研究	(1)
第一节 国内考试命题的历史发展	(1)
第二节 国外相关教育评价的借鉴	(10)
第二章 基于能力立意命题的数学关键能力学习进阶模型	(26)
第一节 能力立意命题的理论基础	(26)
第二节 能力立意命题的数学能力分析	(33)
第三节 学习进阶理论及评价模型	(50)
第四节 数学关键能力的学习进阶模型	(59)
第三章 中学教师对能力立意理解的现状	(66)
第一节 关于教师理解的问卷调研	(66)
第二节 关于教师理解的课堂观察	(85)
第四章 基于逻辑思维能力学习进阶培养的课堂教学研究	(96)
第一节 逻辑思维能力的内涵与学习进阶	(96)
第二节 基于逻辑思维能力学习进阶培养的课堂教学案例	(105)
第五章 基于运算能力学习进阶培养的课堂教学研究	(133)
第一节 运算能力的内涵与学习进阶	(133)
第二节 基于运算学习能力学习进阶培养的课堂教学案例	(141)
第六章 基于空间想象能力学习进阶培养的课堂教学研究	(160)
第一节 空间想象能力的内涵与学习进阶	(160)
第二节 基于空间想象能力学习进阶培养的课堂教学案例	(169)

前

言

v



数学教师作为研究者的实践案例与剖析

杨小丽 主编

北京出版集团公司
北京教育出版社

数学教师作为研究者的 实践案例与剖析

杨小丽 主编

北京出版集团公司
北京教育出版社

教师作为研究者是教师专业发展的诉求，也是提升教育教学质量的关键。

本书收录了教师作为研究者的六个实践案例。其中小学的两个研究主要指向测试工具的开发，初中的两个研究主要指向理论指导下的教学效果研究，高中的两个研究主要指向教学案例开发。6个研究报告基本符合教育科学研究的一般规范和要求，得出的结论或给出的建议都有值得借鉴和参考之处。当然，如果用纯学术的眼光来审视这些成果，会发现不少瑕疵。作为编者，我们不希望他们研究中的失误或不妥之处对读者有任何的误导，因而会在每个研究报告后的点评中，将整个研究过程当中的不足尽可能地指出来，以帮助读者更加客观地看待这些研究。

通过这本书，我们想传达以下几点想法。

一、教师可以成为好的研究者

本书的撰稿者均来自北京教育学院首期青蓝计划数学研修班学员。在2017—2019年学习期间，他们除了要完成各个课程模块的学习之外，还要求必须完成一个课题研究并撰写相应的课题研究报告。他们中有的从未涉猎过科研；有的虽然做过课题，但此次却尝试了研究以往不曾了解的领域。从他们的研究报告中可以看出，无论以前是否接触过科研，无论是不是熟悉的领域，只要认真学习、思考并着手去做，教师是可以进行不同类型的研究并成为好的研究者的。

二、教师作为研究者会面临许多挑战

尽管教师可以成为好的研究者，但是教师作为研究者却会面临诸多挑战。

挑战一，文献掌握不够。

通读6个研究报告，共同的特点是文献阅读不够全面，文献述评不够到位。而做研究，对文献的把握却是相当重要的。阅读文献可以帮助我们聚焦研究问题、明晰研究意义、界定核心概念、构建理论基础、习得研究方法。可以说，文献堪比心脏，它给研究的各个环节输送血液，让研究者明确知道：对于自己想研究的领域，别人已经研究了什么，有什么不足，还有什么可以进一步研究的问题；已有的研究所建构的理论框架是否可以借鉴；已有的研究用的研究方法是什么，是否可以为本研究所用，抑或需要改进。

挑战二，理论储备不足。

教育研究是建立在一定的理论基础上的。理论可以帮助我们发现研究问题、为研究过程提供理论模型或框架、指导数据分析、帮助解释分析研究结果。而一线教师往往由于各种原因，对各种理论的了解不多、不深入，这将阻碍教师进行高质量的教育科学研究。

挑战三，研究方法欠缺。

教育研究有三种主要的研究范式或方法：定量研究、定性研究和混合研究。其中定量研究主要包括实验研究和非实验研究；定性研究主要包括：现象学、民族志、个案研究、扎根理论和历史研究。为了回答所提出的研究问题，需要收集数据，数据收集的方法主要有：测验、问卷、访谈、观察、二手数据或现有数据。本书中的6个研究在收集数据上，主要采用了测验、问卷、访谈和二手数据这四种方法，但在规范性和有效性上都还有不少改进空间。

当然，挑战远不止以上三方面，事实上，一线教师最大的挑战是时间。如果时间充裕，通过不断地学习、思考和研究实践，以上提到的问题，总是可以或多或少解决的。只要教师具备问题意识、证据意识、反思意识、成果意识，就会在研究的道路上越走越远！

第一篇

小学高年级学生代数思维水平评价工具的制定研究

篇导读 /002

第1章 绪论 /003

1.1 研究背景 /003

1.2 研究问题 /003

1.3 研究意义 /004

1.4 研究方法 /004

第2章 文献综述 /005

2.1 核心概念界定 /005

2.2 已有研究概述 /006

2.3 对已有研究的评价 /009

第3章 小学高年级学生代数思维水平评价框架的构建 /010

3.1 基于运算、方法和对象三个维度的六个指标基本框架的确定 /010

3.2 已有研究中对六个指标不同层级的具体表现的划分 /010

3.3 对已有高低不同层级具体表现结果的调整 /012

第4章 测试工具的开发及评分标准的研制 /013

4.1 测试工具的开发 /013

4.2 评分标准的研制 /014

4.3 测试工具的信度和效度 /015

第5章 测试结果及分析 /016

5.1 整体水平分析 /016

5.2 不同维度发展水平分析 /017

5.3 与学生近期数学成绩相关性分析 /019

5.4 代数思维发展差异在性别上的体现 /019

- 5.5 典型题目分析 /020
- 5.6 学生个案分析 /023

第6章 研究结论及建议 /026

- 6.1 研究结论 /026
- 6.2 相关建议 /027

参考文献 /027

附录 测试工具 /028

点评 /032

第二篇

数的运算领域几何直观能力的评价研究

篇导读 /035

第1章 绪论 /036

- 1.1 研究背景 /036
- 1.2 研究问题 /037
- 1.3 研究意义 /038
- 1.4 研究方法 /038

第2章 文献综述 /039

- 2.1 核心概念界定 /039
- 2.2 几何直观的表现形式 /040
- 2.3 数学学科能力的评价 /041
- 2.4 几何直观能力的评价 /043

第3章 数的运算领域几何直观水平框架构建 /045

第4章 工具研发及评分标准研制 /047

- 4.1 工具研发 /047
- 4.2 题目区分度分析 /048
- 4.3 试测题目调整 /049
- 4.4 评分标准 /049

第5章 结果分析 /051

- 5.1 试卷信度效度 /051
- 5.2 量化结果 /051

5.3 典型题目分析 /059

5.4 学生个案分析 /070

第6章 课程资源开发 /074

第7章 研究结论及建议 /075

7.1 研究结论 /075

7.2 整体策略及教学建议 /075

参考文献 /079

附录 /080

附录1: 专家意见咨询表 /080

附录2: 典型测试题目 /081

附录3: 几何直观能力测评——评分标准 /084

附录4: 教学资源开发 /088

点评 /094

第三篇

“做+反思”教学模式在运算应用型新知识教学中的应用研究

篇导读 /097

第1章 绪论 /098

1.1 研究背景 /098

1.2 研究问题 /099

1.3 研究意义 /099

1.4 研究方法 /099

第2章 文献综述 /100

2.1 概念界定 /100

2.2 研究现状 /102

第3章 “做+反思”教学模式在运算应用型新知识教学中的实施 /106

3.1 “做+反思”教学模式应用于运算应用型新知识教学的价值 /106

3.2 “做+反思”教学模式应用于运算应用型新知识教学的可能性 /107

第4章 运算应用型新知识教学的案例研究 /108

4.1 运算应用型新知识教学在一元二次方程教学中的应用 /108

4.2 运算应用型新知识教学在一元二次不等式教学中的应用 /113

第5章 研究结论及建议 /121

5.1 研究结论 /121

5.2 讨论 /122

参考文献 /122

点评 /124

第四篇

基于范希尔理论的平行四边形单元教学实验研究

篇导读 /126

第1章 绪论 /127

1.1 研究背景 /127

1.2 研究问题 /128

1.3 研究意义 /128

1.4 研究方法 /129

第2章 文献综述 /130

2.1 概念界定 /130

2.2 研究现状 /130

第3章 学生几何思维水平现状调查 /133

3.1 调查目的 /133

3.2 调查对象 /133

3.3 调查工具 /133

3.4 调查结果 /133

第4章 基于范希尔理论的四边形单元教学设计 /135

4.1 教学内容 /135

4.2 平行四边形性质教学设计 /137

4.3 平行四边形判定教学设计 /146

4.4 基于范希尔理论的平行四边形教学设计的特色 /151

第5章 范希尔理论在八年级四边形教学中的实验研究 /152

5.1 研究问题 /152

5.2 研究假设 /152

5.3 研究对象 /152

5.4 研究变量	/152
5.5 研究材料	/153
5.6 实验过程	/153
5.7 实验结果分析	/153

第6章 研究结论及反思 /161

6.1 研究结论及建议	/161
6.2 研究反思	/162
参考文献	/162
点评	/164

第五篇

高中函数教学中合情推理能力培养的实践教学研究

篇导读	/167
-----	------

第1章 绪论 /168

1.1 研究背景	/168
1.2 研究问题	/170
1.3 研究意义	/172

第2章 文献综述 /174

2.1 合情推理的含义	/174
2.2 核心概念的界定	/175
2.3 已经研究的问题	/176
2.4 课题的研究目标	/177

第3章 合情推理能力的调查研究 /178

3.1 教师访谈	/178
3.2 学生合情推理能力调查	/180

第4章 合情推理能力的分层、教学策略及教学设计 /182

4.1 合情推理能力的分层	/182
4.2 合情推理的教学策略	/186
4.3 合情推理的教学设计	/188

第5章 研究的结论及建议 /209

参考文献	/209
点评	/211

第六篇

信息技术融入高中指数、对数及幂函数教学研究

篇导读 /213

第1章 绪论 /214

- 1.1 研究背景 /214
- 1.2 研究问题 /214
- 1.3 研究意义 /215
- 1.4 研究方法 /215

第2章 文献综述 /216

- 2.1 概念界定 /216
- 2.2 研究现状 /218
- 2.3 研究的不足 /219

第3章 信息技术使用现状调查 /220

- 3.1 调查问卷 /220
- 3.2 问卷分析 /220

第4章 指数函数教学现状分析及改进设计 /227

- 4.1 “指数函数概念引入”教学现状分析及改进设计 /227
- 4.2 “指数函数图象、性质探究”现状分析及改进设计 /229

第5章 对数函数教学现状分析及改进设计 /232

- 5.1 “对数函数概念引入”教学现状分析及改进设计 /232
- 5.2 “对数函数图象、性质探究”现状分析及改进设计 /234

第6章 幂函数教学现状分析及改进设计 /237

- 6.1 “幂函数概念引入”教学现状分析及改进设计 /237
- 6.2 “幂函数图象、性质探究”现状分析及改进设计 /239

第7章 研究结论 /243

- 7.1 引入环节的实际背景 /243
- 7.2 信息技术的使用为提升数学核心素养服务 /243
- 7.3 使用信息技术观念的转变 /244

参考文献 /244

附录 信息技术与数学融合调查问卷 /250

点评 /253

后记 /254

基于GeoGebra的

中学数学实验活动

JiYu GeoGebra De ZhongXue ShuXue ShiYan HuoDong

李红云 伍春兰◎著



NORTHEAST NORMAL UNIVERSITY PRESS
www.nnup.com

东北师范大学出版社

目 录 ◀

第一篇 惊鸿一瞥	1
第一章 走近 GeoGebra	2
导引问题	2
1.1 GeoGebra 掠影	2
1.2 GeoGebra5 的下载	2
1.3 GeoGebra5 的安装	3
1.4 GeoGebra5 的窗口	4
1.5 GeoGebra5 的菜单	5
1.6 GeoGebra5 的工具箱	10
检测练习 1	20
第二章 GeoGebra 的平面坐标	21
导引问题	21
2.1 显示或隐藏坐标轴	21
2.2 调整坐标轴在窗口的的位置	21
2.3 调整坐标轴窗口的大小	21
2.4 构建合适的直角坐标系	21
2.5 构建数轴	24
2.6 调整网格线	25
检测练习 2	26
第二篇 基本应用	28
第三章 点与线	29
导引问题	29
3.1 点	29
3.2 线	31
3.3 折线	33
检测练习 3	35
第四章 三角形	36
导引问题	36
4.1 一般三角形	36
4.2 特殊三角形	37
4.3 三角形三线	40
4.4 三角形内角和	46

4.5	三角形三边关系	49
	检测练习 4	51
第五章	圆及相关的图形	52
	导引问题	52
5.1	圆	52
5.2	圆的切线	54
5.3	圆弧	55
5.4	弓形	56
5.5	扇形	57
5.6	两圆位置关系	59
	检测练习 5	61
第六章	正多边形	62
	导引问题	62
6.1	正 n 边形	62
6.2	圆内接正 n 边形	63
6.3	正 n 边形的迭代	64
6.4	动态颜色	66
	检测练习 6	68
第七章	平面几何综合运用	70
	导引问题	70
7.1	钟表	70
7.2	五星红旗	73
7.3	新建工具	79
	检测练习 7	81
第八章	立体几何初步	82
	导引问题	82
8.1	[3D 绘图区]简介	82
8.2	圆锥	83
8.3	圆柱	85
8.4	圆台	87
8.5	正 n 棱锥/正 n 棱柱	88
8.6	正四面体	89
8.7	正方体	89
8.8	球	90
	检测练习 8	91
第九章	函数	92
	导引问题	92
9.1	函数	92
9.2	指定范围的函数	92
		95

9.3 分段函数	96
9.4 函数检视	97
9.5 缓慢绘制函数	98
9.6 函数点列	98
9.7 函数图象左右上下平移	100
检测练习 9	101
第十章 圆锥曲线	102
导引问题	102
10.1 圆锥曲线的工具画法	102
10.2 圆锥曲线的指令画法	103
10.3 圆锥曲线的定义画法	104
检测练习 10	106
第三篇 牛刀小试	107
第十一章 三角形的重要线段性质探究	108
导引问题	108
11.1 三角形高线带来的分割	108
11.2 三角形三条高线位置关系	110
11.3 三角形中位线	113
检测练习 11	117
第十二章 三角形全等判定探究	118
导引问题	118
12.1 三边分别相等是否可作为判定条件之 1	118
12.2 三边分别相等是否可作为判定条件之 2	120
12.3 三角分别相等是否可作为判定条件	123
检测练习 12	125
第十三章 勾股定理探索	127
导引问题	127
13.1 勾股定理验证	127
13.2 勾股定理证明之弦图	131
13.3 勾股定理证明之面积剖分法	136
检测练习 13	140
第十四章 圆周率近似	142
导引问题	142
14.1 阿基米德圆周率近似: 圆内接正多边形	142
14.2 阿基米德圆周率近似: 外接正多边形	146
检测练习 14	149

第四篇 研究创新	150
第十五章 《三角形高线规律探究》课例研修的实证研究	151
导引问题	151
15.1 问题提出	151
15.2 研究设计	152
15.3 课堂片段	153
15.4 效果分析	156
15.5 结论及反思	157
第十六章 GeoGebra 校本课程实践—以探究四边形全等条件为例	159
16.1 自主探索—四边形全等条件	160
16.2 实践结论	161
16.3 信息技术实施建议	162
第十七章 探索皮克定理教学设计	163
17.1 教学背景分析	163
17.2 教学目标设计	164
17.3 教学活动设计	164
17.4 教学设计特点分析	168

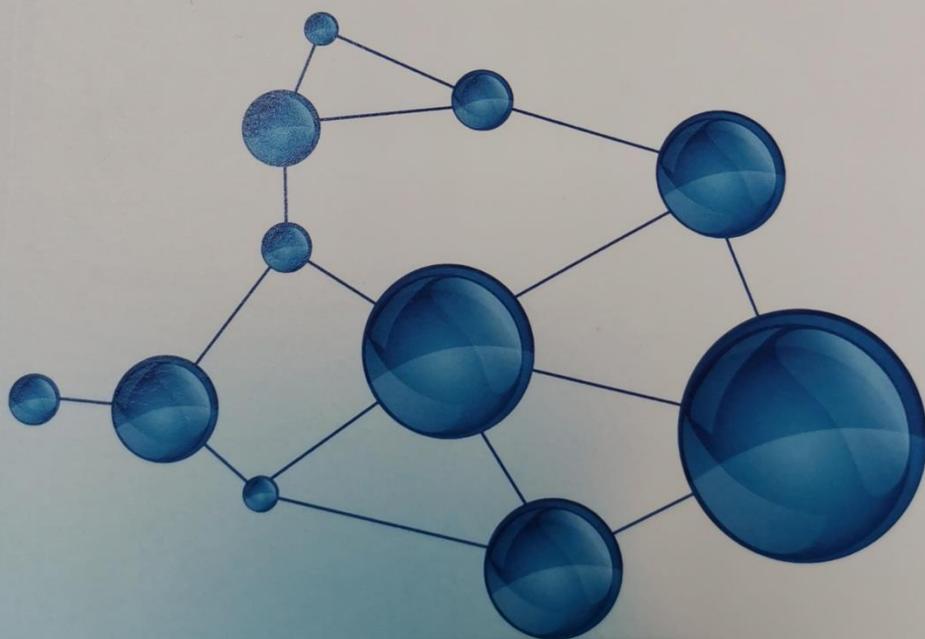




核心素养导向的 中学化学教学

——基于学科大概念与实践

周玉芝 著



 北京出版集团公司
北京教育出版社

目 录

Contents

第一章

导论

-
- 一、核心素养导向的育人观 /001
 - (一) 素养的含义 /001
 - (二) 核心素养导向的育人观 /002
 - 二、国际视角的核心素养构成 /004
 - (一) 经济合作与发展组织的核心素养 /004
 - (二) 联合国教科文组织的核心素养 /005
 - (三) 欧盟的核心素养 /006
 - (四) 美国 21 世纪核心技能 /007
 - (五) 中国学生发展核心素养 /008

第二章

化学学科核心素养的培养

-
- 一、认识化学学科核心素养 /012
 - (一) 化学教育的性质 /012
 - (二) 化学学科核心素养内涵 /015

(三) 化学学科核心素养之间的关系 /020

(四) 化学学科关键能力 /021

(五) 化学学科必备品格 /025

二、当前化学课堂教学存在的问题 /026

(一) 应试压力下的急功近利 /026

(二) 远离“教什么”的“教学独大” /028

(三) 教学表层化 /029

三、落实化学学科核心素养培养的教学 /030

(一) 分析和把握最能转化为核心素养的知识——学科大概念 /030

(二) 通过实践把知识内化为能力与品格 /036

(三) 教师成为学生核心素养发展的引领者和推动者 /037

第三章

中学化学课程的大概念

一、科学课程的大概念 /043

(一) 大概念的含义 /043

(二) 科学课程的大概念 /048

(三) 不同术语带来的困惑 /050

(四) 大概念的“历史” /053

二、中学化学课程的大概念 /065

(一) 提炼中学化学大概念 /065

(二) 概括中学化学重要概念 /071

三、跨学科概念 /080

(一) 模式 /082

- (二) 原因与结果：机制与解释 /083
- (三) 尺度、比例和数量 /085
- (四) 系统与系统模型 /089
- (五) 能量与物质：流动、循环和守恒 /094
- (六) 结构与功能 /095
- (七) 稳定性与变化 /095

第四章

教作为实践的化学

- 一、认识科学实践 /097
 - (一) 科学本质上是一种实践活动 /097
 - (二) 科学实践具有知行合一的性质 /098
- 二、从科学探究到科学实践 /098
 - (一) 探究式教学的兴起 /098
 - (二) 从科学探究到科学实践 /101
 - (三) 教作为实践的化学 /103
- 三、重要的科学实践 /105
 - (一) 提出问题 /107
 - (二) 建立和使用模型 /111
 - (三) 设计和实施研究 /115
 - (四) 分析和解释数据 /118
 - (五) 运用数学、信息和计算机技术以及计算思维 /122
 - (六) 建构解释和设计方案 /125
 - (七) 基于证据的论证 /127
 - (八) 获取、评价和交流信息 /131

第五章

化学学科核心素养导向的教育评价

- 一、核心素养导向教育评价的功能与形式 /133
 - (一) 教育评价的功能 /133
 - (二) 教育评价的形式 /138
 - (三) “教、学、评”一体化 /139
- 二、国际上的核心素养评价 /140
 - (一) 新西兰课程中核心素养评价 /141
 - (二) PISA 科学素养评价 /146
 - (三) 日本的学力评价 /152
- 三、指向化学学科核心素养的表现性评价 /153
 - (一) 表现性任务 /154
 - (二) 评价量规 /161

第六章

指向化学学科核心素养的教学课例

- 一、项目式教学：洗涤的学问 /164
 - (一) 问题的缘起 /164
 - (二) “洗涤的学问”项目教学设计 /168
 - (三) 教学反思 /176
- 二、核心素养导向的概念教学：分子 /180
 - (一) 问题的缘起 /180
 - (二) 分子的教学重点应该是什么 /181
 - (三) 核心素养视域下分子概念教学的主要活动 /182
 - (四) 教学反思 /186

三、规划学习进阶：电化学基础	/187
(一) 问题的缘起	/188
(二) 中学电化学基础的学习进阶	/190
(三) 必修学段“化学电源”的教学设计	/193
(四) 选修学段“化学电源”的教学设计	/196
(五) 教学反思	/205
四、大单元视角：水溶液中的离子平衡	/206
(一) 大单元分析	/206
(二) “弱电解质的电离”教学设计	/208
(三) “水的电离和溶液的酸碱性”教学设计	/217
(四) “盐类的水解”教学设计	/235
(五) “难溶电解质的溶解平衡”教学设计	/243

附录：参考文献	/255
---------	------

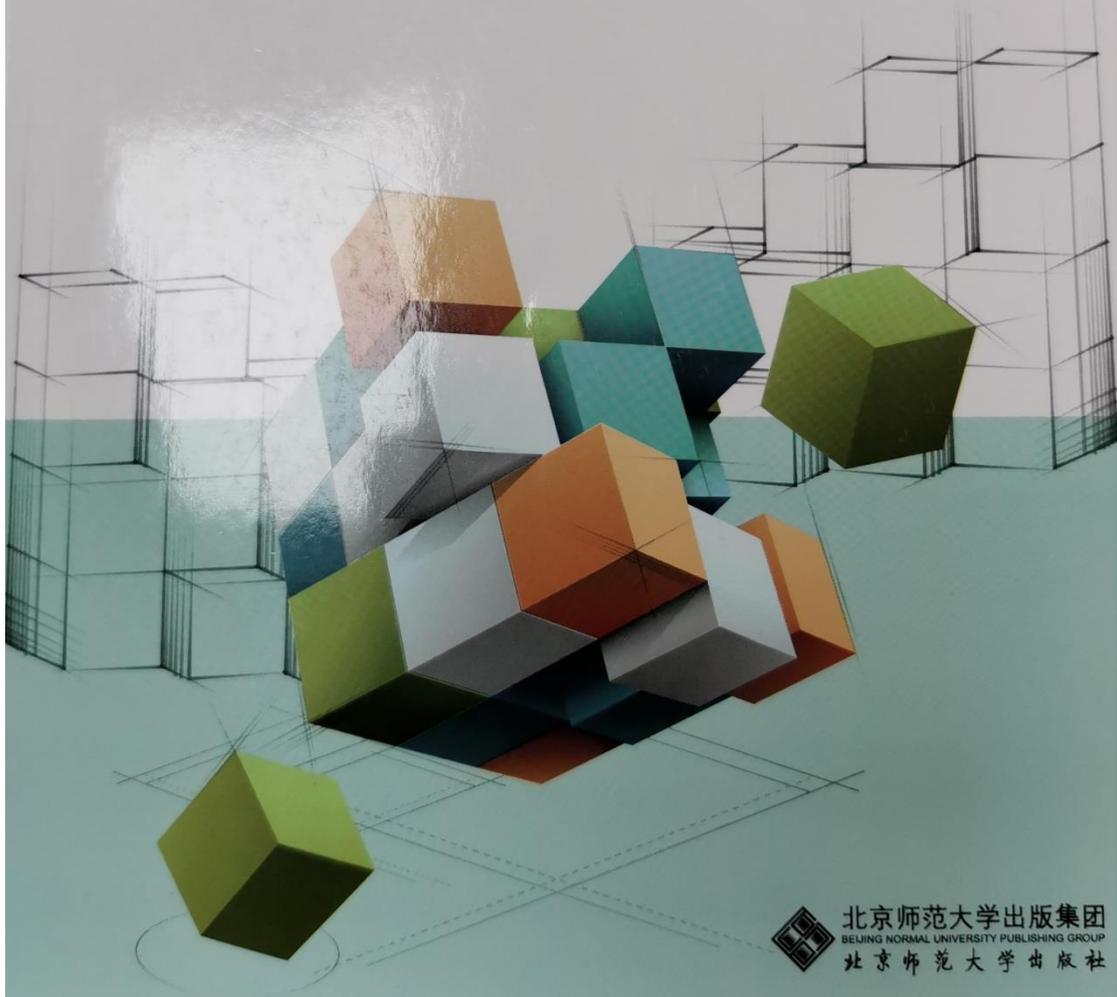


教育新视点丛书

STEM JIAOYU SHIYE XIA DE
KECHENG KAIFA YU XUEKE
JIAOXUEGAIJIN

STEM教育视野下的课程开发与 学科教学改进

周玉芝 / 编著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

目 录

- ▶ 第一章 STEM 教育热的背后 / 1
 - 一、STEM 作为教育术语的缘起 / 1
 - 二、什么是 STEM 教育 / 5
 - 三、中国的 STEM 教育热 / 16
- ▶ 第二章 我国基础教育阶段的 STEM 教育 / 19
 - 一、基础教育阶段开展 STEM 教育的必要性 / 19
 - 二、基础教育阶段开展 STEM 教育所需条件 / 21
 - 三、STEM 教育视野下课程开发与教学改进路径 / 25
 - 四、教师之声 / 41
- ▶ 第三章 STEM 教育视野下校本课程案例 / 45
 - 一、瓶子的游戏 / 45
 - 二、“力量”的传递 / 69
 - 三、巧借地心引力 / 81
 - 四、走马灯设计 / 102
 - 五、认识防腐剂 / 112
 - 六、小舌尖，大学问 / 132
 - 七、碳酸饮料 / 154
 - 八、探访生态农庄 / 164
 - 九、奇特的图形设计 / 182
- ▶ 第四章 STEM 教育视野下学科教学改进案例 / 195
 - 一、光学隐形探秘 / 195
 - 二、探究玩具电动机转动的奥秘 / 208
 - 三、变压器的结构与工作原理 / 215
 - 四、变阻器 / 228

五、有趣的透镜	/ 236
六、物体的稳定性与重心位置的关系	/ 249
七、用统计方法探究花生果实大小的变异	/ 255
八、某些立体图形的展开图	/ 267
九、走近能源	/ 275
十、动画制作	/ 286
十一、种子发芽	/ 300

北京教育学院重点关注课题《落实“以学生为中心”理念的
中学地理教学研究》（课题编号：ZDGZ2017-15）

“以学生为本”的中学地理

教学原则、方法与工具

YI XUESHENG WEIBEN DE ZHONGXUE DILI
JIAOXUE YUANZE FANGFA YU GONGJU

李春艳 ◆ 著

东北师范大学出版社
NORTHWEST NORMAL UNIVERSITY PRESS

「以学生为本」的中学地理教学原则、方法与工具

李春艳 ◆ 著

东北师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

“以学生为本”的中学地理教学：原则、方法与工具 / 李春艳著. — 长春：东北师范大学出版社，
2020.8

ISBN 978-7-5681-7083-3

I. ①以… II. ①李… III. ①中学地理课—教学研究
IV. ①G633.552

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 157675 号

策划编辑：魏芳华 封面设计：郭 晋
 责任编辑：漆 清 责任印制：许 兵

东北师范大学出版社出版发行
长春净月经济开发区金宝街 118 号 (邮政编码：130117)

销售电话：0431—84568003

传真：0431—85605102

网址：<http://www.nenup.com>

电子函件：sdcbs@mail.jl.cn

长春市昌信电脑图文制作有限公司制作

长春市昌信电脑图文制作有限公司印装

2020 年 8 月第 1 版 2020 年 8 月第 1 次印刷

幅面尺寸：155mm × 230mm 印张：21.25 字数：373 千字

定价：63.00 元

目 录

第一章 研究“以学生为本”教学的目的和意义	1
第一节 时代变革对课堂教学转型的呼唤	2
一、1999年提出全面推进素质教育	4
二、2001年启动新一轮基础教育课程改革	4
三、2012年提出教师要具备四大专业理念	5
四、2017年颁布《普通高中课程方案》	6
五、2019年对教育目标和育人方式的全面深化	6
第二节 “以教师为本”和“以学生为本”的课堂教学特征分析	7
一、案例呈现	7
二、对比分析	24
第三节 当前中学地理教学现状分析	26
一、诊断案例中的共性优点	26
二、诊断案例中的共性问题	27
第二章 “以学生为本”的教育理念	31
第一节 “以学生为本”的教育理念的历史渊源	32
一、苏格拉底的精神产婆术	32
二、卢梭的自然主义教育观	35
三、福禄贝尔的儿童教育观	36
四、蒙台梭利的儿童发展观	37
五、杜威的儿童中心说	38
六、罗杰斯的人本主义教育观	39
七、皮亚杰的建构主义学习观	41

第二节 我国“以学生为本”的教育理念的实践探索与反思	42
一、我国教育界“以学生为本”教育教学实践典范	42
二、我国教育专家关于“以学生为本”理念的诠释	43
第三节 “以学生为本”的教育理念的理论基础	44
一、四大学习理论简述	44
二、全视角学习理论	47
三、具身认知理论	52
四、建构主义学习理论	56
第四节 “以学生为本”的教育理念的基本观点	60
一、“以学生为本”教学的三个共识性观点	60
二、“以学生为本”教学的四个课堂观察维度	62
三、“以学生为本”教学中教师的五个行为特征	65
四、“以学生为本”教学的六个教学操作关键	67
五、“以学生为本”教学的教师自我诊断工具	87
第三章 “以学生为本”的中学地理教学原则	91
第一节 “基于学生经验”的原则	92
一、基本内涵	92
二、教学策略及案例分析	95
第二节 “指向终点目标”的原则	106
一、基本内涵	106
二、教学策略及案例分析	107
第三节 “大概念整合内容”的原则	110
一、基本内涵	110
二、教学策略及案例分析	112
第四节 “教学可视化”的原则	114
一、基本内涵	114
二、教学策略与案例分析	114
第五节 “在评估中学习”的原则	122
一、基本内涵	122
二、教学策略与案例分析	124
第六节 “教师是促进者”的原则	127
一、基本内涵	128

二、教学策略与案例分析	130
第四章 “以学生为本”的中学地理教学设计方法	137
第一节 “以学生为本”教学设计的基本特征	138
一、“学生学会”是教学设计的基本追求	138
二、“学生理解”是教学设计的最终目的	139
三、“建构大概念”是教学设计的关键所在	143
四、“逆向逻辑”是教学设计的重要表征	151
五、“标准导学”是教学设计的技术关键	157
第二节 “以学生为本”教学设计的操作步骤	160
一、五分钟整体教学设计法	160
二、三步递进教学设计法	162
第三节 “以学生为本”教学设计的案例分析	167
一、初中地理新授课《地图三要素》	167
二、初中地理新授课《地方文化特色》	169
三、初中地理复习课《等高线的判读与应用》	176
四、高中地理新授课《资源枯竭型城市的转型发展》	186
五、高中地理讲评课《高三10月月考试卷讲评》	190
六、高中地理单元教学设计《设计旅游活动》	190
七、高中地理单元教学设计《高中地理研学线路设计——以寿山景区游客为例》	209
第五章 “以学生为本”的中学地理学习活动方案	221
第一节 学习活动的理论基础	224
一、活动理论简介	224
二、学习活动的心理学依据	227
第二节 学习活动设计的基本原则	231
一、全员参与	231
二、循序渐进	232
三、关联知识	232
四、身心合力	233
五、激发信心	233

第三节 学习活动工具的设计与运用	234
一、课前导入类的学习活动工具	234
二、自主学习类的学习活动工具	244
三、教学组织类的学习活动工具	251
四、分析问题类的学习活动工具	254
五、讨论分享类的学习活动工具	278
六、学习总结类的学习活动工具	286
七、课堂评价类的学习活动工具	294
八、体验学习类的学习活动工具	306
第六章 “以学生为本”的中学地理教学实践中的困难与讨论	313
第一节 中学地理课堂变革中面临的困难与挑战	314
一、超常稳定的课堂教学价值观,使学校不愿承担风险	314
二、共识的教学思维方式,使教师不肯付出更多的努力	315
三、日常忙碌的工作,使教师不愿迎接自我革命的挑战	316
四、以往的教学行为方式,使学生不愿面对风险和失败	317
第二节 促进“以学生为本”课堂教学变革的实践策略讨论	318
一、重新审视课堂教学中几个价值取向	318
二、学校层面要“自上而下”有效推动	318
三、教师层面要“集腋成裘”拿出成果	319
四、教学层面要“聚焦重难点”优先突破	320
五、外部环境要“稳定持续”给予专业支持	320
附录:	322
地理教学案例索引表	322
参考文献	327

1000 978-7-309-07283-2



9 787309 072832 >

定价：63.00元

教师教学技能培养系列教程
北京教育学院 组编

教师
系列

教师教学技能培养 系列教程

中学地理

丛书主编 李 涛 邱 磊
本册主编 李春艳

 中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

教师教学技能培养系列教程. 中学地理 / 李春艳
主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2019. 6
ISBN 978-7-5184-2443-6

I. ①教… II. ①李… III. ①中学地理课 - 课堂教
学 - 师资培训 - 教材 IV. ①G633

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 069014 号

策划编辑: 刘云辉 张文佳 责任编辑: 张文佳 责任终审: 劳国强
责任监印: 张可 封面设计: 郝亚娟 图书策划: 天宏教育

出版发行: 中国轻工业出版社(北京市东长安街6号, 邮编 100740)

印刷: 三河市人民印务有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2019年6月第1版第1次印刷

开本: 710×960mm 1/16 印张: 14.5

字数: 268千字

书号: ISBN 978-7-5184-2443-6 定价: 42.00元

邮购电话: 010-65241695

发行电话: 010-85119835 传真: 85113293

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

171596Y1X101HBW

《教师教学技能培养系列教程·中学地理》
本册编委会

本册主编：李春艳

副主编：郑晓东 计爽

编委：（按姓氏笔画排序）

王浩建 计爽 任小丽 刘仁 刘冬青
刘进波 齐若男 孙天琳 李梦桃 李雪松
张宇 张学蕾 张海静 陈勇平 陈褚晶
郑晓东 赵小燕 郭晓斌 曹东旭 董璇
潘红梅

040	教师教育课程与教学论	040
080	教师教育课程与教学论	080
080	教师教育课程与教学论	080
120	教师教育课程与教学论	120
220	教师教育课程与教学论	220

综 述 教师专业化发展与微格教学

第一节 教师专业化发展方向	002	三、微格教学的技能训练模式与价值	009
一、教师职业的专业化要求	002	四、微格、微课、慕课的区别	013
二、中学教师专业标准	002	第三节 案例分析	014
第二节 微格教学的理论与训练	006	案例1：微格教学行动研究案例	014
一、微格教学的理论基础和方法基础	006	案例2：微格教学设计模板	018
二、微格教学的基本概念	007		

第一章 教学设计技能

第一节 教学设计要素	021	一、课程标准的把握要点	027
一、课程标准要素	022	二、教学内容的分析要点	028
二、教学内容要素	022	三、学习情况的诊断要点	029
三、学习情况要素	023	四、教学目标的制订要点	032
四、教学目标要素	024	五、教学策略的选择要点	035
五、教学策略要素	025	六、学习活动的组织要点	036
六、学习活动要素	025	七、教学评价的设计要点	037
七、教学评价要素	026	第三节 案例分析	038
第二节 教学设计要素的操作要点	027	案例1：课程标准的指导作用与落实策略	038



案例2: 教学内容分析 039
 案例3: 学习情况分析 041
 案例4: 教学目标的规范表述及展开逻辑 042
 案例5: 落实和突破教学重难点的

教学策略 043

案例6: 学习活动设计 048
 案例7: 教学评价设计 050
 案例8: 教学设计的整体性 051

附录 教学设计技能评价量规 ... 055

第二章 教学语言技能

第一节 教学语言技能解读 058
 一、教学语言技能定义 058
 二、教学语言技能说明 058
 三、教学语言的特征 058
 第二节 教学语言技能要素 059
 一、内部语言 059
 二、外部语言 059
 第三节 教学语言技能要素的操作要点 060
 一、内部教学语言技能的操作要点 060
 二、外部教学语言技能的操作要点 061

第四节 案例分析 064
 案例1: 语言的简洁规范 064
 案例2: 语言的生动形象 065
 案例3: 语言的趣味横生 065
 案例4: 语言的专业规范 066
 案例5: 教学语言的情感性 067
 案例6: 教学语言的节奏感 067
 案例7: 教学语言的语速与节奏 068
 案例8: 教学语言的语音语调 068

附录 教学语言技能评价量规 069

第三章 课堂观察技能

第一节 课堂观察技能解读 072
 一、课堂观察技能定义 072
 二、课堂观察技能说明 072
 三、课堂观察的类型 072
 第二节 课堂观察技能要素 074
 一、视觉感知 074
 二、听觉感知 074

三、需求判断 075
 四、策略调整 075
 第三节 课堂观察技能要素的操作要点 076
 一、视觉感知的操作要点 076
 二、听觉感知的操作要点 076
 三、需求判断的操作要点 077



043	四、策略调整的操作要点····· 078	案例 3: 验证观察····· 081
048	第四节 案例分析····· 079	案例 4: 课堂观察技能解析····· 082
050	案例 1: 课堂观察技能要素····· 079	
051	案例 2: 课堂观察中的思维活动不可或缺····· 080	附 录 课堂观察技能评价量规····· 083
055		
	第四章 导入技能	
064	第一节 导入技能解读····· 086	二、知识衔接组织的操作要点····· 090
064	一、导入技能定义····· 086	三、目标指引实现的操作要点····· 092
065	二、导入技能说明····· 086	第四节 案例分析····· 093
065	三、导入的功能····· 086	案例 1: 导入的三要素····· 093
066	第二节 导入技能要素····· 089	案例 2: 问题情境的创设方法····· 094
067	一、问题情境····· 089	案例 3: 知识衔接的实现方法····· 094
067	二、知识衔接····· 089	案例 4: 导入技能的设计····· 096
	三、目标指引····· 089	附 录 导入技能评价量规····· 099
素	第三节 导入技能要素的操作要点····· 090	
068	一、问题情境创设的操作要点····· 090	
068		
	第五章 提问技能	
069	第一节 提问技能解读····· 102	四、停顿节奏····· 105
	一、提问技能定义····· 102	五、提问分布····· 105
075	二、提问技能说明····· 102	六、反馈探询····· 106
075	三、提问的类型····· 102	第三节 提问技能要素的操作要点····· 106
操作	第二节 提问技能要素····· 105	一、核心问题的确定要点····· 106
076	一、核心问题····· 105	二、问题链的设计要点····· 107
076	二、问题链····· 105	三、提问措辞的运用要点····· 110
076	三、提问措辞····· 105	
077		

四、停顿节奏的把握要点	111
五、提问分布的选择要点	113
六、反馈探询的反馈要点	114
第四节 案例分析	116
案例1: 设计以“核心问题”为逻辑起点的问题体系	116
案例2: 优化核心问题的逻辑结构, 使学习内容走向高认知水平	118

案例3: 按照学科逻辑和学习逻辑设计问题	120
案例4: 按照学生的认知逻辑设计问题链	122
案例5: 按照学科逻辑设计一节课的核心问题及加工性问题	123
附录 提问技能评价量规	124

第六章 讲解技能

第一节 讲解技能解读	127
一、讲解技能定义	127
二、讲解技能说明	127
三、讲解的类型	129
第二节 讲解技能要素	134
一、讲解的目标	134
二、讲解的结构	134
三、讲解的语言	134
四、知识间联系	134
五、共同的思维	135
六、讲解的结论	135
第三节 讲解技能要素的操作要点	136
一、讲解目标的操作要点	136
二、讲解结构的操作要点	137

三、讲解语言的操作要点	137
四、知识间联系的操作要点	138
五、共同思维的操作要点	139
六、得出结论的操作要点	139
第四节 案例分析	140
案例1: 按照学生的认知程度组织讲解内容	140
案例2: 事实性知识的讲解方法	143
案例3: 讲解中要关注学生的参与及启发性	144
案例4: 讲解技能的要素分析	146
附录 讲解技能评价量规	148



第七章 演示技能

第一节 演示技能解读·····	151	二、演示媒体的设计要点·····	160
一、演示技能定义·····	151	三、演示媒体的使用要点·····	160
二、演示技能说明·····	151	四、演示媒体的操作要点·····	161
三、演示的功能·····	152	五、演示媒体的引导要点·····	162
四、演示的类型·····	153	第四节 案例分析·····	162
第二节 演示技能要素·····	155	案例1: 日本的首都在哪里·····	162
一、演示媒体的选择·····	155	案例2: 现在的地理教学是不是可 以不用板书了·····	164
二、演示媒体的设计·····	156	案例3: 地理教室资源的开发利用 ·····	165
三、演示媒体的使用·····	156	案例4: 实验在地理课上的运用 ·····	166
四、演示媒体的操作·····	156	附录 演示技能评价量规 ·····	167
五、演示媒体的引导·····	156		
第三节 演示技能要素的操作要点 ·····	159		
一、演示媒体的选择要点·····	159		

第八章 板书技能

第一节 板书技能解读·····	169	二、结构布局的操作要点·····	181
一、板书技能定义·····	169	三、要点概括的操作要点·····	181
二、板书技能说明·····	169	四、回忆再现的操作要点·····	182
三、板书的类型·····	170	第四节 案例分析·····	183
第二节 板书技能要素·····	178	案例1: 两个板书的对比·····	183
一、书写绘画·····	178	案例2: 将教学内容组织成不同层 次类型·····	184
二、结构布局·····	178	案例3: 按照学科的核心概念将教 学内容组织起来·····	184
三、要点概括·····	178	案例4: 学生自主建构板书·····	185
四、回忆再现·····	178	附录 板书技能评价量规 ·····	187
第三节 板书技能要素的操作要点 ·····	180		
一、书写绘画的操作要点·····	180		

第九章 结束技能

第一节 结束技能解读.....	189	三、回顾思路方法的操作要点.....	195
一、结束技能定义.....	189	四、拓展联系新知的操作要点.....	196
二、结束技能说明.....	190	第四节 案例分析.....	198
三、结束的类型.....	192	案例1：高二地理《旅游线路的 设计》的结课设计.....	198
第二节 结束技能要素.....	192	案例2：高二地理复习课《正午太 阳高度的时间变化》的结 课设计.....	203
一、提供心理准备.....	193	案例3：初一地理《诗词话长江》 的结课设计.....	206
二、概括要点结论.....	193	案例4：初一地理《长江、黄河》 的结课设计.....	211
三、回顾思路方法.....	193	附录 结束技能评价量规.....	216
四、拓展联系新知.....	193		
第三节 结束技能要素的操作要点.....	194		
一、提供心理准备的要点.....	194		
二、概括要点结论的操作要点.....	194		

参考文献

.....	189
.....	190
.....	191
.....	192
.....	193
.....	194
.....	195
.....	196
.....	197
.....	198
.....	199
.....	200
.....	201
.....	202
.....	203
.....	204
.....	205
.....	206
.....	207
.....	208
.....	209
.....	210
.....	211
.....	212
.....	213
.....	214
.....	215
.....	216



责任编辑：张文佳
图书策划：天宏教育

- 小学语文
- 小学数学
- 小学英语
- 小学道德与法治
- 中学语文
- 中学英语
- 中学政治
- 中学地理
- 中小学信息技术

声 明

本书采用防伪压纹工艺，凡印有“桃李书系”标志及顾明远先生题词“桃李书系 服务教师”字样者均为正版图书
举报电话：taolishuxi@126.com

了解更多



中国轻工业出版社二维码

上架建议：教学实践

ISBN 978-7-5184-2443-6



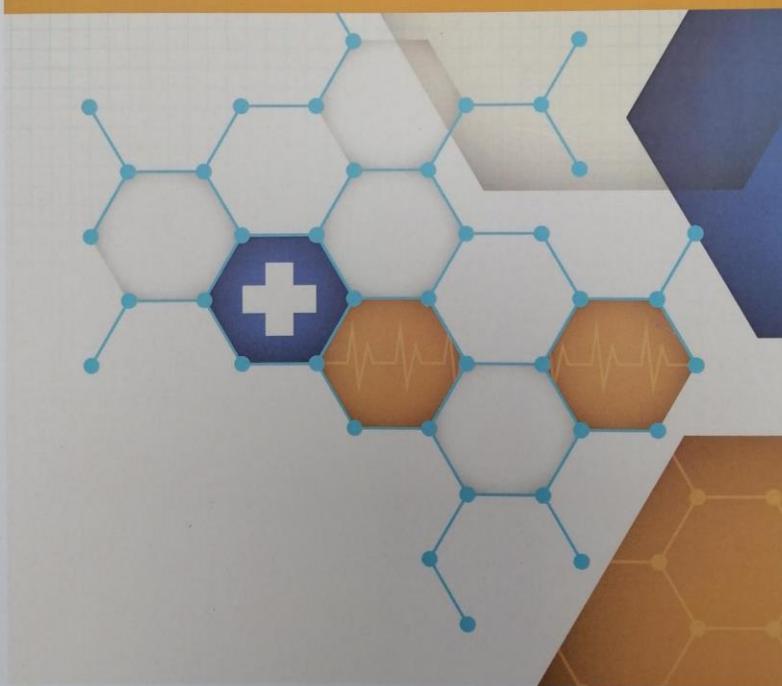
9 787518 424436 >

定价：42.00元

北京市教育科学“十二五”规划2015年度立项课题（DBB15081）

平亚茹 等 著

基于初高中教学衔接的 生物学重要概念体系的建构



北京出版集团公司
北京出版社

编委会名单

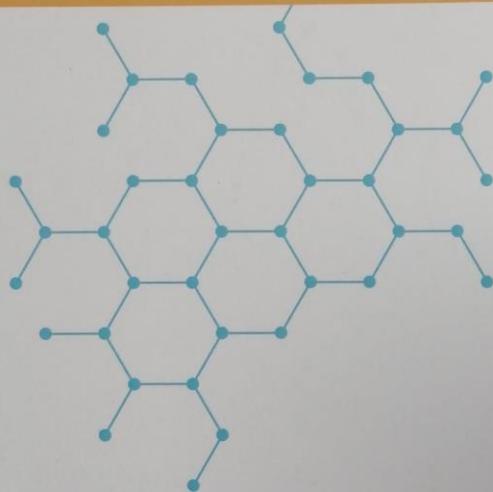
主 编：平亚茹

副主编：胡玉华

编 委：平亚茹 安 军 马小娟 佘建云
贾婧婧 卢 芹 李 昕 黄 瑄
张玉芬

基于初高中教学衔接的

生物学重要概念体系的建构



ISBN 978-7-200-12019-6



9 787200 120196 >

定价：35.00元

CONTENTS
目 录

前 言 1

第一编 初高中教学衔接与建构生物学重要概念体系概述

第一章 初高中教学衔接与建构生物学重要概念体系的意义和价值 1

- 第一节 初高中教学衔接与建构生物学重要概念体系的意义 1
- 第二节 初高中教学衔接与建构生物学重要概念体系的内涵 4
- 第三节 初高中教学衔接与建构生物学重要概念体系的价值 5

第二章 初高中教学衔接与建构生物学重要概念体系的策略和方法 8

- 第一节 聚焦初高中生物学重要概念的衔接点 8
- 第二节 强化初高中生物学重要概念的交叉点 8
- 第三节 拓展初中生物学重要概念的深化点 9
- 第四节 补充初高中生物学重要概念的间断点 13
- 第五节 留下高中生物学重要概念的期待点 14

第二编 初高中教学衔接与生物学重要概念体系建构

第一章 “分子与细胞”内容的衔接点与概念体系 15

- 第一节 初高中生物课程内容比较 15
- 第二节 初高中重要概念体系 17
- 第三节 教学实践与建议 19

基于初高中教学衔接的 >>>

生物学重要概念体系的建构

第二章 “遗传与变异”内容的衔接点与概念体系	80
第一节 初高中生物课程内容比较	80
第二节 初高中重要概念体系	82
第三节 教学实践与建议	83
第三章 “稳态与环境”内容的衔接点与概念体系	126
第一节 初高中生物课程内容比较	126
第二节 初高中重要概念体系	129
第三节 教学实践与建议	130
参考文献	191
后 记	193

1 全国中小学有效教学研究指导丛书 1

丛书主编：顾元天

初中数学有效教学研究

赖理安 / 主 编
李大冰 黄延林 李守洋 / 副主编

CHUZHONG
SHUXUE YAOXIAO
JIAOXUE YANJIU



北京师范大学出版集团

BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

引 言 初中数学教学研究的意义/1

初中数学教学研究的设计/7

第一节 研究问题的确定与界定/8

第二节 研究方法的选择/13

第三节 预期成果的勾画/16

第四节 数学教学研究中的反思、合作与专业引领/19

初中数学教学内容研究/22

第一节 初中数学教学内容研究的主要问题/23

第二节 初中数学思想方法研究/30

第三节 初中数学知识体系研究/41

初中数学教学中的学生研究/56

第一节 数学教学中学生认知研究的三个维度/57

第二节 研究学生的方法/62

第三节 基于学生研究的教学指导/71

第四节 基于学生研究的数学教学设计与实施/74



教育新视点丛书

STEM JIAOYU SHIYE XIA DE
KECHENG KAIFA YU XUEKE
JIAOXUEGAIJIN

STEM教育视野下的课程开发与 学科教学改进

周玉芝 / 编著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

目 录

- 第一章 STEM 教育热的背后 / 1
 - 一、STEM 作为教育术语的缘起 / 1
 - 二、什么是 STEM 教育 / 5
 - 三、中国的 STEM 教育热 / 16
- 第二章 我国基础教育阶段的 STEM 教育 / 19
 - 一、基础教育阶段开展 STEM 教育的必要性 / 19
 - 二、基础教育阶段开展 STEM 教育所需条件 / 21
 - 三、STEM 教育视野下课程开发与教学改进路径 / 25
 - 四、教师之声 / 41
- 第三章 STEM 教育视野下校本课程案例 / 45
 - 一、瓶子的游戏 / 45
 - 二、“力量”的传递 / 69
 - 三、巧借地心引力 / 81
 - 四、走马灯设计 / 102
 - 五、认识防腐剂 / 112
 - 六、小舌尖，大学问 / 132
 - 七、碳酸饮料 / 154
 - 八、探访生态农庄 / 164
 - 九、奇特的图形设计 / 182
- 第四章 STEM 教育视野下学科教学改进案例 / 195
 - 一、光学隐形探秘 / 195
 - 二、探究玩具电动机转动的奥秘 / 208
 - 三、变压器的结构与工作原理 / 215
 - 四、变阻器 / 228

■ 本期关注：大概念教学

大概念统摄下的单元教学设计

• 顿继安 何彩霞*

摘要：学科大概念是指向具体学科知识背后的更为本质、更为核心的概念或思想，它建立了不同的学科知识间的纵横联系。以大概念为视角分析教学内容、确定单元、围绕大概念系统规划进阶式教学目标、确定单元教学结构、实施单元教学评价，能够赋予单元教学以实质性的意义，是知识转化为能力的重要途径。

关键词：大概念 学科大概念 单元教学 教学设计

围绕大概念进行单元教学设计已成为当前学科教育的发展趋势和热点问题^{[1][2][3]}，2018年初颁布的普通高中各学科课程标准中“凝练了学科核心素养”“重视了以学科大概念为核心，使学科内容结构化”。那么，如何理解学科大概念及其在教学中的作用？学科大概念与单元教学设计有何关系？如何围绕大概念开展单元教学设计？本文拟对此进行探讨。

一、何为学科大概念

大概念 (big ideas) 也被译为大观念、核心观念、核心概念等，依据所适用的范围不同，大概念有跨学科大概念和学科大概念之分。所谓学科大概念，是指能反映学科的本质，居于学科的中心地位，具有较为广泛的适用性和解释力的原理、思想和方法，其主要特征为：(1) 能反映学科的主要观点和思维方式，是学科结构的骨架和主干部分；

* 顿继安，北京教育学院数学与科学教育学院院长，教授；何彩霞，北京教育学院数学与科学教育学院教授。

(2) 能统摄或包含大量的学科知识, 具有普遍性和广泛的解释力; (3) 能提供对于理解知识、研究和解决问题的思想方法或关键工具, 可运用于新的情境, 具有持久的可迁移应用价值。

学科大概念并非指学科中某一具体的概念或定理、法则等, 而是指向这些具体知识背后的更为本质、更为核心的概念或思想, 如化学学科大概念“物质的组成结构决定性质”, 揭示了不同物质具有不同性质和相似性质的根本原因, 成为人类理解和研究物质性质的思维结构; 生物学科大概念“生物体的形态结构与其生活环境相适应”则可以解释变色龙的体表颜色随季节而发生变化、兔子的眼睛长在头部的两侧等很多现象, 为人类认识和研究生物提供了基本思想。

以学科大概念来统摄和组织教学内容, 将更为充分地揭示知识间的纵横关系。知识间的横向联系揭示了不同知识的形成过程共同之处, 使得先前所学的知识对后继所学的知识起到启发(非特殊迁移)的作用, 有利于培养学生利用已有知识解决问题, 进而生成新知识的能力; 对具体的事实、概念进行抽象概括、一般化等思维加工活动, 可以形成知识间纵向向上的联系, 能够从中获得更有普遍意义的大概念, 实现知识的拓展和知识结构的改造; 将抽象概括获得的大概念用来指导或运用于解决具体问题, 是知识纵向向下联系的过程, 也是促进学生将知识转

化为能力的重要途径^[4]。

二、学科大概念与单元教学设计

单元教学是近些年被关注的热点问题, 随着中国学生发展核心素养的落地, 单元设计更被认为是撬动课堂转型的一个支点^[5]。但“教学单元”并无统一标准, 单元有大小, 当下普遍关注的“大单元”也具有相对性, 且与大概念紧密相关。

1. 有意义的单元教学设计需要围绕大概念进行

单元教学被关注的原因是“以课时为单位的教学导致知识碎片化”^[6]。然而我们必须客观地看到, 无论以何种理念、何种目标为取向开展单元教学设计, 在对知识进行重组与整合后, 常规学科教学都要尊重当前和以后相当长一段时间内学校教学以“课”为时间单位进行组织的现实, 最终必须将重组的内容按照课时进行安排, 也就是转化为课时设计。因此, 解决知识碎片化问题的出路并非教学设计所需要的时长, 而是揭示教学内容之间怎样的关系, 这就要求教师必须能够看到具体知识背后的大概念, 进而围绕大概念组织教学。

以初中生物“动物的行为”一课为例。有教师的教学按照动物的摄食行为、防御行为、攻击行为、领域行为、节律行为、繁殖行为依次进行, 对于每种行为, 都是先给出动物行为的定义, 再分析该种行为对动物的

意义^[7]。这样的教学是以动物的每种具体行为的学习作为独立单位，40分钟的课由6个时长在5~6分钟的“微课”拼接而成，不同动物的行为以孤立事实的形象留在学生头脑中，必然是碎片化的知识。而如果教学围绕生物学科大概念“动物借助行为适应多变的环境，提高存活和繁殖的机会”进行，这些不同动物的具体摄食行为、防御行为、节律行为等就有了深层联系。对这些动物行为的学习不必平均着力，通过对一些动物行为的深度分析，学生将学到从动物行为与环境相适应的角度认识动物的各种行为，动物行为的意义和各个行为之间的相互关系，以及认识动物行为、动物与环境关系的分析思路和探究方法。这样，当遇到课本中没学过的动物行为时，学生也能够自主分析和解释其意义。

围绕大概念开展的教学对于非连续单元也有重要影响。例如，初中数学中，一元一次方程、二元一次方程组、分式方程、一元二次方程的学习在时间上是非连续的，每种方程的解法可以自成系统，成为教学设计的独立单位。而如果以“方程就是含有未知量、表达等量关系的式子，通过运算和等式性质可以使未知量成为可知”这一大概念为统领，这些具体方程的具体解法的一致性将得到关注，而经由这些具体方程的学习，学生也有可能解决课本以外的一些方程问题。

2. 有了大概念视角，单元教学才可能变为现实

单元教学希望解决的另一个问题就是以课时为单位的教学“难以给学生足够的思考与交流空间”^[8]。单元教学设计通常要对知识进行整合，也要为学生提供更多的自主探究的空间。而教师的教学设计是否愿意和敢于给学生自主解决挑战性问题的机会，与其对知识间联系的认知紧密相关，如果教师孤立地看待知识点，就会高估学生的困难，不敢给学生探究机会。

笔者曾经在培训活动中问在场的初中数学教师：如果没讲有理数加法法则，假设学生也没有预习，你们觉得学生能否解决如下这些有理数加法的问题：

$$\begin{aligned} & (+7) + (+8) ; \quad 0 + (-4) ; \\ & (+3) + (-3) ; \quad (-2) + (+1) ; \\ & (+1) + (-3) ; \quad (-2) + (-3) . \end{aligned}$$

许多教师认为学生不会，甚至有教师感到很奇怪：“没学过，学生凭什么会？”许多教师教有理数加法法则时，按照两个加数分别为同号、异号、一数为零的情形，分三个阶段逐次进行，每个阶段的学习，都以特定现实情境的实践意义和细碎问题为引导。

然而，笔者的调研却表明，有相当高比例的学生不需要教师的引导，就能够给出上面这些算式的答案，而且方法多样。这意味着教师低估了学生。而低估学生的根本原因在于教师没能看到有理数加法法则这

一新知识与此前已经学过的有理数（负数）的概念、加法的概念间的内在关联对于解决新问题的意义，没能看到这一运算与此前学生学过的诸如分数运算、小数运算一样，都是“对象拓展型新运算”这个学科大概念统摄下的具体知识。如果教师具有大概念视角，就会将新知识的学习看成是学生经由先前所学的知识而形成的大概念的一个新的特例，也就会更为积极、理性地对学生进行预判，从而更倾向于为学生提供自主探究的空间。

三、如何以大概念为统领进行单元教学设计

1. 以大概念为视角分析教学内容确定单元

以大概念为视角分析教学内容是确定单元的重要环节，其基本思路如下：首先，立足学科整体高度，从具体内容出发，分析和挖掘具体内容背后的大概念，并以大概念为

视角来梳理相关内容，形成有意义关联的结构化的知识整体；其次，根据学科课程标准的要求和学生的不同学习阶段，梳理大概念的进阶发展，明辨大概念的学习进程及其重要节点；再次，依据学生的实际情况和发展需要，结合教学内容的特点来确定大概念的解构程度和单元的大小及形态。

如，“物质的组成结构决定性质”是化学学科的一个大概念。物质由元素组成，从元素视角认识物质性质及物质的转化，能够揭示元素与物质性质及物质转化的关系及规律，为认识和研究物质及其转化提供认识角度和思维方法。以此为统领来梳理初中化学课程“身边的化学物质”^[9]和高中必修课程“常见的无机物及其应用”^[10]等主题中的相关内容，可以构筑起知识之间有着内在本质联系、大概念的内涵进阶发展、认识角度逐渐丰富和认识持续深入的整体框架（图1）。

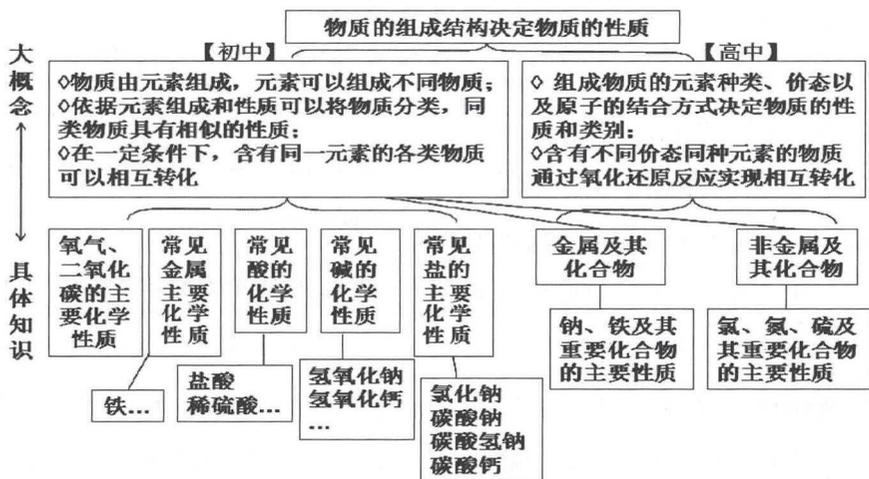


图1 大概念引领下的“从元素视角认识常见无机物性质及转化”知识框架

以此框架为依据, 根据课程标准的要求, 结合具体内容特点和学生的实际情况, 在初中可以确定“基于物质分类认识物质的化学性质及反应规律”单元来统整金属、酸、碱、盐相关知识, 在高中必修课程中可以确定“基于物质类别和元素价态认识物质及其转化”单元来统整铁及其重要化合物相关知识。从实施形态上看, 前者是跨越不同学习内容的非连续的大单元, 后者为连续的小单元。也可将上述初中、高中的相关内容统整起来构成跨越学段的、非连续的“元素与物质”大单元。

2. 围绕大概念系统规划进阶式教学目标

单元目标的规划需要着眼于学生的深入学习和长远发展, 兼顾知识、思维、能力和情感等多个层面, 明确单元教学要使学生达到怎样的预期学习结果和发展水平即单元目标, 以及围绕单元目标来细化具体课时的目标进阶。

大概念引领下的单元教学, 重在促进学生形成对大概念的理解, 使其能够形成以大概念为统摄的结构化的学科知识, 并能将之转化为解决具体问题的思路与方法, 即在完成单元学习后, 学生知道或能做与之相关的事情。以此核心目标为导向来系统规划进阶式单元教学目标, 需要基于大概念的发展历程, 分析学生所处的学习阶段, 并结合具体内容特点来系统考虑。对于大概念的理解, 其进阶目标可以是内容拓展, 如从单一维

度到多个维度, 也可以是单一维度的认识深化等。

如在高中化学必修课程中, 以铁及其重要化合物相关知识为载体, 确定“基于物质类别和元素价态认识物质及其转化”单元, 按照如图1所示的大概念及其知识框架, 该单元教学目标确定如下: (1) 能从物质类别、元素价态的角度, 列举铁元素的典型代表物, 能依据复分解反应和氧化还原反应预测铁及其重要化合物的化学性质和变化, 能设计实验进行初步验证, 能分析和解释实验现象; (2) 能从物质类别和元素价态变化的视角说明铁及其重要化合物的转化途径, 能利用 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 的典型性质和反应, 设计物质的制备、转化、分离和检验等简单任务的方案; (3) 能说明铁及其重要化合物的实际应用及其对社会发展的价值。其中,

(1) 为学习理解, (2) 为实践应用。与之相对应, 具体课时目标的认识和研究对象(如单质铁、铁的氧化物和氢氧化物、铁盐)不断变换, 学生的学习按照基于物质类别、元素价态的角度识别和预测物质的性质与反应, 并运用于解决简单问题的目标进阶来逐渐展开。

3. 确定单元教学结构

“怎样组织单元是创造课程的中心问题”^[11], 大概念的学习是一个循序渐进、不断拓展和深入的过程, “并需要以适合学习者不同认知发展阶段的方式来表达”^[12]。在

教学中,根据教学内容的特点以及学生的认知基础和发展需要,教师可通过增加其内容维度、认识深度和复杂性来反复呈现大概念,以持续、递进的方式来促进学生的理解和迁移应用。

围绕大概念开展的单元教学,将突破常见的教学按照知识点在知识体系中的顺序展开、学生在知识的链条上爬行、在学习了所有知识点后再解决综合性问题的“分—总”型教学结构,并以驱动重要知识产生的大问题的解决过程为线索形成教学结构。由于“大问题”的解决经常需要基于多个具体知识,每个具体知识也需要学生熟悉、理解、掌握,以便更好地应用于解决其他问题,故而针对具体知识点的专项练习也是必须的,因此,这样的教学会表现为“总—分—总”型结构。

4. 实施单元教学评价

除了要评价学生已经学习过的具体的知识及有关技能掌握情况外,围绕大概念开展的单元教学评价有其必须关注的评价内容,就是学生对“大概念”的理解和应用情况。鉴于大概念的意义在于“能提供理解知识、研究和解决问题的思想方法或关键工具,可运用于新的情境,具有持久的可迁移应用价值”,因此,指向大概念的单元教学评价需要关注学生解决新情境中新问题的能力,这种倾向在中高考试题中已见端倪。◆

参考文献:

- [1][12][英]温·哈伦编著.以大概念理念进行科学教育[M].韦钰译.北京:科学普及出版社,2016.
- [2]邵朝友,崔允漭.指向核心素养的教学方案设计:大观念的视角[J].全球教育展望,2017(6):11-19.
- [3]崔允漭.如何开展指向学科核心素养的大单元设计[J].北京教育(普教),2019(2):11-15.
- [4]何彩霞.化学观念统领下的知识结构及认识思路——以“物质组成”知识为例[J].化学教学,2015(8):10-14.
- [5]钟启泉.单元设计:撬动课堂转型的一个支点[J].教育发展研究,2015(12):1-5.
- [6][8]季苹.如何落实三维目标——对单元教学的再理解[J].基础教育课程,2005(8):18-22.
- [7]胡玉华.基于核心素养的初中生物课堂教学改进探讨[J].课程·教材·教法,2017(8):69-70.
- [9]中华人民共和国教育部制定.义务教育化学课程标准(2011年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2011:18-22.
- [10]中华人民共和国教育部制定.普通高中化学课程标准(2017年版)[S].北京:人民教育出版社,2018:14-17.
- [11]佐藤学著.静悄悄的革命[M].李季湄译.北京:教育科学出版社,2014:86.

(责任编辑 沈炯靓)

大概念统摄下的“二元一次方程组”单元教学研究

• 顿继安 黄炜*

摘要:以方程作为大概念统领的二元一次方程组单元教学,依托解决实际问题的全过程展开,将传统的“分—总”型结构调整调整为“总—分—总”型结构,学生将面对更为复杂而具有挑战性的问题解决任务,这有利于学生数学建模素养的培养。通过对学生的研究发现,应用这种结构进行教学具有可行性,有利于提高学生的自主探究意识和迁移能力。

关键词:方程 大概念 单元结构 二元一次方程组

围绕大概念开展的单元教学通常要对教学内容进行整合与重组,这种整合与重组将依托大任务、大问题的解决完成。但是,在教学实施中,必须关注教学过程中最主要的矛盾是“教师提出的认识等方面的任务与学生实现这些任务的实际可能性的矛盾”^[1],因此,开展单元教学需要对学生能够完成的任务的情况作出客观、准确的把握,否则教学就可能限制学生的发展空间,也可能会让

学生无从把握、陷入迷茫。

本文结合“二元一次方程组”的单元教学进行探讨。

一、围绕大概念进行单元教学设计需要面对的现实问题

方程是含有未知量、表达等量关系的式子,通过运算和等式性质可以使未知量成为可知。在初中数学中,学生将通过具体的一

* 顿继安,北京教育学院数学与科学教育学院院长,教授;黄炜,北京市第十四中学教师,高级教师。

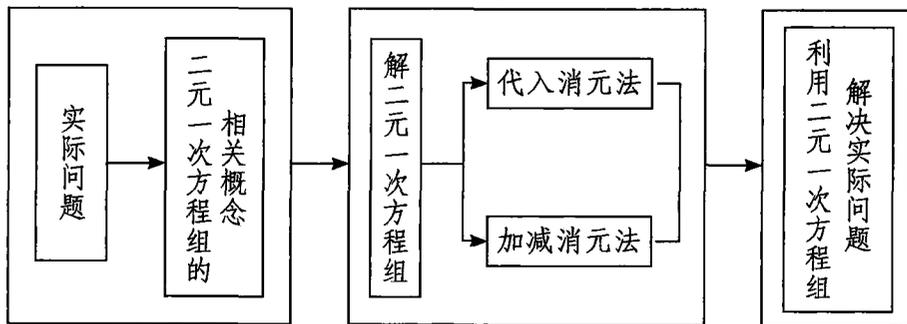


图1 “分—总”型二元一次方程组单元结构图

元一次方程、二元一次方程组、一元二次方程等的学习，逐渐深化对方程的理解。

像任何一个具体的方程单元一样，教科书所设计的“二元一次方程组”单元是从现实问题引入的，人教版教材选择的是“篮球比赛得分问题”，华东师大版教材选择的是“足球比赛得分问题”，北师大版教材选择的是数学史上的“老牛小马驼包裹问题”，北京版教材选择的是“猜谜得分问题”，许多教师还会结合生活实际创设一些学生喜闻乐见的情境。

不同背景的问题有着相同的意图——引出一个二元一次方程组。但在建立实际问题的方程模型后，传统教学并不研究如何解方程组进而得到实际问题的解，而是转向对二元一次方程组这个数学对象的深入分析，探讨二元一次方程和它的解、二元一次方程组和它的解的概念，这通常需要1~2课时。接下来才进入解二元一次方程组的学习，一般用3~6课时的时间，按照先代入消元法，后

加减消元法，再合理选择的顺序进行。之后再安排约3课时解决实际问题。这样的单元设计中的知识安排呈“分—总”型结构，即先完成所有陈述性知识点的学习，最后再综合应用这些知识点解决实际问题，如图1所示。

这种安排有利于知识与技能的掌握，但却是典型的以碎片化的知识点为单位组织教学的形态，不利于学生对二元一次方程组产生完整的认识，也没有尊重学生的情感需求。例如，有研究者在教学中发现：当实际问题，特别是教师出于激发学生兴趣、展示数学与生活有着密切联系的一面而精心创设的情境性问题被提出后，学生非常渴望得到实际问题的解（老师，这个方程组怎么解啊？）^[2]，而这种安排下的教师通常以“我们下节课再学习如何解二元一次方程组”来应对。

得到实际问题的解是学生的兴奋点，也是方程价值的重要体现，正如史宁中教授等人所言：“方程的课程教学设计，从一开始

就应该让学生接触现实问题，学习把生活中的自然语言等价地转化为数学语言，得到方程，进而解决方程问题的全过程”^[3]。

以实际问题的完整解决过程带动的二元一次方程组单元教学，将使学生在一开始就对本单元产生整体性的认识，而诸如二元一次方程组及其解、代入消元法、加减消元法等具体知识点将以“整体中的部分”的形象出现，因其在整体中的作用而变得更有意义。当然，这些具体知识点的学习仍然需要专门的、细致的分析，并通过必要的训练形成技能，以更好地服务于应用二元一次方程组解决实际问题。这样的单元教学设计中的知识呈现“总—分—总”型结构，如图2所示。

可以看到，以这样的思路开展的教学，单元的起始课中，学生将面对比传统教学更为复杂的任务——当从实际问题中得到二元

一次方程组后，在没有细致甚至没有正式完成二元一次方程（组）及其解的相关陈述性知识点学习的前提下，探索二元一次方程组的解。那么，学生完成这样的任务的可能性如何？需要教师给予怎样的帮助？

为了保证单元教学设计的顺利进行，需要对学生进行研究。

二、研究过程

1. 研究方法

本研究属于直接服务于教学实践的研究，调查对象选择的是与执教教师的授课班级水平相当的另一个班的12名学生，这些学生按照数学成绩的高、中、低分层抽样确定，他们正处于七年级上学期，基本完成了一元一次方程单元的学习，而学校所选用的教材将“二元一次方程组”单元安排在了七年级下学期。通过与学生作答过程的印证，

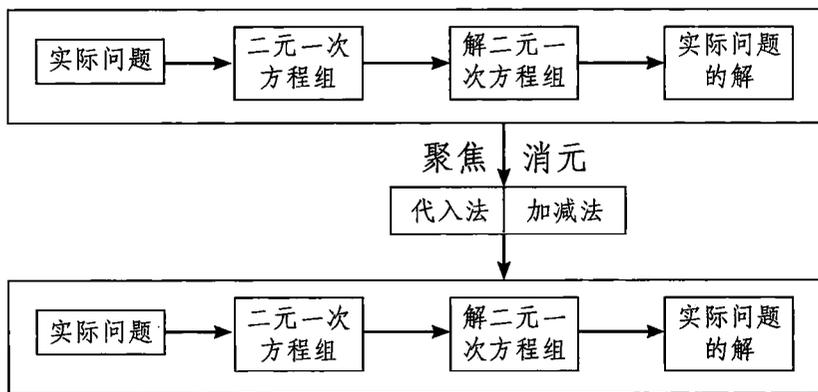


图2 “总—分—总”型二元一次方程组单元结构图

可以确认这些学生没有进行课外班学习和提前自学。

调研中学生需要作答的问题如下：

$$\begin{cases} 5x+12y=50 \\ 2x+6y=23 \end{cases}$$

- (1) 请你给它起个名字；
- (2) 请你求出 x 、 y 的值。

学生用10分钟的时间独立完成这些问题。根据研究目的，本研究以质的研究方法为主，辅以量的研究方法，即通过访谈和作品分析法了解学生的思维过程，也统计了学生的正确率、不同的解答方法情况等。

2. 研究结果

学生给出的名称有：二元一次方程、方程组、多元方程等，有2名学生给出了“二元一次方程组”这一标准名称。

本研究的重点是学生解二元一次方程组的表现。学生的作品表明，全体学生都首先试图用消元法得到方程组的解，但消元的过程与有效性却大不相同。

为了叙述方便，下文将上述第一个方程记为方程①，第二个方程记为方程②。

尽管步骤不规范，但有6名即50%的学生成功通过消元法得到了方程组的解，其中有5名学生将方程②乘以2后与方程①相减直接消掉未知数 y 而得到 x 的解，另有1人将方程①减方程②得到方程③后，用方程③减方程②，得了 x 与 y 的值。

通过对生L的访谈，我们进一步了解了学生的思路来源：

师：你是怎么想到把方程 $2x+6y=23$ 两边都乘以2的呢？

L：过去做过这样的题。

师：什么时候做过这样的题呢？

L：就是合并同类项的时候，做过类似的题目。

经确认得知，学生所说“合并同类项时类似的题目”指的是“给定一个代数式的值，求另一个代数式的值”的问题，是学习代数式求值时的一些常见变式练习，学生的解题经验在他们面对解二元一次方程的任务时发挥了作用。

有6名学生在对两个方程做了一些运算后失败，对其中的生W进行访谈，该生的作答过程是将两个方程先相加、再相减。访谈过程如下：

师：你先将两个方程相加，再相减，想做什么呢？

W：我就想试试。

师：试出什么结果你就满意了呢？

W：我想试试消去一个未知数。

难能可贵的是，生W与另外4名学生在消元失败后，并没有放弃探索，而是转用试误法找方程组的解。生W和另1名学生利用试误法找到了解，其他学生未成功。此外还有1名学生在一次消元未成功后放弃了探索。

表1 学生求解过程表现情况统计表

类型	求解过程表现	学生数(百分比)
类型1	消元法一次成功	5(41.7%)
类型2	消元法一次未成功,调整后成功	1(8.3%)
类型3	消元法未成功,试误法成功	3(25%)
类型4	消元法未成功,试误法也未成功	3(25%)

学生获得二元一次方程组的解的过程可以分为四类,如表1所示。

3. 研究结论

当建立实际问题的二元一次方程组模型后,直接让学生探索二元一次方程组的解是可行的。

与教科书中结合解的概念先介绍试误法不同,学生优先选择消元法,试误法是未能成功消元的学生退而求其次的选择。这可以解释为:将二元一次方程组通过消元化为熟悉的一元一次方程求解这种化归思想极为朴素,在数学中无处不在,而多年的数学学习经验使得“化归”成为学生面对问题的本能反应,他们的思维过程可借助图3表示。

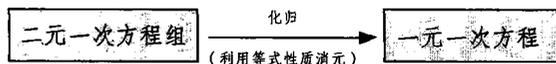


图3

然而,尽管化归、消元思想是朴素的,但仍有50%的学生消元未成功。实际上,合理、有效的消元手段的发现来自解题者根据方程组的特点在可用的知识中做出的理性选择,学生在独立探索时展现出了其利用等式

性质消元的本能反应,但缺乏自觉性,教师则需要引导学生反思,让他们认识到成功消元需要以对两个方程特点的分析为基础。

三、以学生研究为基础开展单元教学实践

根据对有利于发展学生数学建模素养的单元教学结构的分析,以及通过学生调研得到的结果,我们开展了如图2所示的“总一分一总”型的二元一次方程组单元教学,下面重点介绍单元起始课的教学实施情况。

单元起始课起着统领整体内容的作用,学生将在这节课上通过一个实际问题的解决,整体认识二元一次方程组的概念与解法,教学流程如图2中第一部分所示,实际问题则来自班主任于老师为期中考试准备奖品的真实情境:

师:同学们知道吗?你们的班主任于老师要在今天下午的班会上发奖了!在期中考试前,于老师就买好了文件夹和圆珠笔作为奖品,准备奖励成绩优秀和进步的同学。考完试后,于老师发现自己先前买的奖品不够

用，于是又购买了一次。我看到于老师准备的漂亮的文件夹和圆珠笔，问她每个多少钱，于老师说她不记得单价了，只记得每次购买文具的数量和总花费（ppt展示）：

第一次：5个文件夹，12支圆珠笔，
共用50元；

第二次：2个文件夹，6支圆珠笔，
共用23元。

师：你们能帮我算算于老师买的文件夹、圆珠笔的单价吗？

下面呈现这节课的重点过程。

1. 在比较中感受二元一次方程组的价值

学生用了多种方法解决奖品问题，包括算算法、一元一次方程法，而由于问题中的两个等量关系“ $5 \times \text{文件夹单价} + 12 \times \text{圆珠笔单价} = 50$ ， $2 \times \text{文件夹单价} + 6 \times \text{圆珠笔单价} = 23$ ”很直观，因此，有比较多的学生直接选择设两个未知数得到两个方程。教师请学生展示了各种方法，并请1名试图列一元一次方程但是有些犹豫的学生说说自己的心理过程。

师：刚才我看到L同学做这道题的时候，做到一半，停了下来，L你能告诉我们停下来原因吗？

L：我想用一元一次方程做，设了一个未知数后就停下来了。

师：为什么停下来？

L：我设完文件夹为 x 后，圆珠笔不知道该怎么办了。

师：然后呢？

L：我就设了两个未知数，列出了两个方程。

学生自述的探索、调整经历，充分体现了二元一次方程组的价值：一个含有两个未知量的实际问题，如果列一元一次方程，在设一个未知数 x 后，还需要借助题目中的等量关系将另一个未知数表示出来，有时候会很复杂，而列二元一次方程组就容易得多，直接通过语言的转化就可以得到方程组。

2. 以启发法突破难点

从“奖品问题”中得到的二元一次方程组是本节课的难点，教师的突破方式采用了启发法，即先让学生独立探究，遇到困难时，再“帮助学生检视自己的思维过程，通过发现自己思考过程的价值和不足自己突破难点”^[4]：做了加减法不能消元怎么办呢？

教师问1名遇到了困难的学生：“你是怎样做的？”

生1：我把两个方程加了一下得 $7x+18y=73$ ，然后又减了一下得 $3x+6y=27$ 。

师：生1把这两个方程加了一下得到 $7x+18y=73$ ，然后又减了一下得 $3x+6y=27$ 。这样做挺好！因为方程就是等式，等式加等式还是等式。那咱同学猜猜，他这样做是要干嘛呢？刚才我问他，他说，他想试试看，

但没试出来，你们觉得他想试什么呢？

生（七嘴八舌）：他想试试消去一个未知数。

师：噢，他确实是想试试消去一个未知数。两个未知数要是能消去一个就太好了。想法真不错！那达到目的了吗？

生（七嘴八舌）：还没有。

还有人建议：做减法试试。教师板书，发现还是未消去，问：“生1是想试试如何消去一个未知数，依据等式性质对方程进行加加减，但没能达到消元的目的。那么，我们再看看方程，依据等式性质还能怎么做？”

生：第二个方程两边乘以2。

师：乘以2就怎么了？

生：乘以2后就与第一个方程消元了。

师：真的吗？大家明白他的意思了吗？再试试看。

学生再次尝试后成功，教师请刚才遇到同样困难的生2汇报解法后，追问道：“你解决了这个问题后有什么感受吗？”

生2：还能用等式的性质2试试。

教师点评提升：生2又用了等式性质2，就达到消元的目的了。一开始直接加减遇到了问题，没成功，思考一下自己到底要达到什么目的，换个方法试试就成功了。

3. 形成知识结构并明确需要重点突破的问题

在学生已经有了“消元”的初步体验的基础上，再请学生试着解决两个二元一次方程组的问题，我们发现，尽管此时还并未讨论解二元一次方程组的步骤和方法，但是学生却表现出了非常强的自觉选择能力，在他们并不流畅的表达背后，透视出其清晰的思维过程，教师只需要将其语言稍作纠正，并规范格式即可。

对于其中的一个方程，有学生直接说把两个方程相加就可以了，教师有意识地问：“你们喜欢这个方程吗？”学生说：“太喜欢了，因为一加就只剩下了 x 。”师点评：“一加就达到了咱们的目的——消元，太喜欢了！”

最后，教师引导学生对这节课所处理的问题和对象进行整理，将主要的概念、方法板书，形成了知识结构，如图4所示。

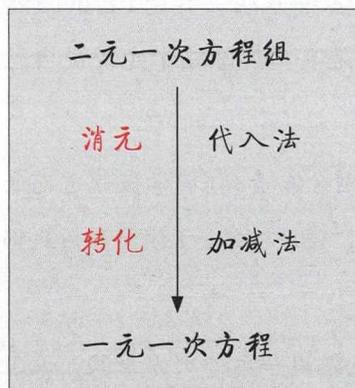


图4

对照着知识结构图，教师请学生预测：

你们认为要想顺利应用二元一次方程组解决实际问题，我们特别需要在哪里突破？

生答：需要在消元的方法上突破。

师点评总结：有道理，接下来我们就专门用一些时间来探讨如何规范消元、如何选择更好的消元方法。

四、教学效果

与学生的现实生活紧密相关的实际问题激发了学生浓厚的兴趣，他们因利用数学知识帮助教师解决了实际问题而产生了自豪感，数学的价值也在这样的过程中为学生所体会。第一节课后，学生纷纷围着授课教师问：“黄老师，于老师真的要发奖吗？”“什么时候发啊？”教师给出“下午班会一定发”的回答后学生充满了对班会课的期待。事后班主任反馈说，班会前就有学生追着问：“老师，老师，您是要发奖吗？”得到肯定的答复后，继续说：“您是不是把价钱忘啦？我帮您算出来啦！”“呵，你真棒！”得到表扬的学生欢喜之情溢于言表。

学生的课后作业反映了课堂的影响。这节课尽管学生解了一些二元一次方程组，但是并没有规范步骤和解题格式，因此学生作业中的解题格式也并不规范，解答步骤的严密性还需要改进。但作业中展现了学生乐于探究、敢于将自己的想法表达出来、在有了一种做法之后还继续寻找更好的解法的

面貌，这都是以往从未出现过的非常积极的变化。

延迟性评价也有利于学生对于数学思想方法的领会，有利于培养知识的迁移能力。例如，在一元二次方程单元的测试中，本课题组的教师发现学生在解决实际问题时，有的列出分式方程，有的列出二元二次方程组：

$$x-5=\frac{54}{x}-2 \quad \begin{cases} x-5=y-2 \\ xy=54 \end{cases}$$

这些都是初中数学不学的方程，而学生敢于列出这样的方程，并且将它们转化为一元二次方程解决。◆

参考文献：

- [1][苏]巴班斯基著.教学过程最优化[M].张定璋译.北京：人民教育出版社，2007：22.
- [2]顿继安.从“备学生”走向“研究学生”——基于学生研究的数学教学[M].北京：教育科学出版社，2015.
- [3]史宁中，孔凡哲.方程思想及其课程教学设计——数学教育热点问题系列访谈录之一[J].课程·教材·教法，2004（9）.
- [4]顿继安，徐帆，姚晖.数学教学重难点突破方式的思考与实践[J].基础教育课程，2013（9）.

（责任编辑 沈炯靓）

大概念统摄下 物理单元知识结构构建及教学探讨

邓靖武

(北京教育学院 数学与科学教育学院, 北京 100120)

摘要:大概念统摄下的单元知识结构构建及教学,是实现有效学习、落实学科核心素养的重要途径。提炼学科大概念可从三个维度入手:基于学科视角,聚焦学科本质;基于课程标准,依据学科教材;基于学生发展需求。基于大概念设计明确的单元学习目标与基本问题、单元学习流程以及关键任务,有利于学生理解具体内容背后更为本质的学科思想和方法,形成良好的认知结构和思维方式,促进学科核心素养的落实。

关键词:大概念;单元教学;知识层级结构;核心素养

中图分类号:G633.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-0186(2021)01-0118-07

DOI:10.19877/j.cnki.kc.jc.jf.2021.01.018

学生的有效学习应该在学习动机、学习互动和学习内容三个维度上联动发生^[1],高品质的学习内容是学生有效学习的关键因素之一。然而,在许多物理课堂上,教师选择的学习内容零散化、扁平化,缺乏良好的知识结构。以这样的学习内容组织教学往往让学生产生大量的无关认知加工,难以形成良好的认知结构,导致学生对学科本质的理解肤浅化,学习效果大打折扣。什么样的学习内容能有效提升学习的品质呢?如何构建这样的学习内容并在教学中使用呢?

一、构建大概念统摄下的单元知识层级结构,使课程内容结构化

良好的知识内容结构是学生形成良好的认知结构的前提,只有教师形成了结构化的课程内容

并进行合理的教学引导,学生才有可能形成良好的认知结构。因此,形成结构化的课程内容至关重要。如何形成大概念统摄下的单元知识层级结构呢?

(一) 大概念的提出

在课程与教学领域,为了解决学生知识零散、仅能记忆事实、缺乏深刻理解等问题,国外研究者从不同角度提出了大概念(或称大观念、核心概念)。

从认知发展的角度看,有学者认为大概念提供了构建自己理解的认知框架;强调大概念可以使人们连接其他零散的知识点。从课程内容的角度看,有学者认为大概念指向学科中的核心概念,是在事实基础上抽象出来的深层次的、可迁移的概念。从学科教育的角度看,不同学科的大

基金项目:北京教育学院科学教育创新平台及北京市物理学会课题“学习视角下学生物理学科核心素养提升策略及实践研究”(WLXH201030)。

作者简介:邓靖武,北京教育学院数学与科学教育学院副教授,主要从事教师教育、物理教育研究。

概念表述虽然不同，但总体方向趋于一致。比如数学学科大概念被认为是对数学学习至关重要的观念的陈述，是数学学习的核心，能把数学理解联系成一个连贯的整体。^[2]在科学教育方面，温·哈伦（Wynne Harlen）认为大概念是能用于解释大范围内的物体、事件与现象的概念。^[3]韦钰指出科学大概念是有组织、有结构的科学知识和模型，以大概念理念进行科学教育能培养学生的创新能力，阐明了以大概念理念进行科学教育的必要性。^[4]

（二）大概念的属性

大概念是具有丰富内涵的教育理念，不管是在宏观层面的认知框架上、中观层面的课程线索上，还是在微观层面的教学设计上，大概念都有其独特的贡献。大概念并不指向某一知识的具体概念，而是指向具体知识背后更为本质、更为核心的思想或看法，它是对概念间关系的抽象表述，是对事物的性质、特征以及事物之间的内在关系及规律的高度概括。^[5]大概念具有中心性、可持久性、网络状和可迁移性等特征。^[2]

学科大概念则是指能够反映学科特质，居于学科中心地位，具有较为广泛的适用性和解释力，具有超越课堂的持久价值和迁移价值的原理、思想和方法。^[5]从类型来看，大概念可以分为内容大概念和过程大概念，前者主要是原理、理论或模型，后者是与获取、使用知识有关的技能。温·哈伦提出的 14 个科学教育大概念中，有 10 个是关于科学知识的大概念，属于内容大概念，有 4 个是关于科学本身的大概念，属于过程大概念。例如，“利用场可以解释物体对其周围一定距离的物体产生作用”是物理学科中可以统摄物体间多种相互作用的大概念，它抽象地描述了物体之间多种相互作用的存在，具有概括性、抽象性、普遍性、可迁移性等特点。

（三）大概念统摄下单元知识层级结构的构建

依据范围和大小的不同，不同概念呈现出一定的层级结构（见图 1）。从基本事实、知识与技能到学科一般概念，进而提升到学科大概念，拓展到跨学科概念，乃至上升到哲学观点，是学生不断完善认知结构的过程。从低层次到高层次，是一个不断抽象概括的过程，从某个相对较

高的层次到低层次，是一个迁移应用的过程。通常情况下，概念越大，则其阐述的范围越大、距离实际现象越远，其呈现形式越抽象，其相应的层次也就越高。

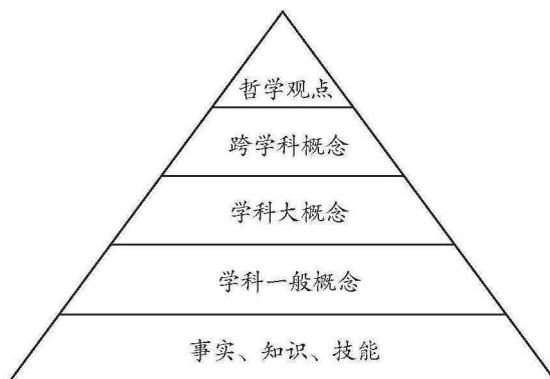


图 1 大概念统摄下的知识层级结构

上述知识层级结构明晰了不同层次的知识、概念、规律之间的关系，对于教师教学具有重要的指导意义。但在具体的学科教学中，学科大概念因为过于抽象而无法直接作为教学内容使用，理解大概念的学习是一个循序渐进、不断深入的过程。例如，“利用场可以解释物体对其周围一定距离的物体产生作用”这个与物理密切相关的学科大概念高度概括，内涵丰富，却很难在教学中直接教给学生。因为学生对大概念的理解和掌握需要更多不同范围和层次的次级大概念的支撑，即需要在抽象程度相对较低和适用范围相对较小的概念学习的支撑下逐步完成大概念的学习（见图 2）。

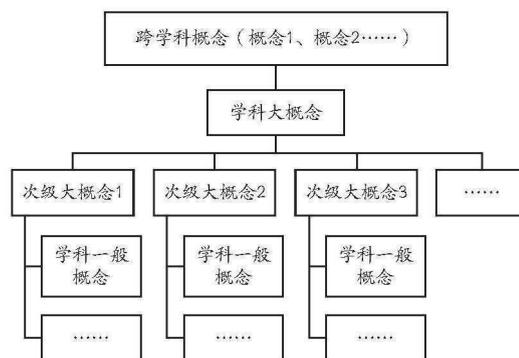


图 2 学科大概念统摄下的知识层级结构

这些次级大概念可能是针对一个单元的大概念，即单元大概念，也可能是针对一个章节的大概念，即章节大概念。每个学科大概念可能由多个单元大概念支撑，每个单元大概念可能由多个

章节大概念支撑,这样就形成了一个大概念的知识层级结构。为描述简洁,后文将学科大概念下的单元大概念或章节大概念统称为次级大概念。由此可见,一个层次较高、范围较大的学科大概念往往需要通过构建由其统摄的一个或多个知识层级结构来支撑其学习与理解。那么,如何提炼与构建学科大概念呢?

1. 基于学科视角、聚焦学科本质提炼学科大概念

不同学科有其自身独特的学科特征,学科研究对象、研究的基本问题、研究方法以及思维方式都有其自身特点。因此,在学科大概念的逐级提炼中要基于学科视角、聚焦学科本质。以物理学为例,物理是自然科学领域的一门基础学科,研究自然界物质的基本结构、相互作用和运动规律。中学阶段物理学科不同层次的大概念可以从以下三个方面把握:一是基于物理学科研究对象与基本问题来提炼;二是基于物理学科的研究方法来提炼;三是根据学科的课程目标与价值来提炼。例如,“牛顿运动定律和动量守恒定律可以用来预测宏观物体的运动变化情况”及“利用场可以解释物体对其周围一定距离的物体产生作用”就是基于物理学科本质提炼出来的大概念,它们针对物理学的研究对象,高度概括与浓缩了物理学科中运动与相互作用主题研究的基本问题及其内在规律。基于物理学科研究对象与基本问题,可以将上述学科大概念解构成宏观物体的运动及其规律的描述、物体间的相互作用、运动与相互作用的关系等次级大概念;基于学科的研究方法,则可以解构成利用分解与合成的思想解决二维问题等次级大概念,具体如下。

(1) 宏观物体的运动需要引入相应的物理量来描述,通过模型建立及简化可以准确描述特定的运动规律。

(2) 自然界的物体之间有多种相互作用,运用场的知识可以解释物体与一定距离以外物体之间的相互作用(重力、电场力、磁场力)。

(3) 物体运动状态的改变都是由受力不平衡导致的。如果没有力的作用,物体的运动状态将保持不变。

(4) 物体运动状态改变的快慢取决于物体受到的合外力与物体的质量。

(5) 将垂直于物体运动方向的力施加到物体上,将会改变物体的运动方向,不会改变物体速度的大小。

(6) 如果一个系统与外界有力的相互作用,则其总动量可能发生改变,否则系统内部动量守恒。

(7) 通过分解与合成的思想可以将二维矢量问题转化为一维问题加以解决。

当然,大概念解构的结果和呈现方式并不唯一,选择的视角不同,解构结果可能会有所差别。但只要是基于学科视角、聚焦学科本质提炼的大概念,都可以帮助学习者将具体的、碎片化的知识与学科大概念建立关联,形成结构化的知识结构及认知结构,有利于学习者把握具体内容背后本质的学科思想方法。

2. 基于课程标准、依据学科教材确定学科大概念

课程标准与学科教材是教师教学的重要依据与素材。分析课程标准对具体知识的要求,以教材知识为载体,梳理提炼不同层级的大概念,是构建学科知识层级结构的另一维度。基于学科本质与学科特征解构的各层级大概念还需要结合课程标准与学科教材进行相应调整与取舍才可以实际实施。

在《普通高中物理课程标准(2017年版)》中,“相互作用与运动定律”主题的内容要求包括:“①认识重力、弹力与摩擦力。通过实验,了解胡克定律。知道滑动摩擦和静摩擦现象,能用动摩擦因数计算滑动摩擦力的大小。②通过实验,了解力的合成与分解,知道矢量和标量。能用共点力的平衡条件分析生产生活中的问题。③通过实验,探究物体运动的加速度与物体受力、质量的关系。理解牛顿运动定律,能用牛顿运动定律解释生产生活中的有关现象、解决有关问题。通过实验,认识超重和失重现象。④知道国际单位制中的力学单位。了解单位制在物理学中的重要意义。”^[6]根据课程标准的内容要求及人教版高中物理必修教材第一册^[7]的章节安排,可以围绕前述学科大概念进行调整与取舍,构建如图3所示的知识层级结构,具体的取舍标准是保留课程标准要求且适于学生现阶段学习的次级大概念。

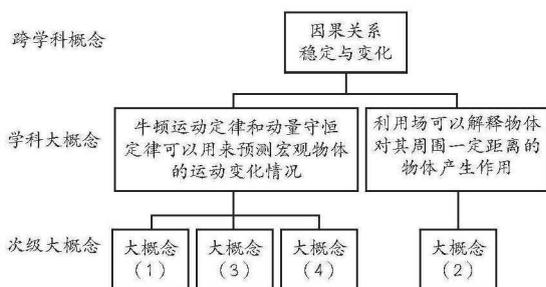


图3 结合课程标准及学科教材的大概念层级结构

图3中的大概念(1)至大概念(4)对应前文解构的7条次级大概念中的第(1)至(4)条。该层级结构图对学科大概念、次级大概念与课程标准及学科教材的要求进行了合理融合和必要取舍,对教师把握学科知识结构有重要作用。但是,这样的层级结构仍然难以面向学生进行教学。因为即便是次级大概念,对学生而言仍显得概念太大、层次过高、内涵过于丰富。教师需要基于课程标准和学科教材中的章节进一步针对次级大概念进行解构与提炼,形成次级大概念统摄下的单元知识层级结构。

3. 基于学生的发展需求构建次级大概念统摄下的单元知识层级结构

基于以上分析,以次级大概念为依托构建合理的单元知识层级结构是设计高品质教学内容的关键。那么,究竟应该构建多大的单元呢?从教学实施的角度看,可以是连续的“小单元”,也可以是非连续的“大单元”。确定怎样的单元架构,取决于教师的情况与学生的具体发展需要。一般而言,教师对学生知识学习、思维发展和能力提升期待较高的,往往构建较大的单元进行教学。当然,这也依赖教师对学科内涵的理解以及对课程与教学内容的整体把握。因此,构建单元教学所依托的单元大概念一般小于学科大概念,甚至小于部分次级大概念,所形成的单元并不一定是教材呈现的章节单元。在高中物理教学中,以次级大概念“宏观物体的运动需要引入相应的物理量来描述,通过模型建立及简化可以准确描述特定的运动规律”为例,构建了如图4所示的单元知识层级结构。该层级结构将本单元需要学习的一般概念作为理解单元大概念的支撑,并将基本的事实、知识、技能关联起来,形成一个有逻辑的单元知识架构。

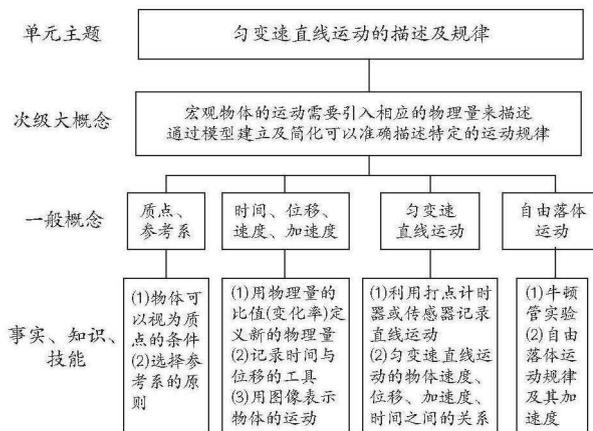


图4 大概念统摄下的单元知识层级结构

在教学中构建大概念统摄下的单元知识层级结构,有利于课程内容结构化。教师适时地向学生呈现并引导他们建立大概念统摄下的单元知识层级结构,有利于减少课堂上学生的无关认知加工,增加生成认知加工,促进其形成良好的认知结构。当然,以大概念统摄下的单元知识层级结构进行单元教学,需要教师在加深学科理解的同时,积累实践经验和策略,并结合与科学本身相关的过程大概念进行融合教学,才能实现对中学生综合素养的培养。

二、以单元知识层级结构为教学内容进行单元教学设计

单元教学设计打破了教师与学生“只见树木不见森林”的局面,使师生获得“先有森林再有树木”的整体感。设计进行单元教学是学科核心素养培育的需要,也是教师专业能力提升的需要。^[8]围绕大概念进行单元教学设计,不仅需要构建大概念统摄下的单元知识层级结构,也需要设计明确的单元学习目标、需要讨论的基本问题、单元学习流程以及关键任务等。

(一) 以课程标准为导向确定单元学习目标及需要讨论的基本问题

单元学习目标是指在完成单元学习之后,学生应该获得的学科核心素养,包括能灵活应用的知识、技能、策略,能反映学科本质及思想的方法,解决问题的综合能力,以及经历一定困难之后获得成功的愉悦心理感受,还有对学科的好奇和期待。确定单元学习目标要考虑课程标准要求,单元学习主题与核心内容,单元所承载的学

科核心素养进阶发展的要求以及学生的学习基础和发展需求。^[9]单元教学中需要讨论的基本问题是在学科或课程中处于核心位置,能促进学生深入思考和探究的总结性概括问题或单元的主题性问题。^[10]

基于上述讨论,在“匀变速直线运动的描述及规律”的单元教学设计中,聚焦单元大概念,重点围绕“引入哪些物理量、如何定义物理量可以描述物体的运动”“如何获取匀变速直线运动的规律并解决问题”等基本问题,结合学生实际情况设定如下单元学习目标:(1)经历位移、速度、加速度等物理量的引入与建立过程,能用它们来描述直线运动;(2)了解建立质点模型的方法,能用抽象和极限的思维方法研究匀变速直线运动的规律并运用其解决或解释生活中的具体问题。

通过对上述基本问题与单元目标的设定,学习过程就不会局限于具体的知识和技能,而是以“宏观物体的运动需要引入相应的物理量来描述,通过模型建立及简化可以准确描述特定的运动规律”这一次级大概念为统领,重点培养学生具有物理学科特点的思维方式,形成可迁移的认识,诸多的事实、知识与技能成为该层级结构框架下的素材与补充。

(二) 围绕学习目标与基本问题设计单元学习过程

单元学习目标仅明确了学生要学习什么,而具体到学生如何学还需要考虑教学内容的组织。大概念统摄下的知识层级结构是有严格学科逻辑的框架,它能将相关学习内容连接为一个整体,便于教师和学生把握教学内容的整体性,可作为学生学习的终点。但在单元学习的设计过程中,教师需要遵循学生的认知规律和认知水平,以学习逻辑的视角代替学科逻辑的视角设计学生的学习。学习逻辑注重学习结果的获得,具有主观性,需要按照学生易懂、易会的方式来完成学科知识的建构过程。^[1]

在“匀变速直线运动的描述及规律”的单元教学设计第一部分中,围绕次级大概念“宏观物体的运动需要引入相应的物理量来描述”进行了如下设计(见图5)。根据单元学习目标确定需要探讨的基本问题,即引入哪些物理量、如何定

义物理量可以描述物体的运动,遵循从简单到复杂、从已知到未知、从熟悉到不熟悉的原则。单元教学设计采用了从上位学习逐步过渡到下位学习的设计思路,上位学习与下位学习的量可依据学生的情况进行调整。在这种设计思路下,每次学习都可以强化学生对大概念的进一步认识。

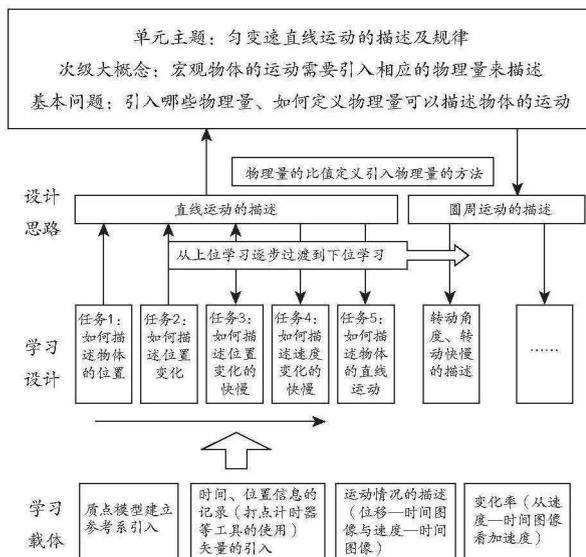


图5 基于大概念的学习过程设计

此外,在设计中将“直线运动的描述”的学习过程作为学习“圆周运动”的铺垫,为大概念在后续学习中的迁移做好了准备。整个学习过程渗透了物理量的比值定义法。在任务设计环节,以问题为导向设计学习任务,从学生较为熟悉、容易理解的位置描述,到位置变化(位移)的描述,到位置变化快慢(速度)的描述,再到速度变化快慢(加速度)的描述,最后到匀变速直线运动的描述,是一个为了描述运动而不断引入物理量的过程,学生在此过程中能体会到依据变化率即物理量的比值定义新的物理量的过程和方法。这一单元的前半部分被串联成为一个有机整体,事实、知识、技能都成为学生学习并领会大概念的载体。如在准确描述物体的位置时需要抽象质点模型,建立参考系;在描述物体位置变化时需要引入矢量与标量,同时要使用打点计时器等工具;描述位置变化的快慢及速度变化的快慢时要引入图像描述运动的方法及变化率来定义物理量。通过学习这些载体并完成相关任务,学生对大概念的认识发展为基于证据和事实的理解,其迁移能力在大概念的指引下得到有效提升。

在“匀变速直线运动的描述及规律”的单元教学设计第二部分中，围绕次级大概念“通过模型建立及简化可以准确描述特定的运动规律”进行了如下设计（见图6）。根据单元学习目标确定需要探讨的基本问题，即如何获取匀变速直线运动的规律并解决问题。在学习设计中将“匀变速直线运动规律”的大部分内容作为上位学习，将“自由落体运动”及其相关应用的大部分内容作为下位学习。学习过程渗透了极限或图像的思想来规避求取位移规律所需的微分与积分问题。在任务设计环节，从如何获取运动物体的速度—时间图像，到匀变速直线运动的速度—时间图像所蕴含的信息，再到根据图像获取位移信息，最后到利用获取的规律解决问题，整个学习过程连续且符合学生的认知逻辑。在此过程中，学生的模型建构、基于证据的推理论证等科学思维得到有效发展。学习载体成为完成学习任务与理解大概念的有效支撑。

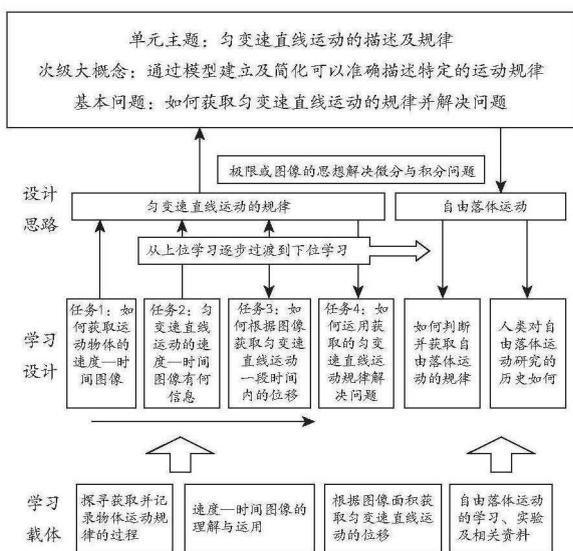


图6 基于大概念的学习过程设计

三、进行大概念统摄下单元知识结构构建及教学的意义

进行大概念统摄下的单元知识结构构建及教学可以使教学与学习直接指向学科本质。大概念的理解与应用直接体现了学科核心素养的要求，进而促成核心素养的落实，有着积极且重要的意义。

一方面，构建大概念统摄下的知识结构并进

行单元教学有利于学生学习的知识结构化，促使他们形成合理的认知结构，使学科核心素养得以落实。

学科知识是培养学生学科核心素养的重要载体，什么样的知识最有利于发展学生的学科核心素养，值得深入思考。零散的事实、概念及技能往往让学习变得缺乏意义，要让它们变得有意义，就必须将这些知识进行有意义的结构化。大概念统摄下的单元知识结构构建正是要将具体的事实、概念、技能与在学科中处于中心地位、具有持久性和迁移价值的学科大概念建立关联，让学生通过学习载体完成学习任务，进而理解知识背后更一般的规律。正是由于大概念统摄下的知识结构统领了具体知识，并让具体知识与大概念形成有效对接，师生在课堂教学中才易于聚焦共同的学习目标，大大降低课堂上的无关认知加工，使学生的生成认知加工成为可能。这有利于提升学生的科学思维能力、问题解决能力，有利于学习过程从知识与技能的获取转向学科核心素养的发展。

另一方面，构建大概念统摄下的知识结构有利于教师整体把握学科教学内容的本质，使具体内容的学习服务于学生的发展。

如果教师不能基于大概念梳理符合学科逻辑的学科知识结构，并进一步形成自身合理的认知结构，那么他将很难把握教学内容的本质与关键。他的每节课都会处于零散状态，无法让学生聚焦到需要深刻理解的学科大概念上，难以满足学生学科核心素养发展的需求。反之，如果教师能清楚把握每个具体内容与学科大概念的对应关系，梳理单元知识层级结构，就有可能在教学中根据学生的认知逻辑统筹考虑教学内容的先后关系及内在逻辑，引导学生以结构化的方式进行学习与思考，让看似零散、具体的学习内容有效服务于学生的发展。

参考文献：

[1] 邓靖武. 基于学习视角的物理课堂构建策略 [J]. 课程·教材·教法, 2019 (8): 112-117.
 [2] 李刚, 吕立杰. 国外围绕大概念进行课程设计模式探析及其启示 [J]. 比较教育研究, 2018 (9): 35-43.

- [3] Harlen W. Principles and Big Ideas of Science Education [M]. Hatfield: Association of Science Teachers, 2010: 1-6.
- [4] 韦钰. 以大概念的理念进行科学教育 [J]. 人民教育, 2016 (1): 41-45.
- [5] 何彩霞. 化学学科核心素养导向的大概念单元教学探讨 [J]. 化学教学, 2019 (11): 44-48.
- [6] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准 (2017年版) [S]. 北京: 人民教育出版社, 2018: 11-16.
- [7] 人民教育出版社课程教材研究所 物理课程教材研究开发中心. 普通高中教科书·物理 必修 第一册 [M]. 北京: 人民教育出版社, 2019.
- [8] 费宗翔. 加强单元教学设计, 提升学科核心素养 [J]. 上海课程教学研究, 2020 (3): 36-40.
- [9] 罗滨. 深度学习: 从课时教学目标到单元学习目标 [J]. 北京教育 (普教版), 2018 (12): 18-19.
- [10] 格兰特·威金斯, 杰伊·麦克泰格. 追求理解的教学设计 [M]. 闫寒冰, 宋雪莲, 赖平, 译. 上海: 华东师范大学出版社, 2017: 380.
- (责任编辑: 郭晨跃)

The Construction and Instruction of Unit Knowledge Structure Under the Guidance of Big Ideas

Deng Jingwu

(School of Mathematics and Science Education, Beijing Institute of Education, Beijing 100120, China)

Abstract: The construction and instruction of unit knowledge structure under the guidance of big ideas is an important way to form effective learning and implement the cultivation of disciplinary core competencies. The big ideas should be refined on the basis of the subject perspective, the nature of the subject, the curriculum standards, the subject textbook, and the needs of students' development. Designing clear unit learning goals and basic questions, unit learning process and key tasks under the guidance of big ideas is conducive to helping students understand essential discipline ideas and methods behind specific content, reducing unrelated cognitive processing in teaching, increasing generative cognitive processing, forming a good cognitive structure and thinking mode, and promoting the implementation of subject core competencies.

Key words: big idea; unit instruction; knowledge hierarchical structure; core competencies

(上接第 38 页)

On the Profession of Research Fellows

Chen Guisheng

(Faculty of Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: In China, there are more than 100,000 research fellows of educational administrative institutions at all levels. However, there is no profession about research fellows so far. As major disciplines in basic education schools are targeted for underage students, there are many unavoidable problems in teaching activities, and there is a lack of practical research and necessary guidance. So this paper chooses the teaching method as the research topic. It elaborates that the special educational administration system in China explains the necessity of setting the position of research fellow and the reasons for the lack of the profession of research fellows. It also concludes that the educational administration system in China has more reasons and conditions to drive teachers who are interested in teaching method research to carry out researches of teaching methods. Besides, it puts forward preliminary suggestions to carry out the researches which are closely related to teaching and learning activities.

Key words: research fellows; profession of research fellows; teaching methods; teaching and research office

基于核心素养的学科大概念及其教学策略

●胡玉华*

摘 要：在教学内容的选择、组织和设计过程中以大概念为核心，是表浅学习向深度学习转化的一个抓手，有助于促成知识向素养转化。依据埃里克森概念教学模式，笔者构建了围绕大概念的学科教学策略：整体审视单元内容，明确本单元大概念，为思维过程指明方向；以大概念为统摄，构建具有逻辑内聚力的知识层级结构；通过问题与活动的设计，帮助学生建立大概念、重要概念、一般概念和事实之间的广泛联系，促进学生对大概念的深层理解；设计基于真实情境的评价方式，考察学生知识建构的情况和对大概念的深刻理解。

关键词：核心素养 大概念 教学策略 生物学教学设计

为了避免学生对科学内容知识的学习出现碎片化、只记忆繁杂的事实和表象性概念、缺乏对知识的深层理解等表浅学习现象，国内外学者提出了大概念的教育主张^{[1][2][3]}，强调在教学内容的选择、组织和设计过程中以大概念为核心，实现教学内容的

“少而精”，这样才有助于学生的深度学习，促成知识向素养的转化。“什么是大概念、大概念有什么教学价值、如何围绕大概念组织教学”成为教育工作者共同关注的热点话题，也是一线教师必须面对和亟须解决的问题。

* 胡玉华，北京教育学院教授。

一、对大概念及其内涵的理解

英国教育专家温·哈伦指出，科学教育绝不是学科事实和基本理论的简单堆砌，而是实现一个向大概念逐渐趋近的过程，这样才有利于学生解决与他们生活紧密相连的问题。^[4]2017年颁布、2020年修订的普通高中各学科课程标准不约而同地提出“以大概念促进学科核心素养的落实”，强调教师在组织教学内容时要摒弃碎片化知识结论的堆砌，重视以大概念为统摄的知识结构化设计。可见，以大概念为核心开展各学科教育教学活动已成为当前教育的发展趋势和热点议题，也是各学科落实核心素养的重要途径。

那么，什么是大概念？

“在科学教育中，要帮助学生建构整合各个信息片段的、具有逻辑内聚力的知识结构，并将各个片段汇集到上述的全息结构之中，而这个结构体系的核心就是大概念”^[5]。

美国课程专家马克·威森（Mark R Wilson）指出大概念居于学科知识领域的中心，具有普适的、持久的解释力。它们是学科中各种概念、原理、规律建立内在联系的根源。学生对大概念的理解应该随着认知能力和经验的生长而逐级加深。^[6]梅查尔斯（Michaels S.）认为大概念是学科知识的主干，是学生忘记了具体的学科内容后仍然能够继续新探索的知识。他强调大概念可以揭

示知识之间的联系并会随着学生年级的增长而被以更复杂的方式深入理解。^[7]

我国学者形象地将大概念比喻为细胞中的细胞核^[8]，从结构上看它位于细胞中心，外围有细胞质和细胞膜；从功能上看它是生命活动的控制中心，控制着生物的生长、发育、遗传、变异等全过程。大概念正如细胞核，位于学科知识结构的中心，统摄着学科的其他概念与事实。其他知识的学习逐渐向大概念趋近，最终实现对大概念的深度理解和掌握。

笔者认为，大概念是居于学科中心构成学科骨架的、能反映学科本质特征的概念。它不同于普通的科学概念，它是学科思想方法和学科理论体系的负载体，能揭示学科知识内容之间的普遍联系并能反映学科本质。例如，生物学学科大概念“细胞是生物体结构与生命活动的基本单位”，不仅揭示了形态各异的生物体在结构和功能上的本质特征，还揭示了认识生物体结构及其生命活动的思维路径；既是生物学学科知识，又反映了学科思想方法。

不难看出，大概念不同于一般的科学概念，它相当于学科知识的“聚合器”，能把不同的知识聚合起来，揭示知识之间的内在联系。

大概念具有三个基本特性：一是思想方法性。大概念反映学科本质，本身就蕴含着学科的思想方法，是认识学科问题的一种视

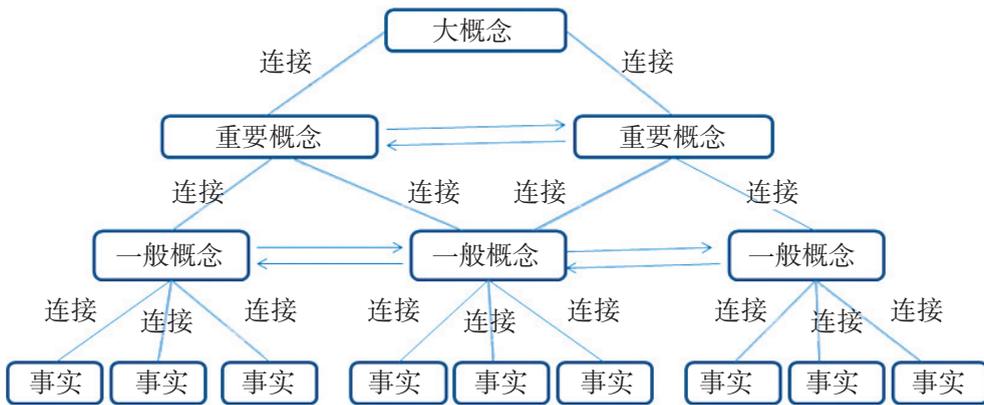


图1 大概念统摄下的知识层级结构图

角和方法。例如，“细胞是生物体结构与生命活动的基本单位”这一大概念，反映的是自然界中形形色色的生命存在形式和生命活动现象的根本属性、基本规律，不仅揭示了生命及其活动的本质特征，还为我们提供了分析生命现象的思路和视角。二是普适性。大概念是具有广泛解释力的概念，不仅可以用于解释、理解现实生活和生产实际中遇到的各种学科问题，还可以对一些现象做出预测和推断。例如，依据“生物体结构与功能相适应”这一大概念，当我们观察到某动物的脚趾间长有蹼时，可以推测它生活在水中或湿地，而且还可以推测它会游泳。三是统摄性。大概念是学科的骨架，可以统摄其他的学科概念和相关事实，使它们构成一个有机的整体。例如，“生物与其生存环境相适应”这一大概念，可以统摄种群、群落、生态系统、食物链、食物网等诸多概念，使其成为以大概念为核心的整体结构。

依据诺瓦克 (Joseph D. Novak) 概念地图模型^[9]以及各学科的课程标准对大概念及重要概念的描述，笔者构建了大概念统摄下的知识层级结构图 (图1)。该结构图强调了知识不是概念与事实的简单堆积，而是一个有机的整体，知识之间存在着不可分割的相互连接。

该结构图由四个层级组成，呈现了从事实开始，依次递进，直至大概念的过程，层级越高，解释力越强。

在这个层级结构中，事实是认识科学现象的基本起点，通过对相关事实的认知归纳概括出一般概念。这里的事实包括了大量的具体的客观事件 (如洋葱的表皮是由扁平状的细胞构成的、人的口腔上皮细胞没有细胞壁等) 以及实验数据结果 (如洋葱表皮细胞直径约为50um、正常人体细胞含有23对染色体等) 等，其特点为：(1) 可通过直接的观察测量获取，(2) 可被反复证明。

一般概念与事实直接连接，但概括性高

于事实，需要对事实加以分析归纳，得出一个客观的结论。例如，植物细胞具有细胞壁而动物细胞没有细胞壁，大多数细胞都具有细胞膜、细胞质、细胞核等结构，等等。两个或两个以上的一般概念按照一定的逻辑关系连接在一起形成重要概念。重要概念具有更高的概括性，它不仅可以揭示一般概念之间的内在联系，还具有一定的普适性和迁移应用价值，例如，“细胞是构成生物系结构的基本单位”这一重要概念，从结构角度阐释了不同形态生命体的本质特征。由于重要概念更接近大概念，其解释力比一般概念有更大的空间。大概念位于知识层级结构的最高层，埃里克森（H.L.Erickson）将其称为“概念聚合器”^[10]，它将相关的事实和不同层级的概念聚合为一个统一的整体，即将大量的知识聚合成少量的普适性的认识，这种普适性认识的解释力和迁移价值会更高，学生一旦理解了大概念，不仅能解决新情境中

的新问题，通过大概念的迁移应用，还能解释与他们生活和生产实际密切相关的问题。这样一来，学生不但减轻了学业负担，不必再面面俱到地学习大量的表浅知识，而且提升了分析问题、解决问题的能力，这正是大概念受到国内外学者广泛关注的原因所在，也是大概念的教学价值所在。

二、围绕大概念组织教学的策略

大概念是表浅学习向深度学习转化的一个抓手，国内外学者普遍认为，围绕大概念组织教学是一种经济且有效的教学方式；教学内容围绕大概念展开，教学活动帮助学生建构大概念，有助于学生对学科内容的深度理解和迁移应用。

依据埃里克森概念教学模式，笔者构建了围绕大概念的教学设计程序和方法，由四个主要环节构成，具体如图2所示。

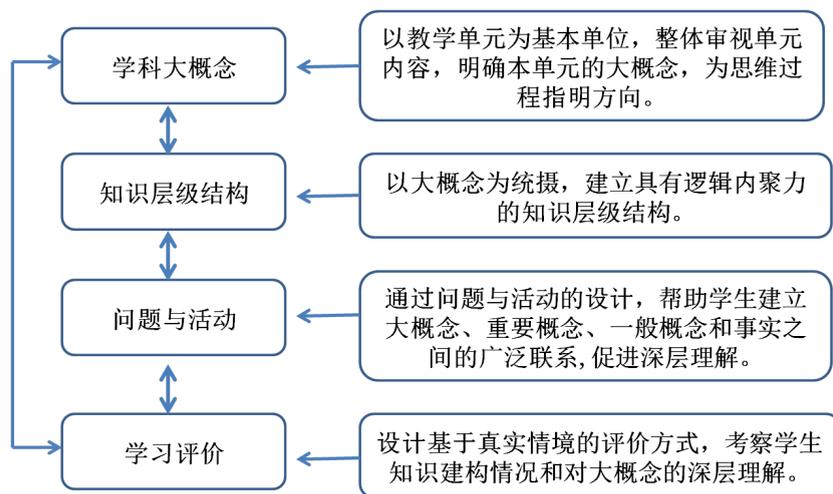


图2 围绕大概念的教学设计程序和方法

（一）审视单元知识内容，明确学科大概念，把握教学核心

在审视单元知识内容时，我们首先要考虑的是，什么知识是最有价值、最能转化为素养的知识？围绕大概念组织并开展教学活动，有助于学生对知识的深入理解和迁移应用，也有助于发展学生的学科核心素养。因此，单元知识中大概念是核心，教学应该直接指向大概念的形成。

但现实的教学，仅仅停留在零散事实和孤立知识点记忆层面的表浅学习并不少见。这与部分教师对大概念的理解不到位、对教学核心把握不准确有直接关系。

1. 案例分析

以生物学学科中的“细胞”概念教学设计（图3）为例加以阐释。

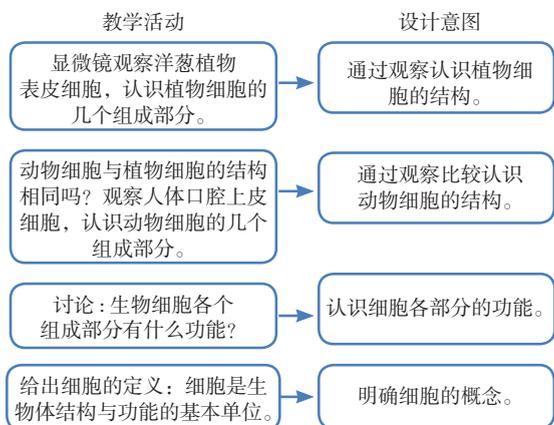


图3 “细胞”概念教学设计图示

该教学尽管设计了学生的观察体验活动，也引导学生进行了比较分析，但教师基

本的关注点在于让学生记住植物细胞有哪些结构、动物细胞有哪些结构、各结构分别有什么功能，最后让学生死记硬背细胞的定义。这样的教学没有让学生体验到细胞（微观）与生物体（宏观）之间的联系，学生只记下了动植物细胞的组成、功能等零散的知识 and 细胞的定义，而没有理解概念的本质（细胞的“单位”属性），也就不能从生物体这个宏观的视角去理解它的微观本质。这样的定义在学生的头脑中只有短暂的生命，很快就会被遗忘，不利于学科核心素养的提升。“科学教育需要围绕涉及重要科学领域的有结构、有联系的大概念来进行学习”^[1]。

2. 教学改进

如果是围绕大概念的教学，首先，要以“自然界中有多种多样的生物，其结构的基本单位是什么”为驱动性问题，引导学生通过类比活动感知细胞的存在，并认识到身边的动物、植物以及人体本身都是由细胞构成的，从而认识到“各种各样的生物体本质上有着共同的结构基础，细胞是构成它们的基本单位”。其次，在此基础上，使学生通过学习，了解“尽管组成不同生物体的细胞在形态上有所差别，但基本结构都包括了细胞膜、细胞质和细胞核三个部分，不同的部分具有不同的功能”。最后，提出问题“细胞能进行生命活动吗？”引导学生认识“每一个细胞都相对独立地生活着，是有生命的，正因为如此，生物体才表现出生命现象”，

在宏观现象与微观本质之间建立起联系。改进后的教学思路如图4所示。

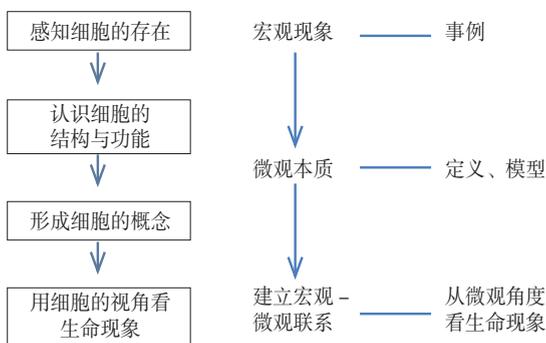


图4 改进后的“细胞”概念教学思路

可见，围绕大概念的教学并不是孤立地记忆概念定义，而是首先要明确本单元的大概念是什么，然后自始至终都要以这个大概念为核心，让学生认识概念的本质和概念间的联系，促进对大概念的深层理解。

(二) 以大概念为统摄，构建具有逻辑内聚力的知识层级结构

1. 构建方法

首先，审视单元知识内容，明确这些知

识之间存在怎样的层级关系，并区分出不同知识在教学中的地位，即区分出本单元的大概念是什么，这些大概念又可分解为哪些重要概念，支撑重要概念建构的一般概念和事实又有哪些。其次，以大概念为统摄，将单元知识内容按照内在逻辑关系建立起合理的连接。

2. 案例分析

依照上述方法和图1的模式，建构“细胞”单元的知识层级结构，具体如图5所示。

以大概念“细胞是生物体结构与生命活动的基本单位”为统摄，把单元中各个层级的知识内容聚合成一个具有逻辑内聚力的整体，知识之间的普遍联系被整体呈现出来。这种围绕大概念建构的知识层级结构能够把零散的事实、一般概念和重要概念等信息连接起来，并解释它们之间的相互关系。拥有这样的知识结构能使学生更易洞察事物的本质，也能把所学知识迁移应用到新情境中，

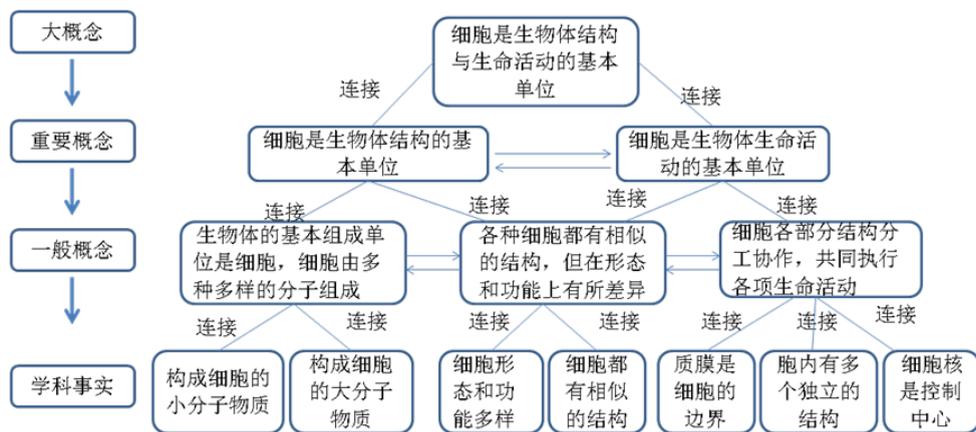


图5 大概念统摄下的“细胞”单元知识层级结构图

从而真正促进素养的提升。

（三）通过驱动性问题与活动设计，促进学生对大概念的深层理解

在组织教学时，教师要引导学生自下而上地进行归纳概括，即从学科事实出发，去分析与之相对应的一般概念，一般概念又可汇入具有更大解释力的重要概念，不同的重要概念相互关联形成大概念。所以，整个教学过程就是向大概念逐级趋近的过程，重在帮助学生形成合理的知识结构以及分析、解决问题的视角与方法。

可采取以问题为驱动、精心设计多样化活动的教学策略，促进学生对大概念的理解。例如，生物学学科中“空中飞行的动

物”单元，教师围绕大概念“生物体结构与其功能相适应”进行了如表1所示的问题与活动设计。

可见，围绕大概念组织教学，其教学策略关注的不是具体知识的简单记忆，而是通过设计与大概念相呼应、具有挑战性的驱动性问题和学习活动，组织学生经历观察体验、分析推理、抽象概括等思维过程，促进认知活动经验的积累，提升分析和解决问题的能力，促进知识向素养转化。

学生认识的发展是在系列问题的驱动下进行的，因此，问题系列既是教学中教师引导学生进行积极思维的手段，也是实现教学目标的策略。针对驱动性问题设计多种多样的体验性活动，引导学生通过观察、比较、

表1 “空中飞行的动物”单元问题与活动设计

驱动性问题	活动设计	学生认识发展
问题1：哪些动物能够飞行？	观看不同类群的动物图片，观看鸟类飞行的录像。	在观察中感悟鸟类具有飞行功能。
问题2：像家鸽这样善飞的鸟类体形是怎样的，这与飞行功能又有怎样的关系？	图片观察与资料分析：家鸽体形特点、羽毛类型。	从家鸽的外部体形、羽毛等方面思考鸟类在形态上如何适应飞行功能。
问题3：为什么鸟扇动翅膀能飞，与扇动翅膀有关的内部结构是什么？	观看家鸽飞行的录像、资料，分析鸟类的骨骼和肌肉的特点。	由表及里分析家鸽的运动系统适于飞行功能。
问题4：鸟类在空中飞行需要消耗大量的能量，能量来自哪里？	阅读资料，分析鸟类消化系统的特点，比较鸟类消化系统结构与其他类群动物消化系统结构上的异同。	由现象到原因深入思考家鸽的消化系统、呼吸系统、循环系统如何适于飞行功能。
问题5：鸟类通过什么结构来满足在飞行时对氧气的需要量？	播放鸟类气囊的解剖录像，播放鸟类双呼吸过程的模拟动画。	
问题6：发达的心脏所完成的双循环对飞行有什么意义？	观察鸟类心脏和血液循环的图片、资料，分析鸟类血液循环的特点。	
问题7：鸟类的身体各部分是如何协调配合共同完成飞行功能的？	播放鸟的飞行录像，观察分析其身体各部分如何协调配合共同完成飞行功能。	归纳总结、抽象概括。
问题8：家鸡和家鸭能长途飞行吗？为什么？	观察家鸡和家鸭的外形图和解剖图，验证所得结论。	迁移应用。

概括、迁移等思维活动，经历“直观（形成表象认识）—抽象（概括出本质特征、建构概念）—应用（解决、解释问题）”的过程，将相关知识建立联系，形成知识结构，这样的设计改变了以往以具体事实记忆为主的教学，使学生在解决问题的过程中提升了认识能力，逐步加深了对大概念的理解。

（四）设计基于真实情境的评价方式，考查学生对大概念的深层理解

由于素养是学生面对真实、复杂情境时解决问题的能力 and 表现出的品格，因此基于真实情境的评价成为核心素养评价的主要形式。其特点为：（1）真实情境，（2）聚焦学科核心素养以及支撑该素养的大概念，（3）富有挑战性的复杂任务。评价的形式可以是制作、项目、设计、课题、论文以及开放性测试题等。

例如，在考查学生对“生物进化”概念的理解时，教师设计了这样的情境和问题^[12]：

现代马的体形多为流线型，且可以快速奔跑。科学家找到了与现代马相似的动物骨骼化石并认为它们可能是现代马的祖先，表格中提供了三种化石和现代马的资料。

问题1：表格中的什么证据证明了现代马

是从其他三种动物随时间演化而来的？

问题2：要想证明现代马是如何进化来的，科学家还需要做哪些研究？

问题3：下列关于进化论的四个描述，你认为哪一个最准确？

A.该理论不可信，因为不可能看到物种是怎样进化来的

B.进化论只适用于动物，不能应用于人类

C.进化论是迄今为止建立在广泛观察基础上的科学理论

D.进化论是得到了科学实验验证的理论

从这个测试题可以看出，该评价不偏重于具体的、零散的知识再现，而是让学生面对复杂的、富有挑战性的任务，考查他们对概念的理解程度以及利用证据做出解释的能力。要想解决问题，学生需要利用情境中的信息和学过的知识进行推理、论证，做出符合逻辑的回答。

同样是评价学生对“生物进化”概念的理解，我们通常的做法如下。

判断题：生物进化的观点被广泛接受，是因为有大量证据的支持。

动物名称	始马	中马	草原古马	现代马
生存的时期	5500 到 5000 万年前	3900 到 3100 万年前	1900 到 1100 万年前	200 万年前到现在
腿的骨骼 (相同比例)				

填空题：按生物进化理论，生物的发展规律是：从（ ）到（ ），从（ ）到（ ）。

两种评价方式的差别显而易见。我们通常的这种评价方式脱离了知识的生成和呈现情境，只能考查学生是否“记住”，并不能反映学生对概念的理解程度和思维过程。

基于真实情境的评价方式给教学的提示就是要聚焦对概念的深刻理解和对学生应用知识解决问题能力的培养，而不是具体知识点的简单记忆。只有这样才能让具体知识的学习更好地服务于学生学科核心素养的提升。

综上所述，学科知识是培养学科核心素养的基础和载体，但需要考虑什么样的知识最有助于学生学科核心素养的形成。事实和一般概念的价值有限，要使其变得真正富有意义，就必须将其纳入学科的知识结构中。以大概概念为统摄，将事实、概念与学科中更具普适性的大概念建立关联，形成知识层级结构，既能帮助学生从本质上理解学科知识，提升思维水平，又有助于学生将知识结构化，而这种结构化的知识是实现知识向素养转化的关键。❖

参考文献：

[1][4][英]温·哈伦，著.科学教育的原则和大概概念[M].韦钰，译.北京：科学普及出版社，2012：2-8.

[2][11]中华人民共和国教育部制定.普通高中生物学

课程标准（2017年版2020年修订）[S].北京：人民教育出版社，2020：56-61.

[3][8]余文森.论学科核心素养形成的机制[J].课程·教材·教法，2018（38）：4-10.

[5]胡玉华.科学教育中的核心概念及其教学价值[J].课程·教材·教法，2015（3）：79-84.

[6]Mark R.Wilson.System for State Science Assessment[M].Washington,D.C.:the National Academies Press,2005:59.

[7]Michaels S.Putting Research to Work in K-8 Science Classrooms[M].Washington,D.C.:the National Academies Press,2007:79.

[9]Joseph D.Novak.The Theory Understanding Concept Map and How To Construct Them[DB/OL].<http://cmap.coginst.uwf.edu/info/2002/05/23>.

[10]Erickson H.Lynn.Concept-Based Curriculum and Instruction:Teaching Beyond the Facts[M].Newbury Park:the Corwin Press,2002:60-90.

[12]OECD.PISA 2015 Draft Science Framework[EB/OL].<http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20,Science%20Framework%20,pdf,2015-03-17>.

（责任编辑 肖佳晓）

基于大概念与科学实践的连贯课程设计*

——美国 AP 化学课程设计方法探析

周玉芝

(北京教育学院化学系, 北京 100044)

摘要: 连贯的知识学习和能力培养是发展学生核心素养的课程设计的根本要求。通过对美国 AP 化学课程设计的深入分析,揭示了基于大概念和科学实践的双主线课程设计方法,建议一线教师在分析国家课程标准基础上,从大概念视角把握学科知识结构,结合学生认知基础整体规划各学年的教学单元和主题;同时细化重要科学实践能力要求,并在教学主题中做到知识学习与科学实践能力培养相结合。这种自上而下的基于大概念的理解线和科学实践能力发展线的双主线课程设计确保单元之间、主题之间的连贯,使学生能够在多样化的主题中以问题解决、做中学等方式进行深度学习,在发展学科理解的同时,发展学科素养。

关键词: 连贯课程; 大概念; 科学实践; AP 化学

文章编号: 1005-6629(2021)01-0029-07 **中图分类号:** G633.8 **文献标识码:** B

美国大学先修课程(Advanced Placement Course, 以下简称 AP)是由美国大学理事会主持开发的面向学有余力的优秀高中生提供的大学先修课程。该课程可以帮助高中生提前学到大学课程(一般为大学一年级的水平),并有机会获得大学的学分。研究表明,在美国 AP 考试中取得 3 分或更高成绩的学生通常会在大学里获得更大的学业成功,这种成效的取得与其课程不断吸收先进的教育教学理念来优化课程内容和课程结构具有一定关系^[1]。美国 AP 化学课程以学科大概念为课程组织框架、强调基础知识与科学实践进行统整等特色已引起我国专家和学者的关注^[2]。2019 年秋季,美国大学理事会又一次修订了 AP 化学、物理、生物等课程和考试说明(course and exam description),这是继 2014 年颁布的课程和考试说明后的再次修订。新修订的科学类 AP 课程不仅确定了新的学科大概念,而且基于大概念和科学实践为课程的组织要素,构建了外显的连贯性课程设计。

我国教育部在 2018 年发布的《普通高中课程方案(2017 年版)》强调要形成以学科大概念为核心的结构化课程内容,促进学科核心素养的落实^[3]。研究美国

AP 化学课程基于大概念和科学实践的课程设计方法对一线教师开展学科核心素养培养为导向的化学教学设计具有参考和借鉴价值。

1 美国 AP 化学课程设计方法及其分析

1.1 构建以大概念为统领的学科知识内容结构

随着科学与技术的发展,新的科学知识与技术不断涌现,如何平衡课程内容广度和理解深度就成为课程设计中不得不面对的现实问题。对专家和新手的知识结构研究表明^[4],专家具有围绕本领域内主要的组织原则和基本概念原理组织起来的高度关联的知识结构,这种知识结构可以帮助他们辨别问题的本质,并在提取和运用知识时更为快捷有效。因此,很多研究主张通过具有迁移价值和统摄价值的大概念来帮助学生构建合理的知识结构,使他们能够把所学知识进行举一反三和迁移应用,从而达到以少胜多的目的^[5-7]。

美国《下一代科学教育标准》强调科学课程要围绕一系列有限的大概念来组织展开,给学生足够的机会和时间去理解和实践,以帮助学生建立对科学更为深

* 北京教育学院 2020 年度科研课题“指向学科核心素养的高中化学表现性任务设计的实践研究”(YB2020-06)研究成果。

人、连贯、系统的知识结构^[8]。我国《普通高中化学课程标准(2017年版)》亦指出:重视以学科大概念为核心,使课程内容结构化;化学教学内容的组织,应有利于促进学生从化学学科知识向化学学科核心素养的转化,而内容的结构化则是实现这种转化的关键^[9]。

美国 AP 化学课程构建了以大概念为统领的学科知识内容结构,该结构如图 1 所示。

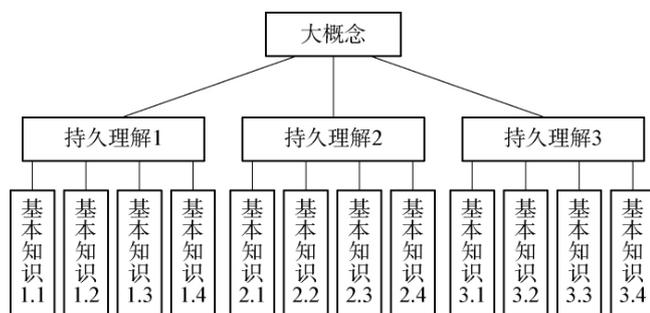


图 1 美国 AP 课程的学科知识结构

最上位起到统领作用的是大概念,下一层级是对大概念展开所形成的多个重要概念(也称为持久理解),每一持久理解的下一层级为支持该持久理解形成所必需的基本知识。构建以上学科知识结构的好处是不必让学生去记忆大量的事实性知识,只需要选择最基本的支持大概念和持久理解的基本知识即可,教学重点更加聚焦于具有迁移价值的大概念及其持久理解。下面分别阐述大概念、持久理解和基本知识的确定。

1.1.1 确定学科大概念

什么是大概念呢?美国下一代科学教育标准对大概念(Core ideas)是这样界定的:大概念是具有解释力的概念,可以帮助学习者认识自然界的各个重要方面,而且大概念可以为新知识的获取提供组织结构。确定大概念的标准为:对于多个学科来说都是非常重要的或者是某一学科的关键性原理;为理解和研究更为复杂的概念和解决问题提供重要工具;与学生的兴趣和与生活经验相关,或者关系到社会和个人的需要利用科学或技术知识来理解的利害关系;在各个年级都可以进行不同水平的教与学,概念的深度和复杂度随着年级的增长也日趋增长^[10]。

我国《普通高中生物学课程标准(2017年版)》指出:大概念是处于学科中心位置、对学生学习具有引领作用的基础知识。在生物学课程中,大概念包括了对原理、理

论等的理解和解释,是生物学科知识的主干部分^[11]。

对于一个学科而言,确定哪些概念是学科大概念并非易事。2014年的美国《AP化学课程与考试说明》首次提出了 AP 化学课程的 6 个化学大概念(见表 1)。这 6 个大概念涉及了物质的组成与构成、结构与性质、物质的变化、化学反应速率、化学热力学、化学键和分子间作用力等知识内容。

但在 2019 年美国 AP 化学课程中,化学大概念变为了 4 个,分别为“尺度、比例和数量”“结构与性质”“转化”和“能量”(见表 1)。不仅新增了“尺度、比例和数量”和“能量”两个大概念,而且 2019 年美国 AP 化学课程中“转化”大概念的含义也与 2014 年美国 AP 化学课程中的“物质的变化包括原子的重排以及电子的转移”以及“化学反应速率由分子如何碰撞所决定”两个大概念的含义有所不同。

在 2019 年美国 AP 化学课程中,一些与数量、尺度相关的知识被组织到“尺度、比例和数量”这一大概念下,而在 2014 年美国 AP 化学课程中这些知识分别统摄在物质的组成和构成、结构与性质等大概念下。2019 年美国 AP 化学课程还把动力学、热力学等主题中与能量相关的知识关联到了“能量”这一大概念下。例如,动力学主题中有关催化剂的知识放在了大概念“能量”下,而反应速率和粒子碰撞的频率之间有关系等知识则放在了大概念“转化”下。

表 1 不同时期美国 AP 化学课程大概念的比较

2014 年美国 AP 化学的学科大概念 ^[12]	2019 年美国 AP 化学的学科大概念 ^[13]
① 物质由化学元素组成,也可以用原子的排列来理解 ② 物质的物理和化学性质可以基于原子、离子或分子的排列、结构以及这些微粒之间的相互作用来解释 ③ 物质的变化包括原子的重排以及电子的转移 ④ 化学反应速率由分子如何碰撞所决定 ⑤ 热力学定律描述了能量的基本作用,能解释和预测物质变化的方向 ⑥ 化学键或分子间作用力可以形成也可以断裂。形成与断裂是互相竞争的关系,这种关系对初始条件和外界干预非常敏感	① 结构和性质 微观上原子和分子形成的结构以及微粒之间的相互作用决定了物质的宏观性质。微观结构和宏观性质之间可以进行双向推理 ② 转化 对物质转化的理解需要在宏观、微观上进行量化推理,包括产率、反应微观过程、反应速率等 ③ 能量 能量在描述和控制化学体系方面有重要作用 ④ 尺度、比例和数量 定量化学包括了宏观和微观两个尺度的量化表示;解释、预测和论证都需要量化考虑

通过美国 AP 化学课程大概念的变化可知,一门课程的学科大概念不是固定不变的。相比于 2014 年美国 AP 化学课程所提出的 6 个大概念,2019 年美国 AP 化学课程所选定的大概念更加概括,也更倾向于跨学科,是从定量、结构、转化和能量四个视角构建学科知识结构。这种变化意味着对定量研究意识的强调和希望学生具有更加横向贯通的知识结构。

1.1.2 确定大概念为统领的重要概念

在美国 AP 化学课程中,确定了学科大概念后,进而确定出一些相关的重要概念,这些重要概念被称为“持久理解”(enduring understanding),相当于是从不同角度和不同层面对大概念的理解。以“尺度、比例和数量”这一化学学科大概念为例,该大概念下有 5 个持久理解,见表 2。

表 2 大概念“尺度、比例和数量”的持久理解

大概念	持久理解(enduring understanding)
1: 尺度、比例和数量	Idea1.1 摩尔使不同的单位能够进行比较
	Idea1.2 通过化学式所揭示的独特的原子组合可以识别物质
	Idea1.3 分子间作用力影响混合物的溶解度和分散度
	Idea1.4 物质发生化学变化,或者当它的性质改变时,没有质量损失或增加
	Idea1.5 盐的溶解是一个可逆的过程,可能受到 pH 或其他溶解离子等环境因素的影响

由表 2 可见,大概念“尺度、比例和数量”的持久理解涉及物质的量、化学式、物质的溶解度、质量守恒定律、溶液 pH 等知识,指导学生建立量化研究与表征化学的观念。

在每个持久理解下还有若干支持其学习与理解的基本知识(essential knowledge)。例如,支持表 2 中的持久理解“Idea1.1 摩尔使不同的单位能够进行比较”的基本知识有以下 5 项,见表 3。

1.1.3 确定支持大概念持久理解学习的基本知识

表 3 支持大概念持久理解学习的基本知识

持久理解	基本知识(essential knowledge)
Idea1.1 摩尔使不同的单位能够进行比较	1.1.1 人们无法直接计数发生反应的粒子,因此需要将反应物的质量与发生化学变化的粒子的数目建立联系
	1.1.2 阿伏伽德罗常数提供了纯净物的摩尔数与所含的基本单元数之间的联系
	1.1.3 物质的量、物质的质量与相对原子(或分子)质量的关系为: $n = m/M$
	1.1.4 质谱可以用来鉴别同位素和确定同位素的丰度
	1.1.5 元素的平均相对原子质量可以用每种同位素的质量及其相对丰度,通过同位素质量的加权平均来估算

对比表 2 和表 3,可以看到相比于大概念的持久理解,基本知识则更加具体,比较贴近教科书上的具体知识要点,由这些基本知识支持学生理解更具统摄性的持久理解。例如,学生通过认识物质的量、摩尔、阿伏伽德罗常数、摩尔质量以及相对原子质量的含义等来理解摩尔使不同的单位能够进行比较。

学习兴趣可能引起的负面影响。2019 年美国 AP 化学课程设置了原子结构与性质、分子和离子化合物的结构与性质、分子间作用力与性质、化学反应、化学动力学、化学热力学、化学平衡、酸和碱、化学热力学应用 9 个教学单元(unit)。这 9 个教学单元的内部是这样组织的:

1.2 从学科知识结构到教学组织结构

虽然依据学科大概念组织的知识结构进行教学有利于学生构建基于学科大概念为联结的知识结构,但还要考虑知识的难度以及单一主题的持续学习对学生

(1) 一个教学单元一般包含 7~14 个教学主题(topic),每一个主题的教学聚焦于一个大概念的持久理解。图 2 为这九个教学单元的主题所聚焦的大概念的持久理解。

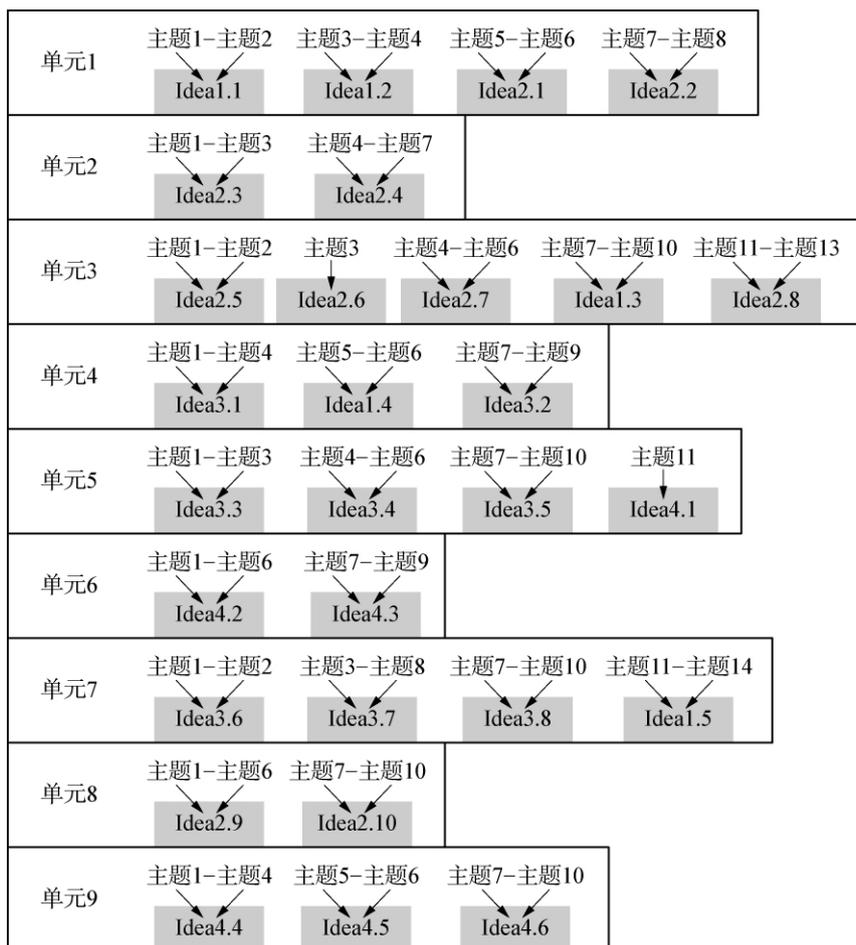


图2 基于大概念的持久理解的教学组织

(2) 在每一教学单元的每一主题的教学聚焦于 1 个大概概念的持久理解的同时,每一大概概念的持久理解一般是经历 2~3 个教学主题的教学。如图 2 所示,单元 1 中的大概概念的持久理解“Idea1.1 摩尔使不同的单位能够进行比较”分别是主题 1 和主题 2 教学所聚焦的核心。这样设计的目的是既保证每一教学主题的知识内容是以学科大概概念为主线的,又保证给予大概概念的持久理解以充足的学习时间,让学生能够基于不同主题情境来发展对学科大概概念的深入理解。

(3) 每一单元的各个主题所聚焦的大概念相对比较集中。如图 2 所示,单元 2 的 7 个主题都是围绕大概概念 2 的持久理解,单元 3 中 13 个主题里有 10 个主题是围绕大概概念 2 的持久理解而进行教学。

另一方面,并不是一个大概概念的所有持久理解均安排在一个教学单元中,而是进行了一定的切割。例如,大概概念 2 的 10 项持久理解分割在单元 1、单元 2、单元 3 和单元 8 的教学中,这样安排的目的是为了

防止引起学生的认知疲劳,或为了降低学生学习的认知难度。

从整体来看,美国 AP 化学课程的组织要素是学科大概概念的持久理解,构建了由主题到主题以及由单元到单元的基于大概概念持久理解而形成的连贯学习序列。沿着学习进程的推进,大概概念的持久理解也随之逐渐发展。如图 2 所示,从单元 1 到单元 3,大概概念的持久理解从 Idea2.1 进展到 Idea2.8,到第 8 单元,再发展到 Idea2.10。

1.3 基于大概概念和科学实践双主线的课程设计

除学科知识内容外,美国 AP 化学课程的另一基本组成要素为科学实践。美国 AP 化学课程要求发展以下 6 项科学实践: (1) 确定科学问题和探究方法; (2) 描述模型或表征; (3) 分析和解释模型; (4) 创立表征或模型; (5) 运用数学方法; (6) 科学论证。

对于每一项科学实践,美国 AP 化学课程与考试说

明中均给出了细化的能力要求。例如,对于确定科学问题和探究方法这一科学实践,美国 AP 化学课程提出了以下能力要求: 1.1 根据观察、数据或模型确定可测试的科学问题; 1.2 提出假设或预测实验结果; 1.3 确定针对探究问题的实验程序; 1.4 在实验中进行观察或收集数据,同时注意实验数据的精密性; 1.5 识别或描述实验误差的潜在来源; 1.6 解释对实验程序的修改将如何改变结果。

美国 AP 化学课程的每一单元的每一主题的教学除了聚焦于一项持久理解外,还会有一项需要着重培养的科学实践能力。在每一单元的起始,均有一张关于本单元主题教学所聚焦的持久理解和科学实践能力培养的明细表(见表 4)。

表 4 单元 1 的持久理解和科学实践能力培养明细表

持久理解	主题	科学实践
Idea1.1	1.1 摩尔和摩尔质量	5.2 通过适当的理论或数学关系来解决问题
	1.2 元素质谱	5.4 通过识别图形信息来解决问题
Idea1.2	1.3 纯净物的元素组成	2.1 根据观察、数据或模型确定可测试的科学问题
	1.4 混合物的组成	5.1 根据给定的信息确定解决问题所需的定量关系
Idea2.1	1.5 原子结构与核外电子构型	1.1 描述微观模型的组成和定量信息
	1.6 光电子能谱	4.2 解释模型是否符合化学理论
Idea2.2	1.7 元素周期律	4.1 使用给定的化学理论和模型解释化学性质或现象
	1.8 共价化合物和离子化合物	4.3 用模型解释微观结构和物质宏观性质之间的联系

由表 4 可见,第 1 教学单元的每一主题除了聚焦于一项大概念的持久理解外,还聚焦一项科学实践能力培养。这样设计的目的是让每一教学主题重点发展一项细化的科学实践能力,从而避免简单地教科学探究程序的问题。

如果我们把美国 AP 化学课程中 6 项科学实践在各个单元的培养分布制作一张图(见图 3),可以看到每一单元涉及不同的科学实践,但每一科学实践会在不同单元教学中反复出现,这就使学生能够基于不同的教学内容和不同的学习情境来反复练习科学实践技

能,实现科学实践能力的螺旋式发展。

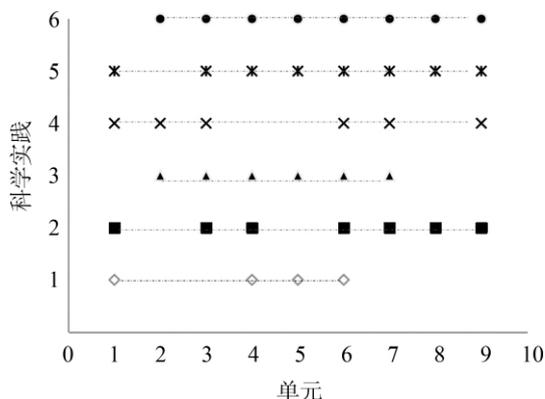


图 3 美国 AP 化学课程的 6 项科学实践能力在各个单元的培养

综上所述,美国 AP 化学课程是基于大概念和科学实践双主线的连贯课程设计(见图 4),这种课程设计在有利于学生构建以大概念为统领的学科知识结构的同时,系统发展其科学实践能力。

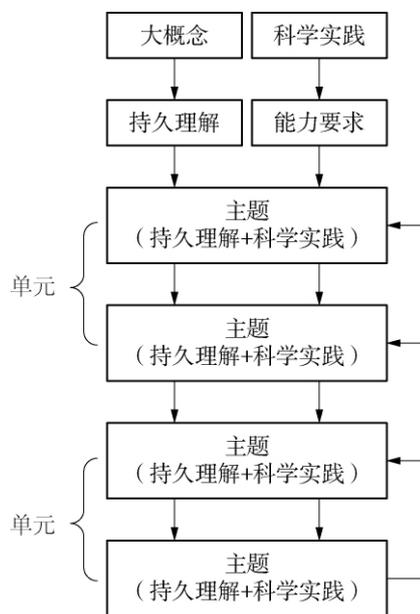


图 4 基于学科大概念和科学实践双主线的课程设计

2 对核心素养导向教学设计的启示

2.1 整体把握基于大概念的课程内容体系

美国科学促进协会“2061”计划委员会指出:连贯性是高质量的教学标准、课程安排、教学指导和评价体系的基本要求。连贯的课程为学生创造了这样一种可能:随着学生在学校学习的进步,他们可以用更高的水准来理解概念,从而发展他们对周围世界的认知能

力^[14]。以核心素养为导向的教学更是需要通过连贯性的教学来促进关键能力和学科核心素养循序渐进地发展^[15-17]。美国 AP 化学课程提供了一种基于学科大概念进行整体课程设计的样例,建议一线教师在分析我国国家课程标准基础上,从大概念视角对本学科知识的结构进行梳理,把握学科知识结构;据此结合学生认知基础整体规划各个学年的教学单元和主题,通过聚焦于大概念及其理解的连贯教学来避免浅显地覆盖大量的主题,使学生能够有充分的时间进行探究与深度学习,促进学生形成专家型的学科知识结构,发展综合思维能力和问题解决能力。

2.2 通过系统化设计培养学科核心素养

依据普通高中化学课程标准(2017年版),化学学科核心素养包括“宏观辨识与微观探析”“变化观念与平衡思想”“证据推理与模型认知”“科学探究与创新意识”“科学态度与社会责任”5个方面,涉及证据推理、科学探究等重要学科能力的培养。学科能力和学科核心素养都需要循序渐进地进行培养,短期和缺乏系统性的学科能力培养活动势必无法真正促进学生核心素养发展。例如,很多教师将科学探究的教学目标定为初步体验或掌握科学探究的基本过程与程序,探究能力培养的教学成了教“探究流程”的教学,学生没有时间与机会进行深入的探究、思考、体验与发现,因而学生的实际获得较少。我们知道,即便学生掌握了科学探究的一般程序,但这并不意味着他们具有诸如开发或使用多种类型的模型来预测现象、说明机理等进行真正科学探究所需要的能力,因此为学生提供真正的发展其科学探究能力的锻炼机会,有计划、有目的地培养其科学实践能力就变得十分必要。

美国 AP 化学课程在系统化设计科学实践能力培养方面的三项做法值得参考:首先是细化科学实践能力发展要求;第二是每一主题^①的教学聚焦于一项科学实践能力的培养,从而避免简单地教科学探究程序的问题;第三是设计科学实践能力的培养规划,即虽然每一主题仅聚焦一项科学实践能力培养,但会规划在不同单元教学中来逐步培养这一科学实践能力,使学生基于不同的教学内容和不同的学习情境来反复练习这些科学实践技能,实现科学实践能力的螺旋式

发展。

2.3 以发展的眼光看学科大概念

如前所述,2014年美国 AP 化学课程确定的是6个学科大概念,而2019年的美国 AP 化学课程的学科大概念修改为4个。相比于2014年美国 AP 化学课程所提出的6个大概念,2019年美国 AP 化学课程所选定的大概念更加概括,也更倾向于跨学科,是从定量、结构、转化和能量四个视角构建学科知识结构。美国 AP 化学课程的学科大概念的变化启示我们,学科大概念的确定以及相应的课程内容的组织是学科课程专家对学科课程内容以及学科教育期望研究的结果,并非一成不变。我们要以发展的眼光看学科大概念以及相应的知识体系,并通过对学科知识结构和学科课程培养目标的深入理解来不断审慎地优化学科大概念,确定有利于培养学生学科核心素养的大概念知识体系。

参考文献:

- [1] [13] College Board. AP Chemistry Course and Exam Description, Effective Fall 2019 [EB/OL]. <https://apcentral.collegeboard.org/pdf/ap-chemistry-course-and-exam-description.pdf?course=ap-chemistry> [2020-01-26].
- [2] 方圆圆,王磊.美国 AP 化学课程框架分析与启示[J].化学教学,2019,(4):93~97.
- [3] 中华人民共和国教育部制定.普通高中课程方案(2017年版)[S].北京:人民教育出版社,2018:4.
- [4] 约翰·D·布兰思福特等著.程可拉等译.人是如何学习的——大脑、心理、经验及学校扩展板[M].上海:华东师范大学出版社,2013:33~38.
- [5] 韦钰.以大概念的理念进行科学教育[J].人民教育,2016,(1):41~45.
- [6] 郭玉英,姚建欣,张静.整合与发展——科学课程中概念体系的建构及其学习进阶[J].课程·教材·教法,2013,33,(2):44~49.
- [7] 毕华林,万延岚.化学基本观念:内涵分析与教学建构[J].课程·教材·教法,2014,34(4):76~83.
- [8] [10] National Research Council. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas [M]. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2011.

① 美国 AP 化学课程的主题(topic)比我国化学课程标准中的主题更加下位和具体。

基于 SMALL 理念的初中化学校本课程建设*

——以《初中化学进阶》课程为例

曹 雁

(宁波市镇海蛟川书院, 浙江宁波 315200)

摘要: 对于当代学生而言,在化学学习上需要更多体验、尝试和探究创新的机会,但是相较于进一步提升化学学科学习能力而言,更应当注重学生科学态度、社会责任和问题解决等方面能力的发展,因此需要对初中化学校本课程的实施方式重新进行整体性设计,包括组织结构、课程内容、教学方法和评价方式等方面。初中化学校本课程应当注重化学启蒙教育,建立化学知识与生活的紧密联系,同时还需要将学生的学习兴趣转化为真正的学习成果,感受化学的普遍性、实用性、工具性和易学性,实现化学学科上的有效学习。

关键词: 校本课程; SMALL 理念; 基础性项目; 发展性项目; 综合性项目

文章编号: 1005-6629(2021)01-0035-07 **中图分类号:** G633.8 **文献标识码:** B

1 课程背景

化学是一门以实验为基础的充满魅力的学科,绝大多数地区的学生在九年级时才会真正地学习化学。在进行初中化学国家课程学习的过程中,学生遇到的问题主要有以下三个方面:(1)由于学习与生活的局部割裂,导致对化学学科的感性认识不足,生活经验亦不够丰富;(2)由于对现代娱乐产品的依恋,导致兴趣点的偏颇和学习动力的不足;(3)由于学习竞争压力过大导致学习精力的不足。这些问题的产生不仅源自于学生学习方法、心态和社会压力等方面,同时也往往由于学校课程组织形式的单一而加剧。

初中化学校本课程在开发的过程中应当针对以上这些局限性进行突破,在国家课程的基础上,扩展学习

资源,开拓新型组织形式和课程实施方式,“让学生感到学习有趣、有用、有益”^[1],主要涉及:(1)对化学实验技能进行针对性训练,训练动手实践能力;(2)对既定学习内容进行有效的迁移,增进思维广度深度;(3)对初中化学教学资源进行再整合,强化思维的层次性;(4)整合有教育价值的趣味化学实验,提升学习的积极性;(5)展望最前沿的化学实验实践动态,体现学科的发展性。

初中化学校本课程在开发和实施的过程中也容易出现理解性的偏差,集中体现在过度注重课程的活动性和趣味性。人的认知过程较为复杂,单纯的“有趣”只能从最简单的视觉、听觉和触觉层次吸引学生,这种吸引力的时效短暂,“冲动”之后的空虚感更为强烈。

* 宁波市教育科学规划重点课题“以多元化创新实验室为载体的初中科学项目化学习研究”(2017YZD055)阶段性研究成果。

[9] [10] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中化学课程标准(2017年版) [S]. 北京:人民教育出版社,2018: 4, 70.

[11] 中华人民共和国教育部制定. 普通高中生物学课程标准(2017年版) [S]. 北京:人民教育出版社,2018: 58.

[12] College Board. . ap-chemistry-course-overview. [EB \ OL]. <https://apcentral.collegeboard.org/pdf/ap-chemistry-course-overview.pdf> [2020-03-06].

[14] 美国科学促进协会. 科学素养的导航图 [M]. 北京:科学普及出版社,2008: 序.

[15] 李刚, 吕立杰. 大概念课程设计: 指向学科核心素养落实的课程架构 [J]. 教育发展研究, 2018, 38(Z2): 35~42.

[16] 余文森. 论学科核心素养形成的机制 [J]. 课程·教材·教法, 2018, 38(1): 4~11.

[17] 周玉芝. 化学学科关键能力培养: 教师教学的视角 [J]. 课程·教材·教法, 2019, 39(11): 130~136.

挖掘价值点·找准渗透点：让学科德育真实落地

顿继安 白永潇（北京教育学院数学与科学教育学院，北京 100044）

王悦（北京市第八中学，北京 100033）

摘要 落实学科德育需要教师兼具学科素养和德育素养，能够找准学科教学和德育工作的结合点。基于对数学学科应用广泛性特点的认识，提出开展学科综合实践活动是落实学科德育的有效路径。以“国庆庆典活动中的数学问题”主题综合实践活动为例，阐述如何实现学科素养培育目标和德育目标的共同达成。

关键词 学科德育；学科素养；德育素养；综合实践活动

中图分类号 G63

文献标识码 B

文章编号 1002-2384 (2020) 11-0039-03



（请扫本刊二维码）

作为落实中小学德育工作的重要渠道，学科德育因为具有“摆脱专门德育课程的知识灌输倾向、提高各学科教师对道德教育的关注度、激发各学科隐性课程的德育影响，有利于实现道德教育对于学校生活的全面覆盖”^[1]等优势，在学校德育工作中越来越受到重视和强化。要想落实学科德育，除要求各学科教师具备高度的德育自觉外，还有赖于他们兼具学科素养和德育素养，能够基于学科特点找到学科教学和德育工作的融合点，这无疑对教师的能力素质提出了新的要求。以下笔者仅以数学学科应用广泛性这一特点为例，结合研究实践探讨如何基于学科特点挖掘教学中的德育价值，实现学科德育的有效落地。

一、理念反思：落实学科德育对教师的能力素质提出新的要求

关于学科德育，最值得关注的是教育部于2017年出台的《中小学德育工作指南》（简称《德育指南》），该文件在第五部分“实施途径和要求”中提出要通过“课程育人”，并且“充分发挥课堂教学的主渠道作用，将中小学德育内容细化落实到各学科课程的教学目标之中，

融入渗透到教育教学全过程”。^[2]要想真正在实践中落实上述要求，需要教师具备以下能力。

其一，具备德育自觉，能够基于对学科教学过程的深入理解实现无痕德育。任何教学都有德育价值，这就要求教师具备高度的德育自觉，能够基于对学科教学过程的深入理解，挖掘其中的德育元素，实现无痕德育。例如：《德育指南》中对数学和科学等学科课程的要求是“加强科学精神、科学方法、科学态度、科学探究能力和逻辑思维能力的培养，促进学生树立勇于创新、求真求实的思想品质”，^[3]这些要求刻画了数学与自然科学的探索者在真实探索过程中表现出的个性特征，落实该要求需要教师对数学和科学探索过程的复杂程度有着正确理解，否则就可能出现为盲目追求正确答案而忽视学生真实探索过程的问题，甚至无形中鼓励学生弄虚作假，使得学科德育目标的实现程度为负。^[4]

其二，把握学科特点，能够结合社会发展实现德育目标的拓展和升华。考虑到《德育指南》中对学科德育的目标要求并未全面反映出各学科特点，如果仅仅将学科德育的目标定位于此，那么就不能满足“充分挖掘各门课程蕴含的德育资源，将德育内容有机融入到各门课

程教学中”^[5]的要求。因此教师要能够基于对学科特点的准确把握,结合社会发展对德育目标进行有效拓展和升华。以数学为例,应用广泛性被认为是数学学科的三个基本特点之一,它与国家和社会生活中许多领域的实际问题都具有紧密联系,这点在近年来一些重要考试的数学试题中也有所体现。如“中国天眼”“东方红一号”“垃圾分类”等时政和社会热点话题就经常作为数学问题的背景出现,在考查学生数学理解能力的同时,也在引导学生关注国家发展,而“数说国情”让理想信念教育、中华优秀传统文化教育等更为理性和有力量。为此,各学科教师在进行教学时,要能根据本学科在国家和社会发展中发挥的独特作用,有意识地引导学生在享受国家发展成就的同时思考“我能为国家发展做什么”,以实现学科德育目标的拓展和升华。

其三,找准结合点,实现学科素养培育目标和德育目标的共同达成。开展学科德育,必须以落实学科教学目标为前提。由于德育内容并不是非德育学科的本体性内容,因此决定了学科德育必须采用浸润的方式,找准德育内容与学科教学过程中的学科思想观念、情境、知识等基本要素的结合点,实现学科素养培育目标和德育目标的共同达成。为此,教师既要能以学科视角发现德育领域的学科问题,也要能以德育视角发现学科教学中的德育契机。比如:有数学教师在“工程问题”教学中,创设了武汉市为抗击“新冠疫情”开展雷神山、火神山医院建设时多团队合作建设网络工程的情境,就体现了教师发现数学教学中存在的德育契机的能力。当然具备上述能力,需要教师自觉关注发生在国家和社会生活中的大事,洞察抽象的数学知识背后所隐含的广泛而鲜活的现实意义,还需要具备收集数据、简化处理并以适合于学生的方式呈现的数学建模技能。

二、路径探讨:学科综合实践活动是落实学科德育的有效路径

现实中,学科德育的重要性虽然被一再强调并得到广泛认可,但实践效果并不理想。以数学学科为例,尽管其应用广泛性的特点决定着它拥有丰富的现实情境资源,但研究表明,数学教学中鲜有教师在情境创设方面考虑德育价值,^[6]甚至义务教育阶段数学教科书中例题习题在第一、第二、第三学段体现社会主义核心价值

观教育等显性德育内容的数量也呈现递减趋势,^[7]这显然与《德育指南》中对德育目标提出的进阶式要求不相匹配。

我们不能将上述情况简单归因为教科书编者和教师缺乏德育自觉,因为在常规数学教学中嵌入相关情境开展德育工作确实存在不便之处。一方面,体现德育内容的教学情境经常较为新颖、复杂,会分散学生的学习注意力,增加学生的认知负荷;另一方面,在数学问题中增加过多的情境性德育内容作为背景,会无形中把数学书变成“思政书”、把数学课变为“思政课”,不但起不到积极作用,而且可能会引起学生的逆反情绪。基于这样的考虑,在学科综合实践活动中凸显德育价值将是一条有效可行的路径。

以数学为例,作为义务教育阶段数学课程标准中规定的内容领域,“综合与实践”领域的学习并不以获得新的数学本体性知识为目标,而是让学生通过在现实情境中发现、提出、分析与解决问题,进一步理解已学过的数学知识,发展数学应用意识和能力。由于综合实践活动主题的选择权在教师,因此教师在具备德育自觉的前提下,就可以选择兼具数学学科素养培育价值和德育价值的好主题开展相应活动。这里所说的“好主题”有两个标准:一是从学科学习角度看,其中要蕴含与学生学科知识基础相匹配的丰富问题,以保障学生能够深度参与;二是从德育视角看,要选择那些发生在社会生活中的学生都有兴趣关注的重要事件。

三、案例分析:在“国庆庆典活动中的数学问题”中凸显德育价值

以下笔者以北京某中学七年级于2019年新中国成立70周年之际组织开展的“国庆庆典活动中的数学问题”主题综合实践活动为例,阐述如何基于学科特点,通过找准学科教学和德育工作的结合点来有效落实学科德育。

“国庆庆典活动中的数学问题”活动组织流程为:活动倡议-自主研究-成果评比-优秀成果展示。活动倡议发布于国庆节假期前;自主研究由学生在国庆节期间完成,教师在此过程中会进行个别指导;学期末,年级组将评选出的优秀成果以海报和口头报告两种方式进行展示,一些成果还被推荐至数学期刊发表。由于该活动

设计周密、组织有序,因此在促进学科素养培育目标实现和德育价值提升方面效果较为理想。

首先,明确学科任务,发现蕴含在国庆庆典活动中的丰富数学问题。

综合实践活动重在激发学生的自主性,研究过程也具有开放性,但作为面向全体学生的有目的、有计划的教学活动,教师的主导作用是重要且必要的。因此在该活动倡议阶段,教师除了在课堂布置说明外,还精心撰写了活动倡议书发给每位学生。倡议书中介绍了70周年国庆庆典活动的意义,通过案例说明庆典活动中蕴含着怎样的数学问题,并主张学生以小组为单位确定主题、开展研究、报告研究过程和感受,并参考格式撰写小论文。

由于国庆庆典活动是国家大事,举办地又在学生们生活的城市,一些学生的亲朋好友还是庆典活动台前幕后的参与者,因此活动本身就引发了学生的关注。而研究任务的布置则让学生更为认真和理性地观看庆典活动的现场直播、群众联欢、焰火晚会等环节,庆典活动中蕴含的丰富数学元素也为学生的全员深度参与提供了有利条件。且不说庆典活动在展示新中国发展成就时,各行各业的每一点进步都要用到数学,其发展程度要用数字说话;就连庆典活动本身的严密组织、完美呈现也离不开对数学知识的应用。例如:阅兵式中地面队列之所以能呈现出完美的视觉效果,是因为将士们抬腿和手臂前后摆的高度、角度以及手中武器的倾斜角度都有严格要求;空中梯队接受检阅时摆出各种造型,并能够在高速飞行的情况下保持队形整齐,离不开对飞机间安全距离、飞行速度等数据的精确计算等。

其次,开展深入研究,发掘数学现象背后隐含的深层教育意义。

尽管国庆庆典活动中蕴含着很多的数学问题场景或现象,但若将其转变为可解的数学问题并加以解决,则需要学生认真对待,包括查找数据、做试验、完成小论文等。小论文写作的任务使得学生不仅“做”数学、发现了国庆庆典活动台前幕后诸多场景中包含的数学问题,其中“研究感受”的表达要求,也意在引导学生挖掘数学现象背后隐含的深层教育意义,捕捉自己的感受与成长。

例如:一组以“东风-41导弹”为对象开展主题研究的学生,在探讨东风导弹的制造、发射、国际实力对比

等问题后,还报告了导弹试射时间信息及其象征的意义:“东风导弹有两次试射时间安排在12月13日——这是国家公祭日,是南京大屠杀纪念日,选在这个时间,是提醒我们勿忘国耻,自强不息……”现场汇报时,全体学生的眼神都专注而凝重。结合当前美国打压中国高科技发展的严峻形势,民族复兴的道路不会一帆风顺,而来自同辈的感悟的教育效果远超过教师的说教。

最后,调研结果显示,活动促进了学生学科素养和德育效果的共同提升。

活动结束后,教师通过问卷星系统对参与活动的学生进行了无记名调查,内容包括“活动取得的德育效果”以及“对学生数学学习的影响”两方面内容,题型包括单选题和开放题,所有单选题采用李克特5点计分法,选项从“完全不认同”到“完全认同”,依次计1~5分。

从德育效果角度来看,调研结果显示:这次活动明显提高了学生对国庆庆典活动的关注度(4.77分)、对国家发展的关注度(4.25分),增强了学生对国家成就的自豪感(4.86分)和努力为国家多做贡献的愿望(4.8分)。从学科素养培育角度看,虽然参加活动的学生当时刚刚升入初中,但他们在研究过程中能够利用已有知识创造性解决问题或通过自主学习获得新知识,在活动中表现出很强的自主学习能力和探究能力。同时,许多学生并没有停留在对具体问题的解决上,而是主动进行横向与纵向拓展,如一组学生在研究“步兵方阵经过检阅区所用时间”后,不但将这一问题与火车过桥、植树等日常问题联系起来,而且还提出了将探索结果应用于学校运动会开幕式队列设计的建议。

参考文献:

- [1] 叶飞.学科德育的实践意蕴及其实现途径[J].课程·教材·教法, 2009(8): 48-51+56.
- [2][3][5] 教育部.中小学德育工作指南[EB/OL]. (2017-08-17) [2020-10-12]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A06/s3325/201709/t20170904_313128.html.
- [4] 张丹,王彦伟.数学学科育人指向:用数学思想和理性精神滋养学生[J].中小学管理, 2019(11): 9-11.
- [6] 侯春晓.初中数学问题情境德育的可行性研究[D].沈阳:沈阳师范大学, 2019.
- [7] 严虹.德育内容视域下义务教育理科教科书例习题的一致性研究[J].教学与管理, 2020(4): 27-31.

(编辑 王淑清)

基于核心素养的初中生物课堂教学改进探讨

胡玉华

(北京教育学院, 北京 100044)

摘要:当前初中生物课堂教学中过度关注碎片化的知识点, 知识内容无逻辑现象普遍存在; 实践体验过程肤浅, 导致学生对知识的深层理解和应用能力低下, 学科视野狭窄; “育分”行为也绝非个别现象, 学生的思维能力得不到培养。基于核心素养的初中生物课堂教学改进建议: 以重要概念为统摄, 建立具有逻辑内聚力的知识内容层级体系; 提供丰富的实践体验, 拓展生物学视野; 基于学生思维的发展设计教学活动, 突出学科的“育人”价值。

关键词:核心素养; 初中生物课堂教学; 改进建议

中图分类号:G633.91 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-0186(2017)08-0069-05

2014 年印发的《教育部关于全面深化课程改革落实立德树人根本任务的意见》, 提出了核心素养的概念, 要求以核心素养为纲, 通过各部门协同配合, 从整体上推动教育各环节深层次的改革。这对一线教师无疑是一个挑战。如何以学生核心素养的发展为依托, 积极进行教育教学改革, 是一线教师必须面对且亟待解决的问题。本文从学生核心素养发展的视角分析当前初中生物教学中普遍存在的问题, 提出应对与改进策略, 并以案例的形式加以阐释和说明。

一、从学生核心素养发展的视角审视当前初中生物课堂教学

核心素养以培养“全面发展的人”为核心, 首先要将“以学生为本”落到实处, 提升学生的实际获得感。同时要关注学生学科能力和必备品格的培养, 从“育分”转向“育人”。什么是学生的实际获得? 如何关注学生学科能力和必备品格的培养? 怎么把握从“育分”到“育人”? 这

些问题关系到核心素养能否真正落实, 无疑是至关重要的。下面以“动物的行为”单元为例, 从生物学科的视角对上述三个问题加以阐明, 并分析当前初中生物课堂教学中存在的问题。

(一) 课堂上学生“实际获得”的追问

笔者在听课、评课中发现, 教师过于关注零散的事实性知识和孤立的知识点, 探究活动肤浅, 学科教育价值体现不充分等, 在实际课堂中绝非个别现象。事实堆砌的课堂教学, 导致学生很难形成具有逻辑内聚力的生物学知识结构体系, 更不能获得生物学独特的思维方法和学科能力。学生虽然能暂时通过学业测试, 但是在随后的生活中很快便会忘记。不会运用学科的思路和方法分析问题和解决新情境中的问题, 学科能力低下。这样的课堂, 学生没有“实际获得”感。

那么, 学生在生物课堂上的“实际获得”到底是什么呢? 图 1 所示的两例是教师在“动物的行为”单元中的教学框架, 我们以此为例。

例 1 中, 教师首先给出了动物行为的定义,

收稿日期: 2017-05-12

作者简介: 胡玉华, 女, 北京教育学院教授、硕士, 主要从事生物教师与科学教师继续教育研究。

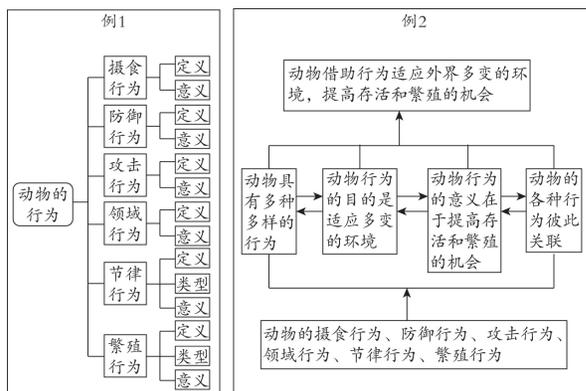


图1 “动物的行为”单元教学框架

然后按部就班地将动物的各种行为介绍给学生，在每种行为介绍之后，分别分析该种行为对动物的意义是什么，最后以连线题和判断题的形式检测学生是否理解并能区分出动物的各种行为。

例2中，教师先让学生观察各种动物行为，形成表象性认识，然后针对一种动物行为进行深刻剖析，以问题为驱动，引导学生分析：这种行为的目的是什么？对动物的生存和繁殖有什么意义？与其他行为的关系如何？在简要介绍其他行为之后，与学生一起概括出动物行为的概念并进一步上升到重要概念“动物借助行为适应外界多变的环境，提高存活和繁殖的机会”。

从上述两个例子不难看出，例1把各个知识点按部就班地介绍给学生，知识之间并行排列，相互独立。这样的知识是碎片化的，教学过程没有逻辑、没有推理，知识之间没有建立起联系，导致学生的学习没有思维过程，知识的价值没有得到体现。学生在这样的课堂上没有“实际获得”感。例2则紧紧围绕“动物借助行为适应外界多变的环境，提高存活和繁殖的机会”这个重要概念，以大雁南飞、蜻蜓点水等事实为支撑，通过系列问题的引领，在宏观现象中分析微观原因，使学生依次建立起一般概念，形成有层级的知识结构。在教学过程中，教师一方面引领学生从动物行为与环境相适应的角度认识动物的各种行为、动物行为的意义、各个行为之间的相互关系，以实现建构重要概念的目标，另一方面帮助学生形成认识动物行为、动物与环境关系的宏观分析思路和探究方法，提高学生知识理解与迁移应用能力。同时，在具体事实性知识的基础

上，帮助学生建立爱护环境、保护生物多样性的意识。这些内容相对于记忆一些具体的“是什么”的知识，才是让学生终身受益的内容，是学生的“实际获得”。

因此，生物课堂上学生的“实际获得”不是碎片化的知识点的堆砌，更不是知识结论的无逻辑累积，而应该是有逻辑内聚力的结构化知识体系转化成的生物学科能力和学科思维，以及学生对生物学科思想和学科视角的感悟。

（二）关注学生学科能力和必备品格的培养

有专家指出，明确核心素养，可改变当前存在的“知识本位”现象，使教师明确，在教学中要重视基础知识的“扎实”与“宽厚”。但是，这种“宽”不是大量知识点的全面覆盖，“厚”也不是将大量高深的生物学知识移到初中生物课堂。这里的“宽厚”有两层含义：其一是指学科视角，指学科本质内容下对学科知识的深层理解；其二是学科见识，指在丰富实践经验和深层体验基础上对知识的理解和应用。因此，需要教师从学科本质出发，关注重要概念的形成，尤其关注应用知识解决现实问题和解释生活现象的能力，使学生感受到所学的知识有价值。

相应地，学生获得的不仅是学科基础知识的掌握和学科基本技能的形成，还有学科能力和必备品格。这里的学科能力，指学生在学习生物学课程的过程中所形成的稳定的心理特征，主要包括科学思维方式和解决生物学问题的基本能力。必备品格则包括审美、合作、倾听、创作等。例如，在“动物的行为”单元中，重点不是记住动物都有哪些行为、各自的特点是什么、有什么意义等“是什么”的事实性知识，而是深刻理解这些具体知识背后蕴含的教育教学价值。具体来说：（1）通过对蜘蛛结网、蜜蜂采蜜等身边现象的观察分析，学习从宏观现象中分析微观原因，训练生物学科方法和培养生物学科思维；（2）通过摄食行为、节律行为等具体知识的学习，逐步形成一般概念并建构动物行为与环境相适应的重要概念，强化知识之间的联系；（3）帮助学生在探究动物行为与生物进化关系的过程中，培养保护生物多样性意识。

（三）课堂上从“育分”到“育人”的内涵 核心素养的提出，旨在进一步落实立德树人

根本任务，改变教育领域内大量存在的“唯分数论”现象。落实到各个学科，就是要向学生的生活世界回归，关注学生的学习兴趣和个性化需求，摒弃传统的分数至上，一切从有利于学生的终身发展出发。这就要求教师在生物课堂上关注

学生的思维过程和行为表现，即不能一味地关注学生是否“记住”，还要看学生在解题过程中的思维表现。表1所示的两例是某教师在“动物的行为”单元的测试题，我们以此为例说明在生物课堂上“育分”与“育人”的区别。

表1 “动物的行为”单元测试题

教学内容	例1	例2
动物的行为	<p>1. 蜂巢中的蜂蜜被黑熊偷吃，蜜蜂“群起而攻之”。蜜蜂的这种行为属于（ ）。</p> <p>2. 将下列动物行为与相关实例连起来。</p> <p>摄食行为 青蛙鸣叫</p> <p>攻击行为 两只东北虎为占据领域而争斗</p> <p>领域行为 小狗撒尿占圈</p> <p>防御行为 棕熊捕鱼</p> <p>繁殖行为 变色龙体色随周围环境发生变化</p>	<p>一只饥饿的小鸟正忙着在树林中寻找食物，突然它发现树枝上一只体色鲜艳的小动物在缓慢爬动，便立刻飞了过去，将小动物吞入口中。几乎就在同时，它又迅速把它吐了出来，因为小鸟觉得口中刺痛难忍。原来这个体色鲜艳的小动物是舞毒蛾的幼虫，体表布满毒毛。这些毒毛会黏在捕食者的口腔黏膜上，令它们疼痛难忍。</p> <p>(1) 若小鸟再次见到舞毒蛾幼虫可能会____；舞毒蛾幼虫的这种行为属于____行为，这种行为的意义是____。</p> <p>(2) 假设这棵树上除了小鸟和舞毒蛾幼虫外，还生存着另外一种食肉动物，该动物应该具有什么样的行为特点才能在树上生存？请画出该动物的形态特征。</p>

不难看出，例1以填空或连线的形式，考查学生对具体知识点的掌握程度，考的是“对”与“错”，得到的只是分数的高低，反映不出学生的思维方法和思维过程，因此是“育分”行为。例2在具体的情境中，学生利用题目提供的信息和学过的知识进行推理、论证，回答解决问题的思路和方法。学生可以尽情思考，展现其思维过程，不考查对与错，而是考查理解的深与浅。该题目给教学的导向就是要聚焦思维方法的培养，而不是简单地让学生做题。只有这样才能有利于发展学生的能力，提高学生的科学素养。

需要强调的是，科学素养的提高要以学科知识为基础。具有广泛影响的国际学生评估项目(PISA)明确提出，科学素养表现为三种能力：科学地解释现象、设计和评价科学探究、科学地阐释数据与证据。^[1]它测评学生在特定的情境下以理解科学知识为基础的能力发展水平。目前我国学生普遍存在判断水平高于解释能力的现象，这意味着学生在回答问题的时候“猜”和“蒙”的成分很大，而不是基于实证和分析得出结论。这与长期的“育分”教育不无关系，长此以往，必定会阻碍学生能力的发展。

二、初中生物课堂教学改进建议

针对上述问题，初中生物课堂教学改进的关键是，如何以知识为载体发展学生的能力。教学

改进可以从如下三个方面入手。

(一) 以重要概念为统摄，建立具有逻辑内聚力的知识层级体系

初中生物的教学内容不应该是碎片化知识的简单堆砌，而应该是具有内在逻辑的知识层级体系(如图2所示)。该体系由三个层级组成，呈现了从知觉感受开始，逐级进阶，直至重要概念形成的过程。层级越高，解释力越强，越能成为学生分析问题、解决问题的有力工具。

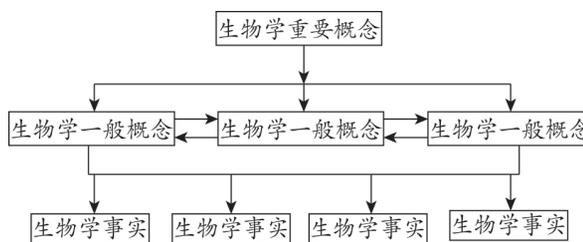


图2 生物学知识的层级体系

1. 层级体系的价值

重要概念是超越事实性知识的深层次理解，将相关的事实性知识和一般概念置于重要概念的统摄之下，形成具有逻辑内聚力的结构体系，有利于增强学生的学科理解力和知识的迁移应用能力。当学生以生物学事实为基础进行一般概念的归纳，同时在一个深层次的水平上深入理解重要概念时，具有逻辑内聚力的知识结构体系逐渐形成，学科思维能力逐步养成，解决具体问题能力得到提升，学生的“实际获得”就会真正发生。

2. 层级体系的建构方法

首先, 对一个单元内容进行深度分析, 明确本单元内容的层级关系, 以此区分不同内容在教学中的作用和价值, 即区分出哪些内容是支撑一般概念建构的具体事实, 哪些内容是统摄一般概念的重要概念。其次, 以重要概念为统摄, 将单元内容按照内在的逻辑关系建立起合理的关联。

3. 实例分析

基于上述方法, 建构“动物的行为”单元的层级体系, 呈现为图3所示的形式。

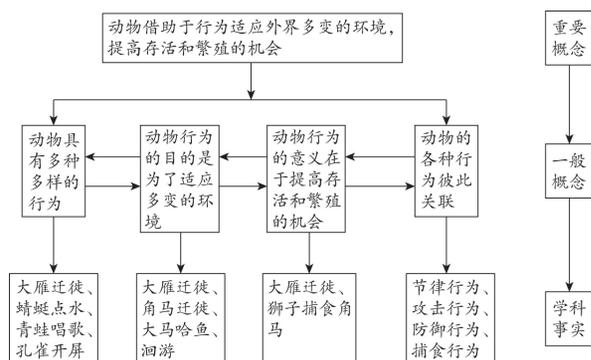


图3 重要概念统摄下的“动物的行为”层级结构

教学中以“动物借助于行为适应外界多变的环境, 提高存活和繁殖的机会”这个重要概念为统摄, 构建教学活动的主线, 以“大雁迁徙、青蛙唱歌、狮子捕食”等生物学事实为基础, 围绕“动物有多种多样的行为、动物的各种行为彼此关联、动物的行为能使其适应多变的环境和提高存活和繁殖的机会”几个环节展开教学, 发挥重要概念对教学的统摄作用, 从行为与环境相适应角度来探究动物行为的特征及其相互联系。需要强调的是, 教学中要以具体事实为起点, 在进行一般概念的归纳中, 深入理解科学范式和各种联系, 最终建立起对重要概念的理解。^[2]在这个过程中, 重要概念如同为其提供了一个“聚合器”, 帮助学生进行综合思维, 促进学生对学科的理解, 进而提升学生的“实际获得”感。

(二) 提供丰富的实践体验, 拓展生物学视野

应用所学的生物学知识和技能解决真实情境中的问题, 感悟、分析和理解人与生物圈的关系, 是初中生物学教学的重要目标之一, 也是核心素养得以落实的路径之一。可从以下两方面入手。

1. 学科内的实践体验

生物学是研究生命现象及其活动规律的科学, 其学科属性决定了与人们的日常生活和生产实践有着密切的关系。初中生物教学中可以通过建构模型、设计实验、社会调查、野外实地考察、资料分析、制作海报等活动, 使学生将所学知识与生活实际结合起来。这些活动源于家庭和社会, 让学生感觉所学的知识是有用的, 能够解决现实中的问题, 能解释生活现象。比如, 可以组织学生讨论“常规的血液化验单、尿液化验单都告诉我们什么”, 将所学的血液知识和泌尿系统的知识应用于生活实际, 使学生对血液的认识和尿液的认识不单单局限于书本。还可以让学生制作细胞模型, 在动手做的过程中理解细胞这个微观概念。同时通过动物细胞模型和植物细胞模型的比较发展归纳、推理、判断等能力。事实上, 对实际生活中遇到的各种与生命活动相关的问题, 报刊、广播、电视、网络等媒体上关于生命科学问题的报道都可以成为拓展学生生物学视野很好的切入点。教师不必拘泥于教材中的实践活动, 可以通过一些标志性的问题或事件打开学生思维的闸门, 列举更多的事例进行分析, 使学生感受到所学的知识有价值。

2. 跨学科的实践体验

突破学科间的壁垒, 加强学科间的联系与整合, 鼓励开设跨学科的综合实践活动, 是发展学生核心素养、实现培养“全面发展的人”目标的重要路径。可以组织学生调查生态环境改变对当地人群身体健康的影响, 引导他们整合地理、化学、生物等不同学科的知识, 分析因果间的逻辑关系, 提出解决问题的对策或方案; 还可以组织学生到野外开展实地考察活动, 从不同学科的角度感受生物多样性的价值, 同时可以学习物种统计的方法及样方的制作方法等。教师应当设计一些跨学科的综合性选题, 鼓励学生亲自参与调查, 广泛搜集资料, 再通过课堂讨论, 加深对科学、技术、社会相互关系的认识, 提高参与社会事务和公众决策的能力。

(三) 基于学生思维的发展设计教学活动

1. 基于学生思维发展设计教学活动的整体思路

可以说, 生物学学习的过程就是建立概念的过程。但是生物学概念的建立需要遵循一般的认

知过程：直观（建立表象认识）—抽象（归纳出本质特征）—应用（运用概念解决问题）。即以形象直观的生物学现象为起点，引导学生通过实验、观察、分析等活动，关注知识内容的思维加工过程，让学生体验知识获得和知识运用的过程，体现学科的“育人”价值。基于上述思考，教学活动设计的整体思路可以如图4所示。

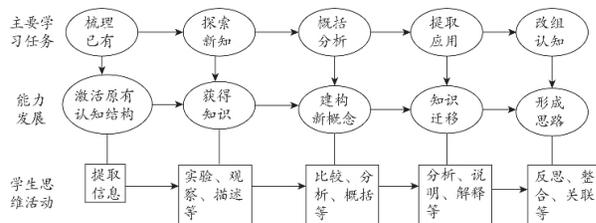


图4 基于学生思维发展的教学设计框架

需要说明的是，当学习内容、学习情境不同时，各阶段的具体学习任务也会有所不同。相应地，学生能力发展和学生思维活动也会随着学习任务的不同而有所侧重，需要教师灵活把握。

2. 基于学生思维发展设计教学活动的案例

根据上述教学活动设计的整体思路，“种子萌发的条件”单元可以按照表2所示的框架展开。

“种子萌发的条件”单元的教学以建构新概念为重点，以知识学习和思维发展并重为导向，从激活学生原有的认知为出发点，通过实验、观察等探究活动，关注学生的能力发展和知识内容的思维加工过程，在知识的获得和运用过程中，发展学生的思维，体现学科的“育人”价值。

表2 “种子萌发的条件”单元教学设计整体思路

能力发展	主要学习任务	思维活动
激活原有认知	梳理对种子萌发所需条件的已有认识	观察、回忆、组织信息、提取信息
获得知识技能	实验探究种子萌发所需的条件	实验、观察、描述、分析、论证
建构新概念	种子的萌发需要空气、水和适宜的温度等条件	比较、分类、概括
知识技能迁移	运用所学知识解释常见现象	分析、说明、解释
形成思路方法	总结探究过程的思路和方法	反思、整合、关联

总之，在将核心素养作为重要育人目标的今天，初中生物课堂教学要以重要概念为统摄，帮助学生建立具有逻辑内聚力的知识层级体系，使学生的学习更为简单高效。同时，必须给学生提供足够的机会，使他们经历理解和实践，将所学的知识应用于解释和说明具体的生活实际问题，让教学同时具备学习知识、掌握方法和发展思维的多重功能，使学科的“育人”价值在知识获得与知识应用的过程中得以实现。

参考文献：

- [1] OECD. PISA 2015 draft science framework [EB/OL]. <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20science%20Framework%20.pdf>.
- [2] 胡玉华. 对生物学核心概念及其内涵的研究 [J]. 生物学通报, 2011 (10): 33-36.

(责任编辑：李冰)

Discussion on the Improvement of Biology Teaching Based on Core Literacy in Junior High School

Hu Yuhua

(Beijing Institute of Education, Beijing 100044, China)

Abstract: In the current biology teaching, teachers pay more attention on the fragmentation of knowledge and knowledge without logic. Students cannot deeply understand and apply knowledge because of shallow practice experience, resulting in that the vision of disciplines is narrow. The phenomenon of “educating for scores” is not an individual one and the thinking ability of students cannot be improved. To solve these problems, we put forward some suggestions based on core literacy as following: to establish knowledge hierarchy with logical cohesion; to provide practical experience to expand the students’ biological vision; to design the teaching activities based on students’ thinking characteristics to highlight the value of “educating person”.

Key words: core competency; problem of biology teaching in junior high school; improvement suggestion

基于学生需要和认知基础设计与实施教学

杨小丽¹ 刘轶²

(1. 北京教育学院数学系 100044, 2. 北京师范大学第四附属中学 100069)

奥苏贝尔曾经说过:如果我不得不把教育心理学的所有内容简约成一条原理的话,我会说影响学习的最重要的因素是学生已知的内容. 弄清了这点后,再进行相应的教学. 也就是说,教师的教学决策是根据教师对学生认知基础的了解,然后实施于教学.

那如何了解学生的认知基础,又如何根据学生的情况设计相应的教学呢?下面以初中“极差与方差”一课为例,对上述问题进行分析.

1 分析学生显在或潜在的需要

笔者以为,教师在进行一节课的教学设计时一定要先换位思考:如果我是学生,对于这节课,我想知道些什么. 基于上述考虑,对于极差与方差这节课,我们梳理出以下三个问题:

(1)前面已经学习了反映数据集中趋势的统计量:平均数、中位数、众数,为什么还要学习极差、方差?它们有什么用?

(2)极差、方差公式是怎么来的?

(3)什么时候用极差、什么时候用方差?

解决了上述3个问题实际上就解决了为什么要学、学什么的问题.

为什么要学习极差、方差?因为平均数、中位数、众数刻画的都是数据的集中趋势,而集中趋势只是表述数据特征的一个方面,为了全面地了解数据的整体特征,还需要刻画数据的离散程度. 数据的离散程度是数据分布的一个重要特征,它所反映的是各个数据远离其中中心值的程度,因此也称离中趋势. 刻画数据离散程度的统计量有极差、平均差、方差、标准差等. 初中阶段主要学习极差与方差.

极差与方差这节课到底要学什么?这节课不仅要学习极差、方差的定义和计算公式(包括公式怎么来的,即公式的形成过程),还应该让学生清

楚它们的作用和意义,让学生认识到极差、方差、平均差等在反映信息时的优劣、明确它们的不同适用范围;能根据实际问题的需要,选择合适的数字特征来刻画数据;并通过研究如何用样本的特征估计或推断总体的特征,体会用样本估计总体的思想,发展数据分析观念.

清楚了为什么学和学什么,接下来需要思考的是:学生的情况怎样?如何根据学生的情况开展本节课的学习?笔者的授课对象是普通校普通班的学生,让学生经历公式的形成过程这个目标能够实现吗?如果能,怎样才能让学生经历极差、方差公式的形成过程呢?

只有进一步了解学生,才能进行下一步的教学设计.

2 开展学前调查,了解学生的认知基础

为了了解学生的认知基础,笔者在课前开展了调查. 调查题目如下:

(1)甲乙两名射击选手在相同条件下打靶,射中的环数如图1、图2所示,如果你是教练,挑选一名选手参加比赛,你会如何挑选?为什么?

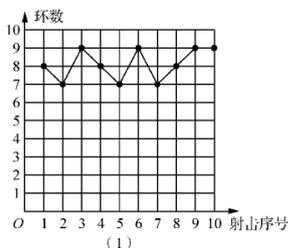


图1

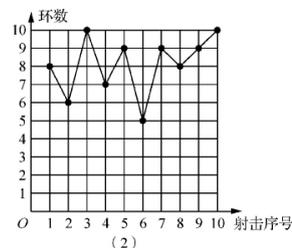


图2

(2)某校运动队准备从甲乙两位同学中选拔一人参加区里的田径百米比赛,8次测试成绩如下:

甲的成绩/秒	12.1	12.2	13.1	13.0	12.5	12.4	12.2	12.5
乙的成绩/秒	12.0	12.4	12.8	12.2	13.0	12.8	12.3	12.5

选派哪一位选手去呢？为什么？你能设计一个方案，帮我选出派谁去参加吗？

调查结果如下：

问题(1)：①你会选择谁参加比赛呢？

问题(1)：①的答题情况(共50份调查问卷)		
“选择甲” 学生人数	“选择乙” 学生人数	“认为都可以” 学生人数
47	2	1
94%	4%	2%

问题(1)：②说明理由

问题(1)：②的答题情况(共50份调查问卷)		
说明理由	人数	比例
提及“稳定、波动”	39	78%
计算“平均数”	20	40%
众数	1	2%
观察“最高成绩、最低成绩”	6	12%
将点连成折线	4	8%

问题(2)：①你会选择谁参加比赛呢？

问题(2)：①的答题情况(共50份调查问卷)		
“选择甲” 学生人数	“选择乙” 学生人数	“认为都可以” 学生人数
26	23	1
52%	46%	2%

问题(2)：②请你设计一个方案，来选择谁去参加比赛。

问题(2)：②的答题情况(共50份调查问卷)		
和平均分比较	1	2%
稳定性	10	20%
比较平均数	11	22%
比较最快成绩、最慢成绩	11	22%
众数、中位数	6	12%
比较每次成绩	3	6%
画折线图比较	8	16%

从上述统计数据可以看出，当给出的数据以统计图的形式出现时，78%的学生能够判断一组数据的离散程度，并能从数据的离散程度的角度解决实际生活问题。而当数据以表格的形式呈现

时，只有20%的学生能从数据稳定性的角度思考问题。

为了进一步了解学生能否用统计量刻画一组数据的稳定程度，笔者在所任教的两个班中一共找了10名不同程度的学生进行了访谈。访谈问题及结果如下：

(1)访谈问题：

如果你是教练，挑选一名选手参加比赛，你会如何挑选？为什么？除了看图1、图2，你能用数据帮我比较一下两者的不同吗？

(2)访谈结果：

学生的主要方法如下：

学生A：两组数据的波动范围不同，甲在7-9之间，乙在5-10之间，比较每组数据最大值与最小值的差即可。

学生B：依次求出甲乙相邻两次成绩的差的绝对值，求和，除以射击总次数，然后将计算结果进行比较。

学生C：分别计算甲乙每次成绩与平均数的差的绝对值，求和，除以射击总次数，然后将计算结果进行比较。

当然还有一些别的方法，在这就不一一列举了。

从上述访谈结果来看，学生是有能力“创造出各种不同的统计量来刻画数据的离散程度的，而且这些统计量都有其合理性。我们可以把学生的思维分为以下三个层次：第一是只能够想到利用部分数据进行比较，比如学生A；第二是能够想到利用所有的数据，但是所找的参照量不是很合适，比如学生B；第三是能够找到恰当的参照量平均数，而且能想到求出各数据与平均数的距离和，但是想不到求各数据与平均数的差的平方和，比如学生C。由此我们认为学生思维上的“坎”也相应分为以下三个层次：一是为什么要用所有的数据，计算最大值与最小值的差不是可以解决问题吗？二是参照量为什么选取平均数，别的量为什么不可以？三是计算各数据与平均数的差的绝对值已经解决了问题，为什么要计算各数据与平均数的差的平方呢？

基于上述对学生情况的了解和分析，我们认为让学生经历极差、方差公式的形成过程这个目标是必要而且是能够部分实现的（计算平方可能

需要老师给出),但是仅仅只是经历极差、方差的形成过程是不够的,还需要在此过程中解决学生上述三个层次的“坎”,因此,教师需要精心设计教学活动并有效实施.

3 根据学生需要和认知基础,设计与实施教学

活动一:让学生体会学习极差、方差的必要性

问题一:甲乙两名射击选手在相同条件下打靶,射中的环数如表1所示:

表1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
甲	8	7	9	8	7	9	7	8	9	9
乙	8	6	10	7	9	5	9	8	9	10

如果你是教练,挑选一名选手参加比赛,你会如何挑选?

设计该问题的目的之一是为了让学生体会学习极差、方差的必要性.在课堂教学中,有三名学生回答了该问题,他们分别计算了平均数、众数、中位数、还有最大、最小值.通过对上述统计量的计算,发现并不能很好地解决老师提出的问题,这时,学习新的统计量的必要性就自然产生了:用已经学习过的统计量已经不能够解决新问题,因此我们要学习新的统计量.

设计该问题的目的之二是为了进一步了解学生从以表格形式呈现的数据中提取信息的能力.上述问题一和课前调查的第(1)题一样,只不过不是以统计图的形式呈现,而是换成了表格形式呈现.为什么要换成表格形式呈现呢?主要原因是从课前调查的第(2)题我们发现,学生对于以表格形式呈现的数据,能从数据的离散程度分析问题的减少到10人,占20%.这一调查结果说明了学生从以表格形式呈现的数据中提取信息的能力要明显弱于从以统计图呈现的数据中提取信息.但差距是不是真有这么大呢?反思了课前调查(2)中提供的数据,可能由于表格中数据的差异太小,从而加大了学生从中提取信息的难度.那对于同一组数据,不同的形式呈现,还有这么大的差异吗?为了回答这个问题,因此将课前调查的第(1)题改为以表格形式呈现,作为本节课的新课引入.

活动二:分组讨论,鼓励学生自己寻找刻画数据离散程度的量,让学生经历极差、方差公式的形成过程,理解极差、方差的作用和意义,体会极差、

平均差、方差在反映信息时的优劣.

由于课前了解到学生有能力“创造”出各种不同的统计量来刻画数据的离散程度,因此本节课的第二个活动是:分组讨论,寻找刻画数据离散程度的量.

学生出现了很多不同的想法,但由于课堂时间的限制,笔者只让四名同学汇报并进行了点评.

第一位学生的方法是:分别用甲乙成绩的最大值减去最小值,将计算结果进行比较.

第二位学生的方法是:依次求出甲乙相邻两次成绩的差的绝对值,求和,除以射击总次数,然后将计算结果进行比较(我们把这种方法简称为相邻数据作差法).

第三位学生的方法是:分别计算甲乙每次成绩与平均数的差的绝对值,求和,除以射击总次数,然后将计算结果进行比较.

第四位学生的方法是:分别计算甲乙每次成绩与8的差的绝对值,除以射击总次数,然后将计算结果进行比较.

笔者分别对上述4位学生的回答进行了相应的追问,而且还一一进行了分析.

第一位学生的方法实际上是在计算极差,于是笔者自然地引入极差,讲解了极差的计算公式、意义和作用,并通过如下问题二的解决说明极差在解决问题时的不足:极差只用到了一组数据中最大值与最小值的差,没有考虑中间那些数据所提供的信息,且受极端值的影响较大.这一环节解决了学生第一层次的“坎”.

问题二:甲、丙两名选手五次射击结果如下,作为教练,你选择谁参加比赛?

选手	射击环数				
甲	3	5	6	7	9
丙	3	6	6	6	9

第二位学生的方法是相邻数据作差法.笔者对该方法进行了点评,指出了该方法的优点:(1)该方法弥补了极差的不足,考虑到了全组数据;(2)提出了求相邻两数的距离的思路;(3)根据已有的经验,考虑到了平均值的作用.而且还指出了该方法的不足:受到数据排列顺序的影响.接下来将表1中数据的顺序打乱,让学生计算相应的结果,让学生切实体会:数据顺序不同,计算结果

也不同,计算结果不唯一,因此用它作为衡量数据离散程度的统计量不合适.

第三位学生的方法实际上是在计算平均差,第四位学生的方法与第三位学生的方法很相似,不同的是他们选择的参照量不一样,第三位学生选择的参照量是平均数,而第四位学生选择的是 8,到底孰优孰劣呢?笔者对此进行了分析:8 是一个接近平均数的量,首先它不唯一;而且换一组数据,这个参照量就不一定是 8 了,这不利于我们用一个统一的量来表示它;而平均数有以下优点:(1)它的计算用到了所有的数据,并且我们可以用一个式子表示它,利于计算机执行,(2)平均数本身具有很好的性质,因此选择平均数作为参照量更好.这一环节解决了学生第二层次的“坎”.

就参照量的选择而言,第三位学生选择平均数非常合适.那第三位学生的方法好不好呢?首先为什么一定要计算绝对值呢,不要绝对值可不可以?为此笔者提出了以下问题:如果在计算时不加绝对值可不可以?学生计算后发现不可以,因为

$$\begin{aligned} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}) &= \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n - n\bar{X}}{n} \\ &= \bar{X} - \bar{X} = 0. \end{aligned}$$

既然参照量的选择、绝对值的计算、求平均等都没有问题,那这是不是就是最好的呢?还不是,因为:(1)计算平均差涉及到绝对值,而绝对值在数学演算推导上有很多不便;(2)在衡量一组数据的波动大小的“功能”上,方差更强些.比如,有两组数据:甲: -6, -5, 5, 6; 乙: -10, -1, 1, 10, 这两组数据的平均差都是 5.5,甲组数据的方差是 30.5,乙组数据的方差是 50.5,在这种情况下,利用平均差就无法区分出它们波动的大小,而用方差则可以.由于上述第(1)方面学生暂时感受不到,而第(2)方面则是可以体会的.因此,为了让学生体会平均差的不足,笔者出示了问题三.

问题三:乙、丙两名选手五次射击结果如下,作为教练,你会选择谁参加比赛?

选手	射击环数				
乙	4	5	6	7	8
丙	3	6	6	6	9

用平均差算得:乙: $\frac{6}{5}$; 丙: $\frac{6}{5}$,这时就无法比

较出乙丙成绩的离散程度.这个问题让学生体会到:在某些情况下,计算平均差也无法衡量出数据的离散程度(解决了学生第三层次的“坎”),因此我们还需要寻找功能更强大的量.那什么量功能比平均差更强大呢?此时可以让学生继续思考,如果学生能想到加平方那就再好不过了,如果学生想不到,这时再由老师指出平方的方法.

回顾极差、方差公式的形成过程,我们可以发现,学前调查的结果发挥了极其重要的作用.之所以将本节课的重点活动设计成先小组讨论再教师点评的形式,主要源于课前对于 10 名学生的访谈结果,尤其是对四种方法优劣的比较到位的点评,也主要源于:在课前调查中出现了这些方法,因而老师不得不思考:如果课上学生说出了这些方法,我应该怎么处理?可以说,本节课的教学活动是教师根据对学生思维的了解而设计的,然后实施于教学.

活动三:形成概念、生成公式(略)

活动四:通过相应的例习题让学生学会选择合适的统计量来刻画数据

问题四:某校要从新入学的两名体育特长生李勇、张浩中挑选一人参加校际跳远比赛,在跳远专项测试以及以后的 6 次跳远选拔赛中,他们的成绩(单位:cm)如下表所示:

	专项测试和 6 次跳远选拔赛成绩/cm						平均数	方差
							/cm	/cm ²
李勇	603	589	602	596	604	612	608	602
张浩	597	580	597	630	590	631	596	333

(1)求张浩同学 7 次测试成绩的平均数,李勇同学 7 次测试成绩的方差;

(2)请你分别从平均数和方差的角度分析两人成绩的特点;

(3)经查阅历届比赛的资料,成绩若达到 600 cm,就很可能得到冠军,你认为应选谁去参赛夺冠比较有把握?说明理由;

(4)以往的该项最好成绩的纪录是 615 cm,若要想打破纪录,你认为应选谁去参赛?

学习统计量一个很重要的方面就是要明确各种统计量的不同适用范围,并能根据实际问题的需要,选择合适的统计量来刻画数据.这也是培养

(下转第 19 页)

率间有何关系?这无疑揭示了“探究3”的由来.如果我们把这个平面几何定理逆向解读为“ 90° 的圆周角所对的弦是直径”,即可产生“圆的内接直角三角形的斜边经过定点”的联想,那么,同样根据圆锥曲线的“血缘关系”,一系列值得探究的问题自然浮出水面:椭圆、双曲线、抛物线的内接直角三角形的斜边是否经过定点?这与直角三角形的顶点位置是否有关?这诸多内容,都是我们有效组织探究式教学的极好素材.

除了教师组织的探究活动外,我们要引导学生善于反思,使他们的探究活动常态化,那么,这种常态化的探究,该探究什么?例如,本题的答案合理吗?证明本题还有其它途径吗?本题的解题方法是通性通法吗?体现出什么规律?这种规律对解决哪些问题还有效?为什么有些问题的解法能迁移,有些却不能迁移?根源在哪里?改变本题的题设之一,结论还成立吗?会有什么改变?如果把本题结论当题设,能推出题设吗?…等等,只有学生能清楚自己该探究什么,把反思与探究变成自己的行为习惯,才会使探究式学习方式收获更大的效益.

3.3 怎样探究?

确定了值得探究的问题之后,要圆满完成探

究任务,有两大要素至关重要,其一,预测探究结果;其二,选择探究途径.

预测探究结果,实际上为探究活动确定了方向.当年著名科学家牛顿受到“苹果从树上掉在地上,而不是反方向飞向天空”现象的启发,预测客观世界中任意两个物体相互吸引,进而探究发现了万有引力定律,就是一个预测探究结果,确定探究方向的经典案例.虽然我们普通人难以堪比牛顿,但相对准确的预测探究结果与探究方向,取决于预测者的逻辑思维能力和理性思维水平,也应该是不争的事实.就本文的课例而言,如果没有“从特殊到一般”,从“正向到逆向”这两大思维框架的引领与调控,本例探究活动的顺利进行是很困难的.

选择探究途径,在中学阶段,不外乎算法策略的制定,它涉及学生已有的知识基础、技能基础和学习经验.在实施算法的过程中,教师要扮演好组织者、指导者与合作者的三重身份,留足学生自主发现、探究的空间,激励学生尽可能独立地发现问题和提出问题,对学生合乎情理的推测与演练,不干扰,不包办,但要在探究过程的节点处,凭借提问与追问,把控正确的探究方向.

(上接第15页)

学生数据分析观念非常重要的一方面:了解对于同样的数据可以有多种分析的方法,需要根据问题的背景选择合适的方法.

通过前面的学习,可能有学生会认为现实生活中方差越小越好,其实不然,应具体情况具体分析.为此,笔者设计了上述问题四,通过该问题的解决,学生不仅巩固了平均数、方差的计算方法,而且让学生较为全面地理解方差及其在现实生活中的应用.

4 结束语

古往今来,一切进步教育思想的共同特征是倡导研究学生并将之与教育本身化为一体.卢梭明确主张倾听和研究学生:开始时研究你的学生,因为你肯定根本没有了解他们.波利亚也指出:教师讲什么不重要,学生想什么比这重要一千倍!

在现实的教学中,研究学生的理念一直都有,

备课要备学生也是我们再熟悉不过的一句话,但是真正能够做到备课备学生的老师似乎不多.备学生就是要研究学生,研究学生已有的生活经验和学习经验、研究学生已有的知识基础和认知发展水平、研究学生的需要、研究学生学习新知识可能表现出来的智慧与潜能及可能遇到的“坎”.通过设计并执教“极差与方差”一课,让我们进一步体会到将学生研究作为教学设计和教学的基础,能够解决教学的针对性,真正促进学生的发展、增加教育教学的有效性.但如何使学生研究更科学、如何更有效地利用学生研究的结果指导教学设计和教学实践,值得我们不断探索.

参考文献

- 1 张怡慈.新课标理念下高中概率和统计内容的定位和教学[J].数学通报,2005,6:1-6
- 2 张怡慈.中学教育里的概率与统计[J].数学通报,2006,12:17-21

中学地理“大概念”下的单元教学设计

李春艳

(北京教育学院 数学与科学教育学院, 北京 100044)

摘要:“大概念”和“单元教学”是当下学科核心素养落地的两个关键词。大概念是相对概念更是思想方法,它具有与具体概念所不同的四个特点:它是揭示概念关系并阐述观点的陈述句;能跨领域统摄非连续内容;具有横断性,能跨时间、文化和情境迁移;可以贯通进阶发展。大概念下的单元教学设计要通过确定单元组织核心、梳理单元大概念体系及确定教学设计思维展开路径来完成,它突破了自然单元和主题单元的局限。

关键词:单元教学设计;大概念;地理教学;层级式知识结构

中图分类号:G633.55 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-0186(2020)09-0096-06

DOI:10.19877/j.cnki.ke.jc.jf.2020.09.015

大概念下的单元教学设计是“以学生为本”的教学设计。研究表明,将越小的内容领域作为教学的基本单位,教师的注意力就越聚集在具体事实和具体知识点上而忽略能力、态度和素养的培养。课时教学设计也因此越来越暴露了知识碎片化、能力难形成、素养不落地等问题。大概念下的单元教学设计既能充分揭示学科知识间的纵横关系,优化学科知识结构,又能将学科具体事实与学科抽象概念之间进行反复的思维整合与加工,有利于促进学生在结构化的知识系统中提升学科思维品质及分析处理复杂问题的素养水平。

一、什么是大概念

(一)大概念与跨学科大概念和学科大概念的关系

温·哈伦等人提出的大概念(big ideas)不仅对科学教育有着广泛影响^[1],也越来越深刻地影响着学科教育。虽然不同学者对大概念的表述

不同,如“核心概念”“基本概念”等,但相同的是大概念通常指数量很少的顶层概念。这些顶层概念跨越并模糊了不同学科的边界,我们称其为跨学科大概念^[1]。跨学科大概念在多个学科领域中都适用,能反映不同学科的内在一统性,相对稳定又普适于各种文化观念,比如,系统、能量、演变、模型和尺度等^[2]。

按着跨学科大概念的思想,地理学科大概念是指在地理学科之内,跨越了学科不同内容领域并模糊了不同内容领域边界的数量很少的学科顶层概念。它们是经过检验且位于地理学科中心位置的概念性知识,对广泛的具体地理事物和现象具有解释力,具有很高的抽象与概括程度,是组织整合本学科许多一般概念、原理和理论的少数关键概念。地理学科大概念能揭示学科本质、整合学科知识、构成学科课程内容的骨架,并在学科各学段都具有可教性与可学性^[2]。比如,《地理教育国际宪章(1992年版)》中提出的“位

基金项目:北京教育学院2017年重点关注课题“落实‘以学生为中心’理念的中学地理教学研究”(ZDGZ2017-15)。

作者简介:李春艳,1968年生,女,黑龙江哈尔滨人,北京教育学院副教授,主要从事地理教育教学研究和教师培训研究。

置和分布、地方、人与环境的关系、空间的相互作用、区域”等概念就具有这样的特征。

(二) 大概念是个相对概念

一般来说，概念有大有小，大小概念之间可以相互转换。也就是说，一方面可以将地理学科的大概念进一步分解成一定数量的较小概念，较小的地理概念又可以进一步分解成更小的地理概念，以此类推；另一方面，任何较少现象适用的概念，也都会联系到一个适用于更多现象的较大概念，较大的概念又可以归入一个更大的、更广泛的概念^[1]。只是在概念大小的转换过程中，从上一级较大概念转换成下一级较小概念时，失去的是对下一级概念之间本质联系的认识；相反，从下一级概念聚合成上一级概念的过程中则更易于找到下一级概念之间的同一本质。因此，大概念是一个相对概念，其大小的相对性体现在其统摄的内容范畴上。若统摄的内容范畴依次是地理学、中学地理课程、某单元、一课时，则大概念依次为地理学大概念、中学地理课程大概念、单元大概念、课时大概念。可见，大概念的相对性使大概念下有一个因统摄内容的范畴不同而呈现的多层级结构的概念体系（见图1）。

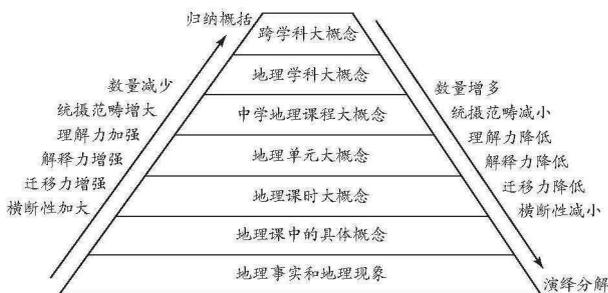


图1 多层级结构的概念体系

(三) 大概念是一种思想方法

多层级结构的概念体系使大概念不是一成不变的几个学科名词，它是一种思想方法。在任何的地理学科内容中都可以归纳概括出统摄该内容的地理大概念；任何地理学科大概念也都可以通

过演绎分解的方式寻找到支撑该大概念的具体概念和具体内容。因此，用大概念可以整合大量地理事实性材料或众多具体地理概念、规律与原理，能很好地帮助学生建立知识间的纵横联系，建构层级的地理认知结构，形成良好的地理思维，大大提升学生对具体知识的理解力以及知识

(四) 大概念具有鲜明特点

1. 在表述形式上，大概念重在揭示关系阐述观点

大概念是在事实材料基础上概括出事实与概念、概念与概念间的关系，并表达出这种关系的观点。大概念可以用陈述句表达，如“自然环境是个系统”，也可以是高度概括的词组，如“自然环境的整体性”，还可以是高度概括的名词，如“自然环境”。越是用陈述句表达，越能揭示概念之间的本质联系，提升学生的理解力和迁移力。因此，本文强调的大概念是“揭示关系并用陈述句表达的观点”。

2. 在统摄范畴上，大概念既能统摄连续内容更能统摄非连续内容

尽管大概念是相对概念，但一般来说，大概念更适用于单元及单元以上（内容范畴）的教学设计。只有在足够宽泛的内容范畴内，才更有机会在看似没有联系的内容之间发现本质联系，进而形成上位的大概念。也就是说，越是层级水平高的大概念，统摄的内容越不连续，越能从更加宽泛的领域广泛组织内容，越能体现大概念的价值和进阶建构的意义。

3. 在功能性质上，大概念具有横断性，能跨时间、文化和情境迁移

大概念的横断性区别于概念之间的纵贯性。概念之间的纵贯性结构是以先后顺次逻辑为主，利于形成连贯递进、逐步深入的地理思维。概念之间的横断性结构是一种上下位的层级结构，利于发现不同内容之间的同一性并建立本质联系。用大概念来横断更多内容并组成围绕大概念的内容组块，教学就易于连续聚焦到相同的大概念理解上，也易于发生学习迁移。因此，大概念在功能上具有可迁移性。大概念的这一特征使它成为

单元教学设计的核心。比如，初中地理《西北地区》一课的纵贯性结构是地理位置—自然环境特征—农业生产与分布—能源开发与区域发展—生态问题与区域发展；这一课的横贯性结构是西北地区与北方地区、南方地区、青藏地区共同建构可迁移的大概念“区域差异”。

4. 在教学组织上，大概念可以将已知与未知建立联系并从 K—12 实现进阶发展

越是上位的大概念，统摄迁移力越强，与教科书上的自然章节越脱节。比如“自然环境是个系统”这个大概念，在教学内容组织上远不止高中“环境的整体性”这个内容板块，高中地理中大气、地貌、水、土壤各单元的内容以及初中地理中区域地形、区域气候、区域河流等单元内容都在这个大概念的统摄下，如何设计初、高中及不同章节间内容的学习进阶，以保证对这一大概念的连贯一致的理解就显得格外重要。

二、什么是单元教学

（一）概念溯源

Hanna, L. A. 等美国学者于 1955 年率先提出了单元教学（Unit Teaching）这一概念，并给其下了定义：单元教学是聚焦横断在各学科、基于儿童个体社会需求且具有社会意义的课题而展开的有目的的学习体验。可见，单元教学是一种以学生为中心的，强调对内容的广泛组织和深入探究，而非囿于单一学科领域或学科内单一内容板块来运作的教学模式。其表现的基本特征是用横断性的大概念来组织单元教学内容，用学习进阶的思维模式及多元互动的参与方式来开展学习以满足学生的社会需求并产生社会意义。

（二）单元教学的类型

单元教学注重跨越内容领域进行单元内容的选择与组织，内容组织的视角不同单元教学的类型就不同。

总的来说，单元教学内容可以按着学科逻辑和学习逻辑来组织。具体来说，按学科逻辑组织的教学单元，根据其内容组织的视角，可分为自然单元、主题单元和大概概念单元。按学习逻辑组织的教学单元，根据其学习任务的属性不同，可分为问题解决单元、项目学习单元、专项能力单元、特定任务单元等。不论哪一种单元教学类

型，都可以组织成连续内容单元和非连续内容单元。在学习逻辑的教学单元中，单元内容多是非连续的，一切围绕着复杂的学习任务来组织。但是在学科逻辑的教学单元中，如果将非连续内容组织在一个教学单元中，则教学时要引进大概念及学习进阶的思想。

不同专业发展阶段的教师、不同的课程形态、不同的教学目标和育人目标等会有不同类型的单元教学的选择。新入职教师能做好连续内容的自然单元教学就很不易；中高考复习课做好同一内容主题的非连续内容单元教学非常必要；地理实践活动课程则要做非连续内容组织起来的学习逻辑单元教学。但不论哪一种类型的单元教学，将单元的内容主题转化为大概念都会更利于地理核心素养的有效落实。

三、如何做大概概念下的单元教学设计

（一）选择并确定单元的组织核心是单元教学设计的逻辑起点

不同类型的单元教学有不同的单元组织核心。确定单元教学组织核心的目的是以组织核心来构建单元教学的内容结构。不同的单元组织核心的选择对学生学习的意义和价值不同，也体现了设计者的教学立意及对学科课程的理解。

比如，一位高中地理教师呈现了这样的单元教学主题：高三第二轮复习“综合思维训练”单元教学——湖泊的演化（以贝加尔湖的昨天、今天和明天为例）。不难发现，这个单元教学设计中有三个单元组织中心混杂交错呈现，会带来学习内容凌乱、主线缺失、结构性不足的问题，难以达到单元教学一加一大于二的效果。相反，若以“综合思维能力训练”为单元组织核心，可按着“要素综合”“地方综合”“时空综合”来训练。若以“演化（以湖泊为例）”这个大概念为单元组织核心，可按照“湖泊等地表事物都经历漫长的演变过程”“湖泊的形成是地表各要素相互作用并不断变化的结果”“湖泊的演化都经历了形成—发展—灭亡的过程”“湖泊的演化是自然过程，但与人类活动有关也会影响人类活动”四个方面来组织。若以“贝加尔湖的昨天、今天、明天”主题为单元的组织核心，可按照湖泊的形成（昨天）、湖泊的作用（今天）、湖泊的保

护(明天)来组织。

可见,明确单元教学设计的组织核心,并依据单元组织核心来架构单元内容线索和内容结构是实现有效单元教学设计的第一步。不同的组织核心的育人功能是不同的。大概念组织的单元教学有利于将学生点状、线状、网状的认识结构优化为层级状的认识结构,一方面帮助学生将大量的具体事实和地理概念做有机整合,提升学生对所学内容的理解力和迁移力;另一方面为学生提供了在地理事实与地理概念、地理概念与地理大概念之间的纵向思维加工机会,学生可以站在证据与结论的视角展开充分的学科论证,提升其审辩式思维水平和创造力,以实现核心素养在学科教学中的落地。

(二) 梳理单元大概念及概念体系是单元教学设计的核心所在

布鲁纳提出:任何学科都拥有一个基本结构。大概念下的单元教学设计旨在体现这一思想,期望围绕大概念建立良好的学科基本结构,并围绕这一结构进行单元教学,保证不同的学习内容能在一段较长的时间内围绕着大概念的理解和建构来展开。这种螺旋式上升的课程设计思想有助于设计连续聚焦一致的课程以及学习的迁移。那么,大概念从哪里来呢?概念体系如何搭建呢?

1. 从学科大概念中分解出单元大概念

《地理教育国际宪章(1992年版)》对“空间相互作用”这一学科大概念作了如下解释^[3],空间相互作用的原因:一是地球上资源分布不均匀,二是没有一个国家可以自给自足。实现空间相互作用的措施是在各地之间建立运输和交通网络等地域联系方式。空间相互作用的意义:一是可以帮助人们洞察不同范围内的空间相互作用现象;二是可以帮助人们理解这种跨地域的物资、信息、人员等的合作行为;三是可以帮助人们发现跨地域合作的问题及改进区域、民族和国际间相互作用和合作的意念,加深对贫穷、财富和人类福利的认识^[3]。那么,如何从学科大概念的内涵解释入手分解而成单元教学设计中的大概念呢?

第一步,搭建学科大概念的基本内涵框架。按着对学科大概念“空间相互作用”的基本理解^[4],将其内涵框架搭建如下(见图2)。

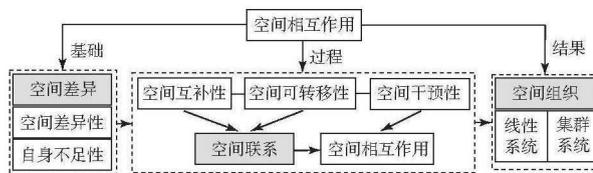


图2 地理大概念“空间相互作用”的内涵框架

第二步,对学科大概念的基本内涵框架进一步解释。对大概念的内涵进一步解释的目的是将对学科大概念的理解进一步下移,以接近教师教学中的单元大概念。基于“空间相互作用”的内涵框架,将其具体解释为下一级的大概念:①区域之间的差异性和区域自身的不足性使空间相互作用成为可能;②存在空间相互作用可能性的区域之间,如果差异具有互补性,且具有一定的基础设施保证的可转移性,则可以进行空间联系;③任何两个地区之间在空间联系时都存在多个地方方向的彼此干预产生空间的互动;④兼顾考虑区域间的互补性、可转移性及干预性,是分析空间相互作用过程的关键;⑤空间相互作用的结果是形成了不同的空间组织和空间配置形式。

第三步,将进一步解释大概念内涵的陈述句与单元教学内容建立联系。比如,将上面解释中的①②两个观点与高中地理《产业转移》一课的具体内容联系起来,就会发现,《产业转移》一课,除了建立什么是产业转移,影响产业转移的因素、产业转移发生的条件、产业转移的目的和方向及带来的影响等具体概念外,更重要的是帮助学生建立本单元的大概念:在经济发展上有差异并具备互补性的地区,如果具备可转移的基础条件,并兼顾考虑干扰地区的影响,可以通过跨区域转移的方式寻求两个区域经济双赢发展。这时,教学是站在单元大概念建构的视角下来组织的,而不是讲授“产业转移”一个具体的教学片段。运用大概念进行单元教学就会自然地将资源的跨区域调配、“一带一路”等相关的内容都统合到这个大概念下。这样,学生就有机会在较长的一段时间里反复回到对大概念的深度理解上。

2. 从具体概念中概括出单元大概念

单元大概念介于学科大概念与学科具体概念之间,我们不仅可以从学科大概念中分解出单元大概念,也可以从学科的具体概念中,通过揭示概念间的本质关系概括出单元大概念。

比如,初中地理“地图”单元中,可将《地图三要素》一课的大概念进行概括:借助地图三要素知识,通过在地图上找到参照物、判读方位、量算距离,来判断地表事物的地理位置及空间位置关系。《等高线地形图》一课的大概念概括为借助海拔和相对高度的数值大小及数值变化特点,能判断不同尺度区域的地形特征。《地图的使用》一课的大概念概括为一旦人们养成了使用地图的习惯,就会从不同类型的地图中获取所需信息,帮助人们分析生产、生活中的问题,并寻找解决问题的办法。将以上三节的大概念进一步概括,可以概括出本单元的大概念:地图是人类认识世界的重要工具。

当我们得出本单元的大概念后,单元中所有课时的教学目标将都指向大概念的建构,所学各节的内容将从“知道知识和方法是什么”转变为“如何运用知识和方法做事情”,大大提升了学生的问题解决能力。

(三) 确定教学设计的思维展开路径是单元教学设计的落脚点

“内容整合—目标统整”和“目标—教学—评价”三位一体是单元教学设计的两个重要指标。下面主要呈现两种符合国际教学设计发展趋势的典型设计思路。

1. 基于大概念理解的逆向教学设计路径

逆向教学设计强调“目标—评价—教学”的设计逻辑,区别于以往“目标—教学—评价”的设计逻辑。逆向教学设计强调评价设计先于课程设计和教学活动设计,为教师创新单元教学设计提供了思维工具,并找到了实现大概念理解的最优设计路径^[5]。

第一步,预期的学习结果设计。预期的学习结果强调学生在单元学习后能运用知识在新的情境中做事情,这一目标有别于仅学到知识和方法的教学目标。比如,《地图三要素》一课的预期学习结果是“能在地图上判断地理事物之间的空间位置关系”,而不仅仅是“比例尺、方向、图例与注记的判读”。

第二步,可靠的评估证据设计。可靠的评估证据是用来评估预期的学习结果是否达成,它更加强调基于真实的表现性任务,指向预期学习结果的表现性评价指标的设计。比如,《地图三要

素》一课中将“在地图上确认任意两点间的位置关系”作为表现性任务,并基于表现性任务制定表现性评价指标:①能从不同类型的图中区分出地图;②能借助图例和注记在地图上准确找到不同的地表事物;③能借助比例尺计算任意两点间的实际距离;④能准确判读任意两点间的方位关系;⑤能整合三个地图要素判读同一幅图中任意两点间的位置关系;⑥能在不同类型地图中表达相应的地表事物间的位置关系。

第三步,一致的教学过程设计。强调教与学过程要与预期的学习结果及表现性评价证据高度一致。比如《地图三要素》一课中,按照预期的学习结果和表现性评价证据,可以设计如下教学过程:①在多种图示中分辨出地图,进而理解什么是地图;②在北京市地图中找到著名的山地、水库、城市中心、几个行政区、河流、运河等,并说明寻找的思维过程,以此来理解什么是图例、什么是注记、图例和注记的基本功能;③以图中两个地点为例计算距离、描述方位;④用自己的语言描述以上任务完成的具体步骤和过程,在此基础上概括出在地图上描述任意两点位置关系的基本思路方法;⑤应用这种方法在北京地形图、北京气候图、北京水系图、北京农业分布图、北京人口分布图、北京交通分布图上说出不同的地表事物之间的位置关系。

2. 指向大概念建构的论证式教学设计路径

传统逻辑论证的是“前提—结论”式的命题序列,认为论证至少要有前提和结论两个关键要素,前提作为结论的理由,需要有事实作为依据才具有可信度^[6]。论证式教学是近年来科学学科领域兴起的重要教学设计模型,它的实质是将科学领域的论证方式引入课堂教学,让学生经历从证据到结论的论证过程,以促进学生对科学概念和形成科学思维^[7]。将这种论证方式和论证思路引入大概念下的中学地理单元教学设计中,需要三个步骤来完成。

第一步,从具体的教学内容中建构概念图。这个阶段教师需要做三件事情:一是将单元教学内容中的地理事实与具体地理概念作出明确区分;二是用地理事实支撑具体地理概念,建立推论关系;三是将具体地理概念之间的本质联系用概念图的方式表达出来,以为后面概括大概念提

供新的证据。

第二步，从概念图中逐级归纳出大概念。将概念图中概念间的本质关系通过归纳概括的陈述句表述出来就是较大概念，逐级地进行概括表述就会得到数量越来越少、内涵越来越广的大概念。比如，在“日本”这一单元的概念图中可以得出以下较大的概念：①一个国家的地理位置、范围会对国家自然环境带来影响；②独特的地理位置和方位特征形成独特的自然环境特征和独特的人类活动方式；③国家自然环境特征一方面为人类活动提供条件，另一方面限制了国家的发展；④一个国家选择怎样的人类活动方式是基于自然环境条件长期选择的结果；⑤因地制宜发展国家经济是任何一个国家发展的基本价值取向等。将这些较大概念再作进一步概括，就得出本单元的大概念为“国家（区域）要因地制宜地发展经济”。

第三步，设计与大概念一致的学习活动和评价内容。学习活动设计对于促进学生理解大概念非常重要。好的学习活动应该以学生为本，具有以下四个特点。①有明确的学习活动目标并被学生所知晓；②活动能激发学生自然产生想探究的问题并深度参与到问题解决过程中；③活动能激活学生已有经验与新知识间的联系，帮助学生自觉地进行知识重组建构起大概念；④教学评价的设计能帮助学生自主优化和完善学习表现，以更好地建构大概念。

单元教学要求教师能够站在知识系统性的高度，将知识结构重组成一个知识整体或意义整体。大概念下的单元教学是基于大概念体系将知识有机重组成一个完整的、最小的地理教学单位，并有其完整的单元目标、单元内容、单元活动和单元评价。大概念下的单元深度学习是解决当下学科核心素养落实和教学改革中“进度”“质量”等棘手问题的有效途径，能促进学生高质量的学习发生。

参考文献：

- [1] 温·哈伦. 科学教育的原则与大概念 [M]. 韦珏, 译. 北京: 科学普及出版社, 2011: 15, 20.
- [2] 李春艳. 中学地理课程中的概念建构与学习进阶 [J]. 课程·教材·教法, 2016 (4): 38-43.
- [3] 国际地理联合会地理教育委员会. 地理教育国际宪章 [J]. 地理学报, 1993 (4): 289-296.
- [4] 刘卫东. 经济地理学思维 [M]. 北京: 科学出版社, 2013: 137-139, 151-161.
- [5] 格兰特·威金斯, 杰伊·麦克泰格. 追求理解的教学设计 (第二版) [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2017: 3.
- [6] 任宁生, 邓小丽. 科学论证视野下的科学教育教学设计模型建构 [J]. 化学教学, 2016 (4): 14-18.
- [7] 邵朝友, 韩文杰, 张雨强. 试论以大观念为中心的单元设计——基于两种单元设计思路的考察 [J]. 全球教育展望, 2019 (6): 74-83.

(责任编辑: 李 洁)

Unit Teaching Design Under the “Big Idea” of Geography in Middle School

Li Chunyan

(School of Mathematics and Science Education, Beijing Institute of Education, Beijing 100044, China)

Abstract: Currently, “big idea” and “unit teaching” are the key words for the implementation of subject key competency. The big idea falling into the unit teaching design level is a relative concept and method of thinking, but it has four characteristics different from the specific concepts. It is a statement that reveals the relationship of concepts and expounds the point of view. It can control the discontinuous content across the field. It can transfer across time, culture and situation, and can connect with advanced development. To realize the unit teaching design under the big idea, effective strategies include determining the core of unit organization, summarizing the system of unit big idea and choosing the development path of teaching design thinking. It can break through the limitations of natural unit and thematic unit.

Key words: unit teaching design; big ideas; geography teaching; hierarchical knowledge structure

美国数学教材统计部分编写特点及其启示

——以 Holt McDougal 编写的教材 *Mathematics* 为例

杨小丽¹, 王建波²

(1.北京教育学院 教师教育数理学院 北京 100120; 2.北京师范大学出版社 北京 100875)

摘要 :由 Holt McDougal 编写的教材 *Mathematics* 在美国有一定的影响。教材统计部分的设计非常有特色,在内容设置、呈现方式及具体内容的编写等方面给我国初中数学教材建设以启示。适当增加一些统计内容、加强与现实生活的联系、加强信息技术与统计内容的融合、加强学法指导等。

关键词 :*Mathematics*; 初中数学教材; 统计与概率; 数据分析观念

中图分类号 :G633.6 文献标识码 :A 文章编号 :1673-6923(2015)01-0034-05

DOI :10.16398/j.cnki.jbjie(n)issn1673-6923.2015.01.007

统计内容在我国数学课程中受到越来越高的重视。教育部 2001 年正式颁布的《全日制义务教育数学课程标准(实验稿)》将“统计与概率”作为 4 个内容领域之一,列入我国义务教育阶段各学段的数学课程^[1]。《义务教育数学课程标准》(2011 年版)进一步将“数据分析观念”作为核心概念,明确数据分析是统计的核心^[2]。很多国家都将统计内容列为初中数学课程的重要组成部分^[3]。

由 Holt McDougal 2010 年出版的 *Mathematics*, 包括 3 册,分别是 *Mathematics (Course 1)*、*Mathematics (Course 2)*、*Mathematics (Course 3)*, 供 6、7、8 三个年级使用(以下简称 *Mathematics* 教材)。*Mathematics* 教材统计部分的设计非常有特色,在内容设置、呈现方式及具体内容的编写等方面都值得我们思考和借鉴。

1 *Mathematics* 教材统计部分的内容设置及呈现方式

1.1 内容设置

Mathematics 教材的统计部分共有 3 章、30 节,主要包括统计图(条形图、线图、直方图、折线图、茎叶图、扇形图、盒式图、维恩图、散点图、统计图的误导),统计量(平均数、中位数、众数、极差、四分位数极差、加权平均数),抽样(样本、总体、抽样方法),相关性与最佳线性拟合等。具体章节内容的设置见表 1。

对中、英、美 3 个国家数学课程标准中内容分布的比较研究显示,美国和中国“统计与概率”内容在初中数学课程内容中所占的百分比分别为 20.99%、7.33%^[4]。从 *Mathematics* 教材统计部分包含的章数、节数以及页码数 3 个方面进行统计发现,*Mathematics* 教材统计部分包含的章数、节数以及页码数分别为 3 章、30 节、196 页,占全书的比重分别为 7.69%、9.17%、8.71%。而中国的北师大版、人教版初中数学教材统计部分分别为 2 章、8 节,2 章、6 节,统计部分页码数占全书的比重分别为 6.89%、

收稿日期 2015-01-06

作者简介:杨小丽(1975—),女,湖南怀化人,北京教育学院教师教育数理学院讲师。

王建波(1976—),男,江西吉安人,北京师范大学出版社副编审。

表 1 *Mathematics* 教材统计部分的内容设置

6 年级	7 年级	8 年级
6 收集和展示数据 组织数据 学习指导:预习 数学阅读和写作 6-1 制作一个表格 动手实验室:收集数据探索均值 6-2 平均数、中位数、众数和极差 6-3 额外的数据和异常值 测试:准备与螺旋复习 聚焦问题解决:制定一个计划 展示和解释数据 6-4 条形图 技术实验室:创建条形图 6-5 线图、频率表和直方图 扩展:频数分布 动手实验室:通过调查收集数据 6-6 有序对 6-7 折线图 6-8 统计图的误导 6-9 茎叶图 6-10 选择适当的方式展示数据 测试:准备与螺旋复习 联系现实:奥克拉荷马 游戏时间 学习指导:复习 章测试	7 收集、展示和分析数据 组织和展示数据 学习指导:预习 数学阅读和写作 7-1 频率表、茎叶图和线图 7-2 平均数、中位数、众数和极差 7-3 条形图和直方图 7-4 阅读和解释扇形图 7-5 盒式图 技术实验室:探索盒式图 测试:准备与螺旋复习 聚焦问题解决:解决 表示和分析数据 7-6 折线图 动手实验室:用维恩图来展示收集到的数据 7-7 选择适当的方式展示数据 技术实验室:利用技术展示数据 7-8 总体和样本 7-9 散点图 技术实验室:样本与最佳线性拟合 7-10 统计图的误导 测试:准备与螺旋复习 联系现实:犹他州 游戏时间 学习指导:复习 章测试	9 数据和统计 收集和描述数据 学习指导:预习 数学阅读和写作 9-1 样本和调查 动手实验室:探索抽样 9-2 明确抽样偏差 9-3 组织数据 9-4 集中趋势的度量 技术实验室:探索变异性 9-5 变异性 技术实验室:创建盒式图 测试:准备与螺旋复习 聚焦问题解决:制定一个计划 展示数据 动手实验室:制作扇形图 9-6 展示数据 技术实验室:创建直方图 9-7 分析数据展示 9-8 统计及图表的误导 9-9 散点图 技术实验室:创建散点图 9-10 选择最佳的数据表示 技术实验室:创建图表 测试:准备与螺旋复习 联系现实:纽约 游戏时间:素数分布 学习指导:复习 章测试

6.41%。可以看出, *Mathematics* 教材统计部分占全书的比重高于中国两个版本教材。

1.2 呈现方式

Mathematics 教材统计部分的栏目设置和教材体例很有特色,具体呈现方式见表 2。

表 2 *Mathematics* 教材统计部分呈现方式

章前内容	节栏目	章内其他栏目	章末内容
章主题图 学习重点 章目录 学习准备 学习指引:预习	问题情境 例题 思考与讨论 节习题 指导练习、独立练习、问题解决 考试准备与螺旋复习	动手实验室 技术实验室 聚焦问题解决 联系现实 游戏时间	学习指引:复习 章测试 标准化测试

从表 2 可以看出: *Mathematics* 教材统计部分按照章节顺序呈现相关内容,章前设置主题图、学习重点、章目录、学习准备及学习指引(预习),章内设置若干节内容,章末设置学习指引(复习)、章测试及标准化测试。此外,每章内都设置有动手实验室、技术实验室、聚焦问题解决、联系现实、游戏时间等栏目,帮助学生更好地学习统计的相关内容。

节内容是 *Mathematics* 教材的核心部分,教材围绕“数据的收集、展示、分析和描述”展开相关统计内容的学习。每节一般都会先设置相应的问题情境,激发学生的学习兴趣并引发学生进行思考,通过例题及“思考与讨论”栏目的设计,让学生在例题的引领示范以及自身的思考与讨论过程中,逐步掌握相关的统计知识和方法。每节内容的最后都有节习题和“测试准备与螺旋复习”;习题分成“指导练习”、“独立练习”、“问题解决”三个层次;“测试准备与螺旋复习”则是以测试的形式帮助学生进一步掌握本节所学习的内容,同时还对之前学习过的相关内容进行了螺旋式的复习与巩固。

2 Mathematics教材统计部分编写特点

2.1 注重数据分析过程

数据分析是统计的核心。*Mathematics* 教材非常注重数据分析过程,将统计内容的学习蕴含在数据分析的过程之中,让学生在“数据的收集、展示、分析和描述”中掌握统计的知识与方法,理解统计的相关思想。从表1可以看出:6、7、8三个年级的学习内容分别为“组织数据、展示和解释数据”、“组织和展示数据、表示和分析数据”、“收集和描述数据、展示数据”。*Mathematics* 教材以“数据”作为核心,数据的收集、展示、分析和描述贯穿于整套教材的始终。

Mathematics 教材还通过相关栏目的设计,引导学生经历完整的统计活动过程,让学生在活动中感受统计知识发生发展的过程,理解统计的相关思想。如“动手实验室”和“联系现实”是要求学生动手操作并解决实际问题的统计活动类栏目。全书统计部分共有5个“动手实验室”和3个“联系现实”。“动手实验室”一般与节内容的学习并行设置,通过活动和操作解决相关问题,活动的要求相对较低,如“收集数据探索均值”和“探索抽样”,分别围绕均值和抽样让学生经历相关的统计活动;“联系现实”则一般出现在章末,综合运用本章所学统计内容解决现实生活中的实际问题,问题相对较为复杂,如“纽约大都会队”,让学生通过统计活动计算球队得分的数据代表、选择展示球队全垒打数量的统计图,并利用散点图探索球队得分与全垒打数量之间的相关性。

2.2 注重数据分析方法

统计学在本质上是研究数据分析的方法,包括分析方法的好坏、分析方法的适用条件,以及创造新的方法等。

2.2.1 抽样

Mathematics 教材分别在7年级“7-8 总体和样本”、8年级“9-1 样本和调查”“9-2 明确抽样偏差”介绍了有关抽样的内容,在问题情境中给出了总体、样本、抽样的概念,通过例题介绍了随机抽样、系统抽样、方便抽样和自愿选择抽样4种具体抽样方法。教材重点讨论了有偏样本和有偏问题,以及选择正确的总体和适当大小的样本,并且通过具体案例让学生明确抽样过程中应该注意的问题。比如,要了解小镇青少年的业余爱好,在当地足球比赛场上对40个青少年进行调查,这样得到的推断是不正确的。因为足球场上得到的样本是有偏样本,这样调查的结果会比其他青少年样本更倾向于喜爱运动,让学生更好地体会样本的代表性。此外,*Mathematics* 教材还讨论了如何根据样本的数据来判断总体的信息,让学生体会用样本估计总体的思想。

2.2.2 统计图表

统计图表是整理和描述数据的有力工具,它的作用是从数据中获取信息。*Mathematics* 教材中涉及的统计图主要包括条形图、线图、直方图、折线图、茎叶图、扇形图、盒式图、维恩图、散点图等。虽然教材中出现的统计图种类较多,但教材不是仅仅简单介绍各种统计图的概念和制作,而是强调不同统计图之间的区别、联系及适用范围。例如,教材对直方图的定义是“在相等间隔内呈现数据频数的条形图”,突出了直方图与条形图之间的关系。特别地,教材在6、7、8三个年级分别安排了一节内容:“6-10 选择适当的方式展示数据”、“7-7 选择适当的方式展示数据”、“9-10 选择最佳的数据表示”,在学生学习的不同阶段对所学的各种统计图进行比较(表3),引导学生从数据的类型和需要表达的信息等方面选择适当的方式展示数据。在这样的设计之下,学生不仅学会了各种统计图的概念、如何制

作统计图,而且更容易理解不同统计图的适用条件和范围,同时有助于他们在具体情境中选择合适的统计图解决实际问题。

表3 不同统计图的适用范围

用条形图呈现与比较数据	用扇形图表示各部分在总体中的百分比	用维恩图表示两组及两组以上数据之间的关系
用线图表示数据出现的频数	用折线图表示数据在一段时间内的变化情况	用茎叶图表示数据出现的频数及数据的分布情况

2.2.3 统计量

统计量是将多个数据“加工”为一个数值,使这个数值能够反映这组数据的某些重要的整体特征。*Mathematics* 教材涉及的统计量分为数据的集中趋势和数据变异性两个方面,主要包括平均数、中位数、众数和极差、四分位数极差。教材在 6、7、8 三个年级分别安排了一节内容:“6-2 平均数、中位数、众数和极差”、“7-2 平均数、中位数、众数和极差”、“9-4 集中趋势的度量”,且在不同年级有不同的要求:6 年级了解平均数、中位数、众数和极差的概念,知道它们的计算方法;7 年级进一步理解平均数、中位数、众数和极差的意义,知道选择恰当的统计量来表示数据;8 年级则进一步明确平均数、中位数、众数和极差的适用范围。教材循序渐进的处理方式有助于加深学生对统计量意义的理解。对于数据的变异性,除极差外,教材还介绍了四分位数极差的概念,并借助盒式图来进一步刻画数据的分布,从“数”和“形”两个角度帮助学生对数据的变异性进行深入理解。*Mathematics* 教材的设计使得学生不仅知道不同统计量的定义、计算方法,更让他们体会到不同统计量表达一组数据的特征时各有优缺点,也各有各的适用范围。

教材特别在 6、7、8 三个年级分别安排了一节有关“统计图(统计量)的误导”内容,如统计图中坐标轴的刻度从非零点起始或者刻度不均匀会导致统计图的误用,有异常值的情况下得到的数据平均数会导致统计量的误用。从统计图(统计量)误用的角度让学生加深对相应数据分析方法的理解,从而理解统计的思想,而不是死背定义和公式。

3 对我国初中数学教材建设的启示

3.1 适当增加一些统计内容

Mathematics 教材的统计内容涉及面比较广,以统计图来说,有条形图、线图、直方图、折线图、茎叶图、扇形图、盒式图、维恩图、散点图、统计图等。而我国初中数学教材统计部分中的统计图主要涉及条形图、折线图、扇形图、频数直方图,建议可以适当增加统计图的种类,如线图、茎叶图、盒式图等,这样不仅能使数据的描述更为直观、统计量的计算更加方便,而且能使学生更全面地了解数据的分布情况及其性质。

3.2 加强与现实生活的联系

Mathematics 教材非常重视统计内容与现实的联系及其应用。教材正文中统计内容的学习大都是以现实生活中的具体情境引入,如通过人的指纹有螺纹、环形和拱形 3 种不同类型引入频数分布表,通过地球上不同生态群落的降雨情况引入条形统计图,通过 2002 年在美国北部向西扩散的麋鹿疾病引入总体和样本,注重数学新知与现实的联系。教材的节习题分为“指导练习”、“独立练习”、“问题解决”三类,其中“问题解决”共有 202 道,占节习题数量的 44%;节习题中还专门设有现实背景“链接”的栏目,内容涉及地球科学、社会研究、健康、生命科学、运动、语言艺术等多个领域,让学生在丰富多彩的现实背景中运用所学统计知识解决相应的问题。另外,教材还设计了“联系现实”栏目,以统计活动的形式综合运用所学统计内容解决较为复杂的实际问题。*Mathematics* 教材内容涉及现实生活的诸多方面,充分体现了统计与现实的联系及应用的广泛性,有利于培养学生的应用意识,提高他们运用统计解决现实生活及其他学科问题的能力。

我国初中数学教材统计部分的内容也注重与现实生活的联系,但涉及的面相对较窄,建议在素材的选取上进一步加强与现实生活的联系,不仅涉及学生的学习生活背景,更要涉及地球科学、社会研究、健康、生命科学、运动、语言艺术等多个领域,让学生运用所学统计知识解决相应的问题。

3.3 加强信息技术与统计内容的融合

信息技术已经成为学生学习统计的重要工具,必要的信息技术的引入能帮助学生更好地理解统计内容。*Mathematics* 教材非常注重信息技术与教材统计内容的融合,教材中专门设置了“技术实验室”这一栏目,全书统计部分中共有创建条形图、探索盒式图、利用技术展示数据等9个“技术实验室”,通过计算机或图形计算器等技术进行统计图表的制作或统计量的计算,力图反映信息技术与统计内容的紧密联系。以7年级“探索盒式图”为例,教材以两个活动的形式通过图形计算器引导学生经历盒式图的形成过程及两个盒式图的比较,创建的过程与盒式图的几个核心概念紧密相连,帮助学生更好地理解相关统计内容。教材还设计了相应的环节让学生在此基础上进行思考和讨论,并尝试完成相应的任务。在此过程中,学生不仅加深了对统计内容的理解,掌握了信息技术手段,而且还应用相关的内容与技术解决了实际问题。

我国初中数学教材中的统计部分在信息技术与统计内容的融合方面相对薄弱,教材中很少涉及,即使有相关内容,也是放在习题之后,作为拓展阅读内容出现,建议加强信息技术与统计内容的融合,以帮助学生更好地理解统计内容。

3.4 加强学法指导

Mathematics 教材还特别注重渗透学法指导,如“聚焦问题解决”栏目,引导学生思考并明确一些数据分析过程中共性问题的解决方案(信息的筛选、排序及处理等),形成解决一般统计问题的策略。此外,在例题的规范性和指导性、习题与例题的对应设置,以及章前与章末“学习指引”的内容等方面,处处体现了对学生学习过程的帮助和学习方法的指导。这一点也值得我国借鉴。

参考文献:

- [1]中华人民共和国教育部.全日制义务教育数学课程标准(实验稿)[S].北京:北京师范大学出版社,2001.
- [2]中华人民共和国教育部.义务教育数学课程标准[S].2011年版.北京:北京师范大学出版社,2012.
- [3]曹一鸣.十三国数学课程标准评介[M].北京:北京师范大学出版社,2012.
- [4]康玥媛,曹一鸣.中美小学初中数学课程标准中内容分布的比较研究[J].课程·教材·教法.2013,33(4):118-122.

Characteristics and Enlightenment of Mathematical Statistics Chapter in USA Mathematics Textbooks

—With Holt McDougal's Textbooks of *Mathematics* as an Example

Yang Xiaoli, Wang Jianbo

(Faculty of Education for Teachers of Science and Math, Beijing Institute of Education, Beijing 100044, China; Beijing Normal University Press, Beijing 100875, China)

Abstract: Textbook *Mathematics* written by Holt McDougal has a certain kind of influence in America. The design of mathematical statistics chapter of the book is of distinguishing features. It has some enlightenment on China's mathematics textbooks construction in middle schools in the aspects of content settings, ways of presentation and also the writing of specific content etc. It is proposed that we can increase to some extent the content of statistics, strengthen the contact of it with real life, strengthen the integration of information technology and content of statistics, and do better in the guidance of learning methodsetc.

Keywords: USA; *Mathematics*; mathematical statistics; characteristics; enlightenment

(责任编辑 田 军)

科学教育中的核心概念及其教学价值

胡玉华

(北京教育学院, 北京 100044)

摘要:核心概念不同于一般的科学概念, 它可以揭示学科知识的本质和学科知识之间的联系, 具有统整学科知识的功能。在科学教育中核心概念教学设计的程序是: 围绕核心概念, 以科学事实为载体, 通过分析来龙去脉、相互关联, 在把握一般概念的形成过程中, 领悟核心概念的本质, 形成科学的思维方法。

关键词:科学教育; 核心概念教学价值; 知识结构

中图分类号:G420 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-0186(2015)03-0079-05

英国科学教育专家温·哈伦(Wynne Harlen)在《Principles and Big Ideas of Science Education》报告中指出, 科学教育的目标不是去获得一堆由具体事实和学科理论杂乱无章地堆栈起来的知识, 而应该是实现一个向核心概念逐步趋向的进展过程, 这样做有助于学生理解与他们生活相关的事件和现象。^[1]可以这样理解, 在科学教育中学生掌握的科学知识绝不应该是孤立的事实和零散的科学结论, 而是通过一定的逻辑相互关联, 形成以核心概念为统摄的具有层次性的结构体系。可见核心概念在科学教育中处于非常重要的位置。然而, 关于如何在中小学科学教育课堂中有效传递学科核心概念及其结构体系, 相关理论研究和实践研究都没有平行跟进, 致使课堂中注重记忆具体事实而忽略对核心概念深层理解的现象并非少见。因此, 从科学知识结构角度认识核心概念及其教学价值, 强调核心概念在科学教育各学科教学中的重要作用, 强调对核心概念统摄下的学科知识结构的深入理解已变得非常必要。

一、科学教育中的核心概念

(一) 科学教育中知识结构体系图

北京教育学院科学教育团队依据美国教育专家肖瓦特(Showalter)的知识结构图,^[2]建立了科学教育的知识结构体系。该体系强调了核心概念统摄下对知识结构的系统把握, 强调了知识的整体性和知识之间的普遍联系。

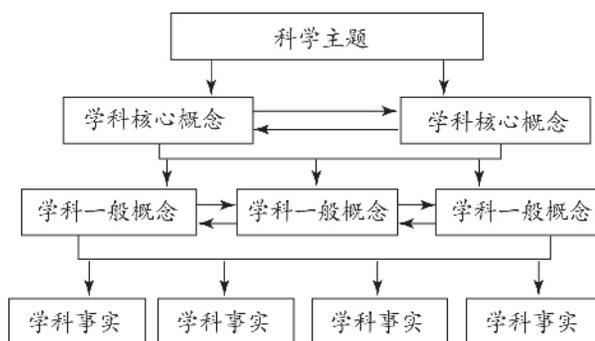


图1 科学教育中科学知识结构体系

该体系由4个层级组成, 呈现了从知觉感受开始, 逐级进阶, 直至核心概念和科学主题形成

收稿日期: 2014-12-08

作者简介: 胡玉华, 女, 北京教育学院教授, 硕士, 主要研究方向为科学教师继续教育。

的过程。层级越高，统摄性越强。

科学主题位于结构体系的最高层级，这是因为，科学的形成源于人类对自然界的探索活动，而自然界又是一个普遍联系、相互作用的统一整体。因此，科学的不同领域之间，在学科知识和内容、概念形成和发展以及研究手段和方法上是存在相互关联、相互交叉的。这样在科学领域不同的具体学科之间就必定会存在一些“共通”概念，它们跨越学科界限，具有普适性。从这些“共通”概念中，可以提炼出能统领科学教育各个分支学科的概念^[3]，我们称之为科学主题。美国加利福尼亚州出版的“科学框架”（Science Framework for California Public School）中，将“尺度与结构”“变化的形式”“稳定性”“系统与相互作用”“演化”“能量”提炼为科学主题^[4]。

科学主题具有普适意义，贯穿各个分支学科，可以揭示科学知识的本质属性及其相互联系，能够将不同学科、不同分支的信息片段按照逻辑关系整合成普适的、具有内聚力的结构体系。各信息片段以及各片段之间的相互关联、相互作用就可以在这样的体系中被整联性地显现

出来。

因此，在科学教育各个不同领域的教学中，我们要帮助学生建构整合各个信息片段的、具有逻辑内聚力的学科知识体系，并将其汇集到上述的全信息结构之中，而这个知识结构体系的节点就是核心概念。从上述知识结构体系图中可以看出，学科的一般概念与一般概念之间依照一定的逻辑相互联系聚合为核心概念。因此，美国课程专家艾里克森也将其称为“概念聚合器”，并指出“如果没有一个能统摄一般概念的“概念聚合器”（核心概念），那么学生的学习只能停留在一个较低的层面，学生的认知得不到提升，这时学生就总会试图死记硬背相关的事实和理论”。^[5]

当学生以事实为基础进行一般概念的归纳，同时在一个深层次的概念理解水平上深入理解科学范式和各种联系时，核心概念如同为其提供了一个“聚合器”，帮助学生进行“综合思维”。

下面以小学科学中“生物与环境”单元为例对学科事实、一般概念以及核心概念和科学主题的关系做具体阐释（如图2所示）。

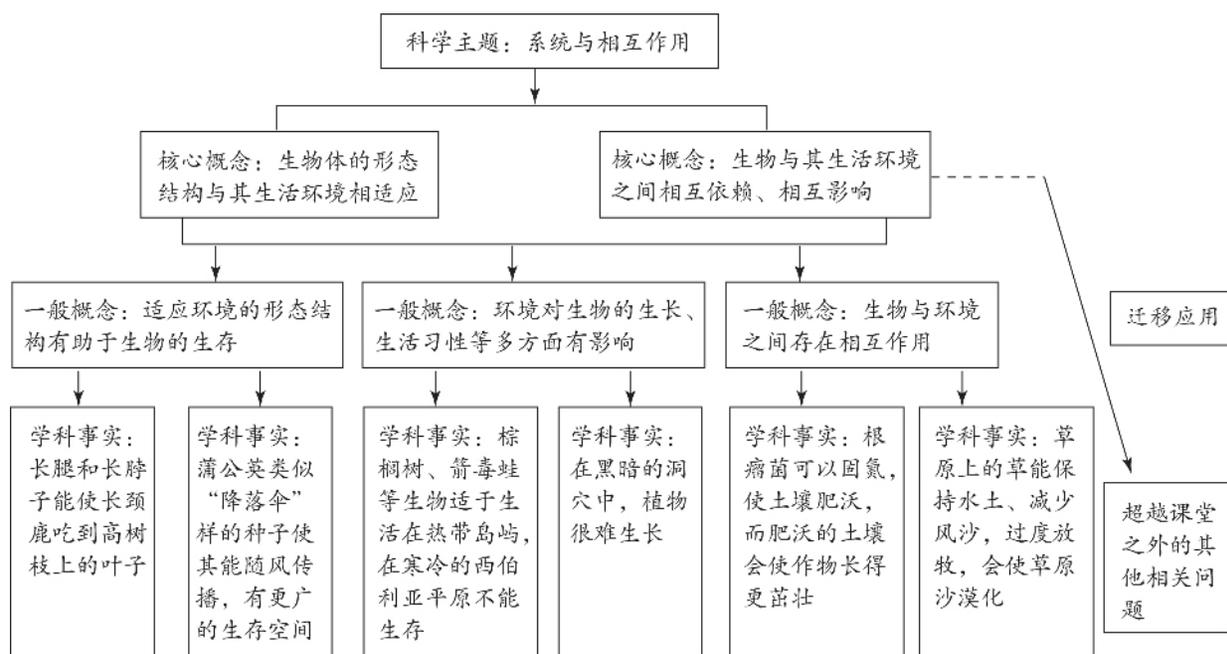


图2 “生物与环境”单元中知识之间的关系

有关“生物体的形态结构与其生活环境相适应”这个核心概念的科学事实很多，例如随季节发生变化的体表颜色、模仿叶子形态的昆虫、为保护身体柔软器官而长出的坚硬外壳，等等。不难看出，这些事实有两个特点：（1）能够通过直接观测获得；（2）可以被反复验证。一般概念比事实具有更高的概括性，需要对事实加以综合分析，得出一个客观的结论，如“适应环境的身体结构有助于动物的生存”，这个一般概念就是在分析各种动物在不同环境中身体结构变化的基础上概括出来的，是对众多事实的一个概括性描述。因此，一般概念有一定的迁移价值，但由于更接近事实而解释力有限。核心概念是在一般概念的基础上形成的规律性的认识，这种规律性的认识普适性程度高，因此具有更高的解释力和迁移应用价值。学生一旦理解了核心概念后，就可以解释新情境中的相关问题了。通过核心概念的迁移应用可以解决大量的课堂上未接触的事实性问题，不但减轻了学业负担，而且提高了分析问题、解决问题的能力，这正是核心概念的教学价值所在。

“系统与相互作用”的科学主题反映的是自然界普遍存在的动态平衡状态的规律与特征，它是跨越学科界限的，因此相对于核心概念具有更高的统摄力，能统摄各门具体科学学科的核心概念。

再比如，《美国新一代科学教育标准》幼儿园至8年级生命科学“从分子到有机体：结构与进程”部分一般概念与核心概念的关系如下表。^[3]

内容	学科核心概念	一般概念
从分子到有机体：结构与进程	生命有机体的结构与其功能相适应	1. 有机体由各个部分组成，用于完成各种日常功能。 2. 有机体的外部和内部结构是他们生长、生存和繁殖的保障。 3. 生物是由细胞构成的，在有机体中，细胞形成具有特定功能的组织和器官。

目前，国际科学教育界倡导“少而精”的科学教育原则，就是期望学生的学习能够摒弃繁杂的事实，实现向核心概念的逐步进阶。

（二）什么是核心概念

关于核心概念，出现在英文文献中的描述词汇主要有：“key concept”（核心概念）、“core concept”（关键概念）、“major generalization”（主要概括）、“major concept”（主要概念）、“fundamental idea”（基本观念）、“fundamental concept”（基本概念）、“unifying concept”（同一概念）、“aggregating concept”（聚合概念）、“big idea”（大观念）、等。这些说法意义大体相近。

需要特别解释的是，在国外的科学领域，观念与概念常常混用。我国学者赵金祈认为“概念是可以说成观念的”^[6]，但是科学领域中概念的形成路径与日常生活中观念的形成方法是大不相同的。在科学上，概念的形成需要在大量事实和现象的基础上经过缜密的思考和严谨的逻辑推理，找到现象之间的模式和联系，并将零散的事实组合成相互关联的整体，形成有意义的逻辑结构，即概念。因此，只有在符合逻辑推理下纳入个人概念体系中的那些观念才能与我们所说的科学领域的概念相提并论。^[7]

美国课程专家诃德（Hurd）曾指出，科学课程是由概念和原理组合而成的，它们构成了学科的主干结构，应该能够代表现代科学的图景，它们被称为核心概念（key concept or representative ideas）。^[8]德意（Day）认为，核心概念居于某个知识领域的中心，具有持久性和广阔的解释空间。^[9]费德恩认为，核心概念是学生在忘记具体知识内容后仍然能继续使用的知识，他主张应该将核心概念清晰地呈现给学生。^[9]

艾里克森（H. Lynn Erickson）认为，“提高学业标准不是要求掌握更多的事实性知识，而是要求提升思维能力。因此，选取教学内容时应该围绕核心概念来进行”。^[5]并指出，核心概念是具有超越课堂之外的持久价值和迁移应用价值的概念性知识、原理或方法，它们是居于学科中心的。教学的中心应该从记忆事实转移到深层理解核心概念和学科的知识结构，进而促进学生思维的发展。

北京教育学院科学教育团队提出，核心概念是构成学科骨架的，具有迁移应用价值的概念。核心概念不同于一般的科学概念，它可以统摄一

般的概念，可以揭示学科知识的本质和学科知识之间的联系，具有统整学科知识的功能。核心概念的两个特点为：（1）普适性，它具有广泛的解释力，能统摄众多的学科知识；（2）迁移性，它可以应用于新的情境，解决相关领域的新问题。

美国《K-12 科学教育框架：实践、交叉概念和核心概念》（A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas）列出了选择核心概念的四个标准：

（1）代表了当代科学或者某一学科的主要观点；

（2）具有强大的解释力，能够用于解释学生在当下或毕业以后实际生活中遇到的问题，也可用于解释和理解不断变化着的世界；

（3）为理解和研究更为高级的概念和解决新情境下的新问题提供有力的工具；

（4）在各个年级都可以进行不同程度的教与学，理解的深度和复杂程度随着年级的增长而逐级进阶。^[12]

二、核心概念的教学价值

提升学生的科学素养是科学教育各个学科的共同目标，而核心概念能够反映学科本质，它可以揭示一般概念之间的关系，具有统摄学科知识的功能。对核心概念的理解程度反映了一个人的科学素养。因此，在科学教学活动中要重视学生对核心概念的深入理解。^[11]核心概念的教学价值体现在以下几个方面。

（一）有利于学生掌握学科的基本知识结构

布鲁纳认为，人类的知识增长迅速，任何一门学科的教学内容都不可能容纳所有知识，这就要求学校在有限的学习时间内，使学生掌握对今后的人生更有价值的知识。他强调，不论我们教什么学科，务必使学生掌握学科的基本知识结构，因为掌握了学科的基本知识结构，任何与该学科有关联的知识都可以不断地被纳入这个结构体系中，学生就可以独立获得更多的知识。这一点在“知识爆炸”的时代尤为重要。

由于核心概念是构成学科骨架的概念，居于学科知识结构的中心，所以深入理解核心概念有助于学生更好地掌握学科的知识结构。费德恩（Feden）曾用一个雨伞的例子对科学主题、核

心概念统摄下的学科知识结构进行了形象的说明，即伞柄代表科学主题，伞杆代表的是学科事实，而覆盖了所有信息的张开的伞面则代表核心概念。^[8]这提示科学教学重要的不是教给学生众多的事实，而应该是让学生深刻理解核心概念。聚焦核心概念的科学教学能提高学生对科学信息的识别与判断能力，这样在完成在校的学业后，他们仍然能够继续学习科学，成为科学知识的使用者甚至创造者。

（二）有利于提高学生元认知能力

学习的目的不是记忆多少具体的知识和技能，而是学会如何学习，即掌握元认知的学习能力。在教学中帮助学生自主建构由核心概念构成的知识体系，便于学生将新旧知识有机地联系起来，并不断将新知纳入这个体系中。由于这个建构过程由学生独立完成，形成属于自己的结构体系，所以学生能够自由提取和灵活应用。在建构这个体系的过程中学生要以大量的事实为工具进行分析、综合、推理，形成核心概念，不仅发展了思维能力，而且能够形成可以达到学习结果的自我学习方法，掌握了这样的学习方法，就会成为有智慧的人。

（三）有利于学生进行综合思维

核心概念的建构过程需要按照知识的内在逻辑和规律性，将零散的知识系统化、条理化，整合成条理清晰、脉络分明、相互之间有机联系的体系。这样一个具有逻辑内聚力的体系在建构过程中需要进行综合思维的整体把握。

（四）有利于学生实现学习迁移

核心概念是反映学科本质、具有解释力和统摄性的概念，处于学科知识结构的“上位”，可以广泛地应用在不同的学习情境中，从而能有效地实现学习的迁移。

三、核心概念的教学设计程序

美国 Horizon Research Team 主席维斯等通过对 364 节课的系统分析，概括出优质课的几个特征，其中包括：（1）多角度阐释某个科学概念；（2）能够引起学生的深入思考；（3）帮助学生理解学科的核心概念等。^[9]可见，作为优质课的特征之一，围绕核心概念组织教学已经成为国际科学教育界备受关注的热点。

根据艾里克森提出的概念教学模式，结合我国中小学科学教育教学的特点，北京教育学院科学教育团队提出了基于核心概念建构的教学设计程序，主要包括以下四个环节（见图3）。

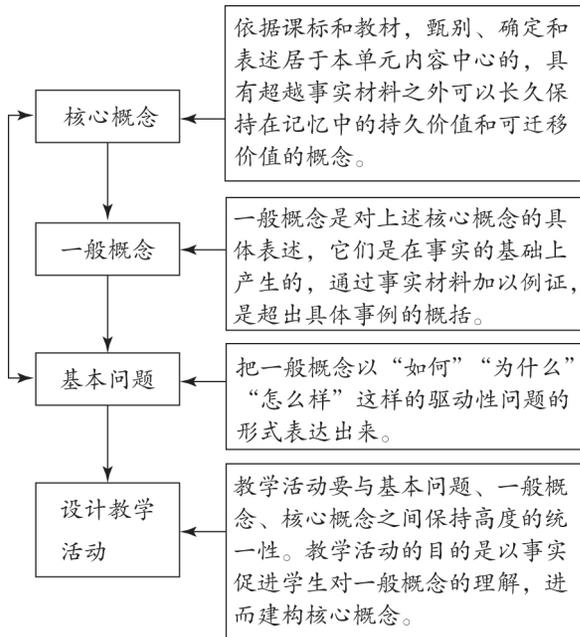


图3 基于核心概念建构的教学设计程序

1. 以教学单元作为建构核心概念的基本单位，从整体角度审视单元内容，系统分析教学单元内容知识的层次结构和相互联系，甄别、确定具有统摄性和迁移应用价值的核心概念，为思维过程指明方向。

2. 把核心概念转化为一般概念（是在事实基础上形成的，是对核心概念基本含义的具体表达，它们能够反映一类事实的共性，但是超出了具体事实的局限，是对具体事实的抽象、概括，但是由于更靠近事实，因此解释力和迁移价值有限），这是期望学生在学习过程中掌握的。

3. 把一般概念以“基本问题”的形式表达出来，以问题驱动教学和学习，促进学生对一般概念的理解。

4. 根据基本问题设计教学活动，教师要精选支撑一般概念建构的学科事实。最终完成知识的建构，形成核心概念。

在这个过程中教师要反复思考这样的问题，通过这个单元的教学，最终希望学生能够知道什么、理解什么和能够做什么。

下面以“鸟类适于飞行的特征”教学为例，对基于核心概念建构的教学设计程序加以说明。

从整体角度看，“鸟类适于飞行的特征”教学的核心是“鸟类的身体结构与其飞行功能相适应”，它是统领“鸟类适于飞行的特征”教学的核心概念。为促进学生对核心概念的深层理解，需要将其表述为具体的一般概念，这是期望学生学习的知识内容。然后以驱动性的问题和有效的教学活动促进学生理解一般概念。“鸟类适于飞行的特征”的教学设计程序为如图4所示的框架：

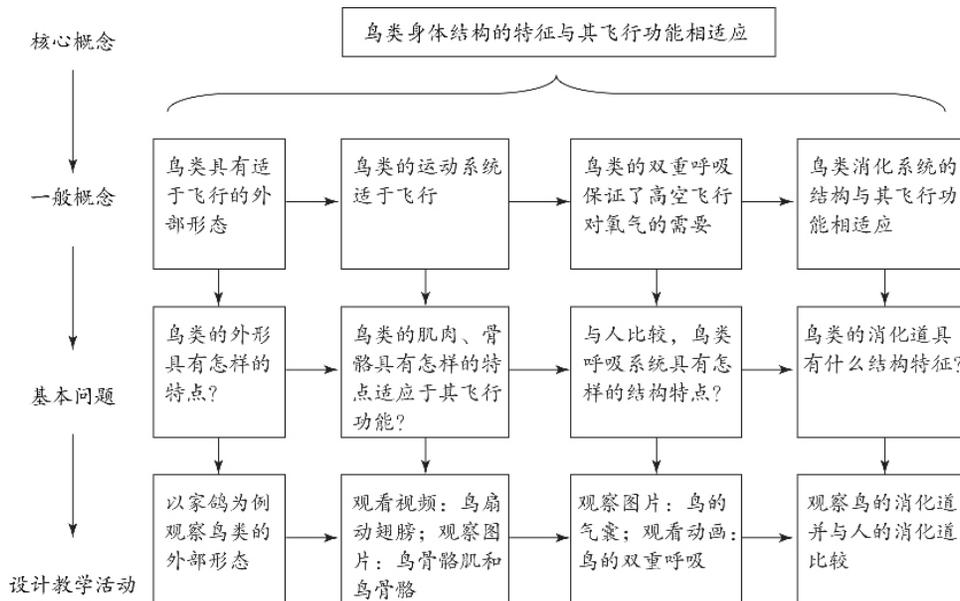


图4 “鸟类适于飞行的特征”教学设计程序

在这样的教学设计框架中,将一般概念的教学置于核心概念的统领之下,让学生学习有内在逻辑的知识内容,可以摆脱枝端末节的问题,使具体知识的教学更为简单高效。

综上所述,科学教育中核心概念教学的要义是:围绕核心概念,以科学事实为载体,通过分析来龙去脉、相互关联,在把握一般概念的形成过程中,领悟核心概念的本质,形成科学的思维方法。

参考文献:

- [1] 温·哈伦. 科学教育的原则和大概概念 [M]. 韦钰, 译. 北京: 科学普及出版社, 2012: 2-3.
- [2] Showalter V M A. Model for the Structure of Science [M]. Cleverland, USA: Resear Council of American Press, 1974: 91-100.
- [3] Achieve. The Next Generation Science Standards-Appendix H [EB/OL]. [http://www.nextgenscience.org/sites/ngss/files/APPENDIX_H-The Nature of Science in the Next Generation Science Standards.pdf](http://www.nextgenscience.org/sites/ngss/files/APPENDIX_H-The_Nature_of_Science_in_the_Next_Generation_Science_Standards.pdf). [2013-04-16].
- [4] The California State Board of Education. Science Framework [M]. USA: California Department of

Education, 2000: 86-88.

- [5] H Lynn Erickson. 概念为本的课程与教学 [M]. 兰英, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 56-61.
- [6] 赵金祈. 科学教育的系统观 [J]. 科学教育, 2002 (5): 2-12.
- [7] 张颖之. 科学教育中科学内容知识的结构 [J]. 课程·教材·教法, 2013 (10): 47-50.
- [8] Paul Dehart Hurd. New Direction in Teaching Secondary School [M]. Chicago: Rand McNally&Company, 1971: 129.
- [9] 普莱斯顿 D 费德恩, 等. 教学方法——应用认知科学、促进学生学习 [M]. 王瑾, 等, 译. 上海: 华东师范大学出版社, 2006: 51-53.
- [10] Weiss. What is high-quality instruction [M]. Educational Leadership, 2004: 205.
- [11] 胡玉华. 对生物学核心概念及其内涵的研究 [J]. 生物学通报, 2011 (10): 33-36.
- [12] National Research Council. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas [M]. Washington, D C: The National Academies Press, 2011: 85-90.

(责任编辑: 钮 瑛)

The Core Concept and Its Teaching Value in Science Education

Hu Yuhua

(Beijing Institute of Education, Beijing 100044, China)

Abstract: The core concept is different from the general science concept, which can reveal the connection between the knowledge and the essence of the knowledge and can integrate the subject knowledge. In science education, the teaching design procedure of the core concept is to understand the essence of the core concept and the method of scientific thinking by analyzing the cause, effect and the mutual relationship on the basis of scientific facts and grasping the formation process of the general concept.

Key words: science education; core concept teaching value; knowledge structure

如何选择和设计有效的数学活动

杨小丽

(北京教育学院数学系 100120)

对于同一个教学内容,现如今有着很多种不同的设计方案,而且每种设计方案看起来似乎都很好,那老师们备课的时候,如何对已有的各种方案进行选择呢?或者如何设计出更适合学生的有效的数学活动呢?下面以“平行四边形的判定”为例,加以阐述.

1 已有的数学活动设计方案

对于“平行四边形的判定”,通过查阅各版本教材和文献、以及笔者的课堂观察,发现有以下几种比较有代表性的数学活动设计方案.

方案一 逐个研究三个判定定理

问题 1:取四根细木条,其中两根长度相等,另两根长度也相等,能否在平面内将这四根细木条首尾顺次相接搭成一个四边形?说说你的理由,并与同伴交流.

由上述问题得到猜想:两组对边分别相等的四边形是平行四边形,证明后得到判定定理 1.

问题 2:取两根长度相等的细木条,你能将它们摆放在一张纸上,使得这两根细木条的四个端点恰好是一个平行四边形的四个顶点吗?

由上述问题得到猜想:一组对边平行且相等的四边形是平行四边形,证明后得到判定定理 2.

接着应用定理解决有关证明问题.

问题 3:如图 1,将两根木条 AC, BD 的中点重叠,并用钉子固定,四边形 $ABCD$ 看起来是平行四边形.

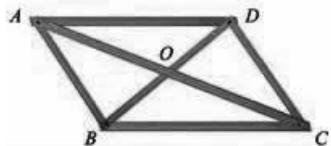


图 1

由上述问题得到猜想:对角线互相平分的四边形是平行四边形.证明后得到判定定理 3.

接着应用定理解决有关证明问题.

方案二 让学生画平行四边形,叙述画法,思考所画的四边形是否平行四边形

问题 1:请同学们画一个平行四边形.

问题 2:你是怎么画的?

问题 3:怎么判断你画的四边形是平行四边形呢?

通过证明得到平行四边形的判定定理.

方案三 从性质定理出发,构造逆命题,证明逆命题是否成立

问题 1:通过前面的学习,我们知道,平行四边形的对边相等、对角相等、对角线互相平分,反过来,对边相等,或对角相等,或对角线互相平分的四边形是平行四边形吗?也就是说,平行四边形的性质定理的逆命题成立吗?

经过证明,发现这些逆命题都成立,于是得到平行四边形的 3 个判定定理:两组对边分别相等的四边形是平行四边形;两组对角分别相等的四边形是平行四边形;对角线互相平分的四边形是平行四边形.

问题 2:我们知道,两组对边分别平行或相等的四边形是平行四边形,如果只考虑四边形的一组对边,他们满足什么条件时这个四边形能称为平行四边形呢?

由上述问题得到猜想:一组对边平行且相等的四边形是平行四边形,证明后得到判定定理 4.

方案四 从性质出发,构造命题,证明命题是否成立

问题 1:如图 2,已知平行四边形 $ABCD$, 对角线 AC, BD 交于点 O , 试用简洁的符号语言,一一写出该平行四边形的性质.

先由学生回忆、回答,教师追问依据,然后整理写出如下 8 条结论:(1) $AB \parallel CD$; (2) $AD \parallel$

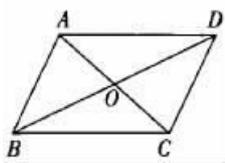


图 2

BC ; (3) $AB = CD$; (4) $AD = BC$; (5) $\angle BAD = \angle DCB$; (6) $\angle ABC = \angle ADC$; (7) $AO = CO$; (8) $BO = DO$.

问题 2: 问题 1 告诉我们, 如果已知一个四边形是平行四边形, 它就具备上述 8 条性质, 那么, 反过来思考, 在上述 8 条中, 具备几条就可以判断此四边形是平行四边形? 试说明你的发现.

学生独立探究后全班交流结果.

2 不同数学活动设计方案的教学效果及思考

《义务教育数学课程标准》(2011 版) 对平行四边形判定定理的要求是: 探索并证明平行四边形的判定定理: 一组对边平行且相等的四边形是平行四边形; 两组对边分别相等的四边形是平行四边形; 对角线互相平分的四边形是平行四边形¹. 前述四种数学活动设计方案都能够达成上述目标. 那这四种方案不同之处在哪里、教学中的优劣又是什么呢?

方案一对判定定理逐个进行了探究证明, 学生能够比较好地掌握单个判定定理的内容和证明. 但是这样的活动设计在教学中有以下不足: 以问题形式呈现的三个探究活动指向性很强, 学生只需要按题目要求操作即可, 思维的空间不大, 探究的意味不足; 此外, 三个问题之间缺少关联, 学生体会不到它们之间的内在联系. 这样的设计不利于学生掌握研究几何图形判定的一般方法, 面对一个未知的新图形, 如果没有了老师预先设计好的情境, 学生将无法展开研究.

方案二建立在学生原有的基础之上, 能够充分利用学生的生成资源. 但也存在不足: 其一, 教学效果取决于学生的表现, 是否能得到判定定理、得到几个判定定理完全依赖于学生有几种画图方法, 如果没有出现教师期望的画法, 教师只能“告诉”学生, 这就使得探究活动的效果大打折扣; 其二, 教学效果取决于教师对学生思维的挖掘深度, 学生能否获得研究图形判定的方法依赖于教师是否能够将学生模糊、零散的想法追问出来, 并归纳

形成较为系统的研究方法. 如果教师的教学只是停留在单个定理的结论和证明上, 则学生获得的也仅仅是单个定理的结论和证明, 这样的教学处理同样不利于学生掌握研究几何图形判定的一般方法, 面对一个未知的新图形, 学生可能也无法展开研究.

方案三给出了研究平行四边形判定的一种方法: 构造学过的平行四边形性质定理的逆命题, 然后对这些逆命题进行证明, 如若正确, 则得到平行四边形的判定定理. 这种方法可以迁移到对新图形判定的研究中. 但不足之处在于: (1) 研究方法是“给出”的; (2) 判定定理 4: 一组对边平行且相等的四边形是平行四边形并不能由上述方法得到. 因此, 在学习该定理的时候, 只能比较突兀地抛出问题: 我们知道, 两组对边分别平行或相等的四边形是平行四边形, 如果只考虑四边形的一组对边, 他们满足什么条件时这个四边形能称为平行四边形呢? 由该问题得到猜想: 一组对边平行且相等的四边形是平行四边形, 证明后得到判定定理 4. 这样的处理方式使得定理 4 的出现显得非常不自然, 似乎凭空而降.

方案四给出了研究平行四边形判定的另一种方法: 分别按照边、角、对角线罗列平行四边形的所有性质(一共 8 条), 然后将这些性质两两进行组合, 构造命题(一共 28 个), 再对命题进行证真或证伪, 由此得到平行四边形的判定定理. 这种方法可以迁移到对新图形判定的研究中. 但该方法工作量比较大, 对学生的能力要求比较高, 不适合所有的学生.

3 对如何选择和设计恰当的数学活动的建议

3.1 有利于学生积累研究图形判定的活动经验

《义务教育数学课程标准》(2011 版) 特别强调: 数学活动经验的积累是提高学生数学素养的重要标志. 帮助学生积累数学活动经验是数学教学的重要目标, 是学生不断经历、体验各种数学活动过程的结果^[1]. 李尚志教授也认为: 一条重要的核心素养是举一反三的能力, 就是能利用旧知识解决新问题的能力, 更高一点, 利用旧知识生长新知识的能力^[2].

因此, 在平行四边形判定的教学中, 我们有必要将“积累研究图形判定的活动经验”作为教学目标之一, 希望学生通过经历有效的数学活动, 进一

步积累研究图形判定的经验,并能够将这些经验迁移运用到后续的数学学习中去.

我们知道,越基本的方法,适用性就越强,使用范围就越广泛,也就越容易迁移.回顾前述四个方案,只有方案三和方案四的方法最基本,是研究图形判定常用的方法,有利于学生积累研究图形判定的活动经验,并将该方法迁移运用到新图形判定的研究中.

3.2 关注学生已有的认知基础

前面我们提到,方案三、方案四有助于学生掌握研究图形判定的方法、积累研究图形判定的活动经验,但实施起来却都有着各自的不足,那究竟如何选择呢?分析学生已有的数学活动经验是设计有效的数学活动的前提.因此,我们不妨先来看看学生的情况.

学生在学习平行四边形的判定前,学习过等腰三角形、等边三角形等图形的判定,已经具备了一定的研究图形判定的经验.为了进一步了解学生的情况,北师大第四附属实验中学的唐伟老师在上课之前对学生进行了调研.调研问题如下:(1)请你回忆平行四边形的性质有哪些?(2)我们学过用什么方法可以证明一个四边形是平行四边形?(3)请你猜想还有哪些方法可以证明一个四边形是平行四边形,并尝试证明.

调查结果如下:第(1)题正确率 100%;第(2)题正确率 92.5%;第(3)题结果(班级人数 40人):

猜想	内容	猜想人数	证明人数
1	两组对边分别相等的四边形是平行四边形	31	24
2	两组对角分别相等的四边形是平行四边形	23	10
3	对角线互相平分的四边形是平行四边形	21	18
4	一组对边平行且相等的四边形是平行四边形	9	7
5	一组对边平行,一组对角相等的四边形是平行四边形	7	5

猜想	内容	猜想人数	证明人数
6	两组对边平行的四边形是平行四边形	4	0
7	一组对边平行,另一组对边相等的四边形是平行四边形	2	0
8	一组对边相等,一组对角相等的四边形是平行四边形	2	0

依据上述调研结果,我们可以发现:(1)学生对判定定理的研究并非零起点;(2)学生得到平行四边形判定定理的途径可能有以下两方面:一是寻找性质定理的逆定理(猜想 1,2,3),二是对平行四边形的单个性质进行组合、构造命题(猜想 4,5,7,8).也就是说,学生寻找判定定理的方法与上述方案三和方案四不谋而合.因此,在学生已有的认知基础上进行数学活动的设计,将更有助于活动的实施及学生的学习.

4 设计符合学生实际的有效数学活动

什么才是“有效的数学活动”?很容易造成的错觉是,“活动”就要动手实践、就要合作、就要小组讨论.其实数学学科的特点决定了数学活动本身有着与其他学科不同的特点.数学活动首先是“数学”的,所从事的活动要有明确的数学目标,到底要不要动手实践、小组合作等都是形式上的保证³.如何通过数学活动深化学生对数学的理解、掌握数学的基本研究方法等才是最重要的.数学建模是很好的数学活动,而一个数学问题的分析和解决过程也是一个“有效的数学活动”.

基于学生已有的认知基础,为了让学生掌握研究图形判定的方法、积累研究图形判定的活动经验,我们可以以问题串的形式设计如下数学活动.

问题 1:我们有学过什么方法可以证明一个四边形是平行四边形吗?

【设计意图】

了解学生对定义双重性的认识,并为后续的证明寻找逻辑起点.

问题 2:除定义外,还有别的方法可以判定一个四边形是平行四边形吗?你是如何寻找的?

【设计意图】

教育心理学一个最重要的原理是：教师不能只是给学生以知识，而应引导学生用自己的头脑来建构知识^[1]。因此，问题2最核心的目的是：给学生足够的时间调动自己已有的知识经验，对平行四边形的判定方法进行自主研究，然后通过师生交流、更重要的是教师通过对学生解决问题过程的追问和挖掘，逐步将学生模糊的根据性质构造命题的想法清晰化、结构化，从而提炼出平行四边形判定的研究方法。也就是说，研究平行四边形判定的方法是在师生交流的过程中自然“生长”出来的，而不是教师事先给定的。

从学生的回答我们可以发现，学生主要采用以下两种方法寻找平行四边形的判定定理：方法一是构造性质定理的逆定理，方法二是将平行四边形的单个性质进行组合、构造命题。

如若学生采用方法一，教师可以追问：“在学习了平行四边形的性质定理后，构造平行四边形的性质定理的逆命题是一种有效的寻找平行四边形的判定定理的方法。但老师的疑问是：平行四边形的判定定理只有这三个吗？利用这种方法，我们能够找到平行四边形所有的判定定理吗？如果不能，那怎样才能找到平行四边形所有的判定定理呢？”以引导学生思考该研究方法的优点和不足。

如若学生采用方法二，教师可以追问：“你是怎么构造出这个命题的？我们还可以构造出其他的命题吗？如何构造？利用这种方法，我们能够找到平行四边形所有的判定定理吗？”根据学生的回答，逐步将学生模糊的根据性质构造命题的想法清晰化、结构化，从而提炼出平行四边形判定的研究方法，同时体会该方法的优缺点。

在此基础上，还需要让学生进一步思考方法一和方法二之间的关系。方法一和方法二本质上是同一种方法，只不过方法一只能够构造出一部分命题，而方法二能够构造出所有相关命题。

上述无论方法一还是方法二，学生都可以迁移运用到后续图形判定的研究中。

问题3：这些命题都正确吗？如何证明？

【设计意图】

让学生进一步体会证明的必要性，经历证明的完整过程，培养学生的逻辑推理能力。这方面老

师们比较重视，处理得也相对较好，此处不再赘述。但要说明的是，在上一个环节，学生构造出了很多命题，但并非所有的命题课上都要加以证明，大多数命题的证明可以留给学有余力的学生课后进行。

问题4：我们是如何研究平行四边形的判定的？

【设计意图】

回顾并提炼平行四边形判定的研究过程，教师可将学生的回答整理如下：

研究图形判定的一般过程及方法	
研究内容	寻找除定义外的、判定一个四边形是否是平行四边形的条件
研究方向	四边形的边、角、对角线之间满足什么样的数量关系和位置关系？
研究方法	怎么得到这个结论的？ { 构造性质定理的逆命题 将性质进行组合，构造命题
证明必要性	所构造的命题正确吗？
证明	怎么说明所构造的命题是否正确呢？

上述结构化的整理可以帮助学生进一步理清平行四边形判定的研究过程及方法、并将其纳入到已有的认知结构中，为其以后顺向迁移到后续的学习中奠定良好的基础。

在解决上述4个问题的过程中，学生经历了类比、猜测、验证、推理与交流、反思与建构等数学活动，不仅获得了平行四边形判定定理的结论，更重要的是积累了研究图形判定的活动经验。

参考文献

[1] 中华人民共和国教育部. 义务教育数学课程标准(2011年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社, 2012:34, 46

[2] 李尚志. 我看核心素养[DB/OL]. <http://www.edu21.com.cn/index.php/news/view?id=686>

[3] 史宁中. 义务教育数学课程标准(2011年版)解读[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2012:271

[4] 罗伯特·斯莱文著, 姚梅林等译. 教育心理学理论与实践[M]. 北京:人民邮电出版社, 2010:188

基于学习视角的物理课堂构建策略

邓靖武

(北京教育学院 数学与科学教育学院, 北京 100120)

摘要:物理课堂构建策略模型是基于有效学习发生的两个过程和三个维度提出的,即围绕学习目标创设统领课堂的背景情境,基于学习目标和核心概念选择内容,以核心问题的方式呈现;基于学习目标构建问题链,引领对话教学;基于学习目标设计活动或学生实验,实现课堂上多维度基于问题讨论的互动交流。让学习内容、学习动机和学习互动三个维度联动发生,实现课堂有效学习。

关键词:学习视角; 问题设计; 课堂构建策略

中图分类号:G633.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-0186(2019)08-0112-06

课堂是学生学习发生的地方,如何构建以学生学习为中心、让学习真正发生的课堂是每位教师应该深入思考的问题。然而,在许多物理课堂上,教师仍然以“教”的视角进行着“学科本位”的教学,教师的教学遵循严谨的学科逻辑,而学生的学习则流于形式或浮于表面。这样的课堂更多地体现为:学生被动听讲的多,主动交流输出的少;学生被安排进行的活动多,自己思考设计的活动少;学生被实验现象、视频激发引起的短暂兴趣多,持续保持学习的兴趣和动力少……产生这些现象的根本原因是物理教师往往基于“学科视角”构建物理课堂,忽略了更重要的学生“学习视角”。学生的学习是如何发生的呢?物理教师应该如何以学生“学习视角”来构建物理课堂呢?

一、学习应该在学习动机、学习互动和学习内容三个维度上联动发生

克努兹·伊列雷斯提出:所有的学习都包含

着两个非常不同的过程,即互动过程与获得过程,这两个过程必须都是活跃的,而与这两个过程密切相关的则是学习的三个维度,即学习内容、学习动机和互动过程。^[1]学习内容通常关注知识、理解、技能等要素,即关注学生要学到什么;学习动机关注学生的学习动力、情绪和意志等要素,即学生是否积极主动参与学习;互动过程则关注学生的活动、对话与合作,即学生是如何学到的。

在当前物理课堂教学中,许多教师往往只关注学习维度中的某一个或某两个维度而忽视其他维度,导致学习并没有在课堂上真正发生。

关注学习动机维度的课堂往往注重激发学生的兴趣,利用实验、视频、图片、活动等方式来调动学生,但经常会出现激发兴趣的素材与内容脱节,不能与学习内容有机结合的弊端,学生的学习只是一时兴起,无法持续。

关注互动过程维度的课堂通常会设计小组合作、讨论、交流与展示,虽然氛围热闹非凡,但

作者简介:邓靖武,男,1977年生,湖北应城人,北京教育学院数学与科学教育学院物理系副教授,博士,主要从事物理教育教学研究和教师培训研究。

也存在为活动而活动的问题。在缺乏内容支撑的情况下,学生缺乏深度思考,学习无法有效发生。

关注学习内容维度的物理课堂往往注重教学内容的全面,逻辑结构的严谨,教师带领学生顺利“学”完预定的内容,但忽视了学生学习的动机与学习内容的留存率,实际的学习效果并不一定理想。

在物理课堂的构建中,教师只有同时关注学习的三个维度并使其联动,学生的学习才可能真正发生。

二、基于学习目标构建情境,合理设计问题,激发并保持学生的学习动机

动机是学习中不可或缺的要害,激发学习动机是让学习真正发生、提升学习敏感性和获得感的关键因素。

(一) 基于学习目标或任务来构建统领课堂的情境

目标能够激励人们适应任务的需要而付出必要的努力,并使努力自始至终得以保持。^[2]因此,课堂的构建应该给予学生明确的学习目标或者任务,让学生在课堂伊始就能聚焦学习任务。在学习目标或者任务的基础上,教师应该构建一个真实而有意义的情境来统领课堂,让学生体会到该学习目标的价值。只有学生认识到了学习的重要性,他才会有动力去学习。^[2]反观现实中的物理课堂,大部分课堂都不会在开始阶段给予学生明确的学习目标或任务,学生在“不知后事如何”的安排中学习,往往直到下课小结的那一刻,才似乎明白了这节课学习了什么,这对学生注意力的持续集中和动机的持续保持是个极大的挑战。还有许多课堂通过创设情境来激发学生的学习兴趣,但创设的情境往往无法统领整个学习内容,导致学生虽然在教学开始时获得学习兴趣和学学习动机,却无法持续。

“描述交变电流的物理量”一节需要学习的物理量较多,包括交变电流的周期、频率、峰值、瞬时值、平均值、有效值等概念,一般教学中是按照顺序逐个学习,显得零散且被动。

笔者通过创设如下的情境,以问题解决为线索,构建一个统领整节课的大背景,让学生在解决问题的同时学习相应的知识。

发电厂与用户之间并不直接对接,中间需要电网公司来统一协调发电厂发电和用户用电,针对这一情况,需要解决如下实际问题。

问题1:电网公司应该如何要求发电厂向电网输电?

问题2:用户、电网公司和发电厂之间如何实现电的买卖交易?

上述背景设计统领整节内容的学习,教师可以通过进一步设计合理问题来引导学生的思维。实际课堂教学效果表明,这样的设计能紧紧抓住学生的注意力,提升学生的学习动力。

(二) 以学习逻辑的视角设计学习过程,保持学生学习动机

保持学生持续学习动机的另一个策略是以学习逻辑的视角来设计学习过程,通过问题引领学生的思维,通过对话引领课堂。

课堂上,要让学生保持持续的学习动机,一方面需要教师持续不断地给予学生有挑战性的任务或问题,让学生有挑战的欲望;另一方面需要教师搭建合适的台阶来保持适当的教学难度,让学生在挑战的同时保持相应的成就感。实现这一目标的办法是以学习的逻辑来设计合理的问题,通过问题引导学生思考,帮助其保持学习动机的持续性。如何以学习逻辑来设计问题呢?

舒尔曼指出,教师在完成课堂教学的过程中要实现两次转化,第一次转化是将教师用于教学的资源转化为具有学科逻辑的资源,第二次转化是将具有学科逻辑的资源转化为便于学生学习理解的具有学习逻辑的资源。只有这样,学生才能自然、积极、持续地学习。什么是学科逻辑与学习逻辑呢?学科逻辑是指学科知识及知识间的联系与组织方式,具有客观性,主要揭示的是学科的结论与规律。学习逻辑则更注重学习结果的获得过程,具有主观性,需要按照学生易懂易会的方式来完成学科知识的建构过程。^[3]

物理学科的内在逻辑严谨,教师教学的起点是学科知识,教学的终点之一是学生学科逻辑的建立,教学的过程应该遵循学生的认知学习规律。学生学习的最终目标是不仅要学会知识的结论,更要掌握获得知识结论的认知过程,以此促进学生认知结构的发展或转变。因此,教师将具有学科逻辑的内容转变成具有学生学习逻辑的内

容是好的课堂教学的前提之一。

在“描述交变电流的物理量”一节中，按照学科逻辑构建的学习过程是：

1. 什么是交变电流的周期？什么是频率？两者有什么样的关系？

2. 什么是交变电流的相位与初相位？

3. 什么是交变电流的峰值？什么是交变电流的有效值？正弦交变电流有效值与峰值的关系是怎样的？

这样的逻辑从学科的角度来说是严谨的，但学生学习的这些内容是孤立的，没有实际的情境与之对应，也不符合学生学习的逻辑，难以让学生保持持续的学习动机。

按照前面创设的情境和提出的问题，参考图1所列出的问题顺序，基于学生的学习逻辑视角将上述学习内容融合起来，形成一个整体。

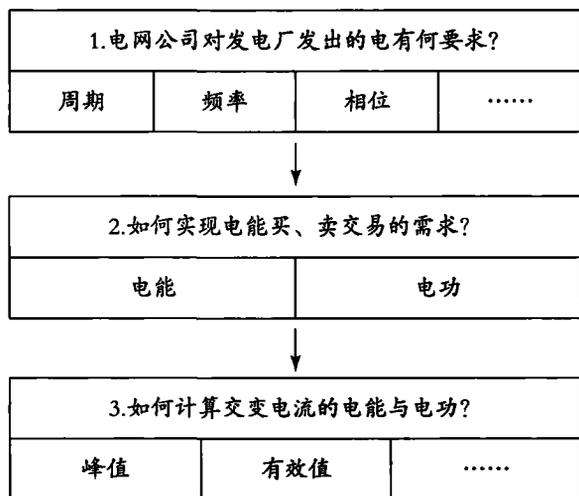


图1 按照学习逻辑设计的问题

虽然图1所列的学习顺序与按照学科逻辑构建的学习过程没有太大的差异，但是每个学习内容都在情境问题的统领下，而每个情境问题又与实际需求相结合，整个学习过程被植入具有实际意义的情境之中。这样，学生能迅速地进入情境，教师依据学生的认知习惯，按照不同的认知水平层次进行设问，引导学生思考，巧妙地将学习内容传递给学生。同时，将学生的思考引向深入，持续保持学生学习的动机。

三、构建基于问题的对话教学，优化课堂组织形式，促进互动过程的发生

有效学习要求在互动过程上保持活跃，关注

学生的活动、对话与合作。互动过程能让学生在接受输入的同时保持一定量的输出，这非常有利于知识的内化。

(一) 利用问题链引领对话教学，促进学习互动过程的发生

有了统领课堂、联系实际的情境，就可以有效激发学生学习的动机，但要促进学习互动过程的发生，还需要引领对话的问题设计。什么样的问题设计可以引领对话教学呢？能促进师生、生生交流的富有逻辑的问题链可以有效促进课堂对话的发生，进而促进学习互动过程的发生。首先，问题链中的问题应该不同于具有较为确定的解答模式或答案的试题，而是适合学生交流、讨论、表达的开放性问题。其次，问题链中的问题应该符合以学习为中心的逻辑关系，既能让学生保持持续的学习兴趣，更能促进学生互动的持续发生。

基于这样的思路，在“描述交变电流的物理量”一节中采用了以下问题链（问题1、2在前文已列出）来引领课堂对话，促进学习互动过程的发生。

问题3：计算某一段时间 t 内的能量可以用公式 $W=UIt$ ，此处的 U 、 I 可以用峰值或者瞬时值吗？

问题4：如何利用瞬时值的表达式计算阻值为 R 的电阻在一个周期 T 内消耗的能量？

追问1：用正弦交流电的峰值表示热量（能量）后，公式与恒定电流的焦耳定律的表达式不一致，如何统一？

追问2：对于某些用电器（如灯泡），既可以在交流电下使用，也可以在直流电下使用，如何给它标定正常工作的额定电压或电流呢？

问题5：引入有效值的依据是什么？如何定义交变电流的有效值？

通过上述问题链的设置，不仅把这一节中所有要学习的内容——交变电流的周期、频率、峰值、平均值、有效值等概念通过具体情境整合起来，而且利用开放性、有逻辑性的问题，引导师生对话、生生交流形成对话教学，促进学习过程的互动。问题链中的大部分问题采用了开放的提问方式，学生可以结合实际情境根据自己的理解进行表达与交流，学习的互动、讨论更容易形

成；问题链中问题之间的逻辑基于联系实际的需求，遵循学生学习规律，学生在问题的引领下能体会学习内容的实际意义。

以开放性的问题引领对话教学，既能促进学习互动过程的发生，也有利于培养学生的批判性思维和创造力，这一点与新课程标准中要求的学科核心素养相吻合。

笔者曾经在“伽利略对自由落体运动的研究”^[4]的教学中充分利用基于问题展开对话教学来促进课堂上互动的发生。在基于学生自学阅读的基础上采用了如下的问题链设计。

问题 1：亚里士多德这样一个伟大的学者，却在自由落体运动的问题上提出“物体下落快慢是由它们的重量决定的”这一错误观点，他是采用了什么研究方法得出这一错误观点的？你如何评价他的研究方法？

问题 2：如果你生活在伽利略的年代，你如何判断亚里士多德的观点正确与否？伽利略又是如何通过推理的方式让亚里士多德的结论陷入困境的？基于他的推理，伽利略提出了什么样的假设？

问题 3：如果你是伽利略，在决定通过实验来研究落体运动的规律后，你将面临哪些困难，如何克服困难？

问题 1 回避了“亚里士多德的观点对不对”“亚里士多德的观点是什么”等封闭性问题，从方法层面设问，将学生的思考从错误结论本身延伸到对研究方法的思考，对学生会有出乎意料的思维冲击效果，更重要的是学生对问题的表达可以更加开放和发散，更有自己的思考和见解，促进师生、生生互动的形成。通过师生对话和教师的引领解读，学生不仅能体会到敢于质疑在科学发展中的重要性，而且学会从研究方法的层面来思考问题。学生通过分析能明确亚里士多德是通过“观察事实—提出观点”的研究方法得出结论，为学生了解伽利略的“实验—逻辑推理（数学演算）—提出观点”的研究方法做铺垫。通过这一问题引领学生思考，实现师生、生生互动的学习过程，帮助学生基于事实进行概括和反思，帮助学生学会从研究方法的层面思考问题，提升科学思维的层次，进而提升学习的品质。

问题 2 的前半部分是开放性问题，有的学生

通过提出更多与亚里士多德的观点相矛盾的事实，来证明亚里士多德的观点是错误的；也有学生利用伽利略的逻辑推理法：即将重的物体和轻的物体捆绑在一起，通过分析捆绑后的物体的下落速度导致的矛盾来判断亚里士多德的观点是错误的。不管学生是通过事例还是利用逻辑推理来判断，课堂的互动与交流都得以实现。这一方面促进了学生的表达与交流，即互动的发生；另一方面将“逻辑推理”这一重要的研究环节展现在学生面前，让学生深刻地体会到“逻辑的力量”。

问题 3 更具有开放性，将学生带入历史情境，还可以设置追问问题帮助学生体验思维探索，实现师生对话的互动过程。

（二）进行基于问题讨论的活动设计，有利于学生学习互动过程的发生

设计基于问题讨论的活动或者分组实验，优化课堂组织形式，营造学生互相交流的氛围，有利于学习互动过程的发生。

在“伽利略对自由落体运动的研究”第二课时中，先通过一系列问题引导学生进行实验设计，然后进行不同组别的分组实验，实现学生学习过程的互动交流。

问题：在伽利略的时代，由于没有可靠的测量工具，验证他对落体运动规律的猜想很难实现。而今天我们有了较为先进的技术，直接探究已经成为可能。要探究落体运动的规律，我们该如何来思考和设计呢？

思考 1：要探究自由落体运动的规律，当然需要先构建自由落体运动，什么样的运动才是自由落体运动呢？

思考 2：自由落体运动要求下落的物体只受重力作用，如何满足这一条件？

思考 3：空气阻力忽略不计就意味着空气阻力很小吗？

思考 4：在要求空气阻力忽略不计的前提下，我们在实验中选择下落物体时应该满足什么条件？

思考 5：在构造自由落体运动的过程中，你是否能体会到研究问题要抓住主要矛盾忽略次要矛盾的思想？

思考 6：在构造了可供研究的自由落体运动后，如何选择你所了解的工具来探究自由落体运

动的规律呢?

在分组活动设计之前,利用问题和后续的6个思考引导学生进行讨论与实验设计,让学生思考所做的实验与实验目的之间的关系,同时引导学生在较为严密的逻辑推理下构建自由落体运动,在模型建构、科学推理等方面形成良好的思维习惯。通过“思考6”这样一个开放性问题,结合学生前面的学习及预习阅读,学生知道通过多种方式来研究落体运动,包括打点计时器、频闪照相技术、位移传感器等,通过分小组采用不同研究方法的方法让学生经历探究的过程,并给每个小组设计基于任务的小组活动。

将学生分成三组,分别使用打点计时器、频闪照相和位移传感器来研究物体的下落规律。三个小组都要带着如下问题进行实验并分享实验结果。

(1) 如何通过你的实验结果说明自由下落的物体做匀加速直线运动?(2) 物体自由下落的加速度多大,你是如何获得加速度的值的?(3) 你的实验可能会在哪些方面产生误差?

通过这样的分组实验设计过程,课堂上的互动真实有效。这些互动可以是发生在实验设计过程中的师生互动,是学生小组实验中的生生合作,还可以是不同小组之间由于不同实验方法和器材带来的小组之间的分享、交流与互动。

四、围绕核心概念选择教学内容,提升学习内容的品质

在学习发生过程涉及的三个维度中,内容维度一直受到教师较多的关注与重视,学习内容是让学习有效发生的要素之一。究竟选择什么样的学习内容才有利于提升学习的品质呢?

首先,学习内容应该围绕物理学科的核心概念进行选择。学科核心概念由若干重要概念构成,这些概念能够展现本学科图景,是学科结构的主干部分。学科核心概念超越了那些孤立零散存在的事实或技能,对减轻学生的认知负荷、促进学生形成对自然界的整体认识具有重要作用;能有效促进学生理解学科知识、建构学科体系。^[5]在中学物理核心概念的确定上,可遵循回归物理学原则、适切性原则、生命力原则,从本源、本体、可行与发展需求四个角度寻找中学物

理核心概念。^[6]在此基础上,结合课程标准确定教学目标,根据教学目标创设统领课堂或者某一单元的情境。

其次,学习内容应该以核心问题或者任务的形式呈现,即课堂的情境创设、互动过程中的问题讨论应该基于核心问题或者任务展开。只有这样,课堂学习才能在内容、动机和互动三个维度上真正发生。

“带电粒子在电场中的运动”一节的核心是带电粒子在匀强电场中的直线加速与偏转及其应用问题。笔者抛弃了传统的例题、习题讲解方式,采用了如下的内容呈现方式:(1) 结合实践创设统领课堂的情境:当光学显微镜达到分辨率极限时,需要采用电子显微镜,因此,从原理上设计电子显微镜是课堂学习的任务。(2) 基于课堂学习任务构建如下核心问题:①如何获得高能电子?②如何避免能量损失?③如何解决扫描问题?(3) 围绕核心问题的解决设计一系列子问题来呈现学习内容。比如在解决扫描问题时,通过如下追问来呈现相关的学习内容。

追问1:电子束很细,打在样品上相当于一个“点”,如何得到一个“区域”的形貌?

追问2:为完成一行的扫描,如何施加 U_x 和 U_y ?

追问3:为完成整个区域的扫描,如何施加 U_x 和 U_y ?

核心问题和系列子问题链的设计,一方面可以将本节课的学习内容涵盖进来:如何获得高能电子主要解决直线加速电子的问题;如何避免能量损失主要解决实验设计过程中遇到的真实问题;如何解决扫描问题主要解决带电粒子在电场中的偏转以及如何实现扫描的问题。另一方面,这三个问题以学生学习逻辑的顺序呈现,符合学生认知规律,同时能引领学生的思维发展。围绕核心问题组织教学内容,展开对话教学,不仅可以让课堂核心内容突出,还能让课堂在情境的统领下浑然一体,持续保持学生的学习动机和互动。

五、内容、动机、互动三个维度联动发生的物理课堂构建策略模型

通过上述探讨及案例可知,促进学习有效发

生的课堂可以依据如下策略进行构建。

(1) 以联系实际的背景情境为统领，将教学与学习过程植入创设的情境之中，让学习变得更具有实际意义，让学生更有学习动机。

(2) 结合教学目标给予学生明确的学习目标，基于学习目标构建课堂核心问题，让以核心问题为框架的课堂内容提升学习的品质。

(3) 结合学习目标，在核心问题的框架下设计富有逻辑的问题链，持续引领学生的课堂思维，形成对话教学的同时保持学生学习的动机。

(4) 基于学习目标进行更有利于学生互动的活动（分组实验）设计，结合讨论交流的问题，实现课堂互动过程的活跃。

基于上述策略和全视角学习理论，笔者提出物理课堂构建策略模型（图2）。

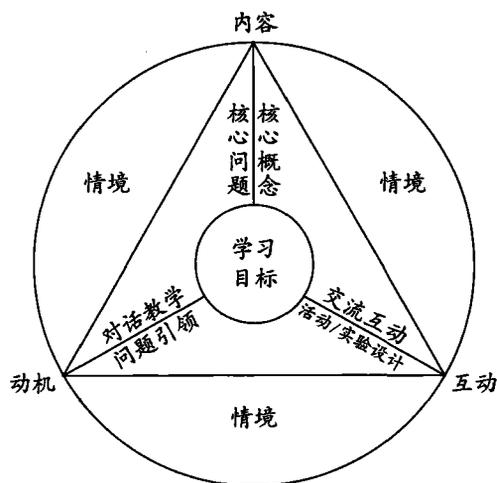


图2 物理课堂构建策略模型

围绕学习目标创设统领课堂的背景情境，基于学习目标和核心概念选择内容，以核心问题的方式呈现；基于学习目标构建问题，引领对话教学；基于学习目标设计活动或学生实验，实现课堂上多维度基于问题讨论的互动交流。只有这样，有效学习发生的三个维度才能联动发生，有效的学习才能真正实现。

参考文献：

- [1] 克努兹·伊列雷斯. 我们如何学习 [M]. 孙玫瑰, 译. 北京: 科学教育出版社, 2010.
- [2] 戴尔·H. 申克. 学习理论 [M]. 何一希, 钱冬梅, 古海波, 译. 南京: 江苏教育出版社, 2012: 133-139.
- [3] 李春艳. 学习视角下的地理课堂教学有效提问策略 [J]. 课程·教材·教法, 2018 (8): 99-105.
- [4] 邓靖武. 问题引领对话教学 提升学生核心素养——以“伽利略对自由落体运动的研究”为例 [J]. 中学物理教学参考, 2016 (9): 28-30.
- [5] 张玉峰, 郭玉英. 围绕学科核心概念建构物理概念的若干思考 [J]. 课程·教材·教法, 2015 (5): 99-102, 75.
- [6] 续佩君, 李长军, 王美琴. 确定中学物理核心概念的方法研究 [J]. 课程·教材·教法, 2017 (7): 62-68.

(责任编辑: 郭展跃)

The Construction Strategy of Physics Class Based on Learning Perspective

Deng Jingwu

(School of Mathematics and Science Education, Beijing Institute of Education, Beijing 100120, China)

Abstract: Based on two processes and three dimensions of effective learning, a model of physics class construction strategy is proposed. In this model, situation should be created for the class around learning objectives, while content should be selected based on learning objectives and core concepts and be presented as core problems. Problem chain should be built according to the learning goals, and be used to lead dialogue teaching. Activities or student experiments should be designed based on the learning objectives to realize the multi-dimensional interactive discussion based on the problem discussion in the class. Three dimensions of learning, which include content, learning motivation and learning interaction, should act together to achieve effective classroom learning.

Key words: learning perspective; problem design; construction strategy of class

对象拓展型新运算：概念、意义与教学思路^{*}

顿继安

(北京教育学院数学系 100120)

运算是数学中的重要内容,数学运算能力自上个世纪六十年代以来一直是我国数学课程确定的三大能力之一,在最近刚刚颁布的高中课程标准中,“运算素养”亦被定为六项数学核心素养之一.我国的数学教育实践在运算方面的做法和成就令人瞩目,其中,“运算速度保证思维效率”被认为是我国“双基教学”特征之一^[1].一项针对六年级学生的中美比较研究发现^[2],中国学生计算题的得分率显著高于美国学生.但是这个研究中另一个数据也引人深思:20道计算题中,美国学生的得分超过中国学生的仅是一道选择题:

5+(-4)等于几?

A. 1 B. -1 C. 9 D. -9

两国学生在这个年级都没有学过有负数参与的加法,面对没有现成知识可用的问题,美国学生的得分高于中国学生,美国学生明显更愿意冒险去解决这个问题.这个调查也从某种程度说明,我国学生擅长运用现成的法则运算,但自主利用已有知识构建新运算法则的能力不足,这种不足可能与教学中“有些教师不关心解释,只服从规定”^[3]有关,而新近提出的数学运算素养“是旨在明晰运算对象的基础上,依据运算法则解决数学问题的素养”,关注的也是学生如何应用现成的运算法则灵活地解决问题,并未提及学生建构新的运算法则的过程.

运算法则是数学运算的核心,它的得出过程同样值得关注,笔者的研究表明,中学数学中一类新运算法则的形成过程的特点,使得其具有独特的价值,本文拟对此进行探讨.

1 对象拓展型新运算概念及其教育价值

1.1 对象拓展型新运算概念的提出

中学数学学习的新运算中,有些是全新的,其内涵、名称、符号学生都是首次见到,例如乘方、开方、对数运算等.但有些新运算并非全新,例如有理数加法,其运算名、运算符号都是学生熟悉的,只是参与运算的对象是新的,我们称这种仅是运算对象变化了的新运算为对象拓展型新运算,这样的新运算在中学数学中很多,比如,有理数的四则运算、实数的四则运算、乘方运算、复数的加减运算、向量的加减运算等都属于对象拓展型新运算.

学生学习对象拓展型新运算知识与纯粹的新运算知识的心理过程不同.例如,当面对诸如“求 $\sqrt{4}$ ”问题时,学生首先需要或自学或询问教师的方式知悉这根号的意义,也就是要了解开方概念的定义、认识开方符号,否则得不到答案;但学生却可以直接面对对象拓展型新运算问题,例如:求 $5+(-4)$, $2a \times (3a^2b)$ 等,这样的算式中的运算对象和运算符号(运算名)对学生来说都是熟悉的,他们具有凭借自身对运算对象、运算符号的理解独立得到算式结果、甚至有建构出这些新运算的法则的可能,教学更为深层的目标则是让学生理解为什么要运算遵循某种法则.

对象拓展型新运算知识的特点决定了其具有独特的教育价值,而这些价值的揭示需要相应的教学思路.

1.2 对象拓展型新运算的教育价值

作为一个概念,对象拓展型新运算并不属于数学本体性知识的范畴,而是属于数学学科教学知识(MPCK),它概括了一类运算知识的形成特

* 本文为北京市教委社科计划项目“指向学生核心素养培养的理科教师树形培训课程体系研究”,课题编号 SM201650061002

点,揭示了一些不同的具体运算间的更上位、更深层的联系,认识到这种联系将会对教师的教和学生的学都会产生影响.实际上,这一概念的提出,也源自笔者在教学实践中观察到的学生在面对这类新运算问题时,由于不能把握这类运算问题“对象拓展”的特点而导致的自主性缺失的现象.

请看一个案例.

案例 没学过,我不会

“幂的乘法”一课,在等待上课的时候,笔者浏览了一下教师的学案,看到了一组位于大小为 B4 的学案纸的中部的一组题目:

$$(1)7^8 \times 7^5; \quad (2)(-2)^2(-2)^5;$$

$$(3)(0.5)^4(0.5)^3; \quad (4)(x+y)^2(x+y)$$

在教师的教学设计中,这几个题目是得到同底数幂的运算法则后的一组习题,笔者请身边的一位同学试着做一下这组题目,没想到该生非常干脆得拒绝了:“老师,没学过,我不会”.

执教的数学老师走过来,鼓励他道:你是咱班数一数二的学生,能不会吗?试试看!

该生说:老师,这个还没学过呢,我真的不会!

笔者指着其中的第一题,问他:你先说一说,这题让你干什么呢?

该生说:要做乘法.

笔者问:那你说说,这里 7^8 是什么意思?

生:8个7相乘.

笔者: 7^5 呢?

生:5个7相乘.

笔者问:那你现在能写出这道题目的结果吗?

生:能,就是 7^{13} .

笔者说:接着往下做试试,你会的.

接下来该生又做出了(2)(3)题,到第四个题目时,他又停了下来:“老师,这个我可真不会了.”

笔者鼓励他用分析第一题的方法再试试,该生尝试后很快也将得出了正确答案.

同底数乘法就属于对象拓展型新运算, $7^8 \times 7^5$ 虽然是此前学生并未见过的新问题,但其中并无陌生的符号、未学过的知识,而案例中学生的表现说明,他最大的障碍来自“没学过,我不会”的观念.纵观这一过程,笔者并没有告诉他如何做,只是帮助他打破了自己的既有观念,指导他如何思考所面对的问题:还原运算和运算的对象的意义,借助已经解决的、具体的问题思考复杂的、抽象的

问题——而这本来可以是学生在先前所学的其他对象拓展型新运算中应该学习的.

李尚志教授认为:“一条重要的核心素养是举一反三的能力,就是能利用旧知识解决新问题的能力,更高一点,利用旧知识生长新知识的能力”^[4],这种能力本质上就是数学学习中的自主发展能力,它是中国学生发展核心素养之一,义务教育阶段和普通高中数学课程标准中提出的“良好的数学学习习惯”“学会思考”“独立思考”等都于此有关^{[5][6]}.而把握了一些运算“对象拓展”的本质特征的教师,将会更为积极得看到学生独立解决相关问题的可能性,也就更愿意为学生提供多独立思考、自主探究的机会,学生在先前的对象拓展型新运算的学习中所获得的思维方法也将更好地在后面的知识学习中得到应用,后面的新运算知识的学习成为先前所学原理的“练习”,于是,遇到的许多“新”运算就不再新,而只是自己解决过的题目的新形式而已,这将有利于增强学生的理解力和知识的迁移应用能力.

2 对象拓展型新运算知识的驱动性问题

实际上,数学知识的产生都出于问题的驱动,当前的数学教学实践中,所设计的驱动对象拓展型新运算知识产生的问题有两种:一是现实问题,二是数学内部的随着对象拓展而自然产生的运算问题.

以现实问题驱动对象拓展型新运算产生揭示了每个具体的对象拓展型新运算的算式都具有“用数学的语言简述现实的故事”的属性,在注重“应用意识”“数学建模”的课改背景下,这样的引入方式更为常见,以有理数加法为例,某版本教材的如下几个问题是典型代表^[7]:

①如果物体先向右运动5米,再向右运动3米,那么两次运动的最后结果是什么?

②如果物体先向左运动5米,再向左运动3米,那么两次运动的最后结果是什么?

③如果物体先向左运动3米,再向右运动5米,那么两次运动的最后结果是什么?

④如果物体先向右运动3米,再向左运动5米,那么两次运动的最后结果是什么?

然而,由于解决这些实际问题并不需要有理数加法运算的知识,例如,对于③④,可以借助自然数的减法解决,再加上学生“并没有真正达到将

意义相反的量统一并选择正确的数学运算”^[8]. 所以,为了引出有理数加法,教师会在列加法算式时提供细碎的引导.下面这位老师的教学过程是一个典型:

师:先看第①问,运动最后的结果要从几个方面阐述?

生:两方面

师:哪两方面?

生:一个是方向,一个是运动了多少米.

师:那么怎样用式子表示这两个方面呢?

生:可以规定向右为正,向左为负.

师:好,(板书:规定向右为正,向左为负)如何列式?

生:① $5+3$; ② $(-5)-3$; ③ $(-3)+5$; ④ $3+(-5)$.

师:为了更直观的呈现,我们把原始式子直接呈现,比如① $5+3$ 写为① $(+5)+(+3)$.下面三个式子可以写为?

生:② $(-5)+(-3)$; ③ $(-3)+(+5)$; ④ $(+3)+(-5)$.

师:大家思考这四个式子有什么规律?提示:我们可以从符号的角度分析.

.....

我们看到,这里的实际问题本来学生可以很容易自主解答,但是由于担心学生自主解答会导致教学不能朝着既定的路线前进,剥夺了学生自主、流畅、完整地思考的机会,也并未体现有理数加法只是“运算对象拓展”、学生头脑中有许多知识、思想方法可用的特点.

实际问题的意图有两个:一是体现有理数加法在生活中的应用,并借助这种应用激发学生兴趣;二是为学生获得有理数加法的结果、进而为概括有理数加法法则提供情境支持.但笔者的研究表明,当教学直接从数学问题即“对象拓展了的算式如何算”开始时,学生会主动借助现实情境解决问题,学生的自主性增强,思维更加活跃,更多的数学思想方法被展示.下面是“有理数加法”的教学片断:

案例 有理数加法(1)

师:这段时间我们一直在学习有理数,根据大家的经验,我们该研究有理数的什么问题了?

生:运算.

师:好,今天开始我们进入有理数运算的学习,我们学习过的加减乘除运算遇到有理数会怎样呢?我们先研究有理数的加法,加法大家都熟悉,最简单的加法算式就是一个加号两个加数,今天要学习的是有理数加法中,这两个加数需要换成有理数了.请同学们说一些这样的有理数加法的题目,我帮大家写下来.

学生口述,教师板书,写了如下几个题目:

$(+7)+(+8)$; $0+(-4)$; $(+3)+(-3)$;

$(-2)+(+1)$; $(+1)+(-3)$; $(-2)+(-3)$

师:现在黑板上写了这些有理数加法的计算题,同学们一定已经开始想了:这些题怎么算呢?大家可以自己先试一试,一会儿我们交流.

大约5分钟后,组织学生交流.

学生1:我说一说, $(+7)+(+8)$,先不看正号,就是小学的 $7+8$;

学生2:我是用温度计思考的,比如 $(+1)+(-3)$,刚开始温度计是 $+1^{\circ}$,下降了 3° ,就变为等于 -2° 了;

学生3: $(-2)+(+1)$,假设电梯下降了2层,又上升了1层,就停在了 -1 层;

学生4: $(+3)+(-3)$ 比如先存入3万元钱,再取出3万元钱,就等于没存入;

学生5:我用数轴的方法, $0+(-4)$ 中0就是代表现在的位置,向左移动4个长度单位,就得到 -4 .

师:大家用了不同的经验、不同的情景得出了算式的结果,虽然大家用的情景不一样,但是得出的算式结果一样吗?

学生异口同声:一样.

这里,面对具体的有理数加法计算问题,教师不做任何引导,而是直接请学生自己尝试,我们看到,学生能够主动联系先前所学的“有理数”和“加法”的有关知识,诸如转化、数形结合等重要的数学思想方法被自觉运用.上述过程还表明:尽管教学并未从实际问题开始,但学生主动在不同的现实情境中解释数学结果,这同样是数学应用意识和数学化能力的另一种体现^[9],而不同的学生为同一个算式赋予的不同情境,还显现了数学的抽象性与广泛应用性的特点.

3 基于对象拓展型新运算知识的学习难点与突破策略

既然对象拓展型新运算与学生的经验非常接近,是不是学生都能够非常顺利的解决具体的运算问题,并能够从中抽象概括出新的知识呢?并非如此,学生会知识形成的两个关键处遇到困难:一是具体算式的结果,二是怎样从具体运算经验中抽象出运算法则。

3.1 认清学生解决具体运算问题的活动定位

对于具体的算式,学生可能会出现异于标准答案的情况.最典型的就是有理数乘法中“两个负数相乘”问题,经常会有学生提出 $(-2) \times (-3) = -6$.遇到这种情况,有的老师会直接给学生反馈说“不对”,这种处理方式不符合这个阶段的活动的本质,这一阶段实质是在“约定运算法则”,在得到共同认可的法则前,并无判断答案是否正确的标准,因此,此时的讨论需要围绕着“应该怎样约定运算法则”进行,了解学生为什么认为 $(-2) \times (-3) = -6$ 是根本,下面就是基于这样认识的一段课堂对话:

案例 有理数乘法

师:你是怎么想的?

生:因为两个负有理数相加,结果就是两个数的绝对值相加,符号为负,所以我觉得乘法也是。

师:你能够类比有理数的加法得到有理数乘法的结果,非常好.但我有点而好奇的是,前面的算式 $(+2) \times (-3)$ 是怎么算的?得到的答案是多少?

生:也是 -6 ,我觉得 $(+2) \times (-3)$ 就是两个 -3 相加,所以应是 -6 。

师:这道题你是结合乘法与加法的逻辑关系给出的结果,并没有直接套用有理数加法法则,看来你解决问题的方法选择还是很灵活的.不过,同学们可能都意识到了,相信你自己也意识到了,大家对 $(-2) \times (-3)$ 的结果的绝对值为 6 没有争议,但是符号有争议.怎么解决这个争议呢?这个结果到底应该是多少呢?

生:我觉得应该是 $+6$,因为如果是 -6 的话, $(+2) \times (-3)$ 与 $(-2) \times (-3)$ 的结果相同了,不太好,式子差一个符号呢!

其他同学也都表示同意以 $+6$ 为结果,有同学补充: $(-2) \times (-3)$ 可以看成是 $(+2) \times (-3)$

的相反数。

师:看来如果结合 $(+2) \times (-3)$ 的结果, $(-2) \times (-3)$ 的结果为 $+6$ 更合理,我们是不是已经可以达成一致了: $(-2) \times (-3) = +6$,也就是两个负数相乘的结果为正数?

学生纷纷点头。

如果对数学史有所了解的话,就会看到上面的过程与历史上的大数学家欧拉的解释何其相似:欧拉认为 (-1) 与 (-1) 的乘积必定是 $+1$ 或 -1 ,但因为 $1 \times (-1) = -1$,所以 $(-1) \times (-1) = +1$.实际上,尽管中学阶段所学的数学运算都来自对现实中的具体事物的抽象,判断一个运算法则的正确性主要看其是否与对象的现实意义一致,但在数学史上,随着复数、四元数运算理论的出现,关于运算已经形成了更高的、形式化的观点,在这一观点下,“把各个运算规则之间的相容性而不是把对象本身的意义作为概念正确性的保证”^[10],上面的教学过程中,学生实质上就是在主动结合已经认可的其他事实或者法则探讨新的运算法则,这根本上就是在以“是否满足逻辑相容性”作为确定新的运算法则的标准,通过这一过程,学生在学习新运算法则的同时,也在学习“约定新运算法则的方法”。

3.2 尊重学生概括法则需要的过程

从具体算式的解答,到形成一般性的运算法则,不同的对象拓展型新运算的难度不同.例如,有理数乘法法则相对简单,而且有了有理数加法和减法的学习经验,学生知道运算法则需要按照运算对象的性质分类、将运算结果的符号和绝对值的来源都表述清楚,所以概括法则的过程会比较顺利.但是有理数加法法则就困难多了,许多老师都发现:学生普遍能够借助实际意义得到具体有理数加法的结果,但是概括法则却很困难.数学家波利亚说:“如果一名学生在学校里没有机会尝尽为求解而奋斗的喜怒哀乐,那么他的数学教育就在最重要的地方失败了。”^[11]因此,不能想到有困难就事先铺垫,要让学生面对挑战,重要的是了解学生到底会有何表现、他们的表现的价值是什么,以此为基础教师就能做出有效的引导。

案例 有理数加法(2)

师:我们同学依据不同的现实情境都得到了结果,大家所用的情境不一样,但是得到的相应的

结果都是相同的. 现在的问题是: 如果没有情境和背景, 直接面对有理数加法问题, 我们又可以怎样做呢? 比如, 怎么算 $(-5) + (+7)$ 、 $(-1) + (-5)$? 你会怎么做、怎么想呢?

稍后, 安同学举手发言, 她说: 我这样想, 比如说像 $(-5) + (+7)$ 吧, 先不看它们的正负号, 先看它们的绝对值, 一个是 5, 一个是 7, 符号一定要保留(照抄)? 然后写成 $7-5$; 如果负数的那个数字小, 正号的数字大, 它们得到的符号就是正号, 数字就是 $7-5$, 结果就是 $+2$.

教师转向其他同学追问: 她说“像这个样子的”就这样算, 那什么样子的就可以这样算呢? 黑板上有多少个题目是这个样子的呢?

李同学: 可以用这种方法算前面的负数符号后边的数字比正数符号后边的数字小的情况.

高同学: 我觉得只要是符号不同就可以这样算, 黑板上除了第一个都可以这样算.

王同学: 一个正数和一个负数相加就可以这样算.

弗赖登塔尔说: “没有一种数学思想, 以它被发现时的那个样子发表”^[12], 这段教学过程对此做出了生动的诠释. 首先关注安同学的表现, 她表面是在陈述一个具体的算式的运算过程, 但实质是在借助这个“个”算式的运算过程表述这“类”算式的运算法则, 体现了“能解决多少就先解决多少”的策略与积极态度. 教师读懂了这一点, 并借助追问“到底什么样子的”和“还有哪些像这个样子”让其他学生理解安同学的“言外之意”, 引导同学们先将“这样子”的算式的运算法则找到, 从而将“运算法则”的得出往前推进了一大步.

这段教学也显示了学生生成的过程与教师预设的过程间经常会存在的巨大差异. 从教师的视角看, 安同学所说“这样子”的算式无疑是“绝对值不等的异号两数相加的情况”, 然而, 对于不知道标准答案的学生来说, 却未必这样理解: 李同学所界定的范围小于标准答案, 高同学则放大了范围. 实际上, 按照两个人的界定有理数加法法则都能够被表达出来, 只不过按照李同学分类所得到的法则条目过多且可以进一步合并, 而高同学的又不够严谨. 显然教师对于这两种回答没有心理准备, 由于与标准答案的差距较大, 所以教学中没有讨论. 王同学给出了一个虽然不完美、但已经距离

标准答案很近的说法, 教师没有在此提出一步到位的严苛要求, 而是顺势板书了“异号”并为这种情形的问题探讨告一段落.

“异号”问题的解决显然是重大突破, 它既带来了一类问题的解决, 还帮助学生明晰了有理数加法运算与以前学过的非负有理数加法运算的本质区别在于要考虑数的符号, 在随后的教学中, 学生很顺利地得出“同号”两数相加的法则, 之后, 有同学进一步提出了 $0 + (-4)$ 所代表的加数有 0 的情形, 最后一位同学认为 $(+3) + (-3)$ 代表着两个互为相反数相加的情况, 其结果是 0 没有符号, 也应该从异号情形中抽离出来. 随后教师请学生小组交流, 用语言组织上面的探讨过程, 就得到了有理数加法法则.

4 结束语

对象拓展型新运算知识由于其产生方法的独特性, 赖以产生的问题与学生的经验联系的紧密性, 使得学生具有更大的可能经由自主探究而得. 但是对象拓展型新运算知识并非唯一能够经由学生自主建构而得的知识, 作为自主建构知识能力目标单元的组成部分, 完整的自主建构知识的过程应该包括以上几个问题的探索.

例如, 在学习不等式的性质和如何解一元一次不等式之前, 面对一个一元一次不等式, 学生一定会凭借自己的本能, 参考一元一次方程的解法对一元一次不等式进行变形从而得到它的解. 当然学生的解答很有可能会出现错误, 例如, 图 1 和图 2 就展示了在不同的两个班面对不同的不等式, 都出现了错误进而引发其他同学质疑的情况:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}x &> 3 \\ 2x &> 6 \\ \frac{1}{2}x &> 3-1 \\ \frac{1}{2}x &> 2 \\ x &> -4 \\ x &< -4 \end{aligned}$$

图 1

$$\begin{aligned} 100 - (60 + 70) &= 300 \\ 150 - (200 + 70) &< 300 \\ 150 - 240 - 20x &< 300 \\ 50 - 20x &< 300 \\ -20x &< 300 - 50 \\ x &< 13 \\ x &> 13 \end{aligned}$$

图 2

通过学生间的讨论, 错误得到了修正, 而在讨论的过程中, 学生探讨的就是“不等式是否与等式遵循一样的运算性质”, 这种探讨将带来不等式性

(下转第 34 页)

象:随着频率分布直方图组距的不断缩小,由此得到的频率分布折线图会越来越光滑,也越来越接近于正态曲线.但事实上,二项分布 $B(n, p)$ 作为正态分布的近似,是指 n 越来越大时,二项分布的频率折线图将越来越趋向于正态分布的密度曲线.

另外,课堂上一般都会强调有放回的抽样和无放回的抽样之间的差别,并会给出相应的例题让学生加以练习.但是,很多学生其实并不了解,由于二项分布可以作为超几何分布的近似,因此,当总体的容量足够大时,有放回的抽样和无放回的抽样相差很小.

“用样本估计总体时方法是唯一的”也是现在一线课堂中一种常见的错误认识.这种错误认识的产生,固然与目前高中数学中概率统计内容的容量有关,但我们还是可以通过实例向学生进行解释的.例如,在用样本的频率分布直方图估计总体的平均数时,虽然常用的是区间的中点,但如果并没有特别要求,使用区间的左端点或者右端点其实都是可以的.

(上接第30页)

质的产生,也为学生提供了自主建构不等式性质知识及解不等式的方法的机会.

实际上,数学中的所有知识都不是无源之水、无本之木,而是与学生的已有知识和经验有着这样那样的联系,而数学课程循序渐进的安排又为学生建立这种联系提供了更大可能.因此,当学生面对驱动数学知识产生的问题的时候,必然会建立该问题与自己已有知识、经验、或者已解问题的联系.当然,学生有时候能够成功解决问题,有时候会遇到困难,但无论顺利还是挫折,如果教师能够带领学生分析、反思已有的方法哪些合理、哪些不合理,解决问题的方法也可能从学生的困难中生长出来,新知识随之会产生,学生的自主发展能力也将在这样的经历中得以发展.

参考文献

- [1] 张奠宙. 中国数学双基教学[M]. 上海:上海教育出版社, 2006:53

总而言之,对于概率统计内容来说,从近些年的高考考查特点可知,为了做好这一内容的教学,需要帮助学生夯实基础,想方设法让学生了解常见的错误认识,从而使学生从整体上全面地掌握有关数学知识,提升他们对相关知识的认识.

参考文献

- [1] 陈昂,任子朝. 课改后统计与概率内容考查研究[J]. 数学通报, 2013,52(2)
- [2] 任子朝,章建石,陈昂. 高考数学新题型测试研究[J]. 数学教育学报, 2015,24(1)
- [3] 教育部考试中心. 2018年普通高等学校招生全国统一考试大纲(理科)[M]. 北京:高等教育出版社, 2017,11
- [4] 任子朝,陈昂,赵轩. 加强数学阅读能力考查 展现逻辑思维功底[J]. 数学通报, 2018,57(6)
- [5] C. R. 劳. 统计与真理:怎样运用偶然性[M]. 李竹渝,石坚,译. 北京:科学出版社, 2014,7
- [6] 史宁中,孔凡哲,秦德生,杨述春. 中小学统计与其课程教学设计——数学教育热点问题系列访谈之二[J]. 课程·教材·教法, 2005,6
- [7] 龙正武,李辉. 多一张奖券 中奖概率翻倍吗——小议中奖概率与奖券总数的关系[J]. 数学通报, 2011,50(11)

- [2] 范良火等. 华人如何学习数学[M]. 南京:江苏教育出版社, 2005
- [3] 李尚志. 数学核心素养如何考[J]. 数学通报, 2018,57(4):6
- [4] 李尚志. 我看核心素养[DB/OL]. <http://www.edu21.com.cn/index.php/news/view?id=686>
- [5] 中华人民共和国教育部. 义务教育数学课程标准(2011年版)[M]. 北京:北京师范大学出版社, 2012:8-9
- [6] 中华人民共和国教育部. 普通高中数学课程标准(2017年版)[M]. 北京:人民教育出版社, 2018:8
- [7] 陈丽敏,景敏. 问题情境对学生建构有理数加法法则影响的差异性研究[J]. 数学教育学报, 2015(6):65
- [8] 斯泰西. 数学素养的测评——走近 PISA 测试[M]. 曹一鸣等,译. 北京:教育科学出版社, 2017:124
- [9] M·克莱因. 古今数学思想(第二册)[M]. 张理京等,译. 上海:上海科学技术出版社, 2014:185
- [10] F·克莱因. 高观点下的初等数学(一)[M]. 舒湘芹等,译. 上海:复旦大学出版社, 2010:56
- [11] G·波利亚. 怎样解题[M]. 阎育芬,译. 北京:科学出版社, 1982:50
- [12] 弗莱登塔尔. 作为教育任务的数学[M]. 陈昌平等,译. 上海:上海教育出版社, 1999:107

理科教师学科知识结构的现状调研及培训建议

■胡玉华

摘要:中学理科教师应该具有什么样的知识结构才能与当前的课程改革相适应,已经成为教师队伍建设和教师培训必须研究和解决的基本理论问题和实践问题。通过对北京市93名中学生物教师进行的问卷调查结果表明:目前,中学理科教师的学科知识结构不能很好地适应新课程的要求,必须尽快对理科教师进行整体性、系统性、高层次和多途径的培训和提高。

关键词:理科教师;学科知识结构;测评;诊断;教师培训

中图分类号:G451.2 文献标识码:A 文章编号:1004-633X(2012)23-0022-03

教师的学科知识结构是指教师所具备的学科的各种知识之间的比例关系、关联程度、组合方式以及由此形成的功能整体^[1]。我国学者赵学淑曾经用“球状结构”来描绘理科教师的学科知识结构^[2],她认为理科教师的学科知识结构就如同地球的内部结构,从外向内依次是:知识的外壳——事实性知识,是说明“是什么”;知识幔层——定律性知识,说明“什么样”;知识内核——原理性知识,说明“为什么”。这种球形结构形象地反映了理科教师学科知识体系内部存在的一种特殊关系。但是,随着我国课程改革的深入,这种球形结构已经不能较好地适应新课程的要求。因此,笔者认为,理科教师应具备的学科知识结构应该是塔形结构,它也包括三层,即基础层、核心层和冠状层。基础层不仅指理科各学科的基础知识、基础理论和基本实验技能,还包括实践性和生活性的知识。基础层反映的是教师学科知识的宽广度,是教师进行一般性教学的基础。核心层指理科各学科特有的视角、思维方法以及学科的核心概念,反映了教师对学科内在逻辑和学科本质的理解,是教师进行优质教学的核心,能帮助学生形成学科特有的视角、思维方法,建构学科的核心概念,是教师学科知识结构的主干部分。冠状层指理科各学科的学科观念及学科哲学。该层不是具体的学科知识,而是立足于学科的具体事实、概念、原理和规律,却又远远高于一般的学科知识和学科技能,是在此基础上上升和提炼的思想性认识,反映了教师学科知识的纵深度。

一、研究对象和方法

笔者以中学生物学科为例,采取目的抽样的方法,选取了北京市中学生物教师共93名。其中高中生物教师40名,初中生物教师53名。问卷包含了教师的基本情况,包括学校(初中、高中)、教龄、学历、职称等。另外,本研究剔除了“所教非所学”的教师。

(一)确定生物教师学科知识结构的测试框架

根据上述对理科教师学科知识结构特点的分析,笔者确定了测试的框架(见表1)。在具体观测点的选择上既考虑到了现代生

表1 中学理科教师学科知识结构的测试框架

一级指标	二级指标	观测点	题数与赋分
基础层知识	学科的基础知识	以大学普通生物学的内容为基准,分别选取了植物、动物、微生物、人体的知识内容	10题20分
	学科的基本实验技能	与中学教学有关的生物学实验技能	5题10分
	学科的实践性、生活性知识	与中学教学内容有关的实践性、生活性知识	6题12分
	相关学科的知识	从中学物理、化学、自然地理中选取	4题8分
核心层知识	学科特有的视角、思维方法与核心概念	从生物学的视角、方法看待科学问题 对核心概念的真正理解	5题10分 10题20分
	学科观念与学科哲学	对学科观念和学科哲学的理解,学科观念和学科哲学与学科核心概念的关系	10题20分

作者简介:胡玉华(1964-),女,内蒙古海拉尔人,北京教育学院生化环境系副教授、硕士,主要从事生物教育、科学教育教学与研究。

物学的知识体系,又考虑到了中学生物教学的相关内容。因此,笔者从核心生物要素入手来确定观测点,并力图通过测试教师对这些要素的掌握程度来诊断理科教师的学科知识水平。

(二)编制测量工具

试卷的编制采取欧洲经济合作与发展组织(OECD)的国际学生评价项目 PISA(Programme International Student Assessment)测试的方式。试卷的编制原则也是借鉴 PISA 的评价原则:一是评价要设置真实的情境;二是在尽可能少的情境下,从多个角度反映教师的学科知识水平,即在一个情境下,提出多个相关联、有难度梯度的问题,即属于不同层次(每个问题后面都明确标出所属层次)的问题。本问卷共设置了 10 个情境、50 个问题。每道题都有明确的客观性答案和分值标准,以期用最熟悉的情境和最简单的形式了解中学生物教师对学科本质的认识。

例如,阅读下列短文并回答问题:

一百多年以前,达尔文乘坐贝格尔号船来到南太平洋加拉帕戈斯群岛考察。后人也将该群岛的一些独特鸟类命名为达尔文雀。美国普林斯顿大学的著名生物学家格兰特夫妇多年来研究达尔文雀,2006 年,他们在《Science》杂志上报道说,在特定的生存竞争中,达尔文雀竟能在两年内改变喙的形态。在正常的年份,大地雀和中地雀都能找到足够的食物,两者共同生活在大达夫尼岛上。但在 2003 年,这个岛发生了严重的干旱,大片蒺藜死亡,雀的生存环境恶化。格兰特夫妇发现,2004 年初,岛上有 150 只大地雀,235 只中地雀,但一年后,137 只大地雀和 152 只中地雀死亡。不过,存活下来的中地雀发生了奇妙的变化。格兰特夫妇发现,存活的中地雀平均喙长由干旱前的 11.2mm 变成了 10.6mm,喙内的平均深度也由 9.4mm 变成了 8.6mm。

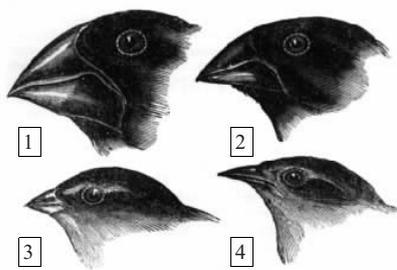
问题 1 格兰特夫妇发现的达尔文雀的喙的长度与深度的变小在生态学上称之为_____。(基础层知识:学科的基础知识)

A.资源分配 B.性状替换 C.竞争释放 D.种间竞争

问题 2 短文中提到了“达尔文推断它们都来自于南美洲一种雀类”,这反映出达尔文的哪种学术观点?(核心层知识:学科特有的视角、思维方法)

A.物种都是由上帝创造的 B.自然选择是生物进化的动力
C.生物是不断进化的 D.生物要适应环境的改变

问题 3 根据短文推测下图四种达尔文雀中,哪种应该食用



A.1号 B.2号 C.3号 D.4号

更大颗粒的植物种子?(核心层知识:学科特有的视角、思维方法)

问题 4 在通常年份,喙大的雀通常采用蒺藜种子为食,喙小的雀通常采用仙人掌种子为食。请以达尔文的进化论为依据解释 2004 年中地雀的喙形变小的原因。(冠状层知识:学科观念与学科哲学)

以上例子在同一个情境下设置了四个测试题。通过这样的测试,不但能准确地推测出生物教师对这部分知识的掌握程度,也能揭示出生物教师对生物学“结构与功能相适应”的本质认识。

(三)测量工具的难度

本研究的样本容量为 93 人,试卷的整体难度为 0.40,是中等难度。中等难度的试卷既能反映出中学生物教师学科知识结构的真实情况,又能区分出中学生物教师学科知识水平的差异,为教师学科知识培训提供提升的空间。

二、研究结果及分析

(一)总体测查结果

调查结果表明,北京市中学生物教师学科知识结构测试成绩得分在 45.00-80.00 分之间,平均成绩是 65.41 分。为了更好地呈现结果,笔者将北京市中小学教师知识测查成绩分为 5 组,教师成绩在各组的分布情况如表 2 所示。

表 2 北京中学生物教师科学素养测查结果
得分情况的分组统计

组别	等级	教师数	百分比	累积百分比
1	80-100 分	1	1.1%	1.1%
2	70-79 分	5	5.4%	6.5%
3	60-69 分	62	66.7%	73.2%
4	50-59 分	15	16.1%	89.3%
5	0-49 分	10	10.7%	100%

从表 2 可以看出,北京市中学生物教师的的成绩呈正态分布,这说明北京市中学生物教师学科知识处于中等水平,但也有 26.8%的理科教师不能达到及格水平。

对不同学段中学生物教师的单因素方差分析结果显示,不同学段生物教师在成绩上有显著性差异。从得分值来看,高中生物教师得分高于初中生物教师。

对不同教龄中学生物教师的单因素方差分析结果显示,不同教龄的中学生物教师在成绩上无显著性差异。

(二)学科知识结构的诊断

从调查结果来看,中学生物教师还存在以下不足:

(1)从整体来看,中学生物教师的学科知识处于零散状态,没有形成内在逻辑关系的学科知识结构。(2)从观测点来看,首先,中学生物教师缺少的是对学科观念和学科哲学的认识,其

表3 北京中学生物教师学科知识结构各个层次的测试结构

	一级指标	二级指标			三级指标					
		总分	基础层知识	核心层知识	冠状层知识	学科的基础知识	学科的基本实验技能	学科的实践性、生活性知识	相关学科的知识	学科特有的视角、思维方法与核心概念
赋分	100	50	30	20	20	10	12	8	30	20
平均分	65.41	40.56	16.41	6.12	17.63	7.42	7.13	4.31	16.41	6.12
得分率	0.65	0.81	0.55	0.31	0.88	0.74	0.59	0.54	0.55	0.31
标准差	9.92	11.96	8.21	5.32	13.11	12.56	6.43	6.82	8.21	5.32

次,中学生物教师缺少学科特有的视角和思维方法。(3)从得分率来看,中学生物教师的知识基本上局限于教科书中的内容,比较注重教材中的知识,而与社会、技术紧密相关的知识以及学科史知识相对缺乏,相关学科的知识更是知之甚少。(4)从答题情况来看,中学生物教师对“是什么”问题的回答较好,而对于“为什么”问题的回答欠佳,这表明中学生物教师的学科专业知识有待提高,解答生物问题的思路和方法欠佳,中学生物教师对主观题的回答大多不太好,反映出他们思考问题的角度、深度、广度及文字组织能力等有待训练和提高。

三、对理科教师继续教育培训的启示

从测试结果和对中学生物教师知识结构的诊断来看,理科教师现有的学科知识结构不能很好地适应新课程的要求,因此,必须尽快对理科教师进行整体性、系统性、高层次和多途径的培训和提高。

(一)教师要有危机感

危机感是推动教师主动学习的动力。教师只有从被动学习发展到主动学习,才能不断冲击已形成定势的知识结构,从而扩大知识视野,形成新的、合理的学科知识结构。目前,教师危机感的产生主要来自于课程改革。因为课程改革的基本趋势和发展理念潜在地规定了教师的学科知识结构。因此,在教师培训中,要使理科教师认识到自己知识结构的的不合理之处。理科教师只有不断学习、接受教育,才能跟上时代的步伐,有效地从事新课程的教育教学。

(二)学习内容要多样化

如前所述,学科知识结构是由多层次、多要素构成的相互联系的动态结构。这就要求理科教师的知识不仅要有深度和广度,还要能从比较高的观点来看这些知识的发生和发展过程,懂得本学科的发展历史脉络,掌握该学科的最新进展,同时,还需掌握相关学科的知识。因此,在教师培训中,培训者要根据理科教

师知识结构的不足,优化培训内容设置,为教师完善自己的知识结构提供可供选择的、多样化的培训内容。

(三)秉承因需定教的培训理念

理科教师培训要有选择地设计某些培训内容,特别应注重选择那些与学科观念和学科哲学以及学科视角、思维方法、核心概念密切相关的知识要素和材料,增加应用性知识及解决问题的学科方法的知识在培训内容中的比重。

(四)注重教学实践

调查发现,理科教师知识结构体系内部的自我调节功能不强,且缺乏应有的变通能力,表现为他们只能依样画葫芦,不能举一反三,知识运用能力差。因此,在教师培训中,培训者要有意识地培养理科教师能将所学知识运用于教学实践和研究活动中,对教材内容进行加工、更新和优化,这样,学生接受的就不是一堆零散的知识点,而是全面的、立体的系统化、结构化的知识群。由此可见,知识的运用也是对知识的内化、验证和发展。只有在运用知识的实践过程中,才能体验和发现各类知识间的联系,促进知识的重新组合与创造,从而提高理科教师知识转化运用能力。

理科教师的知识结构应成为开放性结构,即通过对一切有用知识的不断接纳和吸收,达到“专深”与“广博”的结合,使自己的学科知识结构不断得到完善。

参考文献:

- [1] 顾兴义,陈运森.教师的知识结构[M].广东:广州教育出版社,1998.
- [2] 赵学漱.小学科学教育[M].北京:北京师范大学出版社,2002.

作者单位:北京教育学院生化环境系,北京 邮编 100044

“平行四边形及其性质”怎么教

杨小丽

(北京教育学院数学系 100044)

最近笔者听了两节“平行四边形及其性质”(第1课时),发现这两节课的教学设计非常相似,基本都是:回顾小学所学平行四边形的定义并符号化——让学生用两块相同的三角板拼一个平行四边形——提出猜想:平行四边形的对边相等、对角相等——证明猜想、得到性质——例题讲解——小结.如此雷同的教学设计引发了笔者对该内容教学的思考.

1 “平行四边形及其性质”(第1课时)的教学片段

环节1(引出课题):小学如何定义平行四边形?

环节2(定义):(1)三角形用符号“ \triangle ”表示,平行四边形用什么符号表示呢?平行四边形用符号“ \square ”表示.

(2)平行四边形定义用符号语言如何表述?因为 $AB \parallel CD, BC \parallel AD$,所以四边形 $ABCD$ 是平行四边形;或者因为四边形 $ABCD$ 是平行四边形,所以 $AB \parallel CD, BC \parallel AD$.

环节3(操作猜想证明):用两块相同的三角板拼出一个平行四边形,讨论下面的问题:(1)怎样拼能拼出一个平行四边形?你能拼出多少个形状不同的平行四边形?(2)怎样证明你拼出的四边形是平行四边形?(3)从刚才的拼图活动中,你发现平行四边形有哪些性质?(4)你能证明这些性质吗?

环节4(例题讲解):出示例题,学生解答,教师讲解并规范书写.

环节5(小结):这节课学到了什么?

2 对上述教学设计的思考与建议

2.1 章节起始课要让学生整体构建和把握本章的研究内容和研究脉络

“平行四边形及其性质”是四边形学习的第一

课时.上述教学设计开门见山直接引入平行四边形,笔者认为,这样的处理虽然没什么不妥,但却失去了一次让学生类比联想、整体构建和把握四边形研究内容和研究脉络的机会.

作为四边形学习的起始课,建议教师让学生回顾三角形的学习内容,类比建构四边形的学习内容.这样处理有两个好处:(1)能够培养学生整理、反思、类比的能力;(2)在本章学习伊始,学生就能够对本章的研究内容和研究脉络有一个整体的了解,从而能在本章后续的学习过程中做到心中有数.

2.2 要考虑学生的认知基础

授课教师主要通过以下三个活动来得到平行四边形的性质.活动一:通过拼图的方式得到研究对象平行四边形;活动二:教师引导学生通过观察、测量等方法提出猜想(对边相等、对角相等);活动三:请学生证明活动二中提出来的猜想.

这样的设计比较符合图形性质研究的一般套路:通过操作、观察等活动,对现象进行归纳、提出猜想,最后通过演绎证明得到图形的性质.授课教师希望通过拼图的活动促使学生得到平行四边形对边相等、对角相等的猜想,但事实上,这两个结论学生在小学已经知晓.

有研究者在课前对学生进行了前测^[1],前测结果表明:绝大多数学生可以“猜测”、“计算”出平行四边形四个角的度数,而只有极少数学生不正确;有85.3%的学生可以“猜测”出平行四边形的对边相等的性质.而笔者在听课中也发现,当教师提问学生对平行四边形有哪些认识时,学生能说出以下结论:对边平行、对边相等;对角相等、内角和为 360° 、外角和为 360° ;有两条对角线,每条对角线都将平行四边形分成两个全

等三角形；平行四边形具有不稳定性。既然学生对平行四边形已经有了如此多的认识，教师还有必要煞费苦心引导学生拼图、观察、猜测平行四边形的性质吗？

因此，教师在进行教学活动设计时，一定要考虑学生的认知基础，在学生已有的认知基础上设计相应的活动，这样才能提高课堂效率。

2.3 要让学生体会证明的必要性

笔者注意到，上述教学案例中授课教师在学生得到“对边相等、对角相等”的结论后，马上提问学生“你能证明这些性质吗”？事实上，在笔者听过的课和所阅读过的相关教学设计中，几乎所有老师都是这样处理的。

这其中有两个问题值得我们进一步思考。其一，能否提问：你发现平行四边形有哪些性质？你能证明这些性质吗？也就是说在“对边相等、对角相等”等结论未被证明之前，能说“性质”一词吗？

笔者认为不能。所谓图形的性质，指的是图形中元素与元素之间稳定的关系。对于某种图形，这种稳定的关系一定是始终成立的。而通过操作、实验、观察等活动得到的结论并不一定是正确的，尚不知道正确与否的结论当然不能称之为性质。因此，建议授课教师在探索环节不要用“性质”一词，而改用“特点”或“特征”。

其二，在证明之前，是否需要让学生体会证明的必要性？

笔者认为需要。事实上，这也是《义务教育数学课程标准(2011年版)》(以下简称《标准》)的要求之一。《标准》在第三部分课程内容中指出：知道证明的意义和证明的必要性^[2]；在第四部分实施建议中指出：“证明”的教学应关注学生对证明必要性的感受^[2]。

笔者认为，让学生体会证明的必要性可以让学生进一步加深对合情推理与演绎推理关系的认识。学生在小学，通过合情推理得到了一系列的结论，比如三角形的内角和等于 180° ，平行四边形对边相等、对角相等，等等，得到这些结论后，学生就默认这些结论是始终成立的，并用来证明其他结论。比如，在学习平行线的时候，学生就用三角形内角和等于 180° 这一结论作为证明的依据。事实上，这是不可以的。证明的依据只

能是《标准》列出的“基本事实”和定义、定理、推论、性质等^[3]。而在学习平行线的时候，“三角形的内角和等于 180° ”还只是小学阶段通过合情推理得到的结论，尚未经过严格证明，还不能称之为“定理”，因此，是不能作为证明的依据的。但是学生并不能理解。这就需要授课教师在授课时通过提问、举反例等活动让学生体会：通过操作等活动、运用合情推理得到的结论并不一定是正确的，结论正确与否需要演绎推理的确认，从而感受证明的必要性，正确区分合情推理和演绎推理。

2.4 要让学生经历研究平行四边形性质的完整过程、从而积累研究图形性质的活动经验

本节课的主要内容是研究平行四边形的性质，那学生学习完该内容之后，面对一个不熟悉的平面图形，能否自主研究它的性质呢？学习的目的之一是为了能够运用所学知识解决新问题。为了达到该目的，我们需要让学生经历研究平行四边形的完整过程，并抽象概括出研究图形性质的一般方法，这样，学生才能够将所学迁移运用到新的图形性质研究中。

那么，图形性质研究的一般过程和方法是什么呢？

首先，手里得有现成的、标准的、可操作的研究对象，这点很重要。

其次，我们需要知道研究内容。对于某种图形，我们已经知道了它的部分特征(由定义可知)，我们想知道它还有什么特征。即，研究内容是：某图形除定义外的其他特征有哪些？

接下来，我们需要知道从哪些角度进行研究，即需要确定研究方向，两个方向：其一是图形的整体特征，比如，是否中心对称图形；其二，图形的局部特征，也就是构成图形的元素与元素之间的关系。构成图形的元素有边、角、对角线等，这些元素之间具有怎样的位置关系和数量关系？

最后，我们需要知道如何进行研究。研究方法可以是：观察、测量、折叠、图形运动，合情推理(类比推理、归纳推理)，演绎推理等。经过演绎推理证明得到的结论就是图形的性质。

概括来说，研究图形性质的一般过程(含方法)是：给定研究对象——确定研究内容——确

定研究方向——采用适当的方法对图形进行探究——猜想图形的特点——证明(含体会证明的必要性).

而上述教学设计并没有让学生经历研究图形性质的完整过程,具体分析如下.

(1)没有给学生提供现成的研究对象,而是让学生进行拼图并证明拼图得来的图形是平行四边形.除了拼这种方式之外,实际教学中,还有部分老师让学生先画一个平行四边形,然后再证明所画的图形是平行四边形.上述两种方式都没有给学生提供现成的、规范的、可操作的研究对象,这样得到的研究对象平行四边形有如下弊端.

经过“拼”得到的平行四边形是一个实物,并不利于学生探索学生尚不知道的那个结论:对角线互相平分.此外,让学生用两个三角形拼一个平行四边形,这一活动的重点是研究两个三角形的位置关系,而非研究平行四边形,这似乎偏离了本节课的学习目标.

经过“画”得到的平行四边形虽然理论上能够证明它是一个平行四边形,但这样得到的图形并不规范,不利于后续对性质的探索.

(2)没有让学生经历如何确定研究内容和研究方向的过程.而只是提问:从刚才的拼图活动中,你发现平行四边形有哪些性质?学生回答“对边相等、对角相等”之后就直接进入证明环节.也就是说,教师并没有给学生提供思考“如何确定研究内容和研究方向”的机会,因而也就无法形成对该问题的感性认识.

(3)没有让学生体会证明的必要性,这一点前面已有论述,此处不再赘述.

3 教学设计构想

基于上述分析,建议“平行四边形及其性质”(第1课时)的教学活动设计如下.

活动一:构建四边形的研究内容和研究脉络

问题1:前面我们系统地研究了三角形,请同学们回顾一下,我们研究了三角形的哪些内容?

学生回答,老师整理(三角形概念、三角形性质、三角形全等、特殊三角形)并适时追问,比如,对于特殊三角形,我们从哪些角度对它们进行了研究?

问题2:类比三角形,请同学们说一说,四边形我们可以研究哪些内容?

学生回答,老师整理(四边形概念、四边形性质、四边形全等、特殊四边形)并适时说明和追问.比如,四边形全等我们暂不研究,我们都学过哪些特殊的四边形?对于这些特殊的四边形,我们可以从哪些角度对它们进行研究?(定义、性质、判定、应用)

【设计意图】通过回顾三角形的研究内容,类比得到四边形的研究内容,让学生对四边形的研究内容和研究脉络有一个整体的了解.

活动二:平行四边形的定义

(老师给每位同学发一张平行四边形纸片,每组同学的平行四边形纸片一样,但不同组的不一样.)

问题3:小学如何定义平行四边形?

【设计意图】引出平行四边形的定义,并对定义的两重性、定义的符号表示等进行深入理解;介绍对角线的概念.

活动三:探索平行四边形的性质

问题4:根据定义,我们知道平行四边形的两组对边分别平行,除此之外,平行四边形还有别的特点吗?

【设计意图】一是提出了本节课的研究内容,二是了解学生对平行四边形的已有认识,为后续教学奠定基础.

学生回答:对边相等、对角相等结论.

教师可按下述方式对学生的回答进行板书整理(阴影部分的表头先不出现,只是先按表中位置板书学生的回答).

	位置关系	数量关系
对边	平行	相等
对角		相等

师:上述同学从边和角的角度叙述了平行四边形的特点,对边平行刻画了对边之间的什么关系?

生:位置关系.(师板书位置关系)

师:对边相等刻画了对边之间的什么关系?对角相等呢?

生:数量关系.(师板书数量关系,如下表)

	位置关系	数量关系
对边	平行	相等
对角		相等

【设计意图】通过梳理学生的已有知识，揭示平行四边形性质的研究方向。

此处之所以用“特点”一词，是因为至此，学生所知道的结论并未经过证明，经过证明正确的结论才可称为性质。

问题5：两条对角线之间存在着怎样的位置关系和数量关系？

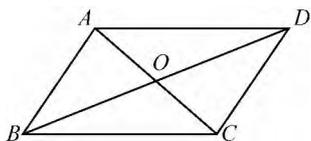
生：位置关系是相交，数量关系是不相等。
(师板书相交、不相等)

	位置关系	数量关系
对边	平行	相等
对角		相等
对角线	相交	不相等

师：除了不相等，两条对角线还有其他的数量关系吗？

生活动，用手里的平行四边形纸片进行操作探索。

生： $OA=OC, OB=OD$ (师板书)



	位置关系	数量关系
对边	平行	相等
对角		相等
对角线	相交	$OA=OC, OB=OD$

【设计意图】探索平行四边形对角线之间的关系。

活动四：体会证明的必要性、证明平行四边形的性质

问题6：对边相等，你是怎么得到这个结论的？这个结论正确吗？怎么说明这个结论是否正确呢？

问题7：对角相等，你是怎么得到这个结论的？这个结论正确吗？怎么说明这个结论是否正确呢？

问题8：对角线互相平分，你是怎么得到这

个结论的？这个结论正确吗？怎么说明这个结论是否正确呢？

【设计意图】提问学生“你是怎么得到这个结论的”，目的是想了解学生的思维处于什么水平。可能有学生回答小学学过，这一部分孩子只是机械地记住了所学结论；可能有学生回答通过测量得到，这一部分孩子基于了直观操作；想了解是否有孩子通过演绎推理得到以上结论。

本节课中，证明是探索平行四边形性质活动的自然延续和必要发展。证明的教学首先应关注学生对证明必要性的感受，因此，设计了问题“这个结论正确吗”，目的是想了解学生是否认识到证明的必要性。教学中可通过举反例等方式让学生体会证明的必要性，使学生进一步认识到合情推理与演绎推理是相辅相成的两种推理形式，而证明的必要性是连接两者的桥梁。

接下来，提问学生“怎么说明这个结论是否正确呢”，目的是让学生经历证明的完整过程，培养学生的逻辑推理能力。教学中可让学生自己写出已知求证并进行证明。其中如何证明即证明思路的获得是本节课的难点，也是证明教学应该关注的重点。有研究者在课前对学生进行了前测¹，前测数据为：证明对角相等的正确率有55.9%，而证明对边相等的正确率只有38.2%。

如何突破“如何证明”这一难点？笔者认为，应关注学生对证明基本方法的掌握。比如，“对角相等”的证明用综合法，只要尽可能多地挖掘隐含的已知条件，命题就很容易得到证明。而对于“对边相等”，需要连接对角线、构造两个全等的三角形。对于基础较弱的学生，他们是想不到如何添加辅助线的。这时候，教师可启发学生用分析法进行思考：要证明的是对边相等，那如何证明两条边相等呢？我们学过的证明两条边相等的方法都有哪些呢？等腰三角形的两条腰相等，那我们能构造出等腰三角形吗？两个全等三角形的对应边相等，那我们能构造出两个全等的三角形吗？如何构造？学生如果掌握了证明的基本方法，就比较容易获得证明的思路。“对角线互相平分”的证明不需要添加辅助线，只需要证明两个三角形全等即可，进行思考时可用综合法也可用分析法。

(下转第51页)

即,对一切正整数 n ,有

$$\begin{aligned} \frac{5}{8} - \frac{1}{4n+4} &\leq \frac{9}{14} - \frac{1}{4n+3} \leq \frac{2}{3} - \frac{1}{4n+2} \\ &\leq \frac{1+\sqrt{3}}{4} - \frac{1}{4n-2+2\sqrt{3}} \\ &\leq 1 - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \frac{1}{5} - \frac{1}{6} + \dots + \frac{1}{2n-1} - \frac{1}{2n}. \end{aligned}$$

等等.

说明 记 $f(x) = \frac{5-2x}{8-4x} - \frac{1}{4n+4-4x}$,

当 $0 \leq x \leq \frac{3-\sqrt{3}}{2}$ 或 $\frac{3}{4} \leq x < 2$ 时, $f(x)$ 单调递增.

简证 $f(x) = \frac{5-2x}{8-4x} - \frac{1}{4n+4-4x}$

$$= \frac{1}{2} + \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2-x} - \frac{1}{n+1-x} \right),$$

$$\begin{aligned} \text{且 } f'(x) &= \frac{1}{4} \left[\frac{1}{(2-x)^2} - \frac{1}{(n+1-x)^2} \right] \\ &= \frac{(n-1)(n+3-2x)}{4(2-x)^2(n+1-x)^2}. \end{aligned}$$

因为 $0 \leq x \leq \frac{3-\sqrt{3}}{2}$ 或 $\frac{3}{4} \leq x < 2$,

所以 $n+3-2x > 0$, 进而 $f'(x) \geq 0$.

故当 $0 \leq x \leq \frac{3-\sqrt{3}}{2}$ 或 $\frac{3}{4} \leq x < 2$ 时, $f(x)$ 单调递增.

由此可见,“参数—裂项相消法”,是一种处理数列型不等式的有效方法,它既能证明不等式,又能发现不等式. 本文如是说.

(上接第 43 页)

最后,证明的教学还应关注证明的书写,即表述是否符合逻辑,清晰而有条理.

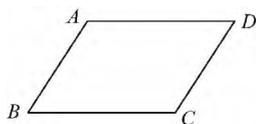
活动五:小结提升.

问题 9: 本节课我们学习了平行四边形及其性质,同学们都学到了什么? 还有什么问题?

【设计意图】了解学生本节课实际所学和留存的问题. 教师根据学生的回答将本节课的内容结构化. 比如,教师可对本节课内容做如下梳理.

研究图形性质的一般过程(含方法)

研究对象



定义 什么叫平行四边形?

研究内容 除定义外其他特点?

研究方向 边、角、对角线之间的数量关系和位置关系?

研究方法 怎么得到这个结论的?

- 活动: 操作、观察等
- 合情推理: 归纳、类比
- 演绎推理

体会证明必要性 这个结论正确吗?

证明 怎么说明这个结论是否正确呢?

平行四边形的性质

	位置关系	数量关系
对边	平行	相等
对角		相等
对角线	相交	互相平分

4 对上述教学设计特点的简要分析

上述教学设计具有以下特点.

(1) 作为章节起始课,通过适当的问题让学生整体构建和把握本章的研究内容和研究脉络.

(2) 考虑了学生的认知基础,平行四边形定义和性质的研究都是建立在学生已有的认知基础之上的.

(3) 关注学生对证明必要性的感受.

(4) 重视让学生经历研究平行四边形性质的完整过程,从而积累研究图形性质的活动经验.

(5) 重视培养学生的回顾反思、并将所学内容结构化的能力.

其中对(3)(4)(5)的重视,是为了达成本节课一个非常重要的目标:希望学生通过本节课的学习,掌握研究图形性质的一般过程和方法,积累研究图形性质的活动经验,并能够将其类比迁移运用到后续图形(矩形、菱形等)性质的学习中.

参考文献

[1] 金正龙.《平行四边形的性质》的课堂前后测数据分析[J]. 科教导刊,2013(1)(中):253

[2] 中华人民共和国教育部.义务教育数学课程标准(2011年版)[S].北京:北京师范大学出版社,2012:36,51

[3] 史宁中.义务教育数学课程标准(2011年版)解读[M].北京师范大学出版社,2012:204

基于数学建模过程的三角函数概念教学研究

顿继安¹ 陈东峰²

(1.北京教育学院 100120;2.北京汇文中学 100061)

1 问题的提出

作为我国高中数学课程确定的六大数学学科核心素养之一,数学建模素养的培养属于薄弱地带,张淑梅等(2019)基于大样本测试发现,当前我国学生数学建模素养在六个数学核心素养中的测试平均分最低^[1],说明教学需要在这方面做出更多的努力.

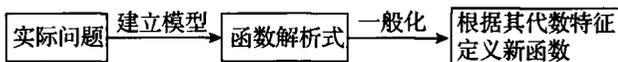
“数学建模是应用数学解决实际问题的基本手段,也是推动数学发展的动力”^[2],实际上,“很多重要的数学思想都是在解决实际问题的过程中被发明或发现的”^[3],许多数学概念、定理等自身就是从解决实际问题的经验中提炼、抽象而得的数学模型,因此,在教学中需要重视这样的知识的产生过程对于培养学生的数学建模素养的价值.

函数就是这样的知识.从数学史上看,一个新函数被发明有两种方式,如彭家勤所说:“从前,当一个新函数被发明时,正是为了某种实用的目的;今天,为了指出我们祖先推理的错误,才特意发明新函数”^[4],这里的“从前”指的是服务于具体的问题解决的函数研究阶段,主要任务是找到作为实际问题的解的函数;而“今天”则指函数理论进入严格化阶段,一些并无现实背景的函数(如狄利克雷函数)被构造出来用以说明函数概念的本质、打牢函数理论大厦的根基.

这两种途径可以大致概括为外部问题驱动和内部问题驱动,它们在今日中学数学课程新函数的教学中都有体现,不过具体细节却与历史存在很大差异.数学内部途径产生的函数不再只是为了“指出祖先推理的错误”,而是设计为数学知识自然生长的结果,例如对数函数从数学运算的角度自然产生,而三次函数乃至幂函数等也都是一个一次函数、二次函数、反比例的自然延展.

“实用的目的”即外部问题驱动仍然是数学课

程中产生新函数的主要方式,但问题的特点与历史相比却有了很大变化.数学史上很多新函数来自微分方程的解,这些微分方程则是物理等科学领域问题的数学模型,而今日的数学课程显然难以按照数学史安排,新函数的得出主要指向的是某个实际背景中“某两个变量间具有怎样的关系”的问题,由于给出的实际问题中的原理或是学生已知、或是题干中先做介绍,因此,通过分析、推理和运算就能得到函数解析式,再将参数一般化而得到新函数的定义,这样的函数可以看成是“为表达世界而建模”^[5],一次函数、二次函数、反比例函数、指数函数等都遵循的是这一思路,其产生过程可以用下面的流程图表示:



但是,同样有着非常广泛的现实背景的高中三角函数概念的得出,尽管也呈现了现实背景,但三角函数的定义却是直接给出,并未体现对实际问题的分析、用数学语言表达的过程.

教科书一般在章引言中介绍一些周期运动的现象,指出这些现象可以用三角函数刻画,但任意角的三角函数概念的产生却并未围绕某个具体的周期运动现象的刻画过程进行,而是直接给出定义,直到产生了三角函数的图象、性质后,学生才会面对解决实际问题的任务.

教学实践中,有教师试图以实际问题引入,设计了摩天轮问题^[6]:

摩天轮的中心离地面的高度为 h_0 ,它的直径为 $2r$,逆时针方向匀速转动,转动一周需要 360 秒,若现在你坐在座舱中,从初始位置点 A 出发(图 1),求相对于地面的高度 h 与时间 t 的函数关系式.

问题提出后,教师先引导学生得出 $t=20,30,70$ 时 h 的式子,进而形成 $h=h_0+r\sin t$ 的猜想,但是,接下来教师并未让学生思考,自己也并未介绍 $t>90$ 的情况如何建立 h 与 t 的关系,而是问:“随着摩天轮的转动,

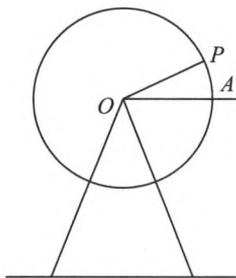


图 1

角度也不自觉地推广到了任意角,对任意角 α ,该如何定义 $\sin \alpha$ 呢?”接下来,教师引导学生得出 P 运动到圆周的不同位置时用 P 点坐标表达的 h 的式子,进而给出任意角的正弦函数定义.

我们看到,教科书和教学实践中的教师都未给学生展现应用已有知识建立实际问题的数学模型的过程,而是直接给出任意角的三角函数定义,这就使得任意角的正弦函数的定义“像从一顶帽子里抓出一只兔子的戏法一样令人感到意外.它根本不具有什么启发性”^[7].

本研究要探讨的问题是:应用学生已有知识能否建立摩天轮等实际问题的数学模型?得到的数学模型与任意角的三角函数的定义有何关系?在基于数学建模的三角函数概念产生的各项数学活动任务面前学生如何表现?怎样的教学策略能够突破难点?

2 作为数学模型的三角函数概念的形成过程

数学史上通常认为将解三角形意义上的锐角三角函数拓展为三角函数的是数学家欧拉,而导致欧拉完成这一工作的是一系列从物理问题中得到的微分方程的求解问题^[8].显然,按照今日中学数学课程的体系与目标,这样的过程难以还原.实际上,“个体知识的发展必须遵循人类知识的发展过程”并非指所有历史细节,是“假定我们的祖先已经知道我们今天有幸知道的东西,将会发生的历史”,本文的分析即基于此进行.

以教学中最常用的摩天轮问题为例,如图 2 所示的摩天轮在周而复始、匀速转动的过程中,有多个可以研究的问题,其中某个座舱的高度的变化规律问题最引人注意.这一实际问题要变为可解的数学问题,首先需要做必要的抽象和假设:将座舱抽象为点 P ,假设在转动的过程中座舱与摩天轮的转轴的距离始终不变并设为 r ,假设座舱到最低点时与站台的距离为 0. 对座舱的高度的

假设的不同,数学问题也不同.

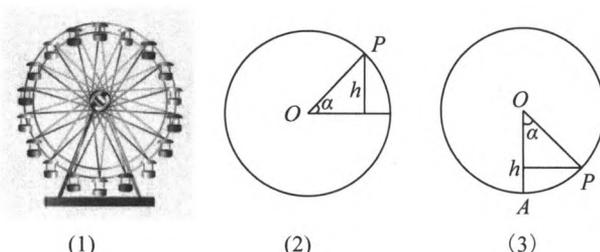


图 2

如果按照如图 2(2)所示的方式设 h 和 α ,即研究从转轴所在水平面出发的座舱 P 相对于转轴所在水平面的高度 h 与 OP 转过的角度 α 的关系,可以根据平面几何知识得到 h 与 α 的关系式,但是,与其他新函数通过基本运算就能得到标准的函数解析式不同的是,由于此时只有锐角三角函数可以用来表示 h 与 α 的关系,因此,当 α 超出锐角范围后,需要将之转化为锐角,这样得到的 h 与 α 的关系将是分段函数,如(*)式所示.

$$h(\alpha) = \begin{cases} 0, & \alpha = 0 \\ r\sin \alpha, & 0 < \alpha < \frac{\pi}{2} \\ r, & \alpha = \frac{\pi}{2} \\ r\sin(\pi - \alpha), & \frac{\pi}{2} < \alpha < \pi \\ 0, & \alpha = \pi \\ -r\sin(\alpha - \pi), & \pi < \alpha < \frac{3\pi}{2} \\ -r, & \alpha = \frac{3\pi}{2} \\ -r\sin(2\pi - \alpha), & \frac{3\pi}{2} < \alpha < 2\pi \\ 0, & \alpha = 2\pi \\ r\sin(\alpha - 2\pi), & 2\pi < \alpha < 2\pi + \frac{\pi}{2} \\ \dots \end{cases} \quad (*)$$

更符合实际情况的是按照如图 2(3)所示的方式设 h 和 α ,即研究从最低点开始运动的座舱相对于站台所在平面的高度 h 与 OP 转过的角度 α 的关系,得到(**)式.

$$h(\alpha) = \begin{cases} 0, \alpha = 0 \\ r - r \cos \alpha, 0 < \alpha < \frac{\pi}{2} \\ r, \alpha = \frac{\pi}{2} \\ r + r \cos(\pi - \alpha), \frac{\pi}{2} < \alpha < \pi \\ 2r, \alpha = \pi \\ r + r \cos(\alpha - \pi), \pi < \alpha < \frac{3\pi}{2} \\ r, \alpha = \frac{3\pi}{2} \\ r - r \cos(2\pi - \alpha), \frac{3\pi}{2} < \alpha < 2\pi \\ 0, \alpha = 2\pi \\ r - r \cos(\alpha - 2\pi), 2\pi < \alpha < 2\pi + \frac{\pi}{2} \\ \dots \end{cases} \quad (**)$$

两种情况下 h 关于 α 的式子都比较复杂,但通过它,可以确定任一点的函数值,也可以得到这一函数的图象、根据图像推得函数的性质等,进一步得到与之有关其他具体问题的解。

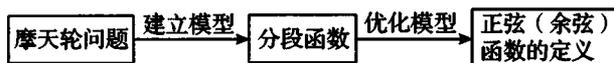
如果以解决实际问题为目标,那么(*)或(**)式的得出就基本完成了任务,尽管这个函数的解析式很“难看”,但据此画出的图象却平滑优美,可以成为认识 $h(\alpha)$ 的函数性质的直观而有效的工具。

但从数学的角度看,这个式子并不令人满意。科朗说:“数学,作为人类思维的一种形式,体现了人们积极进取的意志、缜密周详推理和对完美境界的追求”^[9],这种追求既是人的本能,也是数学教育的目标。凭借直觉和本能,人们希望对这样一个繁复、与其图象的平滑优美极不匹配的解析式进行化简。以往遇到一个形式不好的解析式的做法是通过运算性质将之变形、整理、简化,但这样的方法不适宜于这个式子,这里解析式的特点是自变量不同的部分形式不同,要想将之简化,需要的是找到这些表面不同的式子背后的共同点。

站在今天我们已经拥有的数学知识的角度看,通过将定义域为锐角的三角函数的定义域拓展为任意角就可以将式子化简。拓展的基本思路就是将原定义域范围内的定义方法用到更大的范

围中。以正弦函数为例,当 α 为锐角时 $\sin \alpha$ 的定义方法是:将 α 放在平面直角坐标系中,顶点与原点重合、始边与 x 轴的非负半轴重合,其终边与单位圆的交点 $P(x, y)$,则 $\sin \alpha = y$;在对 α 为非锐角时的情况进行分析,发现如果按照这样的方法定义 $\sin \alpha$,就可以将 $h(\alpha)$ 在不同范围内的表达式统一用 $\sin \alpha$ 表示,从而达到目的。相同的思路用于定义域拓展余弦函数的定义,则可以将(**)式简化。

梳理这一过程,我们看到,作为摩天轮情境下的一个问题的数学模型的正弦(余弦)函数的产生过程与其它新函数的产生过程存在着差异,真正的挑战不是具体实际问题的函数解析式中参数的一般化,而是要以新思路、新方法对模型进行优化,如下框图所示:



3 基于学情开展教学

按照“基于学生已有经验建立实际问题的数学模型、通过优化模型得到三角函数定义”的思路进行教学,在知识形成过程中势必会花费更多的时间,学生将遇到远比直接给出定义的教学方式更多的困难,但是,因为“学生会遇到困难”、“花费时间多”就不去展示过程的做法并不妥当,许多数学家和心理学家都论述过挑战和难题的多重教育价值,例如 M. 克莱因说:“课本中的字斟句酌的叙述,未能表现出创造过程的斗争、挫折,以及在建立一个可观的结构之前,数学家所经历的艰苦漫长的道路。学生一旦认识到这一点,他将不仅获得知识,还将获得顽强的追求他所攻问题的勇气,并且不会因为他自己的工作并非完美而感到颓丧”^[10]。

教学中切记模糊和笼统得做出“这样太难了”的判断,而是需要沿着数学建模完整过程中的各个环节了解学情,分析学生面对问题的可能表现以及表现背后的思维基础和思维发展空间,以此为基础采取合适的教学对策。

基于这样的思考,我们开展了“正弦函数的定义”的教学实践研究,教学主要部分的基本思路如图3所示:

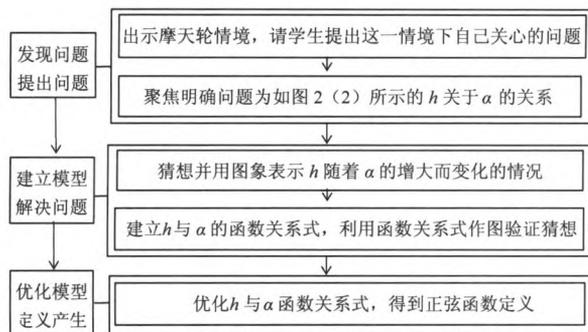


图3 正弦函数定义的教学过程流程图

在这样的教学过程中,有三个任务富有挑战性:用图象表示 h 随着 α 的增大而变化情况的猜想;利用已有锐角三角函数的知识表达 h 与 α 的关系建立分段函数模型;优化分段函数模型得将锐角三角函数定义域拓展得到任意角的正弦函数定义.下面呈现这三个任务的策略选择与实施情况.

3.1 关于图象的猜想:树立函数研究与识别“三位一体”意识

设计学生直观想象函数图象的活动,旨在培养学生在函数的研究与识别中建立“三位一体”的意识,即一个函数的解析式、图象和数据各自表现出的特征之间的对应性和可转化性,新形式的解析式、新的图象、有新特点的数据都会带来新函数的产生.尽管在课本中的函数学习和应用经常是先有解析式,根据解析式得到数对、图象,但真实的数学应用中,实际问题的规律通常并不为研究者所知,因此建立实际问题的数学模型并不能从分析、推理和运算开始,而是先要获得数据,通过数据描点作图,观察图象与已知函数的图象符合,再用拟合的方法确定函数解析式,例如,新冠病毒的传播模型的建立遵循的就是这一流程.

值得关注的是,学生都能根据意义说明 h 是 α 的函数(注:本节课在“发现问题、提出问题”的抽象与假设活动中,已经将摩天轮的半径设为1),即 α 值确定则 h 值就唯一确定,并且都能直观想象出 h 随着 α 的变化而增减的大致状况,但对于具体的增减的情况有不同的想象.图4是呈现的是一个班的学生画出的函数在一个周期内的图象,图5则是另一个班课堂教学中学生展示的作品,两个班的学生基础存在一定差异,但是表现出的想法却有很多的共性.

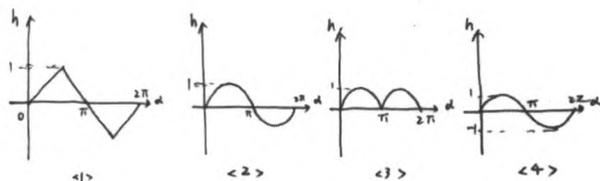


图4

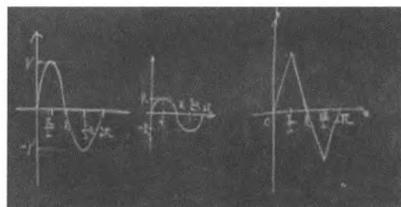


图5

学生画出的一些形似正弦函数图象的图象却并非如此:给出图4(2)的学生解释自己画的图象是两段抛物线,而给出图4(3)和图5(2)的学生陈述所画像两个半圆,但又比半圆扁,给出图4(4)的同学认为既不是抛物线也不是半圆,其解释是“就是这样的曲线”,潜台词是“这是个新的函数的图象”.这意味着学生对图象增减方式的意义有不同水平的理解,而不同的图象的展示自然会引起生生间的对话:课堂上,有学生直接借助 $\alpha=0$, $\frac{\pi}{6}$, $\frac{\pi}{3}$ 对应的 h 的值否定了折线图5(3)所示的折线,而对于其他曲线到底哪个符合 h 与 α 的关系则引发了关于函数解析式的探求.

3.2 分段函数模型的得出:用旧知识解决新问题

利用已有锐角三角函数表达 h 与 α 的关系式的数学思维是分类与转化.分类的意义在于将并不具有统一规律的复杂情形分解为若干简单情形,转化的作用在于“用旧知识解决新问题”,这被李尚志教授称作“重要的核心素养”^[10],在学生既往的数学问题解决活动中经常使用,势必会在新的数学问题的解决中发挥作用,并获得进一步发展.

我们的实践支持了这种判断.面对最为关键的 OP 旋转一周的情况,学生基本都能借助锐角三角函数正确写出 α 的终边在每个象限的情况 h 与 α 的关系式,不足的是,鲜有学生能够完整写出 α 在 $[0, 2\pi)$ 范围内表达式, OP 在坐标轴上的情

况容易被漏掉,图6是学生的代表性作品:

$$f(\alpha) = \begin{cases} \sin \alpha & (0 < \alpha < \frac{\pi}{2}) \\ \sin(\pi - \alpha) & (\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi) \\ -\sin(\alpha - \pi) & (\pi < \alpha < \frac{3\pi}{2}) \\ \sin(2\pi - \alpha) & (\frac{3\pi}{2} < \alpha < 2\pi) \end{cases}$$

图6

学生独立工作的表现与正确的方法和答案之间的差距是其最近发展区,代表了他们需要帮助的地带. 帮助学生的方式很多,而关键在于引导学生对自己的思维过程进行分析. 教学中,当这些作品展示出来后,教师提出“我们共同分析一下这一式子是否表达了 OP 绕 O 点运动时 h 与 α 的关系?”,学生将自己的答案和转动过程比较,就认识到了被遗漏的情况, α 终边在坐标轴上的情形随之得以补充.

3.3 模型优化的方法:讲清解决问题思路的形成

面对 $h(\alpha)$ 以分段函数表达的复杂的形式,学生都表现出对这个式子“不喜欢”“不满意”和将其简化的愿望,考虑到此前学生缺乏通过将函数定义域拓展而将之化简的经验,教学中我们采用了以讲授为主的方法,以有利于学生完整、连贯得认识到解决问题的过程和其中新的数学思想,为了实现这一目标,教师的讲解突出了如下四层含义:

第一,分析 $h(\alpha)$ 的表达式如此繁杂的原因,在于用 α 表示 h 的工具只有锐角三角函数,因此对于非锐角情形必须将其转化为锐角,对于循环往复的转动来说就需要分为无数种情况,从而使得 $h(\alpha)$ 的解析式无穷无尽.

第二,针对问题产生的原因确定了解决的思路,就是突破将 h 用 α 表示的只有锐角三角函数这一工具的限制,拓展三角函数作用的角的范围,即是定义任意角 α 的三角函数.

第三,介绍定义任意角的正弦函数 $\sin \alpha$ 需要遵循的原则. 由于当 α 为锐角时 $\sin \alpha$ 已经有了定义,因此,新的定义必须与原定义相容、是原定义的自然拓展,而不要另起炉灶.

第四,分析由于 α 为锐角时 $\sin \alpha = y$,自然的想法就是也这样定义任意角 α 的正弦函数为 $\sin \alpha = y$,这里的 y 指的是 α 终边与单位圆的交点的纵坐标,而通过对 α 为非锐角情况的检验,发现

这种定义方式确实能够让 $h(\alpha)$ 的形式变得简化: $h(\alpha) = \sin \alpha$,这样就得到了任意角的正弦函数的定义.

以上四层含义中的内容既包括“是什么”和“怎么做”,还包括“为什么”和“怎样想到的”,讲清了这些,学生的有意义学习就发生了——这节课下课时,一位有课前学习经验的学生特意跟老师表达了自己的感受:“终于明白为什么这样定义三角函数了”,从一个侧面证明了这一点. 实际上,讲授法被称为“基本功之基本”,并非由于这种方法对于教师的演讲技巧有多高,而是需要教师讲清“为什么”和“怎样想到的”等问题,这是数学教师与数学家相比需要具备的独特的专业知识.

4 结论与启示

4.1 结论

作为实际问题的数学模型的三角函数定义的产生过程,与中学数学中的其他新函数相比有明显不同:应用学生已有知识建立的实际问题的数学模型更为复杂、更具挑战;从实际问题的数学模型到三角函数的定义不再是参数一般化,而是将原有函数的定义域拓展并在拓展范围内给出新定义.

但这样的教学思路有意义且可行. 尽管应用已有知识建立实际问题的数学模型具有一定的挑战性,然而其基本思想方法为常用的分类与转化,因此,可以为学生提供自主探究的机会,教师适当指导即可;通过定义任意角的三角函数而将分段函数模型的各部分的式子统一的方法是学生首次遇到,通过教师的讲授,可以更为完整得展示新的数学思想.

4.2 启示

反思这一教学研究过程,有两点富有启示意义.

第一,知识的形成过程的意义与认识方法

基于数学建模过程开展的三角函数概念的教学,实质是尽可能展示完整的知识形成过程,包括问题的发现与提出、分析与解决、对结果的整理与优化过程,在教学中可能会由于学生基础、时间等具体情况,其中的富有挑战性的重要活动并不以学生自主探究的方式进行,但教师必须理解知识的形成过程,才能设计并实施逻辑通畅的活动,让有意义的学习发生,学生在获得具体知识的同时

学会思维.

到数学史中探寻数学知识的产生和发展的过程是基本方法. 然而, 一方面, 并非所有的具体知识的形成过程都有记录, 另一方许多知识的发展史难以成为今日有着多重目标的数学课程形态, 三角函数知识的形成过程就是一个案例. 因此, 要特别注意数学史为数学教学提供的除了直接可用的一些具体知识形成过程的史实外, 更多情况是知识发生发展过程的原理, 以获取的原理为基础, 考虑今日学生的已有知识、掌握的思考工具、所处的创造环境等因素, 通过思维实验获得“再创造”意义下的知识形成过程.

第二, 以对教学内容的整体把握为基础开展单元教学

前文着重介绍的是正弦函数的概念的研究和教学过程, 显然, 这远比常规教学直接给出正弦函数的定义花费更多的时间, 随之而来的问题就是: 如果每个知识都这样教, 时间从哪里来? 对此, 笔者给出的回答是: 要以对教学内容的整体把握为基础进行单元教学设计.

首先, 要整体把握三种三角函数的教学. 解三角形意义下的三种锐角三角函数在初中就像“三胞胎”一样同时产生, 相应的锐角三角函数中拓展的过程也类似, 因此, 教学不必采用千篇一律的方式, 更不必在类似的内容上平均着力, 我们的实践中, 就请学生类比正弦函数的定义方法, 自主给出任意角的余弦函数和正切函数的定义, 通过阅读教科书检验自己的定义是否正确、完善.

其次, 就正弦函数而言, 在花费了较多的时间后, 得到的也并非仅是定义. 前文呈现了学生根据意义想象并画出 h 关于 α 的图象的活动, 而在得到分段函数模型后, 教师再次引导学生利用函数解析式对最初凭借直观想象画出的图象进行判断, 根据特殊点找到了正确的图象, 而在正弦函数定义得到后, 也又一次与图象对应, 意在帮助学生初步形成正弦函数的图象; 而在得到正弦函数定义后, 课堂上还安排了用分段函数模型和正弦函数定义两种方法分别求 $h\left(\frac{5\pi}{6}\right)$, $h\left(\frac{5\pi}{3}\right)$ 等的题目, 这又为诱导公式做了铺垫、埋下了种子, 这实际上是对传统教学中不同的课时内容进行了一定意义的整合与重组, 教学用时得以通盘考虑.

5 结束语

本研究基于实践也指向了实践的改进, 但却并非一个完美的教学过程.

比如, 也许还可以给学生更多的空间. 比如, 关于三种三角函数的产生次序我们遵循了“正弦函数—余弦函数—正切函数”的常规安排, 但这未必是唯一的选择, 如果为学会提供自主空间, 这也并非更契合学生实际的选择. 前文的分析表明, 我们在摩天轮情境下会产生不同的问题、驱动产生不同的三角函数, 单就座舱高度与旋转角度的关系问题而言, 关于 h 的假设不同, 具体的数学问题也不同, 教学中聚焦到图 2(2) 的情况是教师主动引导的结果, 与实际更贴合的方式是图 2(3) 所示的情形, 而按照这种方式产生的 $(**)$ 式比 $(*)$ 式更为复杂, 产生的则是余弦函数. 我们也未尝试让学生自主探索优化分段函数模型、得到三角函数定义, 也因此未能了解学生面对这一此前缺乏经验的任务的表现.

教学经常会充满遗憾, 遗憾中孕育着值得研究的问题, 正是新的问题的不断发现与提出, 我们对数学教育的规律的认识才会变得更丰富.

参考文献

- [1] 张淑梅, 何雅涵, 保继光. 高中数学核心素养的统计分析[J]. 课程·教材·教法, 2017(10): 50-55
- [2] 中华人民共和国教育部. 普通高中数学课程标准(2017版)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2018
- [3] 斯泰西主编. 数学素养的测评—走进 PISA 测试[M]. 曹一鸣, 等译. 北京: 教育科学出版社, 2017: 134
- [4] 彭家勤. 科学与方法[M]. 李醒民, 译. 北京: 商务印书馆, 2006: 93
- [5] 张玲玲. 为表达世界而建模—《指数函数》三次备课思考[J]. 数学通报, 2019, 58(8): 52-54
- [6] 孙滨, 马林. 数学到底是什么—基于《任意角的三角函数》的教学设计[J]. 中学数学, 2009(10)
- [7] 波利亚著. 怎样解题—数学教学法的新面貌[M]. 涂泓, 冯承天译. 上海: 上海科技教育出版社, 2002: 23
- [8] 卡茨著. 数学史通论(第二版)[M]. 李文林等译. 北京: 高等教育出版社, 2004: 433-434
- [9] 科朗著. 什么是数学: 对思想和方法的基本研究(增订版)[M]. 左平等译. 上海: 复旦大学出版社, 2005: 序 1
- [10] M. 克莱因. 古今数学思想第 1 册[M]. 张理京等译. 上海: 上海科学技术出版社, 2014, 1: 序 3
- [11] 李尚志. 数学核心素养如何考[J]. 数学通报, 2018, 57(4): 6

要明白：减轻学生的课业负担，关键在于教师要能把课讲得透彻、精练、易懂，而这与教师对学科本质的理解密切相关，教师要能透过生物学事实揭示核心概念内涵，因为核心概念反映的就是学科本质。只有这样，才能激发学生学习兴趣，在有限的学习生物学的时间内，学到更本质的、更有利于终身发展的知识。

核心概念统摄下的生物课堂教学活动设计

文/胡玉华

新课程的背景下，教师逐渐认识到在中学生物教学中，如果只是关注零散的事实性知识和孤立的知识点，必然会缺失对学科知识的整体把握和对核心概念的深层理解。例如，让学生记住“动物的身体结构和名称”不等于学生已经理解“生物体的结构与功能相适应”这一核心概念。因此，教师在设计教学活动时，要深入分析和挖掘事实性知识所依附的核心概念，就上述例子来说，就应该表现为：在引导学生观察不同动物身体结构的特点时，分析其功能，如“鸟类体被各种形态的羽毛是与其飞翔功能相适应的”。

以核心概念为统摄设计和组织教学活动，使事实性知识的学习服务于学生生物学核心概念的形成与发展。因为对零散的事实性知识和孤立的知识点，学生已花费大量的时间来记忆，但并未形成具有逻辑内聚力的相互关联的结构框架，虽能暂时通过学业考试，但在随后的生活中很快就会忘记。核心概念是居于学科中心的具有超越课堂之外的持久价值和迁移应用价值的概念，是学科结构的主干部分^[1]。对核心概念的深层理解，有助于学生掌握学科基本框架，形成有利于终身发展的学科知识结构，这说明在教学中要把对核心概念的深层理解作为重要的教学目标。

随着课程改革的推进，教师越来越关注核心概念教学，但在具体实践中存在一些问题和

困惑。为此，本文以“空中飞行的动物”为例，对初中生物教学内容进行教学反思，从教学活动设计角度就如何实施核心概念教学进行一些探讨。

一、深度分析知识内容，明确教学核心

在分析生物教学内容时，教师首先要考虑什么是最值得教给学生的生物学知识。

20世纪90年代，美国教育专家布鲁姆提出，知识依据其教育价值的不同是分层级的，据此建立知识层级结构图^[2]，并对各个层级给予注释，如图1所示。

该结构模型由六个层级组成，几乎囊括所有学科内容知识，从记忆性知识开始，逐步演进，直到创造性知识。知识层级越高，解释力就越强，越能成为学生分析问题和解决问题的有力武器，最终达到培养学生创新能力的目标。

依据布鲁姆学科内容知识层级结构图，从中学教学角度分析，生物学科内容知识应呈现如图2所示的结构。

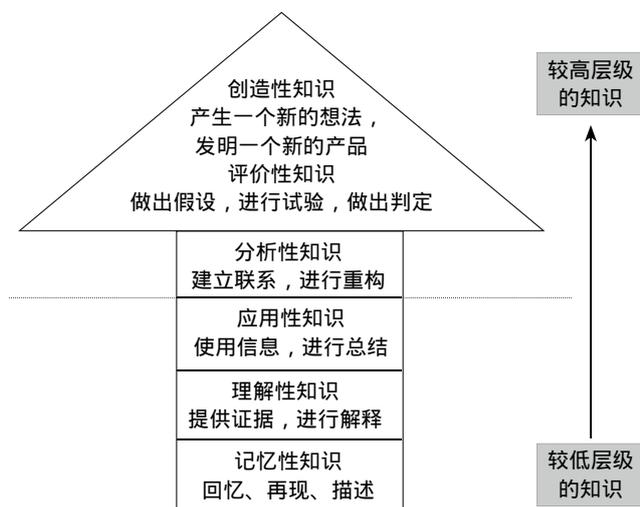


图1 布鲁姆学科内容知识层级结构图

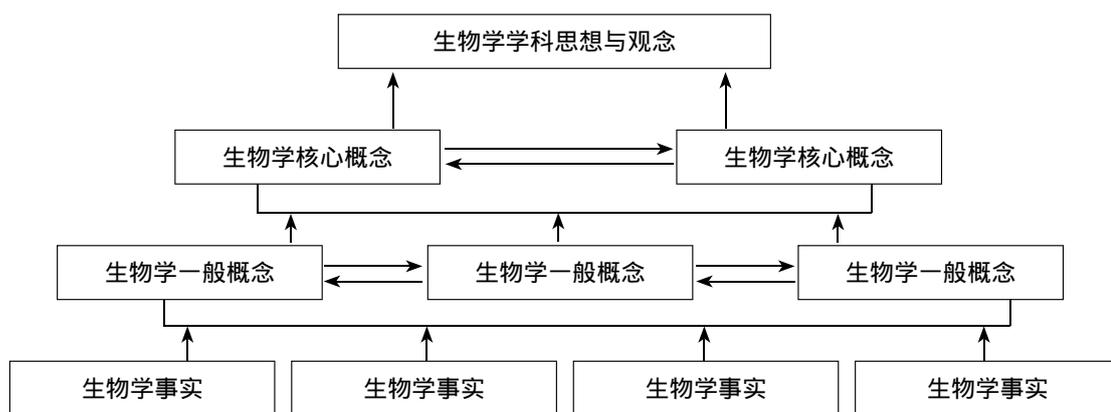


图2 生物学科内容知识结构图

由此可见,对某一内容知识进行深度分析,是将知识内容进行分层,区分哪些知识是支撑一般概念建构的学科事实,哪些知识是统摄一般概念的具有迁移应用价值的核心概念,明确教学核心,为教学指明方向。

从单元整体角度看,“生物多样性”主题中“脊椎动物的不同类群”单元是以脊椎动物的特征为核心的,运用生物分类的有关知识,从不同类群生物的特征及其与人类的关系角度研究脊椎动物,发展学生对生物多样性的认识,从而帮助学生逐步形成不同类群的生物各有特征、在生物圈中具有不同作用及保护生物多样性极为重要的思想观念。

“空中飞行的动物”是本单元的一节内容,从促进学生核心概念形成与发展的角度讲,本课的学习内容包括:第一,认识空中飞行的动物因身体结构的不同是属于不同类群的动物,发展对动物特征及动物分类知识的认识;第二,认识鸟类适于飞行的特征,深化对鸟类身体结构特征与其飞行功能之间关系的认识;第三,从生物体结构与功能相适应角度认识鸟类的形态结构及特点,初步建立相应的认识路径和方法。因此,可以确定“生物体的身体结构与其功能相适应”为统摄“脊椎动物的不同类群”教学的核心概念,而统摄本课的重要概念是“鸟类的身体结构与其飞行功能相适应”。

以上分析,不仅能明确本课的教学核心,为本课教学活动设计指明方向,还能引发教师进一步思考,在具体知识的教学中,到底要让学生学到什么?依据图2的知识结构,从促进学生核心概念形成和发展的角度,学习内容分为三个层级:一是以学科事实为载体学习本学科的一般概念,即对学科的基本理解;二是在对学科基本理解的基础上形成和发展对反映学科本质的学科核心概念的认识;三是对上述认识进行拓展,形成对学科思想与观念的认识。只有这样,才能真正将学生核心概念的形成与发展作为教学核心,在具体教学活动设计中,有效实施核心概念的教学。

二、以核心概念为统摄,形成具有内在逻辑的知识框架

单元内容知识不应是科学结论的简单堆砌,而应是具有内在逻辑的结构体系。核心概念是超越具体事实的深层理解,能统摄相关的具体知识,因此在设计教学活动时,可用核心概念为统摄,设计单元知识整体框架。把具体知识教学置于核心概念统摄之下,让学生学习具有内在逻辑的知识内容,可以摆脱枝端末节问题,使教学变得更为简单高效。

基于上述思考,“空中飞行的动物”的整体知识框架设计如图3所示。

在教学中,教师应以“生物体的结构与功能相适应”这个核心概念为统摄,构建教学活

动主线，围绕“鸟类身体有不同的结构—鸟类身体结构有与其他动物不同的特征—鸟类身体结构特征是其飞行功能相适应”的若干环节展开教学，发挥核心概念对教学的统摄作用，从结构与功能相适应的角度探究鸟类类群结构特征，拓展对动物类群特征的认识。

需要说明的是，教学中要以学科事实为教学起点，在具体事实性知识教学中逐步建

立对核心概念的理解。也就是说，教师要从上到下再从下到上形成单元内容的逻辑体系。从上到下是指教师的认识是演绎过程，即在原有学科知识的基础上，提炼单元核心概念，然后将单元核心概念转化为易于学生理解的一般概念，寻找能够支撑这些一般概念的学科事实。课堂教学恰恰相反，是从下到上的过程，通过学生容易获得直接经验的多个事实引入，经过一般概念教学，在足够量的感性认识的基础上，逐渐建立每节课的重要概念，形成单元核心概念，促进学生对学科的理解。

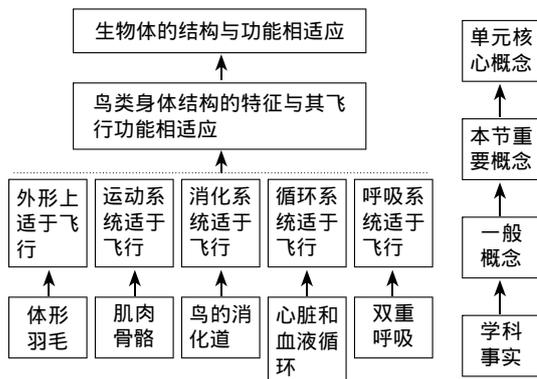


图3 核心概念统摄下的“空中飞行的动物”知识框架

三、以问题驱动教学和学习，促进学生深层理解

通过设计系列问题引导学生参与学习活动，在众多螺旋上升的系列问题的分析和解决过程中，让学生经历科学理性思维活动，感悟和体验分析动物身体结构特征与功能的思路和方法，为深刻理解核心概念奠定基础。因此，就“空中飞行的动物”一课，教师可以设计表1的问题。

表1 “空中飞行的动物”一课的教学问题设计

驱动问题	活动设计	基本理解
问题1：哪些动物能够飞行	观看不同类群的动物图片，观看鸟类飞行的录像	鸟类具有飞行功能
问题2：像家鸽这样善飞的鸟类体形是怎样的，这与飞行功能有什么关系	图片观察与资料分析：家鸽体形特点、羽毛的类型	鸟类外形上适于飞行
问题3：为什么鸟扇动翅膀能飞，与扇动翅膀有关的内部结构是什么	观看家鸽飞行的录像，资料分析鸟类的骨骼和肌肉的特点	鸟类的运动系统适于飞行
……	……	……

学生的学习是在系列问题的驱动下进行的，因此问题系列既是教学中教师引导学生进行积极思维的手段，也是实现教学目标的策略。学生在分析问题和解决问题的过程中经历科学思维活动，体验和感悟知识的形成过程，加深对核心概念的理解。

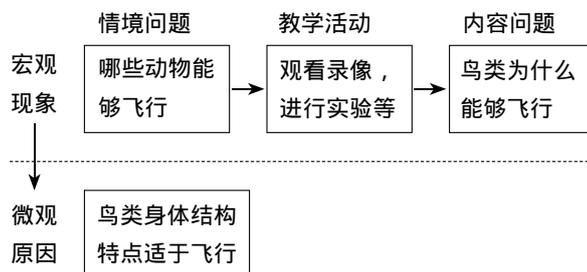


图4 基于宏观现象的微观分析问题设计示例

从本课所设计的问题来说，教师围绕“生物体的结构与功能相适应”这一核心概念，从情境问题入手，通过系列教学活动，在内容问题的驱动下，引导学生在观察宏观现象中分析微观原因，如图4所示。

这一设计思路有助于学生从直观现象入手，在问题分析和解决中循序渐进地理解和加深对核心概念的认识，其应贯穿于整个教学过程。

生物学进行核心概念教学活动的设计要先明确单元核心概念，为单元思维过程指明方向，基于此形成核心概念统摄下的具有内在逻辑的知识框架，并围绕核心概念设计驱动问题，通过问题驱动，帮助学生建构核心概念统摄下的知识整体框架。

因此，要明白：减轻学生的课业负担，关键在于教师要能把课讲得透彻、精练、易懂，而这与教师对学科本质的理解密切相关，教师要能透过生物学事实揭示核心概念内涵，因为核心概念反映的就是学科本质。只有这样，才能激发学生学习兴趣，在有限的学习生物学的时间内，学到更本质的、更有利于终身发展的知识。

参考文献：

- [1] 胡玉华. 对生物学核心概念及其内涵的研究[J]. 生物学通报,2011(10).
- [2] Krathwohl D. R.. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview[J]. Theory into Practice,2002,41(4).

(作者系北京教育学院生化环境系教授)

(责任编辑：孙建辉)

学习视角下的地理课堂教学有效提问策略

李春艳

(北京教育学院, 北京 100120)

摘要:课堂提问影响学生的学习方式、学习过程和学习效果。学习是非常复杂并具有多面性的,让学习真正发生的关键在于将学习内容、学习动机、学习的互动过程三个基本要素全面激活。精心设计以核心问题为逻辑起点的提问体系、以学习的逻辑组织课堂提问、优化课堂提问的组织方式等是突破课堂提问苍白无力的窘境,使学习真实发生的有效策略。

关键词:有效提问;学习;课堂教学策略

中图分类号:G633 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-0186(2018)08-0099-07

课堂提问是课堂教学的生命线,它影响着课堂上学生的学习方式、学习过程和学习效果。然而,很多地理课堂中的提问却显得苍白无力,教师不停地提问,学生匆匆地回答;教师的提问得不到学生应有的反馈;教师为了将学生对问题的思考引向正轨,只好不断地更换回答的学生或连续追问直至问题得到完满的回答……提问如此低效的根本原因在于教师设计课堂提问的出发点更多的是考虑教师“教的视角”和地理“学科的视角”,却忽略了最为重要的学生“学习的视角”。学习是如何发生的?站在学习的视角应该如何设计有效的课堂提问呢?

一、学习要全面激活三个基本学习要素

学习是非常复杂和具有多面性的,但任何学习都至少应该包括学习者的学习内容、学习动机及学习的互动过程三个基本要素^{[1]26}。学习内容需要回答学生到底要学到什么,学习动机需要回答学生是否积极主动参与学习,互动过程需要回

答学生是如何学到的。让学习真正发生的关键在于将三个基本要素的全面激活(见图1)。

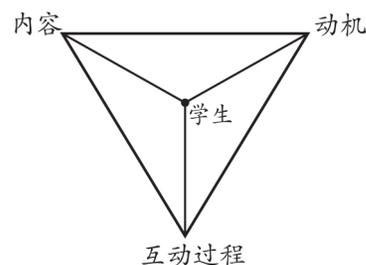


图1 学习三要素及学习过程

目前的课堂教学更多关注其中的某要素而忽略其他,导致学习在课堂上不能真正地发生。比如,图2是关注内容型的学习,教学更加关注学习内容,几乎所有的课堂提问都围绕着学习内容展开,虽然教学过程紧凑流畅,但更多地体现了教师的意愿和学科的属性。图3是关注活动型的学习,教学更加关注活动本身,虽然极大地调动了学生的积极性和参与度,但常常是为了活动而活动,活动并不能为学习内容和目标服务。图4

作者简介:李春艳,1968年生,女,黑龙江哈尔滨人,北京教育学院数学与科学教育学院地理系副教授,主要从事地理教育教学研究和教师培训研究。

是关注互动型的学习，教学更加关注学生学习的互动过程，采用小组合作学习、学案导学等的形式。虽然这种做法打破了课堂上封闭的师生互动的局面，纳入了生生互动以及学生与学习环境间的互动关系，但更多的是流于形式，没有起到互动带来的深度学习的效果。

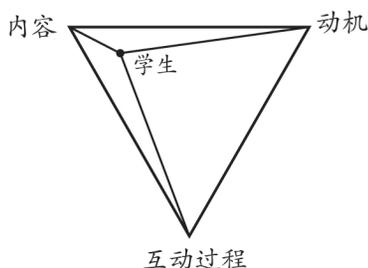


图2 关注内容型学习

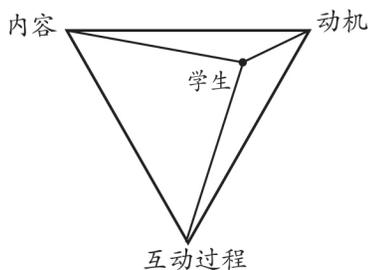


图3 关注活动型学习

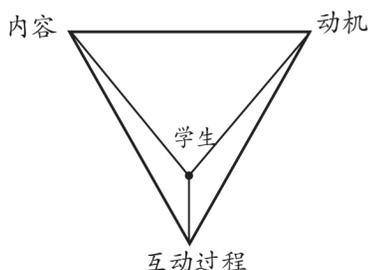


图4 关注互动型学习

在课堂教学中只有同时关注并激活学习三要素，学习才可能真正发生。笔者认为，有效提问是促进学习发生的有效途径。

二、精心设计核心问题，提升学习内容的品质

学习内容是让学习发生的必备要素之一，到底要让学生学习什么内容呢？这是教师每节课首先要想清楚的基本问题，也是教师最关注的问题。课堂提问也是更多地围绕着学习内容设计的，但是不同的提问设计关联起来的学习内容的

品质是不同的。

(一) 设计以核心问题为逻辑起点的提问体系

1. 一节课的提问体系

一节课的提问是由核心问题、加工性问题和追加问题三类不同层次的问题组成的提问体系（见图5）。下一级问题是上一级问题的分解，也是保证上一级问题得到解决的支撑。

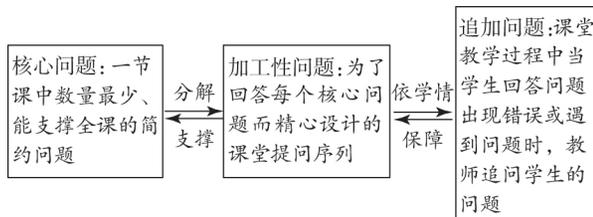


图5 课堂教学中的提问体系

2. 提问体系的设计

课堂提问体系设计的逻辑起点是核心问题的设计，核心问题的最大意义是首先回答一节课学生要学什么，这对学习的发生是首要要素。课堂提问如果缺少核心问题的设计而直接进入加工性问题乃至追加问题的设计，很容易出现提问不能为教学目标服务、课堂节奏和思维逻辑不清晰等教学问题，学生学习的内容也多呈零散堆砌状态。

例如，高中地理必修3第五章《区际联系与区域协调发展》第一节《资源跨区域调配——以我国西气东输为例》，某教师的课堂提问实录如下：

Q1：山西开发成我国重要的能源基地的主要措施有哪些？

Q2：看《中国地形图》，说出我国地势三大阶梯的分界线。

Q3：对照地形图，回答学案《西气东输图》中1、2分别是哪里？

Q4：秦岭的自然地理意义是什么？

Q5：说出西气东输工程的起点、终点，都经过了哪些省区？

Q6：上海位于哪个地形区？

Q7：西气东输主要的运输方式是什么？有何优点？

Q8：管线修建需要考虑什么条件？

Q9：说出我国东、中、西部矿物能源生产量和消费量占全国的比例及特点。

Q10: 读资料, 说出我国与世界能源消费结构相比有何特点?

Q11: 煤、天然气作为能源在使用中的优缺点是什么?

Q12: 说出我国天然气资源的分布特点。

Q13: 西气东输工程对区域发展有什么影响?

显然, 教师在设计本节课的提问时将核心问题、加工性问题和追加问题混在一起, 没有进行层次区分, 导致课堂教学中问题层次混乱, 学生的思维跳跃而缺乏联系, 学生的思维受到教师的主宰和牵制, 教学内容结构缺失, 知识呈零散堆砌状态。如果将本节课的提问按着三个层次进行提问体系梳理的话, 结果会大不相同(如表1所示)。

表1 《资源跨区域调配——以我国西气东输为例》一课的提问体系

核心问题	加工性问题	追加问题
1. 什么叫资源的跨区域调配? 什么叫区际联系?(什么是)	1. 山西开发成我国重要的能源基地的主要措施有哪些? 2. 变输煤为输电的地理意义是什么?	
2. 我国举世瞩目的资源跨区域调配工程“西气东输”是什么样的?(是什么)	1. 阅读教材、查阅相关文字资料及各种地图信息, 说说你对该项目的了解并简要介绍给同学们。	1. 对照地形图, 说出学案“西气东输”的起点、终点分别是哪里? 经过哪些行政区、地形区? 2. “西气东输”主要的运输方式及其优点如何? 3. 说出我国地势三大阶梯的分界线; 秦岭的自然地理意义是什么? 上海位于哪个地形区?
3. 我国建设这一工程的原因是什么?(为什么)	1. 读资料, 说出我国与世界能源消费结构相比有何特点? 2. 我国东、中、西部矿物能源生产量和消费量占全国的的比例及特点是什么?	1. 说出煤、天然气作为能源在使用中的优缺点。 2. 说出我国天然气资源的分布特点。
4. 该工程是如何选线的?(怎么样)	1. 管线修建在哪里? 2. 从影响人类活动的区位因素的角度说说。	1. 影响人类活动的区位因素有哪些?
5. 该工程带来的影响是什么?(会怎样)	西气东输工程对区域发展有什么影响?	1. 输入区与输出区的影响一样吗? 2. 有利和不利的影响分别是什么?

重新梳理本节课的课堂提问体系后发现, 核心问题的设计是一节课的灵魂, 它决定了学生要学习的内容的基本框架、学习内容的组织方式以及学习内容的起点和终点。以第一个核心问题为例, 如果没有核心问题“什么叫资源的跨区域调配? 什么叫区际联系?”, 那么加工性问题“山西开发成我国重要的能源基地的主要措施有哪些?”就是对上一节课内容的复习强化, 只有“温故”的价值, 但有了核心问题后, 这个加工性的问题又多了一个“知新”的效能, 即通过对这一问题的回答, 教师引导学生建构起“什么是资源的跨区域调配”这一新的概念的理解。可见, 设计以核心问题为逻辑起点的提问体系, 将直接影响学生学习内容及内容的组织方式。

(二) 优化核心问题的逻辑结构, 使学习内容走向高认知水平

系统理论认为系统的结构决定了系统的功能。核心问题是构成一节课内容的骨架, 核心问题的逻辑结构决定了一节课学习内容的功能和价值定位。因此, 设计好一节课核心问题的逻辑结构决定了一节课学生学习内容的层次和品质。

例如, 七年级下册《地方文化特色》一课的两个核心问题的设计对比如下。

☆ 核心问题方案1

Q1: 什么是文化?

Q2: 什么是地方文化?

Q3: 民居与自然环境的关系?

Q4: 服饰与自然环境的关系?

Q5: 饮食与自然环境的关系?

☆ 核心问题方案 2

Q1: 什么是文化?

Q2: 什么是地方文化?

Q3: 以民居为例说说地方文化与自然环境的关系。

Q4: 运用对地方文化与自然环境关系的理解, 说明不同地区的服饰文化、饮食文化等与自然环境的关系。

显然, 方案 1 和方案 2 的核心问题的逻辑结构不同, 它们各自的逻辑结构见图 6 和图 7。

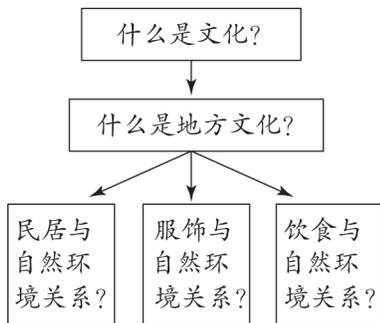


图 6 核心问题的逻辑结构 (1)

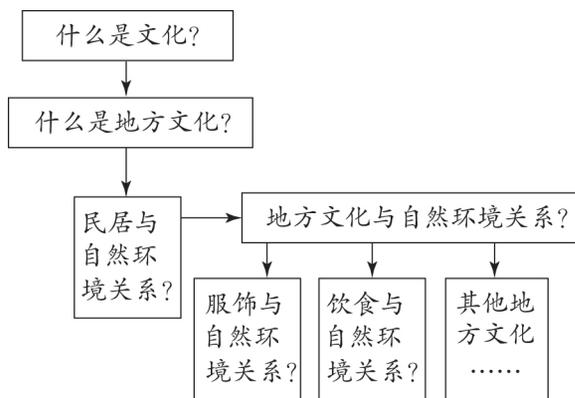


图 7 核心问题的逻辑结构 (2)

结构 (1) 将本节课的主要学习内容处理为并列的逻辑结构, 三个内容板块之间互相割裂, 没有建立起来本质联系。而结构 (2) 将本节课的主要学习内容处理为层级结构, 找到了三个具体内容板块之间的内在联系, 即到底地方文化与自然环境是怎样的关系。对学生来说, 这是上位的概念性知识, 它可以统摄下位的各种地方文化与自然环境之间关系的实例。因此, 这一内容结构将大大提升学生学习该内容的理解力和迁移力, 教学效能感将大大增强。

设计一节课的核心问题仅仅是第一步, 不断优化核心问题的逻辑结构将是更为关键而有价值的工作。

三、以学习逻辑组织课堂提问, 唤醒学生的学习动机

学习动机是让学习真正发生、提升学习敏感性和获得感的关键而必要的因素。动机主要包括动力、情绪和意志, 如何设计提问来唤醒学生的学习动机呢?

(一) 课堂提问设计要从学科逻辑走向学习逻辑

关于问题连续体的研究已很深入, 但这里所讨论的不仅仅是一组有结构的、连贯递进的问题链, 更着重阐述的是站在学生学习动机唤醒的角度, 应该如何重构课堂提问的逻辑链条。

美国的舒尔曼 (Shulman) 于 1986 年提出学科教学知识 (Pedagogical Content Knowledge, 简称 PCK) 这一概念。他认为, 教师在完成课堂教学的过程中要实现两次转化, 第一次转化是将教学资源转化为学科逻辑, 第二次转化是将学科逻辑转化为利于学生理解的学习逻辑, 只有这样学生才能易懂易会, 学生才能自然、积极、持续地参与学习, 才能谈得上学习的获得感。

1. 学科逻辑与学习逻辑

学科逻辑是指学科知识及知识间的组织方式, 具有客观性, 主要揭示的是学习的结论。学习逻辑更注重学习结果的获得过程, 具有主观性, 需要按着学生易懂易会的方式来完成学科知识的建构过程。教学的逻辑起点是学科知识, 但教学的最终目标是“学生学会”, 学生不仅要学会知识结论, 更要学会获得知识结论的认知过程, 促进学生认知结构的发展或转变。可见, 学科逻辑是形成学生学习的必要前提, 将学科逻辑转化为学生的学习逻辑是课堂教学的重要途径和根本目标之一。

2. 从学科逻辑走向学习逻辑

按照学科逻辑设计的提问, 能更加客观、严谨、完整而系统地揭示一节课的学习内容。但也正因为如此, 它们过于抽象、概括、严谨等特点, 又使得它们离学生的经验和原有认知距离较远, 不容易在第一时间吸引学生并被学生接受。

按着学习逻辑设计的提问，是从真实现象或事实出发，学生很容易在短时间内进入情境中，并依据学生的认知习惯，按着不同认知水平层次（观察—联想—推断—分析—评价等）连续进行提问推进，巧妙地、不露痕迹地将学生的思考引向深入，学习的代入感很强，学生更容易理解和掌握。

以下是针对初中地理《水资源的开发利用》一课两种组织逻辑的提问设计。

☆ 按着学科逻辑设计的提问

Q1：什么是水资源？

Q2：水资源的用途有哪些？

Q3：目前世界各地水资源的数量如何？

Q4：水资源的时空分布特征是什么？

Q5：目前水资源开发利用中的主要问题有哪些？

Q6：我们该如何合理利用和保护水资源？

☆ 按着学习逻辑设计的提问

Q1：观看视频，这是什么自然现象？（洪水视频）——观察表象

Q2：看到这种自然现象（洪水）你能联想到什么？——联想与经验建立联系

Q3：洪水是水资源吗？——需要依据对水资源概念的理解进行推断（建立水资源概念）

Q4：你有什么证据来说明洪水是（不是）水资源？——分析（深化水资源概念）

Q5：其他同学说出同意（或否定）发言同学观点的理由是什么？——评价（深化水资源概念）

Q6：我国在什么地区、什么时间水资源丰富呢？（应用水资源概念）

Q7：阅读《中国水资源分布图》和《中国降水量分布图》，概括我国水资源时空分布特点——（综合分析水资源时空分布与降水时空分布间的本质联系，提升综合思维水平）

Q8：结合我国水资源的基本国情，谈谈你对开发利用和保护水资源的看法。

（二）从“提问与提问捆绑”走向“提问与学生的回答捆绑”

1. “提问与提问捆绑”和“提问与回答捆绑”是两种不同的提问展开模式

在“提问与提问捆绑”的提问展开模式（见图8）下，教师在设计提问时更加关注的是提问什么以及先提问什么后提问什么，每个问题间虽

然有逻辑，但每个提问与每个提问的回答形成相对封闭的小系统，课堂教学中教师更加关注每个提问的答案及回答结果。因此，课堂上很容易出现教师和学生一起努力寻找问题答案的现象，而为了得到完整满意的答案，教师不惜更换好几位学生来回答一个问题。

在“提问与回答捆绑”的提问展开模式（见图9）下，教师在设计提问时是以前面学生的回答为问题设计的逻辑起点，将上一个问题的回答与下一个问题的提出形成一个相对封闭的系统，每一个提问的设计都是在学生上一个问题回答的基础上进行的，学生的思维是连贯没有断层的，利于学生在后续连贯而深入的思考中逐步加深对前面学习内容的理解，也为后续的学习打下牢固的基础。学生在越学越明白的过程中会逐步增强学习自信和实际获得感，进而激发了学生内心的学习欲望和渴望证明成功的愿望。

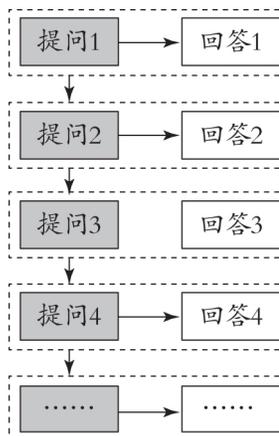


图8 “提问与提问捆绑”的提问展开模式

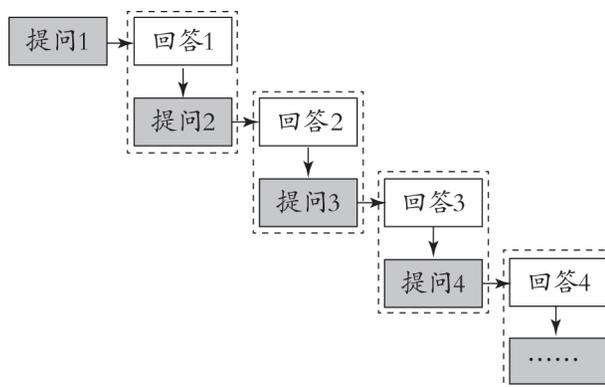


图9 “提问与回答捆绑”的提问展开模式

2. “提问与回答捆绑”的提问展开模式有利于学生学习动机的唤醒。

马斯洛需求层次理论将人类需求像阶梯一样从低到高按层次分为生理需求、安全需求、社交需求、尊重需求和自我实现需求。其中，前三个需求是较低层次的需求，后两个需求是高级需求。一般来说，较低层次的需求得到满足后才迸发出较高一级的需求。每位学生都有需求，在多种需要未获满足前，首先满足迫切需要。该需要满足后，后面的需要才显示出其激励作用。

当下教育改革格外强调学生的实际获得感，在课堂教学中追求学生的尊重需求和自我实现需求就显得尤为突出。如何摆脱学生在课堂上的不安全状态及封闭的交流互动空间，满足学生的各种需求，进而唤醒学习动机呢？“将提问与学生的回答捆绑起来”是一个不错的选择。比如，人教版初中地理《东南亚——热带气候与农业》的提问设计是：Q1：在图片信息的基础上区分概括什么是农业生产？Q2：根据农业生产的概念推断农业生产有什么特点？Q3：根据农业生产的特点说出东南亚热带气候是如何影响农业生产的？这三个提问衔接递进，后一个问题是在前一个问题回答的基础上展开的，并以小组合作的形式完成每个问题的回答。这样不仅将学生的思维逐步引向深入，也满足了学生从较低层次到较高层次的思维需求。首先，学生是在得出前面问题结论的基础上开始下一个问题的思考，意味着学生在回答问题时是有充分准备的，完成回答的风险是降低了的，学生的安全需求大大得到满足。其次，无论是哪位学生在回答问题，其他学生都会关注他（她）的回答与前面问题的回答观点是否一致，不一致应该如何说服对方，回答的学生也要站在前面问题回答的基础上充分论述为什么这个问题这么回答，以求能更充分地说服倾听的同学。这个过程打破了学生只和教师做互动反馈的局限，让学生更多地与同伴进行交流互动并对自己的言论负责，这又极大满足了学生的社会交往需求。再次，学生在回答问题时是与题目对话、与同伴对话、与教师对话，这个过程伴随着学生仔细的倾听、思考以及为了说服伙伴和教师所做的进一步讨论和学习。在此过程中更多的是彼此对观点的尊重和观点得到认可后的成就和喜悦，满足了学生的尊重需求和自我实现的需求，真实的获得感和强烈的学习动机在课堂上悄然被唤醒。

四、优化课堂提问的组织方式，实现学习互动过程的多元开放

互动是学习过程三要素之一。这里说的互动主要包括活动、对话和合作^{[1]107}。课堂教学中学生的互动对象除了教师和同伴外，还有学习材料、学习环境等。以往教学中常用的互动方式是以“师问—生答”的简单互动为主，学生处于被动接受状态，学习难以真实发生。如何打破这种提问方式，丰富学生学习的互动过程呢？

（一）设计问题接力，关注学生差异，实现多元充分互动

通常，教师提出一个或几个问题，小组讨论并派代表来回答是课堂教学中常见的一种提问组织方式。采用“问题接力”的提问组织方式，将会更好地关注到学生的差异，更充分地实现学习互动的多元开放。

“问题接力”的具体做法是，每个小组需要回答的提问数量和问题内容都是一样的，只是每个问题发放给每组的时间是不同的。同时将提问1发给每个组进行讨论，提问2要在小组完成提问1的回答后才能发放，哪个小组先完成提问1的学习，这个小组就能得到提问2的学习任务，以此类推。这就意味着，虽然各组要讨论的问题任务是一样的，但每组在完成每个问题需要的时间是不同的，完成所有问题需要的时间也是不同的（见图10）。

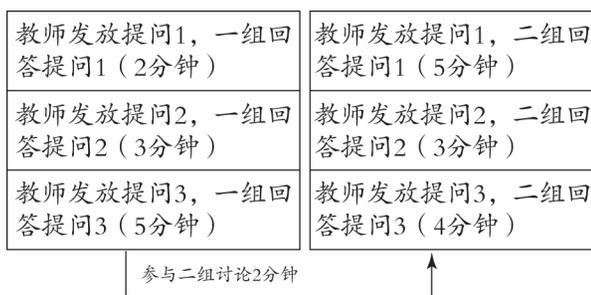


图10 问题接力及各组完成任务的时间

这样的提问组织方式能保证每个小组的学生与同组的伙伴、问题、材料等进行了充分的互动，在本组力所能及的时间内完成学习任务，任务结束的时间不是由教师喊“时间到”而停止，而是在完成了前面的任务后才能领到后面的任务，每组的学习是自然的、连贯的、递进的，这样的学

习互动过程参与率高、互动性强、思考度深。在全部提问都回答完成后, 优先完成的组还可以到没有完成的组继续参加互动讨论。

(二) 二次分组提问, 引发深度思考, 实现多元深度互动

有的教师认为, 只要分组活动了就是小组学习了。然而小组学习只是一种学习方式, 真正的目的是通过小组学习实现学生对学习内容的深度自主建构。现实告诉我们, 通常教师把提问交给小组讨论完成的实际效果并不尽如人意, 可是这个时候很多教师也只好草草收场, 亲自披挂上阵了。那么, 是否可以尝试二次分组设计, 使学生的自主建构走向深入和完善呢?

在《自然环境对民居的影响》教学片段中, 教师将学生分为六组, 其中有两组学生研究“四合院”, 两组学生研究“水乡民居”, 两组学生研究“骑楼”。最后, 每组学生要合作在大白纸上完成三个问题: (1) 描述民居的特点; (2) 从地理视角分析其成因; (3) 绘制民居特点和形成原因之间的关系图。活动气氛热烈, 每组都用大白纸把自己组里的讨论结果在全班进行了展示。在每个小组展示的过程中, 学生更多关注本组的展示内容, 表现出很强的责任感, 而对其他小组的展示听得就不够认真全面, 因为他们对其他组的内容没有参与, 可以不必负责, 所以学生的学习效率就从认识三个传统民居衰减为主要认识一个传

统民居, 其他两个民居的内容只是听听而已。假如能在第一次分组的基础上进行第二次分组, 由三种民居组的学生共同组织成新的小组, 继续完成下面的三个任务: (1) 将前面组内研究的一种民居的三个问题成果分享给组内的新伙伴; (2) 比较三种不同民居与自然环境关系的异同点; (3) 谈谈你们小组对“自然环境对传统民居的影响”的理解。这次分组之后, 全班每位学生对三种不同地域的传统民居都有了全面清楚的了解, 并在比较的过程中理性地建构了上位的地理概念及其与地理环境的关系, 使地理思维走向深刻, 小组互动走向多元开放和高效。

提问是课堂教学中的永恒话题, 站在学习的视角设计课堂提问, 才能真正回答“学生需要什么”“学生要怎样才能学会”等问题, 也只有回答了这两个基本问题才能称得上是有效提问。因此, 课堂教学的有效提问要力求将学习内容、学习动机、学习的互动过程有效衔接并促使学习真实发生。

参考文献:

[1] 克努兹·伊列雷斯. 我们如何学习: 全视角学习理论 [M]. 孙玫璐, 译. 北京: 科学教育出版社, 2014.

(责任编辑: 李 洁)

Effective Questioning Strategies in Classroom Teaching from the Perspective of Learning

Li Chunyan

(Beijing Institute of Education, Beijing 100120, China)

Abstract: Classroom questioning affects students' learning style, learning process and learning effect. Learning is very complex and multifaceted. The key to learning really lies in the full activation of the three basic elements by learning content, learning motivation and learning interactive process. It is an effective strategy for learning reality for breakthrough the weak dilemma of classroom questioning, by carefully designing the questioning system with the core problem as the logical starting point, organizing classroom questions with the logic of learning, and optimizing the organization of classroom questioning, etc.

Key words: effective questioning; learning; strategies in classroom teaching

关注证明思路的获得还要关注对证明的理解^①

——以“三角形内角和定理”的教学为例

杨小丽

(北京教育学院数学系 100120)

三角形内角和定理是平面几何中最重要的三个定理之一^[1]。鉴于它的重要性,也是各级各类研究课常见的课题。通过现场听课和查阅文献,发现:大部分教师把本节课的教学重点定位在“让学生从拼图操作实验中获得证明的思路及三角形内角和定理的证明”,而证明三角形内角和定理的思路大多都是通过“实物拼图—留下痕迹—抽象图形—理解图形变化—分析提升”的途径获得。

这引发了笔者的思考:拼图留痕是启发学生找到证明思路的唯一策略吗?学生会用什么方法说明三角形内角和定理的正确性?这节课除了启发学生获得证明思路和让学生学会证明定理,还应该发展学生什么?为了回答上述问题,对即将学习该节课的学生进行了调研。

1 学生调研及结果

为了了解学生的认知基础,在课前对任教班级40名学生开展了调查。调查题目是:(1)在 $\triangle ABC$ 中, $\angle A=30^\circ$, $\angle B=40^\circ$,则 $\angle C=$ ____。(2)解决问题(1)的依据是什么?(3)这个结论一定正确吗?为什么?

问题(1)(2)所有学生均回答正确。对于问题(3),学生的理由如表1所示。^②

表1 调研问题(3)学生作答情况

理由	人数	所占百分比
小学老师讲过	18	45%
度量:用量角器量出三个角后相加	7	17.5%
剪拼:剪下三个角拼成平角	6	15%

理由	人数	所占百分比
依据正方形或长方形的内角和是 360°	3	7.5%
依据平行四边形的内角和是 360°	3	7.5%
过三角形一个顶点做对边平行线后进行证明	3	7.5%

对上述学生的作答进行分析发现,对于三角形内角和定理的证明,学生存在以下问题:45%的学生没有认识到证明的必要性;32.5%的学生不清楚验证与证明的关系;15%的学生有证明的意识,但是证明过程中存在问题;仅有3人(7.5%)思路方法正确,但其中2人不会叙述辅助线的作法。

《义务教育数学课程标准(2011年版)》对证明提出了如下要求:知道证明的意义和证明的必要性,知道证明要合乎逻辑,知道证明的过程可以有不同的表达形式,会综合法证明的格式^[2]。各版本教材^{[3][4]}在学习三角形内角和定理的证明之前也开设了专门的章节学习命题、定理、证明的相关内容。但学生的测试结果表明:虽然学生在学习三角形之前比较系统地学习了命题、定理、证明的相关内容,但绝大多数学生还不太明白证明的相关内容,如:证明的必要性、证明的要求等。在证明中,要重视证明思路的探求过程;在证明后,要对证明的过程进行反思,以达到对证明的理解^[5]。因此,几何证明课的教学不仅要关注证明

^① 本文系北京教育学院2017年院级重点关注课题“‘学生研究’的相关成果在初中数学教学的实践转化研究”的研究成果之一(课题编号:ZDGZ2017-10)

^② 调查结果由文汇中学吴锦绣老师提供

思路的获得还要关注学生对证明的理解.

2 教学设计及实施

由前测可知,只有6名学生(15%)运用了剪拼的方法说明“三角形内角和等于 180° ”,其余34名学生都有各自的想法,如果课上仅仅通过让学生剪拼来探索证明思路,就忽视了其他大多数学生的想法.“教师教学应该以学生的认知发展水平和已有的经验为基础,面向全体学生”^[2].因此,本节课并没有刻意引导学生进行剪拼,而是关注到了所有学生的方法并进行了讨论交流.

下面呈现该节课的几个主要活动.

活动一:体会证明的必要性

问题1:前几天大家做了一份问卷,老师发现大家都知道“三角形的内角和等于 180° ”.而且大家还用这个结论解决了下面这个问题:在 $\triangle ABC$ 中, $\angle A=30^\circ, \angle B=40^\circ, \angle C=$ _____.我们知道正确的结论才能作为推理的依据,你们的依据都是“三角形的内角和等于 180° ”,是不是你们都认为这个结论是正确的?你们能告诉老师为什么这个结论是正确的吗?

设计意图 结论的正确性需要通过演绎推理的确认^[2],但前测结果表明:有31名学生(77.5%)并没有意识到这一点,因此,需要让这部分学生体会证明的必要性,并初步感受验证与证明的区别与联系.通过问题1,可以让学生充分展示各种理由,如:小学老师讲过、度量、剪拼等,教师通过追问等方式对学生展示的方法逐一讨论交流,发现上述方法都不能说明“所有三角形的内角和都等于 180° ”,需要进行证明,由此体会证明的必要性,并初步感受验证与证明的区别与联系.

活动二:证明定理

问题2:刚才我们讨论的几种方法都不能证明“三角形的内角和等于 180° ”那如何证明呢?请同学们自己尝试进行证明,已经证明出来的同学请思考有没有别的方法.

设计意图 此处并没有继续讨论课前调研中出现的其他方法,是希望给学生提供进一步思考的机会,尤其是课前缺乏证明意识的那31名学生.推理能力的获得不是靠“传授”得来的,而是在学生自主参与的推理活动中“领悟”出来的.这是一个体验、探索的“再创造”过程,需要留给学生自主活动的空白时间带^[6].在此期间,学生尝试

证明,教师巡视观察.学生思考一定的时间后,依据学生的情况教师可给予一定的启发.

活动三:交流证明方法、知道证明要合乎逻辑

设计意图 此处的证明方法,不仅指正确的方法,还包括学生采用的存在问题的方法.无论是前测调研还是在课堂实际教学中,都有学生把“平行四边形、长方形或正方形的内角和等于 360° ”作为证明依据,但无论用哪一个,在证明过程中都存在或多或少的问题,如果课上不予以澄清,那么类似的问题会一再出现,不利于发展学生对证明的理解.

本活动就是希望通过对不同方法的讨论交流,引导学生反思并意识到自己证明过程中存在的问题,从而明确数学证明的要求:第一,出发点正确;第二,推理过程正确.而判断选用的出发点是否正确有以下途径:是否是学过的定义、基本事实、定理等,如果不是,则需要经过推理,才能进行判断.此外,在推理过程中,要注意不能用特殊代替一般,否则就会出现逻辑推理错误.

学生的主要方法如图1-4所示.

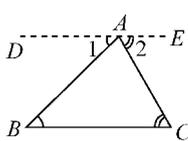


图1

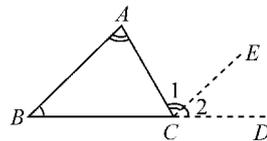


图2

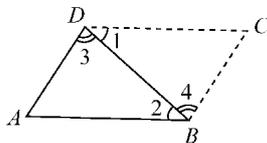


图3

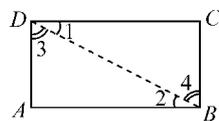


图4

第1,2种方法(图1、图2)的讨论交流此处不再赘述.需要特别说明的是,注意引导学生将辅助线的添加与之前的操作、探索等活动联系起来,让学生清楚操作、探索是启发证明思路的有效手段,是证明过程中的重要环节.当然,仅靠操作、探索是不够的,证明还需要经历演绎推理的过程.

法3:因为平行四边形的4个内角和为 360° ,由于对角线BD把平行四边形分为两个一样的三角形,所以其中一个三角形的内角和为 $360^\circ \div 2 = 180^\circ$.

师:平行四边形的4个内角和为 360° 这个结论正确吗?

生:正确啊,小学学过.

师:小学学过就一定正确吗?

生:需要证明.过点 D 作 $DC \parallel AB$,过点 B 作 $BC \parallel AD$.因为 $DC \parallel AB$,所以 $\angle A$ 与 $\angle ADC$ 互补, $\angle ABC$ 与 $\angle C$ 互补,所以 $\angle A + \angle ADC + \angle ABC + \angle C = 360^\circ$.

师:对角线 BD 把平行四边形分成的两个三角形为什么一样呢?

生1:因为 $DC \parallel AB$,所以 $\angle A$ 与 $\angle ADC$ 互补,所以 $\angle A + \angle ADC = 180^\circ$;又因为 $DC \parallel AB$,所以 $\angle 1 = \angle 2$,所以 $\angle A + \angle 2 + \angle 3 = \angle A + \angle 1 + \angle 3 = \angle A + \angle ADC = 180^\circ$.

生2:因为 $DC \parallel AB$,所以 $\angle A$ 与 $\angle ADC$ 互补,所以 $\angle A + \angle ADC = 180^\circ$,同理 $\angle C + \angle ADC = 180^\circ$,所以 $\angle A = \angle C$;因为 $DC \parallel AB$,所以 $\angle 1 = \angle 2$;因为 $AD \parallel BC$,所以 $\angle 3 = \angle 4$;所以 $\angle A + \angle ABC + \angle C + \angle ADC = \angle A + \angle 2 + \angle 4 + \angle C + \angle 1 + \angle 3 = 2(\angle A + \angle 2 + \angle 3) = 360^\circ$,所以 $\angle A + \angle 2 + \angle 3 = 180^\circ$,即三角形的内角和等于 180° .

两位学生虽然都没能说明为什么两个三角形一样,但在推理过程中,竟然都“意外”地完成了对“三角形内角和等于 180° ”的证明.事实上,生1的做法就是过点 D 作 $DC \parallel AB$,利用“两直线平行,同旁内角互补”的性质完成了证明.在课堂中也有学生直接采用了这种证明方法.

教师接下来引导学生反思该题的证明过程,重点让学生意识到:一个命题的正确性需要经过推理,才能作出判断;证明要做到两点,即出发点正确、推理过程正确;证明的依据是教材中列出的基本事实和定义、定理、性质等.

法4:因为长方形的四个角都是直角,所以长方形的内角和是 360° ;又因为 $\angle A = \angle ADC = 90^\circ$,所以 $\angle A$ 与 $\angle ADC$ 互补,所以 $DC \parallel AB$,所以 $\angle 1 = \angle 2$;同理可证 $BC \parallel AD$,所以 $\angle 3 = \angle 4$,所以 $\angle A + \angle ADC + \angle ABC + \angle C = \angle A + \angle 1 + \angle 3 + \angle 2 + \angle 4 + \angle C = 2(\angle A + \angle 2 + \angle 3) = 360^\circ$,所以 $\angle A + \angle 2 + \angle 3 = 180^\circ$.

师:以上证明了什么结论?

生:任意直角三角形的内角和是 180° .

师:以上我们并没有证明任意直角三角形的内角和是 180° ,我们只证明了:长方形对角线分成的两个直角三角形,每一个的内角和都是 180° .那任意的直角三角形,是不是都能成为某一长方形用对角线分成的直角三角形呢?

师:我们需要从任意的直角三角形出发,做一个矩形,接下来的证明方法就和法3一样了.

师:我们刚才证明了任意直角三角形的内角和是 180° ,那我们原本要证明的结论是什么?

生:三角形的内角和等于 180° .

师:我们证明了吗?

生:没有.我们只证明了任意直角三角形的内角和等于 180° .

师:那问题出在哪?

生:证明的时候用的是直角三角形,而不是任意三角形.

师:嗯,同学们说得对,问题在于,我们证明的时候用直角三角形这个特殊的三角形代替了一般三角形进行推理,混淆了特殊和一般的关系.今后遇到类似问题的时候需要特别注意.

师:下面我们来看下一种方法,根据正方形的内角和等于 360° 来进行证明.

生:老师,这个方法不行,犯了和上面一样的错误,它不能证明任意三角形的内角和等于 180° ,只能证明任意等腰直角三角形的内角和等于 180° .

3 教学后学生调研及结果

本节课课后对学生进行了后测,题目如下:四边形的内角和是_____,为什么?所有学生第一小问均回答正确,但第二小问的回答具有较大差异,第二小问的测试结果如表2所示.^①

表2 后测题学生作答情况

证明方法	人数	所占百分比
法1:转化为两个三角形(图5)	10	25%
法2:证明平行四边形的内角和为 360° (图6)	13	32.5%
法3:证明矩形或正方形的内角和为 360° (图7)	11	27.5%
法4:测量	1	2.5%
没写理由	5	12.5%

^① 调查结果由文汇中学吴锦绣老师提供

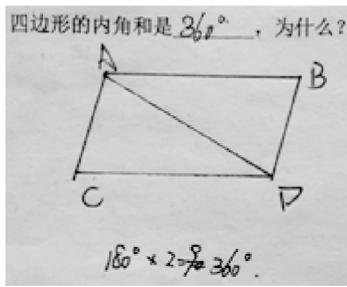


图 5

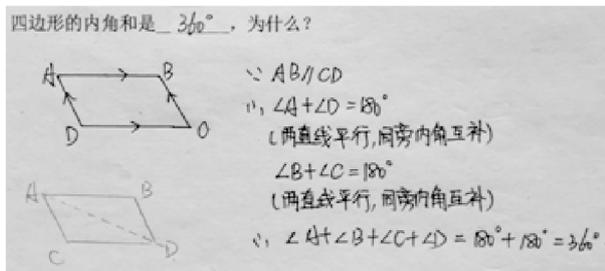


图 6

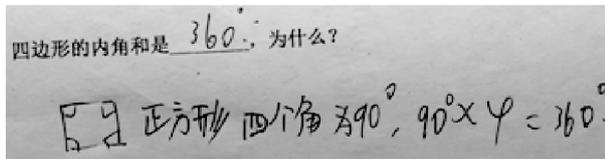


图 7

对比前后测结果可以发现:相比课前,学生对证明的意义和必要性的认识有了大幅度的提高,由课前的 22.5% 提高到了 85%;但在证明过程中,仍有 60% 的学生出现了逻辑推理错误,用特殊四边形代替一般四边形进行了证明。

4 教学启示

4.1 加深对推理与证明的认识

推理是对命题的判断,是从一个命题判断到另一个命题判断的思维过程^[7]。逻辑推理是指从一些事实和命题出发,依据规则推出其它命题的素养^[8]。本质上只有两种形式的逻辑推理,一种是归纳推理,一种是演绎推理^[7]。归纳推理是一种从特殊到一般的推理,包括不完全归纳法、类比法、简单枚举法、数据分析等。演绎推理是一种从一般到特殊的推理,包括三段论、反证法、数学归纳法等。数学证明是根据命题的条件和已知的定义、公理、定理,借助演绎推理,验证那些通过归纳推理得到的结论。数学证明能加深对概念和定理的理解、训练和培养逻辑思维能力、发展理性

精神。

许多人会把数学的推理等同于数学的证明,因为数学证明的思维过程依赖的是演绎推理,于是认为数学推理就是演绎推理,甚至认为逻辑推理就是演绎推理,这种认识是不全面的,甚至对于数学教育还是有害的^[7]。英国数学教育家赫斯认为:对数学本质的认识是一切教学法的根。因此,建议教师首先要加深对推理与证明的认识,提高自身的数学素养。

4.2 加强对学生的了解

如果没有对学生进行课前调研,本节课最终的设计也许就只有一种方式了:让学生撕纸拼图,然后在教师的引导下留下拼图痕迹从而获得辅助线的添加方法,之后更多关注的是证明的技巧。但前测结果却发现:92.5% 的学生对证明的认识和理解是远远不够的。既然学生对证明的理解存在问题,那本节课的教学目标及重难点就应该有所调整,应该把鼓励学生用各种方式获得证明的思路、发展学生对证明的理解作为本节课的重难点之一。

课堂教学活动的设计、决策、组织与实施均建立在教师对学情认知的基础之上,而教师对学情认知的理念与水平决定了教学的走向与质量^[9]。因此,建议教师课前加强对学生的了解,在了解学生的基础上进一步思考教学目标及教学活动的合理性,从而增加教学的针对性及有效性。

4.3 关注学生对证明的理解

在以往这节课的教学中,教师关注较多的是拼图留痕获得证明思路以及证明方法的多样性。但通过对学生的调研和教学实践发现,这节课需要重点解决的问题不仅仅只是证明思路的获得,发展学生对证明的理解是更为迫切和重要的任务。

进一步通过后测结果发现,虽然课上进行了针对性地讲解,但依然有 60% 的学生在后测中出现了逻辑错误:用平行四边形、矩形或正方形代替一般四边形进行推理,混淆了特殊和一般的关系。温建红等学者选取兰州市某学校九年级 240 名学生进行测试,发现学生大多数的错误证明都是由不正确的逻辑推理所致^[10]。这都说明,学生对证明的理解、逻辑推理能力的发展是一个长期的

(下转第 59 页)

即 $\frac{(1-x^2)e^x-1}{x} < 1 (x > 0)$.

因为 $\frac{(1-x^2)e^x-1}{x} \leq a (x > 0)$, 所以 $a \geq 1$.

综上所述, a 的取值范围是 $[1, +\infty)$.

注释 (1) 容易把 $a \geq 1$ 写成 $a > 1$, 是没有注意到当 $x > 0$ 时, $\frac{(1-x^2)e^x-1}{x}$ 是始终小于 1, 永远达不到 1.

(2) $g(x) = (1-x^2)e^x - 1 - x (x \geq 0)$ 是这样得到的:

设 $g(x) = (1-x^2)e^x - 1 - tx (x \geq 0)$, 其中 t 为待定系数,

则 $g'(x) = (1-2x-x^2)e^x - t$.

设 $h(x) = (1-2x-x^2)e^x - t (x \geq 0)$,

则 $h'(x) = -(1+4x+x^2)e^x < 0$,

在 $[0, +\infty)$ 上, $h(x)$ 单调递减, $h(x) \leq h(0) = 1-t$.

若 $t=1$, 则 $g'(x) \leq 0$, $g(x)$ 单调递减,

$g(x) \leq g(0) = 0$.

于是, 当 $x \geq 0$ 时, $(1-x^2)e^x - 1 - x \leq 0$,

(当且仅当 $x=0$ 时等号成立).

当 $x > 0$ 时, $(1-x^2)e^x - 1 - x < 0$,

即 $\frac{(1-x^2)e^x-1}{x} < 1 (x > 0)$.

(上接第 31 页)

例子, 以激发学生的学习兴趣. Mahoney 根据每个人的指纹以及掌心的曲线不一样的, 且这些曲线都对应于数学上的某种函数, 包括多项式函数、幂函数、指数函数、对数函数、正弦函数等设计了“掌上数学”的教学活动, 学生对此十分感兴趣.^[40]

在数学教学过程中应根据实际需要, 充分挖掘数学文化内容, 将其渗透到日常教学中, 就让学生逐渐爱上数学学习. 但是, 数学文化的渗透不能喧宾夺主, 影响正常教学内容的学习. 如何把握渗透数学文化的“度”的问题, 需要数学教师在教学过程中仔细思考.

参考文献

- [1] 顾沛. 南开大学数学课程十年来的探索与实践[J]. 中国高校研究, 2011(9)
[2] 中华人民共和国教育部考试中心 <http://www.neea.edu.cn/>

(上接第 45 页)

过程, 不可能通过一两节课的教学就有明显的提高. 因此, 建议教师把发展学生对证明的理解、培养学生的逻辑推理能力作为教学的长期目标, 贯穿于整个数学学习的过程中.

参考文献

- [1] Smith D E. The Teaching of Geometry[M]. Boston: Ginn and Company, 1911:184-188
[2] 中华人民共和国教育部制定. 义务教育数学课程标准(2011年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2011:1-36
[3] 林群等. 义务教育教科书·数学(七年级下册)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2012:20-22

html1/report/16103/415-1.htm

- [3] 中华人民共和国教育部. 普通高中数学课程标准(2017年版)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2018
[4] 希波克拉底定理. 百度百科 <https://baike.baidu.com/item/%E5%B8%8C%E6%B3%A2%E5%85%8B%E6%8B%89%E5%BA%95%E5%AE%9A%E7%90%86>
[5] 张邱建算经. 百度百科 <https://baike.baidu.com/item/%E5%BC%A0%E4%B8%98%E5%BBA%E7%AE%97%E7%BB%8F/7202817>
[6] 十二平均律. 百度百科 <https://baike.baidu.com/item/%E5%8D%81%E4%B A%8C%E5%B9%B3%E5%9D%87%E5%BE%8B/592297>
[7] 李文林. 数学史概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011.
[8] 伏春玲, 冯秀芳, 董建德. 数学文化在中学数学教学中的渗透[J]. 数学教育学报, 2011, 6(20): 89-92
[9] Edwards M T. Who Was the Real William Shakespeare[J]. Mathematics Teacher, 2009, 102(8): 580-585
[10] Mahoney J F. The Hands Project[J]. Mathematics Teacher, 2011, 105(1): 56-61

- [4] 马复等. 义务教育教科书·数学(八年级上册)[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2012:162-170
[5] 张乃达. 数学证明和理性精神——也谈数学证明的教学价值[J]. 中学数学, 2003(02):1-4
[6] 宁连华. 数学推理的本质和功能及其能力培养[J]. 数学教育学报, 2003(03):42-45
[7] 史宁中. 数学基本思想 18 讲[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2016:6
[8] 史宁中. 试论数学推理过程的逻辑性——兼论什么是有逻辑的推理[J]. 数学教育学报, 2016, 25(04):1-16
[9] 蔡金法, 许世红. 教师读懂学生什么: 认知导向的教学[J]. 小学教学, 2013(9):4-6
[10] 温建红, 周文芬, 汪飞飞. 初中学生几何证明中逻辑推理错误及对教学的启示——以三角形内角和定理的证明为例[J]. 数学教育研究, 2017, 36(3):20-23

学科融合:数学建模活动资源开发的一个视角^①

——以“种群数量变化研究”为例

马萍¹ 王尧² 顿继安^{3②}

(1.北京市海淀区教师进修学校 100195;2.中国人民大学附属中学分校 100086;3.北京教育学院 100044)

“数学建模”作为高中数学课程标准确定的六大核心素养之一,旨在推动学生关注现实世界中的真实问题,这样的问题发现与提出、分析与解决,既需要学生能够应用数学知识与数学思想方法,还需要学生能够关心自然与社会,是培养学生实践能力、创新精神、社会责任感的重要途径。

然而,教学实践中关于数学建模素养的培养效果并不尽如人意,有研究发现,当前学生数学建模素养在六个数学核心素养中的平均分最低^[1],说明数学教学在培养学生数学建模素养方面需要做出更多的努力。

但数学建模在教学实践中给教师带来了诸多挑战和困难.我们对北京市海淀区的69位高中数学骨干教师的调研发现,数学建模教学在实际教学会遇到不同类型的困难,其中,排在前两位的困难分别是“不知如何开发数学建模的活动案例”(82%)和“数学建模的教学设计及实施缺少指导”(69%).由此可以看出,教师亟需获得好的数学建模活动资源,或者获得开发数学建模活动资源过程的示范。

本文将第六届中国未来学校大会“数学建模”教学设计获得第一名“种群数量变化研究”数学建模课例的开发过程为例,探讨如何从学科融合的视角进行数学建模活动资源的开发,以及如何将所开发的资源用于教学。

1 “种群数量变化研究”数学建模活动的选题背景

1.1 生物知识背景分析

“种群的数量变化研究”是高中生物选择性必修二《生物与环境》第一章“种群及其动态”的第2节内容.2017版的生物课程标准中,对本节的描述是“尝试建立数学模型解释种群的数量变动”.为达到此目标,给出了“探究培养液中酵母种群数量动态变化”的建议活动.生物课程标准中对本节内容的描述体现了对学生“模型与建模”的科学思维以及科学探究的生物学核心素养的培养与提升。

在第1节“种群的数量特征”中,学生学习了种群的特征,知道出生率和死亡率是种群数量动态变化的决定因素.但并不知道种群是如何增长的,也没有意识到种群增长的相关知识可以用于指导生产实践.学生需要在生物课上在教师带领下进行酵母菌种群数培养相关实验,并记录实验数据,这是一个非常自然的数据和项目来源.对于这些自然现象的本质的深刻理解,可以借助数学模型的视角来分析。

1.2 数学知识背景分析

本节课内容需要学生具备基本初等函数(指数、对数函数)的相关知识,也需要简单微分方程的内容,因此适合在高二基本初等函数和导数章节后开展学习.部分内容需要涉及最小二乘法的

① 本文是北京市教育科学“十三五”规划2016年度一般课题:“基本数学活动经验”对高中生“数学核心能力”影响的实证研究(课题编号:CDDB16173)的阶段性成果。

② 通讯作者:顿继安:dunjian72@163.com

初步原理知识,虽然学生并未系统接触,也可以简 进行计算.
要介绍原理.在参数拟合环节,可以借助相关软件

表1 预备知识、学习模块与学习目标拆解

预备知识	学习模块	学习目标
指对数函数 函数与导数	模块一 基本假设与模型的 建立、求解.	1. 能够理解种群增长的两种不同模型. 2. 能够提出合理的种群增长模型基本假设并引入适切的参数及变量. 3. 能够基于对现实的理解,利用增长率的定义式方程,建立出适当的种群增长数学模型. 4. 能够对模型进行基本的演绎分析.
最小二乘法 原理、函数 与导数	模块二 模型的检验与分析 及指导实践应用.	1. 能够检验模型的准确性并呈现参数的变化对模型的影响. 2. 能够基于模型的特征应用于生产生活实践. 3. 能够基于酵母菌实验数据拟合出模型参数并预测未来种群数量.

在以往的数学探究活动中,学生已体验过数学建模的过程,但是对于构建数学建模及对数学建模思想的认识还是不够清楚的,尤其是对于建立数学模型来分析生物学问题的方式方法并未接触过.通过本节学习,让学生经历数学建模的过程,学会用数学思维分析世界,发展数学建模和数据分析素养.

2 “种群数量变化研究”数学建模教学过程

2.1 明确课题

生物实验研究中,培养液中酵母种群数量动态变化的规律与实验设计方式有关.酵母种群的培养方法,常见的有两种:一是原瓶培养,即酵母菌始终在一个培养瓶内进行培养,中间不更换培养液,随着酵母菌的增长,培养空间和营养物质有限;二是扩瓶培养,即将一个培养瓶内的酵母菌定时接种到多个培养瓶内进行培养,培养空间和营养物质始终充足.这两种不同的实验设计会呈现

出不同的数据变化规律,本次数学建模活动则将学生按照实验设计分为两组,一组进行扩瓶实验研究,另一组开展原瓶实验研究.通过每个小组和组间交流,确定的研究问题是:两种实验下菌群增长模型分别是什么?到底为什么两种实验条件得到的数学模型会有差异?哪个模型与真实世界中的种群增长规律更吻合?

2.2 分组研究

两个小组分别按照数学建模的基本过程(明确问题—开展实验—收集与整理数据—描述与分析数据—建立数学模型—给出解释)开展研究.

2.2.1 扩瓶实验下酵母菌增长模型的建立

(1) 实验数据的获得与分析

扩瓶实验模拟的是为酵母菌的繁殖提供理想的条件,即有足够的生存和繁殖资源与空间,学生通过实验过程,获得数据整理为表2.

表2 种群培养实验扩瓶培养的观察数据记录

次数 (间隔时间相同)	计数结果					平均值 (个)	稀释倍数	酵母种群密度 (个/mm ³)
	结果1	结果2	结果3	结果4	结果5			
1	14	8	12	5	10	9.8	1	2450
2	14	27	25	19	26	22.2	1	5500
3	16	18	8	12	22	15.2	3	11500
4	38	29	37	27	34	33	3	24500

将数据描点得散点图1,可以看出曲线大致符合指数函数的增长趋势,呈现“J”形曲线的规

律,大致符合指数函数的增长规律,利用函数拟合法得到数学模型.

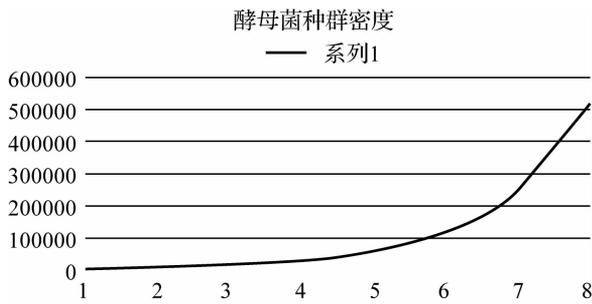


图1 扩瓶实验数据散点图

(2)理论推演法建立数学模型

理论推演法需要首先建立假设:在有足够的生存和繁殖资源与空间,在温度、资源充足的情况下,种群可以自由生长,增长率为常数,记为 λ .酵母菌初始数量 $N_0=2450$,

根据假设,任意给定时间 Δt ,由种群的增长率的概念得:

$$\text{因为 } \frac{N_{t+\Delta t} - N_t}{N_t \cdot \Delta t} = \lambda,$$

$$\text{所以 } \frac{N_{t+\Delta t} - N_t}{\Delta t} = \lambda \cdot N_t,$$

$$\text{因为 } \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{N_{t+\Delta t} - N_t}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \lambda \cdot N_t,$$

$$\text{所以 } \frac{dN_t}{dt} = \lambda \cdot N_t \Leftrightarrow \frac{dN_t}{N_t} = \lambda \cdot dt,$$

$$\text{所以 } \int \frac{dN_t}{N_t} = \int \lambda \cdot dt,$$

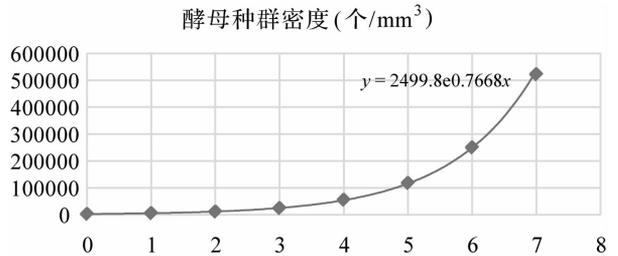
$$\text{所以 } \ln N_t + C_1 = \lambda t + C_2 \Leftrightarrow \ln N_t = \lambda t + C_2 - C_1,$$

令 $C_0 = C_2 - C_1$,所以 $\ln N_t = \lambda t + C_0$,

所以 $N_t = e^{\lambda t + C_0}$,又因为当 $t=0$ 时,

$$N_0 = e^{C_0} = 2450, \text{所以 } N_t = 2450 \cdot e^{\lambda t}.$$

利用拟合软件拟合后可以发现,拟合后的指数型效果明显,误差很小,增长率 $\lambda \approx 0.77$.



(3)实际意义的解释与检验

实际上,自然界中种群在资源和生存空间没有限制的情况下,其增长不受种群密度增长的影响,增长特点为指数增长模型: $N_t = N_0 \lambda^t$,曲线通常会大致呈“J”形,这种类型的增长称为“J”形增长,这种增长趋势反映了生物增殖的潜能,是达尔文提出的生物都有过度繁殖倾向的规律的数学解释.比如,按照这个模型规律,酵母菌在条件适宜时可2小时增殖一次,10—11天后将与地球同等质量.

2.2.2 原瓶实验下酵母菌增长模型的建立

(1)实验数据的获得与分析

原瓶实验的数学模型的建立过程与扩瓶实验类似.根据酵母菌种群培养实验原瓶培养的数据如表3所示,绘制散点图如图2所示.

表3 酵母菌种群培养实验原瓶培养的数据

天数	计数结果					平均值 (个)	稀释倍数	酵母种群密度 (个/mm ³)	增长速率 (个/mm ³)	增长率
	结果1	结果2	结果3	结果4	结果5					
0	14	8	12	5	10	9.8	1	2450	none	none
1	23	35	35	19	26	27.6	3	20700	18250	7.45
2	20	17	29	20	21.2	21.44	20	107200	86500	4.18
3	28	31	33	23	25	28	20	140000	32800	0.31
4	25	28	33	22	32	28	20	140000	0	0.00

(2)理论推演法建立数学模型

散点图显示的规律不同于扩瓶实验的“J”形增长,而是“S”形增长.出现这种变化的原因是种群在资源有限环境中的数量增长不是无限的,当

种群在一个资源有限的空间中增长时,随着种群密度的上升,对有限空间资源和其他生存必需条件的种内竞争也将加强,必然影响到种群的出生率和存活率,从而降低了种群的实际增长率,直至

种群停止增长,甚至使种群数量下降.

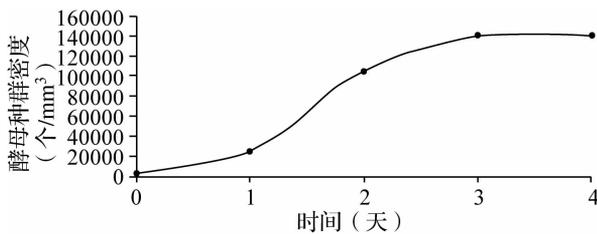


图2 原瓶培养数据的散点图

为了建立“S”形增长曲线的数学模型,首先提出假设:

资源的条件导致种群的增长率是变化的,假设环境容纳总量为 K ,变化率 λ_t 与种群还可以继续利用的空间(即剩余空间)成正比.

根据假设,则当繁殖时间为 t 时,菌群数为 N_t ,此时空间环境的剩余空间为 $1 - \frac{N_t}{K}$,则种群的变化率为 $\lambda_t = \lambda(1 - \frac{N_t}{K})$,其中 λ 为资源充足情况下种群的增长率.

根据模型的假设,任意给定时间 Δt ,由种群增长率概念可得:

$$\text{因为 } \frac{N_{t+\Delta t} - N_t}{N_t \cdot \Delta t} = \lambda(1 - \frac{N_t}{K}),$$

$$\text{所以 } \frac{N_{t+\Delta t} - N_t}{\Delta t} = \lambda(1 - \frac{N_t}{K}) \cdot N_t,$$

$$\text{所以 } \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{N_{t+\Delta t} - N_t}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \lambda(1 - \frac{N_t}{K}) \cdot N_t,$$

$$\text{所以 } \frac{dN_t}{dt} = \lambda(1 - \frac{N_t}{K}) \cdot N_t.$$

上式可以看作 N_t' 关于 N_t 的二次函数,因为 $\lambda > 0$,所以当 $N_t = \frac{K}{2}$ 时,增长速率的最大值为 $\frac{K\lambda}{4}$

(此处可以解释在 $N_t = \frac{K}{2}$ 处,取得增长速率的最大值),而 $\frac{dN_t}{N_t} \cdot \frac{K}{K - N_t} = \lambda \cdot dt$,

$$\text{所以 } \int (\frac{1}{N_t} + \frac{1}{K - N_t}) dN_t = \int \lambda \cdot dt,$$

$$\text{所以 } \ln N_t - \ln(K - N_t) + C_1 = \lambda t + C_2,$$

$$\text{即 } \ln \frac{N_t}{K - N_t} = \lambda t + C_2 - C_1,$$

$$\text{令 } C_0 = C_2 - C_1, \text{ 所以有 } \ln \frac{N_t}{K - N_t} = \lambda t + C_0,$$

$$\text{所以有 } \frac{N_t}{K - N_t} = e^{\lambda t + C_0}, \text{ 即 } N_t = \frac{K}{1 + e^{-\lambda t - C_0}},$$

$$\text{当 } t = 0 \text{ 时,得 } C_0 = \ln \frac{N_0}{K - N_0}.$$

这种种群增长模型称为逻辑斯谛增长,由于曲线“S”形又叫逻辑斯谛增长,是种群在资源有限环境下连续增长的一种最简单的形式,又称阻滞增长.

(3)实际意义的解释与检验

种群在有限资源环境中的 S 形增长曲线有一个上渐近线,即 S 形增长曲线逐渐接近于某一特定的最大值,但不会超过这个最大值的水平,此值即为种群生存的最大环境容纳量 K ,当种群大小到达 K 值时,将不再增长,影响 K 值的因素是温度、空间、资源、天敌等.

对有限空间资源和其他生活必需条件的种内竞争也将加强,必然影响到种群的出生率和存活率,从而降低了种群的实际增长率,直至种群停止增长,甚至使种群数量下降.

2.2.3 两种数学模型的比较与解释

将得到的 S 和 J 放在同一个坐标系中,如图 3 所示,用斜线标记出两条直线之间的阴影面积,分析阴影面积出现的原因及其意义可以得到结论:种群“J”形增长曲线表明生物种群具有过度繁殖潜能.“S”形增长是生物在自然界环境阻力作用下的必然结果.阴影表示环境阻力,两条曲线数量差表示被淘汰的个体数.环境阻力减小,K 值增大;环境阻力增大,K 值减小.

交流中,学生探讨了为什么“S”形增长是环境阻力作用下“J”形增长发展的必然结果的问题,认识到主要原因是“J”形增长表明生物种群具有过度繁殖潜能.但是,自然条件下的空间、资源是有限的,随着种群数量增加,空间和食物资源等相对减少,种内竞争和与种间竞争加剧,天敌数量增多,这些都是阻止种群数量无限增长的环境阻力.在环境阻力下,生物的出生率下降,死亡率上升,大量个体被淘汰,一定的环境条件只能容纳一定的种群数量,种群增长曲线呈“S”形.两者的比较通过表 4 呈现.

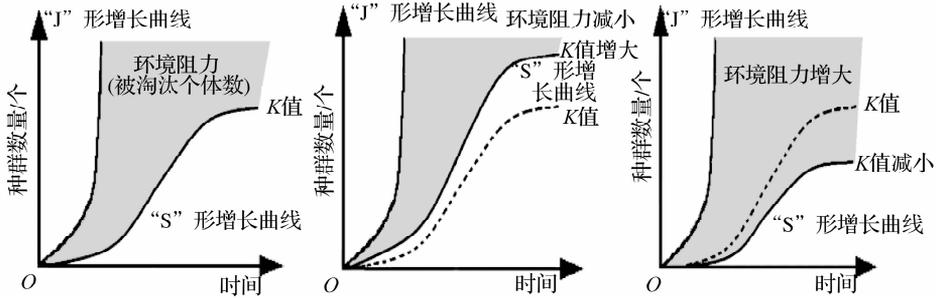


图3 “J”形增长与S形增长曲线的比较

	“J”形增长	“S”形增长
产生条件	食物和空间条件充裕、气候适宜、没有天敌和其他竞争物种等理想条件.	资源和空间有限、受气候变化影响、受其他生物制约.
增长特点	每个世代的种群数量以一定倍数增长,后一世代种群数量是前一代种群数量的 λ 倍,种群增长速率越来越快.	种群增长速率先逐渐增大, $K/2$ 时增长最快,此后增长减缓,到 K 值时停止增长.
增长速率坐标图		
联系	“S”形增长是自然界环境阻力作用下“J”形增长发展的必然结果.	

图4 “J”形增长与“S”形增长模型的比较

那么参数 K, r, N_0 的变化会带来怎样的影响呢? 利用计算机软件,通过参数不同的变化,我们可以发现数种群的逻辑斯谛增长是受到密度制约最为显著的,密度越大越容易出现竞争;因此,在无法改变物种自身的数目和增长率的情况下,扩大种群的生存空间、增加食物资源、减少天敌是增加种群数目最快、最有效的措施.

学生也通过进一步查阅资料给出解释,例如:澳大利亚昆虫学家曾对果园中蓟马种群进行长达14年的研究,发现在环境条件较好的年份,它们的种群数量增长迅速,表现出季节性“J”形增长.在有限的环境中,如果种群的初始密度很低,种群数量可能会出现迅速增长,随着种群密度的增减,种内竞争就会加剧,因此种群数量增加到一定程度就会停止增长,这就是“S”形增长.例如,栅列

藻、小球藻等藻类的种群增长,常常具有“S”形增长特点.

3 学习评价

数学建模过程中,如何评价学生的数学建模水平是一个很重要的内容,依据2017版高中数学课程标准给出的数学建模素养评价量表设计了针对本次学科融合的数学建模活动水平评价量表,如表5所示.

量表的设计考虑了三个方面的内容:一是学生科学思维和实验探究能力,这是生物学科核心素养的内容,借助学生在教学过程中的表现评价;二是在种群增长的实践应用环节,通过学生的回答等表现来评价学生解决生产生活问题的担当和能力,以及学生对知识内容的掌握情况;三是可以通过适当的课后习题作业来评价学生学习效果.

表5 数学建模水平的评价量表

各阶段	表现性证据(满分15分)				
	1分	1.5分	2分	2.5分	3分
基本假设	能够提出基本假设,但是无法自圆其说.	缓冲级	能够提出并解释合理基本假设但无法设出適切参数及变量.	缓冲级	能够提出并解释合理的基本假设并设出适切的变量和参数.
模型建立	能够用符号表达基本假设,但是无法建立模型.	缓冲级	能基于基本假设得出各变量和参数的关系,但无法建立适切的形式化数学模型.	缓冲级	能够基于基本假设利用等式方程.建立适当的形式化数学模型.
模型求解	能够对模型进行变形,但是无法得到实质结果.	缓冲级	只能通过一种方式观察模型,能够得到部分结果.	缓冲级	能够同时通过对模型的形式化演绎和数据拟合两种方式得到对规律的观察和未来的预测.
模型检验	无法对模型进行检验,但是可以讲出对结果的直观感受.	缓冲级	能够对模型的有效性进行检验,但不能有效分析模型参数扰动对模型结果的影响.	缓冲级	能够对模型的有效性进行检验且能够有效分析模型参数扰动对模型结果的影响.
结果分析	仅能描述模型的结果,但不清楚其意义.	缓冲级	能够将对应的模型,结果对应到相应的种群特征.	缓冲级	能够给予模型的结果,挖掘出某些种群变化过程证据.
合计	总评分: _____分				

4 结束语

数学建模活动资源的开发是数学建模获得能够落实的基础条件,本案例中,我们从其他学科中找素材,做了一次学科融合的尝试,让学生体会到数学在科学研究中的真实作用.

数学建模在中学落地生根与枝繁叶茂,不是一蹴而就的,还需要通过实践去解答、去检验.唯有不断思考、不断实践、不断交流,形成一大批适用于中学数学的建模案例和与之相适应的教学方法,建立健全各级各类数学建模素养的培养和评价体系,数学建模才能真正在课堂落地生根.

参考文献

- [1]张淑梅,何雅涵,保继光.高中数学核心素养的统计分析[J].课程·教材·教法,2017(10):50-55
- [2]姜启源,谢金星,叶俊.数学模型[M].5版.北京:高等教育出版社,2018
- [3]王力勤,彭白桦.逻辑斯蒂模型及应用[J].成都气象学院学报,1997,11
- [4]万昌秀,梁中宇.逻辑斯蒂模型研究进展[J].生态学报,1993,9
- [5]逻辑斯蒂回归模型 <https://blog.csdn.net/phdsky/article/details/100047625>

我国大陆与台湾地区数学课程标准中内容分布的比较研究

杨小丽

(北京教育学院数学系 100120)

1 研究缘起

2019年1月3日,我国大陆义务教育课程修订工作启动^[1].将对2012年1月颁布的《义务教育数学课程标准(2011年版)》^[2](以下简称《标准》)进行修订.

2018年6月,台湾地区教育主管部门公布了《十二年国民基本教育课程纲要 国民中小学暨普通型高级中学 数学领域》^[3](以下简称《纲要》).

中国台北在2012及2015年PISA(Program for International Student Assessment Scores)数学测试中都取得了非常优异的成绩.2012年PISA数学测试,中国台北排名第3;2015年PISA数学测试^[4],中国台北位列第4名,平均分是542分,与第2名的中国香港(548分)、第3名的中国澳门(544分)并不存在显著差异.在数学素养的水平上,OECD成员国平均10.7%的学生能达到水平5,2.3%的学生能达到水平6,而台北数学素养达到水平5和水平6的学生比例分别为28.1%,10.1%,仅次于新加坡.PISA测试结果表明,中国台北的数学教育水平较高,值得我们深入研究.

内容分布是课程设置中最基本的问题.通过对《标准》和《纲要》的内容分布进行比较研究,期望能对我国大陆义务教育数学课程标准的修订以及数学课程的进一步发展提供一定的借鉴和参考.

2 研究设计

2.1 研究对象

本研究的研究对象是我国大陆2012年1月颁布的《义务教育数学课程标准(2011年版)》,以及台湾地区2018年6月公布的《十二年国民基本教育课程纲要 国民中小学暨普通型高级中学 数学领域》(小学初中部分),主要针对其中的“内容标准”部分进行比较研究.

2.2 研究问题

通过比较我国大陆和台湾地区的数学课程标准,研究以下问题:我国大陆和台湾地区的数学课程标准包括哪些内容主题?不同内容主题的分布如何?不同学段/年级分别注重哪些内容的学习?

2.3 研究思路及方法

本研究主要以定量研究的方法对《标准》和《纲要》进行文本分析,分别对《标准》中的“课程内容”及《纲要》中的“学习内容”中的内容条目逐条进行统计,考察各个内容主题占该学段/年级所有内容的比重,进而比较得出不同内容主题的分布情况,以及各学段/年级内容分布的变化趋势.

3 研究内容

3.1 大陆《标准》的内容分布

《标准》在各学段中,都安排了以下四部分课程内容:数与代数、图形与几何、统计与概率、综合与实践.各个学段每个内容主题所包含的条目数如表1所示.

表1 《标准》各学段的内容分布

内容主题 \ 学段	第一学段 (1-3 年级)	第二学段 (4-6 年级)	第三学段 (7-9 年级)	合计
数与代数	21	28	49	98
图形与几何	18	25	87	130
统计与概率	3	8	11	22
综合与实践	3	4	3	10
合计	45	65	150	260

(说明:上表中的数据没有包括《标准》中标有“*”的条目,标有“*”的内容为选学内容.)

由表1可知,从第一学段到第三学段,各个内容领域的条目数之和分别为45,65,150,内容总量显著增长.而具体到每一内容领域,除了“综合与实践”外,其他三个内容领域的条目数都随着学段的升高而增加,尤其是“图形与几何”领域,在第三学段急剧增加到87条,是第二学段的3.5倍.

将表1中的条目数转化为百分比,按总体及各学段分别绘制图1和图2.

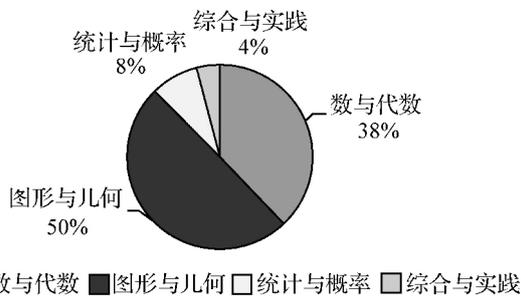


图1 《标准》的总体内容分布

由图1可知,在所有内容领域中,“图形与几何”内容最多,占50%;其次是“数与代数”,占38%;“统计与概率”及“综合与实践”内容较少,分别占8%和4%.

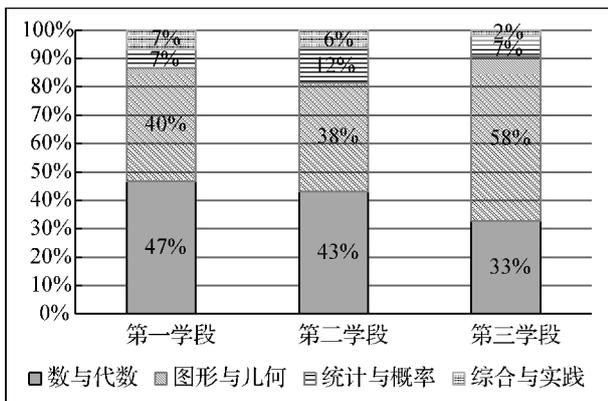


图2 《标准》各学段的内容分布

由图2可得以下结论:(1)无论哪个学段,“数与代数”“图形与几何”都占有很大的比例,而“统计与概率”“综合与实践”只占有很小的比例;(2)第一、二学段“数与代数”内容最多,第三学段“图形与几何”内容最多;(3)“数与代数”“综合与实践”内容所占比例随学段增长而逐渐减小;“图形与几何”内容条目数虽然随着学段的增加而增加,但其百分比并没有一直增长,而是先略微下降,后大幅上涨;“统计与概率”内容条目数虽然也是随着学段的增加而增加,但其百分比却是先增加后下降.

3.2 台湾地区《纲要》的内容分布

《纲要》在“学习内容”中分年级(1-12 年级)呈现了学习内容.1-6 年级的学习主题相同,包括:数与量、空间与形状、关系、资料与不确定性;7-12 年级的学习主题相同,包括:数与量、空间与形状、坐标几何、代数、函数、资料与不确定性.下面对1-9 年级的内容主题分布进行统计分析.

对“学习内容”中每个内容主题所包含的条目数进行统计,统计结果如表2所示.

表2 《纲要》各年级的内容分布

内容主题 \ 年级	年级									合计
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	
数与量	6	14	17	13	16	9	9	6	1	91
空间与形状	2	5	4	8	7	4	5	12	13	60
坐标几何	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
关系	2	4	2	4	3	4	0	0	0	19
代数	0	0	0	0	0	0	8	7	0	15
函数	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
资料与不确定性	1	1	1	1	1	2	2	1	3	13
合计	11	24	24	26	27	19	25	29	19	204

由表2可知:(1)小学1年级学习内容条目数最少,只有11条;2-5年级学习条目数有所增加,条目数量都是1年级的两倍多;6年级学习条目数减少到19条;7,8年级学习内容条目数逐渐增加,到9年级又减少到19条;(2)具体到每一内容主题,“数与量”1-6年级学习内容条目数没有明显的变化规律,但从7年级到9年级则逐年减少,9年级减少到1条;“空间与形状”1-5年级也没有明显的增减变化规律,但从6年级到9年级则逐年增加,且8-9年级的学习条目数明显高于其他年级;“坐标几何”只在7,8年级出现,而且内容很少,各只有1条;“关系”只出现在1-6年级,内容条目数没有明显的变化规律,但稳定在2-4条之间;“代数”内容只在7,8年级出现,分别为8条和7条;“函数”只在8,9年级出现,条目数均为2条;“资料与不确定性”每个年级均涉及,条目数没有呈现出明显的变化规律,但稳定在1-3条之间。

将表2中的条目数转化为百分比,按总体及各学段分别绘制图3和图4。

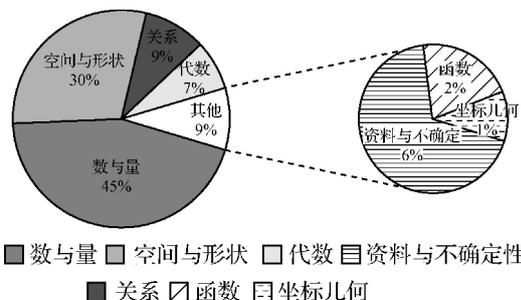


图3 《纲要》的总体内容分布

由图3可知,在所有的内容领域中,“数与量”内容最多,占45%;其次是“空间与形状”,占30%;“坐标几何”内容最少,仅占1%。

由图4可得以下结果,(1)1-7年级“数与量”内容最多,8-9年级“空间与形状”内容最多;(2)“数与量”1-4年级所占百分比没有明显的变化规律,但5-9年级则随着年级的升高而逐年下降,9年级减少到5%;“空间与形状”1-6年级所占百分比没有明显的变化规律,但7-9年级则随着年级的升高而升高,9年级增加到68%,大于三分之二;“坐标几何”只在7-8年级学习,所占比例很小,分别是4%和3%;“关系”只在1-6年级学习,没有出现明显的变化规律;“代数”也只在

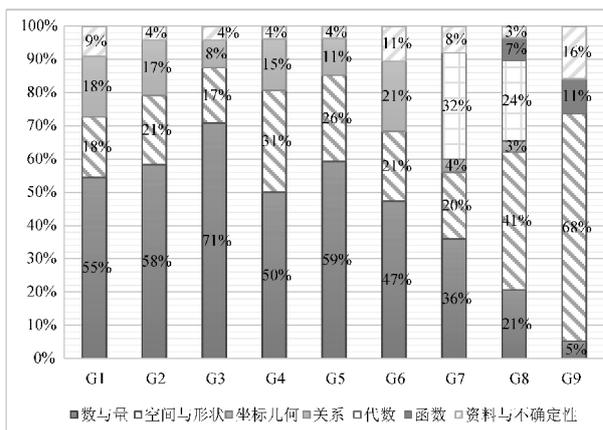


图4 《纲要》各年级的内容分布

7-8年级学习,所占比例与“数与量”相当,分别是32%和24%;“函数”只在8-9年级学习,所占比例逐渐增加;“资料与不确定性”1年级、6年级、9年级所占比例相比其他年级高,其中9年级所占比例最高,达到了16%。

4 研究结论

4.1 内容主题的同异

为方便比较,将《纲要》中1-9年级的内容主题进行整理,与《标准》中的内容主题进行对应,两者之间的对应关系如表3所示。

表3 《标准》与《纲要》中的内容主题

《标准》	《纲要》	
1-9 年级	1-6 年级	7-9 年级
数与代数	数与量 关系	数与量 代数(7-8 年级) 函数(8-9 年级)
图形与几何	空间与形状	空间与形状 坐标几何(7-8 年级)
统计与概率	资料与不确定性	资料与不确定性
综合与实践		

《标准》的内容主题涉及四个领域,分别是:“数与代数”“图形与几何”“统计与概率”“综合与实践”。

《纲要》中的内容主题涉及7个领域,分别是:“数与量”“空间与形状”“坐标几何”“关系”“代数”“函数”“资料与不确定性”,其中“数与量”“空间与形状”“资料与不确定性”贯穿1-12年级,而“关系”只出现在1-6年级,到7-12年级转换发展

成为“代数”和“函数”；“坐标几何”从7年级开始涉及，一直延续到12年级。

总的来说，《标准》中的内容主题是固定的，而《纲要》中的内容主题则并不固定，小学和初高中有所不同。

4.2 内容主题总体分布的异同

《标准》与《纲要》内容主题的分布情况如表4所示。

表4 《标准》与《纲要》内容主题的总体分布

《标准》		《纲要》	
内容主题	年级	内容主题(%)	年级
	1-9		1-9
数与代数	38%	数与量 关系(1-6年级) 代数(7-8年级) 函数(8-9年级)	63%
图形与几何	50%	空间与形状 坐标几何(7-8年级)	31%
统计与概率	8%	资料与不确定性	6%
综合与实践	4%		

《标准》中“图形与几何”内容最多，占到50%，而“数与代数”内容只占38%。

与之不同的是，《纲要》中与“图形与几何”对应的“空间与形状”“坐标几何”内容之和仅占31%，而与“数与代数”对应的“数与量”“关系”“代数”“函数”内容之和占到了63%，接近三分之二。

《标准》与《纲要》中“统计与概率”内容都很少，且所占比例接近。

《标准》中设置了“综合与实践”内容，但所占比例很小，仅占4%。而《纲要》中则无相应内容主题。

总的来说，《标准》更重视“图形与几何”内容，而《纲要》更重视“数与代数”相关内容。

4.3 不同学段内容分布及变化趋势的异同

为了便于比较，将《标准》和《纲要》不同学段的内容分布整理成表5。

表5 《标准》与《纲要》不同学段内容主题的总体分布

《标准》				《纲要》						
内容主题	学段	第一	第二	第三	内容主题	年级	第一	第二	第三	第四
数与代数		47%	43%	33%	数与量 关系(1-6年) 代数(7-8年级) 函数(8-9年级)		74%	72%	70%	48%
图形与几何		40%	38%	58%	空间与形状 坐标几何(7-8年级)		20%	24%	24%	44%
统计与概率		7%	12%	7%	资料与不确定性		6%	4%	7%	8%
综合与实践		7%	6%	2%						

(说明:《纲要》将1-12年级划分为5个学习阶段,其中1-2年级为第一学习阶段,3-4年级为第二学习阶段,5-6年级为第三学习阶段,7-9年级为第四学习阶段。)

《标准》中,随着学段的升高,“数与代数”“综合与实践”内容比重逐渐减少;“图形与几何”内容先小幅减少,后明显增加;“统计与概率”内容则先增加后减少。

《纲要》中,随着学段的升高,数与代数内容比重逐渐减少,图形与几何内容比重逐渐增加;“资料与不确定性”内容则先减少后增加。

总的来说,随着学段的升高,《标准》和《纲要》对“数与代数”的重视程度都呈下降趋势;对“图形与几何”的重视程度都呈上升趋势。

5 进一步的结论与思考

以上对我国大陆《标准》及台湾地区《纲要》的内容分布情况进行了比较研究,发现了一些差异,但差异的存在是正常的,这也正是进行比较的价

值所在.面对差异,我们不必也不可能断定孰优孰劣,但他山之石,可以攻玉.通过比较,可以进一步了解我国大陆《标准》课程内容分布的基本情况,从而为我国大陆义务教育数学课程标准的修订和课程改革的实施提供一定的借鉴和参考.

(1)我国大陆《标准》与台湾地区《纲要》对“数与代数”“图形与几何”重视程度不一样.《标准》中“图形与几何”内容占到了50%，“数与代数”内容只占38%；而《纲要》中“图形与几何”内容只占31%，“数与代数”内容却占到了63%.与《纲要》类似,英国和美国课程标准中也都是“数与代数”内容分布最多,占一半以上,其次是“几何与测量”内容,占三分之一.^[5]那“数与代数”与“图形与几何”内容比重究竟各为多少比较合理?每个内容主题下各选择哪些具体的知识主题?这些具体的知识主题在每个年级如何分布?这都值得思考和进一步研究.

(2)我国大陆《标准》与台湾地区《纲要》对学段的划分不相同.《标准》将1—9年划分为三个学段,其中1—3年级为第一学段,4—6年级为第二学段,7—9年为第三学段.《纲要》则将1—12年级划分为5个学习阶段,其中1—2年级为第一学习阶段,3—4年级为第二学习阶段,5—6年级为第三学习阶段,7—9年级为第四学习阶段,10—12年为第五学习阶段.上述学习阶段由《十二年国民基本教育课程纲要总纲》^[6]统一规定,每个学科划分一致.那义务教育阶段学段如何划分才更为合理呢?这需要进一步研究.

(上接第17页)

衡.对于每一种完成方式的探究活动,其数量在第四节均达到了较多,这也体现了随着知识学习的深入,探究活动设计的最终要求是着力培养学生不同领域的潜能.操作实验使数学知识的呈现更加直观、可视化,也使学生更易于观察发现规律.观察能力和动手操作能力都是认识事物十分重要的能力,其敏锐度和灵活度将助推思维的发展,当然思维指导下的观察和实验也必将开展得更有效.

总之,探究能力已成为学生需要养成的一项重要能力,教科书中的探究活动是学生探究能力

(3)我国大陆《标准》与台湾地区《纲要》在内容标准的呈现方式上不一样.《标准》按学段呈现课程内容,并且在同一条目中既呈现课程内容要求又呈现认知要求.而《纲要》中课程内容要求和认知要求是分开呈现的,其中“学习内容”部分按年级呈现课程内容要求,“学习表现”部分则分别按学习阶段和内容主题呈现认知要求.例如,7年级“三视图”的学习内容是:立体图形的前视图、上视图、左(右)视图.立体图形限制内嵌于 $3 \times 3 \times 3$ 的正方体内且不得中空.相应的认知要求是:理解简单的立体图形及其三视图.那课程内容究竟如何呈现才更清晰,更有利于一线教师、教材编写者以及评价者把握和实施呢?这也值得进一步研究.

参考文献

- [1] 黄鹏举. 教育部启动义务教育课程修订工作[N]. 中国教育报, 2019-01-04
- [2] 中华人民共和国教育部. 义务教育数学课程标准(2011年版)[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2012
- [3] 台湾地区教育主管部门. 十二年国民基本教育课程纲要 国民中小学暨普通型高级中等学校 数学领域[Z]. 台北: 台湾地区教育主管部门, 2018
- [4] OECD (2016), PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education, PISA, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264266490-en>
- [5] 康玥媛, 曹一鸣. 中英美小学和初中数学课程标准中内容分布的比较研究[J]. 课程·教材·教法, 2013, 33(4): 118-122
- [6] 台湾地区教育主管部门. 十二年国民基本教育课程纲要总纲[Z]. 台北: 台湾地区教育主管部门, 2014

发展的重要载体.从对新加坡初中数学教科书中“函数及其线性图像”一章中探究活动的分析中发现,其在探究活动的内容、开放水平及完成方式的设置是有启示性的.

参考文献

- [1] Dr Joseph Yeo, Teh Keng Seng, Loh Cheng Yee, et al. New Syllabus Mathematics Normal (Academic) 2[M]. Singapore: Shinglee, 2014
- [2] 刘云, 张广祥, 黄永明, 等. 高中数学必修教科书中的数学探究活动分析[J]. 数学教育学报, 2012, 21(5): 76-79

问题变式视角下数学新定义型综合题的设问路径

——以2020年北京市中高考数学题为例

●顿继安*

摘要：本文以问题变式为视角，以2020年北京市中考数学卷中的新定义型综合题的设问路径为例进行研究，并以同一视角对同类高考题进行简要分析，揭示问题的深层结构，挖掘其丰富的教育价值。同时，建议将这种设计问题的思路应用于日常的概念教学中，让学生看到一个简单的源问题如何变为复杂问题，一个新的概念如何与已有知识建立联系、如何与数学知识大厦的其他部分融为一体，使“能力立意”的教学导向功能得到更好的发挥。

关键词：2020年中高考 北京市中高考 问题变式 新定义型综合题 源问题 水平变式 垂直变式

一、问题的提出

2020年北京市的中考数学试卷仍然以新定义型综合题为“压轴题”，这是北京市中考数学自2012年以来始终使用的题型，在考试命题“从知识立意向能力立意范式的转换”^[1]的背景下，这是一种极具代表性的试题，其命制按照“确定立意—选择情境—设

计设问”的程序进行，即在确定拟考察的能力即题目立意后，再选择实现立意的介质和素材，进而根据命题技术以合适的设问方式呈现。^[2]新定义型综合题以学生陌生的新概念作为设问的基础，需要学生独立完成对新概念的理解，并将之与其他知识建立联系，解决一些难度较大的问题，其考查的能力，

* 顿继安，北京教育学院数学与科学教育学院院长，教授。

既包括诸如数学抽象、逻辑推理、直观想象、数学运算等重要的数学学科能力，又包括学习能力、探究能力等更具普适性、对学生未来的学习和工作都非常重要的能力。

既然以一个新定义的概念为基础设计的问题可以考查这些重要能力，那么在日常的概念学习中，如果教师也能有意识地设计类似的问题，新知识的学习过程就可以用来培养学生的这些能力。为此，需要认识新定义型综合题的设问特点和路径。

本文以问题变式为视角，以2020年北京市中考数学中的新定义型综合题的设问路径为例进行研究，并以同一视角对同类高考题进行简要分析，以期揭示问题的深层结构，挖掘更丰富的教育价值。

二、问题变式视角下的“平移距离”试题

新定义型综合题包括题干和问题两部分，题干中给出一个新概念的定义，设计的问题一般包含源问题和变式问题两类。源问题指的是针对新概念的辨析题或者直接应用

新概念定义中的规则计算、推理的问题，变式问题则是由源问题变化而得。变式问题可分为水平变式和垂直变式两类^[3]：水平变式只改变源问题的表面形式而不改变问题的数学结构，在教学中通常通过水平变式问题帮助学生认识概念的本质属性；垂直变式改变了源问题的数学结构，新问题的解决需要先转化为源问题，它是促进分析、推理等高层次数学思维发展的重要载体，也是建立新概念与数学中其他知识纵深联系的基本途径。

新定义型综合题的命制路线如图1所示。

2020年北京市中考数学卷中的第28题（下称“平移距离”试题或2020-28题）即为新定义型综合题，其问题设计也符合这一框架，其中的变式问题是按照垂直变式的路线设计的。

1. 定义新概念

新定义的概念是实现能力考查目标最具特色的介质与素材，它直接以内涵界定的方式给出，其意义并非像学生在常规数学学习中获得的其他概念那样有具体现实或数学情境支持，名称也不像学生日常学习的数学概

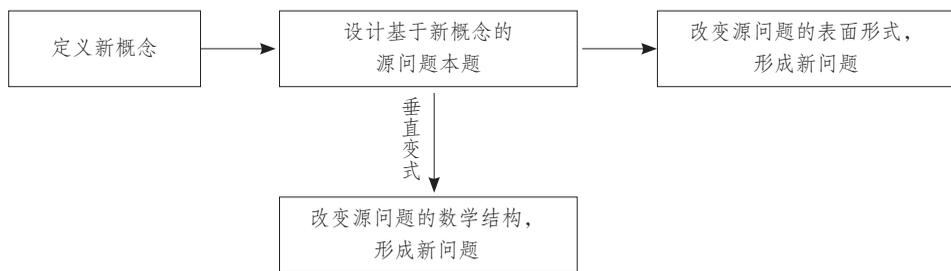


图1 新定义型综合题命制路线图

念那样通俗、直观，但其能够自然链接初中数学中的其他重要知识，使得考查能力的介质和素材变得更加丰富和有意义。

2020-28题给出了一个被命名为“线段到圆的‘平移距离’”的新概念：

在平面直角坐标系 xOy 中， $\odot O$ 的半径为1， A, B 为 $\odot O$ 外两点， $AB=1$ 。给出如下定义：平移线段 AB ，得到 $\odot O$ 的弦 $A'B'$ （ A', B' 分别为点 A, B 的对应点），线段 $A'B'$ 长度的最小值称为线段 AB 到 $\odot O$ 的“平移距离”。

“线段到圆的‘平移距离’”并非数学中的基本概念，题目并未交代这一概念的产生背景，这一概念的名称几乎过去不曾、未来也不会出现在学生的学习和工作中（即使出现同一个名词，其内涵也会不同），是一个为考试而专门创造的概念。它以初中数学中的圆为背景，通过线段 AB 的运动变化，与几何变换、函数等建立联系，体现了“以主干知识为载体考查能力”的命题理念。

2. 设计源问题

从“线段到圆的‘平移距离’”这一新概念出发，最直接的设问就是“求某条给定的线段 AB 到 $\odot O$ 的‘平移距离’”，其设计和解答都很简单，不但具有考查学生对于新概念的规则是否理解的功能，同时也可以帮助学生建立对新概念的感性认识。2020-28题的问题（1）就是这样的问题：

（1）（下称“第一问”）如图2，平移

线段 AB 到 $\odot O$ 的长度为1的弦 P_1P_2 和 P_3P_4 ，则这两条弦的位置关系是_____；在点 P_1, P_2, P_3, P_4 中，连接点 A 与点_____的线段的长度等于线段 AB 到 $\odot O$ 的“平移距离”。

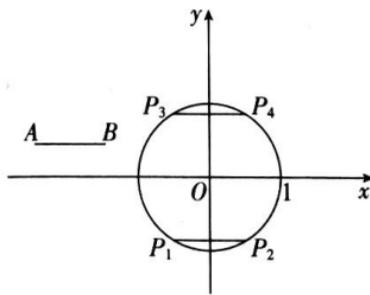


图 2

题目给出了图形，并以填空题的方式呈现，学生不需要将新概念定义中所规定的法则转化为作图程序并画图，避免了因思维的疏漏而在 $\odot O$ 中仅画出一条与 AB 平行的弦可能带来的解答错误。除了推理外，本题还可以借助图形直观获得“由 AB 平移而得的弦 P_1P_2 和 P_3P_4 的平行关系”，以及“点 A 到 P_3 的距离最短”的结论，命题者借助命题技术降低题目难度的意图明显。

3. “由定到动”设计垂直变式问题

有研究者将新定义型综合题的设计路线概括为“层层设问，由正到反，由静到动，由浅到深”^[4]。其中，源问题属于“浅问题”，而“由正到反”“由静到动”则是由源问题变式而得的“深问题”的两种具体方法。在2020-28题中，所谓“由正到反”，即条件与结论互换，产生的基本变式问题是“已知一个线段到 $\odot O$ 中的‘平移距离’，求

线段 AB ”；所谓“由静到动”（更准确的数学表达是“由定到动”），也就是将源问题条件中的定值改为变量，由于本题“线段 AB 到 $\odot O$ 的‘平移距离’”的定义中，线段 AB 的长度和 $\odot O$ 是确定、不可变的，可以改变的只有 AB 的位置，因此，按照“由定到动”的思路产生的问题只能是“随着 AB 位置的变化， AB 到 $\odot O$ 的‘平移距离’会发生怎样的变化”。试题中的问题（2）和问题（3）都是“由定到动”思路下的设计，问题（2）探讨的是 AB 沿着一条直线平移运动时的情形，而问题（3）探讨的则是 AB 以 A 为圆心做旋转运动的情形：

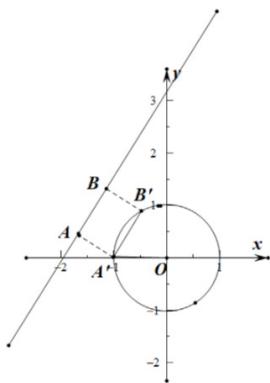


图3

（2）（下称“第二问”）若点 A, B 都在直线 $y=\sqrt{3}x+2\sqrt{3}$ 上，记线段 AB 到 $\odot O$ 的“平移距离”为 d_1 ，求 d_1 的最小值。

（3）（下称“第三问”）若点 A 的坐标为 $(2, \frac{3}{2})$ ，记线段 AB 到 $\odot O$ 的“平移距离”为 d_2 ，直接写出 d_2 的取值范围。

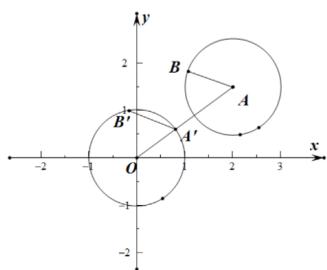
第二问将线段 AB 放到一次函数的图象上做平移运动（如图3所示），无论 AB 运动到哪里，带来“平移距离”的弦 $A'B'$ 始终不变，由于 $A'B'=1$ ，且弦 $A'B'$ 所在的直线与 $y=\sqrt{3}x+2\sqrt{3}$ 的图象平行，可知 A' 坐标为 $(-1, 0)$ ，这样“线段 AB 到 $\odot O$ 的‘平移距离’的最小值”问题就转化为“ A' 到直线 $y=\sqrt{3}x+2\sqrt{3}$ 的距离”问题；从直线斜率数字可推得直线与 x 轴所成角为 60° ，于是问题

进一步转化为“求斜边为1的直角三角形中 60° 角所对的直角边长度”，经计算可得这个长度为 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ，即为 d_1 的最小值。

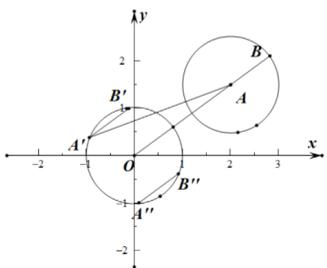
在 AB 做平移运动之后，第三问的条件是点 A 不变，实质是让 AB 绕 A 点做旋转运动，点 B 则在以 A 为圆心的半径为1的圆上运动。由于题目只要结果而不需要说明理由，因此解决此题主要靠几何直观能力、特殊化方法等，也大大降低了题目的难度。如图4（1）所示，当 A' 在 OA 上时， AA' 为 d_2 的最小值；如图4（2）所示， AB 在 OA 的延长线上时， AA' 为 d_2 的最大值，问题转化为常规的圆中计算题，可得 $\frac{3}{2} \leq d_2 \leq \frac{\sqrt{39}}{2}$ 。

三、问题变式视角下的“平移距离” 试题的问题生长空间

通过上面的分析，我们看到了2020-28题的设计思路：以新定义的概念为基础，应用“由定到动”的方法将源问题变为垂直变式



(1)



(2)

图 4

问题。在问题变式的视角下，试题中的三个问题的关系如图5所示。这些问题是试题命制者基于多种考虑做出的选择，而根据问题变式法，“线段到圆的‘平移距离’”这一概念还可以生长出其他垂直变式类问题，也可以生长出一些水平变式类问题。

1. 垂直变式类问题

(1) 由“由正到反”法产生的垂直变式问题

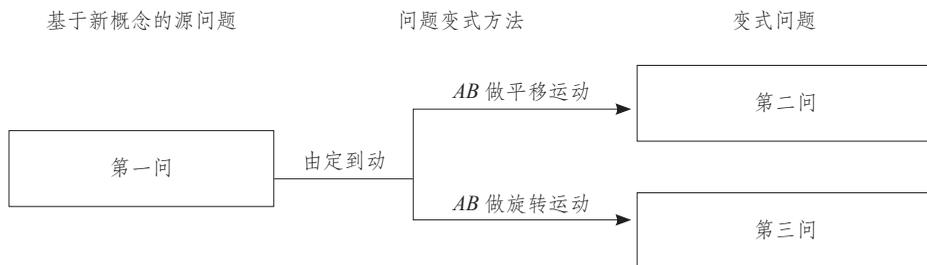


图 5

以源问题为基础，应用“由正到反”，即条件与结论互换的方法，可以设计垂直变式问题。具体的呈现方式，可以像问题1那样设计为作图题，或者像问题2那样设计为计算推理题，教师在教学中可以根据希望培养的学生能力做出选择。

问题1：如图6，已知线段 AB 到 $\odot O$ 的“平移距离”为 AA' ，画出线段 AB 。

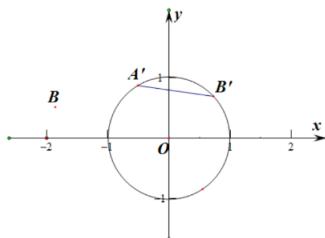


图 6

问题2：如图7，已知线段 AB 到 $\odot O$ 的“平移距离”为2，求线段 B 点坐标。

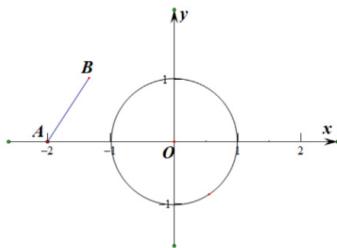


图 7

(2) 多种方法综合应用产生的垂直变式问题

“由正到反”和“由定到动”两种问题变式方法还可以综合应用，形成新的垂直变式问题，问题3就是一个例子——这一问题的解答与2020-28题的第二问所用的知识基本相同，但对推理和计算能力的要求却高于后者，而类似的问题设计方法也常见于往年中考的新定义型综合题中。

问题3：已知直线 $y=\sqrt{3}x+2\sqrt{3}$ 上的线段 AB 到 $\odot O$ 的“平移距离”为2，求 A, B 点的坐标。

2. 水平变式类问题

水平变式问题可以通过改变源问题中条件的参数完成。2020-28题中的源问题，给出的线段 AB 属于一般情况，通过随意换位得到的变式问题的意义并不大，而通过极端化、特殊化、反例等方法得到的变式问题则能够起到突出概念本质属性的作用。2020-28题中的源问题，给出的线段 AB

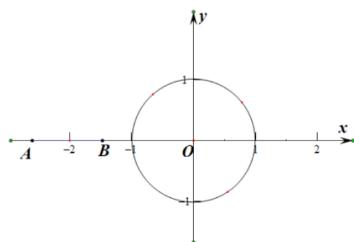


图 8

属于一般情况：它经平移可以得到 $\odot O$ 中的两条弦 P_1P_2 和 P_3P_4 ，而 AB 平移到两条弦的距离不同。但在特殊情况下， AB 到其平移而得的两条弦的距离相等（如图8所示），此时 AB 的延长线过圆心——如果试题中设计一个这样的水平变式问题（记为问题4），将有助于学生形成线段与圆的“平移距离”这一概念的外延，这会让学生的思维更加灵活，从而能够大大降低试题中最具挑战性的第三问（求 d_2 的最大值）的难度。由于水平变式问题的难度与源问题基本相同，一般低于垂直变式问题，因此无论是在教学中还是在考试中，通常都放在新概念初学之时。图9表达了这些问题之间的演变关系。

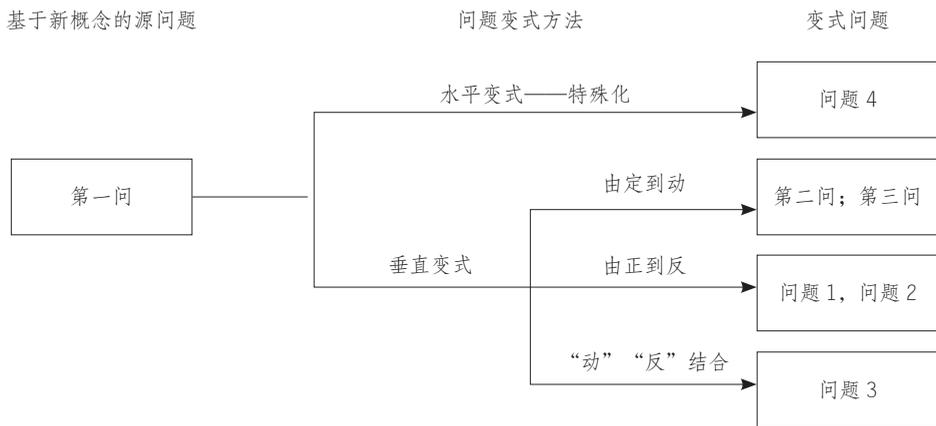


图 9

表1 问题变式视角下2020年高考数学北京卷第21题的设问结构分析

程序	内容
规定新性质	已知 $\{a_n\}$ 是无穷数列, 给出两个性质: ①对于 $\{a_n\}$ 中任意两项 $a_i, a_j (i>j)$, 在 $\{a_n\}$ 中都存在一项 a_m , 使得 $\frac{a_i^2}{a_j} = a_m$; ②对于 $\{a_n\}$ 中任意一项 $a_n (n \geq 3)$, 在 $\{a_n\}$ 中都存在两项 $a_k, a_l (k>l)$, 使得 $a_n = \frac{a_k^2}{a_l}$ 。
基于性质1的源问题1	(I) 若 $a_n = n (n=1, 2, \dots)$, 判断数列 $\{a_n\}$ 是否满足性质①, 说明理由;
基于性质1与性质2的源问题2	(II) 若 $a_n = 2^{n-1} (n=1, 2, \dots)$, 判断数列 $\{a_n\}$ 是否满足性质①和性质②, 说明理由。
应用“由正到反”法设计源问题2的垂直变式问题	(III) 若 $\{a_n\}$ 是递增数列, 且同时满足性质①和性质②, 证明: $\{a_n\}$ 是等比数列。

四、问题变式视角的迁移应用

以问题变式为视角分析试题的设问路径和发展空间, 能够帮助我们透过现象看本质, 发现那些表面不同、难度各异的新定义型综合题的类似的结构。表1是以此为视角对2020年高考数学北京卷第21题的设问做的分析, 从中可以看到, 2020年北京市中高考数学的新定义型综合题的设问结构相同、设问方法有异, 这也说明北京市的初高中数学教学与评价都注重对学生数学能力和普适性能力的培养。

“立德树人、服务选材、引导教学”是我国高考的核心功能^[5], 中考亦是如此。问题变式视角为充分挖掘新定义型综合题的教育价值提供了基础, 这种设计问题的思路也可以用于日常的概念教学中, 让学生看到一个简单的源问题如何变为复杂问题, 一个新

的概念如何与已有知识建立联系、如何与数学知识大厦的其他部分融为一体, 这样, “能力立意”的教学导向功能将得到更好的发挥。❖

参考文献:

- [1]陈 昂, 单旭峰, 任子朝.我国高考命题的范式和范式转换研究[J].中国高教研究.2015(03): 10-14.
- [2]任子朝.能力立意命题的理论与实践[J].数学通报, 2008(01): 24-32.
- [3]孙旭花, 黄毅英, 林智中, 张莫宙.问题变式: 结构与功能的统一[J].课程·教材·教法, 2006(05): 38-42.
- [4]刘春艳.理解试题内涵, 把好教学方向[J].数学教育学报, 2018(06): 36.
- [5]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(11): 1.

(责任编辑 沈炯靓)

中学地理课程中的概念建构与学习进阶

李春艳

(北京教育学院 教师教育数理学院, 北京 100044)

摘要: 中学地理课程中有许多内容是初中和高中都要学习的地理核心概念, 地理教学需要整体把握地理核心概念, 按“层级结构”建构中学地理课程的概念体系, 按“学习进阶”组织推进地理教学和考试复习, 使学生在各阶段的学习中持续加深对地理核心概念的理解, 强化课程内容之间的联系, 有利于学生对知识的整合, 有利于学生建构有效的地理认知结构, 有利于知识的迁移和实际问题的解决。

关键词: 核心概念; 共通概念, 学习进阶; 中学地理课程

中图分类号: G633.55 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0186(2016)04-0038-06

一、概念的界定

(一) 核心概念、跨学科共通概念

核心概念首先在西方科学教育界提出, 不同的学者用不同的词语来表示它, 如“关键概念”“大概念”“基本概念”等。目前, 不同的专家对核心概念的定义仍未达成一致。核心概念是经过检验且位于学科中心位置的概念性知识, 对广泛的具体事物和现象具有解释力, 具有很高的抽象与概括程度, 是组织整合本学科许多一般概念、原理和理论的少数关键概念。学科核心概念能揭示学科本质、整合学科知识、构成学科课程内容的骨架, 并在学科各学段都具有可教性与可学性。

跨学科共通概念是不同学科知识的有机融合, 是运用不同学科的研究方法或思维方式来解决共同问题或完成共同任务的一种思维方式。这些共通概念在数学、物理、化学、生物、科学、技术等各领域中都适用, 它们超越了学科界限,

反映出不同学科的内在统一性, 并且相对稳定, 对于各种文化观念都普遍适用, 有助于学生建立对所有学科的整体认识。

(二) 学习进阶

自20世纪90年代起, 美国政府相继颁布了《美国科学教育标准》《提高国家竞争力》《不让一个孩子掉队》等一系列法案, 强调了科学教育在基础教育中的重要性。美国国家研究委员会(NRC)在2005年、2007年的两份报告中指出“学习进阶”的价值并引起美国教育界的重视。提出“学习进阶”(Learning Progressions)是对学生在一个较大时间跨度内学习和研究某一主题知识时, 所遵循的连贯的、逐渐深入的思维路径的描述。2012年, 美国颁布了新一轮科学课程改革领航文件《幼儿园到12年级科学教育框架: 实践、共通概念及核心概念》(以下简称新《框架》)。新《框架》中科学课程的三个维度——实践、共通概念和核心概念紧密联系、相互促进, 将以往的科学课程线性、零散、互不相关的内容系统

收稿日期: 2015-08-21

作者简介: 李春艳, 1968年生, 女, 黑龙江哈尔滨人, 北京教育学院教师教育数理学院生化环境系副教授, 主要从事地理教学研究和地理教师培训研究。

串联，并能与社会生活其他领域息息相关(见图 1)。这正是“学习进阶”这一理念的体现。



图 1 美国新《框架》三个维度

二、按“层级结构”建构中学地理概念体系

打破由琐碎的地理现象和地理事实堆砌式的学习现状，建构有层级结构的地理概念体系(见图 2)，利于学生透过少而精的概念学习和理解，认识地理学科本质，迁移解释地理现象，提升地理素养。



图 2 地理概念的层级结构

(一) 用跨学科共通概念统摄中学地理课程内容

信息时代，知识数量的无限多与各学科课程课时的有限性是一对矛盾，不同学科课程有其不同的性质、功能和知识内容，我们试图在不同学科庞杂的内容间找到能统摄各学科不同内容的共通概念，以此实现“用共通概念将跨学科的内容组织起来”的目的。在实现跨学科知识内容的整合理解上起着关键作用的共通概念有：系统、能量、演变、模型和尺度^①。

1. 用共通概念统摄中学地理课程内容的价值分析

中学地理课程中有许多内容与物理、化学、生物等其他学科存在跨学科共通概念。好的教学应该是通过不同学科的学习共同建立起对共通概念本质的深刻理解。运用跨学科共通概念来组织学科教学内容，它的价值既体现在打破学科各圆门户、学科间互不相通的情况，挖掘学科间的本质联系；又能通过跨学科视野的知识整合，实现

对特定现实问题的分析与解决；还能实现对同一个共通概念在不同学科的解释，以及不同学科知识间关系的重新建构，使学生形成连贯、统一、系统的知识结构。

2. 用共通概念统摄中学地理课程内容的操作路径

地理学科作为兼有自然科学和人文科学的综合学科，跨学科共通概念必然会在地理学科教学中有所反应，探寻跨学科共通概念在地理学科教学中的运用，将赋予中学地理课程新的意义。实现用共通概念统摄中学地理课程内容的“操作”方法如下：一是梳理课程内容的逻辑关系，弄清楚内容间的来龙去脉、前因后果；二是梳理课程内容的上下位层次关系，即将课程内容分成地理现象与地理事实；一般地理概念、方法、原理和规律；地理核心概念；跨学科共通概念等不同的层次结构；三是站在某个或某些特定的跨学科共通概念和地理核心概念的视角下，分析和组织特定的课程内容，解释特定的地理问题。

3. 用共通概念统摄中学地理课程内容的教学效果

以高中地理必修 1“大气”单元为例。本单元的内容重要而难度大，梳理清楚本单元章节内容间的逻辑关系和层次关系非常关键，决定了教与学的质量(见图 3)。

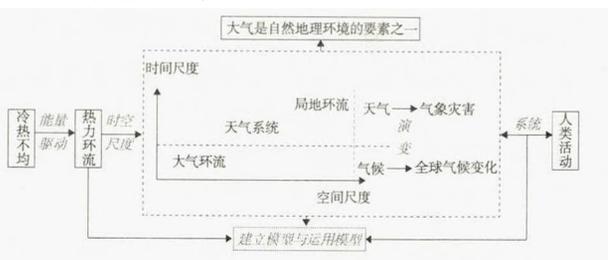


图 3 高中地理必修 1“大气”单元内容结构

图 3 是站在跨学科共通概念视角下，以地理核心概念为主线梳理的单元教学内容结构。它改变了以往处理本单元内容的一般思路，教学重心从关注地理话题、地理事实、一般地理概念和原理的学习转向地理核心概念的理解，并站在学科之上审视地理学习与其他学科学习的本质联系，从追求学科学习的量转向追求学科学习的质。具体表现在以下两个方面。

^① 观点来源：北京教育学院地理学科研究团队。

(1) 改变了原来教学中内容的组织结构

通常情况下,多数教师将热力环流、大气环流、季风环流、天气系统、局地环流、全球气候变化等内容处理成并列关系,逐个讲解,各个落实。而现有的内容逻辑结构,突出了热力环流的原理地位、统领地位,由此体会到强化其教学的教育价值所在;将大气环流(气压带风带、季风环流)、天气系统(气旋反气旋、锋面)、局地环流(海陆风、山谷风、城郊风)等视为热力环流在不同时空尺度下的表现,基于尺度的差异,这些内容又与天气、气候建立了联系,进而与人类活动关联。学生会清楚地认识到,作为自然环境要素之一的大气环境对人类活动的影响体现在不同的时空尺度上,在探讨人地关系时要在特定的尺度下理解和研究人地系统。

(2) 建构了有层级关系的内容结构

结构图中同时出现的文字并不是一个层级水平的概念,而是有明确的层级关系的。具体表现如下。

地理现象与地理事实:指生活中不同时间、不同地点的天气、气候现象或气象灾害表现等,它们不是教学重点,只是帮助学生建构概念的认知基础。

地理一般概念:天气、气候的概念,热力环流原理、大气环流规律、天气系统的概念,天气、气候对人类活动的影响等。这些不是教学的目标,只是建构概念的过程。

地理核心概念:大气是自然环境的重要组成部分,大气的物理特征影响人类活动,不同时空尺度的大气运动特征对人类活动的影响不同,不同区域下的大气运动对人类活动影响不同。也就是“自然地理环境系统”“人地关系”“区域”等是本单元重点建构与强化的地理核心概念。

跨学科共通概念:能量、尺度、演变、系统、模型,是站在地理学科之外组织本单元教学内容的视角。这些共通概念不仅仅是让学生理解单元内容,更是让他们感受各学科共通的规律。

(二) 用地理核心概念整合中学地理课程内容

依据《地理教育国际宪章》并归纳中学地理课程内容,本文提出中学地理课程的主要地理核心概念有:区域、空间、人地关系、地理尺度、地理系统。它们揭示了中学地理课程的核心价值是:以人地关系为主线,从空间相互作用的视

角,在各种区域尺度上,认识自然环境的形成与演变,认识人类活动及其影响,为人类可持续发展做贡献。

1. 用地理核心概念整合中学地理课程内容的价值分析

用地理核心概念整合中学地理课程内容,实质上是在精研教材的基础上,力图通过对同一地理核心概念的多次学习,实现对地理核心概念认识上的逐步加深。这个过程提高了教师对课程内容的整体把握程度,使其更加明晰教学内容的主题,打破了内容模块间的壁垒,真正把握好教学内容及其在地理课程体系中的地位和功能,凸显围绕地理核心概念学习的持续建构过程,并将中学地理教学的全过程相关内容用地理核心概念串联起来,犹如将散落的珍珠串成精美的项链,优化学生的认知结构,提升学生的地理核心素养。

2. 用地理核心概念整合中学地理课程内容的操作路径

首先,中学地理课程内容是由不同层次的内容构成的。限于教材版面限制,不同层次的内容多以同样的方式编排在教材里,需要教师通过研读教材,有意识地将教学内容组织成不同的层级,以此来区分不同内容在教学中的功能和地位。其次,将处在上位的内容与处于下位的内容建立起合理的关联。

3. 用地理核心概念整合中学地理课程内容的教学效果

目前的中学地理教学中,更多的教师是在地理事实、现象与一般地理概念原理间的低水平重复,导致学生所学到的知识迁移力和理解力差,难以培养现代公民所必备的地理素养。如果我们的教学能在此基础上再向上位的地理核心概念引领,情况就会大不相同。

以中图版的初中地理为例,七年级在“地球地图”学习之后主要学习中国地理,在学习完中国地理总论之后,依次出现了第七章“中国的地域差异”和第八章“认识中国的地理区域”。是否深度解析教材,关系到两个单元内容间的结构关系的处理,如果将两个单元内容作为先后的并列逻辑关系组织和将两个单元组织为上下位的层级结构,教学效果会有质的差别。如果将两个单元的内容组织为前者(见图4),每个内容点都

要分别学习，学习将以量的积累为目的，众多的知识内容间彼此孤立，学生头脑中形成的认识结构好似灌木，知识碎片化散落于学生头脑中，难以在分析解决具体问题时将知识有效地组织起来。如果将两个单元的内容组织为后者（见图5），教材中的内容就充当了建构地理概念的内容载体的角色，通过第七章的学习，帮助学生建构起区划、区域、人地关系概念的初步认识，而这些概念正是地理核心概念，不能降低水准处理为地理一般概念，这样的学习将以质的提升为目的，将众多散落的知识内容共同组织在上位的地理核心概念里，并随着学生年龄的增长，逐步丰富对几个地理核心概念内涵的理解，学生头脑中的认识结构好似乔木，有主干，有分支，并日益茂盛。这些跳出具体地理事实和地理一般概念之上的地理核心概念更加具有内聚力，将相关的同类内容聚合起来，学生更容易理解地理学科的本质，并形成解释力，分析解决更多具体的同类问题。

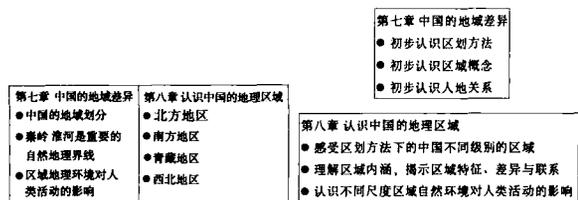


图4 将内容组织为先后的并列结构

突出地理核心概念在中学地理课程中的中心地位，有利于加强课程内容之间的联系，有利于学生对概念的理解和知识的整合，有利于学生构筑有效的认知结构，从而帮助他们进行知识的迁移和实际问题的解决。但需要强调的是，共通概念和核心概念的划分并不是绝对的，有的共通概念（如能量）同时也是物质科学的核心概念。有的核心概念（如位置与分布、区域）同时也是特定内容中的一般概念。

三、按“学习进阶”设计中学地理教学

学习进阶揭示学生在学习和探索某一内容主题时，对该主题的思考、理解与实践活动在相当长的一段时间内是如何一步一步从简单到复杂、从低水平到高水平发展的。

（一）整体设计地理核心概念的“学习进阶”

教学中简单重复、低水平循环的情况普遍存在，学生的学习因缺乏挑战性和成就感而逐渐失去兴趣。围绕地理核心概念设计学习进阶路径，让学生体会学习的逐步深入以及学科内容的丰富性和深刻性，不失为一个好的选择。

“地理位置”是贯通初中和高中地理学习的核心概念，也是高考命题的重要内容载体，如何做好初高中全学段的学习进阶设计，避免简单重复地理位置的描述，我们可以从学习进阶的角度对学习内容和认知过程做整体思考（见表1）。

表1 “地理位置”学习内容和认知过程的“学习进阶”设计

学段		学习内容和认知过程的“学习进阶”	
初中	初一（上）	建立经线（度）、纬线（度）的概念，学习判读某地经纬度位置的方法。	通过归纳，建立概念及方法。
	初一（下）	建立纬度位置和海陆位置的概念，学习说出某地区地理位置的方法。	
	初二（上）	学习说出某区域地理位置特点的方法。	
	初二（下）	学习评价某区域地理位置的方法，并能描述、分析家乡的地理位置特点。	
高中	新课讲授	利用位置关系，解释地球上各种地理事物的分布模式，如昼夜长短变化分布规律、世界气候分布、世界洋流分布、陆地自然带分布、世界人口分布、城市群等的分布等。	通过演绎，分析解释地理问题。
	复习备考	通过位置理解本地、区域、国家和全球等不同尺度区域间的相互依存关系，从而认识区域差异与区域联系，灵活解释地理现象。例如，通过相邻位置的描述，将张家口与华北地区建立联系，并可以比较它与华北其他同等级地区间的差异与联系；通过海陆位置的描述，将华北地区与中国建立起联系，并可以比较它与中国其他同等级地区的差异与联系；通过经纬度位置可以将中国与同纬度其他国家联系起来，并比较差异与联系等。	

中学地理课程中贯穿初高中全学段的内容很多,很有必要做一个整体的学习进阶设计,使课程内容的组织更有质感。

(二) 地理核心概念下的高考复习进阶设计

目前,高考地理复习有两个误区,一是认为地毯式复习是高考复习的必经之路,二是查缺补漏是提高复习效果的好办法。基于这样的考虑,很多教师在第一轮复习时将初、高中地理内容全部拿来,统统复习一遍,以不漏掉知识点为原则,但限于课时的约束而采用快速讲解和强化记忆的方式进行,这种方式比当时新授课时讲得又快又粗,压缩了大量的学生知识建构的思维过程,学生从理解的认知要求降低为记住的认知要求,可想而知,这种办法存在明显的弊端,只能是求得一时的心理安慰。查缺补漏也是高三教师念念不忘,经常提及的词语,但是查什么缺?补什么漏?常常根据学生的答卷情况主观判断,缺少清晰的学理分析。

1. 基于地理核心概念的内涵理解来设计复习主线

利用核心概念的内涵理解来统整初、高中地理内容,使复习内容围绕核心概念主线展开,将大大提高复习效率。以“区域”为例,区域观点是地理核心概念。区域地理学研究的基本视角是:区域特征、区域差异、区域关联、区域演变。如果以此为主线来组织复习内容,学生将逐步建构对“区域”的本质理解。

(1) 区域特征主线

区域是地球表层的一个片段,将区域作为系统,研究要素组成及要素间的结构关系,以此概括区域的特征和功能。这个视角下既有地理要素特征的描述也有区域特征的描述,不同类型和不同尺度特征的描述方法不同。在此基础上,一方面引导学生复习描述不同要素特征的一般方法,描述不同尺度区域特征的一般方法;另一方面引导学生学习处理一般方法与具体区域的特殊表现的有机结合,学习以一般和特殊相结合的方式分析特定区域的地理特征。

(2) 区域差异主线

地理环境的各组成要素在不同区域有不同的组合结构,从而在地球表层形成具有不同环境属性特征的地理区域;每个区域内部有较高的一致

性,相邻区域之间有明显的分界线;划分的标准不同而有不同类型的区域。区划的思想是引导学生分析区域内部差异和认识特定区域某地理事物分布特征的好方法。

(3) 区域关联主线

区域内部各组成要素间的相互联系为垂直联系(纵向联系),不同区域间的相互联系为水平联系(横向联系)。区域间的横向联系对认识大区域内的差异、区域间地域结构、分工、区域发展等至关重要。引导学生从自然的、人文的、区域的等多个角度分析区域间的相互作用,并重在分析这种相互联系对输出区域及输入区域的影响。

(4) 区域演变主线

区域研究的一个主要方向是以时间变化过程来寻求发生学上的解释。研究的焦点是自人类出现以前到现在的变化过程。要了解人类在地球表面所形成的变化,就必须回溯过去的历史,以确定其过程的性质。相同的自然环境对于那些持不同态度、抱不同目的和具有不同技术水平的人们来说,会产生完全不同的意义。这也是我们组织区域分析的一个视角,要将区域发展问题放在时间轴上去审视,会帮助学生认识问题的本质。比如,高中地理必修2中所讲的农业地域类型、工业地域类型等,是区域发展到不同阶段的产物,是有其特定的背景条件的。再如,必修3中的区域发展问题也要放到时间轴上,辩证分析其阶段问题的主要原因等。

2. 基于地理核心概念的学习进阶设计进行查缺补漏

地理核心概念统领复习内容利于将学生头脑中碎片化的知识关联起来,建构良好的地理认知。将地理核心概念的学习过程梳理清楚,找好进阶路线,利于学生查缺补漏、自主学习。这相当于为地理高效复习的组织找到了两个维度。

人地关系的视角,是地理学与其他相邻学科的最本质的区别,同时也是地理学的趣味所在。“人地关系”是地理核心概念之一,其内涵深刻,作为其内涵之一的“自然环境影响人类活动”,是复习的一个重要内容线索,以“自然环境对农业生产的影响”为例(初中地理部分以中图版教材为例),设计学习进阶,预设进阶预期,实现高效复习(如表2)。

表2 “自然环境对农业生产的影响”学习内容和认知过程的“学习进阶”设计

中国总论	中国地域差异	中国分区	世界地理	必修1	必修2	必修3	高考复习
建立概念：在中国名下学习地理要素的概念及特征的描述方法。如地形、气候、河流、资源、灾害、农业、工业、交通、旅游等	深化概念：认识自然环境是自然要素相互作用的结果；能举例说明自然环境对人类活动的影响	初步综合：自然环境对农业生产的熟制、方式、品种、分布等；自然环境对农业生产的影响有有利的也有不利的；评价区域农业生产条件；比较区域农业发展的差异	全面综合：综合分析区域自然环境特征；综合分析区域自然环境对人类活动的影响；综合评价区域发展的条件；全面比较区域差异；建立区域联系	建立模型：自然环境的整体性与差异性原理；自然界的物质迁移与能量转化；人与自然环境的关系	建立模型：农业区位选择；农业地域类型	应用模型：区域农业发展条件分析；区域农业发展特点分析；区域农业问题与解决	特殊表现：（2014北京卷）与长三角地区相比，概述川渝地区发展的地理优势； （2013北京卷）（1）在甲、乙两区域中任选其一，概述聚落分布特点和有利于农业生产的自然条件
归纳建构过程						演绎应用过程	

针对特定复习内容设计好进阶路径，利于师生共同诊断学习的盲点在哪里，漏洞是什么，有针对性地进行查缺补漏，不但能根据学生在不同内容上的实际情况把控复习的节奏和重点，更能帮助学生将头脑中散落的知识碎片结构化，建构认知树，使思维走向深入，提高复习质量。

提倡中学地理课程中的概念建构与学习进阶，首先，更关注了学生对地理核心概念的理解程度，注重思考地理学科本质问题，而非耽溺于大量细碎的地理知识点和海量的地理事实、现象，这有利于课程的逐步深入和学生思维的纵深

发展，有利于提升地理素养。其次，更加关注学生的认知能力在理解地理核心概念、参与地理实践过程中是如何一步一步发展的，重视连贯性和渐进性，符合学生的成长规律，是一种科学有效的教育。中学地理课程中的概念建构与学习进阶的研究重新思考了初高中地理课程标准、教学内容及考试复习间的整体性、逻辑性和层次性，是体现中学地理课程性质和功能的关键问题。

（责任编辑：李 洁）

Concept Construction and Learning Progressions of Geography Curriculum in Middle Schools

Li Chunyan

(Faculty of Education for Teachers of Science and Math, Beijing Institute of Education,
Beijing 100044, China)

Abstract: There are lots of core concepts which students have to learn in the middle school geography curriculum. Geography teaching needs to wholly grasp the geography core concept, construct the middle school geography curriculum concept system according to hierarchy structure, and organize and forward geography teaching and review for the test according to “learning progressions”, which helps the students further understand the geography core concept continuously in each phase of studying and strengthen the connection between the curriculum content. These help students to integrate knowledge, to construct effective geographical cognition structure, and to realize knowledge migration and solve practical problems.

Key words: core concepts; common concepts; learning progressions; middle school geography curriculum

台湾地区十二年一贯数学课程纲要的特点及启示

•杨小丽*

摘要：本文介绍了台湾地区对数学领域核心素养具体内涵的界定，以及以核心素养为主轴进行课程统整设计，分年级呈现学习内容等核心素养推进策略。提出呼应中国学生发展核心素养框架体系，进一步明确国家义务教育阶段数学学科在培养学生核心素养中的价值和任务；将数学领域核心素养的培育落实到具体的内容领域；将课程目标、课程内容细化至年级等思考与建议。

关键词：台湾地区教育 数学课程纲要 数学学科核心素养 启示

2014年11月，台湾教育主管部门公布《十二年国民基本教育课程纲要总纲》（以下简称《总纲》），以核心素养作为课程连贯统整的主轴。^[1]2018年6月，台湾教育主管部门公布了《十二年国民基本教育课程纲要 国民中小学暨普通型高级中等学校 数学领域》（以下简称《数学纲要》）。《数学纲要》由“基本理念”“课程目标”“时间

分配”“核心素养”“学习重点”“实施要点”“附录”七部分组成，具有以下三个特点。

一、呼应《总纲》核心素养，界定了数学领域核心素养具体内涵

《总纲》对核心素养的界定如下：一个人为适应现在生活及面对未来挑战，所应

* 杨小丽，北京教育学院数学系副教授。

具备的知识、能力与态度。^[2]其内涵如图1^[3]所示。

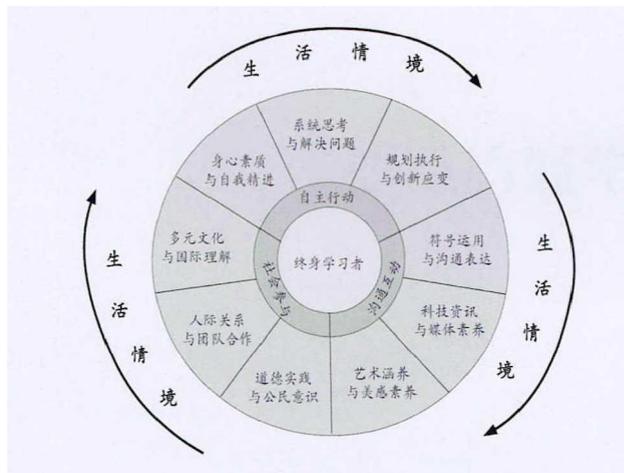


图1 核心素质的滚动圆轮意象

同时，《总纲》对教育各阶段核心素养的具体内涵也有描述。例如，“沟通互动”中的“符号运用与沟通表达”在教育各阶段的具体内涵如表1^[4]所示。

《数学纲要》依照《总纲》制定的教育

各阶段核心素养的具体内涵以及数学领域的基本理念与课程目标，明确界定了数学领域核心素养的具体内涵。仍以“沟通互动”中的“符号运用与沟通表达”为例，其在数学领域各教育阶段的具体内涵如表2^[5]所示。

其中，如对“数-J-B1”的内涵界定，我们可以看到，一是参考了《总纲》中“符号运用与沟通表达”在J-B1阶段的具体内涵表述：具备运用各类符号表情达意的素养，能以同理心与人沟通互动，并理解数理、美学等基本概念，应用于日常生活中；^[6]二是根据数学基本理念一“数学是一种语言，宜由自然语言的题材导入学习”^[7]；三是依据数学课程目标二“培养好奇心及观察规律、演算、抽象、推论、沟通和数学表述等各项能力”^[8]。由此形成“符号运用与沟通表达”在“数-J-B1”阶段的内涵：具备处理

表1 “符号运用与沟通表达”在教育各阶段的具体内涵

关键要素	核心素养面向	核心素养项目	项目说明	核心素养具体内涵		
				小学教育	中学教育	高级中等学校教育
终身学习者	B 沟通互动	B1 符号运用与沟通表达	具备理解及使用语言、文字、数理、肢体及艺术等各种符号进行表达、沟通及互动的能力，并能了解与同理他人，应用在日常生活及工作上。	E-B1 具备“听、说、读、写、作”的基本语文素养，并具有生活所需的基础数理、肢体及艺术等符号知能，能以同理心应用在生活与人际沟通。	J-B1 具备运用各类符号表情达意的素养，能以同理心与人沟通互动，并理解数理、美学等基本概念，应用于日常生活中。	U-B1 具备掌握各类符号表达的能力，以进行经验、思想、价值与情意之表达，能以同理心与他人沟通并解决问题。

注：B代表核心素养中的沟通互动，B1代表符号运用与沟通表达。E代表台湾小学教育阶段，J代表中学教育阶段，U代表高级中等学校教育阶段。

表2 “符号运用与沟通表达”在数学领域教育各阶段的具体内涵

总纲核心素养面向	总纲核心素养项目	总纲核心素养项目说明	数学领域核心素养具体内涵		
			小学教育(E)	中学教育(J)	普通型高级中学学校教育(S-U)
B 沟通 互动	B1 符号运用与沟通表达	具备理解及使用语言、文字、数理、肢体及艺术等各种符号进行表达、沟通及互动的能力,并能了解与同理他人,应用在日常生活动及工作上。	数-E-B1 具备日常语言与数字及算术符号之间的转换能力,并能熟练操作日常使用之度量衡及时间,认识日常经验中的几何形体,并能以符号表示公式。	数-J-B1 具备处理代数与几何中数学关系的能力,并用以描述情境中的现象。能在经验范围内,以数学语言表述平面与空间的基本关系和性质。能以基本的统计量与机率,描述生活中不确定性的程度。	数S-U-B1 具备描述状态、关系、运算的数学符号的素养,掌握这些符号与日常语言的辅成价值;并能根据此符号执行程序,用以陈述情境中的问题,并能用以呈现数学操作或推论的过程。

代数与几何中数学关系的能力,并用以描述情境中的现象。能在经验范围内,以数学语言表述平面与空间的基本关系和性质。能以基本的统计量与机率,描述生活中不确定性的程度。^[9]此部分内涵要求,向下衔接“数-E-B1”,向上衔接“数S-U-B1”。

数学领域核心素养具体内涵的界定过程如图2^[10]所示。

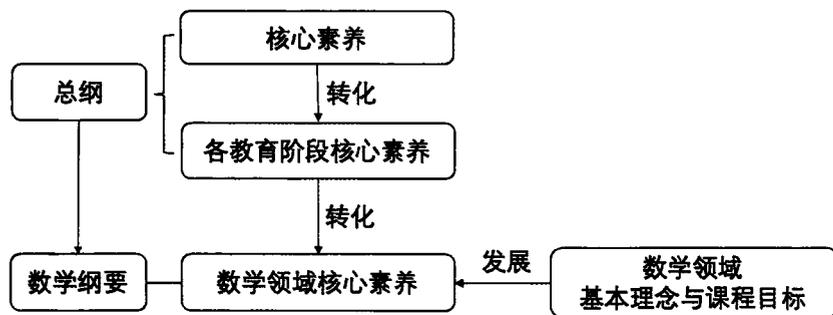


图2 数学领域核心素养具体内涵的界定过程

二、以数学领域核心素养为主轴进行课程统整设计

《数学纲要》以数学领域核心素养为主轴,将数学领域的基本理念、课程目标与学习重点等进行了统整设计,使数学课程围绕着数学领域核心素养的培养而展开。

《数学纲要》依据数学领域基本理念、课程目标以及数学领域核心素养具体内涵,

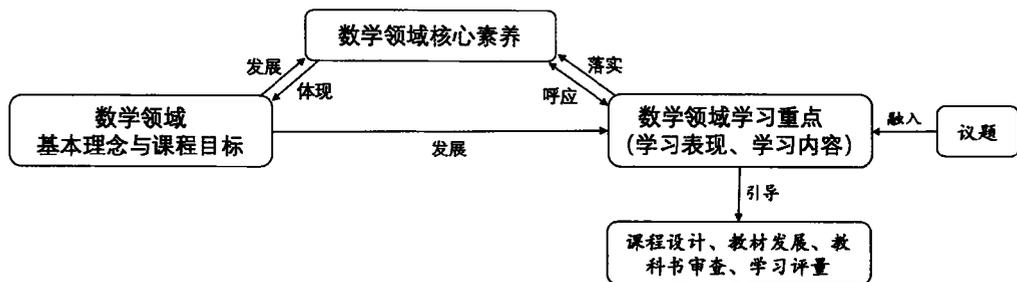


图3 数学领域核心素养与其他内容的关系

制定了学习重点。学习重点包括学习表现和学习内容。学习重点不仅体现课程纲要的具体内涵，而且能与数学领域核心素养相互呼应。学习重点还用以引导课程设计、教材发展、教科书审查及学习评量等，并配合教学加以实践。^[11]《数学纲要》还强调将性别平等教育、人权教育、环境教育、海洋教育等议题融入学习重点，以促进核心素养的培养。它们之间的关系如图3所示。

三、分年级呈现学习内容并呼应数学领域核心素养

学习内容涵盖数学基础重要的事实、概念、原理原则、技能与后设认知等知识。^[12]《数学纲要》按年级呈现学习内容。例如，1—5年级“数的认识”学习内容如表3^[13]所示。

《数学纲要》还呈现了数学领域学习重点与核心素养呼应表，如表4^[14]所示。可以看出，《数学纲要》通过具体的学习内容来落实不同教育阶段的数学领域核心素养的培养，使数学领域核心素养的培养更

加明确、更具操作性。

四、思考与启示

（一）《总纲》中的素养框架与领域素养直接关联

上述可见，台湾地区课程《总纲》中的素养框架与领域素养密切衔接，领域内，各学段学习内容、目标、重点等相互关联，呈清晰的递进关系。这点值得我们在义务教育数学课程标准修订中充分借鉴。应充分考虑中国学生发展核心素养与数学学科核心素养，以及义务教育、普通高中数学课程标准间的衔接性，明确数学学科不同学段在培养学生核心素养上的功能和价值。

（二）将数学学科核心素养的培养落实到具体的内容领域

台湾《数学纲要》中界定了数学领域核心素养在教育各阶段的内涵，并在附录一中呈现了数学领域学习重点与核心素养呼应表（表4）。从附录一中可以看出，不同教育阶段的数学领域核心素养可以通

表3 1-5 年级“数的认识”学习内容

编码	学习内容条目及说明	备注	参考教具	对应学习表现
N-1-1	一百以内的数:含操作活动。用数表示多少与顺序。结合数数、位值表征、位值表。位值单位“个”和“十”。位值单位换算。认识0的位值意义。	教学可数到最后的“一百”,但不进行超过100的教学。可点数代表一和十的积木进行位值教学。学习0的位值意义以便顺利连接日后直式计算之学习。	位值表、位值积木、花片	n- I -1 理解一千以内数的位值结构,据以作为四则运算之基础。
N-2-1	一千以内的数:含位值积木操作活动。结合点数、位值表征、位值表。位值单位“百”。位值单位换算。	教学可数到最后的“一千”,但不进行超过一千的教学。学生能局部从某数开始前后数数。须点数表示位值之积木,并熟练“十个一教”“百个一教”的数教模式。	位值表、位值积木	
N-3-1	一万以内的数:含位值积木操作活动。结合点数、位值表征、位值表。位值单位“千”。位值单位换算。	教学可数到最后的“一万”,但不进行超过一万的教学。	位值表	n- II -1 理解一亿以内数的位值结构,并据以作为各种运算与估算之基础。
N-4-1	一亿以内的数:位值单位“万”“十万”“百万”“千万”。建立应用大数时之计算习惯,如“30万1200”与“21万300”的加减法。	教学可进行到最后的“一亿”,但不进行超过一亿的教学。	位值表	
N-5-1	十进位的位值系统:“兆”至“千分位”。整合整数与小数的。理解基于位值系统可延伸表示更大的数和更小的数。	熟练十进位系统“乘以十”“除以十”所延伸的计算,如“ 300×1200 ”与“ $600000 \div 4000$ ”之处理。	十进位表(千兆到千分位)	n- III -1 理解数的十进位的位值结构,并能据以延伸认识更大的数与更小的数。

注:编码“N-5-1”中的第1码N表示“数与量”,第2码表示“年级”,第3码为流水号;编码“n- I -1”中的第1码n表示“数与量”,第2码表示“学习阶段”,其中I表示小学低年级、II表示小学中年级、III表示小学高年级、IV表示初中、V表示高中,第3码为流水号。

过哪些具体的学习内容加以培养,使数学领域核心素养的培养更加明确、更具操作性。因此,在当前国家《义务教育数学课程标准(2011年版)》修订中,应更多关注数学学科核心素养与课程内容之间的关联,将

核心素养的培养落实到具体的内容领域,这样更利于一线教师和教材编写者把握和落实数学学科核心素养培养的任务。

(三) 将课程目标、课程内容细化至年级

国家《义务教育数学课程标准(2011年

表 4 数学领域学习重点与核心素养呼应表

数学领域学习重点		数学领域核心素养
学习表现	学习内容	
n- I -3 应用加法和减法的计算或估算于日常应用解题。	N-2-5 解题: 100 元、500 元、1000 元。以操作活动为主兼及计算。容许多元策略, 协助建立数感。包含已学习的更小币值。	数-E-A2 具备基本的算术操作能力, 并能指认基本的形体与相对关系, 在日常生活情境中, 用数学表述与解决问题。
a- IV -1 理解并应用符号及文字叙述表达概念、运算、推理及证明。	A-7-1 代数符号: 以代数符号表征交换律、分配率、结合律; 一次式的化简及同类项; 以符号记录生活中的情境问题。	数-J-A2 具备有理数、根式、坐标系之运作能力, 并能以符号代表数或几何物件, 执行运算与推论, 在生活情境或可理解的想象情境中, 分析本质以解决问题。
f- V -4 认识指数与对数函数的图形特征, 理解其特征的意义, 认识以指数函数为数学模型的成长或衰退现象, 并能用以沟通和解决问题。	F-11A-4 指数与对数函数: 指数函数及其图形, 按比例成长或衰退的数学模型, 常用对数函数的图形, 在科学和金融上的应用。	数-S-U-A2 具备数学模型的基本工具, 以数学模型解决典型的现实问题。了解数学在观察归纳之后还需演绎证明的思维特征及其价值。

注: n 和 N 表示“数与量”, a 和 A 表示“代数”, f 和 F 表示“函数”, A2 表示“系统思考与解决问题”。

版)》在第二部分课程目标中界定了课程总目标, 并规定了学段目标; 在第三部分课程内容中分学段呈现了课程内容。虽然这给一线教师和教材编写者留出了足够的创造空间, 但因教材要按学期编写, 不同版本的教材体系、内容安排不同, 容易出现断层、脱节或重复等现象。因此, 建议在义务教育数学课程标准修订和教材编写中可进一步再考虑、论证学段与年级的关系, 确保学习内容的连贯衔接, 以增加数学课程标准的指导性。◆

参考文献:

- [1][2][3][4][6]台湾教育主管部门.十二年国民基本教育课程纲要总纲[Z].台北:台湾教育主管部门,2014.
- [5][7][8][9][11][12][13][14]台湾教育主管部门.十二年国民基本教育课程纲要 国民中小学暨普通型高级中等学校 数学领域[Z].台北:台湾教育主管部门,2018.
- [10]蔡清田.核心素养在台湾十二年国民基本教育课程改革的角色[J].全球教育展望,2016,45(2):20.

(责任编辑 肖佳晓)

基于核心素养的数学教学：基础、挑战与对策

顿继安

“核心素养”是指在当今和未来的社会中，儿童和成人要想过上有责任感和成功的生活所需要的，同时也是社会应对当前和未来的技术化和全球化的挑战所需要的基本素养。^[1]核心素养近年来在国际教育界得到了广泛关注，学生核心素养模型的构建成为推动世界教育改革的重要环节。例如，欧盟在21世纪初就提出了以核心素养取代传统的“读写算”为核心的基本能力，并将之与终身学习能力一起作为总体教育目标与教育政策的参考框架，引发各成员国的课程变革。^[2]虽然我国关于学生核心素养的模型尚未建立，但是一些学校和学者已经开展了指向学生核心素养培养的学校课程的探索，在理论和实践上都取得了一些成果。^{[3][4]}

我国教育部也已经开始研制各学段学生的核心素养体系，该体系必将在各学科课程与教学改革的深化过程中起到统领性作用，数学课程与教学如何发挥提升学生核心素养的作用，必将成为未来数学教育研究与实践的热点问题和必然趋势。

一、围绕核心素养设计数学课程的基础

关注学生核心素养问题绝非对国际潮流的追风，而是对我国自20世纪80年代起提出的素质教育的明晰和具体化，也是在贯彻落实世纪之交启动的课程改革提出的“以学生为本”的理念。我国现行的《义务教育数学课程标准（2011年版）》和《普通高中

数学课程标准（实验）》，都特别重视数学学习过程带给人发展的作用，所提出的“促进学生积极主动、用于探索的学习方式”“引导合作交流”“帮助学生认识自我、建立信心”等，直接指向为学生处理未来生活中需要面对三类基本问题：来自客观世界的问题、来自与他人交往的问题、来自自我的问题。这与国际上影响最为广泛的经合组织提出的核心素养在维度上是一致的，也为以核心素养为中心设计数学课程提供了理论基础和实施推进的群众基础。

指向学生核心素养培养的数学课程，要求我们更为系统地从培养适应未来社会的人的角度看数学课程的教育价值。这样，除了看到数学作为解决具体问题的实用工具性作用外，还要特别关注数学知识形成过程中人的主观作用的发挥，这些作用就是：积极进取和主动探索；自觉反思；主动进行社会互动；与人交流。

这种价值当然与数学学科自身的特点有关，R. 科朗在其名著《什么是数学》中指出：“数学，作为人类思维的表达形式，反映了人们积极进取的意志、缜密周详的推理和对完美境界的追求。数学的基本要素是：逻辑和直观，分析和构作，一般性和个别性。虽然不同的传统会强调不同的侧面，但正是这些相互对立的力量的相互作用以及它们综合起来的努力才构成了数学科学的生命、用途和它的崇高价值。”^[5]数学知识来自

人类从无到有的创造、从粗糙到精细的完善，来自不同观点的冲击与碰撞。从事数学研究活动的人在面对没有现成方法和答案，甚至也没有做好知识准备的问题时，会不畏困难，大胆将复杂问题简单化，再通过缜密周详的推理将问题逐步解决。问题解决后还会努力找到更好的方法、更优美的结论，并自觉反思，提炼问题的本质，不断将具体经验推广到更广泛的范围内加以应用。

比如，一位农民要搭建一个 50 平方米的长方形羊圈，出于效益或责任，会算一下怎样最省材料。他会通过和一些特殊情况进行比较进行决策。但是，作为从事数学活动的人却不会满足于此，而是追求最精确和最可靠的方案。如果具备函数知识，可以利用函数知识解决。如果没有函数知识，这样的问题解决后，会使得数学家自觉反思，厘清问题的本质特点，探索解决问题的方法的普适意义，这样的具体问题就成了提出函数概念、发展函数理论的机遇。回顾数学史，牛顿、莱布尼茨时代的函数概念就是在遇到类似的问题时提出的，尽管他们最初提出的函数概念的精细程度、科学化程度与现代相比有很大差距。正如罗素所言：一切开端总是粗糙，但我们不应该因此就忽视了它的创造性。

还要看到数学知识发展中人的交流合作的作用。表面看，数学家的工作都是个体独立思考的结果，然而，本质上，没有一个数学家的研究特别是重要的研究是“一个人的战斗”，而是通过有效的合作完成的，许多合作甚至跨越时空。比如，著名的哥德巴赫猜想，几百年来，引来无数数学家前仆后继，有些数学家虽然并未取得名垂青史的成就，但是为后继者的前进贡献着自己的力量，哪怕以自己的失败告诉后人某条道路是行不通的。这样，从最初突破性的“9+9”，逐步缩小包围圈直至“1+2”，其间包含了无数人的努力。

二、数学教学面对着学生核心素养培养的挑战

关于数学课程改革的历史提醒我们：不管专家如何认真地进行课程改革的研究，无论专家对于数学新课程保有多高的期望，最终还得通过数学教师来实施；正是那些与学生直接接触的教师，通过他们的行为、态度、教学决策及各种认识过程，决定了数学教育改革的成败。^[6]因此，学生核心素养的培养能否落实，真正的挑战在课堂。

然而，情况不容乐观。不妨关注一下数学课程标准已经提出多年的促进学生形成“积极主动、勇于探索的学习方式”理念的落实情况。这一理念的提出不仅是提高数学学习的有效性的需要，还是将学生培养成积极进取、有探究精神的人的需要。然而调查表明，有 63.7% 的数学教师在日常教学活动中主要使用“传授—演练”教学模式，^[7]而许多被冠以“情境”“探索”之名的活动，也并未给学生在实质问题上提供探索的机会。

我们不妨先来看一个高二的“条件概率”案例，教师 M 首先设计了一个“创设情境，概念引入”的活动：

有一场精彩的足球赛将要举行，3 个球迷好不容易才搞到一张入场券。大家都想去，只好用抽签的方法来解决。3 张同样的卡片，只有一张上写有“入场券”，其余的什么也没写，将它们放在一起，让 3 个人依次不放回地抽取。

问题 1：最后一名球迷抽到入场券的概率是多少？

问题 2：已知第一名球迷没有抽到入场券的条件下，最后一名球迷抽到入场券的概率是多少？

问题 1 的目的是复习刚刚学习过的古典概型知识，问题 2 则是一个新的问题，其目的在于引出新的知识——条件概率。

和许多教师一样，问题2提出后，教师M并无意让学生解决此问题，而是将其置于一旁，开始讲解条件概率的定义、性质、公式及其变式，直至通过另外五个题目示范、演练条件概率公式及性质的应用，最后才带领学生回到问题2，应用这节课所学的知识进行解答。

上述案例是课改以来一种典型的引入方式。教师都非常注重“创设问题情境、引发学生兴趣”，情境对于激发学生兴趣的作用很有效，但是，在创设情境、提出问题后，并不给学生独立思考和解决问题的机会，“要想解决这个问题，请认真学习本课知识”成为一句常用的教学语言。在这里，“学习”的含义即是“拥有”或者“接受”，其潜台词就是学生只有知道了条件概率的定义和计算方法后，才能解决相应的问题，学生只有接受知识而不能通过自己的探索创造知识。那么，如果此时教师将解决问题的任务直接交给学生，学生能够探索出其中的奥秘吗？笔者在跟教师交流时，许多教师认为“应该能，因为这样的问题学生可以用古典概型分析和解决”。当问道“为什么不给学生这样的机会呢”，他们的说法通常是“没这样想过”。

“没想过给学生探索问题的机会”，数学教学就在这种习惯和传统中剥夺了学生探索的机会，使得我们的数学教师每当讨论一个新问题时，总是首先对学生进行引导、启发，直到概括形成新知识，甚至进行了解题过程示范后，才让学生进行独立的工作。此时，学生做的主要是操练性的常规运算问题，这样的教学产生的直接后果就是学生面对新问题时也会等待或逃避。

“幂的乘法”一课，在等待上课的时候，笔者请一个学生试着做一下学案上的一组题目：

(1) $7^8 \times 7^5$;

(2) $(-2)^2 (-2)^5$;

(3) $0.5^4 \times 0.5^3$;

(4) $(x+y)^2 (x+y)$ 。

没想到该生非常干脆地拒绝：老师！没学过，我不会。

该班的数学教师走过来，鼓励道：你是咱班数一数二的学生，能不会吗？试试看！

该生说：老师，这个还没学过呢，我真的不会！

笔者指着其中的第一题，问他：你先说一说，这题让你干什么呢？

该生说：要做乘法。

笔者问：那你说说，这里 7^8 是什么意思？

生：8个7相乘。

笔者： 7^5 呢？

生：5个7相乘。

笔者问：那你现在能写出这道题目的结果吗？

生：能，就是 7^{13} 。

笔者说：接着往下做试试，你会的。

接下来该生又做出了(2)(3)题。到第四个题目时，他又停了下来：“老师，这个我可真不会了。”

笔者鼓励他用分析第一题的方法再试试，该生尝试后很快得出了正确答案。

这一案例中的学生显然并非不具备解决问题的能力，而是“没学过，我（就肯定）不会”的观念阻碍了他探究的勇气，使得他在面对陌生情况时采取退缩的态度。这种情况对学生的影响巨大。一位某重点师范大学数学系的教授发现，他们系以高分考入的学生虽然有80%的人表示热爱数学，却有相当多的人“不会甚至不敢去自己探索”，而是“碰到不能立即搞清楚题目，马上四处找参考资料，力图从中找到现成的解答”。^[8]这表明我国的数学教学在关注学生核心素养方面任重道远。

三、探索有利于学生核心素养培养的数学教学观念与模式

教学方式的选择中，最重要的是教学模

式。一种教学模式规定了教学活动的组织程序,也就是指出教学活动中应该先做什么、后做什么、学生做什么以及师生怎样互动起来,是教师数学观和学习观的体现。

如果我们关注数学对于学生的主动探索、自觉反思和合作交流等核心素养的培养的话,就需要形成与之相适应的观念,建构相应的教学模式。

在观念上,首先要相信,数学知识的学习是循序渐进的,与之有关的问题的解决方法,学生一定会有思维基础。其次还要相信,在遇到挑战、情绪被调动起来之后,学生会会有进取心,他们愿意探索问题的答案。当然,也要有心理准备:学生的探索过程未必顺利,需要同伴的帮助、教师的指导,但一切均应该建立在学生自己探索的基础上,有意义的学习需要学生对自己探索过程取得的成果和遭遇的困难进行分析、反思和突破。

在这样的观念下,那些仅仅是用于激发学生兴趣的情境与问题将发挥更大的作用:放手让学生去解决这个问题,他们可能会通过转化为已经学过的问题解决,也可能创造新的方法解决。无论是否解决成功,教师都要组织学生对思考过程进行分析、讨论,在成功解决问题后再对问题的解决过程进行一般化、简化等数学处理,从而形成知识,进而将知识用于高效率地解决类似问题。

下面以“条件概率”一课为例分析基于核心素养培养的数学教学的基本流程的特点与效果。

笔者在与教师 M 交流时,问道:引例中的问题 2 学生能不能解决?甚至后面的五道例题、练习,在没有条件概率的理论知识的情况下,学生能不能解决?

他显得有些犹豫,觉得自己的学生基础比较弱,探讨这些问题可能会有困难。但是,条件概率问题本质上就是古典概型理论

在特定问题下的结果,因此,不妨将这节课首先看成是学生巩固古典概型这一基本知识。另外,知识的形成过程本来就应该是曲折的,学生遇到新类型的问题感到困难、遭遇曲折是正常的,因此,可以尝试一下让学生通过独立思考、合作交流先解决这些问题,然后引导学生关注这些问题的特点和解决过程的特点,从中提炼概括出条件概率的知识。

他决定做一下尝试,结果效果非常好。

教学过程表明,即使是基础薄弱学校的学生也有“创造知识”的可能,因为数学是充满联系的和朴素的,数学是“系统化的常识”,只要我们把发现的机会留给学生,使得他们的思想得到了解放,潜能得到极大地释放,他们的数学学习过程就能为自身核心素养的提升起到更为积极的作用。

参考文献:

- [1] 张娜. DeSeCo 项目关于核心素养的研究及启示 [J]. 教育科学研究, 2013 (10): 39.
- [2] 刘新阳, 裴新宁. 教育变革期的政策机遇与挑战 [J]. 全球教育展望, 2014 (4): 75.
- [3] 夏雪梅. 基于学生核心素养的学习课程建设: 水平划分与干预实例 [J]. 课程·教材·教法, 2013 (7): 11.
- [4] 窦桂梅, 胡兰. 基于学生核心素养发展的“1+x 课程”构建与实施 [J]. 课程·教材·教法, 2015 (1): 38.
- [5] 科朗, 罗宾. 什么是数学 [M]. 左平, 张饴慈, 译. 上海: 复旦大学出版社, 2006: 序言.
- [6] 王长沛. 数学教育与素质教育 [M]. 北京: 中华工商联合出版社, 1999: 223.
- [7] 曹一鸣. 中国数学课堂教学模式及其发展研究 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2007: 79.
- [8] 郇中丹. 对我国师生数学学习和教学观念的反思 [J]. 数学通报, 2009 (7): 2.

(作者系北京教育学院数学系副教授。)

(责任编辑: 李冰)

促进理解和迁移的四边形单元教学设计

杨小丽

(北京教育学院数学系 100044)

理解意味着能够智慧地和有效地应用与迁移^[1]. 迁移是把一个情境中学到的东西迁移到新情境的能力^[2]. 然而学习只有在学生达到迁移水平时才算完成^[3]. 学生的迁移能力是学习的一个重要标志, 它能帮助教师评估和改进教学^[4].

四边形的课程内容应聚焦平行四边形^[5]. 常见的平行四边形教学安排是: 直接给出或回顾小学定义, 分别探索并证明性质定理 1, 2, 3, 分别探索并证明判定定理 1, 2, 3. 这样的过程缺乏探索一个图形的整体性, 割裂了定义、性质、判定间的内在联系, 使原来在内涵、思想方法上具有一致性和连贯性的内容被人为切割, 导致数学知识的碎片化^[6]; 不仅不利于理解平行四边形的性质, 而且也不利于迁移, 面对一个新图形, 如果没有了老师预先设计好的情境, 学生将很难独立开展研究.

有学者和教师从整体性的角度, 对平行四边形的教学进行了改进. 他们的做法是将平行四边形的教学过程调整为: 给出平行四边形定义、整体探索平行四边形的性质、整体探索平行四边形的判定. 这样的教学设计体现了单元的思想, 有利于学生掌握研究一个图形的基本路径和思想方法, 积累研究图形的活动经验. 不足的是, 上述整体设计对平行四边形的定义、性质和判定之间的关系揭示得不够深入, 这在一定程度上会导致学生对三者之间的内在联系理解得不够充分, 因而不利于迁移.

本文在学生调研的基础上, 从促进理解和迁移的角度, 在大观念的指引下, 对四边形单元的教学进行再探索.

1 大观念是理解的核心、迁移的关键

大观念, 英文 Big Ideas, 也有学者将其译为大概概念、一般观念、核心观点. 在教育领域, 有关大

观念的研究至少可以追溯到布鲁纳对于教育过程的研究^[7]. 林恩·埃里克森认为大观念是指向学科中的核心概念, 是基于事实基础上抽象出来的深层次的、可迁移的概念^[8]. 格兰特·威金斯和杰伊·麦克泰格提到, 大观念通常表现为一个有用的概念、主题、有争议的结论或观点、悖论、理论、基本假设、反复出现的问题、理解或原则, 它能够将离散的事实和技能有意义地连结起来, 是重要的、持久的、可迁移的^[9]. 兰德尔·查尔斯将大观念定义为是对一个观念的陈述, 这个观念是数学学习的核心, 且能把各种数学理解联系成一个连贯的整体^[10].

很多学者都提到过大观念的重要性. 如, 威金斯用魔术贴、锚点、车辖、透镜等来形容大观念的核心位置和关键作用. 他认为, 大观念相当于一个车辖, 车辖是一种配件, 能够使车轮固定在车轴上, 因此, 车辖是理解的必要条件^[11]. 大观念照亮了经验之路, 是迁移应用的关键^[12]. 而布鲁纳也早就指出: 任何学习表现的首要目标(不考虑它可能会给我们带来的快乐), 都是它应该在将来为我们服务……本质上讲, 它在于学习最初并不是一种技能而是一种普通的观点. 这种观点认为, 它可以作为用于识别后续问题的基础. 这种类型的迁移是教育过程的核心——知识的持续扩张与加深就是依据的这一观点^[13].

2 促进理解和迁移的四边形整体设计

威金斯提出了理解为先的单元教学设计模式, 该模式的主要目的是发展和深化学生的理解, 即通过大观念理解学习内容并将学习结果进行迁移^[14]. 笔者参照该模式, 对四边形单元进行整体设计.

2.1 确定大观念及单元具体观念

兰德尔·查尔斯系统提出了 21 条数学大观

念,其中几何领域的大观念有4条,能指引四边形单元教学的大观念是“形状和立体图形:二维和三维物体(无论是否有曲面)都可以通过其特征进行描述、分类和分析”^[15]. John A. Van de Walle 等也提出了几何领域的4条大观念,其中有两项能指引四边形单元教学,它们是:(1)根据图形的几何性质可以判断不同图形是否相同,图形可以根据其性质进行分类;(2)当一个图形在平面内或空间中移动时,变换提供了一种判断图形的性质是否变化的重要方法,这些变换包括平移、反射、旋转等^[16].

“图形的性质”是初中图形与几何领域的重要内容,这部分内容可以体现如下数学大观念:(1)图形是从现实空间中抽象出来的;(2)图形的组成元素决定了图形的性质,可以根据图形的性质对图形进行描述、分类和分析;(3)研究图形的过程和方法包括通过抽象得到图形;通过定义表述图形;通过观察、操作、度量、归纳、类比等方法发现图形的性质;利用演绎推理从定义、基本事实、定理出发对发现的结论进行证明,从而得到图形的性质;根据图形的定义和性质,得到图形的判定.

将上述大观念具体化,得到四边形单元的具体观念:(1)四边形是从现实空间中抽象出来的;(2)四边形可以根据其边和角的特征来描述、分类和命名;(3)四边形可以由三角形构成或分解成三角形;(4)分类是认识图形特征的重要方法,也是理解图形间关系的重要手段;(5)定义是探索图形性质和判定的出发点,图形有多种定义方式,所有充分必要的性质命题都可以用“性质”构成图形的定义^[17];(6)图形的性质是指图形的整体特征(稳定性、对称性)以及图形各几何元素之间确定的位置关系、大小关系;(7)观察、操作、度量、归纳、类比、推理都是研究图形性质的有效方法;(8)图形的判定是指能够判断一个图形是否为某类图形的条件;(9)图形的性质定理和判定定理一般是互逆的关系,可以通过性质定理的逆命题寻找图形的判定定理,也可以将图形的性质罗列出来,将性质两两组合构造命题,如果命题为真,则可以作为图形的判定定理;(10)经过合情推理发现的结论不一定正确,通过演绎推理可以证明一个命题是正确的,利用反例可以判断一个命题是错误的;(11)图形变换既是研究图形性质的重要方法,也是探

究证明思路、寻找证明方法的重要途径;(12)证明要做到:出发点正确、推理过程正确,证明的依据是学过的定义、基本事实、定理、推论等.

上述具体观念不仅可以指引平行四边形的研究,还可迁移至矩形、菱形、正方形及陌生图形的研究中.

2.2 调研学生的初期理解

学生带着有关世界如何运作的前概念来到课堂,如果他们的初期理解没被卷入其中,那么他们也许不能掌握所教的新概念和信息,否则他们会为了考试的目的而学习它们,但仍会回到课堂之外的前概念^[18]. 那关于平行四边形,学生的初期理解是什么?为此,在四边形单元学习之前对35名学生进行了调研^①. 下面呈现部分调研题目及结果.

对于问题“请你给平行四边形下个定义”,学生的答题情况如表1所示.

表1 平行四边形定义答题情况统计表

序号	定义	人数	所占百分比
1	两组对边分别平行的四边形叫做平行四边形	15	43%
2	两组对边分别相等的四边形叫做平行四边形	3	9%
3	两组对角分别相等的四边形叫做平行四边形	1	3%
4	一组对边平行且相等的四边形叫做平行四边形	1	3%
5	两组对边平行且相等的四边形叫做平行四边形	13	37%
6	两组对边分别平行、两组对边分别相等、两组对角分别相等的四边形叫做平行四边形	3	9%
7	两组对边分别平行、两组对角分别相等且不等于90度的四边形叫做平行四边形	1	3%

除了一名学生没有答题之外,其余34名学生都回答了此题,其中一名学生给平行四边形下了4个定义.

① 调研结果由北京市大兴德茂学校李宁老师提供.

由上述调研结果可以发现,学生对什么是定义有不同的理解.此外,根据范希尔理论,学生下定义的水平主要处于水平1分析及水平2非形式演绎.其中分析水平的学生为了给某类图形下定义,倾向于列出该类图形尽可能多的性质,如表1中的定义5,6,7;而非形式演绎水平的学生能识别定义一个图形需要的最小一组性质,如表1中的定义1,2,3,4;演绎水平的学生则能认识到一个形式化定义的特征及其等价定义.

对于问题:“请你研究平行四边形的性质,平行四边形有哪些性质?”学生的答题情况如表2所示.

表2 平行四边形性质答题情况统计表

序号	平行四边形的性质	人数	所占百分比
1	平行四边形的对边平行	27	77%
2	平行四边形的对边相等	23	66%
3	平行四边形的对角相等	15	43%
4	平行四边形的对角线互相平分	15	43%
5	平行四边形的内角和是 360°	8	23%
6	平行四边形是中心对称图形	2	6%
7	平行四边形具有不稳定性	2	6%
8	平行四边形由两个面积大小相等的三角形组成	1	3%
9	平行四边形由两个全等三角形组成	1	3%
10	平行四边形由两对全等三角形组成	1	3%

由表2可知,学生对“什么是图形的性质”理解不同.此外,大部分学生不清楚定义和性质间的关系,他们将定义作为平行四边形的一个性质.(如,在将“平行四边形的对边平行”作为平行四边形性质的27人中,有26人将其作为平行四边形的定义)而在数学上,概念的定义和概念的性质是直接被区分的,概念的性质都是在定义基础上推导出来的^[19].

从调研结果可以发现,学生对“什么是定义、如何下定义、什么是性质、如何研究图形的性质”等问题的理解上有较大差异.其中有些理解是不充分的、有些理解是错误的.而不充分、不恰当、错误的已有知识可能误导或阻碍新的学习^[20],因此需要通过教学予以填补和纠正.

2.3 制定学习目标、确定基本问题

理解为先的单元包含四种不同的学习目标:迁移、理解意义、知识和技能^[21].学会迁移是所有教育的长期目标,学习的根本目的是理解意义与迁移应用;理解意义是迁移的前提,指向大观念;知识和技能是获得深入持久理解以及学会迁移的必需工具(即手段)^[22].

为了促进学生的理解和迁移,需要有基本问题的引领.基本问题指向和突出大观念,它们像一条过道,通向理解之门;基本问题能够引发探究、讨论或论证;不仅能够促进对某一特定主题单元的内容理解,也能激发知识间的联系和迁移^[23].

四边形单元的学习目标及基本问题如表3所示.

表3 四边形单元的学习目标及基本问题

学会迁移		
面临新图形时,能够给图形下定义,能对图形的性质和判定进行研究,并能得到相应的研究结果.		
理解意义	基本问题	掌握知识与技能
(1)四边形是从现实空间中抽象出来的. (2)四边形可以根据其边和角的特征来描述、分类和命名. (3)分类是理解图形间关系的重要手段.	(1)四边形是真实存在的吗? (2)有哪些特殊的特征来描述、分类和命名? (3)它们之间的关系是什么?	能正确梳理和表达四边形和各种特殊四边形之间的关系.
(4)定义是探索图形性质和判定的出发点. (5)所有充分必要的性质命题都可以用“性质”构成图形的定义. (6)一个概念可以有多种定义方式.	(4)为什么要给图形下定义? (5)如何给图形下定义? (6)一个概念可以有多个定义吗?	能给平行四边形、矩形、菱形、正方形下定义.

续表

理解意义	基本问题	掌握知识与技能
<p>(7)图形的性质是指:图形的整体特征(稳定性、对称性)以及图形各几何元素之间确定的位置关系、大小关系.</p> <p>(8)观察、操作、度量、归纳、类比、推理都是研究图形性质的有效方法.图形变换也是研究图形性质的重要方法.</p>	<p>(7)什么是图形的性质?</p> <p>(8)如何研究图形的性质?</p>	<p>能运用恰当的方法对平行四边形、矩形、菱形、正方形的性质进行研究,并得到图形的性质.</p>
<p>(9)图形的判定是指:能够判断一个图形是否为某类图形的条件.</p> <p>(10)图形的性质定理和判定定理一般是互逆的关系,可以通过性质定理的逆命题寻找图形的判定定理,也可以将图形的性质罗列出来,将性质两两组合构造命题,如果命题为真,则可以作为图形的判定定理.</p>	<p>(9)什么是图形的判定?</p> <p>(10)如何研究图形的判定?</p>	<p>能运用恰当的方法对平行四边形、矩形、菱形、正方形的判定进行研究,并得到图形的判定.</p>
<p>(11)经过合情推理发现的结论不一定正确,通过演绎推理可以证明一个命题是正确的,利用反例可以判断一个命题是错误的.</p> <p>(12)四边形可以由三角形构成或分解成三角形.图形变换是探究证明思路、寻找证明方法的重要途径.</p> <p>(13)证明的依据是:学过的定义、基本事实、定理、推论等.证明要做到:出发点正确、推理过程正确.</p>	<p>(11)发现的结论正确吗?</p> <p>(12)如何获得证明思路?</p> <p>(13)如何判断证明过程是否正确?</p>	<p>能对发现的命题进行证真或证伪.</p> <p>能对一些难度适中的命题与定理进行证明,并有条理地表述论证过程.</p> <p>能解决简单的实际问题.</p>

2.4 设计评估任务

威金斯提倡逆向设计,即将评价设计这一步骤提前,先思考如何开展评估,再设计学习任务.评估的方式是多样的,包括对理解的非正式检查(如口头提问、观察、对话)、随堂测验、开放式问答题及表现性任务^[24].为了评估学生的理解和迁移,可设计如下评价任务:图1中的三个四边形都

是筝形,图2中的三个四边形都不是筝形.请给筝形下定义,研究其性质和判定,并给出研究结果.

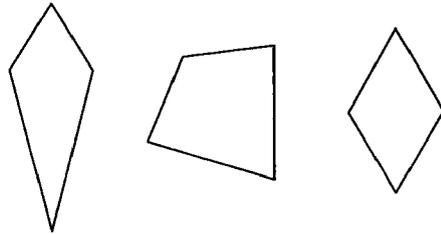


图1

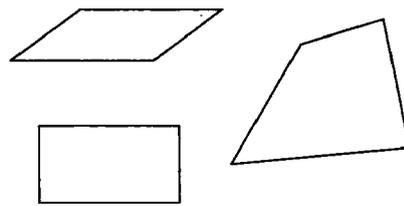


图2

2.5 设计学习任务

根据前述分析,将四边形单元的主要学习活动整体安排如下,如图3所示.

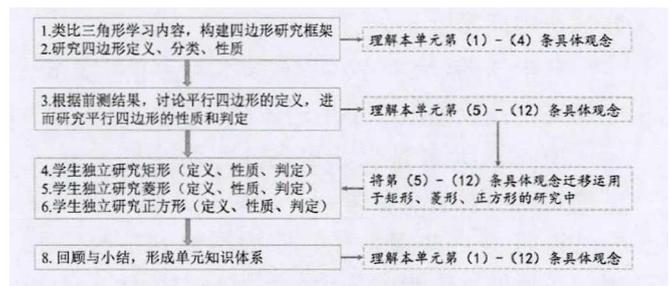


图3 四边形单元学习任务整体设计

限于篇幅,下面重点对平行四边形的学习任务予以展开,以问题串的形式呈现.

问题1 课前请同学们给平行四边形下定义,同学们给出了7个定义,那这7个都能作为平行四边形的定义吗?

生:第一个肯定能,小学课本里是这么写的.

追问1:那其余6个呢?能作为平行四边形的定义吗?

生:之前学过定义具有两重性,定义既是“性质”又是“判定”.那需要判断其余6个是否具有两重性.也就是说先看看它们是不是平行四边形的性质,再看看它们是不是平行四边形的判定.

设计意图 前测中,学生给平行四边形下了7个不同的定义,说明学生对定义有着不同的理

解.那什么样的理解才是正确的呢?课堂上应该对该问题进行讨论,否则会不利于学生形成对定义的正确理解.学生会认为定义是教材给定的、是唯一的.

问题 2 既然如此,那我们在定义 1 的前提下,先来讨论平行四边形的性质.课前大家已经对平行四边形的性质进行了研究,得到了不少结论(呈现学生的研究结果).大家是怎么得到这些结论的?这些结论正确吗?怎么证明?这些都是平行四边形的性质吗?平行四边形的性质指的是什么?教材中为什么只呈现了其中 3 条性质?

设计意图 定义具有两重性,既是“性质”又是“判定”.给概念下定义首先要清楚图形的性质和判定.因此,需要先对平行四边形的性质进行研究.通过问题 2 中基本问题的讨论,让学生理解本单元第(6)(7)(10)(11)(12)条具体观念.

问题 3 研究完性质,接下来我们研究平行四边形的判定.平行四边形的判定具体要研究的问题是什么?

生:寻找除定义外,能够判断一个四边形是平行四边形的条件.

师生活动:学生先独立研究,然后小组交流,老师观察并收集汇总学生的做法.

追问 1:大家是怎么得到这些结论的?这些结论正确吗?怎么证明?

追问 2:这些都是平行四边形的判定吗?平行四边形的判定指的是什么?教材中为什么只呈现了其中 3 条判定?

设计意图 通过问题 3 中基本问题的讨论,让学生理解本单元第(8)(9)(10)(11)(12)条具体观念.

问题 4 研究完平行四边形的性质和判定,我们再回过头来讨论平行四边形的定义.除结论 1 外,其余 6 条结论可以作为平行四边形的定义吗?

生:结论 2,3,4 可以.结论 5,6,7 都有多余的条件,只需要保留其中一个即可.

追问 1:平行四边形可以有多个定义吗?

追问 2:教材为什么选择了“两组对边分别平行的四边形是平行四边形”作为定义?

追问 3:根据前面的讨论,大家能说说如何给平行四边形下定义吗?

设计意图 通过问题 4 的讨论,让学生明晰平行四边形可以有多个定义,而且这些定义是等价的.一般来说,人们选择更加直观的命题作为定义^[25].定义是推理的逻辑起点,是研究性质和判定的出发点.给平行四边形下定义时,首先对平行四边形的性质进行探索,找出能够将平行四边形跟其他图形区分开来的性质,选择一条作为定义,然后对其进行检验,如果不能找到任何一个反例,则所下定义是恰当的.即通过对问题 4 的讨论,让学生理解本单元第(5)条具体观念.

问题 5 我们已经对平行四边形进行了完整的研究,下面我们进行回顾与小结.对于平行四边形我们都研究了哪些内容?是怎么进行研究的?得到了哪些结论?定义、性质、判定之间的关系是什么?

设计意图 通过问题 5,对平行四边形的研究过程进行回顾和整理,进一步明晰和理解本单元的具体观念,以便于迁移至本单元矩形、菱形、正方形及陌生图形的研究中.

3 结语

教育工作者希望学生能把学习从一门课中的一个问题迁移到另一个问题,从一学年迁移至另一学年,在学校与家庭之间以及从学校迁移到现场^[26].而对基础性原则和观点的理解是培养迁移能力的主要途径^[27].因此,为了促进学生的理解和迁移,可以在大观念的统领下进行单元教学设计.本文以四边形单元为例,阐述了如何在大观念的统领下进行单元教学设计:确定大观念及单元具体观念、调研学生的初期理解、制定学习目标并确定基本问题、设计评估任务、设计学习任务.大观念统领下的四边形单元教学设计体现了单元的思想,有利于学生深入理解定义、性质、判定间的内在联系,掌握研究一个图形的基本路径和思想方法,积累研究图形的活动经验,从而促进学生将所学内容迁移至陌生图形的研究中.

参考文献

- [1][9][11][23][24][27]格兰特·威金斯,杰伊·麦克泰格著,闫寒冰等译.追求理解的教学设计[M].上海:华东师范大学出版社,2017:7,77,72,75,72,119-121,171,46
- [2][4][18][26]约翰·D·布兰思福特等.人是如何学习的[M].上海:华东师范大学出版社,2013:51,68,13,45

(下转第 62 页)

统计内容中所特有的一些数学思想方法,例如随机思想与学生一直以来所学习的确定性思想在很大程度上存在差异,尤其在当今时代背景下,这一思想对学生适应社会发展具有重要影响.因此教师应在相关问题上渗透这一思想并重视评估学生在解决现实问题的过程中是否进行了准确表达或推理.

(4) 重视知识本质,挖掘数学教育价值

数学高考命题不仅是为了考查学生数学知识技能的掌握程度,更重要的价值在于能够引导学生在数学知识的学习过程中深入体会其中蕴含的数学思想方法及其本质内涵,并为学生树立正确的数学学习观和人生价值观指明方向.尤其在当今大数据迅速发展的时代背景下,基本的知识和技能传授已经不能满足培养社会未来优秀人才的需要.而只有从“授人以鱼”向“授人以渔”的方向转变,从强调解题技巧过渡到在解决数学问题的过程中启发学生领悟其中蕴含的智慧源泉,才能真正让学生的数学核心素养发展得以落地生根.

概率与统计作为学生适应大数据时代的必备知识,同时也是数据分析、数学建模素养的重要载体,为了确保所有的学生都能树立一定的概率意识,科学地看待事件的发生情况以及事物之间的变化,教师应在相关教学中要重视对于核心概念、

方法的本质揭示,引导学生认识到知识所蕴含的思想内涵.在命制相关试题时,逐渐从简单情境到复杂情境,从单一知识到综合应用,从正向思维到逆向思维进行过渡,循序渐进地提升学生相关知识的应用能力.

参考文献

- [1]陈昂,任子朝.课改后统计与概率内容考查研究[J].数学通报,2013,52(02):13-16+24
- [2]中华人民共和国教育部.普通高中数学课程标准(2017年版)[M].北京:人民教育出版社,2018
- [3]教育部考试中心.2019年普通高等学校招生全国统一考试大纲的说明(理科)[M].北京:高等教育出版社,2018
- [4]张曜光.以数学教育的整体观把握数学学科核心素养[J].课程·教材·教法,2018(7):67-72
- [5]李勇,赵静宇,史辰羲.高考评价体系的基本内涵与主要特征[J].中国考试,2019(12):7-12
- [6]史宁中,孔凡哲,秦德生,杨述春.中小学统计及其课程教学设计——数学教育热点问题系列访谈之二[J].课程·教材·教法,2005(06):45-50
- [7]鲍建生.中英两国初中数学期望课程综合难度的比较[J].全球教育展望,2002,31(9):48-52
- [8]武小鹏,孔企平.基于AHP理论的数学高考试题综合难度模型构建与应用[J].数学教育学报,2020,29(02):29-34
- [9]菲利克斯·克莱因.高观点下的初等数学[M].舒湘芹,译.上海:复旦大学出版社,2008
- [3]Fisher, D., et al. Visible Learning for Literacy, Grades K-12: Implementing the Practices that Work Best to Accelerate Student Learning[M]. Thousand Oaks, CA: Corwin, 2016: 19
- [5][6]章建跃.基于数学整体性的“四边形”课程、教材及单元教学设计[J].数学通报,2020,59(06):4,7
- [7]李刚,吕立杰.大概念课程设计:指向学科核心素养落实的课程架构[J].教育发展研究,2018,38(Z2):35-42
- [8]Erickson, H. L. Stirring the head, heart, and soul: Redefining curriculum and instruction (2nd ed.)[M]. California: Thousand Oaks, 2000: 33-35
- [10][15]Randall I. Charles, Carmel. Big Ideas and Understandings as the Foundation for Elementary and Middle School Mathematics. Journal of Mathematics Education Leadership, volume 7, number 3, 2005: 10, 19
- [12][13][14][21][22]格兰特·威金斯,杰伊·麦克泰格.理解为先模式 单元教学设计指南(一)[M].福州:福建教育出版社,2018:78,78,5,63,24-25
- [16]John A. Van de Walle, Karen S. Karp, and Jennifer M. Bay-Williams. Elementary and Middle School Mathematics: Teaching Developmentally, 9th edition[M]. Boston: Pearson Education, 2016: 512
- [17]史宁中.数学基本思想 18 讲[M].北京:北京师范大学出版社,2016:128
- [19]潘玉恒,杨珂玲.论数学概念的定义方式[J].数学教育学报,2012,21(04):32-35
- [20]苏珊·A·安布罗斯.聪明教学 7 原理[M].上海:华东师范大学出版社,2019:9-10
- [25]史宁中.数学思想概论第 2 辑[M].长春:东北师范大学出版社,2009:126

(上接第 40 页)

初中数学教学中分析学生认知的三个维度

顿继安

(北京教育学院 教师教育数理学院 北京 100044)

摘要 学情分析的核心是学生认知分析。对学生认知分析的分析需要包括三个维度的内容:认知基础、认知规律、认知需求。初中数学教师只有自觉对学生的认知从这三个维度上进行分析,才能在课堂上使得自己的教与学生的学的节奏一致起来,让学情分析真正服务于有效教学。

关键词 初中数学;学情分析;认知基础;认知规律;认知需求

中图分类号 G633.6 **文献标识码** A **文章编号** 1673-6923(2015)02-0037-04

DOI :10.16398/j.cnki.jbjie(n)issn1673-6923.2015.02.007

备课要“备学生”是一直为我国数学教育的前辈和同行代代传承的宝贵经验,业已转化为所有数学教师日常从事教学工作的必要程序,体现在每日必写的教案的“学情分析”栏目中。

那么,“学情分析”要分析什么?卡耐基梅隆大学的优质教学和教育创新项目的研究指出,教师需要在学生已有知识状况、智力发展水平、文化背景以及学习经验和期望等4个方面了解学生。但显然,这4个方面不宜都作为备课时进行分析的显性内容,教师的备课通常都会以学生的认知作为学情分析的核心内容。

从学生认知过程需要包括起点、路径和目的的角度看,对学生的认知分析需要包括三个维度的内容:认知基础、认知规律、认知需求,而现实中数学教师对此的理解存在着巨大差异,这就使得使用同一词汇的人们在交流时难以做到有效的沟通,一些优秀教师的经验难以真正被青年教师习得,而只有能够在这三个维度上对学生的认知进行全面到位的分析,课堂上教师的教与学生的学的节奏才会一致。

1 了解初中学生的认知基础

对“备学生”最朴素的理解就是了解学生的认知基础,而学生的认知基础又包括理论上的认知基础和现实上的认知基础。

1.1 初中学生理论上的认知基础

在数学教师教案的“学生情况分析”一栏中,常见的表述就是“学生已经学习了……”,比如,“平行四边形的定义与性质”一课的教案中,许多教师以“学生已经学习了平行线、三角形、全等三角形等知识”作为对学生情况的分析,这种基础是课程标准、教学参考书、考试大纲等基本教学文件决定的,是学生在学校数学课程中已经学习过、应该掌握的内容,我们称之为学生理论上的认知基础,是教师对大多数学生的认知情况较为系统和基本的了解。

学生理论上的认知基础看似容易了解,但是在当下课程改革的进程中也需特别重视,因为基础教育课程改革涉及了基础教育阶段的每个年级,数学教师凭借自己以前的教学经验或者学习经历对

收稿日期 2015-05-13

作者简介:顿继安(1972—),女,天津蓟县人,北京教育学院教师教育数理学院副教授。

学生过去学了什么的认知可能与今天的情况不符。比如:初中的数学课上,许多教师看到学生将 $3\frac{2}{5} \times (-\frac{5}{8})$ 的结果计算为 $-3\frac{1}{4}$ 而深感不解,殊不知,小学阶段《义务教育数学课程标准》(以下简称《课程标准》)对带分数的运算未做要求;在初中数学“三角形内角和定理”一课上,有的老师花了很长时间让学生通过度量、拼接等方式探索三角形内角和为 180° 这一结论,忽视了小学阶段学生已经对此有了充分认知的基础,因而应将教学重点放在“为什么三角形内角和等于 180° ”上。

因此,教师备课不仅要查阅自己任教年级、学段的《课程标准》、教科书、考试大纲等文件,还要阅读低学段的相关材料,对于前一学段《课程标准》或者考试大纲中未做要求的内容,如果在本学段的学习中会常用,就要做必要的补充;对于与前一学段重合的内容,就要做定位的调整,不能想当然地以自己曾经教与学的经验作为理论上的学生认知基础。

1.2 初中学生的现实认知基础

理论上的学生认知基础是学生应然的状态,但是,具体学生的真实情况却千差万别,所以,备课还要了解学生的现实认知基础,不能按照理想中的学生认知基础进行教学,尤其要倾听和接纳自己意料之外的认知基础,甚至不想看到的认知基础,否则会使得精心准备的活动在具体的学生面前遭遇挫折。

案例 1 不欢而散的一节课

初二“无理数”单元的一节课, Z 教师希望学生在主动探索中学习。他的设计思路是:首先请同学利用折纸的方法找到 $\sqrt{2}$, 然后引导学生利用计算器逐渐计算得到趋近于 $\sqrt{2}$ 的小数,最后得到 $\sqrt{2}$ 是一个无限不循环小数,不是一个有理数,从而引出无理数的概念。

在实验班, Z 老师的教学非常顺利,整个教学过程中师生关系很和谐,教师的自我感觉也很好。

然而,在接下来的普通班中, Z 老师如法炮制,效果却大相径庭。学生在利用折纸找 $\sqrt{2}$ 时遇到了困难,于是注意力转移,有的同学甚至开始折纸飞机玩耍。Z 老师很是恼火,忍不住大发雷霆,最后这节课不欢而散。

分析这节课可以发现, Z 老师失败的原因显然在于不了解学生的现实认知基础。对于普通班的学生来说,折纸活动最初由于新奇可能能够引起学生的兴趣,然而兴趣代替不了能力,教师缺乏对一些学生可能在折出 $\sqrt{2}$ 活动中表现出困难的心理准备,上课时没有关注他们,致使这些学生在遇到困难时没有得到及时帮助。其实,学生对自己的表现也是不满意的,也能够预测到会遭遇到教师的什么反应,而自己又无力改进,因此用折纸飞机这样的活动戏谑起来,这恐怕是处于这种境遇中的人的正常表现。这时候学生需要的是教师的包容、认可和鼓励,但是教师却一味地认为学生“不认真”“态度有问题”,最后导致情绪失控,影响了课堂进展,更为师生关系抹上了一层阴影。

那么,教师不知道普通班会有学生在折 $\sqrt{2}$ 的过程中会有困难吗?笔者在跟 Z 老师交流时,他思考后说道:“仔细想想也应该知道,但备课时确实没往这方面想”。这也代表这一种普遍现象——许多教师并非真的不知道学生的认知基础,但仍以自己的教为中心观念导致其在实践中无意间就会变得“目中无人”:学生与教师预想一致的做法容易进入教师的视线,而学生的困难、错误方法的价值却经常被忽视,表面上是在给学生独立学习的机会,实际上仅仅关注那些与自己的期望一致的学习结果,就会表现为单纯凭借自己的愿望武断地进行教学,课堂上遇到意料之外时怪罪于学生的不配合,师生关系出现不和谐,教学有效性出现问题就不足为奇了。

2 了解初中学生的认知规律

要了解初中学生的认知基础,还要了解他们学习数学知识的规律,并按照学生的学习规律设计和组织教学活动。

案例2 精心备了学生却仍然进展不顺

P老师要教初一“数据的表示”一课,教学内容是条形统计图和折线统计图的画法与读图能力。备课时,教师研究了课程标准、教材内容,包括小学阶段的课程标准和教科书,还对学生做了访谈,了解到学生学习过条形统计图的画法。

上课了,P老师首先通过多媒体课件演示了条形统计图的绘制过程,认为学生应该能够画得非常顺利、完美了。然而,接下来学生画的条形统计图却让P老师大吃一惊,学生画的条形统计图简直“不堪入目”:有的图宽窄随意,有的图距离不均衡,有的图好像比萨斜塔。教师只得逐个校正,花了不少时间,导致原来准备的折线统计图的教学都没能展开。

课后交流时,P老师表达了自己的困惑:自己对学生的认知基础做了非常充分的准备,教学以学生已经见过、读过的大量条形统计图为基础,期望通过课上画法的示范学生就应该能够画得很顺利、很完美了,为什么会事与愿违?P老师的问题在于知道了学生在哪里,也知道要带着学生到哪里去,但却缺乏对学生学习规律的了解。

本课的教学内容为条形统计图的绘制,这属于智慧技能中的规则学习,学生需要学到的规则包括每个条形统计图的高度、宽度,坐标轴单位的选取,不同条形图的宽窄关系、位置关系等。而教师示范的例子尽管完美,但是一个例子并不能起到让学生理解甚至注意到所有规则的作用,他们只能关注到最主要的规则(如统计图的高度),但却会忽略到不太显性的规则(如统计图的宽窄、统计图的间距等),而学生练习画统计图活动的主要目的在于通过自身实践体会条形统计图绘制过程中需要关注的各条规则。实际上,学生画出的千姿百态的条形统计图为学生今后的学习提供了大量正反例证,教师可以通过组织学生对这些统计图进行评价、分析,促进学生间观念的对话和个体的自我反思,从而使得一些不太容易被关注到的规则也得到关注,完成条形统计图的学习过程。

学生的学习规律是个非常复杂的问题,迄今为止也没有一个理论能够非常有把握地解释所有的现象,解决所有的问题。另外,数学教育心理学作为一门经验性的科学,依靠职前的缺乏实践体验的文本式的学习很难做到真正理解,何况心理学理论为数学教师的教育教学活动提供的通常只是一般的指导,而不是固定的、用以解决特定问题的公式,现实问题远比理论的假设要复杂,教师在很多情况下应用一般的理论于实践的过程中需要具有创造性的成分。因此,必须重视教师结合自己遇到的实践问题理解理论内涵和意义的作用。比如,案例2中的P老师将这样一次“失败”的教学经历作为增进自己理解“怎样教更有效”问题的宝贵资源,通过这次经历,P老师形成了新的认识:课上要让学生自己先去做,发现问题,以问题作为教学资源,并将这一资源与原有的备课资源进行整合,全面呈现学生的问题,教师诊断性地进行教学,才能够高效高质地落实教学任务。

教学相长,教学经验带给教师的重要财富之一就是理解学生的学习规律,善于反思和总结的数学教师会不断将自己对学生学习过程中的观察进行分析和批判,使之成为自己专业知识结构的组成部分,从而不断深化对学生学习规律的理解,并使之成为指导自己教学实践的依据。

3 了解初中学生的认知需求

了解了初中学生的起点,明确了教学目标和学生的学习路径,这还不够,因为教学目标自身有时候也不尽合理,或者说是与学生的需求是不一致的。因此,教师还需要了解一项内容——学生的需求。

说到学生的学习需求,很容易将其与学习兴趣联系起来,为此,教师“满足学生学习需求”的活动设计的重点常常放在学生喜欢的数学活动形式上,比如,创设现实情境、组织游戏活动、小组活动等。这样做无疑对于吸引学生的注意力、调动学生的学习兴趣是有用的,但却远远不够,教师还应该关注学生对“学什么”的需求。

案例3 平移的概念

八年级数学课上,教师首先通过ppt向学生展示了生活中的平移现象,又组织了一个在平面上移图的游戏活动,然后加重了语气:“像这样图形的平行移动,简称平移,它是由移动的方向和距离所决

定的”学生们赶紧低头划记号或者记笔记。

然后,教师带领学生对“定义”进行分析,分析出方向和距离是平移的两个要素,进而通过具体问题寻找和识别平移中的对应点、对应线段、对应角、平移方向、平移距离,并且解决了一些平移作图问题。

这节课中蕴涵了许多新课程改革的元素,比如,生活实例、动手操作活动等,教师也采用多种途径帮助学生理解了,知识点也落实了。但是,坐在课堂中听课的笔者却并不感到兴奋,下课后,与授课教师交流,授课老师的感受也有同感:“感觉不好,学生不兴奋,我也不兴奋”。

为什么学生不停地参与活动却不兴奋?课堂上教师让学生解决的最后一个综合性题目引起了笔者的注意:

一艘小船经过平移到了新的位置,你发现缺少了什么?请补上。



笔者问授课教师:“如果不讲这节课,你觉得学生能不能完成这道题?”教师给出了肯定的答案:“能”。随后在另一个班做了调研,调研结果表明确实如此。全班所有的同学都能够完成这一问题,而且他们的方法和解释很丰富,有人说是通过旗杆与船头的相对位置画出旗子的,有人说是根据数船头上的点的平移情况确定旗子的移动情况,进而画出旗子的。

这就可以解释学生为什么不兴奋了:既然难度最大的题目学生不学都会,那么可以判断这节课学生所参与的活动都是不需通过学习就能够完成的,因此教学并没有满足学生的学习需求,没有促进学生的发展。纵观这节课的每个活动,无论是平移现象的广泛背景,还是平移概念两个要素的提炼,都是在教师的高度控制下逐条呈现的,学生关于平移的认知基础没有得到展示,生活中的平移概念与数学上平移概念的差距也没有得到揭示,学生只是在被动接受着自己似乎本来已经很熟悉的知识,解决着本来就能解决的问题,毫无新鲜感和力量的数学知识有何魅力?

那么,学生的学习需求是什么?学生在“平移”一课的学习需求,显然不是获得“像这样图形的平行移动简称平移”这种经验性定义,也不是从这个定义出发演绎出的平移的具体性质,因为这样的定义和具体性质学生不学也都知道,教师需要分析通过平移概念的具体知识的学习可以培养学生哪些重要的思维或者进一步加深对哪些基本概念的理解,需要作出“教什么知识”的选择。比如,教师可以先让学生解决“小船”问题或其他类似问题,让学生说一说自己是怎样作图的,此时学生就将自己对平移的认识表达了出来。由于这种认识是基于解决问题产生的,因此未必全面、系统。教师接下来就可以引导学生对自己作图方法背后的数学内涵进行分析,厘清不同的数学内涵之间的逻辑关系,然后再将其组织成符合数学知识结构要求的系统的体系。这样的过程就是荷兰数学教育家弗雷登塔尔所说的“数学化过程”,也是学生对知识进行再创造的过程,它包括了知识产生及知识体系形成的方法和程序,能够为日后其他知识的探究过程提供示范,具有较强的迁移性。

对学生的需求分析与教师对数学学科知识及其教育价值的理解有关,是教师着眼于学生未来发展的行动自觉,这种行动的自觉与教师对学生历史的了解、对学生现实的观察以及对学生的认知规律的了解结合在一起,才真正能够使得学情分析活动成就于有效教学教学。

参考文献:

- [1]蔡金法,许世红.教师读懂学生什么:认知导向的教学[J].小学教学:数学版,2013(9):4-6.
- [2]裴艳萍,王朝花.尊重学生,要疏不要堵——一次研究课及其教学改进带来的启示[J].中学数学教学参考,2010(3):12.
- [3]皮连生.学与教的心理学[M].上海:华东师范大学出版社,2006:116.
- [4]顿继安,张晓华.学科教学中漠视与低估学生的现象亟待关注[J].中小学管理,2008(5):28-29.
- [5]弗莱登塔尔.作为教育任务的数学[M].陈昌平,唐瑞芬,译.上海:上海教育出版社,1999:123.

(下转第 64 页)

参考文献:

- [1]赵洁.现行普通高中课程标准实验教材地理必修1的比较研究[D].北京:首都师范大学,2007.
[2]梁丹丹.初中地理“活动性课文”在教学中的应用——以人教版教材为例[J].中学地理教学参考,2014(12):43-44.
[3]李家清.新理念地理教学论[M].北京:北京大学出版社,2009.
[4]邵志豪,袁孝亭,王向东.普通高中新课程地理教材中活动板块研究初探[J].现代教育科学·中学教师,2012(5):101-104.
[5]丁华.活动性课文在高中地理教学中的优越性探究[J].教育与教学研究,2012(4):127-128.
[6]袁书琪,李冰洁.逻辑思维能力和地理知识的对应关系[J].地理教学,2011(16):16-17.
[7]宋华超.大陆与台湾地理教材活动性课文比较研究——以自然地理部分为例[D].福州:福建师范大学,2014.

A Discussion on Text with Activities in High School Geography Textbooks

——Taking the High Geography Textbook (Compulsory 1) of People's Education Press as an Example

Dong Yaqi

(College of Education Science, Minnan Normal University, Zhangzhou Fujian 363000, China)

Abstract: Text with activities is an important part of the new edition textbooks of People's Education Press for high schools, reflecting the high school geography curriculum reform of attaching great importance to the concept of autonomous learning, autonomous exploration and experience. This paper expounds the connotation of text with activities in the high school geography textbooks (compulsory 1), and through detailed analysis of text classification and function, concluded that the text with activities part in high school geography textbooks (compulsory 1) of People's Education Press emphasized more on the cultivation of student's logical thinking ability, lack of cultivation on students' practical ability and scientific inquiry ability. Finally the paper emphasized on the importance of appropriate adjustment of the ratio of text with activities in school teaching and teachers' correct understanding on editors' intentions.

Key words: high school geography; texts with activities; textbook arrangement

(责任编辑 田 军)

(上接第 40 页)

Analysis on Three Dimensions of Students' Cognition in Mathematics Teaching

Dun Ji'an

(Faculty of Education for Teachers of Science and Math, Beijing Institute of Education, Beijing 100044, China)

Abstract: The core issue in student analysis is students' cognition analysis. Analysis on students' cognition mainly includes three dimensions: cognitive basis, cognitive laws, and cognitive need. Only when mathematics teachers can consciously analyze students' cognition from the three dimensions, can they make their teaching rhythm be consistent with students' learning. In this way, students' analysis will really serve for effective teaching.

Key Words: middle school mathematics; student analysis; cognitive basis; cognitive laws; cognitive need

(责任编辑 张玉平)

学生统计思维发展水平划分探究

李红云¹, 朱文芳¹, 伍春兰²

(1. 北京师范大学 数学与科学学院, 北京 100875; 2. 北京教育学院 数学与科学教育学院数学系, 北京 100120)

摘要: 大数据时代, 面对随机现象及产生的数据做出合理判断和决策时, 统计思维尤为重要. 从统计和思维两个视角尝试构建统计思维测试框架并设计测试题目, 经过两次测试: 第一次测试和访谈, 对每个题目学生表现的不同水平进行编码, 并调整测试题目; 第二次测试及学生个别访谈, 初步探究不同年级学生统计思维水平的差异, 拓展了第一次测试中统计概念、统计推断的水平划分. 在测试、学生访谈、学生个案研究基础上, 将统计概念、统计判断、统计推断均划分为 5 个水平并给出了具体描述.

关键词: 统计思维; 统计概念; 统计判断; 统计推断; 发展水平

中图分类号: G632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-9894(2019)05-0041-06

引用格式: 李红云, 朱文芳, 伍春兰. 学生统计思维发展水平划分探究[J]. 数学教育学报, 2019, 28(5): 41-46.

1 问题提出

大数据时代, 人们需要用统计思维对随机现象所产生的数据做出合理的判断和决策, 正如统计学家 C. R. Rao 所言: 统计学存在于人类生活的各个领域, 统计学知识对人的一生都是有价值的财富^[1]. 随着对统计学及统计教育价值的认识, 不管是高等教育还是基础教育阶段, 统计教学目标都更加突出对学生统计思维的培养.

统计思维研究基本可以分为两种倾向, 一是给出统计思维包含的要素或核心概念, 如 Wild 和 Pfannkuch、Moore 依据统计学科的特殊性列出统计思维核心或要素^[2-3], Marriott 给出 20 世纪到 21 世纪统计思维所包含核心概念的发展^[4]; 二是以数据处理过程或统计问题解决过程为主线, 描述每个过程的认知特征, 如 Mooney 中学生统计思维发展框架^[5]、Reading 的统计理解框架^[6]、李化侠小学统计思维的表现形式^[7], 国内很多研究以数据分析或数据分析观念为关键词, 以数据分析过程为主线, 有些研究也突出对数据随机性的认识^[8-11].

综上, 已有对统计思维的研究侧重统计学科的特殊性或者以数据分析为主线, 缺少思维科学研究的视角; 已有研究中不考虑随机性或是将随机性单列为一个维度. 结合已有研究, 尝试从统计和思维两个视角构建统计思维测评框架, 并尝试将随机性认识融入统计思维发展的刻画中.

2 研究框架

研究分为两个阶段: 第一次测试及访谈、第二次测试及学生学习个案. 第一次测试及访谈, 一是根据测试结果及学生访谈对学生表现的不同水平进行编码, 二是调整并完善测试题目以使测试卷具有较好的内容效度. 第二次测试及学生

学习个案, 初步探究随着年级升高学生统计思维水平的差异.

2.1 任务设计

逻辑学将思维形式分为概念、判断和推理, 这里将统计思维形式分为统计概念、统计判断和统计推断(统计推理以归纳思维为主, 通常称为统计推断^[12]).

统计学是研究数据的, 本质不同的数据会催生不同的统计方法^[13], 陈希孺将统计学研究数据分为 3 个类别: 抽样数据、重复测量同一对象数据、试验设计所得数据^[14]; Moore 给出 3 种类型的数据: 因个体不同产生的数据、重复测量同一个体的数据、随机化设计产生的数据^[3]; Franklin 认为数据的重要来源有: 重复测量、自然观察、抽样数据和试验设计^[15]; Stigler 将似然作为统计学七大支柱之一^[16], 强调附属于推断的概率, 概率理解是理解和做出统计推断的基础, 因而很多学者认同概率理解在统计思维中也是非常重要的. 综上, 任务设计时将数据来源分为重复测量、自然观察、随机抽样、机会情境和试验设计 5 种情境, 由于试验设计的复杂性, 任务设计时不考虑. 由此, 每个题目由统计思维和问题情境两个维度进行刻画, 第一次测试题目分布见表 1.

表 1 第一次测试维度及题目分布

	统计概念	统计判断	统计推断
重复测量	1		
自然观察	3	3	1
随机抽样	2		1
机会情境	1		1

自然观察的统计概念考察包括单组数据 1 题, 两组数据比较 2 题; 随机抽样的统计概念考察包括随机抽样理解 1 题, 平均数理解 1 题; 自然观察的统计判断包括单组数据频

收稿日期: 2019-09-20

作者简介: 李红云(1983—), 女, 山东高唐人, 讲师, 博士生, 主要从事统计教育和教师教育研究.

率分布直方图 1 题、两组数据频数分布直方图 1 题、多变量数据统计表 1 题。

2.2 统计思维水平分析的理论依据

对学生表现水平进行分析和编码主要依据 SOLO 分类和已有相关研究结论。SOLO 分类是基于皮亚杰认知发展理论的,很多统计学习研究都参照其进行水平划分。已有研究中对统计概念、数据信息判断、非正式统计推断学习的研究也作为重要参考。

2.2.1 SOLO 分类法

SOLO (Structure of the Observed Learning Outcome) 分类理论是由 Biggs 和 Collis 提出的^[17],根据学生回答问题表现的结构复杂程度划分为 5 个不同水平:前结构水平 (prestructural)、单一结构 (unistructural)、多元结构 (multistructural)、关联结构 (relational) 和抽象拓展 (extended abstract)。其中前结构水平表现为学生没有回答问题或关注无关要素给出回答;单一结构水平表现为学生只关注一个相关要素给出解答;多元结构水平表现为学生能从问题的多个相关要素进行解答,但尚未建立要素之间的关联;关联水平表现为学生关注所有要素及关系进行解答,思维水平已上升到抽象的层次;抽象拓展水平表现为学生的回答超越提供的资料,拓展到新的问题,给出开放的结论。

2.2.2 已有统计学习研究成果

统计概念学习研究,研究最多的是数字特征中的平均数,统计视角下对平均数的理解包含两个方面,描述数据和推断数据:平均数作为一组数据的概括,平均数应和离散程度结合起来,合理抽样前提下样本平均数可以作为总体平均数的估计等。

数据信息判断研究,典型代表是 Konold 和其同事提出的理解数据 4 种水平^[18]:作为指示的数据、作为独立个案身份的数据、作为分类的数据、作为集合的数据。Curcio 认为对统计图表的数据的读取包含 3 个方面^[19]:数据本身的信息、数据之间的相关信息以及隐藏在数据背后的信息。

统计推断学习的研究,基础教育阶段学习的是非正式的统计推断,Rubin 提出非正式统计推断 3 个重要的原则^[20]:归纳,即超出给定数据之外的描述;以数据作为归纳的证据;描述结论时使用概率的语言。Mooney 等在学生统计思维发展框架中,对数据推断划分了 4 个水平^[5]:不基于数据或基于无关问题进行推断;主要基于数据进行推断,推断是部分合理的;基于数据和情境做出合理推断;多个视角,基于数据和情境做出合理推断。

3 研究过程

3.1 第一次测试及编码

第一次测试选择了 4 所完全中学,测试时间在 2017 年 12 月—2018 年 6 月,每所学校初一、初二、高一、高二这 4 个年级各选择了 1 个平行班,测试时间在 40 分钟内。4

所学校情况是:学校 A 城区十二年一贯制普通学校、学校 B 城区普通完中、学校 C 城区普通中学 (有寄宿制学生)、学校 D 郊区示范中学。4 所学校测试对象情况见表 2。

表 2 第一次测试对象

学校	初一	初二	高一	高二	合计
A	34	32	30	28	124
B	33	33	27	35	128
C	39	33	37	29	138
D	28	35	45	37	145
合计	134	133	139	129	535

根据测试及学生访谈,参照 SOLO 分类和已有的相关研究,对学生表现出的不同水平进行编码。统计概念、统计判断、统计推断各选择一个题目说明。

3.1.1 统计概念题目举例

重复测量的统计概念题目如图 1 所示。

4. 10 位同学用相同的尺子测量老师的手长,结果如下 (单位:厘米):
17.2、17.5、17.3、17.1、17.3、17.4、17.7、17.4、19.9、17.3
那么老师的手长是 () 厘米。
A. 最小值 17.1 B. 最大值 19.9 C. 众数 17.3
D. 中位数 17.35 E. 平均值 17.61
F. 其他

图 1 重复测量的统计概念题目

该题目通过对老师手长做出判断,以反映学生对数字特征这一概念的理解,为不定向选择题。测试结果见表 3,该问题情境下选择最大或最小值不合理,特别是在这里最大值偏离其它数据较多,只选择 A 或 B 比例也很少;其它选项都有一定比例。由于看不出选择理由,选择个别学生进行了访谈,访谈结果见表 4。

表 3 重复测量测试结果

	A	B	C	D	E
单选人数/ 比例 (%)	14/2.62	18/3.36	139/25.98	25/4.67	211/39.44
总共人数/ 比例 (%)	52/9.72	57/10.65	215/40.19	68/12.71	273/51.03

表 4 选项理由

选项	理由
C	理由 1: 少数服从多数,最多出现的那个值是正确的。 理由 2: 17.3 出现次数最多,而且除了 19.9 之外,和其它数据也差不多。
D	理由 1: 10 位同学测量结果都不同,取居中的中位数。 理由 2: 19.9 和其它 9 个数相差太大,取中位数比平均数好。
E	平均数可以代表一组数据。
F	作答 1: 去掉最大最小值取平均值。 作答 2: 10 位同学测量太少,差别有点大,可以多测量几次看看。

访谈发现同样选择,学生表现出不同的思维水平:选择 C 理由 1 是确定性观点,理由 2 是综合 10 个数据、关注离群值基础上的概括。选择 D 理由 1 是综合 10 个数据的概括,

理由 2 是综合 10 个数据、关注离群值基础上的概括。选择 E 理由是综合 10 个数据的概括。其它选项典型作答 1 是关注数据离散程度基础上的概括, 典型作答 2 关注数据离散并超越这组数据以做出更好的判断。

依据 SOLO 分类及已有研究, 按照学生表现的不同思维水平进行编码: (1) 不合理选择或者确定性观点, 对应单一结构, 如选择 C 理由 1; (2) 在 10 个数据基础上进行概括, 数字特征概括作用, 对应多元结构, 如选择 D 理由 1 和选择 E; (3) 关注数据离散程度并去掉极端值进行概括, 关注 10 个数据及不同特征, 对应关联结构, 如选项 C 理由 2 和选项 D 理由 2; (4) 关注到 10 个数据差异大, 想到再收集更多数据, 对应抽象拓展结构。

3.1.2 统计判断题目举例

自然观察的统计判断题目如图 2 所示。

3. 右图是 34 个人的身高频数分布直方图。从图中能获得哪些信息或有什么发现? (不同角度, 最多写四个)

- ① _____
- ② _____
- ③ _____
- ④ _____

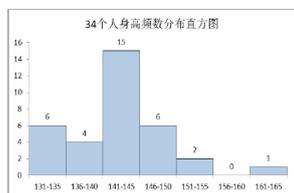


图 2 自然观察的统计判断题目

该题目是一组自然观察的数据, 以频数分布直方图形式呈现, 通过开放题形式考察学生对数据信息获取以反映对数据的判断水平。

依据 SOLO 分类及已有研究, 按照学生表现出的不同思维水平进行编码: (1) 只关注个别数据, 如身高在 141~145 之间的人数最多; (2) 关注同类多个信息, 如 141~145 的人数最多, 156~160 没有人, 131~135 和 146~150 人数一样多; (3) 提取不同角度信息, 如 141~145 人数最多, 身高范围是 130~165; (4) 关注数据整体, 如 141~145 人数最多, 总体呈现中间段多, 两端分布少的趋势; (5) 关注数据整体基础上, 超越数据的判断, 如这 34 人身高整体不高, 可能是小学生。

3.1.3 统计推断题目举例

统计推断题目如图 3 所示。

某校三年级共 107 名男生, 使用随机抽样的方法选取了 10 位男生的身高数据, 如下:

142 132 138 133 135 123 139 134 139 128

(1) 请你根据随机抽样结果, 估计三年级男生的平均身高是多少厘米? 写出你的过程。

(2) 你对估计结果的确定程度 ()



图 3 统计推断题目

该题目随机抽样下统计推断, 给出结论的考察以开放题形式, 对结论确定性评价以选择题形式。第一问学生有 4

类表现 (表 5), 第二问学生选择①或⑦人数分别是 32 人、28 人。

表 5 估计三年级男生平均身高

典型作答	
第一类	空白或者 10 个人不能估计所有人
第二类	计算 10 个数据的平均数 (或去极端值计算平均), 没有写结论
第三类	计算出平均值, 结论是“三年级男生的平均身高是 134.3 厘米”
第四类	计算出平均值, 三年级男生的平均身高大约 134.3 厘米 (差不多或左右)

第二类作答学生访谈, 主要两个问题: (1) 为什么没有给出结论? (2) 三年级男生平均身高会恰好等于 134.3 厘米吗? 第二类作答学生对问题 (1) 有些疑惑, 认为计算出平均数就给出了结论; 追问问题 (2) 时, 意识到不一定正好等于, 大概是 134.3 厘米。结论确定性评价选择①的学生认为 10 位同学有可能偏差和总体偏差很大, 并认为随机抽样方法不可取。

依据 SOLO 分类及已有研究, 综合学生给出结论及对结论不确定性认识两方面, 按照学生表现出的不同思维水平进行编码: (1) 确定性推断, 如根据 10 位同学不能估计三年级所有男生平均身高, 或三年级所有男生平均身高为 134.3 厘米且这个结论 100% 正确; (2) 只关注随机抽样的偏差, 如 10 个人的平均身高有可能和总体平均身高差很多, 这种估计方法有风险; (3) 认可样本推断总体并认识到结论不是 100% 正确, 如三年级男生的平均身高大约为 134.3 厘米。

3.2 第二次测试及结果

3.2.1 题目调整

第一次测试基础上, 对测试题进行 4 个方面的调整: (1) 删减 4 个题目, 统计概念自然观察情境删掉两组数据比较 1 题, 随机抽样删掉平均数理解; 统计判断自然观察情境删掉两组数据频数分布直方图 1 题; 统计推断自然观察两组数据推断 1 题; (2) 选择题改为单向选择, 选项设置根据第一次测试不同水平的编码; (3) 部分开放题改为选择题, 如样本推断总体的题目, 根据第一次测试不同水平编码设置成选项; (4) 增加题目, 增加多组随机样本下进行统计推断的题目, 即抽样分布的直观表示。第二次测试题目分布见表 6, 其中-1 表示删减 1 个题, +1 表示增加 1 个题。测试后对多组随机样本的统计推断进行了学生学习个案研究。

表 6 第二次测试题目分布

	统计概念	统计判断	统计推断
重复测量	1		
自然观察	3-1	3-1	1-1
随机抽样	2-1		1+1
机会情境	1		1

3.2.2 测试对象

选择城区两所学校, 每所学校初一、初二、高一、高二

各选择了一个平行班,其中学校 1 为城区示范完中,学校 2 为城区普通完中.由于个别题目有关联,拆分为两部分,并且隔开一定时间进行测试,总测试时间不超过 30 分钟.测试时间为 2019 年 3 月,共发放问卷 287 份,收回有效问卷 278,具体人数分布见表 7.

表 7 测试对象

	初一	初二	高一	高二	合计
学校 1	39	37	32	28	136
学校 2	41	38	27	36	142
合计	80	75	59	64	278

3.2.3 测试结果

对应上述所举第一次测试 3 个例子呈现第二次测试结果.

重复测量的统计概念,第一次测试只有个别学生想到再收集更多数据,该题目选项设置只有水平 1 到水平 3,保留了一个其它选项,第二次测试其它选项作答中并没有出现水平 4.从表 8 来看,初一初二两个年级差别不大,高一与初二相比有更多学生达到水平 3,高二达到水平 3 的比例高出高一近 20%.

表 8 重复测量的统计概念理解

年级	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4
初一	11.25%	37.50%	51.25%	0.00%
初二	17.33%	29.33%	53.33%	0.00%
高一	15.25%	18.64%	66.10%	0.00%
高二	6.25%	7.81%	85.94%	0.00%

频数分布直方图形式下对数据信息的判断,题目是开放题形式.从表 9 可以看出随着年级的升高,学生对频数分布直方图的数据信息判断水平呈现出上升趋势,初一年级主要在水平 1 和水平 2,初二和高一主要在水平 1 到水平 3,高二年级主要分布在水平 2 到水平 4.

表 9 频率分布直方图数据信息判断

年级	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5
初一	35.44%	44.30%	13.92%	3.80%	2.54%
初二	17.33%	41.33%	30.67%	4.00%	6.67%
高一	25.43%	38.98%	28.82%	5.08%	1.69%
高二	12.50%	39.06%	20.31%	25.00%	3.13%

样本推断总体由两个题目构成,题目 1 是只提供一组随机抽样样本,根据第一次测试编码设置水平 1 到水平 3 的选项,另外想要考察学生是否能够对统计推断合理性与风险性的平衡认识,第二次测试设置了水平 4 的选项:认可样本推断总体并认识到可能存在例外,如三年级男生的平均身高约为 134.3 厘米,但也有可能偏差很大.题目 2 提供 30 组随机抽样样本且差异比较大(样本均值最低 132.3 厘米,最高 139.1 厘米),只有极少数学生能够进行合理推断.由表 10 来看,初一、初二、高二这 3 个年级主要分布在水平 3 和 4,

差异并不大;高一年级约有 30% 的学生在水平 2,更多关注随机抽样的偏差性.

表 10 随机抽样下样本推断总体

年级	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5
初一	11.25%	7.50%	41.25%	40.00%	0.00%
初二	5.33%	4.00%	41.33%	49.33%	0.00%
高一	5.08%	30.51%	22.03%	38.98%	3.39%
高二	1.56%	3.13%	48.44%	40.63%	6.25%

测试后选择了 6 位初二年级学生进行个案研究,提供了 30 组样本量为 10 的随机样本及样本均值、总体均值,验证样本均值推断总体均值是否可靠的学习活动系列.其中 5 位学生都能关注 30 组样本均值的集中趋势和离散程度,想到给出一个总体均值为标准的区间,并用这 30 组样本落入该区间的经验频率“评价”这种方法的可靠性;其中 1 位学生一直在关注着统计推断的偏差性,最后提出了一个具有批判性的问题:如果再换 30 组,结果还会是这样吗?另外 1 位学生经历了同样的学习活动,但一直在担心极端样本的出现.

综合两次测试结果及学生学习个案,并结合统计学科中样本推断总体的理论基础,将统计推断拓展到水平 5,即提供给学生多组随机抽样及样本均值,学生能想到给定一个偏差,在这个偏差下用频率刻画归纳推断的可靠性;或者在学生认可可以用频率刻画这种可靠性后,能进一步想到如果再重复抽样,可靠性是否会发生变化?经历学习过程后,学生对平均数的认识也达到统计量水平的认识:“以前就是计算平均数然后进行推断,通过这个活动我知道平均数有可能和真实偏差大,但很多时候是可靠的.”有学生开始初步关注 30 个样本平均数的规律性,初步能够从量化角度研究统计量的规律性,将学生的这两种对统计概念的理解作为水平 4 和水平 5.

4 研究结论

依据逻辑学对思维形式的分类,将统计思维形式分为统计概念、统计判断、统计推断;根据已有研究对统计学研究数据本质结构的不同,选择重复测量、自然观察、随机抽样及机会情境,由统计思维形式和问题情境构建统计思维测评框架.在该框架下设计若干题目进行两次测试、学生访谈及学生学习个案,并借鉴 SOLO 分类及已有统计学习的相关研究结论,对统计概念、统计判断、统计推断进行水平划分.

4.1 统计概念理解水平划分

统计概念理解水平的划分,在对随机抽样及样本、数字特征、频率与概率关系的认识等理解水平划分基础上进行概括,将统计概念理解划分为 5 个水平(表 11).

4.2 统计判断水平划分

判断是断定事物情况的思维状态^[21].综合学生在单变

量频数分布直方图、多变量统计表中对数据信息的判断, 将统计判断划分为 5 个水平 (表 12)。

表 11 统计概念理解水平划分及描述

水平	具体描述
水平 1 确定的意义理解统计概念	个体将统计概念当作如三角形等确定性的概念认识, 表现出的特点是单一、静止、精确地理解统计概念。
水平 2 概括的角度理解统计概念	个体能够根据数据的特点, 利用数据之间的关系, 寻找共同性对数据进行概括, 个体认识的特点是关注数据集某个特征进行概括。由单一到概括在历史发展中也是一个长期的过程, 古代和中世纪人们更多选择个别例子概括不同的数据 ^[16] 。
水平 3 关联的角度理解统计概念	能够关注到数据的多个角度特征, 并将这些特征关联起来理解统计概念; 个体认识到放弃数据集的个别信息进行概括或者给出不同角度的概括, 能得到更好的信息。
水平 4 随机性的角度理解统计概念	随机抽样下, 个体能够从随机性的角度理解统计概念, 随机抽样获得样本是所有可能样本中的一个, 其数字特征则是以统计量的意义被认识的。前三个水平个体是将这组数据作为确定的数据集, 并不具有随机的理解。
水平 5 定量刻画统计概念的随机性	个体能够在抽样情境、机会情境下认识到统计概念的随机性, 并知道可以用概率模型刻画统计概念的随机性。

表 12 统计判断水平划分及描述

水平	具体描述
水平 1 单一、确定性的角度判断数据	个体从单一、确定角度做出判断, 能够获取数据集的个别、孤立的信息; 不能建立这些信息之间的联系。
水平 2 多个角度信息判断数据	个体能对同类信息建立联系, 或进行比较; 或者个体从多个角度对数据信息做出判断, 但不能将多个角度的信息进行关联。
水平 3 关联角度判断数据	个体能从多个不同角度给出对数据信息的判断, 能将信息进行关联, 还不能整体认识数据分布; 多个变量数据, 能够提出概括的比较问题。
水平 4 整体上判断数据	个体能够在对数据多个角度认识的基础上, 认识数据的分布; 或者在多变量数据情境下, 能够提出概括的相关问题。
水平 5 联系背景判断数据	个体能够将数据和背景进行联系, 对数据背景信息做出判断; 或者在多变量数据情境下, 能够对比较问题或者相关问题进行推广, 或者对数据背景信息做出判断; 样本数据下, 能够联系到可能的其它样本情况或联系到总体。

4.3 统计推断水平划分

根据观测或者实验所获取的信息对总体做出统计推断, 必须伴以一定概率表明这个推断的可靠程度^[22]。综合学生在样本推断总体、频率估计概率的测试表现和统计推断的理论解释, 将统计推断划分为 5 个水平 (表 13)。

表 13 统计推断水平划分及描述

水平	具体描述
水平 1 确定认识样本推断总体这种不完全归纳推理	根据样本信息对总体做出推断, 是不完全归纳推理; 人们完全否认不完全归纳推理, 或者完全接受不完全归纳推理, 即从确定的角度认识不完全归纳推理。个体认为部分不能够代表全体, 或者部分结论等于总体结论。
水平 2 怀疑由样本推断总体这种不完全归纳推理	由于不完全归纳推理的原因, 人们在进行推理时往往持有怀疑的心态, 样本推断总体时, 认识到样本是总体的一部分, 但认为所选择样本有可能和总体偏差很大。思维过程是一种验证性的思考: 是否接受这种不完全归纳推理。
水平 3 理解样本随机性会影响不完全归纳推理的准确性	个体通过类比或者随机抽样获得多组样本的考察, 理解了样本具有相对代表性。在此基础上, 承认可以由样本对总体做出推断。个体理解样本具有代表性, 并且代表性是一定程度上的代表; 既承认可以由样本对总体做出推断, 又能认识到这种推断不是 100% 准确的。
水平 4 平衡样本随机性导致不完全归纳推理的可靠性与风险性	个体理解样本具有代表性, 同时也认识或关注到样本有可能偏离总体, 承认可以由样本对总体做出推断, 认识到这种推断不是 100% 准确, 也有可能得出的推断和真实情况相差很远。
水平 5 定量地刻画不完全归纳推理的准确性	个体在对样本代表性有一定思考基础上, 理解由样本对总体推断的合理性, 并能使用重复抽样下频率刻画统计推断结论的可靠性。或者个体认可不必通过重复抽样, 可以通过一个样本推断总体, 知道这个推断是在某个概率 (或 P 值) 之下的, 这个概率是可以由统计量的抽样分布计算出来的, 知道推断可能会犯错误。

5 研究反思

测试题目的形式, 以选择题形式会给学生暗示, 学生表现出的水平一般好于开放题形式下的水平, 如以开放题的形式样本均值推断总体均值时, 学生基本上都是给出一个确定性的答案。测试对象是中学生, 研究中给出的 5 个水平并不是要求中学生达到的统计思维水平, 如统计概念和统计推断中的水平 5 要到大学正式学习统计学时才能够达到。

对统计概念、统计判断和统计推断分别进行了水平划分, 个体在解决统计问题时这 3 个方面往往是交织在一起并相互作用的, 有时可能以某种思维形式为主, 并不是按照先有概念, 由概念到判断, 再到推断的过程, 可能是判断、推断时形成概念或促进概念理解水平的提高。如在对样本推断总体的访谈后学生对平均数的新认识: 平均数不是“一个”数, 而是很多可能平均数的集合, 这些数还会有规律。研究表明学生在进行统计推断的过程中, 对平均数的认识由水平 3 关联理解过渡到水平 4 随机角度理解。学生在统计概念、统计判断、统计推断发展之间的交互关系是需要进一步研究的。另外研究中给出的水平划分是否合适, 也需要进一步验证和修正。

[参考文献]

[1] RAO C R. 统计与真理——怎样运用偶然性[M]. 李竹喻, 译. 北京: 科学出版社, 2004: 104.

- [2] WILD C J, PFANNKUCH M. Statistical thinking in empirical enquiry [J]. *International Statistical Review*, 1999, 67 (3): 223–248.
- [3] MOORE D. On the shoulders of giants [M]. Washington, DC: National Academy Press, 1990: 135.
- [4] MARRIOTT N. The future of statistical thinking [J]. *Significance*, 2015, 11 (5): 78–80.
- [5] MOONEY, EDWARD S. A framework for characterizing middle school students' statistical thinking [J]. *Mathematical Thinking and Learning*, 2002, 4 (1): 23–63.
- [6] READING C. Profile for statistical understanding [C]. ICOTS6, 2002.
- [7] 李化侠, 宋乃庆, 杨涛. 大数据视域下小学统计思维的内涵与表现及其价值[J]. *数学教育学报*, 2017, 26 (1): 59–63.
- [8] 董莉, 张号, 张宁. 义务教育阶段学生数据分析观念的评价框架建构[J]. *数学教育学报*, 2014, 23 (2): 45–48.
- [9] 李红梅. 数据分析观念的认识及调查分析——以七年级学生为例[J]. *数学教育学报*, 2014, 23 (4): 78–82.
- [10] 张定强, 蒋会兵, 王旭阳. 高中生数据处理能力现状调查及教学启示[J]. *数学教育学报*, 2016, 25 (2): 80–83.
- [11] 张丹. 小学生数据分析观念发展过程的研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2015: 163–198.
- [12] 王静龙. 统计思想欣赏[M]. 北京: 科学出版社, 2017: 41.
- [13] 李金昌. 基于大数据思维的统计学若干理论问题[J]. *统计研究*, 2016, 33 (11): 3–10.
- [14] 陈希孺. 机会的数学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000: 58–59.
- [15] FRANKLIN. Guidelines for assessment and instruction in statistics education (gaise) report [R]. Alexandria: American Statistical Association, 2007: 6–7.
- [16] STIGLER S M. 统计学七支柱[M]. 高蓉, 李茂, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2018: viii, 2.
- [17] BIGGS J B, COLLIS K F. Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy [M]. New York: Academic Press, 1982: 23–28.
- [18] GARFIELD J, BEN-ZVI D. Developing students' statistical reasoning [M]. Springer, 2008: 127–128.
- [19] CURCIO F R. Comprehension of mathematical relationships expressed in graphs [J]. *Journal for Research in Mathematics Education*, 1987, 18 (5): 382–393.
- [20] MAKAR K, RUBIN A. A framework for thinking about informal statistical inference [J]. *Statistics Education Research Journal*, 2009, 8 (1): 82–105.
- [21] 金岳霖. 形式逻辑[M]. 北京: 人民出版社, 2006: 68.
- [22] 魏宗舒. 概率论与数理统计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 227.

The Inquiry of Students' Statistical Thinking Developmental Level

LI Hong-yun¹, ZHU Wen-fang¹, WU Chun-lan²

(1. School of Mathematical Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Department of Mathematics, Beijing Institute of Education, Beijing 100120, China)

Abstract: Statistical thinking was of important in the reasonable judgment and decision, especially in the era of big data. This research tried to construct the assessment framework of statistical thinking according statistics and thinking and design some items. It consisted two tests, recoded the different performance levels for each item and modified the items after the first test and interview; in the second test and 6 student's cases, to explore the grade difference preliminarily and extend the levels of statistical concept and statistical inference. On the basis of students' test, interview and student's cases, this research divided students' statistical thinking into five developmental levels of statistical concept, statistical judgment and statistical inference, gave the descriptors to each level.

Key words: statistical thinking; statistical concept; statistical judgment; statistical inference; developmental level

[责任编辑: 周学智、陈汉君]

编者按:北京师范大学王磊教授主持的国家社科基金教育科学“十二五”规划重点课题“中小学生学科能力表现研究”从2011年开始,进行了6年持续深入系统的理论和实践研究,取得了系列成果:构建了基于核心素养的学科能力构成及其表现的理论模型和指标体系;研发了学科能力表现系列测评工具,基于大数据建立了学生学科能力表现的水平及影响因素模型,诊断了学生现状;建设了核心素养学科能力评、学、教一体化的互联网平台,应用于区域整体教育质量提升。从2016年起,由王磊教授领衔的9大学科教育团队在已有研究的基础上,运用学科能力模型开展了命题评价研究,其研究成果对于当前新高考形势下以核心素养为导向的命题评价具有积极的指导意义。

本刊非常荣幸地邀请到由王磊教授领衔的9大学科教育团队,以专题的形式探讨学科关键能力评价的设计与实施,以期为广大一线教师和教研员在学科考试评价和教学改革实践、自身专业发展方面提供一些启发和参考。

本期刊登由蔡春霞、曹一鸣教授领衔的数学学科教育团队在数学学科关键能力测评及教学改进方面的研究成果。

促进中小学数学教学衔接的 初一年级数学前测命题研究

白永潇^{1,2} 曹辰¹

(1.北京师范大学,北京 100875; 2.北京教育学院,北京 100120)

摘要:中小学教学衔接问题一直以来备受关注,发挥评价的诊断和导向功能是解决该问题的新尝试。以北京市某区初一年级数学前测为例,探讨如何制定测试的内容框架和能力框架,呈现部分试题,并从学科能力的角度进行分析。据此提出初一前测命题应符合课程标准、应服务于考查目标、应体现诊断功能等建议。

关键词:教学衔接;数学命题;前测;学科能力

【中图分类号】G405

【文献标识码】A

【文章编号】1005-8427(2019)10-0040-6

DOI: 10.19360/j.cnki.11-3303/g4.2019.10.007

中小衔接,一般是指义务教育阶段小学与初中的衔接,特指六年级与初一年级的衔接。多年以来,中小衔接问题一直是数学教育上的一个难题,主要表现在小学生升入初中后对数学学习产生的陌生感和落差感,中学教师把学生不适应的情况归因于小学教学没有为学生的中学学习做好铺垫。课程改革之前中学和小学分别设有独立学段的大

纲,之后的新课标教材呈现一纲多本,目前小学和初中独立建校的情况仍占多数,特别是一线中小学教师互不了解彼此的教学内容及教学情况,以上这些因素都对中小学数学衔接造成很大的困难。我国2012年颁布的《全日制义务教育数学课程标准(2011年版)》(以下简称《课程标准(2011年版)》),体现了义务教育阶段数学课程的整体性,在通盘考虑

收稿日期: 2019-02-07

修回日期: 2019-03-05

基金项目: 北京师范大学未来教育高精尖创新中心项目“中学数学学科诊断分析工具开发与应用研究”(BJA-ICFE2016SR-008)

作者简介: 白永潇(1975—),女,北京师范大学教育学部,在读博士生;北京教育学院数学与科学教育学院,副教授;
曹辰(1988—),男,北京师范大学教育学部,在读博士生。

9年课程内容的基础上划分为3个学段,在各个学段安排4个学习领域的内容,从结构设置上加强小学和初中数学的联系,有利于更好地完成义务教育阶段的任务和目标,消除之前造成不衔接的部分因素;但是,由于中小衔接问题的长期性和复杂性,衔接问题仍未得到解决。

近年,国内学者对中小衔接问题的原因和对策进行了研究。有研究者认为初一新生不适应初中数学学习主要存在以下原因:小学数学的基础知识和技能不扎实,学生对教师的教学方法不适应,学生的学习方法不适应初中阶段学习,学生的思维方式和水平跟不上初中数学学习^[1]。关于中小衔接问题解决对策的研究结论比较一致,提出要关注数学教材知识的衔接、数学教师教学衔接、学生数学学习的衔接,且普遍认为重点是学生数学学习的衔接,重中之重是做好学生的数学思维和能力的衔接。另有研究指出,中小学衔接方面存在的问题之一是“重理论不重实际,对思维发展的现状定位不准”,认为现在的儿童思维发展水平已经超出之前的皮亚杰研究定论,因此,有必要在小学阶段更加关注学生的数学思维训练和发展^[2]。以往研究多是从教材内容、教师教学和学生学习的角度提出解决中小衔接问题的方法和建议,特别是提出学生数学思维的衔接是解决问题的关键,在教学中应多加关注,但是从评价命题的角度探讨中小衔接问题的研究尚不多见。

教学、学习和评价是一个不可分割的整体,评价具有导向功能,影响教的行为、学的行为和教育管理者的行为。从评价结果的应用来看,评价以促进学生学习为根本目的,将评价结果得到的信息作为改进教学的依据^[3]。因此,发挥评价的导向与诊断功能,对促进中小衔接具有重要的意义:一方面促使小学教师的教学能够更好地为初中学习做准备,另一方面也有助于中学教师在了解初一年级新生现有基础后进行有针对性的教学。从实践层面看,一些地区已开展了初一年级新生的前测工作,

着重对初中、小学都涉及的学习内容以及必要的能力进行了考查。从评价类型看,初一年级前测属于配置性测评,回答了“学生在多大程度上具备后续学习所需的知识与能力”的问题^[4]。笔者参与了北京市F区初一年级前测的命题和反馈工作,本文将以此为例,对基于中小衔接的初一年级数学前测如何开展才能考查学生必备的数学能力进行探讨。

1 测试框架

初一年级前测既可以考查学生基础知识的掌握情况,又能够考查学生所具备的数学能力,因此包括内容和能力2个维度。

1.1 内容维度

初一年级前测的内容基本需要覆盖《课程标准(2011年版)》第二学段中的二级内容项目:数的认识、数的运算、式与方程、正比例与反比例、探索规律、图形的认识、测量、图形的运动、图形与位置、简单数据统计过程、随机现象发生的可能性等,由此体现《课程标准(2011年版)》对六年级毕业生的基本要求。

“数与代数”一直是小学和初中学习的重点和难点内容,因此在中小衔接测试中可以适当加大“数与代数”内容的考查比例。在F区中小衔接测试中,数与代数、图形与几何、统计与概率3大内容领域的分值比率约为7:2:1(见表1)。

表1 北京市F区初一前测试题的内容分布

考查内容	题数/道	分值/分
数与代数	20	72
图形与几何	5	17
统计与概率	3	11

1.2 能力维度

为了进一步区分学生的数学能力,命题借助“3×3数学学科能力框架”^[5],对《课程标准(2011年版)》中“了解、理解、掌握、运用”4个结果性目标进行细化。该框架将数学学科能力分为学习理解、应用实践、迁移创新3个水平,每个水平再细分为

3个要素,具体能力要素内涵界定如表2所示;同时,该框架也在一定程度上考查了学生的数学核心素养。

F区初一前测以“3×3数学学科能力框架”作为能力维度的框架,考查学生在各个能力层次的表现,试题的能力分布见表3。

在A1至B3的基础能力中,重点考查学生在“计算与操作(A2)”层级的表现,旨在了解学生对于基础技能的掌握情况;对于“解释与交流(A3)”和“分析与概括(B1)”2个能力层级的考查,旨在判断学生对数学知识的理解程度,是否具备了进一步学习的基本能力;对于学生的知识应用能力,则通过“简单问题解决(B3)”层级的考查予以实现。

除考查以上基础知识和基本能力之外,促进中小衔接的前测还需要评价对初中学习起着关键作用的高层次数学能力。F区前测还对“综合应用(C1)”“猜想与发现(C2)”和“探究与建模(C3)”3个高层级能力进行了考查,其结果可以为初中教师将开展的教学工作提供参考,同时也可以反映出该区

小学教学中是否关注了学生高层次能力的发展。

2 测试题目与分析

在制定测试框架、编制命题细目表之后,最重要的环节就是试题的命制。以下呈现F区初一年级前测中的部分试题,并从学科能力的角度作出分析。

2.1 考查“解释与交流”维度的试题

“解释与交流”维度主要考查学生能否利用数学对象对具体情境中的现象进行解释,能否通过举例或者画图的方式解释数学对象,即考查学生对数学概念和数学技能是否理解。1976年,Skemp首次提出关系性理解和工具性理解的概念,讨论了关系性理解(知道如何做某事和为什么做某事)和工具性理解(知道法则但不知道理由)之间的区别。Skemp认为,尽管基于工具性理解教学更容易、更直接,能更快地得到答案,但是基于关系性理解的教学更有价值,因为它能够使适应新任务,促进学生数学能力的发展^[6]。《课程标准(2011年版)》也指出,教师既要关注数学学习的结果,也要关注数

表2 3×3数学学科能力框架^[5]

能力要素		内涵界定
学习理解	A1 识别与回忆	从记忆中直接提取知识;能辨认给定数学对象;能回忆数学概念、法则、命题等的定义或含义
	A2 计算与操作	即简单的计算和操作技能,能进行计算并解决问题。能进行简单的作图、测量、折叠等;能对数据进行简单整理与描述
	A3 解释与交流	利用数学对象对具体情境中的现象进行解释。能(举例)说明概念、命题、算式、图表或图形中的数量关系、图形性质和变化规律;能与他人交流各自解决问题的算法和过程,能表达自己的想法
应用实践	B1 分析与概括	能从具体数学问题情境中分析应采用的相关知识,从记忆中提取知识的同时进行概括和整理
	B2 推理与论证	通过归纳、类比等推断结果;能用演绎的方法进行证明
	B3 简单问题解决	用单一知识点解决数与代数、几何与图形、概率与统计中的简单实际问题
迁移创新	C1 综合应用	解决由多个“知识点”构成的综合性的纯数学的问题
	C2 猜想与发现	在新的情境下猜想探究出新知识,提出新的问题;发现数学的模式或规则
	C3 探究与建模	能用所学的新知识探究解决新问题的方法;能从复杂情境中抽象出数学问题,借助数学语言、符号、定理等构建模型并据此解决实际问题

表3 北京市F区初一前测试题的数学能力分布

能力维度	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
题号	1,2	3, 11, 12, 14, 19, 20, 21, 22(1), 26(1), 26(2)	5, 6, 8, 9, 17, 23, 22(2), 26(3)	4, 25, 7, 28(1)	13	15, 16, 24, 27	10	18, 28(2)	28(3)

学习的过程,从而帮助学生在知识与技能之间保持平衡。

例1(测试卷第23题)画图表示“ $\frac{1}{2} \times \frac{2}{3} = ?$ ”的过程和结果。

就运算而言,很多学生处于“知其然而不知其所以然”的状态,缺乏对算理的认识。例1主要考查学生能否理解分数乘法的本质意义,并通过直观的方式进行呈现。与之相应,对于乘法公式运算过程的考查也是初中代数学习的重点和难点。

图1是例1的正确答案,学生首先需要将6块方格中的3块打上斜纹,体现出对“ $\frac{1}{2}$ ”的认识;其次学

生需要将3块斜纹方块中的2块标记出来,体现出对“ $\frac{1}{2}$ 的 $\frac{2}{3}$ ”的认识。学生只有具备了通过合理的方式描述运算过程的能力,才说明学生达到了“解释与交流”的水平。此外,该题也考查了学生的直观素养。

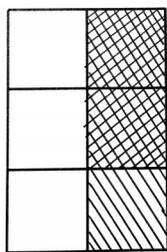


图1

2.2 考查“简单问题解决”维度的试题

许多数学教育专家对于学生在文字应用题中的表现进行了系列研究,一致认为,文字应用题是学生在学代数过程中需要面临的挑战。在文字应用题中最大的困难是学生需要将“故事”转化为正确的代数式。Bishop提出,自然语言与代数语言之间的相互转化是学生在中小衔接阶段面临的三大困难之一^[7]。

例2(测试卷第27题)从2016年1月1日开始,某市居民生活用气阶梯价格制度正式实施,一般生活用气收费标准如下表所示。

某市居民用气价格方案

	用气量/m ³ /年	价格/元/m ³
第一阶梯	0~350(含)	2.0
第二阶梯	350~500(含)	2.5
第三阶梯	500以上	4.0

小强家2017年全年使用天然气510 m³,需要交多少元?

Van de Walle指出,变化率问题有着广泛的应用,因为它涉及很多学生熟悉的情境,如速度、油耗、利润和支出等^[8]。如果使用学生熟悉的情境呈现函数,小学生也可以对函数进行有意义的学习,如四年级的学生就可以分析植物高度随时间变化的生长状况。

阶梯价格是学生非常熟悉的生活情境,可以用于了解学生的模型素养。在该题中,学生首先需要阅读表格信息,结合小强家2017年全年用气量,判断出小强家的用气量属于“第三阶梯”;再根据试题背景信息,正确理解“阶梯价格”的实际含义,否则有可能在计算费用时将价格全定位于4.0元/m³;最后列出算术表达式,得到答案。本题的重点和难点出现在对表格信息的理解上,只有正确理解了问题的实际情境并顺利地解决问题,学生才能达到“简单问题解决”的能力层级。

2.3 考查“综合应用”维度的试题

“综合应用”维度主要考查学生能否具有解决由多个知识点构成的纯数学问题的能力。为了更好地体现“字母表示数”在中小衔接数学学习中的重要意义,为初中的代数学习做好准备,在F区的测试中突出了对学生代数思维的考查。

例3(测试卷第10题)数轴上,两点的位置如下图所示,下列说法正确的是_____。



- A. $\frac{1}{a} < 1$ B. $b - a < 0$
C. $\frac{1}{b} < 1$ D. $ab > 2$

学生在小学阶段对于“字母可以表示任何数”已经有了初步的认识,再加上学生已经学过“数线”的知识,可以通过“数线”估计数的大小,因此学生具备解决该问题的知识基础。Darley指出:“只有当

学生对数,以及数和字母之间的联系产生了深刻的理解,他们才能够顺利地实现数与字母之间的相互转化。”^[9]在该题中,学生需要掌握以下3点:一是理解数线上字母 a 、 b 的意义;二是根据数线,对 a 、 b 的大小进行估计;三是理解代数式 $\frac{1}{a}$ 、 $\frac{1}{b}$ 、 ab 的意义,大致判断它们的大小。学生只有正确地解决以上问题,才能达到“综合应用”的能力层级。

2.4 考查“探究与建模”维度的试题

“探究与建模”是“3×3数学学科能力框架”的最高层级。在该层级中,学生需要用所学的新知识探究解决新问题的方法。独立思考、学会思考是探究的核心,归纳概括得到猜想和规律并加以验证是探究的重要方法。探究是初中阶段学生学习数学的重要途径,应得到充分的重视。

例4(测试卷第28题)古埃及人在进行分数运算时,只使用分子是1的数,因此分子为1的分数也被称为埃及分数。我们注意到,某些埃及分数恰好

可以表示为两个埃及分数的差,例如 $\frac{1}{6} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3}$,
 $\frac{1}{12} = \frac{1}{3} - \frac{1}{4}$, $\frac{1}{20} = \frac{1}{4} - \frac{1}{5}$ ……

①请按这样的规律再写出一个埃及分数,并表示为两个连续埃及分数的差;

②能这样表示的埃及分数有很多,请用适当的方式表示出这个规律;

③结合上面的发现,计算出 $\frac{1}{30} + \frac{1}{42} + \frac{1}{56} + \frac{1}{72}$ 的值。

在设计考查学生探究能力的问题时,命题往往需要由浅入深,注意难度梯度;通过子问题的设置,给学生足够的提示,搭好解决问题的“脚手架”。例4分为3个问题,在题干中,通过举例的方式让学生认识某些埃及分数的特征。第①问考查了“分析与概括(B1)”能力,学生需要分析给定等式两边的结构,归纳出共同的特征,再写出一个类似的含有埃及分数且满足给定条件的等式,能够正确

回答则说明学生达到了B1水平。第②问考查了“猜想与发现(C2)”能力,从第①问的初步认识规律并举出例子,到通过归纳发现规律并正确地表示出来,是能力层次的提升。第②问的答案并不唯一,发现的规律用文字叙述、字母表达均可;能正确回答出第②问说明学生已经具备在新的情境下猜想探究出新知识、发现数学的模式或规则的能力,达到了C2水平。第③问考查了“探究与建模(C3)”能力,这是一个较为复杂的分数计算问题,如果学生能将在第②问中发现的规律在第③问中进行应用,说明学生已经具备了能用所学的新知识探究解决新问题的能力,即达到了C3水平。在该题中,从发现规律、表达规律到应用规律,环环相扣,适合于考查学生的高层次思维。通过对该问题的解决,可以使学生通过深入的数学思考,获得解决数学问题的策略,积累数学探究的经验。

3 结论与启示

在初一年级数学前测命题工作中,不但要考查学生所具备的基础知识和基本技能,更需要考查学生的数学能力。为实现这些目标,需要关注以下3个方面。

首先,命题应符合课程标准。《课程标准(2011年版)》是义务教育数学教材编写和教学实施的指导性文件,同时也是初一年级前测命题的基本依据。命题应符合课程标准的精神,考查的内容基于《课程标准(2011年版)》中第二学段的内容,考查初一年级新生的核心知识和能力。特别需要指出的是,命题应体现正确的价值取向,不适宜出现小学奥数的试题。

其次,命题应服务于考查目的。初一年级前测考查对象是从小学刚刚升入初中的学生,主要目的是考查学生进入初一年级的“预备状态”,了解学生是否具备了初中学习所需要的必备知识和能力,发现学生哪些内容掌握得较好,哪些内容还存在困难,为初中教师进行针对性教学提供依据,更好地

促进中小学衔接。在命题中,既要体现出初中生数学学习需要具备的重点知识和重要技能,如数的运算、字母表示数等内容以及运算技能和合情推理等能力,又要保证有一定比例的较难试题,用以考查学生较高层次的能力,以解决中小衔接主要反映在小学生数学思维能力不能适应中学学习的问题,如考查对于中学数学学习很重要的“解释与交流(A3)”“推理与论证(B2)”“猜想与发现(C2)”“探究与建模(C3)”等能力。

最后,命题应体现诊断功能。本次测试采用“3×3 数学学科能力框架”,对《课程标准(2011年版)》中用“了解、理解、掌握、运用”等术语表述学习活动结果目标的不同水平进行了细化,并进行了相应的描述,能够更为精确地考查不同学生的数学能力及学习特点。小学教师根据测试反馈,可以有目标、针对性地改进自己的教学;中学教师根据测试反馈,可以准确地了解初一年级学生整体及个体的学习起点与特点,采取措施提前对学生的中学数学学习进行规划和调整。因此,基于学科能力框架的

初一年级前测命题工作在某种程度上能够为中小学数学教学衔接问题的解决提供参考。

参考文献

- [1] 王永春. 小学数学与初中数学衔接问题的思考[J]. 课程·教材·教法, 2009(7): 42-46.
- [2] 宋鸿梨. 中小学数学的衔接研究: 从思维发展的视角[D]. 武汉: 华中师范大学, 2011.
- [3] WILLIAM D. What is assessment for learning? [J]. Studies in Educational Evaluation, 2011, 37(1): 3-14.
- [4] 格朗伦德. 学业成就测评[M]. 杨涛, 边玉芳, 译. 南京: 江苏教育出版社, 2008: 3.
- [5] 蔡春霞, 何声清. 基于“智慧学伴”的数学学科能力诊断及提升研究[J]. 中国电化教育, 2019(1): 43.
- [6] SKEMP R R. Relational Understanding and Instrumental Understanding[J]. The Arithmetic Teacher, 1978, 26(3): 9-15.
- [7] BISHOP A, FILLOY E, PUIG L. Educational Algebra: A Theoretical and Empirical Approach[M]. Boston: Springer, 2008.
- [8] VAN DE WALLE J A, KARP K S, BAY-WILLIAMS J M. Elementary and Middle School Mathematics: Teaching Developmentally [M]. 7th ed. New York: Pearson Education, 2010.
- [9] DARLEY J. Traveling from Arithmetic to Algebra[J]. Mathematics Teaching in the Middle School, 2009, 14(8): 458-464.

A Study on the Item Development of Mathematics Pretest in Grade Seven to Promote the Connection of Mathematics Teaching in Primary and Secondary Schools

BAI Yongxiao^{1,2}, CAO Chen¹

(1. Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Beijing Institute of Education, Beijing 100120, China)

Abstract: The problem of teaching linkup between primary and secondary schools has always attracted much attention, and it is a new attempt to solve this problem to give full play to the diagnostic and guiding functions of evaluation. Taking a mathematics pretest of grade seven in a certain district of Beijing as an example, this paper discusses how to develop the content framework and competency framework of the test, presents some test items, and analyses them from the perspective of subject competencies. Accordingly, it is suggested that the item development of pretest for grade seven should conform to the curriculum standards, serve the examination objectives, and embody the diagnostic function.

Keywords: teaching connection; item development for mathematics; pretest; subject competencies

(责任编辑:周黎明)

关于构建穿越学科边界的课程的几点思考

文 / 顿继安

说到“穿越”这个动词，就容易想到一个名词“边界”。现代的科学发展使得数学有数学的边界、物理有物理的边界。比如，物理关注的是现实问题，研究的是物理现象背后的规律，尽管找规律的过程经常用数学的方法、找到的规律也经常用数学的语言表达，但是两者的边界还是明显的。一个问题到底是物理问题还是数学问题很好识别，而之所以要讨论穿越学科边界的问题，意味着“数学课中要干点儿物理的事，物理课中要干点儿数学的事”。

一、为什么学科之间能或者需要“穿越”？

我们可以从三个方面探讨学科之间能够或者需要“穿越”边界。

1. 内容特点决定了能否进行学科穿越

显然，以数学中的向量与物理中的矢量作为学科穿越的素材是比较合适的选择。尽管许多数学概念都有物理或现实背景，但就中学数学而言，显然向量部分的物理背景的意义是最独特和必要的。比如，本质上，向量的数量积是人

为规定的，但是如果没有物理中功的概念，物理中对力的做功规律的研究，就难以有人想到用这样的方式定义这样一个运算，即使给出了，也没有意义。这就有一个需要进一步研究的问题：数学中的概念，尽管最终都会走向抽象、脱离最初的意义，但是初期一定是有现实意义，许多现实意义就是物理，如果我们进行穿越学科的课程设计，就需要在更大范围内进行更系统的梳理，比如在数学跟物理学科之间进行穿越的话，确定比较适合的题材。

反过来还有一个问题要考虑，数学源于物理，但数学难道仅仅是从物理中“索取”吗？是不是有些物理问题，一旦抽象出来，会变得简单？理论上应该是这样的，否则抽象就没有了意义。抽象后我们就看它的本质，不再去关注具体的细节和背景，一旦把握住本质，就变得简单了。这就需要分析，数学是不是真的为一些物理问题的解决带来了便利，为哪些物理问题的解决带来了便利，哪些可能是没有意义的。这个问题需要数学教师想，也需要物理老师想。数学学科想穿越和整合是为了学生理解数学，

物理学科想穿越和整合肯定是为了学生理解物理。学完数学如果反倒干扰物理学习的话,物理老师可能不愿意与数学学科进行穿越和整合。对数学学科来说,我们要考虑两个方面,就是数学能做什么和数学不能做什么。有些问题数学确实是有用处的,但是有些问题数学是没有用处的。绝大多数物理问题的解决,如果对物理原理不理解,那模型可能建立不出来,但是这不是数学的事。就如“一升温度为40摄氏度的水和一升温度为50摄氏度的水混合后,得到的水的温度到底是多少度?”,这是物理问题,而非数学问题,所以我们可能需要特别细致地做一些分辨和研究,然后再来回答这样的问题,哪些问题是我們能够做、物理老师愿意跟我们数学老师一起来做的,哪些问题是物理老师觉得没有意义的。所以,穿越的特点之一就是“有好处”,否则的话,数学就没有存在的意义了。好处是肯定有的,但是好处到底在哪,需要去研究,数学教师需要去翻物理书、解物理题,然后才能够把它找出来。

2. 课程理念决定了能否进行学科穿越

对于同样一个内容,在不同的课程理念下,可以穿上不同的“外衣”。课程理念是时代的产物,也与人们对课程有关的事物的规律有关。在课程改革的背景下,课程理念的两个方面可能会与“穿越”有关。

第一就是强调联系。最直接的一个表现为数学中强调“建模思想”。建模思想在过去的课程中没提过,但是现在

的新课程把建模思想作为一个重要的思想,所以这一定是课程理念的依据。我们如此强调建模思想其实就是强调应用。因为数学的应用为发展学生的创造思维提供的知识主要是建模,如果能够把模型建立出来,他就能够用这个工具做事,否则数学根本没有用武之地。

第二就是关于学生认知的理念。“穿越”对于理解很有意义。

“穿越”的课堂尊重学生的主体地位,也就是承认学生是主观能动的人。学生脑袋中装有这么多与物理有关的知识,这些知识教师不提也会存在。有些与物理相关的概念,假如教师在数学课上不提,学生可能还觉得奇怪:“我们物理是那么说的,数学老师却这么说?”反倒被弄糊涂了。所以作为数学老师,应明确地提出来,这会更有利于学生辨别清楚,更有利于让学生认识到这些概念之间的联系和区别,从而清清楚楚、明明白白往前走。

“穿越”的课堂会更愿意让学生去探究,承认学生在数学课上学的内容有丰厚的物理基础或者其他学科的基础,就会更敢于让学生去做、去想。本质上,关于向量的数学知识的形成,数学其实就做了一件事——创造了一套语言系统或者符号语言系统重新表达学生已经熟悉的物理知识。比如说物理中力的合成规律学生是已知的,而在数学中,就是将力及其合成过程都用符号表达出来, $F_1+F_2=F_3$,但这是非常重要的一步,是数学化的过程,也就是引导学生对自己在物理中做的这些事情进行反思,或者

进行高层次的分析。我们过去在物理中是停留于实践层面,今天是要把那个实践过程中的本质提取出来,变成数学中的概念和知识,所以这个把低层次的数学活动(就是在物理课中做那些事情,从数学的角度来看的话叫低层次的数学活动)变为数学概念的过程叫高层次的数学活动,这个过程叫数学化的过程,这个过程就是数学创造或者用另外一个词叫再创造的过程,这是数学探究中的升华之笔。

3. 学生需要决定了是否需要进行学科穿越

学生需要基本包含两大方面。

一方面是学生的兴趣、动机等方面的需要。在数学课中,听物理的事,学生觉得数学老师懂物理,因此也会觉得这个有意思;

另一方面就是思维发展的需要,很多心理学家都特别强调反思对于促进思维发展的意义。实际上,数学就是对物理解决的问题的本质的分析和反思,这种分析和反思就使得学生对问题的认识从一个层次上到另外一个层次。

二、如何构建穿越学科的课程

要想建构起穿越学科的课程,需要思考两个方面的问题。

1. 做好理论准备

首先就是“用数学的眼光看物理,用物理的眼光看数学、不同学科互相看”。从大的方面看,系统整理一下不同学科之间哪些内容有利于“穿越”;从“小”的方面,要看更细致的专业点。比如关

于数乘向量,数学老师的教材分析只说了个“数字的倍数”,但实际上,数乘向量不仅仅是倍数关系,还有更丰富的意义,如物理老师能说出一堆数乘向量的意义。比如速度与时间的乘法 vt , 质量与加速度的乘法 ma 。这些数学向量物理意义是说:一个数量乘以一个向量,得到的还是一个向量,新的向量的方向与原向量相同,大小等于两个量的大小之积,这是多么清楚的数学的结构。

所以,要想做好“穿越”,首先就是做好理论准备,通过互相看做好理论准备,数学教师需要做一些物理题,用数学的眼光看一些物理题会有一些不同的视角。

2. 做好实践路径设计

这一方面包含两个层面。

第一个层面就是素材的使用,在数学课中用一些物理的素材。第二个层面就是真正意义上的跨越边界。

大的穿越,其实有两种方式,一种方式就是同步的,即上物理课的时候我们就把数学上了,另外一种方式就是物理上完了之后,带着学生对物理课中做的事情做一次全面的分析和反思。

三、构建穿越学科的课程对教师提出的新要求

1. 广博的视野

构建穿越学科的课程,首先要求每个教师一定要有广博的视野,既要有学科内部知识的广博视野,包括学科中那些具体的基本事实、概念定理,还要有学科思想发展史的视野。

2. 了解学科范畴

另一个要教师关注的就是要理解每个学科的范畴,其意义在于让我们能够厘清学科边界,明确实际上有些问题到哪一步是物理,到哪里就是数学了。穿越学科边界不意味着数学老师是全才,当遇到这个问题时不懂没关系,但是要知道它属于哪个学科,然后可以请教这个学科的老师,或者去查相关的资料,或者让学生去请教那个学科的老师。

有些学科先天具有综合性,天然地需要教师“穿越”。例如,历史老师说到的战争案例,从历史上看,关注的是那个时代的政治制度,政治精英的人格特征,但是,还有地理的问题,即地理环境,山、水,气候。

3. 课程意识和课程能力

“课程能力”是近几年对教师提出的一种新能力。比如,英语中的阅读为例,书中的几篇课文对于让学生去落实这类文章的阅读能力远远不够,所以老师需要找到一些更合适的文章,帮助实现培养学生读这类文章能力的目标。

在课程改革的启动阶段,提出了提倡教师创造性使用教材。所谓创造性使用教材,可能是以教材为核心做一些微调,做一些微改变。但近两年特别是北京,在各个场合、各个领域,都有人提出“每个老师就是一门课程”的说法,提出教科书只是为教师提供了一个参考书,对学生来说也是一个参考书,所以更多的工作需要教师自己去做:包括帮助学生制订计划,在哪个时间内,选择哪些素材,教科书里有哪些素材了,需要补充哪些

素材,按照什么样的程序,组织什么样的活动,达到的目标又是什么等。

通过今天的讨论,似乎又找到另一个更大的“穿越”课题,就是多个学科老师共同把16~18世纪的思想史、学科史做个整理,画一个时间轴,把重要的思想家、科学家及其重要成果梳理出来,这就可以作为一门课程,一门穿越学科边界的课程,既涉及历史、政治、经济,也会涉及数学、物理、化学等,这是一件特别值得做的事情。

开发了这样的素材,接下来教学的时候可以考虑两种方式:一种方式是以讲座的方式介绍给学生。另一种方式是各学科教学时用,比如数学讲微积分的时候就可以用,微积分理论要解决的问题是怎么提出来的?解决问题的过程是怎样的?得出了哪些重要理论等,理解这段历史会对学生学习过程有好处。

从小到大,我们不断开发不同级别的“穿越”课程资源,进而将其变成实施课程,在这样的“穿越”中,学生学到的学科知识会变得更加有联系、他们的学习生活变得更加有意义。

(作者系北京教育学院教授)

责任编辑:任媛媛
renyy@zgjszz.cn

理解试题内涵 把好教学方向

——从一道北京中考试题说起

刘春艳

(北京教育学院 数学系, 北京 100120)

摘要: 中高考改革在目前的教育改革中备受关注, 考试试题变化会直接影响学校课堂教学. 正确发挥考试的导向作用, 真正理解试题是关键. 以 2013 年一道北京中考压轴题为例, 解析试题的命制过程, 分析考生作答情况, 给出教学建议: 认真分析课标教材, 将“认知过程”落实到教学中; 充分关注概念学习, 用“结构体系”串联章节知识; 真正理解能力立意, 将“能力分解”进行整体设计.

关键词: 中考试题; 能力立意; 认知过程; 概念学习

中图分类号: G632 文献标识码: A 文章编号: 1004-9894 (2018) 03-0035-04

引用格式: 刘春艳. 理解试题内涵 把好教学方向——从一道北京中考试题说起[J]. 数学教育学报, 2018, 27(3):35-38.

目前, 新课程背景下的新一轮中高考改革正在逐步展开, 这次改革更聚焦考试科目的选择和考试内容的改革. 一方面, 通过考试科目的选择能甄别出考生的兴趣特长, 为学生规划自己的人生发展方向提供坐标; 另一方面, 通过考试内容引导教学、服务教学, 使教师更关注学科本质和内在价值、更注重学生能力的培养. 简言之, 就是要将现在的中高考从“指挥棒”功能, 转变为“服务器”功能, 为教学服务, 为学生的成长发展服务.

一线教师非常重视考试试题的变化, 但他们往往只关注变化的形式, 而对变化的实质缺乏应有的分析, 由此导致了教学的偏差. 在“以考定教”的现实下, 理解命题的立意和试题的内涵, 毋庸置疑是充分发挥中高考试题的导向作用, 让考试助力教学改革的一个关键问题. 北京近年中考数学最后一题有很大的变化, 受到广泛关注, 也对一线教学产生一定的影响. 如 2013 年中考的最后一题, 受到各方面的好评, 且在各种考试中被多次改编. 但是作者在教师培训中发现, 一线教师对此题的理解存在很多问题, 因此, 以该题为例, 从试题命制的角度分析题目的内涵, 并结合考生解答情况所反应出的问题, 给出一些教学建议.

题目: 对于平面直角坐标系 xOy 中的点 P 和 $\odot C$, 给出如下定义: 若 $\odot C$ 上存在两个点 A, B , 使得 $\angle APB=60^\circ$, 则称 P 为 $\odot C$ 的关联点.

已知点 $D(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$, $E(0, -2)$, $F(2\sqrt{3}, 0)$.

(1) 当 $\odot O$ 的半径为 1 时.

① 在点 D, E, F 中, $\odot O$ 的关联点是_____;

② 过点 F 作直线 l 交 y 轴正半轴于点 G , 使 $\angle GFO=30^\circ$, 若直线 l 上的点 $P(m, n)$ 是 $\odot O$ 的关联点, 求 m 的取值范围;

(2) 若线段 EF 上的所有点都是某个圆的关联点, 求这个圆的半径 r 的取值范围.

1 试题的命制

下面从试题的立意、情境和设问 3 个方面进行分析.

1.1 试题的立意

能力立意是目前中高考命题的原则, 也就是要将能力考查置于命题的核心位置. 该题作为北京中考最后一题, 重点考查考生的数学抽象概括能力和逻辑推理能力, 也就是要求考生会对问题或者已有信息进行观察、比较、分析、综合、抽象与概括, 会用演绎、归纳和类比进行推理, 同时要求考生会利用数学的符号语言, 准确、清晰、有条理地进行表达. 在实际操作中, 命题者一般将抽象概括能力和推理论证能力整合为逻辑思维能力^[1].

1.2 情境的设置

为了实现上述考查目的, 该题以平面直角坐标系、一次函数、锐角三角函数、特殊三角形、以及圆的相关内容素材, 设置新情境, 并以新定义的形式呈现题干. 这样, 就将抽象概括能力和逻辑推理能力的考查融入到解决问题的过程中, 具体体现在将上述初中数学的主干知识迁移到不同情境中, 由此可以检测考生思维的深度、广度和灵活度, 并能在一定程度上反映出学习潜能^[2].

该题中的“关联点”是以数学符号语言的形式直接给出的, 在解题中, 需要等价转化为图形中的位置关系. 对于这个定义首先要明白“存在”的含义是“有”, 可以“不唯一”; 其次在寻找点 A 和点 B 的过程中, 需要将这两个点看作圆上的动点, $\angle APB$ 的大小随着点 A 和点 B 的变化而变化, 因为点 A 和点 B 是在圆上变化, 所以 $\angle APB$ 的大小是有范围的. 在分析 $\angle APB$ 取值范围时, 需要对点 P 的位置分 3 种情况讨论, 即点 P 在圆内、在圆上和在圆外. 最后要分析每种情况中 60° 是否在 $\angle APB$ 的取值范围内? 若使 $\angle APB=60^\circ$, 那么点 A 和点 B 的位置有什么特殊要求? 进而得到一个圆的所有关联点在半径为其 2 倍的同心圆上和圆

收稿日期: 2018-01-02

基金项目: 北京教育学院重大课题——中高考改革背景下的数学教师专业发展策略研究 (J

1510

作者简介: 刘春艳 (1972—), 女, 吉林长春人, 副教授, 主要从事数学教育研究.

内,反过来,同心圆上和圆内的所有点都是该圆的关联点.在理解新定义的过程中,需要观察、比较、归纳、类比,并充分利用一般到特殊、特殊到一般等推理形式,从背景中逐步抽象概括出新定义的结构特征^[3].

1.3 设问的形式

试题最后要通过设问的形式来呈现,不同的设问形式直接影响题目的难度.该题选择了一题多问的形式.第一问又分为两小问,第一小问是填空形式的判断题,判断具体的点是否是定圆的关联点.每一个判断对象都是一类元素的代表,形式熟悉,只判断不用书写证明过程,起点低.第二小问是求解形式,关键是明白一个定圆的所有关联点的位置,考查对新定义本质特征是否理解,承上启下,具有一定难度.第二问也是求解形式,对于具体的关联点寻找满足条件的圆的半径的最值,也就是从反面考查对新定义的理解.

题目层层设问,由正到反,由静到动,由浅到深,也是为理解新定义逐步搭设台阶,为不同水平的考生提供展示的平台.

2 考生解答情况

全市有 84 540 名考生作答,该题满分 8 分,平均分 0.90 分,难度 0.11,区分度 0.19.难度曲线如图 1 所示,文中所有数据均来自《中考数学分析报告(命题研究版)》北京教育考试院 2013 年 7 月.

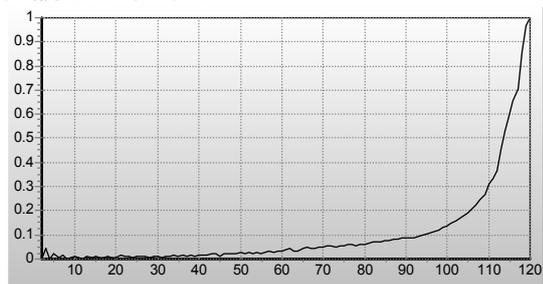


图 1 难度曲线

作为压轴题,对于高分段的学生的确起到了很好的区分作用,但是总体上,考生的得分情况并不理想,该题只有 215 名考生得满分.具体得分情况如表 1 所示.

表 1 具体得分情况

分数	0	1	2	3	
人数	32 699	39 623	6 481	2 291	
比例	0.39	0.47	0.08	0.03	
全卷平均分	72.09	90.71	99.42	104.48	
分数	4	5	6	7	8
人数	1 460	1373	297	101	215
比例	0.02	0.02	0	0	0
全卷平均分	108.57	111.65	113.91	116.09	117.69

由统计数据,此题 39%的考生得 0 分,这些考生中有两千多考生的数学总成绩超过 100 分;有 47%的考生此题得 1 分,而这些考生全卷平均分已经超过 90 分.基于数据分析,结合阅卷和部分师生访谈情况,具体分析此题在解答过程中存在的问题如下.

2.1 直接放弃作答

一是由于考生不能读懂题意,无从下手,有的考生直接放弃解答得 0 分;由于此问是填空形式的判断题,因此有的

考生采取“猜”的办法直接判断 3 个点都是关联点,根据得分标准可以得 1 分.

二是有些考生根本没有看题就放弃解答,理由是作为新情境的压轴题肯定难.有些教学水平中等或者较差的学校,教师在备考中就明确告诉学生:试卷最后几道题太难,是给高水平学生做的,与你们无关.还有很多教师和考生都觉得新情境的题目在日常教学中根本不可能涉及,更无法通过反复练习来习得,所以对于此类题目不要浪费时间和精力.此题得 0 分的考生中绝大多数是这种情况.

2.2 不能正确理解题意

一是不能正确理解新定义中的数学符号语言.有些考生错误地认为“存在”是“有”而且“唯一”的意思,导致对新定义的理解出现偏差,而新定义是该题的核心,因此该题解答错误.

二是不能理解题目各问之间的逻辑关系.题目的第(1)问中①是对于具体的、特殊的例子进行判断,每个例子作为一类元素的代表,其判断方法具有一定的代表性.在后面的问题解答中,最关键的一步是需要考生将这些具体的、特殊的例子推广至一般,也就将每一类情况分析清楚,进而得到一个圆的所有关联点.第(1)问是利用新定义从正面、静态的角度来研究问题,第(2)问是利用新定义从反面、动态的角度研究问题.前面的问题是为后面的问题作铺垫的,很多考生没有体会到整个题目的内在逻辑关系,缺少主动推广的意识和能力,导致后续解答出现困难.

2.3 逻辑推理不严谨

一是对于第(1)问中①,考生凭几何直观很快就得到答案.由于此问不需要书写理由,很多考生都没有从逻辑上进行严格的证明,对新定义的理解就可能出现问题.不要求书写过程并不是不需要思考,这里就暴露了考生思维不严谨.

二是很多考生能正确得到一个圆的所有关联点,求解问题直接给出结论,没有推理过程.考生在第(2)问求圆半径的取值范围时,很多考生也是只有结论没有推理过程.

三是书写过程不严谨,考生的数学符号化表征能力比较薄弱,不能用严谨规范的数学符号语言清晰准确地表达逻辑关系.比如最后一问中,不等式中符号是大于还是大于等于,前后表达比较混乱,这也说明考生思维不够严谨.

3 教学建议

在对教师的访谈中发现,绝大多数教师认为此题难的原因是“新”,没有见过的题目自然就是难题.在一所基础比较薄弱的市区初中校调研时,请 8 位教师现场作答,只有一位教师答案完全正确,两位教师表示此题自己也不会做.教师对试题的理解必然会影响到相关内容的教学,不少学校因此增加大量的此类题型练习,加重了学生的课业负担,这是与命题者的初衷相背离的.为此,从关注课标和教材,处理好知识与认知过程、章节结构体系以及能力培养之间的关系等方面给出一些教学建议.

(1)认真分析课标教材,将“认知过程”落实到教学中.所有考试都会明确设定考核范围.以北京中考考试说明

为例,明确提出:“数学学科考试以教育部颁布的《义务教育数学课程标准(2011年版)》的‘课程目标’与‘课程内容’的规定为考试范围。”历年考试中,很多考查基础知识和基本技能的基础性题目直接来源于教材,甚至区分较高水平考生的难题的素材和背景也来源于教材,是对教材内容的再思考,北京这道中考题就是一个例子。

该题与圆的内容密切相关,圆心角和圆周角的内容是圆的主要性质。在教材中,对于 $\angle APB$,点A和点B在圆上,点P运动到圆心和圆周这两个特殊位置得到圆心角和圆周角,通过分类讨论,利用圆的对称性得到圆周角定理。对于这部分内容可以进一步思考,当点P运动到圆内其它位置或者圆外, $\angle APB$ 的大小有什么变化?反过来,当点P固定,点A和点B在圆上运动时, $\angle APB$ 的大小有什么变化? $\angle APB$ 有可能是 60° 吗?当点P在什么位置时, $\angle APB=60^\circ$ 的情况一定存在?这也就是北京中考题的关联点的背景。

对于圆心角和圆周角的学习,从定性的角度来看,两者之间的位置关系是一个角的顶点在运动过程中的两种不同的特殊情况,从定量的角度来看,两者之间的数量关系就得到圆周角定理。利用运动变化、变与不变的辩证关系来分析,圆心角与圆周角的内在联系也是圆的对称性的体现。利用圆的对称性,在研究 $\odot O$ 的关联点范围时,也只需要研究点P在Ox轴上的变化情况。因此,无论是背景来源,还是研究方法,考试题目与教学相关内容一脉相承。

另外,该题涉及平面直角坐标系、圆、锐角三角函数、一次函数等内容,都是初中数学主干知识,考核的认知层次的要求与课标中的要求是一致的。有的老师认为该题考查了直线与圆的相关内容,所以拔高了相关内容的认知要求,提高了相关内容练习题的难度,甚至将高中解析几何内容下放到初中,这种观点显然是不对的。

在日常教学中,首先要处理好课标、教材与考试之间的关系。课标是教材编写、教学、评估和考试命题的依据,教材是课标的具体化,因此认真研究课标和教材是教学的出发点^[4]。其次,对于具体的数学知识,要强调对数学本质的理解,注重知识的来龙去脉,明确知识之间的内在联系^[5]。最后,要认真分析具体知识的考核要求,不能盲目提高认知要求,加重学生学习负担。对于具体知识认知过程的正确理解是教学目标制定的基础,也是教学目标达成的判断标准。

(2)充分关注概念学习,用“结构体系”串联章节知识。

在数学学习中,概念学习是一个非常重要的内容。在日常的概念教学中,常常是概念形成与概念同化两种方式结合使用,一般需要经历这样几个过程:教师提供具体典型的案例,引导学生观察归纳共同特征得到概念的定义;再指导学生通过对正例和反例的比较、分析和概括等思维活动,明确概念的关键属性;最后学生通过应用概念,将新概念纳入已有的知识体系中,形成概念系统^[6]。

该题是利用数学的符号语言直接给出关联点的定义,定义中通过数量关系和位置关系描述了点与圆之间的联系,需要学生充分利用已有的认知基础,体会定义的关键属性。该题的第(1)问中的①,就是通过典型正例和反例帮助学生进一步理解定义,通过对多个特例(包括正例和反例)的图

形进行观察、比较、分析,归纳概括得到定义的本质特征,也就是将定义归结为“到圆心的距离小于等于直径的点就是该圆的关联点”。接下来就是利用关联点的定义来解决问题。

而学生在解题过程中,通过阅读,利用已有认知结构中的有关知识来理解新定义的过程就是概念同化的过程,逐步解答问题的过程与数学概念学习的过程大致相同。

在课堂教学中,教师对于具体的知识(如定义、定理和公式等)和技能(如计算、画图等)是非常关注的,但是对于研究问题的方法和知识之间的内在联系缺少思考。以三角形内容为例,从具体事例中抽象出基本图形,给出三角形定义及其符号表示,明确构成要素,以要素为标准对三角形进行分类;研究三角形的基本性质,也就是研究三角形构成要素及相关要素之间的关系;研究三角形的全等与相似;特殊三角形(等腰三角形和直角三角形)的性质与判定等。在整个过程中始终注重与相关知识的联系和应用,按照“定义—表示—划分—性质—特例—联系与应用”,从定性到定量展开研究的^[7]。平面几何的内容,如四边形、圆等都是按照这个逻辑体系展开的,该题的大致结构也是类似的。

因此,该题一方面考查了数学概念学习的基本过程和基本方法,另一方面也考查了研究几何对象的基本结构。不仅仅要求学生通过概念解决一个具体的问题,更要求学生能够建立知识、概念间的深层次的联系,形成对学科整体的认识和体会,把握学科的整体意义和整体结构。在日常教学中,要从整体上进行教学设计,既要注重概念学习,又要注重学科的结构体系,通过凸显数学的内在逻辑关系,才能将各个章节紧密联系在一起,学生只有真正理解这些内容之间联系,才能更有序更有逻辑地去研究新内容。

(3)真正理解能力立意,将“能力分解”进行整体设计。

由前面的数据可知,数学成绩九十多分甚至一百多分的考生此题只得0分和1分,这些学生对于基础知识和基本技能的掌握程度还是比较好的,但是无法迁移到新情境中,暴露了能力培养方面的问题。

命题中能力立意的核心,主要是考查思维能力、学习潜能、创新意识和实践能力^[8]。为区分简单记忆与理解掌握,考查能力的试题大多具有立意新、情景新、设问新的特点,考生解决问题的过程就是展现数学能力的过程^[9]。该题要求考生通过对特例的合情推理,探索思路,发现结论,再利用演绎推理证明一般性的结论。在这个过程中需要反复观察、实验、计算、归纳、概括来揭示新定义的内涵,要求学生具备较高的抽象概括能力和逻辑推理能力^[10]。读懂题意要求学生具备一定的数学阅读能力,而正确解答要求学生具备一定数学符号语言的表达能力。

能力是指一个人完成某种活动所必备的比较稳定的个性心理特征。能力作为活动的稳定调节结构是在获得知识、智力技能与操作技能的基础上,通过广泛迁移、不断概括化、系统化及类化而实现的,能力的形成过程比知识技能的形成过程更复杂、需要的时间更长,因此教师要认真分析能力的内涵,逐步有计划地培养^[11]。

以推理论证能力中的合情推理为例,合情推理是从已有的事实出发,凭借经验和直觉,通过归纳和类比等推断某些

结果,这里就存在“什么是已有的事实”“如何归纳和类比”等问题^[12]。在培养学生合情推理能力的教学中,首先要让学生明白,对于一般情况具有的某个性质,特殊情况也具有,因此从特殊情况的性质去推测一般情况是否具有同样的性质是可行的,但是反过来特殊情况具有的性质一般情况未必具有;其次教师要通过具体情境进行示范——什么样的问题可以从特殊情况入手?什么是特殊情况?如何分析特殊情况?如何将特殊情况的性质推广至一般?或者由一类问题的性质类比得到另一类问题的相似性质?

比如,前面提到的圆周角定理的探究过程就是培养合情推理能力的很好载体。在教学中,请学生思考“圆心角与圆周角大小关系”,如果学生无从下手,可以启发学生,以前研究新问题时一般采取什么方法?是否可以类比以前研究的方法?逐步引导学生,从特殊情况(如 AB 是直径时)入手,猜测圆周角与圆心角的数量关系再进行证明。证明过程中,发现两个角的位置关系比较复杂,先从最简单也是最特殊情况(即圆心在圆周角的一边上)开始证明,反思证明中的关键环节,将证明方法推广至一般。这样的示范要反复多次,每次要有侧重;然后教师要引导学生去实践,启发学生回顾教师的示范过程,让学生提出解决问题的方案并进行实

际操作^[13]。当学生能有意识去思考时,教师再创设新情境让学生独自经历合情推理的全过程。

学生从“无意识”地解题,到“有意识”地主动思考,再到“有能力”独自解决问题,需要一个长期、不断反复的过程。很多时候,学生在听教师讲解时并不觉得特别晦涩难懂,但是自己独立面对问题时总是想不到,就是缺少主动思考的意识和能力^[14]。很多老师通过考前的题海训练来培养学生的思维能力,显然是不可取的。在具体教学中,教师要将学生数学能力的形成过程进行分解,始终将能力培养作为课堂教学的一条主线,根据教学内容和学生情况进行整体设计,并且有意识有计划有步骤地进行实施^[15]。能力一旦形成会具有较好的稳定性,如果学生真的具有合情推理的意识和能力,在面对新情境的问题时就会有章可循。

分析每一年中高考试题中的新变化,目的是为了能够更好地服务于日常教学。这种服务不仅仅体现在课堂教学中又多了一份题目的素材,更重要的是对试题立意的剖析来反思日常教学的问题。以上通过对北京市2013年中考数学压轴题的分析可以得出,日常教学不仅要关注知识,还要关注知识间的联系,更要关注知识形成过程中的能力培养,要为学生的数学发展进行整体设计并有效实施。

[参 考 文 献]

- [1] 任子朝,周远方,陈昂,等. 高考数学科考核目标研究[J]. 数学通报, 2013, 52(7): 1-8.
- [2] 任子朝. 能力立意命题的理论与实践[J]. 数学通报, 2008, 47(1): 24-28, 32.
- [3] 陈昂,任子朝. 数学高考中实践能力考查研究[J]. 数学教育学报, 2017, 26(3): 15-18.
- [4] 刘春艳. 数学高考改革的“能力立意”: 基于高考试题变化的解析[J]. 中小学管理, 2017(9): 11-13.
- [5] 王光明,刁颖. 高效数学学习的心理特征研究[J]. 数学教育学报, 2009, 18(5): 51-56.
- [6] 曹才翰,章建跃. 数学教育心理学[M]. 3版. 北京: 北京师范大学出版社, 2014: 112-117.
- [7] 章建跃,陈向兰. 数学教育之取势明道优术[J]. 数学通报, 2014, 53(10): 1-7, 封底.
- [8] 赵思林,翁凯庆. 高考数学命题“能力立意”的问题与对策[J]. 数学教育学报, 2013, 22(4): 85-89.
- [9] ANDERSON L W. 布鲁姆教育目标分类学[M]. 修订版. 蒋小平,译. 北京: 外语教学与研究出版社, 2011: 51-52.
- [10] 刘春艳. 以“考改”促“课改”: 北京高考题目变化的目标与取向[J]. 中小学管理, 2016(1): 14-16.
- [11] 喻平. 数学核心素养评价的一个框架[J]. 数学教育学报, 2017, 26(2): 19-23, 59.
- [12] 李兴贵,王新民. 数学归纳推理的基本内涵及认知过程分析[J]. 数学教育学报, 2016, 25(1): 89-93.
- [13] 王光明,刘丹. 初中生数学学习策略调查问卷的设计与编制[J]. 数学教育学报, 2017, 26(3): 19-24.
- [14] 严虹,游泰杰,吕传汉. 对数学教学中“教思考 教体验 教表达”的认识与思考[J]. 数学教育学报, 2017, 26(5): 26-30.
- [15] 张惠英,王瑞霖. 基于核心素养的数学测评研究——以河北省2017年中考数学试题为例[J]. 数学教育学报, 2017, 26(5): 31-35.

Comprehending the Connotation of Test Questions and Steering School Teaching in the Right Direction ——Talking about a Beijing Senior High School Entrance Examination Question

LIU Chun-yan

(Mathematical Department, Beijing Institute of Education, Beijing 100120, China)

Abstract: Among current educational reforms, the reform on senior high school and college entrance examinations attracted extensive attention, and variations on exam questions could affect school classroom teaching directly. In order to enable exams to play their guiding role correctly, it was crucial to have a true understanding of test questions. This article took the finale question of a recent Beijing Senior High School Entrance Examination as an example to dissect its proposing process, analyze examinees' answers, and gave the following teaching suggestions: paying close attention to the cognitive process of knowledge learning, connecting textbook chapters and sections by certain structural system, decomposing the ability objective, and implementing all the aforementioned measures gradually in everyday teaching.

Key words: the Senior High School Entrance Examination; ability orientation; the cognitive process of knowledge learning; concept learning

[责任编辑: 周学智]

基于学生猜想探究能力发展的初中数学 教学改进研究*

冯启磊

[摘要]猜想探究是学生数学关键能力之一。以关键教学行为为抓手,设计了基于学生猜想探究能力的教师关键教学行为改进框架,四位教师参与了教学改进行动研究。研究发现:提高学生猜想探究能力需要教师设计高认知水平任务,教师的讲解与反馈要尊重学生猜想探究的权力,教师要激发学生独立思考、合作交流和自我反思。在教师教学改进行动中,教师在展示、讲解、提问和反馈四个关键教学行为的改进上最为显著,但在设计开放活动和捕捉学生思维价值并作出有效反馈等方面变化稍弱;教龄较长的骨干教师比年轻教师的关键教学行为变化显著;通过关键教学行为的改进促进了教师教学信念的转变。

[关键词]猜想探究能力;关键教学行为;教学改进策略

[中图分类号]G420 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1009-718X(2018)03-0066-05

如何提高和评价学生数学关键能力已成为当前理论研究和教学实践的热点问题。《义务教育数学课程标准》(2011年版)提出,“学生自己发现和提出问题是创新的基础”、使学生“增强发现和提出问题的能力、分析和解决问题的能力”。^[1]猜想探究成为影响学生数学素养发展的一项关键能力,但在实践教学中,教师虽然制定了学生探究的教学目标,设计了自主探究的环节,但尚不能有效落实。因此,如何改进教学才能更好地培养学生的猜想探究能力,是值得深入研究的问题。

一、基于学生猜想探究能力发展的教师关键教学行为改进

(一) 猜想探究能力的内涵与测评

发现问题、提出问题、分析问题是数学猜想探

究能力的核心要素。猜想是探究的核心,探究是猜想者通过观察、分析事实和现象,根据已有的数学知识获得猜想,再对猜想进行推理论证及反复验证而获得可靠结论的过程。虽然数学家与学生的猜想探究在“知识与探究的关系”上是一致的,学生也需要通过探究来获得对数学的认识与建构,但数学家的猜想探究与学生学习数学的猜想探究在思维方式、探究方法和探究过程的机制方面是不完全一样的。^[2]学生猜想探究是由前概念向科学概念转化的过程,是皮亚杰提倡的“同化”与“顺应”的过程,是学生自主建构数学概念与形成数学知识结构的过程。

学生猜想探究主要包含以下五个方面:发现问题,提出问题,提出猜想与假设,分析与论证,形成一般化的结论(符号化)。参与猜想探究活动的

冯启磊 北京教育学院数学与科学教育学院 讲师 100120

*本文为国家社会科学基金“十二五”规划2011年度教育学重点课题“中小学生学习能力表现研究”(AHA110005)的成果。

学生思维活动属于高层次思维^[9]。因此,如何测评学生的猜想探究能力成为研究的关键。曹一鸣、郭衍等开发了数学学科能力测试工具,从学习理解、实践应用和创造迁移维度对学生数学学科能力进行了评估,使得聚焦于猜想探究能力的教学改进具有可操作性,本文中的教学改进研究采用该数学学科能力测评工具^{[4][5]}。

根据数学学科能力区域大规模测试的结果和学校的意愿,项目组分别在B市的F区和H区各选择一所学校进行基于学科能力测评的教学改进研究。学校A是H区的一所区级示范校,学校B是F区的一所普通校。每所学校分别有八、九年级的两位教师参与教学改进研究。所选教师的信息如表1所示。

教师基本信息 表1

	性别	年龄	教龄	行政职务	年级	学生人数	学校
教师WL	女	38	17	无	八年级	45	A
教师ZH	女	42	20	备课组长	八年级	45	A
教师LM	女	28	2	无	八年级	33	B
教师WY	女	24	3	无	九年级	36	B

(二) 教师关键教学行为改进路径

1. 前测定改进点

在研究中,项目组对4个班级的159名学生进行了数学学科能力前测。测试结果显示,学生在猜想探究能力维度上的平均得分率为13.5%,是能力指标中得分率最低的。学生在猜想探究能力上的提升空间最大。因此,四位教师教学改进点是学生猜想探究能力的培养。

2. 教学诊断发现问题

四位教师分别以《等腰三角形的性质》(八年级,人民教育出版社)(教师WL与教师ZH)、《全等三角形的性质》(八年级,北京出版社)(教师LM)和《双等腰三角形探究》(九年级,教师自主设计)(教师WY)作为第一轮教学改进的课题。专家团队走进四位教师的课堂,诊断其在学生猜想探究能力培养方面出现的问题,为后续教学改进提供依据。

通过课堂教学诊断发现,四位教师都制定了发展学生“观察-猜想-探究-验证”的教学目标,在教学实践中也都积极探索学生猜想探究能力培养的

方式和策略,但在培养学生猜想探究能力方面仍存在以下三个方面的问题。

第一,借猜想探究之名而无其之实。有些数学活动尽管被教师称为“猜想探究”,但其教学并没有体现猜想探究的基本要素。如,在《全等三角形的性质》一课中,本应是让学生猜想探究全等三角形的性质——对应边和对应角的数量关系和位置关系,却被教师明确提出来,降低了学生猜想探究的思维含量,学生并没有真正意义上的探究,也就不能借助这样的活动发展学生的猜想探究能力。

第二,学生没有获得猜想探究的权利。学生没有获得猜想探究的权利主要有三个方面的表现:首先,学生猜想探究的欲望没有被点燃,教师提供的材料不能激发学生猜想探究的兴趣;其次,学生没有足够的时间开展猜想探究的活动,猜想探究在教师的“引导”下变得支离破碎,学生还没有进行充分思考,教师便开始提问;最后,学生在猜想探究活动中提出的想法没有得到教师的价值判断,仅为是非判断。

第三,教师的不当引导干扰学生的猜想探究活动。教师的不当引导对学生的猜想探究活动造成一种“强干扰”,教师力图引导学生向自己预定的方向走,破坏了学生探究的思路。如,在学生探究“什么样的三角形能够分割成两个等腰三角形时”,学生举出了很多能够分割的例子,正在学生苦苦思索、寻找一般性结论时,教师在黑板上列出了“30°、60°、90°, 45°、45°、90°, 25°、50°、105°”等几组三角形内角的度数,让学生观察有什么规律,从而把几何图形分割问题转化成为数字探究问题,这不利于学生猜想探究能力的发展,因为一般性的结论需要借助几何图形本身的特点进行探索,这样的数字探究,并不能揭示出需要学生探究结论的全部特征。

3. 教学设计改进

四位教师结合自己的教学设计,与课题组及学校教研组教师一起研究如何通过关键教学活动把发展猜想探究能力的目标外显化。

教学改进聚焦教学中的“重点、难点和关键

点”的关键教学事件^⑥，关键教学事件最终会体现在一系列的教与学行为中。曹一鸣等研究发现，师生互动、教师展示、教师提问、学生听讲和学生做题是牵一发而动全身的5个A层级关键教学行为；自主学习、学生反馈、教师讲解、学生展示、内容呈现、合作学习、学生讲解、学生提问、教师反馈、课堂管理和教师辅导是11个B层级关键教学行为^⑦。教学行为的关键性层级分析为教学改进研究提供了更为细化的框架，成为教师教学改进的抓手和落脚点。

对A、B两个层级的16个关键教学行为进一步分析发现，内容呈现和教师展示这两个关键教学行为需要教师在教学设计时仔细研磨。因此，在教学设计改进时，应当主要聚焦内容活动设计和教师展示设计。

(1) 内容活动设计

内容活动设计是指设计的教学活动和问题在连贯性、开放性、挑战性和适切性上的表现。以《等腰三角形的性质》为例，教师原先设计的“教师展示折等腰三角形和填表格的活动”开放性和挑战性不足，给学生的思维空间小，也不利于学生思维连贯性的发展，不能很好地激发学生的兴趣，建议改为“学生自己动手做或画一个等腰三角形、交流制作方法或画法，在此基础上，发现并梳理等腰三角形的性质并证明”。

(2) 教师展示设计

教师展示设计是指教师是否利用投影呈现学生的作品，是否利用几何画板或TI图形计算器辅助教学等。如，在探究等腰三角形性质的过程中，学生会提出不同的方法，为了节省时间，教师可以采用实物投影或拍照投影等技术来展示和分析学生的方法；教师可以利用几何画板直观展示“三线合一”的性质。

4. 关键教学行为改进

课堂观察与课后分析着重研究基于猜想探究能力培养的关键教学行为改进。

根据关键教学行为权重和猜想探究能力的内涵，再对A、B两个层级的另外14个关键教学行为

进一步筛选，从教师的“教”和学生的“学”两个角度，确定了课堂关键教学行为的改进点，如表2所示。

基于猜想探究能力的关键教学行为 表2

行为主体	关键教学行为	关键教学行为表现
教师	教师讲解	教师能向学生渗透猜想探究的思维过程和方法
		教师能留给学生进行独立猜想探究的时间
	教师反馈	教师能关注和尊重学生的思维，对学生进行尽可能高的评价
	教师提问	教师的提问是高层次提问；问题能引导学生思考
学生	自主学习	学生能独立思考与主动学习
	学生展示	学生能积极发表不同的见解或展示自己的做法
	学生反馈	学生积极反馈教师的提问，能对他人的观点通过质疑、批判和反思等高层次思维方式进行反馈
	合作学习	能积极地用数学语言清晰地表达自己的观点，能与小组成员一起合作探究数学结论

课题组和学校教研组的教师根据上述关键教学行为在课堂中的表现进行了研讨。授课教师在吸纳专家意见的基础上，历经“试讲—分析—修改—正式讲”的两轮教学改进环节，聚焦学生猜想探究能力的发展。在试讲和正式讲中，研究者会记录教师在关键教学行为上的表现，以进行对比分析。

5. 师生访谈与教师反思

在授课教师上完课后，研究者会对教师和学生进行访谈。根据关键教学行为改进点，访谈教师对教学事件的处理方式以及作出教学决策的思考；对学生采取焦点式访谈，了解学生在猜想探究方面的收获和感受。如，在《双等腰三角形探究》之后，学生表示：数学实验室创造了自己动手操作的机会，让学习变得更加生动有趣，方便理解；TI图形计算器的使用，方便直观探究一些问题等；WY老师则谈道：这节课更加关注了学生探究及发现的过程，能引导学生主动思考，学生经过探究得到规律并论证，小组成员之间的活动、交流及展示十分充分。

研究者深入挖掘教学改进前后教师四次教学设计稿、学生作品、教师访谈与反思、课堂录像及研

究者课堂观察笔记等这些研究的资料,依据关键教学行为改进点,分析课堂关键教学行为的变化,提炼基于学生数学猜想探究能力发展的有效教学策略。在一年内,同一所学校的两位教师会经历两轮这样的教学改进。在第二轮中,四位教师选择的课题为《一次函数的图象与性质》(八年级,人民教育出版社)(教师WL和教师LM),《一次函数的复习》(八年级,人民教育出版社)(教师ZH),《二次函数复习》(九年级,北京出版社)(教师WY)。第一轮的正讲定位为校内公开课,第二轮的正讲定位为区级公开课。

两轮教学改进作为两个典型研究案例,以点带面,引领教师在日常教学中继续实践学生猜想探究能力的培养,引领学校教研组持续思考和探索教学改进研究,以形成良好的教研氛围,整体提高学校教学的有效性。

6. 后测诊断教学改进效果

在经历了一年的教学改进研究之后,对学生后进行后测,通过量化的手段分析教学改进的效果以及存在的问题,并为下一步教学改进提供方向和指导。

通过前后测比较发现,参与测试的学生在猜想探究能力上有所提升。为了能够进行比较,前后测采用了锚题设计和等值处理,八年级学生猜想探究能力值后测较前测提升1.023倍,九年级学生猜想探究能力值后测较前测提升4.495倍。

二、基于学生猜想探究能力发展的教学改进策略

(一) 设计高认知水平学习任务培养学生的猜想探究能力

高认知水平学习任务的特征是具有非常规性、情景性、开放性,需要学生进行复杂的非算法式思维,并随时调控自己的认知过程,需要相当大的认知努力。^[9]如“一个三角形分割成两个等腰三角形的条件”“路径最短问题”“如何解等腰三角形”等属于高水平认知学习任务。这些任务需要调动学生多知识模块的内容,对知识的联系与迁移要求较高,提出问题及猜想的难度大,推理论证的难度也

大,这个过程中需要学生调动分析与批判、反思与调整等高层次思维活动,对学生学科素养的发展有非常好的促进作用。

(二) 教师的讲解与反馈要尊重学生猜想探究的权利

教师尊重学生猜想探究的权利,需要有动态的数学观和教学观以及积极的学生观^[9],具体来讲,主要有四个方面。

第一,要给学生猜想探究的时间。避免学生还没有对问题进行真正思考,教师就开始提问和讲解;需要给学生自主学习和探究的时间^[10];要给学生相互交流的时间,学生之间的相互交流能够帮助他们突破思维上的困难点,在和同学交流的过程中,他们能够整理自己的思考过程,从而降低认知负荷。

第二,要给学生猜想探究的空间。若教师明确给出猜想探究结论中的关键词,就失去了猜想探究的意义。如,在《等腰三角形的性质》中,教师的原设计如下:“观察折叠活动图形,找出重合的线段和角,填入下表,你能猜猜等腰三角形有什么性质?”,平面几何中的线段和角“重合”就意味着数量关系“相等”,这样就降低或限制了思维的含量,没有给学生留出足够的猜想探究的空间。因此,建议改为“根据你制作的等腰三角形,你能提出什么问题?你能猜想一下问题的结论吗?如何论证你的结论是否正确呢?然后教师引导学生对提出的问题及猜想从边、角、形三个角度进行梳理然后论证。”

第三,要尊重学生的思维过程。教师注意倾听学生的回答,发现其回答的闪光点,能够分析学生错误中的合理之处,而不是一味打断,强行引导到教师需要的答案上来。要对学生的猜想与论证进行价值判断而非简单的是非判断。

第四,让学生经历完整的猜想探究过程。不管课上还是课下,相信“探究”是学生认识世界的基本方式之一,尊重、激发、保护学生的探究欲望,发展其探究能力,而完整的猜想探究过程,需要独立思考、需要与他人交流、需要反思与修正。

（三）教师要激发学生独立思考、合作交流和自我反思

猜想探究能力的发展是在肯定与否定、独立思考与合作交流、质疑与批判、反思与调整的过程中发展起来的，学生需要在课堂中积极思考，对他人的观点进行质疑和批判，从推理与反例两个方面分析论证猜想，与同学进行合作交流，反思出现的问题并及时调整思路。教师需要激发学生之间的相互评价，以促进其质疑、反思与批判性思维的发展，营造开放的、敢于质疑与批判的课堂文化。

三、基于关键教学行为改进的教师成长

（一）教师在展示、讲解、反馈和提问四个关键教学行为上变化明显

通过两轮试讲和正式讲的教学改进后，学生课堂表现更加活跃，敢于质疑和发表不同看法，师生互动更为自然和流畅，四位教师以下四个方面的变化最为明显：（1）教师能够利用投影、几何画板和TI图形计算器等信息技术手段帮助学生攻克难点、分享观点、建立自信；（2）教师留给独立思考 and 探究的时间，在教学中潜移默化地渗透猜想探究的方法；（3）教师有意识地倾听学生的想法，给学生阐述思维过程和追问的机会；（4）教师高层次提问比例明显升高，但在设计较为开放的活动（内容呈现）、捕捉学生回答的价值并作出有效反馈这两个关键教学行为的改进上变化稍弱，或许需要教师提升专业素养和更长时间的教学实践，才能有更显著的变化。

（二）教龄较长的骨干教师比年轻教师的教学行为变化显著

比较四位教师的教学改进效果，学校A的两位教龄较长的教师能够较好地吸纳课题组的建议并有效转化成课堂教学行为；学校B的两位教龄较短的年轻教师则表现稍弱。如，她们虽然能有意识地倾听学生的回答，但由于教学经验的缺乏，不能捕捉到学生回答中的价值而作出有效反馈。

（三）通过关键教学行为的改进促进了教师教学信念的转变

通过教师访谈、教师自我反思及课堂跟踪发现，参与教学改进的教师在以下三个方面有所转变：第一，从数学教学信念上逐步关注到对学生数学关键能力的培养，以及如何真正地发挥学生的主体地位；第二，提高了对数学知识的理解与把握能力；第三，在教学设计与实施中真正关注学生的学习思维过程及知识的形成过程，发展学生的数学关键能力。如，学校A的八年级教师WL说：“经过关键教学行为改进研究，教学思想上更加成熟，从局限到开放，敢于尝试新的教学方法，不再害怕失败，课程设计由繁至简，更加关注学生猜想能力的发展，对知识的理解由零散的版块到结构化的整体，我的教学变得更加智慧和从容，学生更喜欢我的数学课”。从后续的教学跟踪发现，WL老师在继续延续着教学改进研究的思路和策略。

【注释】

- [1] 中华人民共和国教育部.义务教育数学课程标准[S].北京:北京师范大学出版社,2012:5-7.
- [2] 袁维新.科学探究教学模式的反思与批判[J].教育学报,2006,(4).
- [3] 刘儒德.基于问题学习对教学改革的启示[J].教育研究,2002,(2).
- [4] 曹一鸣,刘晓婷,郭衍.数学学科能力及其表现研究[J].教育学报,2016,(4).
- [5] 郭衍,曾鹏,杨凡,等.基于课程标准的数学学科能力评价研究——以某学区七年级测试工具开发及实施为例[J].数学教育学报,2015,(2).
- [6] 杨玉东,王兄.运用关键性教学事件分析支撑中国式数学课例研究[J].数学教育学报,2015,(3).
- [7] 曹一鸣,于国文.中学数学课堂教学行为关键性层级研究[J].数学教育学报,2017,(1).
- [8] 袁志玲,陆书环.高认知水平数学教学任务的教学意义及启示[J].数学教育学报,2008,(6).
- [9] 喻平,董林伟,魏玉华.数学实验教学—静态数学观和动态数学观的融通[J].数学教育学报,2015,(1).
- [10] 陈佑清.关于中小学生学习自主学习若干问题的思考[J].教育科学研究,2016,(10).

（责任编辑：李秀萍）

基于数学抽象的概念形成:模型与案例^①

刘春艳 冯启磊^②

(北京教育学院数学系 100044)

1 问题提出

《普通高中数学课程标准(2017年版)》(以下简称《课标》)提出,数学学科核心素养是数学课程目标的集中体现.其中数学抽象位于六大学科核心素养之首,是数学的基本思想,是形成理性思维的重要基础.从数学内容来看,数学源于对现实世界的抽象,概念是数学的核心内容,因此,获得数学概念是数学抽象的主要表现之一,数学概念的形成也是发展学生数学抽象的重要载体.在实际教学中,如何从情境中抽象出数学概念,既是重点也是难点.为此,很多学者开展了大量研究.

关于概念学习,杜宾斯基(Ed Dubinsky)等人提出 APOS 理论,强调学习者在学习数学概念时要经历 4 个心理建构阶段,即操作(Action)、过程(Process)、对象(Object)、图式(Scheme).奥苏贝尔(D. P. Ausubel)提出与概念形成的最高发展形式有关的心理过程,大致有八个环节.结合此结论,曹才翰与章建跃两位学者提出了概念形成的过程模式(如图 1).

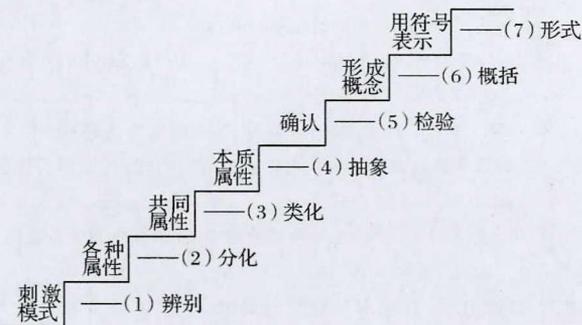


图 1 概念形成的一般过程

(曹才翰,章建跃,2006)

为了更精确地刻画数学领域中抽象性的含义,徐利治教授给出了弱抽象、强抽象和广义抽象的概念,并指出弱抽象的过程依据“特征分离概括化原则”,强抽象的过程依据“关系定性特征化原则”^[1].对于具体数学概念的抽象过程,史宁中教授根据抽象程度的不同,分为三个阶段,或者说三个层次:一是简约阶段,把握事物关于数量或图形的本质,把繁杂问题简单化,给予清晰表达;二是符号阶段,去掉具体内容,利用符号和关系术语,表述已简约化的事物;三是普适阶段,通过假设和推理,建立法则或者模型,能在一般意义上描述一类事物的特征或规律.^[2]李昌官老师按照学生学习时认知的先后顺序,把数学抽象分为感知与识别、分类与概括、想象与建构、定义与表征、系统化与结构化 5 个阶段.

上述相关理论和结论,对于一般意义上的数学概念的抽象过程具有指导意义.徐利治教授对每类抽象给出了工作原则,史宁中教授提出的三个阶段,指明了数学概念抽象过程的基本框架,在具体操作时都需要细化;曹才翰和章建跃等学者给出的认知过程具有一种等级结构或顺序结构.但是在学习具体概念时,由于数学概念的复杂性和不同阶段学生的差异等原因,学生认知过程是否一定遵循线性顺序?教学中如何更加清晰地引导学生经历数学抽象的过程,建构数学概念呢?以上问题都需要进一步探讨.

2 基于数学抽象的概念形成模型

在概念教学中,数学概念是研究对象,教学流

^① 本文为北京教育学院卓越计划“学科核心素养导向的高中数学教学研究”研究成果.教育部人文社科研究规划基金项目:高中数学核心素养理论框架的实证及实践研究(19YJA880009)研究成果.

^② 本文通讯作者

程与认知过程紧密相连. 首先, 要对数学研究对象的特点进行分析. 一般地, 数学概念来源于两方面: 一是对客观世界中的数量关系和空间形式的直接抽象; 二是在已有数学理论上的逻辑建构^[3]. 相应地, 数学概念分为两类: 一类是对现实对象或关系的直接抽象而成的概念, 如三角形的概念, 定义包含了组成要素(三条线段)和要素之间的位置关系(首尾顺次相接); 另一类是纯数学抽象得到的, 是抽象逻辑思维的产物, 如三角形的中线概念, 是在“三角形”基础上生成的, 具有主从关系. 三角形的中线定义中的逻辑关系是通过临近的属概念(三角形)加上种差(连接顶点与对边中点的线段)来体现的. 因此, 数学概念是由要素和要素之间的逻辑关系构成的, 概念形成过程“实质上是抽象出某一类对象或事物的共同本质特征的过程”^[4], 也就是抽象出概念包含的要素, 以及要素之间逻辑关系的过程.

其次, 基于认知心理学关于概念学习的相关理论, 在大量课堂观察与访谈分析的基础上, 我们发现学生的认知过程非常复杂. 在实际教学中, 教师需要根据学生的具体表现, 或重复已有的过程, 或转换表达方式, 或补充新的实例等等, 概念的建构过程并非一定遵循线性关系. 基于以上分析, 我们建构了基于数学抽象的概念形成模型, 如图 2.

2.1 简约阶段

简约阶段的操作过程, 就是对于情境中的原

型进行识别, 把某个或某类数学特性分离出来, 也就是教学中的概念引入. 通过具体的、直观的、典型的、丰富的案例, 结合长时记忆中的相关信息, 在情境中辨认出数学特性, 舍弃非数学的特征和属性, 形成进一步研究的“范本”, 这是概念形成的基础. 如关于多面体和旋转体的概念, 教材中提供了纸杯、纸箱、腰鼓、金字塔、茶叶盒、篮球、铅锤等大量生活中物体的图片, 请学生描述它们的形状, 这些情境可以和后续概念(如棱柱、棱锥、线面的平行与垂直等)的理解与应用相呼应, 为概念的系统化做一些铺垫.

2.2 符号阶段

符号阶段是对简约阶段识别出的要素, 通过分析与建构、归纳与概括、定义与表征的认知过程, 得到概念的定义和名称等, 也就是教学中的概念形成.

(1) 分析与建构

分析是将材料分解成它的组成部分, 并确定各部分之间的相互关系, 以及各部分与总体结构之间的关系^[5]. 建构是通过数学内在逻辑建立起系统的、内在一致的关系, 使其构成一个整体. 对于每个情境中识别出的要素, 通过观察、比较等进行区分, 选择与概念相关的、重要的、关键的要素, 进一步明确需要研究的问题, 也就是从哪些角度建立要素之间的逻辑关系.

对于代数的相关概念主要是从数量关系进行

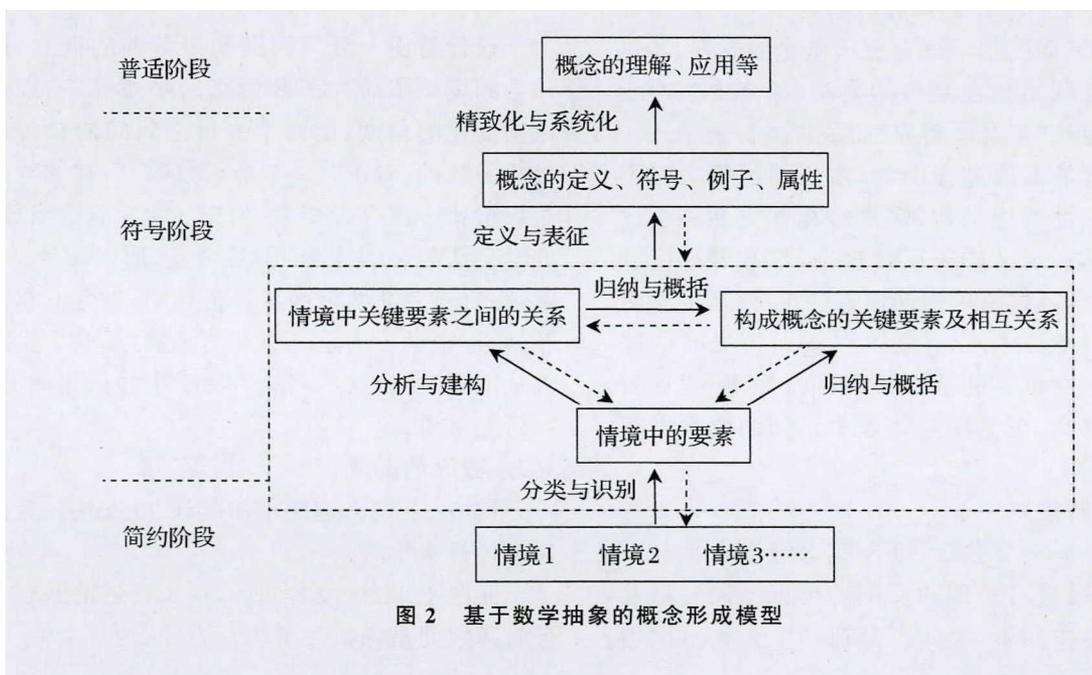


图 2 基于数学抽象的概念形成模型

分析,如等差数列的概念,通过代数运算进行分析;对于几何的相关概念主要从图形关系进行分析,如棱柱的概念,通过观察每个面的形状和两个面之间的位置关系进行分析;对于函数的相关概念主要从对应关系进行分析,如函数的单调性,分析两个变量间的大小关系,通过对应关系得到的两个函数值之间大小关系是否具有规律性。

(2) 归纳和概括

先对不同情境中分析得到的要素及其之间的关系进行比较,得到共同特征,这也是知觉表象阶段的感性归纳和概括。再把共同特征推广到范围更广的包含研究对象同类事物中,实现从个别到一般的过程。揭示事物本质特征与联系的过程,是在头脑中进行的思维水平的概括。比如等差数列的概念,在对每个情境中的数列分别进行运算的基础上,进行归纳和概括发现取值规律,再一般化得到“每一项与前一项的差都等于同一个常数”。分析和构建、归纳和概括是符号化表达的重要基础。

(3) 定义和表征

定义有两种,一种是描述性定义,一种是说明性定义。比如集合的概念就是无法说明的基础性概念,只能描述性定义;有理数的概念鉴于初中学生的理解水平,只能采用描述性定义;而函数的概念是说明性定义,揭示两个变量之间的对应关系。对于描述性定义主要以文字语言的形式进行表达。对于说明性定义需要揭示事物本质的逻辑关系,需要用严谨的数学语言表示概念的要素、要素之间的相互联系相互制约的关系,如高中学习函数的概念时用“集合一一对应”的语言进行表达。

在概念的形成过程中,上述认知过程之间不是严格的线性顺序结构,常常是相互交叠和多次反复。比如,在定义的代表过程中,常常需要回到情境中,结合具体情境解释抽象的定义,帮助学生建立抽象的数学符号与概念本质内容之间的联系。另外,不同概念的认知过程各有侧重,比如对于描述性定义,更关注对情境中识别的要素进行归纳与概括。

2.3 普适阶段

给概念下定义之后,进入概念的精致化与系统化阶段。通过对正例和反例的辨析、解释,以及运用概念解决问题,实质上是在一个更大范围内

对概念进行检验和修正,进一步促进学生对概念本质属性的理解,建立此概念与已经熟悉的相关概念之间的联系,逐步将新概念纳入已有的认知结构中,形成新的结构体系。这个过程在后续的学习中持续进行,如通过判断两个函数是否相同等问题,提升对函数概念的理解,通过具体函数、从函数观点认识方程和不等式、函数应用等内容,理解函数是现代数学最基本的概念,是描述客观世界中变量关系和规律的最为基本的数学语言和工具,体会函数是贯穿高中数学课程的主线。

3 基于数学抽象的概念形成模型的教学案例——高中“函数概念”

函数概念强调了三个方面:函数是实数集合 A 与 B 间的对应关系;对于实数集合 A 中的元素是处处定义的(即任意性);对于实数集合 B 中的元素是单值定义的(即唯一性)。这三个方面就构成了函数的本质属性。常见的函数三种表示方法只是对应关系的表现形式,形式不是函数的本质,符号也不是函数的本质,比如同一个函数既可以用 $f(x)$ 表示,也可以用 $g(t)$ 表示。根据函数的本质属性,聚焦函数概念的三要素,教学的主要过程如下:

3.1 概念的引入

在初中学习中,函数是如何定义的?依据初中函数的定义,请思考: $y=1$ 是函数吗?函数 $y=x$ 与 $y=\frac{x^2}{x}$ 相同吗?^[6]

设计意图 复习回顾初中函数的概念,同时体会到进一步研究函数概念的必要性。初中是从运动变化的角度,用两个变量之间的依赖关系来描述函数的。对于“ $y=1$ 是函数吗?”,有的学生认为解析式中没有自变量,所以 $y=1$ 不是函数;有的学生认为 y 是常数,不是变量,所以 $y=1$ 不是函数。对于判断两个函数是否相同,学生没有任何经验,初中学习的是三类具体函数,很多学生对此无从下手。通过这些问题引发学生的认知冲突,引入研究对象。

3.2 概念的形成

情境 1: 某高速列车加速到 300km/h 后保持匀速运行半小时。^[6]

问题 1.1: 这段时间内,列车行进的路程与运行时间之间是函数关系吗?为什么?

问题 1.2: 这段时间内, 设列车行进的路程为 S (单位: km), 运行时间为 t (单位: h), S 与 t 之间的关系如何表示?

问题 1.3: 列车匀速运行 1 小时前进了多少 km? 为什么?

问题 1.4: 列车运行时间 t 的取值范围如何表示? S 的取值范围呢? S 与 t 之间是如何对应的?

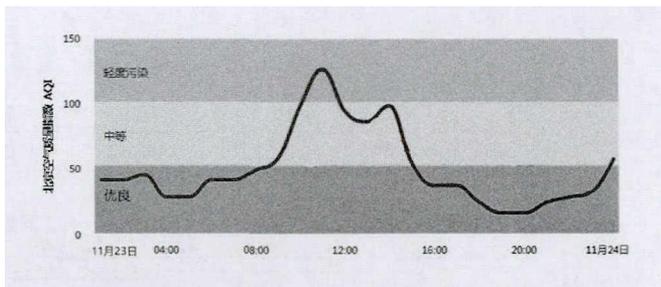
情境 2: 某电气维修公司要求工人每周工作至少 1 天, 至多不超过 6 天. 如果公司确定的工资标准是每人每天 300 元, 而且每周付一次工资.^[6]

问题 2.1: 一个工人的工资是他工作天数的函数关系吗? 为什么?

问题 2.2: 设某工人的工作天数为 d , 工资为 w 元, w 与 d 之间的关系如何表示?

问题 2.3: 工作天数 d 的取值范围如何表示? w 的取值范围呢? w 与 d 之间是如何对应的?

情境 3: 右图是北京市 2016 年 11 月 23 日的空气质量指数 (Air Quality Index, 简称 AQI) 变化图.^[6]



问题 3.1: 北京市 2016 年 11 月 23 日的空气质量指数与这一天内任意时刻 t 之间是函数关系? 为什么?

问题 3.2: 如何确定这一天内任意时刻的空气质量指数?

问题 3.3: 请仿照前面的方法, 描述 I 与 t 之间的对应关系.

情境 4: 国际上常用恩格尔系数 r ($r = \frac{\text{食物支出金额}}{\text{总支出金额}}$) 反映一个地区人民生活质量的的高低, 恩格尔系数越低, 生活质量越高. 表 1 是我国某省城镇居民恩格尔系数变化情况, 从中可以看出, 该省城镇居民的生活质量越来越高.^[6]

表 1 我国某省城镇居民恩格尔系数变化情况

年份 y	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
恩格尔系数 r (%)	36.69	36.81	38.17	35.69	35.15	33.53	33.87	29.89	29.35	28.57

问题 4.1: 恩格尔系数 r 是年份 y 的函数吗? 为什么?

问题 4.2: 如何知道该城镇居民某一年的恩格尔系数?

问题 4.3: 请仿照前面的方法, 描述 r 与 y 之间的对应关系.

问题 5: 根据上述分析, 进行归纳概括.

问题 5.1: 抛开实际背景, 上述四个实例中的函数都有哪些共同特征?

问题 5.2: 这些共同特征是否适用一般函数?

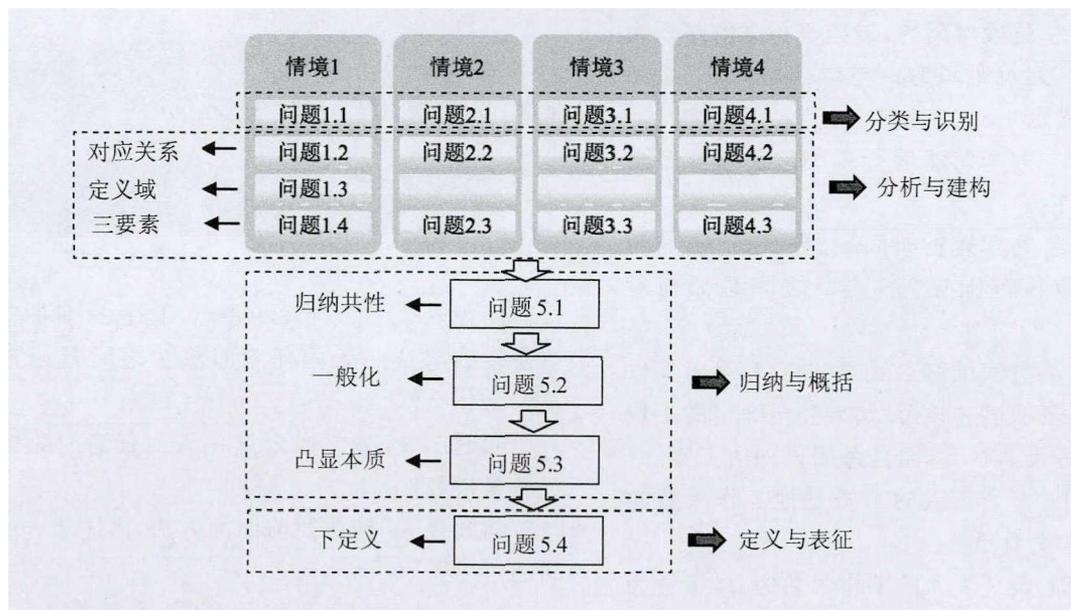
问题 5.3: 由此能否概括出函数概念的本质特征?

问题 5.4 尝试利用“集合—对应”的语言给函

数下个定义.

预设: 学生下定义出现困难时, (1) 先用口头语言描述函数的三要素, 再进行符号化表达; (2) 回顾已学习的数学概念, 体会定义的一般结构. 如初中函数概念, 先描述大背景条件 (一个变化过程中), 指明两个要素 (两个变量 x 和 y), 然后说明两个要素之间的对应关系 (对于变量 x 的每一个值, 变量 y 都有唯一的值与它对应), 最后给出定义名称 (称 y 是 x 的函数).

设计意图 这个过程是数学抽象的符号阶段, 学生经历了分类与识别、分析与建构、归纳与概括的过程, 具体结构如下:



(1)体现数学抽象的基本过程.

在对具体情境中的变量及其对应关系分析的基础上,抛开背景情境,聚焦变量与变量之间的关系,归纳概括共性,推广至一般,并用“集合—对应”的语言表达得到函数的定义,实现从理性具体

到理性一般的抽象过程.

(2)情境凸显概念的本质特征.

根据函数的本质特征以及学生已有的认知基础,设计四个情境,具体如下:

	情境	对应关系	说明
情境 1	现实情境(行程问题)	解析式	两个情境中函数的对应关系相同,情境 1 中的函数是连续型函数,情境 2 中的函数是离散型函数
情境 2	现实情境(工资问题)	解析式	
情境 3	科学情境(空气质量指数)	图象	函数是连续型函数
情境 4	科学情境(恩格尔系数)	表格	函数是离散型函数

(3)系列问题聚焦函数三要素.

问题是学生思维的“路标”,应紧密围绕概念的要素及要素之间的逻辑关系展开.函数的三要素是函数概念的核心,通过系列问题帮助学生逐步厘清函数三要素,并用数学符号语言表达.四组问题整体结构“相似”,具体表述略有差异,如问题 3.3 和问题 4.3 是仿照前面的方法,描述两个变量之间的对应关系,相对于问题 1.4 和问题 2.3 更开放.

(4)下定义的过程注重概念定义结构的一般化.

对函数概念下定义是教学的难点,在实例归纳概括的基础上,一方面对于表达形式,可以从口头语言直观解释再到符号语言抽象表示;另一方面类比已有定义的结构,表达各要素之间的逻辑关系.可以借助初中函数定义,体会定义也是命

题,命题包括条件和结论,函数定义也是类似的,先指明条件,也就是函数的三要素,即非空实数集合 A 和 B ,以及对应关系 f ,再说明三个要素之间的关系,即对于集合 A 中的每一个实数 x ,集合 B 中有唯一实数 $y=f(x)$ 与 x 对应.通过这个过程帮助学生进一步体会数学中下定义的方法.

3.3 概念的精致化与系统化

问题 6:利用今天学习的内容,解决下列问题:

问题 6.1:对于熟悉的一次函数、二次函数、反比例函数,它们的定义域、对应关系和值域分别是什么?请用函数定义描述这些函数.

问题 6.2:今天学习的函数定义与初中学习的函数定义之间的联系?

问题 6.3:请分析函数 $y=x(10-x)$ 的定义域、对应关系和值域;并尝试构建一个问题情境,

使其中函数的对应关系为 $y=x(10-x)$.^[6]

问题 6.4:再次思考引入中的问题.

小结等略.

设计意图 利用新知识再次解释学生熟悉的三类函数,进一步理解函数概念的三要素.通过与初中函数概念的对比分析,让学生体会函数概念的两个抽象层次,初中函数的“变量—对应”说,与运动变化背景紧密相连,比较形象、直观,高中函数的“集合—对应”说,抽象为两个实数集元素之间的对应关系,更聚焦函数的本质特征,拓展了函数的研究视野与应用的范围^[7].利用函数解析式构建问题情境,实现从抽象到具体的过程.通过系列问题,帮助学生构建完整的函数概念,促进函数概念的系统化.

4 模型应用中应重点关注的几个方面

(1) 重点关注概念的本质属性.

概念的本质属性是概念教学的核心内容.概念教学的目标就是理解概念,理解的认知过程包括解释、举例、分类、总结、推断、比较和说明,比如举例涉及辨认概念的定义特征,并利用这些特征去选择或构建一个具体例子^[5].这些过程都需要明确概念的本质属性,明确构成概念的要素以及要素之间的逻辑关系.

概念教学的核心问题指向概念的本质属性.通过问题引导学生经历观察归纳、直观感知,对构成概念的要素进行分类与识别,对要素之间的逻辑关系进行分析与建构.比如三角函数是函数的下位概念,与前面学习的其它函数不同,三角函数反映的是“几何元素之间的对应”,其本质是单位圆上点 P 的坐标与以 OP 为终边的旋转角之间的对应关系.在概念抽象过程中,人教 A 版教材借助具体特殊角,经历“从角的终边位置的确定,到角的终边与单位圆的交点,再到交点坐标与角之间的对应关系”的过程,明确三角函数的三要素,建构几何元素之间的对应关系,这是概念抽象过程中的重点和难点.因此,概念的本质属性是概念抽象过程中的“路标”,支撑起概念教学的内在逻辑,也是基于数学抽象的概念形成模型应用的关键.

(2) 重点关注概念形成认知过程的非线性.

对于概念的数学抽象过程,简约阶段是概念抽象的起点,符号阶段是概念抽象的重点,普适阶段是概念抽象的延伸,认知过程包括分类与识别、

分析与建构、归纳与概括、定义与表征,以至精细化系统化.对于具体概念,上述认知过程不是绝对的线性关系,比如在函数概念案例中,分类识别与分析建构两个认知过程是交叠在一起的,后续具体函数、函数应用等内容学习也是概念系统化的过程;对于函数单调性,人教 A 版教材采用了“规一例”法,先用符号语言表达二次函数 $f(x)=x^2$ 的单调性,然后让学生模仿,描述两个熟悉的函数的单调性,再给出一般化严格的数学表达,更具有概念同化的特点,淡化了归纳与概括的过程.在实际教学中,描述性的概念更注重分类与识别的过程,说明性的概念更强调对逻辑关系的分析与建构.因此,概念抽象的认知过程不是严格线性的,每个过程也不是严格“均匀分布”的,在应用模型的过程中需要根据实际情况调整.

(3) 重点关注概念形成的整体设计.

由于数学概念的抽象性、概念表征的多元性,以及概念形成过程中思想方法的丰富性,对概念教学要进行整体设计.一方面,概念形成是以系统化为标志.系统化是指新获得的概念纳入已有概念体系中,与相关概念建立起逻辑关系,也就是杜宾斯基的 APOS 模型中的图式阶段.概念系统化主要是通过概念应用来实现的.学生在明确概念的定义、名称、属性之后,就进入概念系统化阶段,通过概念的应用,不断完善优化已有概念系统,这个过程需要持续比较长的时间,涉及更多的概念.如函数的概念,得到定义之后,就进入概念的精致化与系统化的过程,这个过程将在后续的函数性质、三角函数等内容中逐步完成.

另一方面,概念抽象过程中蕴含着丰富的思想方法,如从特殊到一般,从具体到抽象,以及分类、归纳、类比等.这些方法是连接数学概念的暗线,具体概念的数学抽象过程,既是运用这些方法的过程,又是进一步理解这些方法的过程.数学思想方法的理解需要学生经历从直观到抽象、从模糊到严谨、从肤浅到深刻、从模仿到应用、从感性到理性、不断反思、反复提炼的过程.因此,概念教学需要整体设计,使得概念形成过程成为发展学生数学抽象素养的重要载体,实现《课标》提出的“整体把握教学内容,促进数学学科核心素养连续性和阶段性发展.”

(下转第 29 页)

数学运算结果如何近似地解释实际问题. 因为我们得到的是实际问题的一个近似值, 这个值的可信度有多大? 能不能接受? 是否需要修改? 等等, 需要从多个角度来考虑.

在整个数学建模过程中, 或许只有极少数学生能够完成全部过程的每个环节和阶段, 利用数学的知识和方法解决该实际问题, 而大部分学生只能完成其中的一个或两个步骤. 尽管如此, 即使对于只能完成其中一个步骤的学生, 这样的过程也有助于提高他们数学建模的信心, 积淀建模的核心素养. 例如, 通过观察, 发现相邻的四个菠萝籽可以构成正方形的四个顶点, 进而将问题转化为研究图形的关系. 这一过程或许使学生会用数学的眼光看待外部世界, 树立良好的数学情感和态度.

4 结束语

总的来说, 数学建模的整个过程, 让学生体会运用数学解决实际问题的方法, 长了“用数学的眼光观察世界、用数学的语言表达世界、用数学思维思考世界”的见识, 领悟到“数学与人类生活和社会发展紧密关联”的道理.

尽管中学数学建模目前的状况并不理想, 绝大部分学生的建模能力都比较低. 然而, 引导学生在数学建模学习中“长见识、悟道理”应该是我们追求的一种课堂教学价值取向, 将“长见识、悟道理”作为课堂学习目标之一来培育学生核心素养. “长见识、悟道理”需要通过学生的主动学习来实现, 探索、尝试、实验和实施有利于学生主动学习的教学形态, 是当前数学教学值得关注的问题. 理解和把握与“长见识”“悟道理”相关的教学之道, 是数学教学深入改革的方向.

(上接第25页)

参考文献

- [1]徐利治, 张鸿庆. 数学抽象度概念与抽象度分析法[J]. 数学研究与评论, 1985, 5(2): 133-140
- [2]史宁中. 数学基本思想 18 讲[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2016: 14
- [3]邵光华, 章建跃. 数学概念的分类、特征及其教学探讨[J]. 课程·教材·教法, 2009, 29(7): 47-51
- [4]曹才翰, 章建跃. 数学教育心理学[M]. 3版. 北京: 北京师范大学出版社, 2014: 112

参考文献

- [1]牛伟强. 高中生数学建模能力发展研究[D]. 华东师范大学, 2019
- [2]中华人民共和国教育部. 义务教育数学课程标准(2011年版)[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2012
- [3]中华人民共和国教育部. 普通高中数学课程标准(2017年版)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2018
- [4]教育部基础教育课程教材专家工作小组. 义务教育数学课程标准(2011年版)解读[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2012: 107
- [5]李明振, 喻平. 高中数学建模实施的背景、问题与对策[J]. 数学通报, 2007, 47(11): 8-14
- [6]陈蓓. 从PME视角看数学建模素养及其培养[J]. 教育研究与评论(中学教育), 2017(4): 5-10
- [7]李贺, 张卫明. 基于质量检测的初中学生数学建模发展状况的调查研究[J]. 数学教育学报, 2017, 26(1): 19-21, 87
- [8]朱娅梅. 我国八年级学生数学建模能力的调查研究[J]. 上海教育科研, 2017(4): 51-54
- [9]徐斌艳. 中德学生数学建模能力水平的比较分析——以中国上海和德国巴登符腾堡州学生为例[J]. 上海教育科研, 2008(8): 66-69
- [10]徐斌艳, 沈丹. 我国学生的数学建模能力水平分析——以6~9年级学生的“缝制足球”实验为例[J]. 中学数学月刊, 2014(7): 37-40
- [11]纪雪颖. 高中学生数学建模能力水平研究——以上海若干高中为例[D]. 华东师范大学, 2010
- [12]张淑梅, 何雅涵, 保继光. 高中数学核心素养的统计分析[J]. 课程·教材·教法, 2017, 37(10): 50-55
- [13]孙翔宇. 上海市高中生数学建模能力的调查与分析[J]. 教育测量与评价, 2016(6): 44-49
- [14]徐斌艳, LUDWIG Matthias. 中学生数学建模能力水平的实验分析[J]. 中学数学月刊, 2007(11): 1-2, 30
- [15]史宁中. 数学思想概论, 第5辑, 自然界中的数学模型[M]. 长春: 东北师范大学出版社, 2015: 2
- [16]中国社会科学院语言研究所词典编辑室编. 现代汉语词典(第6版)[M]. 北京: 商务印书馆, 2012

学出版社, 2014: 112

- [5][美]洛林. W. 安德森等. 布鲁姆教育目标分类学修订版分类学视野下的学与教及其测评[M]. 北京: 外语教学与研究出版社, 2009: 69
- [6]人民教育出版社课程教材研究所 中学数学课程教材研究开发中心编著. 普通高中教科书数学必修第一册[M]. 北京: 人民教育出版社, 2019: 60-63
- [7]章建跃. 如何帮助学生建立完整的函数概念[J]. 数学通报, 2020, 59(9): 1-8

化学学科关键能力培养：教师教学的视角

周玉芝

(北京教育学院 化学系, 北京 100044)

摘要:培养适应终身发展和社会发展需要的正确价值观念、必备品格和关键能力是新时代推进中学化学育人方式改革的新要求。基于化学学科及其关键任务的性质和已有研究, 中学化学关键能力包括化学表征能力、实验与探究能力、概括和运用化学思想方法能力和证据推理能力。基于教学案例, 阐述了培养中学化学学科关键能力的教学策略和教学模式。

关键词:化学学科关键能力; 教学策略; 教学模式; 教师专业素养

中图分类号:G633.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-0186(2019)11-0130-07

2019年6月, 国务院办公厅印发《关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》(以下简称《意见》), 提出要“促进学生系统掌握各学科基础知识、基本技能、基本方法, 培养适应终身发展和社会发展需要的正确价值观念、必备品格和关键能力”^[1]。《普通高中化学课程标准(2017年版)》(以下简称《课标》)指出:“学科核心素养是学科育人价值的集中体现, 是学生通过学科学习而逐步形成的正确价值观念、必备品格和关键能力。”^[2]这些重要文件的出台使“培养学生哪些关键能力, 如何培养化学学科关键能力”成为重要议题。

一、化学学科关键能力的内涵

“关键能力”的概念最早起源于德国。1974年, 德国教育家梅腾斯为提升人才对职业的适应性而提出要着力培养那些与特定的专业技能并不直接相关的、普遍的、可迁移的、对劳动者的未

来发展起关键性作用的能力, 它们能够帮助个体在不同场合和工作情境中做出判断、选择, 应对职业生涯中不可预估的动态情况。^[3]随后, 多个国家和国际组织对关键能力开展了研究, 研究领域也从职业教育领域扩展到基础教育领域。《终身学习关键素养: 欧洲参考框架》中将关键能力定义为一系列知识、技能和态度的集合, 它们是可迁移的、多功能的, 是每个人发展自我、融入社会及胜任工作所必需的; 在完成义务教育时这些素养应得以具备, 并为终身学习奠定基础。欧盟提出的关键能力有八项: 母语交流、外语交流、数学素养与基本的科学技术素养、数字化素养、学会学习、社会与公民素养、主动意识与创业精神、文化意识与表达。^[4]芬兰、英国、爱尔兰等国参考欧盟关键能力框架提出了本国的关键能力培养要求并推进基础教育课程改革。^[5-7]

PISA的科学素养测试框架中提出的关键科学能力包括识别科学相关问题、科学地解释现象

基金项目:北京市教育科学规划重点课题“基于科学实践和核心概念改进初中科学类学科教学的实践研究”(ABA15012)

作者简介:周玉芝, 女, 1968年生, 北京教育学院化学系副教授, 博士, 北京市中学化学特级教师工作室导师, 北京市青年骨干教师培养项目中学化学学科负责人, 主要从事化学及科学教学研究。

和使用科学的证据三项。这三项关键能力的内涵丰富,如在识别科学相关问题能力的表述中不仅包括在特定情况下识别可能进行科学探究的问题,还包括确定关键词以搜集相关科学信息、识别科学探究的关键特征:需要比较的内容、需要改变与控制的变量、如何收集数据等。也就是说,识别科学相关问题的能力是一种概括的提法,并不单纯指提出科学问题,还蕴含对科学探究以及科学知识的理解与运用。^[8]

《中国学生发展核心素养框架》指出,学生发展核心素养主要是指学生应具备的、能够适应终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力。研制中国学生发展核心素养的根本出发点是落实立德树人根本任务,培养全面发展的人,提升我国21世纪人才核心竞争力。^[9]但《中国学生发展核心素养框架》未对关键能力进行界定,《课标》也没有对化学学科关键能力进行界定。^[2]

王后雄、杨季东认为,高中化学关键能力是众多化学学科能力要素中处于中心位置、最重要、最有价值、能起决定作用的能力,是化学学科核心素养的重要组成部分。他们通过对24名专家的调查,将高中化学关键能力的构成要素定为:化学表征能力、实验与探究能力、化学方法和分析能力、化学信息处理能力、发现与提出问题能力、证据推理与论证能力、模型认知能力。^[10]杨玉琴认为化学学科能力应为化学学科特殊能力,并将化学学科能力要素确定为实验能力、符号表征能力、模型思维能力和定量化能力。^[11]陆军将化学学科能力归结为观察能力、实验能力、问题解决能力和思维能力,并认为思维能力是化学学科能力的核心。^[12]王磊、支瑶提出了3×3的化学学科能力要素:学习理解(辨识记忆、概括关联、说明论证)、应用实践(分析解释、推论预测、简单设计)、迁移创新(复杂推理、系统探究、创新思维)。^[13]

笔者认为,中学化学学科关键能力是学生应具备的,能够适应终身发展和社会发展需要的,理解和运用化学知识、技能和情感态度价值观的能力。基于对化学学科及其关键任务性质与特点的思考,并参考关于化学学科能力的已有研究,笔者认为中学化学学科关键能力可以概括为化学

表征能力、实验与探究能力、概括和运用化学思想方法能力以及证据推理能力。

1. 化学表征能力

化学表征能力是运用化学特有的符号和方式表达对物质认识的能力,包括运用化学元素符号、化学式、化学方程式和化学模型等表达和交流概念与观点、运用化学语言表征问题等。例如,利用酵母发面的问题,从化学视角可以表征为:面粉的主要成分是淀粉(葡萄糖分子聚合而成的高分子化合物),在酶的催化作用下,淀粉水解为葡萄糖($C_6H_{12}O_6$),酵母菌以葡萄糖为养分进行呼吸,释放出二氧化碳,发生的主要化学反应为 $C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 12H_2O$,这是一个放热反应,所以可以观察到面粉发酵过程中其温度升高;释放的二氧化碳使面里有很多气孔,面的体积膨胀。而从生物学视角,该问题可以表征为酵母菌是面粉成为发面的根本因素,酵母菌进行呼吸会产生二氧化碳,从而使面团产生许多气泡,导致其体积增大。很多因素会影响酵母菌的呼吸,酵母菌以有氧和无氧两种方式进行呼吸。^[14]可见,化学学科与生物学科表征问题的角度是有区别的。化学的特征是从微观层次认识物质,以符号形式描述物质^[2],因此化学表征能力是中学化学的关键学科能力。

2. 实验与探究能力

实验与探究能力指的是能够运用实验方法和技术进行物质分析、分离和制备等相关探究,在实验和探究中考虑安全、绿色环保等要素。实验与探究能力既包括能够识别可探究的化学问题,设计探究方案、获取证据,分析解释或建构模型,形成结论,交流评价等,也包括对科学探究本身的理解。

3. 概括和运用化学思想方法能力

概括能力被认为是学科能力的基础与核心。^[15]概括和运用化学思想方法能力指的是能够通过化学事实性知识概括重要化学概念,提炼化学思想方法,形成研究化学问题的视角,如运用宏观与微观相结合、方向(热力学)与快慢(动力学)相结合、实验实证与理论分析相结合等思想方法处理化学问题。

4. 证据推理能力

证据推理能力包括获取和识别科学证据;识

别假设、证据和结论之间的逻辑关系，基于科学证据得出结论和对结论进行论证；科学地评价化学对社会发展的价值与影响等。

上述四方面关键能力并不是彼此孤立的，而是互相联系、相辅相成的，共同指向化学学科核心素养。例如，化学表征能力中的模型表征能力，实验与探究能力中的模型构建能力，共同指向“证据推理与模型认知”化学学科核心素养。

二、化学学科关键能力的培养

(一) 把握最能转化为学科关键能力的知识

“学生的学科能力必须以学科知识经验为中介而实现。”^[15]那么，什么样的知识最能转化为学科关键能力呢？余文森指出，大概念指的是反映学科本质及其特殊性的构成学科框架的概念。学科大概念是学科知识的精华所在，是有价值的知识，是最能转化为素养的知识。^[16]《普通高中化学课程标准（2017年版）解读》中也指出，《课标》重视以学科大概念为核心，使课程内容结构化，促进学科核心素养的落实。^[17]

笔者认为，目前化学教学中存在的培养过程简单化和培养结果虚化的问题，都与教师对化学学科大概念的把握不到位有关。下面以“元素”概念的教学设计为例进行分析（图1）。

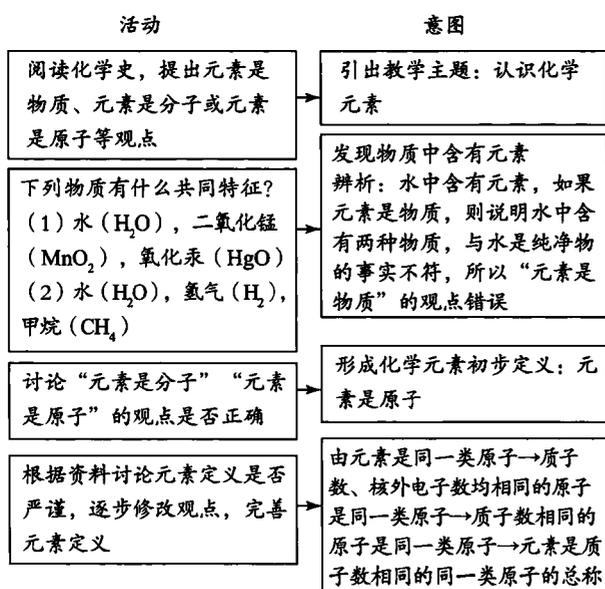


图1 “元素”概念教学设计

该教学设计将概念教学变成了定义教学，从“元素是物质”的定义是否正确，到“元素是原

子”的定义是否严谨，再到“元素是同一类原子”以及“元素是质子数相同的同一类原子的总称”定义的得出，整节教学活动都围绕如何得出“元素是质子数相同的同一类原子的总称”这句话进行。该教学设计没有让学生体会为什么要学习元素概念以及元素和物质之间的关系，学生只是孤立地知道了元素定义，而不理解元素概念的本质。

以上概念教学仅聚焦“是什么”，可以称为基础概念教学。基础概念是相对大概念而言的，“科学教育不是给学生讲授一些零碎的、不连贯的知识片段和堆积在一起的科学定律，而是需要围绕涉及重要科学领域的有结构、有联系的科学核心概念和模型——大概念来进行学习”^[18]。

如果是聚焦大概念的教学，就会以“大千世界里纷繁复杂的物质是由什么组成的”为驱动性问题，引导学生通过类比活动认识其周围的水、纸、木材甚至人体都是由有限的基本物质——化学元素组成的。通过学习，学生了解组成糖的元素只有碳、氢、氧三种，组成醋的元素也只有碳、氢、氧三种，组成酒精的元素还是只有碳、氢、氧三种，初步了解这些元素的原子的不同组合、排布以及相互作用构成了不同的物质。在此基础上提出问题：碳元素是什么？它与氢元素有什么本质区别？从而引导学生认识元素是质子数相同的同一类原子的总称。

可见，聚焦大概念的教学并不是孤立地教授概念定义，而是让学生认识概念的本质和概念间的关系。

有研究指出，深度学习是化学学科核心素养培养的关键^[19]，很多教师也认同要进行深度学习，但不知道向哪里深。如果概念教学仅聚焦在定义的认识上，无论采取何种教学方式开展教学都不会是深度学习，因为学生的认识和思维都没有被引向深入。如果教师认识到元素教学不仅是让学生认识元素的定义，还必须让学生认识物质是由化学元素组成的这一大概念，并且认识这一大概念具有的素养发展功能，他就会把教学引向对物质组成和构成奥秘的认识上，揭示学习化学元素的意义和价值，帮助学生建立物质组成和构成的正确认识，形成分析相关问题的关键能力。即对“物质是由化学元素组成”的理解可以转化

为认识物质世界的化学视角、方法，转化为科学认识物质世界的品格和能力，并用其进行正确决策，为社会发展贡献力量。例如，面对“点石成金”的把戏时不会被欺骗；面对一种具有优异性能的神秘材料时，能想到分析其元素组成，再基于相关元素组成的物质的性质进行一系列推演和分析，从而揭开神秘材料的面纱。

(二) 基于学科大概念建立合理知识结构

《课标》指出：“化学教学内容的组织，应有利于促进学生从化学学科知识向化学学科核心素养的转化，而内容的结构化则是实现这种转化的关键。”^{[2]70} 怎样结构化的知识才有利于向化学学科核心素养以及化学学科关键能力转化呢？

对于专家和新手的知识结构研究表明，专家具有围绕本领域内主要的组织原则和基本概念原理组织起来的高度关联的知识结构，这种知识结构帮助他们辨别问题的本质，并在提取和运用知识时更为快捷有效。^{[20][21]33} 所以，化学教学要帮助学生形成围绕本领域内主要的组织原则和基本概念原理组织起来的知识结构，这是促进化学关键能力发展的重要方面。

以元素的概念教学为例，大概念“物质是由化学元素组成的”帮助学生建立物质和元素的意义联系。学生知道物质是由化学元素组成的，一百多种化学元素就可以构成千百万种不同的物质。学生会好奇组成物质的化学元素是什么，为什么铁元素组成的金属铁与铝元素组成的金属铝有不同的性质，从而依据元素的定义把元素概念与原子概念联系起来，进而引出不同元素在性质上有什么特点，是否有规律可循，这样就与元素周期律等知识联系起来。可见，“物质是由化学元素组成”大概念可以与其他重要概念、规律建立意义关联，形成知识的意义整体。

基于大概念建构的知识结构（图2）能够把零散的事实、概念、情境等信息联结起来，揭示它们之间的相互联系与相互作用。人们因具有这样的知识结构而更易洞悉事物的本质，也能够把所学知识迁移应用到新的情境中。

(三) 情境化、问题化和方法化的教学策略

韦钰指出，专家之所以能看出“门道”，能解决问题，是因为他们不仅熟悉本领域的知识，而且能够把这些知识和周围的实际事件相联系，

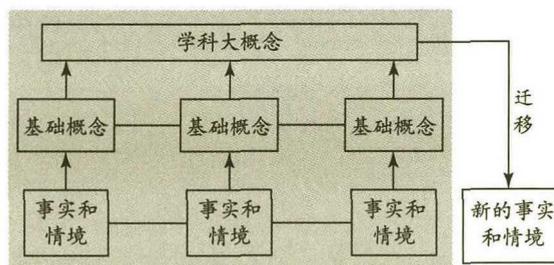


图2 学科大概念为统领的知识结构

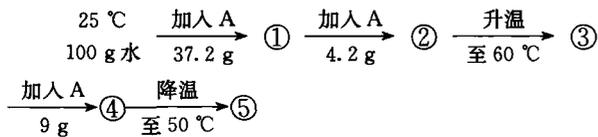
有过找出问题症结和解决问题的训练。^[18] 如果学生学习的知识不与真实问题情境相联系，那么这些知识即便正确也不能转化为真实的、复杂的问题解决能力。例如，很多学生在面对“如果你准备去郊外野餐，需要用冰来冷藏食物，应该把冰放在食品盒的顶部还是底部”这一问题时会犹豫不决，但当问他们热空气和冷空气的密度哪个更大时，学生能毫不犹豫地给出正确答案。该事例说明脱离情境和问题的知识是不能运用的“死知识”。如果学习空气的密度受温度影响时是基于情境和问题的，如为什么制冷空调安放的位置较高，而暖气安放的位置较低，经历了这种学习过程的学生，即使没有用冰冷藏食物的经验，也能够分析出正确的做法。

由于在更高的抽象层面上表征问题，可以提高迁移能力^{[21]57}，所以化学学科关键能力的培养特别需要帮助学生掌握分析和处理化学问题的思想方法。以人教版高中化学教材必修2“海水化学资源的开发利用”为例，很多教师都会带领学生重点分析海水提溴的工业流程和原理，并让学生做检验海带中是否含碘的实验，这样的教学在化学方法的外显方面存在不足。因为海水化学资源的开发利用除了涉及物质转化的化学反应外，还涉及如何获取混合体系中含量很低的化学元素的问题，而后者在高中化学必修阶段的学习机会就在这一章，所以教学中要让学生认识到处理海水中富集程度很低的化学元素的思想方法是分离富集。为了认识这一点，学生要对比海水中碘含量和海带中碘含量的差异，认识到海带对海水中的碘进行了生物富集，这样就可以以海带为碘源进一步进行提碘；同理，学生基于分离富集的思想方法就能够洞悉海水提溴流程和原理的本质，还可以理解其他制碘方法，如将盐卤中的碘用氧化剂氧化为碘单质，用离子交换树脂吸附提碘。

因为实现分离富集的技术手段多种多样,学生具有分析相关问题的思路和方法后,就不会陷入对具体反应和流程的死记硬背。

再以下列试题为例:

向 100 g 水中不断加入固体 A 或改变温度,得到相应的溶液 ①—⑤。下列说法正确的是()。



资料: A 的溶解度

温度/ $^{\circ}\text{C}$	20	30	40	50	60
溶解度/g	37.2	41.4	45.8	50.4	55.2

- A. ②中 A 的质量分数最大
- B. ③⑤中 A 的质量分数相等
- C. ②④⑤的溶液为饱和溶液
- D. ①③④⑤中没有固体存在

很多教师在教学中带领学生逐一计算溶液 ①—⑤中溶质的质量及这些溶液的质量分数,然后与溶解度数据表中的数值进行比较分析。学生需要花费很长时间进行计算处理,容易因为计算和比对的数据多而出现混乱。其实,该题无须进行烦琐的计算,仅需要简单地把数据转化为图 3 的曲线,并在图上标出溶液 ①—⑤的位置,各溶液质量分数的大小就一目了然了。

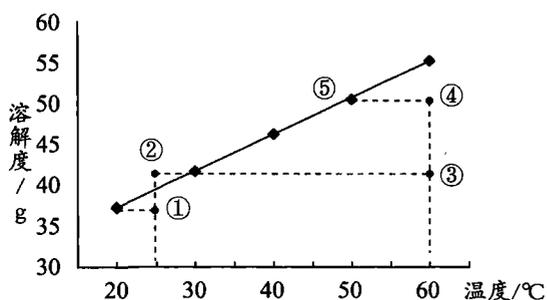


图 3 固体 A 的溶解度曲线

将数据表转化成图像是学生应掌握的分析 and 处理数据的重要方法,因为图像能更加直观、清晰地展现数据之间的关系,呈现变化的规律和趋势。尽管教材中有相关的任务要求,但如果教师没有让学生运用该方法处理问题,学生就不能将这种方法内化为行动的自觉,从而影响学科能力

的形成。

(四) 实践化、阶梯化和整体化的培养路径

人的能力发展是由简单到复杂逐渐进阶的,因此要基于学生的能力基础设置阶梯化的能力发展目标。例如,学生在初始阶段学习如何利用可视化模型表征分子结构,在球棍分子模型基础上学习分子的键线式模型、化学键模型等,在更高阶段学习构建化学反应的平衡常数表达式这样的数学模型,从而形成模型表征能力的学习进阶。

化学表征能力、实验与探究能力等化学关键能力有各自的培养手段,但在课堂教学实施中要对这些关键能力进行整体化设计,既要考虑某一关键能力的发展,又要基于单元主题把各能力进行融合化的整体设计。在教学实施中,还要融入表现性评价和过程性评价,通过学生对问题的分析、探究的设计、作品的展示等多种活动表现来评价和促进学习,通过教、学、评一体来促进学生化学关键能力的发展。

“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行。”知识的理解、技能的掌握、情感的培养和能力的发展都要基于学习者的经验而达成。“没有任何观点可以作为观点从一个人传授给另一个人。当观点讲出来的时候,对讲述的对象来说,它将是一个给定的事实,而不是一个观点。观点需要通过操作行为加以检验。”^[22]

要通过做需要运用化学学科关键能力的事情来发展化学学科关键能力,即采用实践化的培养路径。正如《意见》所要求的,要开展基于情境、问题导向的互动式、启发式、探究式、体验式等课堂教学,以及课题研究、项目设计、研究性学习等跨学科综合性教学。^[1]

综上所述,在明确关键能力要素和整体目标的基础上,要基于学生认知基础确定教学目标,设计真实问题情境下的教、学、评一体化的学习活动,让学生在不断丰富的、系统的实践活动中积累经验,习得知识、技能和情感态度价值观,并把知识与技能结构化和方法化,逐步形成作用于实践的学科关键能力。

(五) 提升教师学科素养和教学能力

教师的学科素养和教学能力对学生化学关键能力的培养起着至关重要的作用。正如《课标》指出的,“开展基于学生化学学科核心素养的课

堂教学,对化学教师的专业素养提出了更高的要求,要求教师进一步增进化学学科理解。化学学科理解是指教师对化学学科知识及其思维方式和方法的一种本原性、结构化的认识,它不只是对化学知识的理解,还包括对具有化学学科特征的思维方式和方法的理解”^[2]。

以“电解池”教学(图4)为例,某教师把电解池概念教学的重点定为构建电解池思维模型,发展学生的模型认知素养。学生经历学习后掌握的是分析电解问题的思路和方法(电解池中离子的运动方向、电极反应、离子的放电顺序等),这些对解题是有用的。但学生没有从更高层面认识电解池——对于非自发的氧化还原反应,可以借助电能使反应发生;电解法是强有力的氧化还原手段,是人类利用科学原理与技术来制备化学物质的手段。电解既涉及电能转化为化学能的问题,也涉及通过外界能量促使非自发化学反应得以发生的问题,这样的认识是具有迁移价值的,如迁移到利用光能促使非自发氧化还原反应的发生。因此,该教学内容不仅能培养学生的模型认知素养,还是促进“变化观念与平衡思想”素养发展的良好契机。

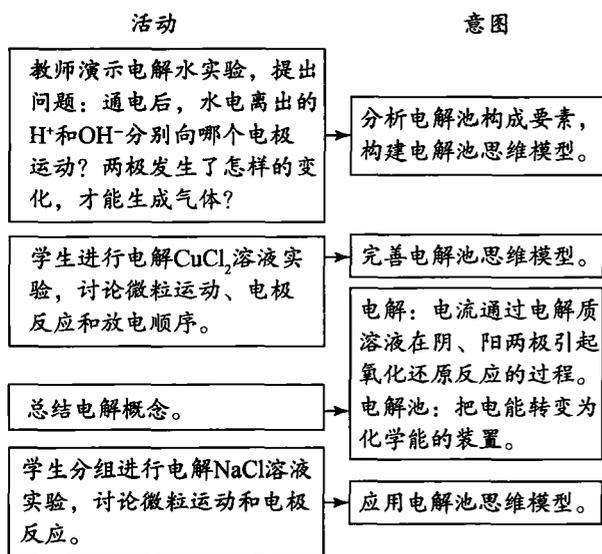


图4 “电解池”概念教学

上述案例说明教师需要透彻理解化学学科内容,整体把握学科内容和学生化学关键能力的发展。从教学方法层面来看,将电解池思维模型作为认识和分析电解池装置和原理的工具是比较好的学习策略,但教学中教师带领学生认识和应用

的是教师给定的电解池思维模型,并没有以学生为主体,由学生自己加工、提炼、组织核心知识和方法,构建出符合自己思维特点的电解池思维模型,因此,教师培养学生模型认知素养的教学方法还有待提高。

由此延伸开来,教师须加强对证据推理与模型认知、科学探究与创新意识等素养内涵的理解。例如,一些教师将模型认知素养目标泛化,把实验装置图、工业流程图、科学探究流程图和解题思路图等都称为思维模型,并将其作为重点来发展学生的模型认知素养,这种泛化存在着影响学生对科学模型和模型方法的认知的风险。科学上的模型方法是研究复杂或未知事物及过程的科学方法,科学模型用于构建解释和预测,与车模、飞机模型是不同的。一个新的科学模型的建立可以推动人们对科学和技术认识的深入,反过来,科学和技术的发展也推动科学模型的修正和发展。在化学教学中,一方面要让学生认识已有的物质结构模型、化学反应理论模型等,建构相应的认知模型并运用模型解释化学现象;另一方面还要让学生掌握模型方法,对复杂的化学问题情境中的关键要素进行分析以建构相应的模型,揭示现象的本质和规律,改进和优化模型。^[2]后者是对学生素养水平的高要求,更是对教师素养水平的高要求。

总之,指向化学学科关键能力的教学对教师的学科素养、科学探究能力、创新能力、课程开发能力、学生研究能力、教学实施能力等方面都提出了更高的要求。教师要反思当前课程和教学方式与学生关键能力发展不相适应之处,反思自身专业素养与学生关键能力发展不相适应之处,努力学习、研究、实践,为落实关键能力培养做出贡献。

参考文献:

- [1] 国务院办公厅. 关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见 [EB/OL]. (2019-06-19) [2019-06-26]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-06/19/content_5401568.htm.
- [2] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版) [S]. 北京:人民教育出版社,2018.
- [3] 徐朔.“关键能力”培养理念在德国的起源和发展 [J]. 外国教育研究,2006(6):66-69.

- [4] 裴新宁, 刘新阳. 为 21 世纪重建教育——欧盟“核心素养”框架的确定 [J]. 全球教育展望, 2013 (12): 89-98.
- [5] 钟启泉. “核心素养”的国际潮流 [N]. 中国教育报, 2016-10-26 (5).
- [6] 诸佳丹, 周佳伟. 爱尔兰基于关键能力的初中科学课程改革 [J]. 课程教学研究, 2018 (9): 40-46.
- [7] 王玉芝, 石瑒, 张洲, 等. 芬兰基础教育阶段教师的培养及课程改革 [J]. 中学化学教学参考, 2017 (21): 67-70.
- [8] OECD. PISA 2009 Assessment Framework Key Competencies in Reading, Mathematics and Science [M]. OECD Publishing, 2010: 127-147.
- [9] 林崇德. 构建中国化的学生发展核心素养 [J]. 北京师范大学学报 (社会科学版), 2017 (1): 66-73.
- [10] 杨季冬, 王后雄. 高中化学关键能力的内涵及构成要素研究 [J]. 化学教学, 2019 (4): 3-6.
- [11] 杨玉琴. 化学学科能力建构的基本问题探讨 [J]. 化学教育, 2016 (1): 1-6.
- [12] 陆军. 高中学生化学学科能力的要素及培养策略 [J]. 教学与管理, 2014 (28): 51-53.
- [13] 王磊, 支瑶. 化学学科能力及其表现研究 [J]. 教育学报, 2016 (4): 46-56.
- [14] 杜彦, 赵广宇. 探寻酵母菌在发面中呼吸的奥秘——高中生物《探索酵母菌细胞呼吸方式》教学实录与导引 [J]. 教育科学论坛, 2012 (8): 33-36.
- [15] 林崇德. 论学科能力的建构 [J]. 北京师范大学学报 (社会科学版), 1997 (1): 5-12.
- [16] 余文森. 核心素养导向的课堂教学 [M]. 上海: 上海教育出版社, 2017: 56.
- [17] 房喻, 徐端钧. 普通高中化学课程标准 (2017 年版) 解读 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2018: 97-111.
- [18] 韦钰. 以大概念的理念进行科学教育 [J]. 人民教育, 2016 (1): 41-45.
- [19] 王宝斌. 深度学习: 化学核心素养培养的关键 [J]. 教育研究与评论 (中学教育教学), 2016 (7): 47-51.
- [20] 罗伯特·L. 索尔所, M. 金伯利·麦克林, 奥托·H. 麦克林. 认知心理学 (第 7 版) [M]. 邵志芳, 等, 译. 上海: 上海人民出版社, 2008: 225-230.
- [21] 约翰·D. 布兰思福特, 等. 人是如何学习的 [M]. 程可拉, 等, 译. 上海: 华东师范大学出版社, 2013: 33-57.
- [22] Dewey J. Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education [M] // 格兰特·威金斯, 杰伊·麦克泰格. 追求理解的教学设计. 上海: 华东师范大学出版社, 2017: 255.
- [23] 陈彩虹, 赵琴, 汪茂华, 等. 基于核心素养的单元教学设计——全国第十届有效教学理论与实践研讨会综述 [J]. 全球教育展望, 2016 (1): 121-128.

(责任编辑: 郭晨跃)

The Cultivation of Chemistry Key Competencies from the Perspective of Teaching

Zhou Yuzhi

(Department of Chemistry, Beijing Institute of Education, Beijing 100044, China)

Abstract: It is a new requirement to reform chemical education in middle schools in order to foster students' correct values, essential characters and key competencies which meet the needs of student's lifelong development and social development. Based on the nature of chemistry curriculum, key tasks of chemistry and the existed research, the paper proposed the connotation of middle school students' chemistry key competencies which can be summarized as four aspects: the ability of chemical representation, the ability of experiment and scientific inquiry, the ability of generalizing and applying chemical ideas and methods, and the ability of evidence-based reasoning. Teaching strategies and a teaching pattern were introduced with teaching examples.

Key words: chemistry key competencies; teaching strategy; teaching pattern; teacher's professional literacy

优质课例

“洗涤的学问”项目式教学*

周玉芝**

(北京教育学院化学系 北京 100120)

摘要 “洗涤的学问”是与学生日常生活和化学紧密相关的主题。开发了与初、高中化学课程标准紧密联系的学习任务,帮助学生更好地理解洗涤剂去污原理,建构“结构决定性质”观念,并拓展关于洗涤学问的视野,增强分析和处理身边事物的能力。

关键词 洗涤剂 项目教学 去污原理 干洗原理 科学探究

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2019050226

1 项目主题分析

洗涤相关知识在初、高中化学课程标准中均有要求。初中化学课程标准主要涉及洗涤剂的乳化作用以及水、酒精、汽油等是常见的溶剂^[1];高中化学课程标准主要涉及油脂的皂化反应、物质的极性^[2]。洗涤知识也与表面张力、酶的催化等知识相关联。

笔者认为初中学段的洗涤的学问教学,首要的是让学生认识生活中常用洗涤剂之所以能去除油污是因为含有表面活性剂,表面活性剂分子的特殊结构决定了它可以去除油污,帮助学生初步奠定“结构决定性质”的化学核心观念。以上既是落实化学课程标准的要求^[2],也是培养认识问题的化学视角。

在初三化学教学中,常有这样的思考题:洗涤剂去污原理是什么?学生虽然能够答出“乳化”2个字,但并不理解乳化怎么就去污了。还有这样的问题:修理汽车的工人手上沾满油污时,他常用汽油洗去手上的油污,汽油去油污的原理是什么?由于多数学生并没有见过这样的洗涤场景,所以他们多是以记忆的方式记住汽油去污的原理。本项目教学中学生将在洗涤的情境下认识洗涤剂的乳化作用和有机溶剂的溶解作用,知其然更知其所以然。

项目教学能够使学生经历成果导向下的综合任务完成过程^[3],这个过程既是聚焦的——聚焦于核心知识和教学重点,也是拓展的——拓展知识的广度和深度,为后续学习和发展奠定基础。洗涤的学问项目除了聚焦洗涤剂去污原理,奠定“结构决定性质”化学观念这一重点外,还有认识酶的作用、干洗原理、制备洗涤剂、洗涤剂工业以及创新思

维,促进建立知识广泛的意义联结、拓展视野、培养创新意识和社会责任。

2 项目教学目标

学生通过探究活动认识常见洗涤剂的去污原理,了解表面活性剂分子结构与洗涤的关系,加深对物质的溶解是有条件的认识,感受酶在洗涤方面的应用,奠定深入学习相关内容的知识基础,同时培养科学探究能力和创新意识。具体的教学目标如下:

(1) 通过探究了解肥皂、洗衣粉、洗涤剂^[1]等洗涤剂能够去除油污的原因,初步建立物质结构决定物质性质的认识。

(2) 感受酶在洗涤方面的应用,培养跨学科联系。

(3) 通过探究了解干洗的原理,认识物质的溶解是有条件的。

(4) 在活动中培养提出科学问题、获取信息和基于证据进行解释等科学探究能力。

(5) 通过应用所学制备产品和科技阅读,激发学习动力,培养社会责任和创新意识。

3 项目任务及教学流程

基于教学目标,项目由常用洗涤剂大比拼、探究洗涤剂去污原理、制作洗手液、探究加酶洗衣液奥秘、了解干洗、科技阅读等6项相关任务组成。任务活动与设计意图见图1。

4 项目实施过程及学生学习成果

4.1 基于生活实践发现问题

洗涤是学生生活中必不可少的活动。教师首先创设问题情境:洗涤是我们日常生活中不可或缺的事情。洗手、洗脸、洗澡、洗衣、洗碗,这些活动都是在洗涤。如何把衣服上的油污洗干净?

*北京市教育科学规划重点课题“基于科学实践和核心概念改进初中科学类学科教学的实践研究”(ABA15012)

**通信联系人, E-mail: zhou1199@163.com



Fig 1 Teaching flow chart for the project “knowledge of washing”

图1 洗涤的学问教学流程

在此问题情境下,学生进行常用洗涤剂“大比拼”的活动:将一块有油污的布用剪刀剪出大小相同的5块;将5块布片分别放入塑料盆,并向盆中各加一定量的水;第1块布片仅用清水洗,其余的布片分别借助肥皂、洗衣粉、洗涤剂、洗衣液来洗。学生进行洗涤操作并记录去污效果(表1)。

表1 洗涤效果记录单

Table 1 The record sheet of washing results

样品+	去污效果
水	仍有油渍
水+肥皂	完全洗净
水+洗衣粉	完全洗净
水+洗衣液	完全洗净
水+洗涤剂	完全洗净

在实验基础上学生回答以下2个问题:

你的发现: _____

基于实验,你有什么问题要提出吗? _____

以上2个问题促进学生基于实验现象寻找规律,进而提出科学探究问题。学生能够总结出这些洗涤剂具有共性——去除油污,进而提出探究问题——为什么这些洗涤剂可以去除油污,而仅用清水不能?

4.2 基于对比实验认识洗涤剂的作用

为了认识洗涤剂去污原理,学生做了2组对比

实验。

对比实验1:在清水和含洗涤剂水中各放几根棉线,观察现象。

学生发现棉线在有洗涤剂的水中迅速下沉,而在清水中棉线却是浮在水面上(图2)。通过思考和讨论,学生认识到棉线之所以在有洗涤剂的水中迅速下沉是因为水的表面张力下降及棉线迅速吸水导致的,即棉线在有洗涤剂的水中更容易被浸湿。



注:左为含洗涤剂的水,右为清水

Fig 2 Comparative experiment between cotton thread in clean water and in detergent-containing water

图2 棉线投入清水和含洗涤剂水中的对比实验

对比实验2:在2个小烧杯中分别放入一定量的水和几滴植物油,观察现象;用玻璃棒搅拌,静置后再次观察现象;在第2个小烧杯中倒入少许洗涤剂,搅拌后静置几分钟,观察现象。

通过对比实验2,学生发现大片的油在清水中被打破后还会聚集在一起,而在洗涤剂存在的情况

下油在水中经搅拌成为极细小油滴, 这些小油滴不再聚集为整片的油, 整个混合液也变得浑浊。

4.3 借助模型和图画认识洗涤原理

师: 在实验 2 中, 将油加入水中, 用玻璃棒搅拌后, 油虽然被打散成小油滴, 但静置后小油滴又聚集在一起, 而且与水呈现分层状态。但是, 加入洗涤剂的烧杯中, 小油滴稳定地分散在水中, 混合物看起来呈现乳白色, 我们把这种油被分散在水中形成乳浊液的过程叫乳化。

为什么洗涤剂能促使植物油在水中乳化? 这就需要了解肥皂、洗衣粉和洗涤剂中所含有的关键物质——表面活性剂。

表面活性剂是一类能够显著降低水的表面张力的物质。在实验 1 中, 大家看到有洗涤剂存在的情况下水的表面张力显著降低, 水分子更容易进入织物之中, 棉线迅速吸水。

表面活性剂的分子结构非常特殊, 它既具有亲油端, 还具有亲水端。如图 3 所示的肥皂中的表面活性剂——十八酸钠, 较长一端具有亲油特性, 而另一端却相反, 具有亲水特性。

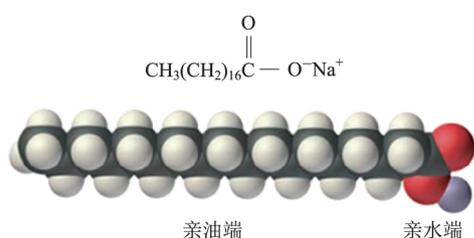


Fig 3 Surfactant in soap: sodium octadecanoate

图 3 肥皂中的表面活性剂: 十八酸钠^[4]

洗衣粉中常用的表面活性剂是十二烷基苯磺酸钠, 它同样既具有亲油端也具有亲水端, 如图 4 所示:

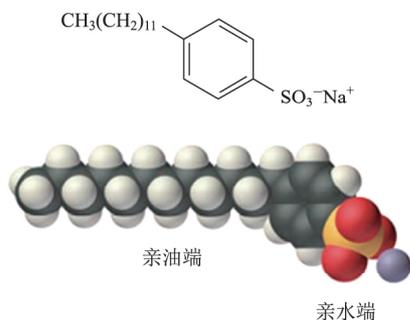


Fig 4 Surfactant in laundry powder: Sodium dodecyl benzene sulfonate

图 4 洗衣粉中的表面活性剂: 十二烷基苯磺酸钠^[4]

在洗涤时, 表面活性剂分子的亲油端牢牢地吸附于织物的油污上, 而表面活性剂分子的亲水端则力图将吸附油污拉离织物进入水中。在搅拌或外力

搓擦的协助下, 油污离开织物, 并被一个个表面活性剂分子包围起来, 游荡于水中形成相对稳定的乳浊液, 不会再返回织物纤维上 (如图 5 所示)^[5]。所以, 我们会说洗涤剂的去污原理是乳化。

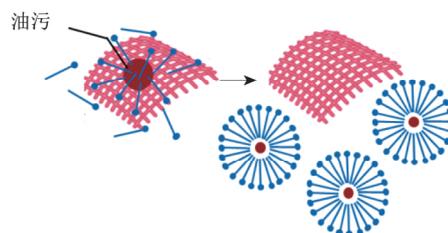


Fig 5 The role of surfactants in washing process

图 5 洗涤过程中表面活性剂的作用

4.4 制作产品、学以致用

学生以小组为单位讨论洗手液的配方, 交流及评价洗手液配方设计。在教师指导下自制洗手液, 并测试洗手液的 pH 和去污效果。基于学生在该任务中是否主动寻找表面活性剂作为配方成分来评价其是否掌握了前面洗涤剂的去污原理。

4.5 跨学科联系

加酶洗衣液也是日常生活中常用的洗涤剂, 学生已经知道了洗涤剂的去污原理, 那么洗衣液里面为什么还要加酶呢? 带着这样的问题, 学生通过以下对比实验探究加酶洗衣液与普通洗衣液的区别:

① 2 个小试管中分别加 2 匙淀粉和一些水, 然后分别加 2 mL 加酶洗衣液和 2 mL 普通洗衣液, 搅拌 3 min。

② 2 个试管中分别滴加 3 滴碘酒, 搅拌。

学生发现在含有加酶洗衣液的淀粉中加入碘酒不变色, 而在加入普通洗衣液的淀粉中加入碘酒后混合物变成蓝色 (图 6)。



注: 左为加酶洗衣液+淀粉+碘酒, 右为普通洗衣液+淀粉+碘酒

Fig 6 Comparative experiment between enzyme-added laundry detergent and ordinary laundry detergent

图 6 加酶洗衣液和普通洗衣液的对比实验

为了培养学生利用资料获取有用信息作为证据构建解释的能力, 教师提供了以下资料, 让学生根据已有研究资料提出对实验现象的解释。资料如

下:

- 淀粉与碘溶液接触后可以显蓝色,这是检验碘或淀粉的灵敏方法。一般认为是由于直链淀粉分子具有螺旋状的卷曲结构,碘分子能进入淀粉分子的螺旋内部,形成淀粉-碘的复合物而显示颜色。

- 淀粉在酶的催化作用下可进行水解。淀粉的水解过程是由大分子链逐渐断裂变小,最后分解生成葡萄糖。

通过实验和资料,学生认识到含有加酶洗衣液的淀粉中加入碘酒不变色,是因为酶催化淀粉分解,淀粉变成了葡萄糖,所以加入碘酒不变色。

教师告诉学生,很多污渍的成分是淀粉和蛋白质这样的大分子物质,酶可以促进这些大分子物质分解,这样酶的加入就有利于去除这些污渍。

这个活动拓展了学生对去污原理的认识,也把化学学习和生物学习联系在一起,增加学生跨学科认识问题的能力。

4.6 了解干洗

教师:前面所认识的洗涤原理是基于水洗,在我们日常生活中还有一种叫做干洗的洗涤方式,大家知道什么是干洗吗?

在分享对干洗的已有认知后,学生阅读以下信息并交流对干洗原理的认识:

与日常水洗类似,衣物的干洗也大致分为3步:将衣物浸泡于溶剂中,通过滚搅使污渍与溶剂充分接触,并被带离织物;离心以及加热去除织物上的干洗剂。

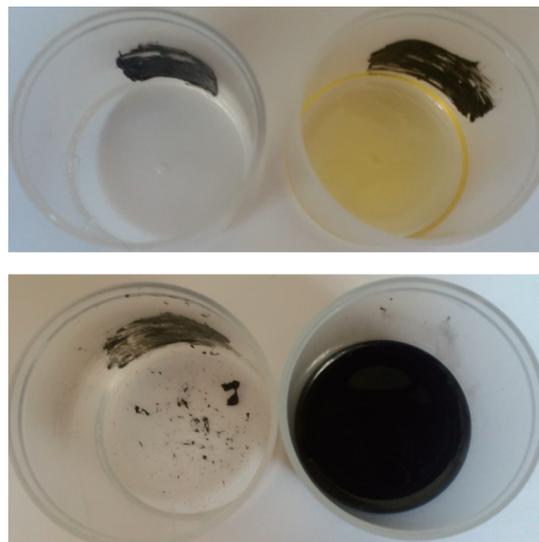
教师:有的学生认为干洗的原理是溶解作用,有的学生对此有些困惑,下面请大家通过实验来体会干洗的原理:

在2个杯壁沾上了油污的塑料杯中分别加入了等体积的含洗涤剂的水和植物油,请学生借助搅拌棒用洗涤剂水和植物油去除杯壁上的油污,洗涤时间均为1 min。(注:杯壁上涂的是比较难以清洗的印刷用油墨)

学生:通过实验(图7)发现用洗涤水比较难以把塑料杯壁上的油污去除干净,但用植物油则比较轻松地去除了黑色的油污,能够看到黑色的油污溶解到了植物油里。

教师:分析得很好!同一物质在不同溶剂中的溶解性是不同的。油污不溶于水,但是能够溶解在植物油、汽油等有机溶剂中。化学上把这种性质称为“相似相溶”,大家到高中会继续学习相关原理。

干洗就是用有机溶剂代替水来清洁织物。像血



注:上图为洗涤前照片,其中左杯中为洗涤水,右杯中为植物油;
下图为洗涤后照片

Fig 7 The experience of dry-cleaning

图7 体验“干洗”

渍、奶渍、油污等易溶于有机溶剂,通过有机溶剂来清洁这类物质不仅更加容易,还可以避免水洗造成的衣服缩水问题。

请大家阅读下面关于干洗的资料,交流阅读后的感想:

选择干洗剂的关键指标是对脂溶性物质的溶解能力、对纤维和色度的损伤度以及它的杀菌能力;另外还要考虑干洗剂的成本、毒性等因素。最早实验的干洗剂有煤油、汽油及苯酚等。因它们易燃易爆,且苯及其衍生物有致癌作用,这些干洗剂逐渐被淘汰。目前干洗业广泛使用的干洗剂是四氯乙烯,它是一种脱脂能力强的溶剂,但仍具有一定的毒性。干洗业期盼更加环保、无毒和低成本的干洗剂早日诞生!

学生讨论了干洗的利与弊,很多学生希望多掌握些化学知识,从而研发出绿色的干洗剂。

4.7 科技阅读

学生阅读“会漂浮的肥皂”和“洗涤剂的历史”2份资料,交流获得的关键信息和感想。下面是“会漂浮的肥皂”阅读材料^[6]:

1879年以前,美国宝洁公司最主要的收入来自蜡烛,但是自从爱迪生发明了电灯后,蜡烛的需求量大大减少,公司的营业额锐减,面临着破产的危机。于是公司推出了新产品——白肥皂,但当时肥皂厂很多,竞争非常激烈,宝洁公司无法赢得客户,一筹莫展。

正在前途日渐渺茫的时候,一件意外的事情发

生了。在辛辛那提的一个车间里,有个粗心的员工午休前忘了关掉肥皂原料中的搅拌器,等他吃完饭回来时,发现配料中混进了过多的空气,做出的肥皂个个都膨胀起来。由于这个失误,整罐昂贵的化工原料都得报废,这对当时的宝洁来说可谓雪上加霜。

看着一块块膨胀得像蛋糕似的肥皂,工厂的负责人陷入了沉思。突然他眼前浮现出俄亥俄河畔常见的洗衣妇在河里寻找滑落肥皂的景象,灵感的火花迸发了。他在洗手池里放满水,把一块圆鼓鼓的肥皂放进水中,不出所料,肥皂果然浮了起来!负责人的脸上露出了微笑。“继续生产。告诉零售商,我们又推出了新产品——漂浮的肥皂!”

漂浮的肥皂刚面市,立刻成了杂货店里最抢手的商品。原来,很多辛辛那提居民在俄亥俄河里洗衣、洗澡,他们的肥皂经常会滑进水里。普通肥皂一旦掉进河里就很难找到。漂浮的肥皂不会沉底,掉进水里很容易就能捡回来,因此备受青睐,供不应求。

这个发明故事让学生认识到创新并非高不可攀,关键是要有创新思维,遇到问题要能转换思维,多角度思考,培养学生的创新意识。

“洗涤剂的历史”(略)给学生介绍了最早的洗涤剂——肥皂的来历,介绍了现代合成洗涤剂的发明以及现代洗涤剂工业,既拓展学生的科技视野,也了解日用化学工业,认识化学在满足人类日益增长的美好生活需要的贡献,培养科学态度和社会责任。

5 项目教学反思

5.1 以学科大概念为核心,培养化学学科核心素养

通过实践探索、实验探究和理论分析等活动,引导学生认识洗涤剂之所以能够去污是因为洗涤剂中含有关键物质——表面活性剂,表面活性剂具有特殊结构,这种结构决定表面活性剂具有了去除油污的性质。

在教学中教师有意给出肥皂中的表面活性剂十八酸钠和洗衣粉中的表面活性剂十二烷基苯磺酸钠2种不同的表面活性剂分子模型。尽管学生还不能理解这2种分子,但通过观察能够发现它们是不同的分子,并且存在共性——既具有亲油端也具有亲水端,建立表面活性剂分子的结构与去油污能力之间的联系,初步形成结构决定性质的化学观念。

科学核心观念教育是发展学生核心素养的必要途径^[7],以上教学过程既培养模型认知的化学学科素养,也培养学生从化学视角认识物质的性质,建

立结构决定性质的学科观念,发展宏观辨识与微观探析的化学学科核心素养。

5.2 在实践活动中发展科学探究能力

教学中有意通过问题和任务设计来发展学生的科学探究能力。例如,常用洗涤剂“大比拼”的活动中进行了变量的控制:有油污的布相同,用洗涤剂洗和仅用清水洗的对照。学生记录实验数据后,通过“你的发现”和“基于实验,你有什么问题要提出吗”2个问题促进学生总结实验发现、主动思考、积极提问。

再如,在加酶洗衣液探究活动中,教师没有帮助学生分析解释实验现象,而是提供科学文献,让学生通过文献自己构建对实验现象的解释。该活动就是为了培养学生利用资料获取有用信息作为证据构建解释的能力。

5.3 以洗涤为情境,促进综合化的有意义学习

《国务院关于深化教育教学改革全面提高义务教育质量的意见》要求“探索基于学科的课程综合化教学^[8]”,“洗涤的学问”项目除探究洗涤剂去污原理这一教学重点外,还将乳化,水、酒精、汽油等是常见的溶剂,酶的催化等国家课程标准要求的学习内容以及科技阅读、创新意识培养等在洗涤的情境下进行了综合化教学,促进有意义学习和构建知识广泛联结。

“洗涤的学问”课程还可增加其他内容,例如玻璃仪器的洗涤,既能够应用洗涤原理,也培养了化学基本实验技能;项目可以延续到高中,如自制肥皂和为什么可以利用纯碱去除油污等,促进皂化反应的学习。

实践活动也是由简单发展到综合。学生首先经历常用洗涤剂“大比拼”、探究洗涤剂去污原理等简单实践活动,这些简单实践活动的指向主要是学习建构,即认识洗涤剂去污是因为成分中的表面活性剂,认识结构决定性质。

为了更充分、深入地发展学生的学科核心素养,设计了自制洗手液的综合实践活动。学生在该活动中要应用前面所学习知识去查阅资料,选择合适的表面活性剂,在确定洗手液配方时要综合考虑所用表面活性剂的酸碱性、溶解性、色泽、气味等实际问题,还要综合考虑洗手液的黏稠、香型、润肤剂的添加等产品问题。制出产品后还要从去污效果、pH、外观等对洗手液的性能进行测试。该综合实践培养了学生应用所学知识分析和处理真实问题的能力,也培养了科学探究与创新意识、科学态

度与社会责任素养。

5.4 渗透劳动教育

《国务院关于深化教育教学改革全面提高义务教育质量的意见》中指出^[8],要充分发挥劳动综合育人功能,加强学生生活实践,要给孩子安排力所能及的家务劳动。在常用洗涤剂“大比拼”活动中鼓励学生把有油污的布清洗干净,对于洗得又好又快的学生不仅口头表扬,还奖励一块小香皂,鼓励其爱劳动、会劳动。教学中发现一些学生因他们日常很少亲自动手洗衣服而不太会洗衣服的操作,教师耐心给予示范和帮助,使这些学生也能够比较迅速地把有油污的布洗涤干净,提升了他们的劳动技能。课后有家长反馈,孩子回家后主动洗自己的衣物,一边洗一边给家长讲洗涤的原理。

“通过思维和体力劳动的结合,双手的精确动作在实现着同样精确的设想,就使少年们变成聪明的思考者”^[9],洗涤的过程中也是刺激学生思考的过程。例如,有学生发现用洗衣粉洗涤的时候有发热的感觉,他们思考洗衣粉的成分有什么特殊性。再如,通过自制洗手液,学生感慨一瓶在市面上常见的洗涤产品,里面竟然有那么多的奥秘。不仅有表面活性剂,还加入了色素、香精和保湿剂等,让人们在使用洗涤产品时更加舒适,进而表示将来自己在设计产品的时候也要有人性化的考虑。这些体验和领悟是书本和灌输所不能给予的。

5.5 学生能够将所学进行一定的迁移

项目学习能够促进学生对核心知识的理解,促进认识发展和提升迁移能力^[10]。教学实施后通过“洗发香波与洗涤灵的成分是否有某种关联?如果有,关联点是什么?牙膏的成分是否与洗涤灵的成分有某种关联?如果有,关联点是什么?”等问题,

调查学生是否掌握洗涤的原理。在回收的70份有效问卷中,100%的学生回答有关联,在关联点中都提到了会有表面活性剂这种去污成分。而对比班教师在进行“洗涤的学问”教学中尽管也给学生讲授了洗涤剂去污是因为里面含有表面活性剂,但没有通过活动让学生深入认识为什么表面活性剂能去污,学生在回答“洗发香波与洗涤灵的成分是否有某种关联时,80%的学生认为没有关联,因为它们分别是洗发水和洗碗的;对于“牙膏的成分是否会与洗涤灵的成分有某种关联,65%的学生回答没有关联或不知道,35%的学生回答关联点为都有泡沫、都含有软化水,说明这些学生并没有深入认识洗涤原理。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国教育部. 义务教育化学课程标准(2011年版). 北京: 北京师范大学出版社, 2012: 19-20
- [2] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017年版). 北京: 人民教育出版社, 2018: 39-49
- [3] 陈颖, 王磊, 徐敏, 等. 化学教育(中英文), 2018, 39(19): 8-14
- [4] Nivaldo J Tro. Chemistry in Focus: A molecular View of Our World. 3rd ed. Boston, MA.: Cengage Learning, 2006: 428-430
- [5] Spencer L S, Michael R S. Introductory Chemistry for Today. 7th ed. Boston, MA.: Cengage Learning, 2010: 229
- [6] 王悦. 城乡致富, 2008(4): 26
- [7] 朱玉军, 王香凤. 化学教学, 2017(8): 10-14
- [8] 《关于深化教育教学改革全面提高义务教育质量的意见》[EB/OL]. (2019-07-08) [2019-07-11]. http://www.gov.cn/zhengce/2019-07/08/content_5407361.htm
- [9] 苏霍姆林斯基. 给教师的建议. 杜殿坤, 编译. 北京: 教育科学出版社. 2018: 254
- [10] 宁燕丹, 王磊, 陈颖, 等. 化学教育(中英文), 2018, 39(19): 15-22

Project Teaching Case: Knowledge of Washing

ZHOU Yu-Zhi**

(Department of Chemistry, Beijing Institute of Education, Beijing 100120, China)

Abstract “Knowledge of washing” is a topic closely related to students’ daily life and chemistry. A series of learning tasks which are closely related to the chemistry curriculum standards of junior and senior high schools are developed. The project helps students understand the cleaning principle, constructing the chemistry idea and expanding the vision of washing. The project will enhance students’ ability to analyze and deal with things around them.

Keywords detergent; project teaching; decontamination principle; dry cleaning principle; scientific inquiry

基础教育阶段 STEM 教育的性质和路径*

周玉芝

(北京教育学院化学系,北京,100044)

摘要 基础教育阶段 STEM 教育是培养面向 21 世纪人才战略不可缺少的组成部分,是面向全体学生的基础教育。基础教育阶段 STEM 课程要基于国家课程标准,整体规划 STEM 素养的发展目标和学习进阶,在此基础上从分科和整合两个层面整体而有序地开展 STEM 教育。

关键词 STEM 教育 基础教育 跨学科 STEM 课程

STEM 教育是目前我国教育界的一个热词,这股热度可以从几方面感受到,一是近年来 STEM 教育研究论文的数量快速增长,二是全国成立了很多 STEM 教育研究机构,三是一些中小学开发和实践了很多 STEM 课程。然而有研究指出,由于对 STEM 教育理解的不同,STEM 教育的实施内容五花八门,不成系统^[1]。如对美国案例的简单复制,把一些简单的科技活动直接改头换面称为 STEM 课程^[2]。

对北京市 200 名中学教师所做的调查显示:87% 教师表示仅听说过 STEM 教育,但对此没有深入了解;一些教师认为 STEM 教育就是跨学科教育,与学校的综合实践课程或科技兴趣课程有关,而与各学科教师关系不大。正如有文献指出,目前在一些学校所进行的 STEM 教育探索具有边缘性的特征^[3-4]。这不由得让我们思考,STEM 教育在基础教育中到底应该具有什么性质?应该处于什么地位?

一、基础教育阶段 STEM 教育的性质

1. STEM 教育是培养 21 世纪人才的教育战略

众所周知,“STEM”一词来自英文 Science、Technology、Engineering 和 Mathematics 四个英语单词的首字母。STEM 教育缘于美国,是美国政府推动的旨在提高国民科技素养、保持其科技领先优势、增加具有 STEM 胜任力的劳动力数量的教育战略。

尽管美国政府文件中指出术语“STEM 教育”是科学、技术、工程和数学的教育^[5],但人们对什么是 STEM 教育的理解有很大不同。有学者把 STEM 教

育看作是一种跨学科教育方法,要通过工程设计方法,整合科学与数学知识以提升处理真实世界问题的技术和能力^[6];有学者将 STEM 教育理念概括为以数学为基础,通过工程解读科学和技术^[7]。

跨学科的确是 STEM 教育的重要特征,但如果我们仅把基础教育阶段 STEM 教育视为一种整合的教育方法以弥补分科教育的缺陷则比较难以改变其“边缘化”地位。笔者认为,STEM 教育是系统地培养人的科学素养、技术素养、工程素养和数学素养的教育,目的是帮助学生理解科学、技术、工程和数学学科的价值,掌握相关的学科知识与方法,培养在相关领域进行深入学习的兴趣和动力,发展系统思维、批判思维和创新思维,塑造面向未来的问题解决能力、创新能力和合作能力。

基础教育承担着为学生继续学习和发展奠定必要的知识基础、能力基础和素养基础的责任,在基础教育阶段开展 STEM 教育具有以下作用:

(1) 培养高阶思维

通过 STEM 课程,学生要学习科学探究和工程设计的方法,在这个过程中学习基于证据的推理、批判性思考以及考虑各种条件的系统设计,能够提高学生面对复杂问题的分析与解决能力。这些能力是学生未来不论从事任何职业都需要的。

(2) 增强社会责任感

通过 STEM 课程,学生会了解真实社会中的健康、环境、经济等方面的问题,他们会认识到科学、技术、数学和工程对这些问题解决的贡献,他们有责任运用自己的所学去解决更多的问题,从而增强

* 该文为北京市教育科学规划重点课题“基于科学实践和核心概念改进初中科学类学科教学的实践研究”(ABA15012)的研究成果

社会责任感。

(3)激发学习兴趣

STEM 课程会为学生提供更多动手实践的机会,有利于改变目前缺乏动手实践、死记硬背和“刷题”应试的学习现状,能够让学生在真实的问题解决中深入理解重要的概念和原理,认识到学习这些知识的意义与价值,从而激发学习兴趣,奠定扎实的知识基础、能力基础和素养基础。

(4)增进对社会职业的了解

很多高中生对社会上的真实职业和专业缺乏了解,导致高考时不知道自己要选择什么专业。基础教育阶段的 STEM 教育给学生提供了了解不同行业的机会,增进了学生对社会职业的了解。

(5)发展团队合作与交流表达能力

STEM 课程中很多的项目需要学生小组共同完成,这会让他们学会如何分工与协作。STEM 课程还会为学生提供展示其成果的机会,提高学生的表达与交流能力。

2.基础教育阶段 STEM 教育面向全体学生

目前在我国一些中学开展的 STEM 课程多以校本选修、课外科技兴趣课程或作为综合实践活动课程的一部分来开展。由于课时、师资和硬件条件限制,这些 STEM 课程不是所有学生都能参与的。例如,北京某中学开展的一门具有 STEM 教育性质的选修课程,一学期只能收 20 名学生参加学习,其他学生即使想报名也因名额限制无法参加。还有学校把 STEM 教育与科技特长和科技比赛相关联,成为科技特长生的专属课程^[8]。

作为培养 21 世纪人才的 STEM 教育,其在基础教育阶段的实施要坚持基础性和面向所有学生的原则。基础教育阶段的 STEM 教育的目的不是要培养未来的科技精英,而是培养面向未来的具有决策力和适应力的未来社会的建设者,所以基础教育阶段的 STEM 教育是面向全体学生的基础教育。

二、基础教育阶段STEM教育的实施路径

1.分科课程中融入 STEM 教育

要落实面向全体学生的 STEM 教育,需要在国家课程层面制定相应的课程标准以及进行整体的课程规划。那么,STEM 是作为一门新的国家课程还是在现有的分科国家课程中融入 STEM 教育?笔者倾向于后者。

首先,用数学、科学、技术和工程于一体的综合化课程来完全取代分科的数学和科学教学尚不现

实,因为这样高度集成的课程对教师的要求极高,现有教师多难以胜任这样的教学。如果不考虑目前教师学科知识的现状而全面实施跨学科教学的话,反而不利于 STEM 教育。

第二,不同学科有不同的学科知识结构、学科实践和学科思维,分科与整合相结合的课程体系既能避免学生学到的是零散的知识碎片,也有利于帮助学生把握学科学习的意义与价值,促进知识的理解和迁移应用。

2.将工程与技术教育融入科学和数学教育之中

针对当前基础教育的现状,在明晰数学、科学、技术和工程的教育目标基础上,将技术、工程和数学教育融入科学教育以及将技术、工程和科学教育融入数学教育是实施 STEM 教育的一种比较可行的策略。这是因为在基础教育中已有数学课程和科学课程,缺乏的是工程和技术教育以及它们与科学和数学教育的融合。因此,在现有课程体系融入工程与技术教育相当于在原有课程基础上的调整和丰富,比较容易落实。

可能有人会担心这样实施有可能导致基础教育阶段的 STEM 教育演变为“SteM”教育,即科学和数学的教育比重高于工程和技术的教育比重。笔者认为这恰是基础教育阶段 STEM 教育应具有的特点,即在基础教育阶段的科学和数学的基础性地位更加突出,所占的教育比重更大,而到了高等教育阶段,则会在理工科专业教育中更加强化工程(E)和技术(T)的教育,这是工程和技术的应用性、综合性和实践性所决定的。

3.整体设计学科中和学科外的 STEM 教育

为了促进学生 STEM 素养的发展,不仅要在学科教学中融入 STEM 教育,还要通过更加综合的基于真实问题解决的跨学科教学,为学生提供更充分、更深入地发展其 STEM 素养的机会。学科中 STEM 教育(STEM in disciplines)和学科外整合 STEM 教育(integrated STEM besides disciplines)构成了促进学生 STEM 素养发展的递进关系(如图 1 所示)。

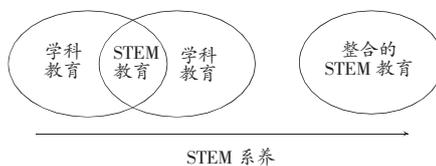


图 1 学科中的 STEM 教育和学科外的 STEM 教育 无论是学科中的 STEM 教育还是学科外的

STEM教育,都要以国家课程标准为依据,针对学生的经验基础与认知特点,按照素养发展规律整体规划STEM素养的学习进阶,循序渐进地促进学生STEM素养发展。

对于学科中的STEM教育,要以学科核心概念为教学内容的内在主线,融入科学以及工程的实践,同时联系技术和其他学科,帮助学生理解和掌握学科知识和学科思想方法,掌握科学实践和工程实践方法,发展学科素养和STEM素养。例如,在物理的“摩擦力”教学中,学生通过系列探究活动认识“改变接触面粗糙程度或正向压力可以改变摩擦力的大小”的学科核心概念,并联系背包带上的“日字扣”、罐头开瓶器、登高脚蹬等产品的设计,理解知识的应用,增强学习的使命感和社会责任感。

学科外整合化的STEM教育则要给学生创设基于真实以及更加综合的学习机会。例如,设计风力发电机的项目,学生首先绘制风能转化为电能的流程图,讨论风能是如何在不燃烧化石能源的情况下转化为电能的;接下来动手画出风力涡轮的设计图,讨论为什么风力涡轮机的叶片是细长的、叶片是用什么材料制成的等问题;学生用材料模拟制作风力涡轮装置,并进行测试和分析;基于风能的研究,学生还要拓展讨论风能、太阳能、水力发电、核能发电以及燃煤发电的利与弊,在地图上标出我国最适合发展风能、太阳能和水力发电的地方。通过以上这些学习活动,学生综合运用物理、数学、工程、技术、化学和地理等学科知识分析和解决问题,提高面对真实、复杂问题的分析和解决能力。

三、结语

基础教育阶段STEM教育是国家培养面向21世纪人才战略的不可缺少的组成部分,是面向全体学生的基础教育。数学、物理、化学、生物、地理、信息技术等学科教师都要思考如何优化课程和教学方法,以更好地培养学生的STEM素养。

笔者先后与北京市近百名中学教师一起进行了STEM教育理念下的教学案例开发和教学实践工作。实践表明,STEM课程在促进学科教学的同时,能够培养学生的问题解决能力和创新意识。

下面是一位学生学习了STEM课程“洗涤的学问”后的评语:

一瓶在市面上常见的洗涤产品,里面竟然有那么多的奥秘。加入了表面活性剂,能让物品上的油污更便捷地被洗去。为了让人们在使用洗涤产品时能够更加舒适,还加入了色素使颜色更鲜艳,加入香精使闻者舒心。现在很多产品都有着人性化设计,将来我们在设计产品时也要考虑到这些问题。

通过评语可以看到学生不仅认识了洗涤剂去污原理,还具有了学以致用思考。

图2是经过一年的教学实践后实验班和对比班学生对教学方式和教学效果的评价对比。

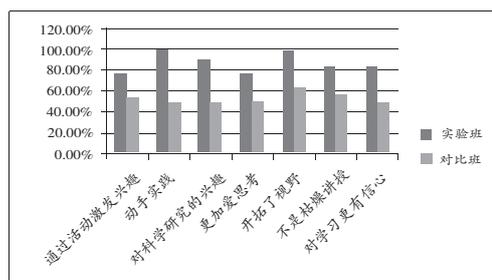


图2 实验班与对比班调查数据对比

由图2可以看到,实验班学生在是否增加了对科学探究及科学研究的兴趣、是否开拓了视野、是否对学习更有信心等项均高于对比班。

参考文献

- [1] 田慧生,王素,曹培杰,等.中国STEM教育白皮书发布:提高学科的本质认知和科学素养[N].中国教育报,2017-08-26.
- [2] 柏毅,叶耀,信疏桐,等.对STEM教育热潮的冷静分析与课程实施建议[J].基础教育参考,2018(05).
- [3] 吴俊杰.边缘革命:STEM教育的破局之路[J].中小学信息技术教育,2014(03).
- [4] 曾宁,张宝辉,王群利.近十年国内外STEM教育研究的对比分析[J].现代远距离教育,2018(05).
- [5] 赵建中选编.美国STEM教育政策进展[M].上海:上海科技教育出版社,2015.
- [6] Anne Jolly.STEM by design: strategies and activities for grades 4-8 [M].New York: Routledge,2016.
- [7] 赵慧臣,陆晓婷.开展STEAM教育提高学生创新能力——访美国STEAM教育知名学者格雷特·亚克门教授 [J]. 开放教育研究,2016,22(05).
- [8] 李晗.风口至,STEM教育能走多远?[J].经济,2017(22).

[作者:周玉芝(1968-),女,黑龙江绥化人,北京教育学院化学系,副教授,博士。]

【责任编辑 孙晓雯】

跨学科项目教学案例*

——魔力沙

周玉芝**

(北京教育学院化学系 北京 100120)

摘要 以魔术表演用的沙子为素材,开发了适用于高中选修课程“发展中的化学学科”的具有跨学科性的项目教学案例,该项目弱化理论分析环节后也可以用于初中科学实践活动课程。项目引导学生在更宽广的学科背景下认识物质及其变化的规律,帮助学生拓展视野和思路,综合运用化学、物理等学科的知识分析解决有关问题,发展“宏观辨识与微观探析”“科学探究与创新意识”“科学态度与社会责任”等化学学科核心素养。

关键词 项目教学 化学学科核心素养 跨学科 教学案例

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2019040006

由于我国中学课堂教学以分学科为主,学生缺乏跨学科能力培养和锻炼的机会,这对于提升学生的真实问题解决能力十分不利。因为真实、复杂的问题常常涉及多学科内容,需要人们创造性地综合应用所学知识去分析和解决这些问题。研究表明,如果把学习割裂开来,学生就经常不能理解各个学科领域是如何联系的;而跨学科学习可以帮助学生在不学生科领域之间形成有意义的联系,帮助学生建立高阶思维技能^[1]。

利用项目式学习,不仅可以促进学生学科素养的发展^[2-4],而且可以培养学生的跨学科能力^[5],这是因为项目式学习是一种以学生为主体,链接真实世界的事件,在一段时间内,团队共同解决一个复杂问题或完成一项综合性任务,学生经历全过程,通过亲身体验、深刻理解来获得核心素养发展的一种学习方式^[6]。由于项目式学习联系的是真实世界中复杂的且具有挑战性的问题,这就使得项目学习基于学科又超越学科,往往具有跨学科性^[6-9]。但是,对于化学学科专业出身的教师来说,开发具有跨学科性的学习项目是很大的挑战。本案例呈现了如何围绕一种具有一定神秘色彩的沙子来开发学习活动,让学生利用物理、化学等知识揭秘魔力沙的本质,将物理、化学、材料科学等领域知识有意义地联系起来,并让学生通过亲身体验提高分析和处理复杂的真实问题的能力。

1 项目主题的确立

研究表明,学生对科学的兴趣从小学到高中在不断降低。造成学习动机降低的可能原因是科学教学过程中过于强调书本的支配地位和对科学事实的

记忆。大多数学生渴望把学习科学作为一种因为兴趣而积极参与的过程来体验^[10]。因此,项目式学习设计的首要任务是针对学生的年龄特点、兴趣和爱好等,从学生的生活、环境和经验等方面寻找学生感兴趣的项目主题。

“魔力沙”的素材来源一种疏水性的沙子,把这种沙子放到水里,还能以干干的状态取出来,给人以打破常规认知的冲击。笔者在开发课程之初,将这种沙子给几位初中和高中学生玩,发现他们能聚精会神地玩很长时间,说明学生对此非常感兴趣。

基于魔力沙这一疏水材料,不仅可以让学生感受材料的神奇,还能够融入物理和化学学科内容的学习与理解,促进学生将书本知识与现实生活和科技发展联系起来,避免学生形成机械性知识——孤立的、不能运用的知识片断。

2 项目学习目标

对于“魔力沙”项目,以“魔力沙与普通沙子有什么不同?为什么会有不同?”为问题驱动,引导学生综合运用多学科知识揭秘“魔力沙”为什么具有“魔力”,在揭秘过程中亲历真实、复杂问题的分析与解决过程,培养科学探究能力,开拓视野,激发学习动力和创新意识等。具体项目学习目标如下:

(1) 通过活动探究,增进对水分子的性质、分子间作用力、物质的极性、表面张力等知识的理解与应用,能够依据所学知识和“结构决定性质,性质反映结构”的学科思想对身边的一些现象,如露滴的形状、玻璃上的水膜等进行解释。

* 北京市教育科学规划重点课题“基于科学实践和核心概念改进初中科学类学科教学的实践研究”(ABA15012)

** 通信联系人, E-mail: zhou1199@163.com

(2) 通过揭秘魔力沙和了解魔力沙的发明与应用,联系材料科学和环境科学,开拓视野、激发学生的学习动力和创新意识,提高面对真实复杂问题时分析和解决问题的能力,发展“宏观辨识与微观探析”“科学探究与创新意识”“科学态度与社会责任”等学科核心素养。

3 项目学习流程

项目学习从魔术视频引入,学生带着揭秘魔术的动力进行探究性学习。沿着学生探究的思路和进程,项目学习分为探索发现、提出问题、揭秘魔力沙的性质与构成、制备魔力沙、魔力沙应用、总结与交流等主要环节。项目学习流程见表 1。

表 1 “魔力沙”项目学习流程

Table 1 Project learning process of “magic sand”

环节	主要活动	驱动性问题	活动目标
引入	观看“水中分沙”魔术视频	—	了解魔力沙的“魔力”,刺激好奇心和探究欲
探索发现 提出问题	对魔力沙和普通沙进行观察和实验,发现 2 者性质的差异	魔力沙与普通沙子有什么不同?为什么会有不同	通过实践发现魔力沙与普通沙的不同,促进探究问题的提出
探究魔力沙的性质与构成	讨论研究思路与方法,确定以水在魔力沙和普通沙表面呈不同形状为研究问题的切入点		通过实验探究、理论分析和间接证据,联结物理、化学等学科知识认识身边物质的疏水性和亲水性,培养“结构决定性质,性质反映结构”的化学学科观念,发展“宏观辨识与微观探析”“科学探究与创新意识”的化学学科核心素养
	实验探究,认识物质的疏水性和亲水性		
	基于物质组成与结构的理论知识,分析魔力沙的可能成分		
	通过魔力沙“亲油”实验,确定魔力沙表面具有亲油疏水成分		
	基于荷叶自洁的研究成果,对魔力沙疏水原因进行新的分析和判断		
制备魔力沙	在教师指导下模拟自制魔力沙,并检验所制魔力沙是否具有疏水性		制备“产品”,学以致用
了解应用	了解魔力沙及其他疏水材料用途	魔力沙有什么用途	了解疏水材料应用,培养“科学态度与社会责任”素养
总结与交流	总结和交流魔力沙的性质	—	总结、反思,学以致用

4 项目实施

4.1 魔术视频引入,激发探究兴趣

由于中学生对魔术及其揭秘非常感兴趣,所以首先播放“水中分沙”的魔术表演视频。根据已有生活经验,学生知道如果把普通沙子放入水中再取出来,沙子会是湿的而不可能是干的;而且如果不同颜色的沙子混合在一起,也不可以被轻易地分开。他们很好奇这个魔术是如何表演成功的。

4.2 探索发现,提出问题

教师告诉学生,你们的面前就有一瓶魔术表演用的沙子——魔力沙,请大家与普通沙一起进行对比观察和实验,发现 2 者的区别。

学生近距离观察魔力沙和普通沙,可以用手触摸感受沙子的质地,也可以用放大镜观察。然后如魔术里表演那样,把魔力沙和普通沙分别倒入 2 个有水的容器中,再把沙子从水中捞出来以及在 2 种沙子表面滴水,观察和记录实验现象。

学生分享实验结果:魔力沙在水中不湿而普通

沙在水中是湿的;魔力沙在水下会聚拢在一起,甚至可以进行简单塑形,但普通沙不能;水中的魔力沙表面吸附了很多气泡,但普通沙没有;水滴在魔力沙表面呈球形,但滴在普通沙子表面,水是渗进去的。

针对以上实验结果,学生提出“为什么魔力沙在水中不湿?魔力沙与普通沙在成分上有什么不同?魔力沙是怎么制取的?”等问题。

4.3 揭秘魔力沙的性质与构成

4.3.1 讨论研究思路,学习科学方法

[教师]大家基于实验和观察,提出了很多有待回答的问题。这些问题的核心是魔力沙与普通沙的本质区别是什么?为什么以及如何制备魔力沙?下面我们就要通过深入探究,寻求问题的答案。大家想一想,我们要怎样开展研究?

[学生]确定魔力沙的构成,因为知道魔力沙的构成就能知道魔力沙与普通沙的区别了。

[教师]这是好的思路!物质的宏观性质是由

其微观组成和结构决定的。那么,怎么确定魔力沙的构成呢?

[学生] 上网找。

为了培养学生的科学研究方法,更为了培养面对复杂、陌生和没有直接资料的情况下分析问题的能力,教师要求学生再想研究思路。

[教师] 上网寻找资料这是一个好主意。但是如果网上没有关于魔力沙的构成资料,我们是否就束手无策呢?

学生讨论后仍提不出其他研究思路,在这种情况下教师给学生以方法指导,培养学生基于“结构决定性质,性质反映结构”的学科思想去思考问题,同时在研究复杂问题时去寻找可以突破的切入点,由此进行深入和拓展。

[教师] 目前我们不知道魔力沙的组成和结构,但是知道它的一些性质,比如水滴在魔力沙表面呈球形,那么是否可以以此为研究的切入点,看看水滴在哪些材料的表面也呈球形,由这些我们熟悉的材料推演魔力沙的构成信息?

学生经过讨论认为这是可行的研究切入点。

4.3.2 实验探究,获取魔力沙的性质信息

教师为学生提供了蜡纸、玻璃和宣纸进行探究(教师事先对宣纸的一侧进行了疏水处理,但学生肉眼很难察觉)。学生通过这些物体表面滴水,发现水滴在蜡纸上呈现比较圆的球形,但水滴在玻璃表面后就摊开了;在宣纸表面的一侧水是渗进去的,而另一侧水滴也呈比较圆的球形。

对于以上实验,有学生认为水滴在吸水材料或表面粗糙的物体上会摊开,滴在光滑物体上呈球形。另有学生不同意这样的观点,因为玻璃表面很光滑,但水滴在玻璃表面并不呈球形。

针对学生的困惑,教师首先进行思维的指导。

[教师] 通过实验我们发现了水滴在不同物体表面的形状是不同的,这是一个很重要的发现。要对此进行深入挖掘,既要思考这些物体表面的特点,也要思考水的性质,因为二者是互相接触的,有可能存在相互作用。

接下来,师生共同回顾水的微观构成、分子间作用力(氢键)和水的表面张力,从微观角度认识到水滴呈球形是水的自身性质。学生观看了神十航天员王亚平在太空给地面的学生讲课的视频,观察在太空失重条件下水滴在表面张力作用下所呈现的完美的球形,加深对水的表面张力的认识。

在回顾水的性质等知识后,学生分组讨论水滴在不同物体表面呈球形或摊开的原因。他们形成了以下观点:如果物体表面与水存在吸引作用,而且

这种吸引力大于水的表面张力的作用,那么水滴就会摊开。

教师肯定了学生的分析,并给出物质疏水性和亲水性的概念:

疏水性:指该物质与水互相排斥的性质。水在这类固体材料表面一般呈球形。

亲水性:指该物质对水有较大的亲和能力,可以吸引水或溶解于水。这类固体材料易被水所润湿。

据此,学生对蜡纸、玻璃和魔力沙等物质表面的亲、疏水性进行判断,得出蜡纸和魔力沙具有疏水性,而玻璃、普通沙和宣纸的一侧具有亲水性的判断。

教师揭秘宣纸的另一侧水滴在其上呈球形的原因——在宣纸上喷涂了一层疏水材料。通过这个活动,学生认识到可以在亲水材料表面覆盖疏水材料来改变其表面的亲水性,为后面魔力沙的制备做铺垫。

4.3.3 理论分析,获取魔力沙的构成信息

在确定蜡纸和魔力沙都具有疏水性后,有学生提出魔力沙表面可能也有一层蜡一样的东西。教师追问:为什么蜡或蜡一样的东西就疏水呢?

针对教师提出的问题,有学生想到了石蜡与水是2类极性不同的物质,并想到了“相似相溶”的规律。

[教师] 化学上有一个很重要的规律“相似相溶”:非极性溶质一般能溶于非极性溶剂,极性溶质一般能溶于极性溶剂。这个规律同样适用物质之间的吸附,即极性物质一般对极性物质的吸附作用大,非极性物质一般对非极性物质的吸附作用大。蜡的成分主要是饱和烷烃,请分析蜡纸为什么疏水?

[学生] 石蜡的极性非常小,而水是极性非常大的物质,二者之间的相互吸引作用不大,所以蜡纸表现出疏水性。

[学生] 根据魔力沙表面具有很强的疏水性,依据相似相溶规律,魔力沙表面应该具有极性很小的类似蜡的成分。

4.3.4 基于实验,验证猜想

学生通过图1所示实验验证对魔力沙表面成分的猜想。(对于思维水平比较高的学生则要求自主设计实验方案):

- (1) 管中加入3勺粉色魔力沙;
- (2) 滴入4滴蓝色油墨;
- (3) 玻璃棒搅拌,观察现象;
- (4) 加水到试管的中部,用玻璃棒搅拌,观察现象。

用普通沙重复以上操作,观察对比。

在实验中,学生看到了很“神奇”的景象:原

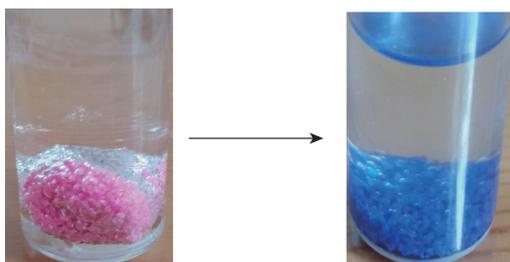


Fig 1 Magic sand oil-affinity experiment

图 1 魔力沙“亲油”实验

本粉色的魔力沙变成了色彩亮丽的蓝色，而在对普通沙进行相同操作中，油墨漂浮在水面，普通沙还是原来的颜色。通过这个实验学生认识到魔力沙表面能强烈地吸附油墨，因此推断魔力沙表面应具有极性很小的有机物。

4.3.5 基于研究成果，进行推理判断

教师提供关于水滴在荷叶表面呈球形的研究资料：荷叶表面附着蜡层，而且荷叶表面有很多微小凸起，使得水滴被微小凸起间的空气阻挡无法渗入荷叶内，因此水在荷叶表面呈球形。

根据已有研究成果，学生对物质表面水滴形状的影响因素进行梳理（见图 2）：

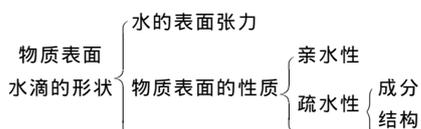


Fig 2 The interfering factors of the shape of water drop on the surface of substance

图 2 物质表面水滴形状的影响因素

进而学生认为，通过前面的实验可以得出魔力沙表面具有亲油的成分，但不能排除魔力沙表面是否还具有微小的凸起结构。

有学生提出在用放大镜观察魔力沙时没有观察到有凸起结构，另有学生提出需要在高倍显微镜下观察才能得出结论。

教师肯定了学生的分析思路，并告诉学生魔力沙的确不具备微小的凸起结构。魔力沙的制备方法为普通沙子和三甲基硅醇反应制得^[11]，也有用蜡与沙子一起加热制备魔力沙。

4.4 模拟制备魔力沙

教师给学生展示一瓶防水喷雾剂，请大家把普通沙变成魔力沙，并检验是否制备成功。

学生把防水喷雾剂均匀地喷涂在普通沙表面，待其干燥后向制备的产品上滴水，发现水滴呈球形，证明制备了具有疏水性的沙子。

4.5 魔力沙的应用

[教师] 海面上泄漏的原油如果不被及时清理会对其周围的生态环境造成严重污染（呈现因海上

原油泄漏而引起的海鸟和海豹死亡的照片）。为帮助处理海面上原油泄漏问题，有人将沙子和三甲基硅醇反应制成了魔力沙。发明者希望它和原油混合后能使原油沉入水底。请大家在盛有水的试管中滴入 1 滴油，然后模拟用魔力沙把这滴油沉入海底。

学生进行用魔力沙处理海上原油泄漏的模拟实验，发现处理的效果很好，但处理 1 滴油要用 3~5 小勺的沙子，相对油来说，用沙量比较大。

[教师] 通过模拟实验，大家发现虽然用魔力沙处理海上浮油效果很好，但用沙量很大，所以这种方法处理海面原油的成本比较高，因而这种处理方法并没有投入实际使用。有时一项应用性的发明，成本也是不得不考虑的因素。（培养工程素养）

[教师] 请大家阅读以下材料（见图 3），分享材料对你的启发。

沙漠世界的绿色梦

在炎热的沙漠地区，人们为无法留住水而痛苦。然而一项新技术的诞生使这种情况发生了改变。

通过把沙子表面涂上疏水层，沙子就变成了疏水沙。水可以储存在这样的沙子中，而不是通过沙子渗走。

在阿拉伯半岛的一块实验基地，人们在植物根系位置铺一层 10 cm 厚的疏水沙层，保持植物所需水位，保证持续供应植物生长水分。有了疏水沙的保水功能，原本在沙漠中的植物每天需要浇水 5~6 次，现在只需每天 1 次浇灌就够了，省下了 75% 的宝贵水资源。因此，有了这样的沙子作保水层，在沙漠也可以种植植物了。

Fig 3 Application of hydrophobic materials

图 3 疏水材料的应用

学生从不同角度分享了启发，例如“小小的一点改变可以让沙漠变成绿洲，科学的力量真的很神奇。其实生活中有很多这样的情境，只要我们用心观察，仔细思考，我们的生活处处充满惊喜”，有学生提出用制备魔力沙的方法使手机防水等。

教师进一步通过图片和动图给学生展示更多疏水材料在生活和生产中的应用，如水立方的膜材料具有疏水自洁功能、不沾污渍的衣服等，开拓学生视野，加深对疏水材料重要性的认识。

4.6 总结与交流

学生对魔力沙的性质进行总结与讨论，他们要在总结中对前面涉及的问题进行回答和解释：

问题 1：魔力沙为什么在水下可以塑形？

问题 2：魔力沙在水中为什么吸附着很多气泡？

这 2 个问题也是评价学生是否掌握了从化学学科视角分析魔力沙的性质。

教师提出问题 3 和 4：

问题 3：玻璃为什么具有亲水性？

问题 4：你知道判断玻璃仪器是否洗干净的标准吗？

学生需要回忆高中必修课程中所学知识——普通玻璃的大致组成为 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$ ，由此得出玻璃表面具有极性基团，会吸引极性的水分子，所以玻璃具有亲水性。问题4联系重要的实验知识——判断玻璃仪器是否洗干净的标准是水在玻璃表面形成一层均匀的水膜，学生对该问题的思考能够理解这个标准，促进学以致用。

5 结语

由于真实世界的问题往往是多学科问题交织在一起，如果希望提升学生真实问题解决的能力，就要给学生这样学习和锻炼的机会。“魔力沙”项目以一个学生看得见、摸得着且具有一定神秘性的技术产品（魔力沙）为情境素材，以揭秘魔力沙为驱动，引导学生在更宽广的背景下认识物质及其变化的规律，加强化学、物理和材料科学的联系，促进学生运用化学、物理等学科知识去分析真实世界的问题，在此过程中构建知识的意义联系、认识学习的价值和提升真实问题的解决能力。

魔力沙项目将知识教学与能力培养结合进行，即各个探究活动不仅促进学生对物理、化学、材料等学科知识的认识和理解，同时指向提出问题、收集数据、评价证据、构建解释等科学探究能力的培养，促进“结构决定性质，性质反映结构”的学科思想的应用，促进“宏观辨识与微观探析”“科学探究与创新意识”“科学态度与社会责任”学科核心素养的发展。

动手操作活动贯穿了项目的全过程，这些活动的开发需要教师有意识地丰富自身的跨学科知识以及加强不同学科间的联合教研，另外还要基于学生学习的视角来不断优化活动设计。例如，通过在不同材料表面滴水的学生活动联结魔力沙的疏水、联结物质的亲/疏水性、联结表面张力、联结物质的微观组成与构成、联结物质的极性以及物质间的相互作用，这需要教师具有一定的材料学知识、物理

学科知识和较多的化学学科知识。再如，魔力沙“亲油”的原创实验的研发既有化学知识为背景，也有物理知识的利用——油的密度比水的密度小，密度小的油会浮在水面上。从利用植物油（可以看到现象但不够惊奇）到自制油墨以使粉色魔力沙瞬间变成蓝色，不断优化改进该实验以达到增进学生的注意和理解的目的。又如，如果告诉学生魔力沙的发明是源于要处理海上原油泄漏问题，但因成本过高而没有应用，学生不会留下深刻印象。本项目通过设计模拟活动让学生亲身体验，从而对利用魔力沙能够处理海上原油泄漏留下深刻印象，同时为因成本问题而不能实际应用而深感遗憾，这时再给学生一篇关于魔力沙保水的资料，即激发了阅读的好奇心，更打开了疏水材料应用的视野。因此精心研制帮助学生学习和理解的实验或活动是教师需要关注的重要方面。

参 考 文 献

- [1] (美) 罗伯特·M. 卡普拉罗, (美) 玛格丽特·卡普拉罗, (美) 詹姆斯·R. 摩根. 基于项目的STEM学习: 一种整合科学、技术、工程和数学的学习方式. 王雪华, 屈梅, 译. 上海: 上海科技教育出版社, 2016: 78
- [2] 陈颖, 王磊, 徐敏, 等. 化学教育(中英文), 2018, 39(19): 8-14
- [3] 侯肖, 胡久华. 教育学报, 2016, 12(4): 39-44
- [4] 周业虹. 中小学教师培训, 2018(8): 33-37
- [5] 张华. 基础教育课程, 2018(11): 7-13
- [6] 罗滨. 北京教育(普教版), 2018(8): 26-27
- [7] 夏雪梅. 人民教育, 2018(1): 61-66
- [8] 刘景福, 钟志贤. 外国教育研究, 2002, 29(11): 18-22
- [9] 蔡可. 以项目学习深化学科教学改革. 中国教师报, 2018-03-07(7)
- [10] Joseph S K, Charlene M C, Carl F B. 中小学科学教育——基于项目的方法与策略. 王磊, 等译. 北京: 高等教育出版社, 2004: 37
- [11] 敲窗雨. 实验室里有惊喜 [EB/OL]. (2016-11-21) [2019-03-28]. <https://www.guokr.com/article/441847/>

Interdisciplinary Project Teaching Cases: Magic Sand

ZHOU Yu-Zhi**

(Department of Chemistry, Beijing Institute of Education, Beijing 100120, China)

Abstract Using Hydrophobic sand as material, a project teaching case suitable for the high school elective course “Developing Chemistry Discipline” is developed in this paper. It is also suitable for science practice activity course of junior high school. The project guides students to understand matter and its changing law in a broader discipline context and helps students broaden their vision and thinking. The project helps students developing key competencies of “macro-identification and micro-analysis” “scientific inquiry and innovation consciousness” “scientific attitude and social responsibility”.

Keywords project teaching; key competencies of chemistry; interdisciplinary; teaching case

指向科学教学改进的科学实践活动课程的设计原则*

周玉芝**

(北京教育学院化学系 北京 100044)

摘要 提出了科学实践活动课程的性质和基于科学教学改进的科学实践活动课程设计的原则:融合、整体和开放等,为学生提供丰富的、适宜的科学实践活动项目,避免项目设计的孤立化、表面化,从而达到改进科学教学质量之目的。

关键词 科学实践活动课程 设计原则 科学教学

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2016110096

教学方式单一、实验教学薄弱、学生缺乏动手实践一直是我国基础教育阶段的科学类学科教学存在的突出问题,这些问题影响到学生对科学学习的兴趣,还导致学生缺乏想象力、实践力和创造力。

要改变现状,需从加大科学实践教学入手。例如,北京市教委提出强化学科实践教学,通过增加科学实践活动课程来改进科学类学科教学^[1]。目前,一些中学和机构都在积极研发科学实践活动课程,而且已有一定数量的科学实践活动课程投入使用。通过对现有的科学实践活动课程调查发现,一些课程在开拓学生的科技视野和激发学生对科技的兴趣方面做得非常好,一些课程在小初科学教学衔接方面体现得很出色;但也发现部分课程研发人员对科学实践活动课程的认识有一定偏颇,如认为科学实践活动课程主要是让学生动手参与,激发兴趣,而对知识内容了解多少并不重要,因而在设计课程时首要考虑的是什么活动能吸引学生,而对课程目标、学生的认知基础等思考很少。有的课程设计则是科技素材背景下的简单操作课,如自制中药驱蚊香囊的课程设计是让学生了解一些中药有独特的气味可以驱蚊,然后学生按配方称取中药放在自制的布袋中完成驱蚊香囊的制作。这个课程设计仅培养了学生比较简单的动手操作能力,并没有培养学生设计实验来获取数据,以及构建解释等重要科学实践能力,而这些是可以在该科技素材背景下开展的,如可以设计实验测试自制驱蚊香囊的驱蚊效果并与市售驱蚊剂进行比较和评价等。

科学实践活动课程在开发和实施中之所以存在上述问题,重要因素是教师对科学实践活动课程的课程性质与课程目标缺乏合理认识,缺乏恰当的科学实践活动课程的设计原则为指导。针对我国当前科学教学改革的新变化以及国际科学教学的新理

念,探讨科学实践活动课程的课程性质与课程设计的原则等问题,希望能避免科学实践活动项目的孤立化、表面化,进而更好地改进科学类学科教学质量。

1 科学实践活动课程的性质

1.1 科学实践活动课程是科学类学科课程的有机组成部分

科学类学科的提法源于北京市教育委员会《北京市初中科学类学科教学改进意见》,指的是物理、化学、生物、地理等自然科学领域的学科。众所周知,我国基础教育阶段的科学课程,小学是不分科的综合科学课程,初中除部分地区外,多数是分科教学,高中全部是分科教学。而不论是分科的科学类学科教学,还是不分科的综合科学教学,科学实践的教学都是这些课程的重要部分。这是因为实践是科学的重要属性^[2],学生学习科学的目的之一是要认识科学的实践性,也要掌握进行科学实践的方法与技能,提升自身的科学实践能力。

学生的科学实践能力提升需要通过相应的课程教学来实现。例如,通过科学实践活动,学生学习和发展构建模型的能力,认识到在科学和工程上可以通过模型来揭示事物的特征和本质,学会构建模型来描述事物,要能够运用模型来产生数据,并预测和描述现象等。

另一方面,科学知识的了解与掌握也不应仅通过阅读书本和解题来获得。通过科学实践活动“做中学”应是基础教育阶段科学教学的重要教学方式。恰当的科学实践活动为科学知识的学习创设了生动的情境,为科学知识注入学生可理解的意义,使学生能够更好地理解和掌握重要科学知识,并促进把知识内化为个人的认识与见解。

因此,基础教育阶段的科学类学科课程就应该有广泛的科学实践活动和基于科学实践活动的教

* 北京市教育科学规划重点课题“基于科学实践和核心概念改进初中科学类学科教学的实践研究”(ABA15012)

** 通信联系人, E-mail: zhou1199@163.com

学。“教作为实践的科学”也是当前国际科学教育的理念^[3]。

也就是说,科学类学科课程的日常教学就是要基于科学实践,现今之所以要单独设立科学实践活动课程,是因为在日常的科学类学科教学中没有为学生提供充足的科学实践活动,因此,教育主管部门希望通过规定科学实践活动课程来保证学生获得更多参与科学实践的机会,科学实践活动为这类课程的重要特征。

那么,什么是基于科学类学科教学改进的科学实践活动课程呢?广义上讲,学生参与的研究性学习、课外科技兴趣课程、科技创新研究等都可以属于科学实践活动课程。它们的特点是课程内容与课程主题比较灵活,如可以是3D打印项目,也可以是无人机项目,还可以是一项环境检测研究等。这些课程在形式上相对独立,且通常为项目式,学生可以根据兴趣选择参加。还有一类就是以改进科学类学科教学为目的的科学实践活动课程,这类课程的教学内容和主题则与国家课程标准、与日常课堂教学有着密切关联,且是所有学生必修的课程。图1为当前科学实践活动课程组成示意图。

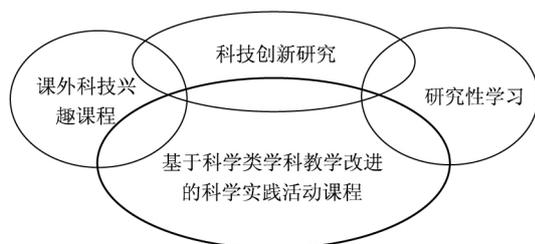


Fig 1 The composition of current scientific practice activity course
图1 当前科学实践活动课程组成

从图1可以看出,课外科技兴趣课程、科技创新研究和研究性学习与基于科学类学科教学改进的科学实践活动课程为交叉关系,即这些课程的部分内容与科学类学科课程的国家课程标准相一致,但也有部分课程内容是不在国家课程标准要求之内,与科学类学科教学内容不存在直接联系。例如有学生参加的研究性学习《空气中的PM_{2.5}浓度与楼层高度的关系研究》是与化学学科教学紧密相关的项目,具有促进化学学科教学改进的价值,而研究性学习《中国电影背景音乐的发展研究》就不与科学类学科教学内容直接相关。

1.2 提高学生的科学素养是科学实践活动课程的核心目的

作为科学类学科课程的有机组成部分的科学实践活动课程,其课程的核心目的是提高学生的科学素养。即通过不断丰富的、系统的科学实践活动,

帮助学生积累经验,感悟和习得重要科学概念、科学方法和科学技能,发展对科学的理解与兴趣,提高科学实践能力和创新意识。

由于科学实践活动的综合性,所以通过科学实践活动课程还可以整合科学、技术、工程、数学、艺术等,培养学生运用综合知识解决问题的能力以及应对未来职业和社会发展的能力,这就是目前在美国和中国均兴起的STEAM教育——集科学、技术、工程、艺术、数学等多学科融合的综合教育。

2 基于科学类学科教学改进的科学实践活动课程的设计原则

遵循怎样的设计原则才能够使科学实践活动课程更加有效地促进科学类学科教学改进呢?笔者认为融合、整体和开放是这类科学实践活动课程设计原则的几个关键词。

2.1 构建多方融合的科学实践活动课程目标

由于科学实践活动课程目标指引具体活动的设计、指引学生的学习进程,特别是关系到学生的学习获得,因此科学实践活动课程目标定位至关重要。

就科学实践活动课程目标问题对北京市50名初、高中科学类学科教师进行了问卷调查,调查发现80%的教师认为科学实践活动课程中最重要的是“过程与方法”目标和“情感、态度与价值观”目标。他们认为培养对科学类学科课程的学习兴趣,学习科学探究的方法是科学实践活动课程的主要目的,而不必特别考虑学生一定要学到什么科学知识。

然而,为改进科学类学科教学而设置的科学实践活动课程不能缺失科学知识的教学目标,因为科学知识目标与过程和方法、情感态度与价值观等目标相互依存、互为支撑,任何的缺失都会影响学生的实际获得。

例如,一个面向初一年级学生的“设计小车”的科学实践活动课程,学生在进行小车的设计时必然涉及物体运动与力方面的科学知识,如果没有这些科学知识为基础或把这些知识的学习融入到设计过程中,那么学生只能是依据头脑中已有的车的大致模样去尝试组装小车。由于学生并不知道哪些因素影响小车运行的速度与距离,其结果是很多学生在进行各种无依据的尝试,或模仿别人的做法。对相关知识的缺乏导致了学生盲目、慌张与不自信。因此,科学实践活动课程教学不应把知识目标置于可有可无的位置。通过科学实践活动课程的学习,学生将更加理解和掌握重要科学知识,了解并关注这些知识在生活、生产和社会发展中的应用。

在知识目标基础上, 还要有科学实践能力形成和发展目标, 包括提出和确定问题, 建立和使用模型, 设计和实施研究, 分析和解释数据, 使用数学与计算的思想方法, 创立解释和设计解决方案, 基于证据的辩论以及获取、评价和交流信息等^[3]。

在科学实践能力发展过程中, 要有意识培养学生的科学态度、科学思维习惯、创新意识与创新思维以及勇于探索、锲而不舍的精神品格。

在科学实践活动课程中还要融入一定的文化、历史、艺术等素养培养, 从而拓展学生视野和促进学生全面而有个性地发展。

2.2 整体规划科学实践活动设计

尽管科学实践活动课程有别于学科课程教学, 但科学实践活动课程设计也要有系统考虑, 孤立和零散的科学实践活动项目设计势必影响课程目标的达成, 也会造成教学资源的浪费。通过以下措施来整体规划科学实践活动设计。

2.2.1 与国家课程标准相关联

基础教育阶段的国家课程标准规定了各门课程的性质、目标和内容框架, 是学科课程确定课程目标和教学进度的依据。因此, 参考科学类学科课程标准, 则可帮助避免科学实践活动设计的随意性, 并更有利于达到促进科学类学科教学改进的目的。

例如, 在初中二年级开设“洗涤的学问”的科学实践活动课程, 为学生设计哪些实践活动呢? 通过表 1 中国家课程标准的内容可以看到, 初二学生可以通过对比实验认识洗涤剂在洗涤过程中发挥的独特作用, 从而为初三化学的乳化现象、高中化学的酯和皂化反应的学习奠定基础。而且通过对肥皂、洗涤剂、洗手液、洗发香波等一类洗涤剂共性的认识, 可以初步培养物质的结构决定其性质的思想方法, 而这一思想方法是化学学科教学中需要学生掌握的最重要思想方法之一。因篇幅限制, 仅通过表 1 列出“洗涤的学问”这一科学实践活动课程的教学计划与教学目标, 从中可以反映该科学实践活动课程与国家课程标准的关联。

2.2.2 基于核心概念和重要科学实践的学习进阶设计科学实践活动课程

学生的学习时间是有限的, 因此在制定科学实践活动课程规划时, 既要考虑如何拓展学生的视野, 同时也要避免浅显地覆盖大量的主题。通过聚焦核心(包括核心概念^[3]、重要科学实践及核心素养^[8])来整体规划科学实践活动设计是科学实践活动课程的设计思路。

例如, 制作桑叶饼干的科学实践活动课程, 核心问题是如何从桑叶中提取有价值物质? 核心知识

表 1 “洗涤的学问”与国家课程标准的联系

Table 1 Relation between “the knowledge on washing” and the national curriculum standards

国家课程标准	“洗涤的学问”教学计划与教学目标
初中化学 ^[4] : 1. 引导学生观察和探究一些身边常见的物质, 帮助学生了解它们对人类生活的影响, 体会科学进步对提高人类生活质量所做出的巨大贡献。 2. 使学生初步认识物质的用途与性质之间的关系, 帮助学生从化学的角度认识和理解人与自然的关系, 初步形成科学的物质观和合理利用物质的意识。 3. 能说出一些常见的乳化现象。 4. 知道催化剂对化学反应的重要作用。 5. 初步形成基本的化学实验技能。 6. 能比较明确地表述所发现的问题。 7. 能在教师的指导下或通过讨论, 对所获得的事实与证据进行归纳, 得出合理的结论。 8. 初步学习通过比较、分类、归纳、概括等方法逐步建立知识之间的联系。 初中生物 ^[5] : 1. 意识到科学探究需要通过观察和实验等多种途径来获得事实和证据。 高中生物 ^[6] : 1. 探讨酶在食品制造和洗涤等方面的应用。 高中化学 ^[7] : 1. 实验: 酶的催化作用。 2. 认识酯的典型代表物的组成和结构特点。 实验: 自制肥皂与肥皂的洗涤作用	教学计划: 第 1 课时: 常用洗涤剂“大比拼” 第 2 课时: 试试其他去油污方法 第 3 课时: 洗涤玻璃仪器 第 4 课时: 酶的作用 第 5 课时: 自制洗手液 拓展: 科技阅读 教学目标: 1. 了解肥皂、洗衣粉、洗涤剂能够去除油污的原因, 初步建立物质结构决定物质性质的认识。 2. 知道玻璃仪器洗净的标准, 会洗涤玻璃仪器。 3. 体验生活中常用的去除油污方法。 4. 培养设计实验方案能力。 5. 培养获取信息和基于证据进行解释的能力。 6. 培养基于实验分析得出结论以及提出科学问题的能力。 7. 初步了解产品设计, 以及对产品进行评价与分析。 8. 感受知识学习的价值, 培养创新意识。 9. 培养科技阅读能力

为植物中的某些成分具有药用价值, 通过技术手段可以从植物中提取药用成分, 以及更上位的概念——混合物是可以被分离的, 利用混合物组分性质的差异可以将混合物分离。

这种聚焦核心的教学, 学生会通过桑叶知识的学习, 认识具有迁移价值的科学概念, 也能借此把一些相关知识建立起联系, 知道他们为什么要在小学及中学学习过滤、结晶、萃取等实验方法, 知道这些知识的意义与价值; 学生由此还可以与身边的科学事件联系起来, 例如, 中国科学家屠呦呦首先提出用乙醚提取青蒿, 这一方法是当时发现青蒿粗提物有效性的关键。随后屠呦呦和同事们提取出了青蒿素, 并分析确定了它的化学结构。屠呦呦也因

此贡献获得 2015 年诺贝尔医学奖。这样的教学也因此激发学生的创新意识——运用所学知识探索动、植物中蕴含的宝贵药用资源,开发新药为人类健康做出贡献。

通过例子可以看到,聚焦核心可以达到以点带面的功能,但不同年龄段学生对核心概念的理解程度和科学实践能力的发展水平是不同的,在设计时要利用学生的经验基础与认知特点,按照概念学习和能力发展规律,为不同发展阶段的学生设计核心概念和科学实践能力发展的学习进阶(见图 2),这些核心概念和重要科学实践构成了科学实践活动课程的基本骨架,支撑课程的整体构成,支持学生科学素养的发展。

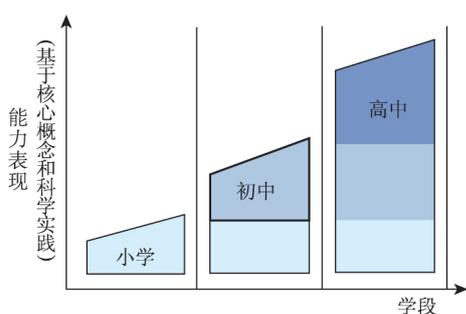


Fig 2 The design of learning progressions based on the core ideas and scientific practices

图 2 设计基于核心概念和科学实践的学习进阶

目前,美国新一代科学课程标准为重要科学概念和科学实践设计了从幼儿园到 12 年级的学习进阶,帮助学生的概念理解和科学实践能力由新手向专家水平递进^[9-10],这样的设计值得我们学习和借鉴。我们需要根据我国国家课程标准和所教学生的经验基础与认知特点,设计本土化的重要科学概念和科学实践能力学习进阶。目前已有一些相关研究成果,但还不够系统^[11-13]。

2.3 设计开放性的科学实践活动

何为开放性科学实践活动?开放性科学实践活动是相对于传统的课堂教学而言的,是在教学内容、教学时间、教学场地、教学人员、教学资源、教学评价等方面具有开放性。

2.3.1 教学内容的开放

科学实践活动的教学内容不仅限于科学,还应包含技术、工程、数学、艺术、历史等,其内容具有开放性。教师要有意识地设计跨学科教学内容,这样更有利于培养学生的分析问题和解决问题的能力。例如,“探究纸上印痕”的科学实践活动课程,学生通过拓印活动认识印刷的最基本原理,鼓励学生思考如何基于印刷基本原理来改进印刷技术,从而对雕版印刷技术和活字印刷术的发展历史有了

解,还学习了静电应用以及静电复印与激光打印的奥秘。在此过程中学生还用笔墨纸砚体验了拓印碑文、印刷版画,感受中国传统文化之美。

教学内容的开放还表现在能提供可供学生选择的主题与内容,让学生依据兴趣来选择。例如,在“洗涤的学问”活动项目中设计了常用洗涤剂“大比拼”、试试其他去油污方法、洗涤玻璃仪器、认识酶的作用、自制洗手液以及拓展科技阅读等多项活动内容,这些内容中除常用洗涤剂“大比拼”、洗涤玻璃仪器为必修外,其他活动学生可以根据兴趣选择参与。

2.3.2 教学时间与教学场地的开放

传统的科学课堂教学时间为 40~45 min,学生自主探究活动常被教师严格限制在较短时间内,学生不能充分尝试与体验。设计开放性的科学实践活动就要冲破 45 min 的课堂时间限制,也冲破教室的限制,把课堂延展到田野、博物馆、实验室,把学习从校内延展到校外。

2.3.3 教学人员和教学资源开放

在科学实践活动课程中担任教师的除了有中学教师外,还应有科学家和工程师,学生通过跟随科学家、工程师进行科学实践活动,可以更好地了解科学家、工程师的工作,了解不同专业与职业的工作,为其后续的学习与工作奠定基础。相应地,科研与工程机构的仪器设备、实验材料、图书资料以及网络资源等都是可利用的教学资源。学生还会与不同学校的学生组成学习团队,这也是教学资源开放的一部分。

2.3.4 教学评价开放

科学实践活动课程目标的多元化要求其教学评价在内容及形式上都应具有开放性。通过作品展示、思考与创意展示、演讲辩论、纸笔问答等多种活动来评价学生的学习。

“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行”。科学实践活动课程的设置为改进我国基础教育阶段的科学类学科教学提供了切入点,是学生和学校都期盼的课程,如何把该课程建设好还有很多问题需要深入探讨。除课程内容与主题的选择和设计外,如何研发集科学性、启发性、趣味性、参与性、安全性于一体的科学实践教具和实验也是在科学实践活动课程建设中的重要问题。希望通过广大教育工作者的创新设计,为学生提供丰富的、适宜的科学实践活动课程,达到改进学科教学质量之目的。

参考文献

- [1] 北京市教育委员会. 北京市初中科学类学科教学改进意见 [EB/OL]. [2016-10-11]. <http://www.bjedu.gov.cn>

- [2] 李笑春, 马天宝. 自然辩证法研究, 2015 (1): 91-96
- [3] 周玉芝. 课程·教材·教法, 2012 (6): 120-124
- [4] 中华人民共和国教育部. 义务教育化学课程标准 (2011 年版). 北京: 北京师范大学出版社, 2012
- [5] 中华人民共和国教育部. 义务教育生物课程标准 (2011 年版). 北京: 北京师范大学出版社, 2012
- [6] 中华人民共和国教育部. 普通高中生物课程标准 (实验). 北京: 人民教育出版社, 2003
- [7] 中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准 (实验). 北京: 人民教育出版社, 2003
- [8] 辛涛, 姜宇. 人民教育, 2015 (9): 54-58
- [9] National Research Council. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, D. C.: The National Academies Press, 2011
- [10] NGSS Lead States. Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, D. C.: The National Academies Press, 2013
- [11] 庄晓文, 姜建文. 化学教学, 2016 (2): 28-33
- [12] 周玉芝. 化学教育, 2014, 35 (13): 7-10
- [13] 周建秋. 现代中小学教育, 2016, 32 (6): 89-91

Design Principles of Scientific Practical Activity Curriculum for Improving Science Teaching

ZHOU Yu-Zhi**

(Beijing Institute of Education, Beijing 100044, China)

Abstract This paper discussed how to avoid the isolated and superficial design of scientific practice activities. In order to improve the teaching of science, it was necessary to provide students with abundant and appropriate practical activities through the integration, overall and open design principles.

Keywords scientific practical activity curriculum; design principle; science teaching

2018 年《化学教育》订阅办法 国家级全国中文核心期刊 栏目整合 印刷换新 品质提升 权威、客观、全面、实用

《化学教育》是中国科学技术协会主管, 中国化学会、北京师范大学共同主办的国家级全国中文核心期刊, 被北京大学《中文核心期刊要目总览》2008 版、2011 版和 2014 版连续收录, 排同类期刊第 1 名; 美国化学文摘 (CA) 收录源期刊。

《化学教育》为半月刊, 全年共计 24 期, 每期 16 元, 全年共计 384 元。为了保证能及时收到期刊, 由中国邮政承担订阅及投递服务。

订阅方式 1 (推荐): 请到当地就近邮局的报刊订阅窗口办理, 邮发代号为 2-106。

订阅方式 2: 微信订阅, 请扫描下方二维码, 进入订阅页面, 按照步骤依次操作: 选择投送地区—填写订阅份数—单击立即购买—提交订单—(如果首次操作, 请按照提示添加详细可靠的收获地址)—确认订单—微信支付, 即可完成订阅。请记住 CNSI 开头的订单号, 以便查询, 由“中国邮政”微信公众服务号提供查询和客户服务, 全国统一客服电话: 11185-9-2。



立即扫码订阅

有化学课程的地方, 就应该有《化学教育》期刊!

芬兰基础教育阶段教师的培养及课程改革*

周玉芝 石 瑒 张 洲 崔香顺
(北京教育学院 北京 100044)

摘要:从教师教育、育人环境和课程三方面对芬兰教育进行了介绍与分析,比较详细地分析了芬兰教师培养的政策与方法,也对芬兰新实施的国家核心课程进行了介绍和分析,提出了在新教师培养和基础教育课程改革中可借鉴的内容与方法。

关键词:芬兰教育;教师教育;基础教育

文章编号:1002-2201(2017)11-0067-04

中图分类号:G632.0

文献标识码:B

众所周知,芬兰学生在经济合作与发展组织(OECD)每三年一轮的国际学生评估项目(PISA)中的表现一直十分出色。一个国土面积仅有33.8万平方公里、气候环境恶劣的国家,其基础教育何以取得世人瞩目的成绩?笔者结合对芬兰基础教育的实地考察认为教师教育、育人环境和课程三方面是其中的关键。

一定温度时,A(指前因子)变化小的条件下,E越小,速率越大。

三、有催化剂参加的反应历程,反应进程—能量曲线中的两个波峰,谁大谁小?

(武汉市2017届高中毕业生四月调研测试理综试题26)(2)“大象的牙膏”是著名化学实验之一,其实验方法是将浓缩的过氧化氢溶液与肥皂液混合,再滴加少量碘化钾溶液,即可观察到泡沫状物质像喷泉一样喷涌而出。

已知: $2\text{H}_2\text{O}_2(\text{l}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{O}_2(\text{g}) \quad \Delta H = -196 \text{ kJ/mol}$,活化能 $E_a = 76 \text{ kJ/mol}$,若用 I^- 催化时活化能 $E_a' = 57 \text{ kJ/mol}$ 。

①在 H_2O_2 溶液中加入 KI 溶液作催化剂,反应过程中发生 I^- 与 IO^- 之间的转化,请依次写出发生反应的离子方程式,反应甲:____;反应乙:____。

②反应甲为吸热反应,且甲的反应速率小于乙的反应速率,在图5中画出在 H_2O_2 溶液中加入 KI 后,反应过程的能量变化。

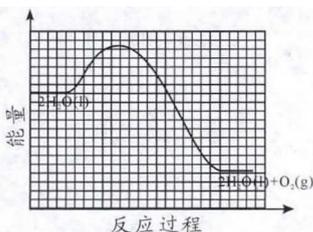


图5 反应过程的能量变化

(3)HI 不稳定,其水溶液具有强酸性。现用 0.1 mol/L KI 溶液、 NH_4I 固体、pH 试纸设计实验验证上述性质。简述实验方案。

一、选拔优秀学生进行高质量的职前教师教育

1. 选拔高素质学生

由于芬兰教师的社会地位很高,所以很多学生致力于教育行业,这就使得大学可以从众多申请者中选拔高素质和适合成为教师的学生进行师范教育培养。例如,图尔库大学的教育学院每年只招收257名学生,报考者却多达

①强酸性:____。②不稳定性:____。

解析:① $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{I}^- = \text{H}_2\text{O} + \text{IO}^-$, $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{IO}^- = \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow + \text{I}^-$ 。

②分析:已知反应甲为吸热反应,甲的反应速率小于乙的反应速率,甲反应的活化能大于乙反应的活化能,则甲的反应能量曲线中的波峰应大于乙,见图6。

(3)①室温下,用 pH 试纸测得 KI 溶液的 $\text{pH} = 7$,证明 HI 溶液有强酸性;②加热 NH_4I 固体,观察到有紫色蒸气产生,证明 HI 具有不稳定性。

催化剂改变化学反应历程,使用催化剂的反应过程—能量曲线不是一个波峰,两个波峰更能反映催化历程的本质。

参考文献

- [1] 汤启昭. 化学原理与化学分析[M]. 北京:科学出版社, 2009:372.
- [2] 杜志坚. 无机及分析化学[M]. 上海:华东理工大学出版社, 2011:49.

(本文编辑:文 丰)

*北京市教育科学规划重点课题“基于科学实践和核心概念改进初中科学类学科教学的实践研究”(ABA15012)。

4 700多人,考取教育学院的难度甚至超过了律师和医生的选拔。

学生要经过全国统考、教育学院的笔试和面试三道关口,才有可能进入大学的教育学院接受师范教育。这些考生在考前两个月要学习 200 面的资料和 6~8 篇教育论文,然后参加全国统考。大学的教育学院再从这些考生中选择最优秀的进行笔试和面试。

教育学院的笔试题目比较基础,但突出考查学生是否真正理解和掌握基础知识与技能。例如,有这样一道考题“如果你准备去郊外野餐,需要用冰来冷藏食物,你是把冰放在盛食品盒的顶部还是放在盒的底部?很多学生回答不出这样的问题,只有理解了冷空气因为密度大会向下运动的知识,且具有把科学原理应用于生活能力的学生才能正确回答该问题并给出正确解释。

经过这样层层选拔,使得那些拥有很好个人素质、较强学习动力,以及具有成为合格教师潜质的学生才能进入大学的教育学院接受师范学习。

2. 学科教育和师范教育并举

在芬兰,小学、初中和高中教师必须拥有硕士学位。小学教师通常是通识教师,而初、高中阶段主要是具有专长的学科教师。通识教师由大学的教育学院负责培养,获得的是教育学位,但他们会被要求至少选修两门专业课程。中学学科教师需要在大学的学科专业学院学习三年专业知识,然后再申请师范教育。通过教育学院严格选拔后再到教育学院学习一至两年师范教育,最后再回本专业学习两年专业知识,获得学科专业硕士学位。图 1 为中学学科教师的硕士研究生课程构成。

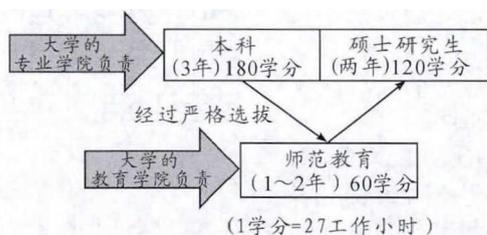


图 1 中学学科教师的硕士研究生课程*

中学教师的学科专业学习除主专业外,通常还要包括辅修专业的学习,使得他们有能力至少任教两门学科。而在教育学院的师范教育中有 40 学分是理论学习,包括教育学基础、学科教学法、教育科研方法等,另外 20 学分是教育实习。

3. 教育实习安排比较科学

学生的教育实习内容与安排由教育学院和实习学校共同制定。需要特别指出的是,芬兰的大学设有直属的实习学校,有些实习学校的高中部就放在大学里,真正实现了大学和中小学校的对接,同时也为教育、教法、学科和科研四位一体培养提供了便利。

学生实习不是一次完成的,而是分阶段进行。在进入

教育学院学习的初始就有两个月的实习,学生观摩课堂,亲自进行课堂教学,参与学校的各种社团工作。这样做的目的是让学生了解教师的实际工作有哪些要求,让学生发现自己在教育教学上有哪些不足,这样学生在接下来的理论学习中就会更加具有针对性和目的性。学生要有四次累计半年的教育实习,每一位实习学生都有一位资深的一线教师全程陪伴,进行针对性、个性化的指导,提升他们的教育教学实践能力。

学生的实习会有比较详细的目标与要求,下面是赫尔辛基大学对中学教师在初级实习和后续高级实习中的目标与要求(见表 1)。

表 1 赫尔辛基大学对中学学科教师的实习目标要求

实习阶段	目标要求
初级实习	在与指导教师交流的基础上,依据课程大纲确定教学目标,计划和实施教学
	运用不同教学方法并评估教学决策的有效性
	与教师和同伴分析交流自己及他人的教学
	识别不同类型的学习者,并在教学中考虑不同类型学习者的需求
	运用和评估各种维持安静学习环境的方法
	在教学中考虑责任和道德
高级实习	理解学校是一个多元的共同体
	理解反思对教师自我发展的重要性,并且能够理论联系实际
	独立地计划、实施和评估教学,能够考虑不同学习者的需求,考虑课程和所授学科的本质
	利用信息化技术支持教学
	在教学中能够考虑跨学科和进行整合教学
	分析和评估自己的教学,并以此为基础发展自己的教学方法和教师生涯
高级实习	计划一项与不同学习者相关联的项目并积极完成
	考虑教师是具有多重职业身份的人,要能够与不同利益团体成为合作伙伴
	关注研究信息,在教学中不断发展专业化技能
	在多元文化环境中,规范化地遵循教育法规
	学科教学中将学校和教学发展作为其专业化发展的一部分
	理解反思在教师工作中的重要性,并且能够理论联系实际

从表1可以看出,学生在实习中要逐渐认识和深化理解教师职业和理解教学,在实践中提高自己的教育专业能力和专业发展能力,使其在毕业后一进入工作岗位就能够具有较好的职业胜任力。

4. 重视科研能力培养

芬兰的教师培养秉承的是基于研究的教育理念,非常重视学生教育科学能力的培养。例如,中学教师要学习科学研究方法并通过完成本学科的硕士论文提高自己的研究能力,而在教育学院的学习也包括教育科研方法的学习,学生的教育实习中也并不仅仅是学习教学技能,而是要把教育科研融入其中,让学生在实践发现问题、探索解决问题的方法并进行评估与反思。这种重视培养学生教育科学研究能力的做法,为教师后续的自主专业发展奠定了坚实基础。

二、营造踏实做教育的环境

芬兰教育强调“无竞争”教育。在芬兰人看来,每个孩子的起点和学习能力不同,在此基础上的排名和竞争是“不公平的”。而且,对心理上还不成熟的孩子来说,排名、强调分数会打击成绩不好孩子的自信心;而成绩优秀的孩子可能会恃宠而骄、失去对弱者的同情。在这样的教育理念下,芬兰人不会给学生排名,也不会给学校排名。相应地,教师和学校都没有评比、排名以及升学率的压力,学校和教师都可以更加从容地按照教育规律办事。

在芬兰,教师的教学工作是被充分信任的,教师对教学内容与教学方法的选择有完全的自主权,学校的校长不会对教师工作做比较性评价。芬兰教师不评职称,也不考核,教师的工资差别取决于工作年限和课时。我们曾对此感到困惑:一定的压力难道不是教师前进的动力吗?会不会有教师因此懈怠而不好好教学生呢?但芬兰教育专家的回答是:教师需要被信任,彼此间的比较和竞争是不好的。由于教师职业出自教师自愿选择,而且是择优录用的,教师已具备专业发展的动力和学习能力,宽松的管理环境可以使教师静下心来研究教育教学,促进教师自我发展。

在芬兰,教师也会感到工作压力,这种压力主要来自学生家长。学校会定期组织家长了解情况,听取家长对学校教育质量的意见。校长会根据家长的意见组织教师商讨如何改进教育教学质量。在这样的过程和环境,教师感到更多的是信任和责任。就本质而言,芬兰的教育环境提升了教师职业的幸福感和获得感,让教师得以实现马斯洛需求层次论中的最高层次“自我实现的需求”。

三、以课程促进人的发展

课程是促进学生发展的基本保证。优质课程要有教育目标、教学内容及教学活动的科学设计。芬兰很多课程在目标与活动设计上具有较好的科学性。例如,在芬兰一所幼儿园看到一名3岁的孩子在教师指导下画水彩画。

孩子自己拿颜料盒去水池调色,自己一笔一笔地勾画线条。孩子能够稳稳地控制笔并画出工整的线条,着实令人惊叹。而我们知道,能够控制线条、会画长直线以及排线是绘画最基础的能力要求,芬兰幼儿园的绘画课程把这些基本功训练列为重要教学目标,设计看似简单而有趣的绘画活动,使孩子从幼儿园就开始循序渐进地学习基本的绘画方法,发展绘画能力。

优质课程为学生未来发展提供支持,是让所有孩子享有优质教学的手段。除了基本的学科能力外,芬兰的国家核心课程大纲特别提出了未来人才需要具备的七方面横向能力(Transversal competence),要求在所有学科教学中要有意识地培养学生这七方面的横向能力:

1. 思考和学会学习;2. 文化修养以及互动和表达;3. 照顾自己和管理日常生活;4. 多元识读;5. 信息与通信技术能力;6. 工作生活能力以及企业家精神;7. 参与和建设可持续发展的未来。

那么,如何界定横向能力呢?芬兰的国家核心课程大纲给出的定义:横向能力是包括知识、技能、价值、态度和意愿的统一体,是贯穿于不同学科和领域的能力,是当前和未来决定人们的个人成长、学习、工作和公民行动的能力。可以看出,芬兰教育的横向能力概念比较类似于当前我国教育界广泛关注的核心素养概念。

横向能力成为芬兰国家核心课程的重点,要求无论学科教学、跨学科模块教学还是教学环境等都要关注学生横向能力的发展。以7~9年级的化学学科为例,在课程大纲中列出了知识、技能与情感态度的学习目标,同时也给出了相应的横向能力培养要求(见表2)。

表2 7~9年级化学课程的学习目标(部分)

学科目标	横向能力
热爱学习化学	思考和学会学习
认识自己在化学方面的能力,树立工作目标并坚持工作	思考和学会学习 工作生活能力以及企业家精神
认识化学方面的能力对日常生活、生活环境和社会的意义	工作生活能力以及企业家精神 参与和建设可持续发展的未来
运用化学才能去构建可持续发展的未来,可持续利用自然资源	照顾自己和管理日常生活 参与和建设可持续发展的未来
正确使用化学概念,科学理解化学概念并逐渐丰富概念结构	思考和学会学习
运用不同模型去描述和解释物质结构和化学现象	思考和学会学习

续表2 7~9 年级化学课程的学习目标(部分)

学科目标	横向能力
批判地使用和评估不同来源的信息,以化学学科的方式表达和论证不同观点	文化修养以及互动和表达 多元识读能力
认识科学知识的发展以及科学技术手段的发展	思考和学会学习 多元识读能力
理解有关物质结构和物质变化的基本原理	思考和学会学习
将化学知识与技能应用于跨学科学习模块,能在不同情境下应用化学知识	工作生活能力以及企业家精神

化学知识及其运用

芬兰于2016年8月开始实施的新的国家核心课程,其课程改革的核心目的是为学生提供适应未来所必需的知识与技能,并鼓励学生去学习。新的国家核心课程大纲提出每一学年每所学校至少有一次主题明确的多学科学习项目或课程,其目的是帮助学生建立各种知识及技能间的联系,将知识与技能和实际相联系,认识学校所学知识对社会、人类和自己生活的意义,将所学知识构建成为有意义的整体。这种多学科学习项目会更加有效地发展学生的横向能力,如发展交流与表达能力、工作生活能力以及参与和建设可持续发展未来的能力等。

图2为新的芬兰国家核心课程大纲描绘的学校教育文化、多学科教学和横向能力之间的关系图。即以现代教育理念指导下的学校文化是基础教育目标达成的基础,在此基础上构建与实施的学科教学和多学科教学是学校教育理念及学校文化的展现和具体化,进而实现以横向能力发展为核心的教育目标。

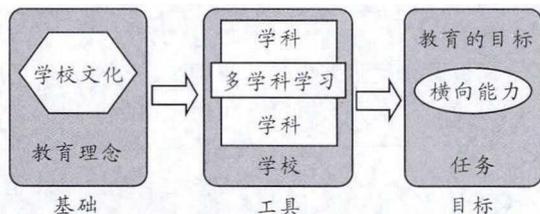


图2 学校教育文化、多学科教学和横向能力之间的关系

四、芬兰教育的启示

1. 加强教师职前教育

芬兰教师的教育、教法、学科和科研四位一体培养模式,使得教师不仅具有学科专业素养,还具有教育与教学法素养。教育实习与教育教学理论学习有机整合的方式尤其值得学习。相比芬兰半年的教育实习,我国师范生通常仅有1个月的学校实习,时间明显不足。建议我国适当提高中小学教师学历的要求,对教师职前教育进行整体规划,改进课程设计和教学方法,确保教师在入职前就已获得很好的职业胜任力和自主专业发展能力。

2. 提高教师准入门槛

芬兰选择高素质且有热诚的学生进行严格的教师培养,保证了教师入职的水平和对教育的自觉性。这就使得不论任职于城区还是郊区的教师都很优秀,从教师层面就避免了教育的不均衡。建议我们也要适当提高教师的准入门槛,通过科学的选拔方式把那些优秀的学生纳入教师队伍,避免所谓“根本就不是当老师的料”的人进入教师队伍,从而导致职后培训成本高,培训效果不理想。

3. 对新教师进行职后师范教育

我国中小学教师的选拔并没有在制度层面规定其必须接受正规的师范教育,所以有很多非师范专业的毕业生通过参加教育学的考前辅导就考取了教师资格证,但其教育理论水平和教学法知识都非常薄弱。笔者接触到的中学新教师中就有一些教师虽然学历比较高,但对中学课堂教学十分陌生,职前也完全没有教育实习经历,这样的教师一开始进行课堂教学时,不知道如何基于学生的经验和基础进行教学,不能与学生进行有效的互动交流。因此,建议在制度层面要求没有接受过师范教育的新教师要到指定机构接受为期1~2年的师范教育,通过科学的教育硕士课程切实提高新教师的教育教学能力。

4. 减少不必要的竞争性评价与考试

在我国,虽然不能对教师完全不评价,但要改变对教师的评价方式,要避免把教师置于过度竞争的环境之中,使教师为了所谓的排名而急功近利。也不要过于强化用各种赛课或奖项来评价教师,使得一些教师忙于应对比赛,而忽视了自己的本职工作。

我们的中小学也应尽量减少不必要的竞争性考试,因为这些考试占用了学生大量的学习时间,甚至消磨了学生学习的热情。例如,因为区里要进行统测,某小学的教师为了得到好成绩,印制大量的题目让学生练习和记忆,这种做法完全背离了科学教育的本质。再比如,初中化学的教学内容按计划应该一年学完,但很多学校为了让学生应对中考,仅用半年时间就把本需一年的教学内容讲完,剩下的时间就是大量做题。如果减少了竞争性考试,就可以减少师生应对考试的训练时间,学生可以拥有更多时间来发展兴趣、爱好和能力。

5. 建构为学生未来发展提供支持的课程

一个国家的基础教育质量除受到教育政策影响外,最重要的决定因素是教师和课程。优秀教师可以建构、优化课程,而优秀的课程也会指导和引领教师的教学走向高质量。目前,我国很多教师的教育教学理念已不落后,但缺乏自主构建优秀课程的条件及能力,因此,如何构建为学生未来发展提供持续支持的课程就显得重要且迫切。在我国也需要首先勾勒出学生未来发展所需要的核心知识与能力,组织优秀专家团队构建系统化、具体化、可操作化的教学课程,以促进基础教育质量的提升。

(本文编辑:夏青)

静电复印模拟实验改进与教学活动设计

周玉芝

(北京教育学院化学系 北京 100120)

(收稿日期:2016-10-22)

摘要:静电现象及其在生活和生产中的应用是中学物理的重要教学内容,其中静电复印机原理内容是帮助学生了解静电现象及其应用,促进用物质的微观模型和电荷守恒定律分析静电现象的重要教学素材,静电复印机发明故事还是进行创新教育的好素材.因此开发出揭示静电复印原理本质且直观明了的实验教具对以上教学目标达成具有重要支持价值.笔者用复印机所用墨粉和有机玻璃板进行静电潜像的显像,揭示了静电复印的基本原理,拉近了静电复印模拟实验与真实静电复印过程的距离,可以帮助学生更好地理解摩擦起电、静电及其应用等知识.笔者还针对课程标准的相关要求提出了教学活动的设计建议.

关键词:静电复印 静电潜像 实验改进

1 研究背景

《普通高中物理课程标准》中提出:了解静电现

象及其在生活和生产中的应用;用物质的微观模型和电荷守恒定律分析静电现象;认识点电荷间的相互作用规律;收集有关电磁领域重大技术发明的资

- 5 李未,陈小玲.工科院校大学物理开放实验教学模式探讨与实践.大学物理实验,2011,24(8):97~99
- 6 李淑青.开放物理实验 促进学生主动学习.实验室研究与探索,2010,29(8):133~135
- 7 廖庆敏,秦钢年.建立开放实验室 提高学生的实践能力和创新能力.实验室研究与探索,2010,29(4):162~165
- 8 李健文,王锋,邱深玉,等.应用型本科院校物理实验教

- 学体系的构建与实践.南昌工程学报,2010,29(5):67~70
- 9 高兴茹,倪苏敏,宗广志.应用型大学物理实验教学体系的改革与探索.北京联合大学学报(自然科学版),2011,25(3):86~88
- 10 钟家富,刘丽,何志伟.应用型本科院校大学物理实验教学改革的思考.物理通报,2015(4):10~12

The Open University Physics Experiment Adapting Transformation Development of *Application — oriented Universities*

Li Shuqing Dang Yanan Li Ze Niu Jiaoyue

(Department of Science, Taiyuan Institute of Technology, Taiyuan, Shanxi 030008)

Abstract: The paper takes the open situation of Taiyuan Institute of Technology physics experiment center as an example, and details the school open physics laboratory mode and system and the results. Then it analyses the problems and the insufficiency, and put forward the effective method to solve the current problems, which is establishing the experiment center of big width room, building physical experiment team, improving the system of open experiment, and organizing competition so as to absorb more students to participate in the opening experiment. At last, the open university physics experiment can adapt undergraduate colleges transformation development.

Key words: open the university physics experiment; applied newly — established college; competition; UIRP

料;从历史角度认识这些技术发明对人类生活方式、社会发展所起的重要作用^[1]。

而对于学生来说,要达成以上学习目标,实验手段是必不可少的。虽然学生在日常生活中能感知静电的存在,但因无法用视觉可见,加之还涉及电学和物质组成与结构等的知识综合,所以很多学生感觉对静电理解起来很困难,对静电复印原理也是知其然而不知其所以然。

为帮助学生认识静电复印原理,有教师用易拉罐、粘贴纸、粉笔灰等设计了一套模拟静电复印的实验。该实验尽管模拟了静电复印过程,但粉笔灰不是靠静电力吸附上去的,因而没有体现静电复印的本质^[2]。

有教师利用电视机屏幕,用手在屏幕上写字,然后在屏幕上拍打蘸有痱子粉的棉花,飞扬的痱子粉就会被吸附在屏幕上,但手写过字的地方几乎没有痱子粉,从而说明静电复印是利于静电有选择地吸附碳粉进行复印的^[3]。

还有教师设计的是在有机玻璃板上用丝绸摩擦出字体,然后撒上木屑或面粉来显现字形^[4,5]。

以上静电复印模拟实验的现象比较明显,但用痱子粉、面粉等显影体现的是带电体有吸引轻小物体的性质,与真实的静电复印原理还有一点儿区别。笔者采用复印机实际所用墨粉进行静电复印模拟实验,该实验可以有效地揭示静电复印的基本原理,有利于学生理解静电复印的过程,理解静电学相关知识。

2 实验方法及实验原理

2.1 实验材料

有机玻璃板 1 块,PP 塑料板 1 块,丝绸 1 块,复印机用墨粉(可使用从废弃墨盒中取出的残余墨粉),小刷子 1 把。

2.2 实验方法

(1) 将有机玻璃板与地面接触,使其表面静电释放。然后用小刷子蘸上墨粉,将墨粉轻撒在有机玻璃板上,然后倾斜有机玻璃板,并用刷子尖将附在板上的浮粉轻轻扫去。实验现象是有机玻璃板上只残留个别墨粉,墨粉与有机玻璃板之间没有明显的吸附作用。

(2) 取相同材料的另一块有机玻璃板,将有机

玻璃板与地面接触,使其表面静电释放。然后把有机玻璃板放在桌面上,用丝绸在有机玻璃板上用力擦划一个字形,每个笔画反复擦划 7~8 次。观察有机玻璃板面,发现有机玻璃板面上没有肉眼可见的痕迹。

(3) 用小刷子蘸上墨粉,将墨粉轻撒在有机玻璃板上,然后倾斜有机玻璃板,并用刷子尖将附在板上的浮粉轻轻扫去。这时可以看到有机玻璃板上清晰地显现出来前面用丝绸擦划出的字形,如图 1 所示。

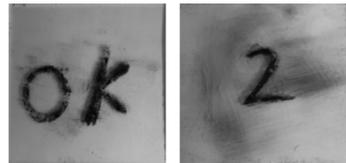


图 1 墨粉在有机玻璃板上显现静电潜影

2.3 实验原理

当用丝绸摩擦有机玻璃板后,由于有机玻璃板相比丝绸更容易失去电子,有机玻璃板表面的一些电子转移到丝绸上,因此有机玻璃板表面带正电。而复印机墨粉是带负电荷的,正负电荷相吸引,所以墨粉就吸附在有机玻璃板面被丝绸摩擦过的地方,即将静电潜像显现出来。

为了说明墨粉吸附在有机玻璃板上是靠正负电荷的吸引作用,可以用 PP 塑料板作对比实验。当用丝绸摩擦 PP 塑料板后,根据摩擦起电顺序^[6],PP 塑料板表面带负电荷。这样,表面带负电荷的 PP 塑料板就会排斥带同种负电荷的墨粉。图 2 是笔者用丝绸在 PP 塑料板上反复擦划一个“2”的笔迹,然后用小刷子蘸上墨粉,将墨粉轻撒在 PP 塑料板上,然后用刷子将墨粉在板上反复扫几下。可以看到,在用丝绸擦划过的地方对墨粉有排斥作用,颜色明显淡于其他地方。



图 2 墨粉在 PP 塑料板上显现静电潜影

用墨粉显现有机玻璃板上用丝绸摩擦出的字迹

实验和用墨粉显现 PP 塑料板上用丝绸摩擦出字迹的对比实验,以及结合墨粉与未经摩擦的有机玻璃板间不吸附的实验,说明墨粉之所以吸附在有机玻璃表面用丝绸摩擦出的笔迹上面,是因为字迹带正电荷,墨粉带负电荷,正负电荷相互吸引,这样字形就通过墨粉显现出来.此实验反映的就是静电复印的基本原理.

3 教学活动设计建议

(1) 认识复印机发明的意义.请学生感受把一段文字抄写下来和用复印机复印出来的速度对比,讨论现代复印机在我们的日常生活和文化传播等方面作用,认识复印机发明的意义与价值.

(2) 提出问题.文字为什么能在复印纸上显示出来?

学生会发现文字之所以能在复印纸上显示出来,是因为墨粉吸附在纸上,而且恰好吸附在文字的笔画上,这样字迹就出现了.

(3) 提出问题.墨粉为什么能吸附在复印张上?

此问题是学生现阶段无法回答的,他们带着这个疑问进行上述实验.当学生进行了用墨粉将有机玻璃板上丝绸所摩擦出的文字显形实验后,教师可以告诉学生墨粉带负电荷,请学生分析墨粉将有机玻璃板上丝绸所摩擦出的文字显形的原因.这时学生能够分析出丝绸与有机玻璃板因摩擦起电,有机玻璃带正电荷,因此可以吸引带负电荷的墨粉.

为了验证以上的分析,请学生换一块塑料板重复上述实验,这时学生会看到墨粉被排斥的现象.教师为学生提供摩擦起电顺序表,学生会知道墨粉被排斥是因为这种塑料板与丝绸摩擦后带负电,所以会排斥带负电荷的墨粉.

(4) 明确静电复印原理

通过图示明确静电复印机的工作原理与大家做的第一个实验的原理是相同的,即首先在一个滚筒的表面制造出带电荷的字迹(也叫静电潜像),然后与带异号电荷的墨粉相接触,墨粉就会把静电潜像显现出来.接下来把形成的墨粉像与表面带正电荷的复印纸接触,墨粉像就转印到复印纸上,后续再经过高温,墨粉中的树脂融化从而使墨粉牢固地附着在复印纸上.

(5) 静电复印机发明的启示

学生阅读美国发明家卡尔逊发明静电复印机的故事,了解卡尔逊是如何利用光敏材料制造出静电潜像,认识静电复印技术是静电知识的创新性应用,静电复印机的问世也结合了其他领域的知识与技术,使学生了解一项发明创造需要运用综合的知识与技术,还要有锲而不舍的精神和创新的意识.

4 小结

本研究发现可以用复印机墨粉和有机玻璃板进行静电复印模拟实验.当用丝绸摩擦有机玻璃板后,有机玻璃板表面带正电,复印机墨粉是带负电荷的,正负电荷相吸引,墨粉将静电潜像清晰地显现出来.本实验改进可以拉近静电复印模拟实验与真实静电复印过程的距离,帮助学生更好地理解静电及其应用.此外,如果将实验材料拓展为 PP 塑料板,则所进行的对比实验能够帮助学生关注摩擦起电及摩擦起电顺序,认识到物质表面因摩擦而带静电的原因是不同材料的组成与结构不同,有的材料含有易失电子的基团,在与另一种材料摩擦时就会因失去电子而显正性,而另一种物质表面因带有多余电子而显负性.

本研究也设计了认识复印机原理与发明价值的教学活动,希望学生既认识到掌握基本科学原理的重要性,同时知道将科学原理用于发明创造还要有哪些思维和精神品格,培养学生对科学与创新的热爱与追求.

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.北京:人民教育出版社,2003
- 2 徐志琴.静电复印的模拟演示.物理教师,2013(6):47~48
- 3 王嘉年.静电复印.小朋友,2003(Z1):58~59
- 4 夏丽.一个非常规物理实验引发的思考——模拟静电复印.中学物理教学参考,2012(4):46~47
- 5 王立斌.静电潜像实验的改进研究.物理教学,2014(8):17~18
- 6 吴金成.二次电子发射过程与固体材料静电起电的理论研究:[硕士学位论文].广州:华南理工大学,2013.25

立项证书

课题类别：北京市教育学会“十四五”教育科研课题 2021 年度一般课题

课题名称：大概念统摄下的初中数学整体性教学的实践研究

课题负责人：张东

课题编号：CYYP2021-100

证书编号：000515



北京市教育学会

立项证书

课题类别：北京市教育学会“十四五”教育科研课题 2021 年度一般课题

课题名称：大概念视角下初中函数单元教学实践研究

课题负责人：崔佳佳

课题编号：ZXSXYB2021-025

