

摘要

学科领域知识(Disciplinary Domain Knowledge)是指学生所拥有的关于某个特定学科领域内的所有知识,具体而言是关于某一学科当中的某些具有一定相关性、逻辑性、操作性的知识按其知识属性、认知特性而加以组织形成的知识组块和认知操作图式,包括学理内容,认知过程和问题条件三类知识。已有研究表明,在问题解决中,丰富且结构良好的领域知识能够提高问题表征的效率,而在物理问题表征体系的研究中也得出,学习是影响学生物理问题表征体系的其中一个重要因素。本研究以初中物理学科知识为研究对象,探讨学科领域知识对物理学科问题表征体系的影响及其作用机制。

研究一以 207 名初中八年级学生作为被试,使用自编物理学科领域知识调查问卷调查学科领域知识与物理学业成绩之间的关系。结果显示:(1)绩优组、中等组与绩差组在学科领域知识总体水平上存在显著差异;(2)在学理内容知识纬度上,三组学生差异不显著,在认知过程知识纬度上绩优组成绩显著高于中等组和绩差组,而中等组成绩显著高于绩差组。在问题条件知识纬度上,绩优组得分显著高于中等组和绩差组,但是,中等组和绩差组的差异不显著。

研究二以 20 名学生作为被试,使用口语报告法研究学科领域知识丰富组与贫乏组学生在物理经典电路黑箱体解决中问题表征体系的动态差异。结果显示:(1)丰富组与贫乏组在文字表征层次起始时间和持续时间上无显著性差异;(2)丰富组与贫乏组在朴素表征和物理表征层次起始时间和持续时间上存在显著性差异,丰富组优于贫乏组。

研究三以前两个研究结果以及教师访谈结果作为现实依据,以学科领域知识教学策略理论为指导针对初中物理八年级《电流与电路》知识单元做学科知识领域化的改组,以 237 名学生作为被试,使用补充式策略进行教学实验。结果显示:(1)实验组与对照组绩优生 in 单元测验得分上差异不显著;(2)实验组与对照组中等生和绩差生两个层次学生在单元测验得分上差异显著,实验组优于对照组。

研究四以参与研究三中教学实验操作的全部学生为被试,以附带不同图形表征的电路完成题为操作任务,使用 E-PRIME 实验软件考察实验组和对照组不同学业层次学生在不同题型解决中问题表征的正确率与反应时。结果显示:(1)实验组的中等生和绩差生

在三种题型上相比较对照组中等生和绩差生正确率更高，反应时更低，但实验组绩优生只在无图题表征反应时上低于对照组绩优生，其余指标与对照组绩优生无显著性差异；

（2）不同学业成绩层次的学生在三种题型上的正确率和反应时存在显著差异，其中绩优生优于中等生，中等生优于绩差生；（3）学生在三种题型上的正确率和反应时存在显著差异，其中电路图题正确率最高，反应时最低，其次为示意图题，最后为无图题。

关键词：领域知识；学科领域知识；学科领域知识教学；物理问题表征体系

Abstract

Disciplinary Domain Knowledge refers to all the knowledge students acquired on one specific area. In detail, it means knowledge plates and cognition process schema that integrated from the knowledge commons in correlation, logic, and operation by its disciplinary and cognitive attributes. The knowledge is divided into doctrinal content knowledge, cognitive process knowledge and problematic condition knowledge. According to the current studies, in knowledge study, domain knowledge can improve the efficiency of the problem representation. This research chose the knowledge of physics as the research object to explore how Disciplinary domain knowledge study acts on students' physics question representation.

Research one investigate the relationship between the Physical Academic performance and Disciplinary Domain Knowledge by using Physical Disciplinary Domain Knowledge Questionnaire with 207 grade eight students. The results showed : (1)there is Significant difference in the overall level of Disciplinary Domain Knowledge among students in high,medium and low grades level; (2)In the part of Declarative Knowledge,there is no difference among three groups of student,but In the part of Procedural Knowledge,students in high grade level were better than students in medium and low grades level,students in medium grade level were better than students in low grade level;In the Conditional Knowledge,the students in high grade level were better than students in medium and low grades level.

Research two investigate the difference of Physical problems representation system between Disciplinary Domain Knowledge-rich students and Disciplinary Domain Knowledge-poor students by using Oral Report Method with 20 students. The results showed : (1)In the Text Representation Level,there was no significant difference between Disciplinary Domain Knowledge-rich students and Disciplinary Domain Knowledge-poor students; (2)In the Simple Representation Level and Physical Representation Level,there were significant differences in Start-Time and Response Time between Disciplinary Domain Knowledge-rich students and Disciplinary Domain Knowledge-poor students,the Disciplinary Domain

Knowledge-rich students were better than the Disciplinary Domain Knowledge-poor students.

Research three was based on the results of the first two research, Instructed by the basic construction of Disciplinary Domain Knowledge, the research made the teaching unit of "Electric current and circuit "into modules domains. And by the supplying of necessary knowledge to the teaching units, Disciplinary Domain Knowledge teaching modules is constructed, then operate the Teaching-Experiment with 237 students. The results showed : (1) In the unit exam scores, there was no significant difference between the students in high grade level in the experimental group and the students in high grade level in the matched group; (2) there was significant differences between the students in medium and low grades level in the experimental group and the students in medium and low grades level in the matched group, the c were better than the matched group.

Based on the research three, research four investigate the differences in Correct Rate and Response Time of solving Physical problem with different gram among students in high, medium and low grades of level of the experimental group and the matched group, by using E-PRIME experimental technique. The results showed : (1) In all the three types of problems, the Correct Rate of the students in medium and low grades level of the experimental group were higher than the students in medium and low grades level of the matched group, the Response Time of the students in medium and low grades level of the experimental group were shorter than the students in medium and low grades level of the matched group, but in the type of no-gram problem, the Response Time of the students in high grade level of the experimental group was shorter than the students in high grade level of the experimental group; (2) there were significant differences in the Correct Rate and the Response Time among students in different grade level; (3) there were significant differences in the Correct Rate and the Response Time among different type of physical problem.

Key Words: Domain Knowledge; Disciplinary Domain Knowledge; Teaching of Disciplinary domain knowledge; Physical problems representation system

目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	III
引言.....	1
第一章 研究综述.....	2
1.1 领域知识的研究成果.....	2
1.1.1 领域知识概念的提出.....	2
1.1.2 领域知识对认知操作影响的研究.....	3
1.2 学科领域知识的理论研究.....	5
1.2.1 学科领域知识概念的提出.....	5
1.2.2 学科领域知识的理论内涵.....	6
1.2.3 学科领域知识的理论特性.....	7
1.2.4 学科领域知识的补充式教学策略.....	8
1.3 物理学科问题表征的相关研究.....	9
1.3.1 问题表征以及物理问题表征的理论内涵.....	9
1.3.2 物理学科问题表征的国内外研究成果.....	10
1.3.3 不同图形对物理问题表征影响的研究.....	11
1.4 物理学科学习与学科领域知识研究.....	12
1.4.1 物理学科领域知识学习中的工作记忆研究.....	12
1.4.2 物理学科领域知识学习中的问题信息提取研究.....	13
第二章 研究设计.....	14
2.1 问题提出.....	14
2.2 研究意义.....	15
2.3 研究假设.....	15
2.4 研究思路及研究程序.....	16
2.4.1 研究思路.....	16

2.4.2 研究程序.....	17
第三章 物理学科领域知识与学业成绩关系研究.....	19
3.1 研究目的.....	19
3.2 研究假设.....	19
3.3 研究方法.....	20
3.3.1 研究对象.....	20
3.3.2 问卷的编制.....	20
3.3.3 研究程序.....	23
3.4 数据分析.....	23
3.5 讨论.....	25
3.6 小结.....	26
第四章 不同学科领域知识丰富程度学生物理问题表征体系动态差异研究.....	28
4.1 研究目的.....	28
4.2 研究假设.....	29
4.3 研究设计.....	30
4.4 研究方法.....	30
4.4.1 被试分组.....	30
4.4.2 实验材料.....	30
4.4.3 实验过程.....	31
4.5 数据分析.....	32
4.6 讨论.....	34
第五章 物理学科领域知识的补充式教学实验.....	37
5.1 物理学科知识领域化的理论依据及现实依据.....	37
5.1.1 物理学科知识领域化的理论依据.....	37
5.1.2 物理学科知识领域化的现实依据.....	37
5.2 学科领域知识单元的改编.....	39
5.3 教学实验的设计与实施.....	44
5.3.1 研究目的.....	44

5.3.2 研究假设	44
5.3.3 研究设计	44
5.3.4 研究方法	45
5.4 数据分析	46
5.5 讨论	47
第六章 学科领域知识教学对物理问题表征体系影响的实验研究	48
6.1 研究目的	48
6.2 研究假设	48
6.3 研究设计	48
6.4 研究方法	49
6.4.1 研究对象	49
6.4.2 实验材料	49
6.4.3 实验程序	50
6.5 数据分析	51
6.6 讨论	53
6.6.1 从线索提取的角度看补充式教学实验效果	53
6.6.2 从物理问题表征体系理论的角度看补充式教学的效果	55
第七章 综合讨论及研究总结	57
7.1 综合讨论	57
7.1.1 物理学科领域知识的结构的完整性影响了学生的学业成绩	57
7.1.2 学科领域知识丰富性影响了学生物理问题表征体系的动态特征	58
7.1.3 学科领域知识补充式教学对学生物理学科学习产生了积极的影响	59
7.2 研究总结	60
7.2.1 研究的创新	60
7.2.2 研究的不足和展望	60
参考文献	61
中文参考文献	61
英文参考文献	63

附录 1.....	68
附录 2.....	72
附录 3.....	76
附录 4.....	79
致谢.....	82

Content

Chinese Abstract.....	I
English Abstract	III
Introduction	1
1.Studies review	2
1.1 Research on Domain Knowledge.....	2
1.1.1 The Origin of Domain Knowledge.....	2
1.1.2 Research on Domain Knowledge and Cognitive Operation	3
1.2 Research on Disciplinary Domain Knowledge	5
1.2.1 The Origin of Disciplinary Domain Knowledge.....	5
1.2.2 The Concept of Disciplinary Domain Knowledge.....	6
1.2.3 The Character of Disciplinary Domain Knowledge.....	7
1.2.4 Supplemented Strategies in the Teaching of Disciplinary Domain Knowledge	8
1.3 Research on Physical Problem Representation	9
1.3.1 The Concept of Problem Representation and Physical Problem Representation.....	9
1.3.2 Research Results on Physical Problem Representation of Domestic and Foreign ...	10
1.3.3 Research on the Influence to the Physical Problem Representation by Different Graphics	11
1.4 Research on Physical Study and Disciplinary Domain Knowledge.....	12
1.4.1 Research on Working Memory in Learning of Physical Domain Knowledge.....	13
1.4.2 Research on Problem Information Extraction in Learning of Physical Domain Knowledge	13
2.Research Question and Research Design	14
2.1 Research Question.....	14
2.2 Meaning of Research.....	15
2.3 Research Hypothesis	15

2.4 Research Thinking and Research Procedures	16
2.4.1 Research Thinking.....	16
2.4.2 Research Procedures	17
3.Research on the Features of Physical Disciplinary Domain Knowledge Representation in junior high school	19
3.1 Research Purpose	19
3.2 Research Hypothesis	19
3.3 Research Method.....	20
3.3.1 Research Object	20
3.3.2 Research Tool	20
3.3.3 Research Procedures	23
3.4 Data Analysis.....	23
3.5 Results and Discussion.....	25
3.6 Summary	26
4.Research on the Differences of Physical Problem Representation System in Students with Rich and Poor Physical Disciplinary Domain Knowledge	27
4.1 Research Purpose	27
4.2 Research Hypothesis Research Method	28
4.3 Research Design.....	28
4.4 Research Method.....	28
4.4.1 Test Group	28
4.4.2 Research Materials	29
4.4.3 Research Procedures	29
4.5 Data Analysis.....	31
4.6 Results and Discussion.....	33
5. The Supplemental Teaching Experiments Physical Domain Knowledge	36
5.1 The Theory and Realistic Basis of Organization of Teaching Units of Disciplinary Domain Knowledge.....	36

5.1.1 The Theory Basis of Organization of Teaching Units of Disciplinary Domain Knowledge	36
5.1.2 The Realistic Basis of Organization of Teaching Units of Disciplinary Domain Knowledge	36
5.2 The Organization of Teaching Unit in Disciplinary Domain Knowledge.....	38
5.3The Design and Implement of Teaching Experiments	43
5.3.1 Research Purpose	43
5.3.2 Research Hypothesis	43
5.3.3 Research Design.....	43
5.3.4 Research Method.....	44
5.4 Data Analysis.....	44
5.5 Discussion	45
6.Research on the Influence to the Physical Problem Representation by Disciplinary Domain Knowledge Teaching.....	47
6.1 Research Purpose	47
6.2 Research Hypothesis	47
6.3 Research Design.....	47
6.4 Research Method.....	48
6.4.1 Research Object.....	48
6.4.2 Experimental Material.....	48
6.4.3 Process of Experiment.....	49
6.5 Data Analysis.....	49
6.6 Discussion	52
6.6.1 The effect of Supplimental Teaching Experiment in aspect of Clue Extracrion	52
6.6.2 The Effect of Supplimental Teaching Experiment in aspect of Physical Problem Representation System	53
7. Comprehensive Discussion and Summary	56
7.1 Comprehensive Discussion	56

7.1.1 The Integrity of Physical Disciplinary Domain Knowledge has influence on students' grade level	56
7.1.2 The Richness of Physical Disciplinary Domain Knowledge has influence on students' Dynamic Character of Physical Problem Representation	57
7.1.3 The Supplemental Teaching Experiments has positive influence on students' study on Physical Discipline	58
7.2 Summary	59
7.2.1 Innovation of the Research.....	59
7.2.2 Limitation and Perspective of the Research.....	59
Reference.....	60
Chinese Reference.....	60
English Reference	62
Appendix1	67
Appendix2	71
Appendix3	75
Appendix4	78
Acknowledgement	82

引言

领域知识是美国心理学家 Alexander 根据专家专长研究的启发而引入个体的知识学习研究中的一个概念，她将知识表征为陈述性知识（declarative knowledge）、程序性知识（procedural knowledge）和条件性知识（conditional knowledge）。认知心理学研究者从领域知识的概念中开启了新的研究视角。而已有的对于领域知识的研究成果证实了领域知识是某一特定领域里智能活动的核心因素，该领域中知识表征的形式影响着学习者在该领域的知识习得；而学习者问题表征体系的差异主要受认知类型以及学习（包括了课本学习以及生活经验的学习）等因素的影响。因此我们可知学习者问题表征体系的差异同样受到了该领域中知识表征的影响。

随着近 20 年来国内外学者关于领域知识和认知学习研究的不断深入，领域知识开始向教学研究的范畴迁移，国内学者蔡笑岳提出了学科领域知识（Disciplinary Domain Knowledge）的概念，将某一个学科当中的某些具有一定相关性、逻辑性、操作性的知识按其知识属性、认知特征而加以组织形成知识组块和认知操作图式，具体而言包括学理内容，认知过程和问题条件三类知识。黄燕佩、赵荣军、何伯锋等人在具体学科学习与学科领域知识研究中针对学科领域知识学习中学习者的工作记忆、信息提取等认知机制的研究也取得了一定成果。

而在物理问题表征的研究方面，国内外也有着比较丰富的成果，McDemott 和 Larkin 提出了物理问题表征的四层次理论，给物理问题表征的研究者们提供了一个新的视角和理论基础；在此基础上，国内学者廖伯琴同时又依据了 Anzai 的问题解决模式理论，提出了物理问题解决的表征体系，该理论认为物理问题表征体系是由物理问题表征的四个层次的动态发展及其相对来说比较稳定的静态特征所组成的，而物理问题表征的四个层次则分别为文字表征层次、朴素表征层次、物理表征层次（或称科学表征层次）和数学表征层次。

基于以上所提到的研究背景，本研究将初中物理学科知识学习称为一种学科领域知识学习，探讨物理学科领域知识教学的具体操作、应用价值及考察学科领域知识学习中学生物理问题表征体系的差异。

第一章 研究综述

1.1 领域知识的研究成果

1.1.1 领域知识概念的提出

领域知识是一个来自人工智能的心理概念，它的提出帮助人们了解专家型个体的认知结构和问题解决策略。从它提出之后，心理学研究者对它给予了极大的关注和研究，取得了丰硕的成果。领域知识的研究开始于上个世纪的 60 年代。当时的研究者采用“专家—新手”的研究方式，探究专家型选手与新手性选手在记忆国际象棋棋谱的差异。研究发现专家型选手由于具有高的国际象棋领域知识因而取得更高的棋谱载入率（Groot, 1965）。在接下来的 20 年中，不少研究者也做了同样类型的研究，得出了一致的结论（Chase, 1973; Chi, 1978）。^[1]在前人研究的基础上，Alexander 将领域知识研究与学生的发展教育问题结合起来，丰富了领域知识的教育内涵。Alexander（2004）以幼儿园学生作为研究对象，发现领域知识有助于策略的优化。^[2]

Alexander 除了研究领域知识的教育功能外，还提出了条件性知识的概念。她认为传统的知识分类忽视了问题情景解决的策略。这些问题策略有助于提升学生的问题表征效率。因此，她提出了陈述性知识、程序性知识以及条件性知识的三维知识模型，具体来说，即领域知识是个体关于某个特定领域的所有知识，由陈述性知识（Knowing What）、程序性知识（Knowing How）以及条件性知识（Knowing When and Why）这三部分组成。^[3]条件性知识的提出为人们研究知识学习和问题表征提供了一个新的视角。除了

[1] Lawless K A, Kulikowich JM. Domain knowledge and individual interest: The effects of academic level and specialization in statistics and psychology. *Contemporary Educational Psychology*. 2006, 31 (1): 30-43.

[2] Joyce M. Alexander, Kathy E. Johnson. Constructing domain-specific knowledge in kindergarten: Relations among knowledge, intelligence and strategic performance. *Learning and Individual Differences*, 2004, (15):35-52.

[3] Alexander P A, Judy J E. The interaction of domain-specific and strategic knowledge in academic performance .*Review of Educational Research.*, 1988, 58 (4): 375-404.

Alexander, 一些学者也从教育的角度出发,发现领域知识对建构知识和认知发展具有积极的意义 (Johnson, 1994; Carey, 1999)。

M. D. Hondt 和 T. D. Hondt 将领域知识概括定义为“一个源于人工智能领域的术语,是指在某一领域内的概念、概念之间的相互关系以及有关概念的约束的集合,具有知识本身所具有的所有属性的特点”^[1]。很长一段时间以来,国内外学者在教育研究过程中都把领域知识作为研究的重要途径^[2]。

1.1.2 领域知识对认知操作影响的研究

随着国内皮连生教授提出的智力的知识观,人类智能活动中知识的作用机制不断得到证实,领域知识在人工智能以及专家专长中发挥的关键作用被从不同角度得到证实。随着关注专家专长的研究向广泛的知识学习领域延伸,具有系统的组织结构的领域知识越来越受到关注。众多研究者们从领域知识的角度考察和探讨个体在知识学习中的认知心理机制,目前引起广泛关注的研究成果主要集中在以下几个方面:

(1) 领域知识与工作记忆

工作记忆和领域知识在个体的认知行为上表现出的积极的作用已被各项研究不断证实,在个体认知活动中,关于工作记忆和领域知识的作用,目前的研究形成了三个理论模型。^[3]

第一种是补偿模型 (Compensation Model),该模型指出高领域知识能在认知任务中对低工作记忆的不足进行补偿,特定领域的领域知识的丰富性可以替代工作记忆容量所起到的作用,Ackerman 和 Kyllonen 进行了论证,证实了这种“补偿”的可能性,他们认为,在工作记忆和领域知识之间存在一种联系,因此,拥有特定的知识能够替代工作记忆容量。Fincher 和 Kiefer 等曾对棒球比赛知识高低两种水平的被试进行了特殊阅读记忆广度测试。结果发现高水平的棒球知识促进了工作记忆广度。

第二种是独立作用模型 (Independent Influence Model),该模型认为,在认知任

[1] Lawless K A, Kulikowich JM. Domain knowledge and individual interest: The effects of academic level and specialization in statistics and psychology. *Contemporary Educational Psychology*. 2006, 31 (1): 30-43.

[2] Joyce M. Alexander, Kathy E. Johnson. Constructing domain-specific knowledge in kindergarten: Relations among knowledge, intelligence and strategic performance. *Learning and Individual Differences*, 2004, (15):35-52.

[3] 蔡笑岳,苏静.工作记忆与领域知识在个体认知行为中的作用[J].心理与行为研究,2008 第4期,306-310.

务中，工作记忆容量是一种在个体的认知行为中独立起作用的操作机制，是基本的潜在的操作机制。在特定的认知领域中，个体拥有的领域知识丰富程度对认知任务的贡献是毋庸置疑的。

第三种是富者更富模型（Rich-get-rich Model），该模型认为，工作记忆和领域知识是特定领域认知任务中同时存在的两个重要的认知因素，高工作记忆容量能进一步加强领域知识在认知任务中的促进作用。

在之后的研究中，Hambrick 和 Engle (2002) 发现，被试的高工作记忆容量可能正是得益于被试拥有高水平的领域知识，即领域知识和工作记忆能够相互促进。尽管当前对领域知识和工作记忆之间可能存在的交互作用机制有着不同的解释，但是关于领域知识对工作记忆存在一定的增强效应的结论是被普遍接受的。Hambrick 和 Engle (2002) 用“检索结构”（retrieval structure）来解释这种增强效应的心理机制。^[1]他们认为，检索结构是指记忆系统中一种稳定的，有组织的检索线索。这种检索线索实质上是由领域知识高度整合、抽象化后形成的知识图式，它能将长时记忆进行编码，同时根据认知任务的需要提取与当前认知任务相关的信息。在知识学习中，被试将新信息整合到已经存在的知识结构里时，需要对这些信息激活并维持一段时间。在这一个过程中，具体领域的检索结构能在长时记忆对新信息进行编码时维持相关信息持续激活，从而提高工作记忆的效率，提高了认知作业的成绩。

（2）领域知识与信息加工

在知识学习的研究中，发现领域知识对于新知识的获得具有很强的预测能力。换句话说，可以解释为丰富的领域知识能为新知识的获得提供了良好的基础，领域知识并且能够引导个体的注意，使被试的注意指向数目或特殊的环境元素。领域知识也可以帮助学习者做出判断，并据此来改变对新信息的评价以及获得。K. A. Lawless (2006) 在研究学生的学业成绩影响因素时也发现，领域知识不但将个体的注意引向了值得注意的特殊的环境因素，而且有助于个体判断新信息是否有意义，从而迅速表征正确的问题空间，选取恰当的问题解决策略。^[2]

[1] Hambrick D Z, Engle R W. Effects of Domain Knowledge, Working Memory Capacity, and Age on Cognitive Performance: An Investigation of the Knowledge-Is-Power Hypothesis[J]. Cognitive Psychology. 2002, 44(4): 339-387.

[2] Lawless, K. A. and J. M. Kulikowich, Domain knowledge and individual interest: The effects of academic level and specialization in statistics and psychology [J]. Contemporary Educational Psychology, 2006. 31(1): 30-43.

Alexander 与 Judy 通过研究指出,解决特定领域的问题时,高领域知识的学习者相比低领域知识的学习者而言更能执行高级的认知策略,且在进行认知操作时,其策略的执行效率更高。^[1]这一结论被随后一系列研究所证实。Schauble, Glaser, Raghavan 和 Reiner 等人的研究均发现,当学习者拥有高领域知识时,就能使用包含这一领域中知识的更高级的认知策略。

在解决具体领域的问题时,学习者的相关领域知识越多,他就能使用这些信息形成有效的策略和方法加工来自于该领域的新信息,从而获得新知识。这一观点与知识表征的重组开发智力模式的观点是相吻合的。该观点认为,包括了概念性、信念性、价值性、情感性的内容性知识和有关思考过程、认知过程、方式和管理这些过程的程序过程知识或是通过内隐的智力理论、认知理论起到方法论作用,或者是通过个体的知识背景起调节作用,或者通过智力技能组织方式直接影响智力操作,使认知活动更高效和成功。

1.2 学科领域知识的理论研究

1.2.1 学科领域知识概念的提出

国内学者蔡笑岳(2010)基于 Alexander 及她的同事关于领域知识的研究,同时参考了 Anderson、Gagne 的知识表征分类理论,在 Mayer 对知识表征分类理解的基础上,对国内中小学学科知识的特点加以充分考虑,对学科领域知识进行了定义,并对学科领域知识的结构进行了界定。^[2]

蔡笑岳将学科领域知识(Disciplinary Domain Knowledge)定义为个人所拥有的,关于某特定学科领域内的全部信息,具体而言,即关于某一学科当中的某些具有一定相关性、逻辑性、操作性的知识,按其知识属性以及认知特性而加以组织所形成的知识组块以及认知操作图式。因此,我们可以将某一学科内的全部知识表征为这一特定学科的学科领域知识,例如数学学科领域知识、物理学科领域知识等。特定的学科领域知识内,又包含了若干个具体的知识单元。若干个特定的学科领域知识加以组合,即构成完整的

[1]Alexander P. A., Judy J E. The interaction of domain specific and strategic knowledge in academic performance. Review of Educational Research. 1998, 58 (4): 375-404.

[2]蔡笑岳,何伯锋. 学科领域知识的研究与教学[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2010, 28(2): 43-51.

一个学科领域知识体系。由此，我们可以将学科领域知识理解为一个相对的概念，既可以用它来表征微观的、具体的知识单元，又可以用它来表征宏观的学科知识范畴。

1.2.2 学科领域知识的理论内涵

在每个特定的学科领域知识内部，包含了三种知识形态，分别为学理内容知识、认知过程知识以及问题条件知识。学科领域知识的组织结构就由这三种知识表征形态构成（如图 1-1）。^[1]

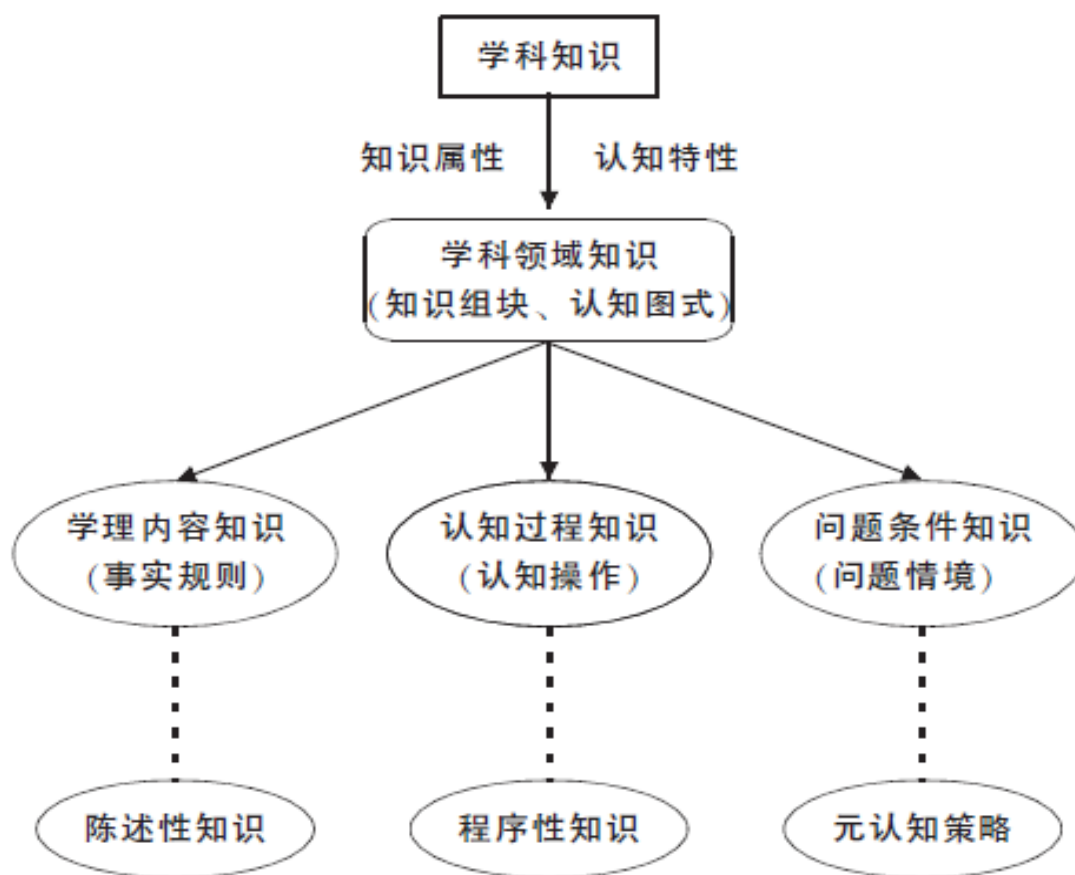


图 1-1 学科领域知识的结构及其特性

[1]何伯锋, 蔡笑岳, 潘玉萍. 学科领域知识教学内容的组织——以组构式策略编写学科领域知识教学单元[J]. 教育经纬, 2011 (8): 20-22.

学理内容知识指的是特定学科领域内的描述性知识，涵盖概念、原理、关系、规则等等反映事物的内容、属性的知识，这些知识往往用于描述事实或陈述观点等。学理内容知识是与陈述性知识相对应的，是在学科内可以通过有意识的提取线索来直接陈述的知识。从知识的作用上来看，这类知识是在学科领域中用来回答“是什么”的知识，它属于认知心理学中知识范畴的狭义定义。

认知过程知识指的是学习者在进行学科问题解决的过程中，那些反映认知操作和思考过程以及操作步骤的知识。认知过程知识是与程序性知识相对应的，认知过程知识的本质是存在于学科领域内的一套问题解决的操作规则或者程序，是某一学科领域的学习者对外部事物进行处理的程序，它是关于“怎么做”的知识，它属于认知心理学中认知技能的知识范畴。

问题条件知识指的是学习者处于特定的学科问题情境中时，那些与学科问题解决息息相关的条件性知识。问题条件知识表征了在特定的问题情境中学习者进行问题解决时对于使用已有知识的限制条件，以及对问题解决过程起到关键作用的信息。它是一种策略性的知识，用于支配和调控自身的认知过程。问题条件知识主要是用于解决“什么时候”以及“为什么”的问题，是与元认知策略相对应的一个概念。

1.2.3 学科领域知识的理论特性

学科领域知识对学科知识进行了重新表征，同时考虑了学科内容的特点（即知识属性的角度）以及知识学习的心理规律（即认知特性的角度）两个方面。传统的学科知识体系是按照学理内容的特性来进行表征，学科领域知识相比之结构清晰、功能完善，主要表现为以下三个特点：

（1）知识的完整性

学科领域知识由三类性质不同的知识有机构成，突出了知识体系的完整性和功能性。学科领域知识既包括静态的学理内容，例如原理、符号、概念等事实性知识；又涵盖了动态的认知过程知识，也就是认知策略、认知技能等操作性知识；同时还包含了与特定学科问题解决情境所相对应的特殊策略性知识，也就是问题条件知识。研究证实，动态的程序性知识、策略性知识是心智技能以及学习策略的核心，调节、控制着学习者在学科领域学习中使用已有知识和构建新知识。

（2）知识的交互性

学科领域知识三维结构并非由三类知识简单相加而成，而是一个有机的整体。学科问题解决涉及了从问题表征到设计解题计划到执行解题计划和对解题过程监控等一系列心理成分，在学习过程中，领域知识组块内各类知识发生交互作用，从而共同对学科问题解决产生影响。

（3）知识的动态性

Alexander 研究指出，在特定领域的学习中，学习者的知识结构会随着学习的深入不断发生重组，是动态变化的，而并非固定不变的。因此，即便是相同的知识，处在不同的认知图式和不同的学习阶段中，其作用都不同。学科领域知识同时依据知识的属性及学生在学习中的认知特征，对不同知识在特定领域中的不同作用作出了充分考虑，体现了动态性特点。

1.2.4 学科领域知识的补充式教学策略

国内研究者何伯锋，蔡笑岳提出了实现学科领域知识教学的补充式教学策略。补充式教学策略就是指在原有的学科知识体系基础上，不改变知识单元教学，以补充的方式使学习者将该领域相关知识组块纳入已有的知识体系中。在此过程中，通过教给学生一定的策略性知识，让学生有策略地对习得的知识在内部知识体系中进行重组表征，形成该学科的领域知识。通过补充式教学，首先能够使学生的知识体系趋于完整，更重要的是使学生对自己建构的知识体系能够进行重组和改造，使学生建构出结构良好且功能完善的知识组块以及认知图式。通过学生自己在内部重新表征后形成的学科领域知识组块较之先前的知识体系具有完整性、结构性、开放性和发展性的特点，在学生处于特定领域的问题情境中时可以迅速调用领域知识组块内的知识。

在使用补充式教学策略的过程中，学生自主建构学科领域知识要经过三个阶段：添加与组织；筛选与提炼；调整与重组。在第一阶段，学生对某具体知识进行理解并记忆，使之被添加到知识体系中，随着体系内知识的积累增多，知识组块便需要进行整理和组织。在第二阶段，学生会对已掌握的知识进行组织和进一步的提炼。因为掌握知识并不是说学生对教学内容在头脑中进行简单的复制，学生此时对知识已有自己的理解，这些理解也有可能是错误的。学生在建构知识网络时，首先只接受那些为自己所理解的知识，

并将之纳入自己已有的知识网络中，接着再将那些可广泛应用、迁移的方法类的知识放置在知识结构中最为突出的位置。知识掌握过程中学生需进行多次筛选和提炼。在第三阶段，学生可能依靠前一段的学习自主构建出特定领域的知识体系，但是随着学习的深入以及更多新知识的不断获得，新知识会与体系内原有的知识发生冲突。此时教给学生一定的策略使之对知识进行重组表征则显得必要，要引导学生理解、解释和预测那些与特定领域相关的信息，并融合性质相关的信息以形成结构化的认知图式以及知识组块。

[1]

补充式教学策略更强调学生的自主建构，突出了学生在学习过程中的主体性和能动性，其本质是建构主义的，强调学科领域知识的主体建构，即学科领域知识的内部建构。教师使用补充式教学策略时，不必对知识单元重新编写，而是在尽量保持原有知识体系的前提下，给学生补充必要的概念性知识、策略以及方法等知识。

1.3 物理学科问题表征的相关研究

1.3.1 问题表征以及物理问题表征的理论内涵

问题表征是问题解决的起始阶段，问题解决者对问题作出怎样的表征以及表征是否适宜，都会对问题解决产生重大的直接影响。^[2]认知心理学家认为：问题表征（problem representation）就是理解问题，它是问题解决者构建起来的关于问题的认知结构，是对觉察到的此问题的初始条件和约束条件的解释。也就是说，问题表征即是一个过程，是对问题的理解和内化；同时也是问题理解的结果，是问题在头脑中的呈现方式。Hegarty 和 Kozhevnikov（1997）将问题表征同认知结构相联系，肯定了问题表征是个体内部的信息加工过程，同时与个体拥有的一定知识结构、概念体系等等有着密切的联系。国内学者廖伯琴、黄希庭（1997）认为，简单来说，问题表征就是“问题解决者从问题刺激情境中提取信息、从记忆系统中回忆信息、在工作记忆中编码信息以形成对问题结构的心理图式”，或者说，问题表征是根据问题解决者已有的知识经验，结合问题所提供的信息，

[1]蔡笑岳,何伯锋.学科领域知识的研究与教学[J].华东师范大学学报(教育科学版),2010,6:43-55.

[2]王甦,汪安圣.认知心理学[M].北京大学出版社,1992:288-292.

发现问题的结构，以此构建问题空间的过程，也就是把外部的刺激转换为内部的心理符号的过程。^[1]因此，我们可以说问题表征不仅是指对于问题本身的理解，还应该包括问题解决的过程，即对问题相关信息作出认知、提取、搜索等操作并对这些信息进行描述的过程。

物理学科问题表征也就是学科领域的学习者（学科问题解决者）在头脑中形成物理情景、建立物理过程。表征的依据首先来自于问题的客观方面，即要对问题进行分析综合、抽象概括并转化为物理模型时，要切实依据问题情境中提供的文字、图形或图像，它表明了“依靠什么解题”的问题；其次来自于问题解决的思维方法、解题策略，这是表征的方法基础，它回答了“怎样解”的问题；三是问题情境中的一些限制条件、规则以及解题者自身的解题经验，回答的是“为什么此时此问题要这样解”的问题。

1.3.2 物理学科问题表征的国内外研究成果

多年以来，已有许多国内外学者在物理学科问题解决研究领域取得成果。Larkin 和 Chi 是其中取得关键成果的佼佼者。首先在研究方法上，Larkin 等(1980)以及 Chi 等(1981)在对专家和新手物理问题解决的研究中使用了口语报告、问题分类等方法，其研究方法对今天国内外心理学、教育学研究者影响极深。此外，他们取得的研究结果也仍被广泛引用，Larkin（1980）提出了物理问题解决的层次理论，他与同事 McDermott 认为物理问题解决时的问题表征构建有下列四步：字面表征；初始表征，或称为“真实世界”表征,主要是由问题的表面特征决定的；科学理论表征，或称为“物理”表征,主要是由问题的深层特征决定；数学表征。^[2]

国内也有不少学者在物理问题表征研究领域取得了丰硕的成果，其中对本文参考意义以及影响最大的是廖伯琴等人的研究成果。廖伯琴（1999）对物理问题表征层次做了详细研究，在对物理问题表征差异及其影响因素等也进行了深入分析，她在 McDermott 和 Larkin 的物理问题表征的四层次和的基础上，结合参考了 Anzai 的问题解决模式,提出了关于物理问题解决的表征体系：物理问题解决时将依次产生四个表征层次：文字表征，与问题的

[1] 廖伯琴, 黄希庭. 大学生解决物理问题的表征层次的实验研究[J]. 心理科学, 1997, 20 (4): 494-498.

[2] Larkin J.M, McDermott, Simon D.P, et al .Models of Competence in Solving Physics Problems. Cognitive Science, 1980(4):317-345.

文字描述有关；朴素表征,与问题整体框架有关，并且与日常生活经验、具体物体有关；物理表征，与问题解决者对物理概念的理解有关；数学表征，与问题的物理公式、有关推导以及数学工具等有关。而物理问题解决的表征体系则是由解题者在问题表征中四个层次的动态发展以及相对来说比较稳定的静态的特征共同组成的。此外，廖伯琴在自己的博士论文研究工作中提出中生物理问题表征体系的差异主要受以下三个因素的影响：一是例如数理基础、认知类型和智商水平等被试变量；二是物理问题的难度和被试对问题的熟悉度；三是学习（包括了课本学习以及生活经验的学习）。

1.3.3 不同图形对物理问题表征影响的研究

在问题表征形成过程中，图形的重要作用不言而喻。爱因斯坦曾经提及，在他的思维中，符号以及图像不断地得到复制与自由组合；数学家波利亚总结自己的数学思维经验，提出了成功解题的一系列启发性建议，其中一条就是“画一个图（Draw a Figure）”。而关于图形对于物理表征的影响，国外学者 David 曾经采用访谈法做过研究，他发现，记忆容量可以通过画图得以减轻；画图同时可以将深奥的问题形象化。在物理问题解决过程中，图形表征将增加解题者迅速解题的机会。David 研究了在传统物理课程测试中，受力分析在学生成功解决问题中的作用。研究发现：在做多项选择时，画受力图的学生数量超过不画图的。在做力学题时，超过 75% 的学生使用受力图。正确的受力分析图将更能促进正确的解题。^[1]Qin Yi 通过研究表发现，那些数理基础扎实的学生倾向于采用边读题边画图的方式，他们能迅速地以问题草图来代替问题的文字描述，因而构建朴素表征的时间显著地早于那些数理基础一般以及数理基础差的学生，证明数理基础扎实的学生能更好地利用图形对问题形成表征，实际上节约了问题空间。^[2]国内学者廖伯琴在使用口语报告法对于数理基础不同的中生物理表征动态体系差异的研究中也得到了相同的结论。Charles 的研究则表明，以为主的非数学表征对于问题解决是非常必要的，但图形表征并不能确保问题解决的成功。^[3]

[1] David Rosengrant, Alan Van Heuvelen, Eugenia Etkina, Free-body diagrams: necessary or sufficient CP818, 2005 Physics Education Research Conference.

[2] Qin Yi & Simon H.A., Imagery and Mental Models, In J1 Glasgow, N.H. Narayanan, & B1 Chan2drasekaran (Eds 1), diagrammatic reasoning: Computational and cognitive perspectives I Menlo Park, CA: AAAI / The MIT Press, 1995, 1.

[3] Charles J. De Leone and Elizabeth Gire. Is Instructional Emphasis on the Use of Non-Mathematical Representations Worth the Effort?, Physics Education Research Conference, 2005. CP8 18.

王超（2008）使用眼动技术对中学生解答不同图形表征的物理问题进行研究，结果发现首先学生解答无图题和有图题的解题成绩存在显著差异，有图题组的学生在注视次数上显著少于无图题组的学生，而在注视点持续时间和眼跳幅度这两个指标上显著大于无图题组的学生；其次学生在解答分别使用题图、受力图、物理图象这三种不同图形表征的物理问题时，解题成绩存在显著差异，在眼动指标上，学生解答受力图题的指标优于学生解答题图和物理图象。根据国内廖伯琴的物理表征层次理论，物理表征分为文字表征、朴素表征、物理表征以及数学表征四个层次。在不同的层次，不同的图形将对物理问题表征起到不同的辅助作用。在朴素表征进行阶段，示意图将起到架桥类比以及中介表征的作用，可以达到辅助学生理解题意的作用。受力图是物理学领域中表示物体受力情况的一种图形表征方式，受力分析是理解题意、形成清晰的物理情境的过程，对物理学科问题进行受力分析的这个过程就是学生从朴素表征进入到物理表征的过程，它贯穿整个运动学、电学、电磁学、力学等领域，是学生成功完成物理问题解决的基础，只有受力分析得以正确进行，才能说明解题者已完成了正确的物理表征。由此我们可知，在物理学科内的电学领域中，电路图即是与受力图同一层次的图形表征。本研究将使用无图题(题目单纯提供文字表征信息)、示意图题(题目提供朴素表征辅助信息)、电路图题(题目提供物理表征辅助信息)这三种不同题型来分析学科领域知识教学迁移对物理电学问题表征体系乃至问题解决的影响。

1.4 物理学科学习与学科领域知识研究

随着学科领域知识理论的提出以及学科领域知识的教学策略理论不断丰富和完善，关于学科学习与学科领域知识的实证研究也不断取得成果，其中研究成果最丰富的就集中在数学学科与物理学科。目前关于物理学科学习与学科领域知识的研究中，将物理学科知识领域化的教学实验均对学生的物理学业成绩产生了积极的影响，而认知机制方面的研究成果主要集中在物理学科领域知识学习中学生的工作记忆以及信息提取。

1.4.1 物理学科领域知识学习中的工作记忆研究

赵荣军（2011）根据学科领域知识的理论，将初中物理《电生磁》一章知识改编成

学科领域知识，将接受学科领域知识补充式教学的学生作为实验组，单纯接受普通学科单元知识教学的学生作为对照组，使用“双任务范式”来考察研究实验组和对照组的学生工作记忆中各子系统在学科问题解决过程中的参与情况，并通过实验研究来检验在物理学科领域知识学习过程中领域知识和工作记忆的关系模型。结果发现在实验组进行学科领域知识的学习过程中，工作记忆中参与了学习过程的子系统有视觉空间的视觉存储成分以及空间存储成分，而在对照组进行的普通学科单元知识的学习过程中，并没有发现工作记忆子系统的参与；工作记忆与物理学科领域知识之间关系根据数据分析呈现出独立作用模型(independent influence model)的特点，工作记忆作为个体潜在的认知结构，在两种不同类型知识学习的认知任务中都发挥着稳健的作用，其作用受领域知识的影响程度未达到显著水平。

1.4.2 物理学科领域知识学习中的问题信息提取研究

黄燕佩（2011）以八年级物理《物态变化》一章为教学材料，根据学科领域知识的理论将学科知识单元组块化、领域化的改组，使用学科领域知识的补充式教学策略对教学单元补充必要的知识，形成学科领域知识的教学单元，以学科领域知识学习组为实验组，普通学习组为控制组，研究了分别在两种教学条件下，不同学业水平层次的学生对不同信息类型物理学科问题解决成绩的差异，及信息提取的特点。研究结果发现：学科领域知识学习组的学生在解答信息隐晦题型上的成绩显著性高于普通学科单元知识学习组的学生；学科领域知识学习组在学科问题表征过程中对问题关键信息的再认率显著性高于普通学科单元知识学习组，而普通学科单元知识学习组对于问题无关信息和混淆信息的再认率显著性高于学科领域知识学习组。

第二章 研究设计

2.1 问题提出

已有的对于领域知识的研究成果证实了领域知识是某一特定领域里智能活动的核心因素，该领域中知识表征的形式影响着学习者在该领域的知识习得；而学习者问题表征体系的差异主要受认知类型以及学习（包括了课本学习以及生活经验的学习）等因素的影响。因此我们可知学习者问题表征体系的差异同样受到了该领域中知识表征的影响。总结此前关于领域知识的研究以及关于中学物理学科问题表征的研究，再结合中学物理教学的现状及不足，以下两个问题仍值得进一步探讨：

1. 已有的学科知识教学单元可能存在不够完善之处

当前的学科知识教学单元主要是按照知识的学理内容进行编排，即将不同学科知识的信息按照知识属性组织成知识单元进行教学。这样的知识单元仅仅考虑知识本身的属性，缺乏对学习者的认知特征的考虑，这样做往往会将知识的习得与认知技能的提高割裂开来。

2. 学科问题解决中的问题表征机制有待进一步研究

问题表征是问题解决的起始，也是问题解决的关键，学习者从接触来自于学科问题的信息刺激到顺利完成学科问题表征直到问题正确解决的全过程都离不开领域知识的支持。而此前领域知识的研究主要集中在日常生活中的知识领域以及专家专长领域，较少与具体的学科知识学习做结合研究，最新提出的学科领域知识方面虽然有一些有关于问题表征机制方面的研究，但是主要是对于在学科领域知识学习中的问题表征中关键信息提取机制的研究，内容仍稍显不够丰富，不够全面。

针对上述问题，本研究拟从以下两个方面来展开具体的研究工作：

1. 学科领域知识的内容改组、编排以及教学

学科领域知识的理论提出根据领域知识的特征对学科知识进行改组以重新表征，形成具体的学科领域知识，充分考虑了知识本身的属性以及学生的认知特性，理论上在整

体性和科学性上来说更为优越。而本研究以初二学生物理学科学习为研究对象，根据学科领域知识的理论核心概念以及教学理论，在对学生物理学科领域知识各成分掌握现状调查及教材分析的基础上，将八年级物理“电磁能”知识组块中的《电流与电路》章节知识进行改编形成学科领域知识补充教学材料，针对学生物理学科领域知识现状进行补充教学，帮助学生建构起完整的学科知识体系。探讨学科领域知识的理论构念以及学科领域知识教学的应用价值及可操作性。

2.学科领域知识学习中的物理问题表征体系研究

在学生物理学科学习的实际情境中，调查研究学生物理学科领域知识与学科成绩的关系，以廖伯琴的物理问题解决的表征体系理论为基础，通过实验研究学科领域知识丰富程度不同的学生物理问题表征体系的动态差异，而后通过物理学科领域知识补充式教学实验，考察分析学科领域知识教学对不同学业成绩的学生物理问题表征体系的影响。

2.2 研究意义

(1) 本研究以学科领域知识的理论构想为指导，将领域知识的概念引入学科知识学习，按照知识内在属性与学生的认知特性组构涵盖了学科知识的学理内容和学生心理内容的学科领域知识，并按照学科领域知识教学内容改组的理念把学科领域知识应用于教学实践中，为学科领域知识教学理论提供实证支持。

(2) 研究考察学科领域知识学习过程中的问题表征的心理机制，探讨学科领域知识在知识学习过程中的作用机制，丰富学科领域知识与问题表征研究的相关理论。

2.3 研究假设

假设 1：物理学科领域知识丰富程度会对学生物理问题表征体系的动态特征差异产生显著性的影响，具体表现为物理学科领域知识丰富与贫乏的学生在物理问题表征各层次的起始时间和持续时间存在显著性的差异。

假设 2：学科领域知识补充式教学能够对学生物理学业成绩产生积极影响，具体表现为学科领域知识补充式教学组的学生在单元学业成绩上显著性优于普通教学组的学生。

假设 3: 学科领域知识补充式教学能够对学生物理问题表征体系产生积极影响, 具体表现为学科领域知识补充式教学组的学生在不同图形表征的物理问题解决中问题表征的成功率及反应时显著性优于普通教学组的学生。

2.4 研究思路及研究程序

2.4.1 研究思路

本论文工作由四个部分的研究组成, 研究思路如下图 2-1 所示:

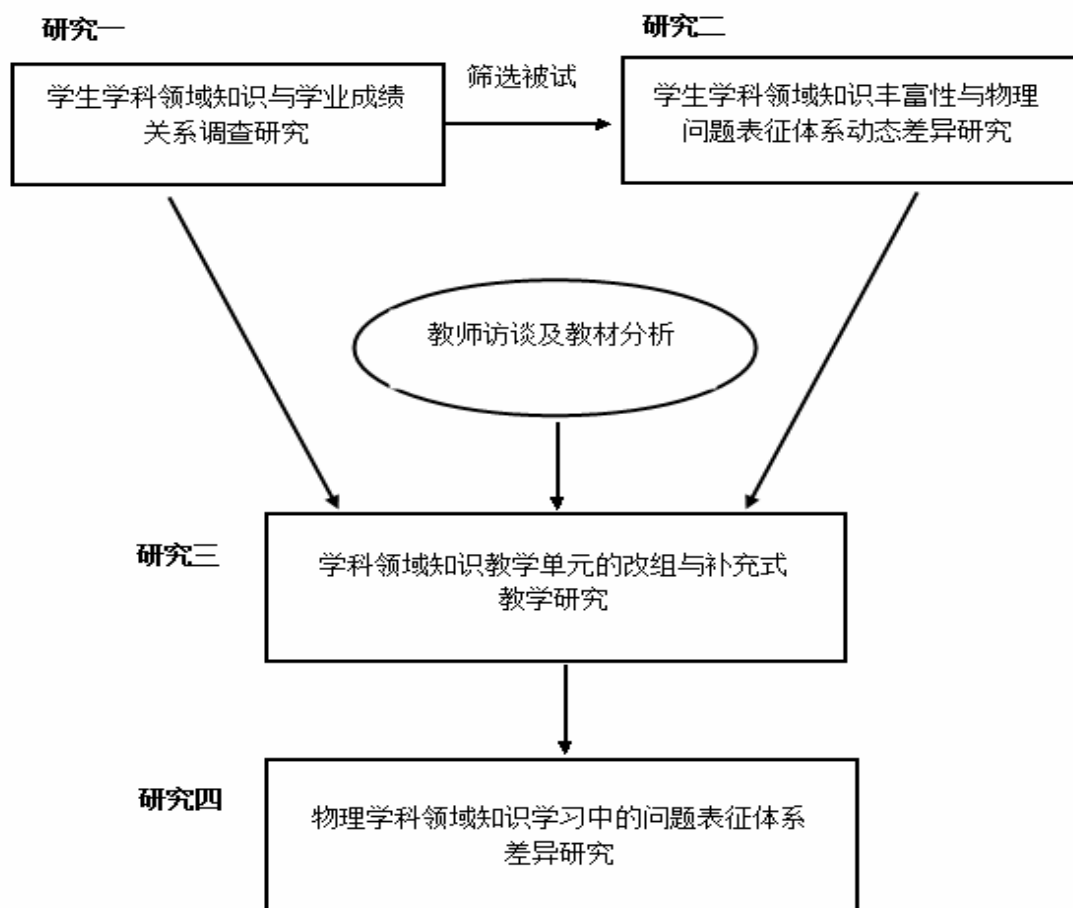


图 2-1 论文研究思路图

2.4.2 研究程序

研究一：学生学科领域知识与学业成绩关系调查研究。

选取广东省广州市绿翠中学八年级的 4 个平行班，共有初二（5）、（6）、（7）、（8）四个普通班共 207 名学生参加测试。

依据学科领域知识的基本构念以及理论核心，三类知识纬度来考察学生物理学学习中的学科领域知识掌握特点，通过自编问卷，考察不同学业成绩学生对学科领域知识中学理内容知识、认知过程知识、问题条件知识三个纬度的知识掌握现状，根据数据分析学生学科领域知识掌握与学业成绩之间的关系，为教学实验中针对学科知识单元领域化改组提供现实依据。

研究二：学生学科领域知识丰富性与物理问题表征体系动态差异研究

依据第一阶段研究中学科领域知识表征得分将学生分为学科领域知识丰富组与学科领域知识贫乏组，在高分组和低分组中随机各抽取 10 名学生参与测试。

根据 Larkin 提出的物理问题解决中问题表征的层次理论以及廖伯琴等人在 McDemott 和 Larkin 的物理问题表征的四层次和的基础上提出的关于物理问题解决的表征体系理论，以经典物理电路黑箱题为实验材料，使用口语报告法研究学科领域知识丰富性不同的学生物理问题表征动态体系差异。实验使用廖伯琴等人以各类句子所占时间百分比作为口语报告数据分析的指标。

研究三：学科领域知识教学单元的改组与补充式教学研究

选取东莞市长安实验中学八年级 4 个平行的普通班，其中 2 个班级作为实验组，2 个班级作为控制组，4 个班级原有 2 名物理教师，为控制教师教学风格无关变量，每名老师负责的 2 个班级分别编入实验组和控制组进行教学。4 个班级共 237 人，男生 125 人，女生 112 人，其中实验组两个班级共 118 人，控制组两个班级共 119 人。

以学科领域知识理论为指导，根据物理学科的知识属性以及学生的认知特征对初二物理《电流与电路》单元的知识内容进行改编。以学科领域知识补充教学组与普通教学组为实验组与控制组对照，进行补充式策略的教学实验。

研究四：物理学科领域知识学习中的问题表征体系差异研究。

教学实验结束后，以研究三中参与教学实验的全体样本为被试，根据《电流与电路》

一章知识内容，编制无图题（题目单纯提供文字表征信息）、示意图题（题目提供朴素表征辅助信息）、电路图题（题目提供物理表征辅助信息）这三种不同题型，不同题型实际为使用不同的图形表征在物理问题表征体系中的不同表征层次提供表征线索，使用 2（组别：实验组，对照组） $\times$ 3（学生层次：绩优生，中等生，绩差生） $\times$ 3（题目类型：无图题，示意图题，电路图题）实验设计来探究学科领域知识补充式教学对不同学业成绩层次学生物理问题表征体系乃至问题解决的影响。

第三章 物理学科领域知识与学业成绩关系研究

3.1 研究目的

根据领域知识表征的理念，学科领域知识的内容组织不仅要考虑学科内容的知识，还应考虑学生在学科学习过程中的认知活动。在学科教学实践中，教师可以运用组构式和补充式两种基本的教学策略来组织领域知识化的学科内容。而在进行学科知识领域化的教学实验操作之前，则必须对学生物理学科领域知识与学业成绩关系以及学生在普通教学环境下对学科领域知识掌握的特点进行调查。

本研究具体的研究目的有以下三个：

- (1) 探明物理绩优组、中等组与绩差组三种不同层次学业成绩的学生在学科领域知识总体水平上的差异。
- (2) 分别探明在学科领域知识三类知识纬度上不同层次学生知识掌握水平的差异。
- (3) 探明同一层次的学生对学科领域知识各纬度知识掌握水平的差异。

3.2 研究假设

- (1) 学生学科领域知识的三纬度知识成绩均与学业成绩存在显著相关。
- (2) 绩优组、中等组与绩差组三种不同层次学业成绩的学生在学科领域知识总体水平上存在显著差异。
- (3) 同一学业成绩水平层次的学生在学科领域知识各纬度知识水平上存在显著差异。

3.3 研究方法

3.3.1 研究对象

本研究选取广东省广州市绿翠中学初二（5）、（6）、（7）、（8）四个普通班共 207 名学生参加测试，其中女生 98 人，男生 109 人，共收回有效问卷 181 份，有效率为 87.3%。

3.3.2 问卷的编制

本次研究使用的工具为初中二年级学生电磁能知识学习的学科领域知识调查问卷，由研究者本人与学科领域知识学习的问题表征和知识表征研究课题组的小组成员共同编制。

3.3.2.1 研究材料的选取

根据教育部基础教育司组织、物理课程标准研究组编写、由廖伯琴、张大昌主编，湖北教育出版社出版、发行的 2002 年 6 月第 1 版的《物理课程标准解读》，初中物理课程内容根据物理学科原理可以划分如下：

- （1）物质：物质的形态与变化；物质的属性；物质的结构与尺度；新材料及其应用。
- （2）运动和相互作用：多种多样的运动形式；机械运动和力；声和光；电和磁。
- （3）能量：能量；能量的转化和转移；机械能；内能；电磁能；能量守恒；能源的可持续发展。

通过对初二年级物理教材的分析以及对初中物理教师的访谈，发现初二物理教材总共有十个章节的内容：其中第四章《物态变化》属于“物质”知识框架；第一章《声现象》、第二章《光现象》、第三章《透镜及其应用》属于“运动和相互作用”知识框架下的“声和光”部分；第九章《电和磁》、第十章《信息的传递》属于“运动和相互作用”知识框架下的“电和磁”部分；而第五章《电流和电路》、第六章《电压 电阻》、第七章《欧姆定律》、第八章《电功率》这四章比较集中的内容则全部属于“能量”知识框架下的“电磁能”部分。显而易见初二年级物理课程中电磁能部分为最集中且知识比重最大的部分，因此本次研究决定选取电磁能部分全部四章知识共 19 个知识点作为研究材料。

3.3.2.2 问卷编制的理论基础

本研究的问卷编制参考蔡笑岳（2009）提出的学科领域知识的三维结构理论为理论依据编制而成。蔡笑岳等在 Alexander 的领域知识定义基础上，参考 Anderson、Gagne 的知识表征分类理论以及 Mayer 对知识表征分类的理解，并结合学科知识学习的特点，提出利用领域知识的结构对学科知识进行重新表征，形成学科领域知识。^[1]在学科教学中，某一学科就是一个特定的学科领域知识，它是由若干具体的知识单元及需要习得的有关技能等组成的有机的知识体系，如物理、化学、数学等。从其结构上看，学科领域知识的三维结构包括了学理内容、认知过程和问题条件三类知识。三类知识的具体理论内涵如下：

学理内容知识指的是特定学科领域内的描述性知识，涵盖概念、原理、关系、规则等等反映事物的内容、属性的知识，这些知识往往用于描述事实或陈述观点等。学理内容知识是与陈述性知识相对应的，是在学科内可以通过有意识的提取线索来直接陈述的知识。从知识的作用上来看，这类知识是在学科领域中用来回答“是什么”的知识，它属于认知心理学中知识范畴的狭义定义。

认知过程知识指的是学习者在进行学科问题解决的过程中，那些反映认知操作和思考过程以及操作步骤的知识。认知过程知识是与程序性知识相对应的，认知过程知识的本质是存在于学科领域内的一套问题解决的操作规则或者程序，是某一学科领域的学习者对外部事物进行处理的程序，它是关于“怎么做”的知识，它属于认知心理学中认知技能的知识范畴。

问题条件知识指的是学习者处于特定的学科问题情境中时，那些与学科问题解决息息相关的条件性知识。问题条件知识表征了在特定的问题情境中学习者进行问题解决时对于使用已有知识的限制条件，以及对问题解决过程起到关键作用的信息。它是一种策略性的知识，用于支配和调控自身的认知过程。问题条件知识主要是用于解决“什么时候”以及“为什么”的问题，是与元认知策略相对应的一个概念。

例如在物理学科领域中，学生懂得“串联电路”、“并联电路”的概念定义“将电路元件逐个顺次首尾相连接使电流全部通过每一元件而不分流的一种电路”、“将电路中元件并列地接到电路中的两点间，电路中电流分为几个分支分别流入各元件的一种电

^[1] 蔡笑岳, 何伯锋. 学科领域知识的研究与教学——当代领域知识研究及其教学迁移[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2010 (2).

路”，则我们可以认为学生掌握了关于“串联电路”和“并联电路”的学理内容知识；而学生懂得如何操作正确连接出串联电路、并联电路，懂得如何正确画出串联电路、并联电路的电路图，我们认为这属于学生掌握的认知过程知识；而何种情况下需要连接成串联电路、何种情况下需要连接成并联电路——例如使用电流表测量用电元件电流则必须将电流表与用电元件连接成串联电路，使用电压表测量用电元件两端电压则必须将电压表与用电元件连接成并联电路，这就属于学生掌握的问题条件知识的范畴。

3.3.2.3 问卷的编制过程

根据学科领域知识的三维知识表征的定义编写，问卷首先在广州市珠江中学的选取两个普通平行班进行预测，以班级为单位进行团体测试，施测结束后当场收回试卷，并将数据结果输入计算机，用 SPSS17.0 对数据进行分析，选取代表性强、难度适宜的题目组成正式施测的问卷，再进行正式施测。

正式施测时所使用的物理学科领域知识表征水平调查问卷涵盖电磁能部分四章内容共 19 个知识点，根据学科领域知识理论中三纬度知识的定义问卷分三个纬度，为学理内容知识、认知过程知识和问题条件知识。其中学理内容知识部分考察学生对于电磁能知识组块内一些定理、规则等概念性知识的掌握情况，采用问答题的形式，如“并联电路中的总电阻规律是什么？”“决定电阻大小的因素是什么？”；认知过程知识部分主要考察学生解答电磁能知识组块内学科问题的认知操作，采用需思考并计算的选择題和计算题，如“用粗细均匀的电热丝加热烧水，通电 10 min 可烧开一壶水，若将电热丝对折起来使用，电源电压不变，则烧开同样一壶水的时间是多少”；问题条件知识部分考察学生对于问题解决的限制性条件理解和掌握情况如何，采用问答题的形式，如给出一道复杂实验题或计算题，但不需要学生计算和解答问题，而请学生在读题思考之后回答“这道题考察了哪些知识点？”“这道题的已知条件有哪些？”“解决这道题的关键是什么？”。问卷的每个纬度有 8 道题，共 24 道题。答对得 1 分，答错得 0 分。具体问卷见附录 1。

问卷中学理内容知识项目为：7、8、9、10、11、12、13、14；

认知过程知识项目为：1、2、3、4、5、6、15、16；

问题条件知识项目为：17、18、19、20、21、22、23、24。

3.3.2.4 问卷的信效度

《物理学科领域知识表征水平调查问卷》三个纬度学理内容知识、认知过程知识和问题条件知识的内部一致性系数为 0.74、0.82 和 0.81。测验的三个纬度学理内容知识、认知过程知识和问题条件知识与单元成绩呈现出显著相关，其相关系数分别为 0.78、0.91 和 0.88。

3.3.3 研究程序

(1) 问卷的施测

正式测验时，每个班级由一名心理学专业研究生作为主试，并且由班主任陪同以保证测试实施过程中学生保持秩序，使测试顺利完成。由主试宣读指导语，讲解作答要求，大部分学生举手示意理解后，发放问卷，时间 25 分钟。

(2) 数据的筛选与统计

对问卷进行筛选，共回收有效问卷 181 份，将所有数据录入计算机，并使用 SPSS17.0 进行数据的统计分析。

3.4 数据分析

根据期中考试物理成绩及最近一次单元测试的物理成绩，将学生分成绩优组、中等组和绩差组，其中成绩排名前 27% 的学生编入绩优生组，后 27% 的学生编入绩差生组，其余学生编入中等组。

表 3-1 不同层级学生物理成绩差异分析

	优生①	中等生②	绩差生③	F 值	事后检验
学业成绩	91.0 ± 3.16	80.6 ± 4.61	60.62 ± 4.43	49.32***	①>②>③

* P<0.05 , ** P<0.01, *** P<0.001

对优生、中等生和低等分的物理成绩进行方差分析，结果显示三者存在显著性差

异 ($P=0.000$)。说明本研究分组合理, 能够很好对被试进行区分。

表 3-2 物理学科领域知识问卷分数描述性分析

	学理内容知识	认知过程知识	问题条件知识	总分
分数	7.33 ± 1.04	5.13 ± 2.11	4.13 ± 1.96	16.6 ± 4.15

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$

表 3-2 为学生物理学科领域知识总分和各纬度得分情况。结果显示学生在学理内容知识纬度上的得分显著性高于在认知过程知识纬度上和问题条件知识纬度上的得分, 这表明认知过程知识和问题条件知识较学理内容知识更难掌握。

表 3-3 不同层次学生物理学科领域知识总分和三个纬度差异分析

	优生①	中等生②	低等生③	F 值	事后检验
学理内容知识	7.63 ± 1.14	7.22 ± 1.32	6.92 ± 0.83	0.22	
认知过程知识	7.40 ± 0.89	5.23 ± 0.85	2.83 ± 0.85	36.09***	①>②>③
问题条件知识	6.65 ± 0.55	3.01 ± 0.71	2.85 ± 1.01	34.31***	①>②, ①>③
总分	21.6 ± 1.14	15.2 ± 2.95	13.00 ± 0.71	28.51***	①>②, ①>③

* $P<0.05$, ** $P<0.01$, *** $P<0.001$

表 3-3 显示, 三组不同学业成绩层次的学生在总分上差异显著 ($P=0.000$), 在在学理内容知识上差异不显著 ($P=0.809$), 在认知过程中存在显著差异 ($P=0.000$), 在问题条件知识上存在显著差异 ($P=0.000$)。经过事后检验, 认知过程知识上, 优生成绩显著高于中等生和低等生, 而中等生成绩显著高于低等生。事后检验显示优等生在问题条件知识和总分上得分显著高于中等生和低等生, 但是, 中等生和低等生的差异不显著。这说明优等生在三个方面的知识水平均高于中等生和低等生; 中等生和低等生的物理领域知识差异主要体现在认知过程知识上。

3.5 讨论

1.学业成绩不同组别的学生在学科领域知识表征总体水平上存在显著性差异

调查结果的数据显示,按照学业成绩划分的三组学生在学科领域知识表征水平上也显示出了显著性的差异,认知心理学认为,学生学习成绩差异的主要因素之一,就是个体在知识表征上存在的差异,而这种差异在知识的结构、知识的使用两个方面都存在具体的表现。

2.学业成绩不同组别的学生在学理内容知识纬度上差异不显著

数据显示绩优组、中等组和绩差组的学理内容知识纬度得分差异不显著,这其中可能同时存在几方面的原因。首先,调查的知识范围局限于《电磁能》部分,而本部分的陈述性知识总量不大,对于学生来说基本不构成记忆和理解的难度;其次,本章知识的真正难点在于联系实际能够操作用电器的连接以及对电路图的理解;姜子云,邓铸(2008)等人也在研究中发现,领域知识丰富性与解题成绩的相关较高,而领域知识结构性与解题成绩相关较低,领域知识丰富的学生其知识贮存并不一定具有较好的结构性。

3.学业成绩不同组别的学生在认知过程知识纬度上差异两两显著

在认知过程知识纬度的得分上,绩优组显著高于中等组,中等组显著高于绩差组,换句话说,认知过程知识纬度的得分能够最好地预测学生的学业成绩。李长虹,蔡笑岳(2010)等研究也得出,绩优生在程序性知识组织方面显著高于其他学生。并且与赵荣军,蔡笑岳(2011)对广州地区初中生物理学科领域知识学习现状的调查中认知过程知识对学生物理成绩的作用最大这一结论大致吻合。何伯锋(2011)在其硕士论文研究工作中也通过建立知识类型对学业成绩的回归方程进行逐步回归分析发现,认知过程知识和问题条件知识这两个因子依次进入了回归方程,表明认知过程知识和问题条件知识与学生的学业成绩有显著的正相关。

3.6 小结

(1) 绩优组、中等组与绩差组在学科领域知识总体水平上存在显著差异，其中绩优组优于中等组和绩差组，中等组优于绩差组。

(2) 在学理内容知识纬度上，三组学生差异不显著，在认知过程知识纬度上绩优组成绩显著高于中等组和绩差组，而中等组成绩显著高于绩差组。在问题条件知识纬度上，绩优组得分显著高于中等组和绩差组，但是，中等组和绩差组的差异不显著。

(3) 绩优组在三个方面的知识水平均高于中等组和绩差组；中等组和绩差组的物理领域知识掌握水平差异主要体现在认知过程知识这一纬度上。

第四章 不同学科领域知识丰富程度学生物理问题 表征体系动态差异研究

4.1 研究目的

问题表征对问题解决起着决定性的作用。问题表征的质量影响着问题解决的难易。^[1] Larkin (1980) 提出了物理问题解决的层次理论, 他与同事 McDermott 认为物理问题解决时的问题表征构建有下列四步: 字面表征; 初始表征, 或称为“真实世界”表征, 主要是由问题的表面特征决定的; 科学理论表征, 或称为“物理”表征, 主要是由问题的深层特征决定; 数学表征。^[2] 廖伯琴 (1999) 在 McDermott 和 Larkin 的物理问题表征的四层次和的基础上, 结合参考了 Anzai 的问题解决模式, 提出了关于物理问题解决的表征体系: 物理问题解决时将依次产生四个表征层次: 文字表征, 与问题的文字描述有关; 朴素表征, 与问题整体框架有关, 并且与日常生活经验、具体物体有关; 物理表征, 与问题解决者对物理概念的理解有关; 数学表征, 与问题的物理公式、有关推导以及数学工具等有关。廖伯琴提出的物理问题表征体系如图 4-1 所示: 她提出的物理问题解决表征体系有两类特征: 其一, 表征层次的动态发展特征, 即问题解决者在解决物理问题过程中, 将会随着问题解决的发展而依次构建不同的表征层次; 其二, 表征层次的静态特征, 即问题解决者在相对稳定的各表征层次的问题解决行为。而表征体系的动态及静态特征均与问题解决者和物理问题本身的因素有关。同时她提出中学生物理问题表征体系的差异主要受以下三个因素的影响: 一是例如数理基础、认知类型和智商水平等被试变量; 二是物理问题的难度和被试对问题的熟悉度; 三是学习 (包括了课本学习以及生活经验的学习)。^[3]

[1] Hayes, J.R., & Simon, H.A. The understanding process: Problem isomorphs. *Cognitive Psychology*, 1976, 8, 165-190. (Newell, A., & Simon, H. (1972), *Human problem solving*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

[2] Larkin J.M, McDermott, Simon D.P, et al. Models of Competence in Solving Physics Problems. *Cognitive Science*, 1980(4): 317-345.

[3] 廖伯琴, 中学生物理问题解决的表征差异及其成因探析, 博士论文, 1999 年 6 月.

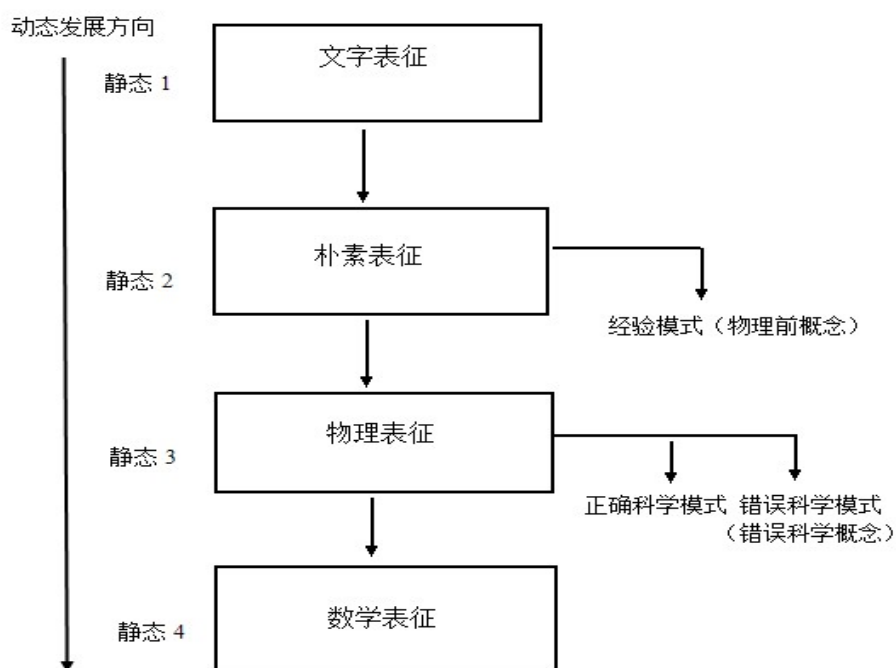


图 4-1 物理问题解决中的问题表征体系图

Hauf 等人的研究表明，成功和不成功的学生在鉴别一般问题时，其差异不显著，但是深入分析其口语报告可发现，成功的学生更具有概念导向(concept-oriented)的问题解决行为。^[1]在研究优、差生对物理问题的分类时，得知优、差生都有以表面特征及物理原理分类的情形，但优生显著地采用深层特征分类，依据的是深层次的科学表征;而差生则显著地采用表面特征分类，其表征停留在初始表征层次。^[2]本研究的目的在于探讨不同学科领域知识丰富程度的学生之间物理学科问题解决过程中问题表征体系的动态差异。

4.2 研究假设

假设 1：学科领域知识丰富组与贫乏组的学生在物理问题解决中朴素表征层次、物理表征层次起始时间上存在显著差异。

[1]Hauf,H.M.&Fogarty,G.J.,Analysing problem solving behavior or sucessful and unsuccessful students,Instructional Science,1996,Vol.24,No.6,pp. 397-409.

[2]廖伯琴、黄希庭.大学生解决物理问题的表征层次的实验研究.心理科学.1997(6)

假设 2：学科领域知识丰富组与贫乏组的学生在物理问题解决中朴素表征层次、物理表征层次持续时间上存在显著差异。

4.3 研究设计

本实验采用单因素设计，自变量为学生物理学科领域知识丰富程度（丰富组，贫乏组），因变量为物理问题解决中各层次起始及持续时间（文字表征层次、朴素表征层次、物理表征层次）。

4.4 研究方法

4.4.1 被试分组

广州市绿翠中学初二年级学生 20 名。在此前参与学生学科领域知识与学业成绩关系研究的学生中，将所有学生《物理学科领域知识调查问卷》的成绩按从高到低排行，以 75 百分等级和 25 百分等级的分数，即 18 分和 12 分作为区分学科领域知识丰富和贫乏的操作定义，将得分高于或等于 18 分的学生定义为学科领域知识丰富的学生，从中随机抽取 10 名学生作为学科领域知识丰富组，其中男、女生各 5 名；将得分低于或等于 12 分的学生定义为学科领域知识贫乏的学生，从中随机抽取 10 名学生作为学科领域知识贫乏组，其中男、女生也各为 5 名。

4.4.2 实验材料

经过与绿翠中学初二年级两名物理老师共同筛选，本次实验使用材料为难度中等偏低的初中物理经典电路黑箱题：“有一个电源,一只小灯泡,一个电铃,两个开关和若干导线.要按以下要求连接成一个电路:当两个开关均闭合时,灯亮,电铃响;当只有一个开关闭合时,灯亮,电铃不响;而当另一个开关单独闭合时,灯不亮,电铃也不响.试画出符合以上要求的电路图。”规定解题时间为 3 分钟，3 分钟内不能正确画出电路图或者画出的电路图不正

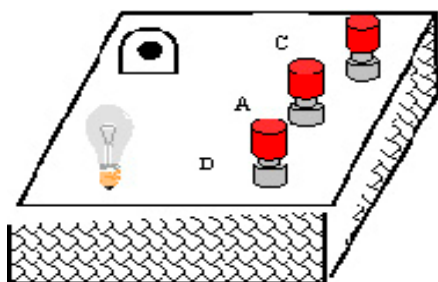
确则记为解答不成功。

4.4.3 实验过程

(1) 实验方法

本实验采用了口语报告分析法。实验前,主试设计好实验记录表格,并使用同样为经典物理电路黑箱题的例题对被试进行口语报告训练。例题如下:

某控制电路的一个封闭部件上,有三个接线柱 A 、 B 、 C 和灯泡、电铃各一只,如下图所示,用导线连接 A 、 C 时,灯亮铃不响;用导线连接 A 、 B 时,铃响灯不亮;用导线连接 B 、 C 时,灯不亮铃也不响。请你根据上述情况画出这个部件的电路图。

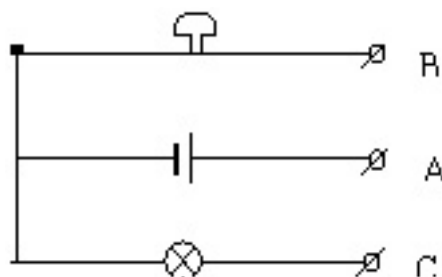


解析:

(1) 由“用导线连接 A 、 C 时,灯亮铃不响”知:①肯定有电源;②电源、电灯、 AC 构成通路;③电源的一个极可能与 A 或 C 接线柱直接连接。

(2) 由“用导线连接 A 、 B 时,铃响灯不亮”知:①电源、电铃、 AB 构成通路;②电源有一极可能与 A 或 B 接线柱直接连接,那么综合(1)(2)可知,电源肯定有一极连在 A 上。

(3) 由“用导线连接 B 、 C 时,灯不亮铃也不响”知① B 、 C 间无电源;② B 、 C 分别只与电铃、灯泡相连。



(4) 由盒面上三个接线柱可知,三者不可能串联,否则只有两个接线柱,综合上述分析,电路如上图所示。

报告过程中,使用 android 设备录音软件记录被试口语报告的全部内容,而且记录被试解题的一些特殊时间,如画草图的起止时刻、正确电路图的完成时刻。被试解题结束后,主试将与被试交谈,以便深入准确获取实验数据。

(2) 数据分析标准

口语报告完毕后,主试根据录音材料,对被试的口语报告语句进行重新整理、记时、转译及编码等。最后进行统计分析。

实验使用廖伯琴等人以各类句子所占时间百分比作为口语报告数据分析的指标。此外由于初二物理学科知识中电磁能部分较少涉及到数学运算,即使在电功率、电阻等知识点涉及也仅为简单数学运算,因此本研究不涉及物理表征体系中的数学表征层次,因此选取只需画完正确的电路图即可的电路题。

基于 Larkin 的基本界定及国内廖伯琴的研究成果,本研究对各表征层次的时间记录规定如下:

- 1)文字表征所占时间:开始读题至读题完毕。
- 2)朴素表征所占时间:开始画草图到画草图结束。
- 3)物理表征所占时间:第一次物理词汇出现至正确电路图画完。

4.5 数据分析

实验结束时,学科领域知识丰富组 10 名学生中共有 9 名在 180 秒内正确画出电路

图, 1 名学生在读题阶段由于粗心发生错误, 将电铃和电灯看反了, 结果虽然物理表征阶段对原理的使用和推理正确, 却使得在文字表征出现的错误贯穿整个问题解决过程, 最终完成的电路图中电铃和电灯的位置也发生了错误; 而学科领域知识贫乏组 10 名参与测试的学生中仅有 3 名在 180 秒内正确完成电路图; 最终取得的有效数据 12 份, 学科领域知识丰富组 9 份, 贫乏组 3 份。将测试结果输入 SPSS17.0 统计软件, 采用 T 检验分析, 可得表 4-1 的计算结果。

表 4-1 绩优生和绩差生不同表征阶段持续时间差异分析

表征层次	学科领域	开始均值 (s)	终止均值 (s)	所占时间 (s)	两组比较 T 值
	知识水平				
文字表征	丰富组	0.00	19.65	19.65	-1.71
	贫乏组	0.00	20.22	20.22	
朴素表征	丰富组	20.60	97.71	77.11	-27.00**
	贫乏组	22.41	158.12	135.71	
物理表征	丰富组	40.40	101.63	61.23	-24.03**
	贫乏组	55.60	167.25	111.65	

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

根据表 4-1 显示, 从学科领域知识丰富组与学科领域知识贫乏组在各表征层次的持续时间均值来看, 学科领域知识丰富组与学科领域知识贫乏组在文字表征表征持续时间上不存在显著性差异 ($P > 0.05$)。但是, 两者在朴素表征与物理表征的持续时间上存在显著差异 ($P < 0.05$)。这具体表现为学科领域知识丰富组在朴素表征与物理表征持续时间上显著短于绩差生。这说明学科领域知识丰富组与学科领域知识贫乏组在文字表征加工时间上没有显著差异。但是, 两者在朴素表征与物理表征的加工时间上却存在显著差异。从两组学生各表征层次的起始时刻均值来看, 学科领域知识丰富组进入朴素表征和进入物理表征的时间都要早于学科领域知识贫乏组, 说明学科领域知识丰富组画草图的时间和在答题口语报告中出现物理专业词汇的时间都要早于学科领域知识贫乏组。

为了尽量直观地表示出不同学科领域知识丰富程度的两组学生在物理问题表征体系中的动态差异, 现绘制出甘特图如下:

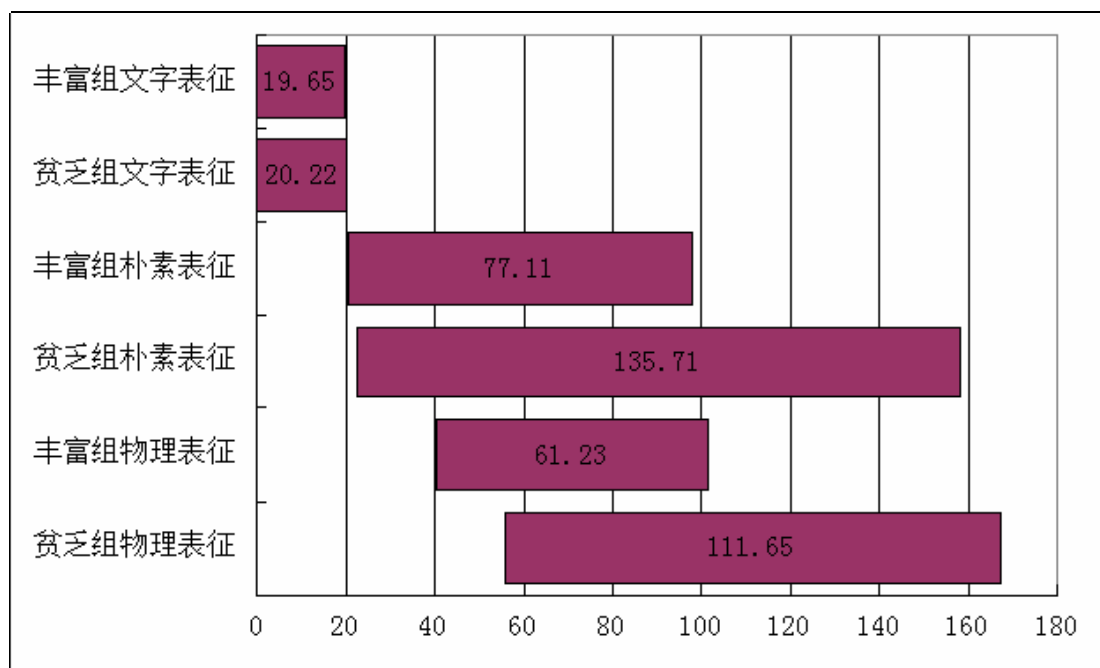


图 4-1 不同学科领域知识丰富度学生物理问题表征动态差异图

两组学生朴素表征起始的时间都要在文字表征结束后，文字表征和朴素表征的时间没有出现重合，说明实验中没有学生边读题边开始画草图，而是都倾向于在读题结束后经过简单思考再开始画草图；两组学生的朴素表征和物理表征都出现了重合，物理表征起始时间稍晚于朴素表征起始时间，这说明学生开始在问题解决时画草图的过程中就已经开始了对问题中深层物理原理的思考和和使用。

4.6 讨论

由结果可分析得知,在解决电磁能知识有关的问题时，初中生的物理学科领域知识丰富程度不会对其文字表征的构建产生显著性的影响,原因在于在该表征层次,学生主要是陈述题干中的文字信息,进行的任务加工属于较浅层次,不易出错。而在问题解决的表征体系中，朴素表征层次和物理表征层次在大部分的时间内处于重叠的状态，进入朴素表征层次后不久学生就开始报告出含有物理原理词汇的语句，即表明学生也开始进入了物理表征层次，这一点学科领域知识丰富组的学生和贫乏组的学生表现出了相似的特征，但是在朴素表征、物理表征的起始时间和持续时间两个指标上来看，学科领域知识丰富组的学生都要优于贫乏组的学生。通过测试完成后的深入访谈以及对口语报告录音材料的

分析，可以发现在这两个物理问题表征层次两组学生的具体差异。

分别以两组学生中的一个解题成功学生的口语报告材料为例，如表 4-2:

表 4-2 不同学科领域知识丰富度学生解题口语报告材料

学科领域知识丰富组	学科领域知识贫乏组
…首先题目中的电路元件有小灯泡、电铃、电源和两个开关…（报告此句同时开始画草图，表明该生已进入朴素表征层次）均闭合时灯亮电铃响那么肯定有一个开关直接和电源相连…当只有一个开关闭合时灯亮电铃不响那么肯定灯泡和电铃并联起来的（此句中开始出现物理专业词汇“并联”，表明该生已进入物理表征层次）…只闭合的这一个开关一定是和电源相连的那一个开关，所以灯泡、电源和一个开关是在一个串联电路上，另一个开关单独闭合时没反应那这个开关就是和电铃相连，和灯泡这个是并联（草图结束，朴素表征结束，然后迅速完成规范电路图，物理表征结束）	…电路中一共必须有的是电源，然后是电铃、电灯，还有两个开关…（报告此句同时开始画草图，表明该生已进入朴素表征层次）当两个开关均闭合时，灯也亮，电铃也响，当只有一个开关闭合时，灯亮，电铃却不响，那么应该就不会是串联成一个串联电路那么简单了…（此句中开始出现物理专业词汇“串联”，表明该生已进入物理表征层次）…那是不是电灯和电铃是并联的，每个并联的分电路上有一个开关（画出草图）…而当另一个开关单独闭合时，灯不亮，电铃也不响，那就不对了，两个并联只闭合一个开关应该有一个是会亮的呀…（划掉先前草图）…哦，电源如果不是在总路上而是和电灯在一起归一个开关控制就可以了（重画草图）这样只有这个开关闭合的时候就只有灯会亮，如果这个打开只有另一个跟电铃连着的开关闭合就灯也不亮电铃也不会响了！（草图结束，朴素表征结束，然后完成电路图，物理表征结束）

由口语报告材料可以得知，学科领域知识丰富的学生在进入到朴素表征层次以后即迅速搜索到问题解决的关键信息，开始建立起有关于问题空间的物理表征，并且在推理方向上来看从始至终属于正向推理，朴素表征完成时正确的物理表征层次也得以迅速完成，除 1 人在文字表征层次由于粗心出现错误导致电路图完成错误以外，其余 9 人全部在问题解决过程中顺利完成问题表征三个层次的动态发展过程；而学科领域知识贫乏的学生也在进入朴素表征层次不久同样根据搜索到的问题信息开始进入物理表征层次，但是发觉表征错误以后又重新退回进入朴素表征开始搜索问题信息继而重新开始建立关于问题的物理表征，表现出了试误的行为，并且从推理方向上来看学科领域知识贫乏的学生一共进行过两次逆向推理，分别是出现在验证自己表征是否正确的时候，因此在学科领域知识贫乏组的被试中除 3 人在 180 秒内完成电路图外，其余 7 人均由于反复从物理表征层次退回朴素表征层次而无法按时完成。

由于上述原因，学科领域知识贫乏组的学生在朴素表征和物理表征这两个层次持续的时间会显著性地长于学科领域知识丰富组的学生，并且由于缺乏丰富的领域知识使得他们在问题空间的建构过程中无法迅速找到最为正确和关键的信息，偶尔找到问题解决的算子也不能保证是正确的，无法在问题空间中找到明确的解题路径。而学科领域知识丰富的学生在朴素表征层次和物理表征层次出错的几率要低于学科领域知识贫乏的学生，且从时间上来说，表征的效率更高。Tardieu 等人的研究结果也证明，专家比新手进行问题推理能更快更正确是由于其专业知识的差异。他们不仅在知识的量上面有差异，而且他们知识在各自记忆中组织的方式也存在差异。^{[1][2]}

由口语报告实验我们也可以得知，无论是学科领域知识丰富组的被试还是学科领域知识贫乏组的被试，他们在完成电路黑箱题时均没有出现因为不熟悉串联、并联电路的基本概念、特征等原理知识而导致问题解决在文字表征阶段后无法继续的情况，两组被试最大的差异体现在朴素表征和物理表征层次的效率，这也进一步验证了本论文研究一中关于物理学科领域知识与学业成绩关系的研究结论，即导致学生物理学科问题解决能力差异最关键的在于学科领域知识中的认知过程知识纬度和问题条件知识纬度。

[1]Tardieu,H.,Ehrlich,M.F.,&Gyselinck,V.,Levels of representation and domain-specific knowledge incomprehension of scientific texts,Language and CognitiveProcess,1992,Vol . 7, No. 3-4,pp. 335-351.

[2]Chi.M.,Feltovich.P.&Glaser,R.(1981).Categorization and representation of physics problems by experts and novices. Cognition Sciece,5,121-1531

第五章 物理学科领域知识的补充式教学实验

5.1 物理学科知识领域化的理论依据及现实依据

5.1.1 物理学科知识领域化的理论依据

蔡笑岳等（2010）^[1]提出了学科领域知识的基本构念以及学科领域知识教学的基本理念，该理论提出利用结构良好、功能完善的领域知识来对中小学的学科知识进行重新表征以形成学科领域知识，将有利于提高学科教学的有效性以及学生学科知识学习的效率。同时提出在学科教学实践中，教师在组织领域知识化的学科内容时可以运用组构式和补充式两种基本的教学策略。本研究拟使用补充式的策略来组织初中物理学科知识，进行初中物理学科领域知识的教学实验。

5.1.2 物理学科知识领域化的现实依据

5.1.2.1 学生物理学科领域知识与学业成绩关系的调查研究结果

在此前针对初二学生进行的物理学科领域知识与学业成绩关系的调查研究中，发现不同学业层次的学生对物理学科领域知识中三类知识的表征成绩存在差异，学生在学理内容知识、认知过程知识、问题条件知识三纬度上的得分呈现递减的趋势，且随着学生学业成绩层次的降低，递减的趋势越明显。这说明学生在学科领域知识的各纬度上掌握不均衡的现象比较严重，学生的知识结构不完善。而绩优组的学生与中等组以及绩差组的学生最主要的差异体现在物理学科领域知识中的认知过程知识和问题条件知识两个知识纬度上，而通过学科领域知识的内容组织以及教学，帮助学生建构起完善的学科知识结构体系则显得十分必要。

5.1.2.2 不同学科领域知识丰富程度学生物理问题表征体系动态差异研究结果

[1] 蔡笑岳, 何伯锋. 学科领域知识的研究与教学——当代领域知识研究及其教学迁移[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2010 (2).

本研究中此前针对不同学科领域知识丰富程度学生在经典物理电路黑箱问题解决中的问题表征体系动态差异的口语报告结果显示，物理学科领域知识丰富组的学生和贫乏组的学生在问题表征体系上的差异主要体现在朴素表征层次和物理表征层次，而产生差异的原因并不是存在于对概念、原理的掌握缺失而导致的问题表征无法顺利完成，而是由于学科领域知识贫乏组的学生无法找到问题空间中的正确解题路径，导致问题表征在朴素表征和物理表征层次之间来回反复。这进一步说明对学生补充有关于解题思路、步骤的认知过程知识以及有关于问题解决关键信息、限制条件的问题条件知识显得十分必要。

5.1.2.3 针对现使用物理教材结构分析的教师访谈结果

课堂所使用的教材作为教师教学、学生学习最主要最常用的工具，其重要性不言而喻。广东地区各中学物理课堂教学所使用的教材绝大多数为人民教育出版社出版的 2006 年第 3 版物理教材。为了调查掌握教材对物理学科知识编排合理与否，通过开放性访谈的方式对一线物理教师进行访谈调查。广州市珠江中学 3 名物理教师、广州市绿翠中学 2 名物理教师、东莞市长安实验中学 4 名物理教师合计 9 人参与此次访谈，其中 2 人教龄 2 年以内，4 人教龄 5-10 年，2 人教龄 10-15 年，1 人教龄 25 年以上。

访谈研究发现人教出版社 2006 年第 3 版教材存在以下两个问题：

1. 同一知识组块下的内容被分割排列

根据教育部基础教育司组织、物理课程标准研究组编写、由廖伯琴、张大昌主编，湖北教育出版社出版、发行的 2002 年 6 月第 1 版的《物理课程标准解读》，初中物理课程内容根据物理学科原理可以划分如下：

- (1) 物质：物质的形态与变化；物质的属性；物质的结构与尺度；新材料及其应用。
- (2) 运动和相互作用：多种多样的运动形式；机械运动和力；声和光；电和磁。
- (3) 能量：能量；能量的转化和转移；机械能；内能；电磁能；能量守恒；能源的可持续发展。

初二物理教材总共有十个章节的内容：其中第四章《物态变化》属于“物质”知识框架；第一章《声现象》、第二章《光现象》、第三章《透镜及其应用》属于“运动和相互作用”知识框架下的“声和光”部分；第九章《电和磁》、第十章《信息的传递》属于“运动和相互作用”知识框架下的“电和磁”部分；而第五章《电流和电路》、第六章《电

压 电阻》、第七章《欧姆定律》、第八章《电功率》这四章比较集中的内容则全部属于“能量”知识框架下的“电磁能”部分。同一知识组块下的内容被分割且排列较为松散，表面上符合由易至难的认知规律，却不利于初中学生对于同一学科原理核心的知识组块构建起完整的知识结构，且不利于学生培养起相关知识领域的认知技能。对领域专长的研究发现，“具有领域专长的突出优势就在于其拥有模块化的、完整的知识结构体系，而新手知识体系中的知识点却是零散的、游离的。”^[1]

2.过于注重探究，忽视实验课程安排难度

过去一些老版的物理教材以及老教师惯用的教学方法都比较侧重于对概念进行分析、对比，加上例题讲解，从而帮助学生对一些非常抽象的物理量进行理解并对具体的学科问题解决形成样例表征，而人教版 2006 年第 3 版物理教材为了降低教学难度，回避了一些概念问题，如课程标准中就明确取消了以往所规定的“知道电压的概念”。此版教材中安排了许多探究活动替代以往的概念、原理和例题的学习，如“探究电能表转盘转动快慢的原因”、“电能转化为电热时的功率跟导体电阻的关系”等。这些安排方式在理论上来说能够培养学生的观察和动手能力、分析问题和解决问题的能力，而实际上受限于国内学校教学条件，教师难以将所有课程都安排为“集体探究式”或者“课题解决式”，因此欠缺完善的概念、丰富的解题示例的教材课本在某种形式上增加了绩差生的学习难度，绩差生无法独立理解和建构起原理探究的操作过程，只能对教师讲解的实验探究结论进行识记，实际上导致知识基础不好的学生在学理内容知识和认知过程知识以及问题条件知识的掌握上更为不均衡，进一步拉大了优、差生的差距。

人民教育出版社 2006 年第 3 版物理教材节选示例见附录 2。

5.2 学科领域知识单元的改编

在研究一中，根据教师访谈以及针对教材的分析，参考课程标准解读，电磁能知识组块为初中八年级物理学科知识中编排最集中所占比重篇幅也最大的知识组块，而根据一线教师意见，《电流与电路》一章知识则是电磁能知识组块中最基础和重要的内容，《电

[1]Alexander P A,et al.College Instruction and Concomitant Changes in Students' Knowledge,Interest,and Strategy Use:A Study of Domain Learning[J].Contemporary Educational Psychology.1997,22(2):125-146.

流与电路》章节知识的完善建构直接影响到学生接受和掌握第六章《电压 电阻》、第七章《欧姆定律》、第八章《电功率》这四章内容知识的效果。因此本研究以初中物理电磁能知识组块中的第一章《电流与电路》作为实验材料，按照学科领域知识的教学理念将教学单元的学科知识领域化，形成学科领域知识单元。

根据教育部基础教育司组织、物理课程标准研究组编写、由廖伯琴、张大昌主编，湖北教育出版社出版、发行的 2002 年 6 月第 1 版的《物理课程标准解读》，《电流与电路》这一章节的课程标准为：从能量转化的角度认识电源和用电器的作用；会读、会画简单的电路图，能连接简单的串联电路和并联电路，能说出生活、生产中采用简单串联或并联的实例；会使用电流表；了解家庭电路和安全用电知识，有安全用电意识。

《电流与电路》章节知识点框架结构如图 5-1 所示：

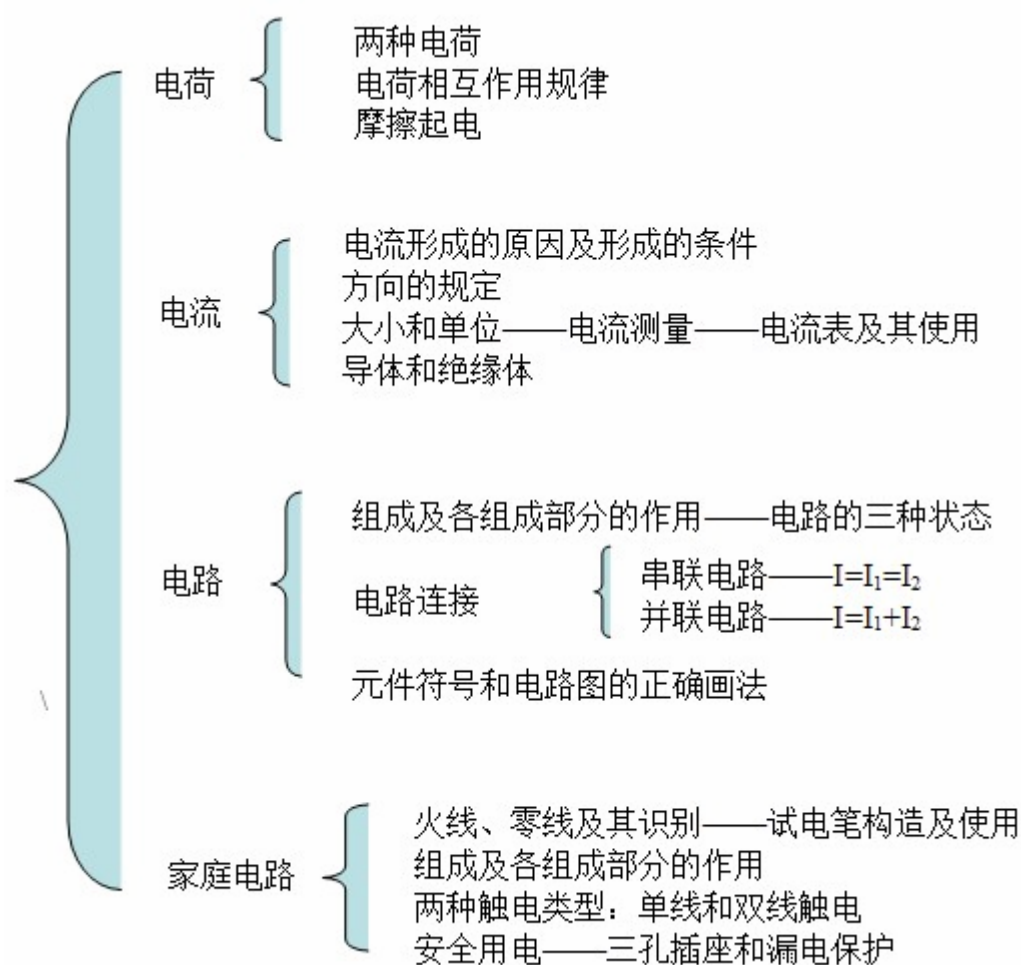


图 5-1 《电流与电路》章节知识点框架结构图

改编的学科领域知识补充式教学单元材料根据学科领域知识的理论构念将本章节范围内相关的教学内容做有机结合，形成知识组块，从而使补充教学单元中的内容具有学科领域知识特性。《电流与电路》单元章节学科领域知识补充式教学材料囊括了与学科领域知识相对应的三个知识模块。本研究中补充式教学材料的编制参考蔡笑岳，何伯锋（2010）等人关于学科领域知识教学策略的研究以及对教学实践过程中学科领域知识三个模块的操作定义，本研究中将补充式教学材料中知识三模块定义也即三类知识在补充式教学材料中的呈现方式如表 5 - 1 所示：

表 5-1 学科领域知识教学知识三模块操作定义

知识模块	具体内容	内容体现的方式
学理内容知识	基本公式、重要概念、定理等基础性的知识内容。	在每部分补充教学材料的开头以“本节需识记内容”知识框的形式使用黑色字体呈现。
认知过程知识	对于解题过程、解题思路、解题步骤的引导及范例。	根据问题的难易程度，设置与本章内容相关的例题，结合基本内容对例题做详细的讲解，使用蓝色字体呈现。
问题条件知识	与具体解题过程相关的关键知识、限制条件等	与“认知过程知识”知识模块结合在一起，在具体解题过程、关键解题步骤中插入提示性、提问性的语句，并补充必要的关键信息和限制条件，使用红色字体呈现。

根据论文工作中研究一和研究二的研究结果，在《电流与电路》章节的学科领域知识补充教学材料中，学生需重点补充的为学科领域知识三模块中的认知过程知识以及问题条件知识，学理内容知识的少量呈现只为帮助学生巩固。示例如下：

第一节 电荷

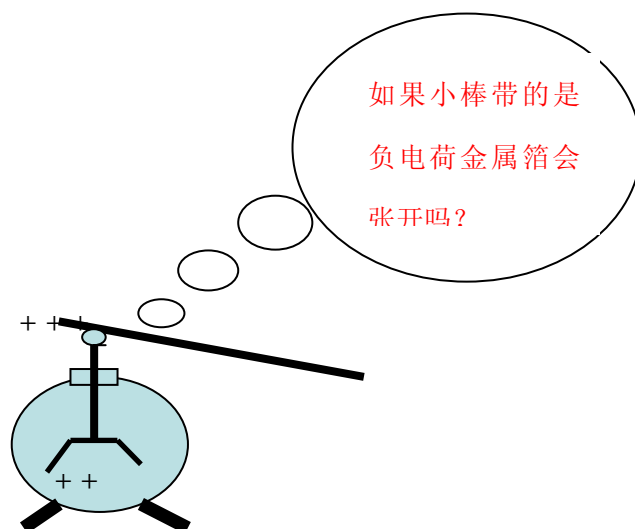
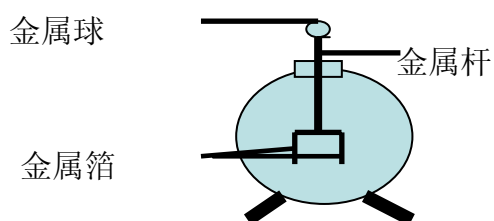
需识记的内容

电荷：物体有了吸引轻小物体的性质就说物体带了“电”或带了电荷。

摩擦起电：用摩擦的方法使物体带了电就叫做摩擦起电。

电荷量：电荷的多少，用 Q 表示。电荷量的单位是库仑，简称库，符号是 C 。

我们通常如何验证物体是否带有电荷？



我们可以根据同种电荷相排斥的原理，由验电器金属箔片是否张开来判断物体是否带电。

注意：图例中小棒带的是正电荷，金属箔同时带上正电荷所以张开我们可以得知小棒的确是带电的，如果小棒带的是负电荷，接触金属球后金属箔会同时带上负电荷所以仍然会由于同种电荷相排斥的原理而张开，我们仍然可以得知小棒带有电荷。（但验电器无法用来检验物体带的是何种电荷）

例题：

如图示 A、B、C 为三个用丝线悬吊的小球，相互作用情况如下，则下述正确的是：

- A. 若 A 带正电，则 C 一定带正电。
- B. 若 A 带负电，则 C 一定带正电。
- C. 如 B 带正电，A 一定带正电，C 一定带负电。
- D. A、B 一定带同种电荷，C 可能不带电。

解析：

(1) 如果 A 带正电，那么但是根据带电物体可以吸引轻小物体的原理，只要 C 不是也带正电荷就会出现题目图中所显示的和 B 相吸的情况，所以 C 存在带负电荷和不带电荷两种情况的可能，所以答案第一个选项和第三个选项是错误的；

(2) 同上所析，如果 A 带负电，那么 C 也存在带正电荷和不带电荷两种情况的可能，所以答案中第二个选项也是错误的；

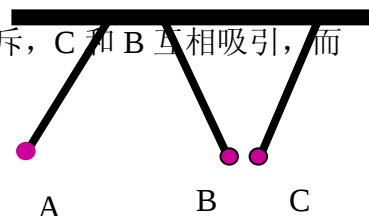
(3) 综上所述，选项四为正确答案。

注意：在解答此类问题时，首先可以根据“同种电荷互相排斥、异种电荷互相吸引”的原理进行初步判断，但需注意如果题中物体质量非常轻小，则不能忽略“带电物体具有吸引轻小物体能力”的原理。

例题：

A、B、C、D 四个带电体，已知 D 带正电，A 和 C 互相排斥，C 和 B 互相吸引，而 B 和 D 也互相排斥，则

- | | |
|----------------|----------------|
| A. C 带正电，B 带负电 | B. C 带负电，B 带正电 |
| C. C 带正电，A 带负电 | D. A 所带电性不能确定 |



解析：

(1) 已知 D 带正电，则根据根据同种电荷相互排斥的原理，B 肯定也带有正电荷；

- (2) 而由于 C 和 B 互相吸引, 则 C 有可能带负电, 也有可能不带电荷;
- (3) 由于 A 和 C 互相排斥, 则 C 不带电荷的可能则被排除, 可以确定 C 一定带负电荷, 同时可证 A 一定也和 C 一样带负电荷;
- (4) 综上所述则答案中第二个选项为正确答案。

学科知识领域化改编后的补充式教学单元材料完整节选见附录 3。

5.3 教学实验的设计与实施

5.3.1 研究目的

本研究依据蔡笑岳等(2010)提出的学科领域知识的基本构念以及学科领域知识教学的基本理念, 使用学科领域知识的补充式教学策略对八年级学生《电流与电路》知识单元进行改组并教学, 通过研究探讨学科领域知识的应用价值以及学科领域知识补充式教学策略在实际教学活动中的应用效果。

5.3.2 研究假设

假设 1: 实验组的单元学业成绩显著高于对照组

假设 2: 不同学业层次的学生单元学业成绩存在显著差异, 绩优组优于中等组, 中等组优于绩差组

5.3.3 研究设计

本研究采用 2 (组别: 实验组, 对照组) $\times$ 3 (学生层次: 绩优生, 中等生, 绩差生) 的两因素实验设计, 自变量为实验组别和学业成绩层次, 因变量为《电流与电路》单元学科测验成绩。

5.3.4 研究方法

5.3.4.1 研究对象

选取东莞市长安实验中学八年级 4 个平行的普通班，其中 2 个班级作为实验组，2 个班级作为控制组，4 个班级原有 2 名物理教师，为控制教师教学风格无关变量，每名老师负责的 2 个班级分别编入实验组和控制组进行教学。4 个班级共 237 人，男生 125 人，女生 112 人，其中实验组两个班级共 118 人，控制组两个班级共 119 人。实验组与物理组在接受实验之前的一次物理单元成绩差异不具有统计学意义 ($t=0.24$, $P=0.81$)。将实验前一次单元成绩前 27% 学生作为绩优生 (实验组和控制组均为 32 人)，后 27% 学生的作为绩差生 (实验组和控制组均为 32 人)，中间的学生作为中等生 (实验组为 54 人，控制组为 55 人)。

5.3.4.2 教学操作

本研究根据八年级物理课程标准及学校的教学进度安排教学实验，每周 2 课时正课，1 课时答疑课，共 4 周 12 课时完成。采用自然实验法，不改变现行知识单元教学，不更换教师。

实验组：给学生发放改组好的学科领域知识补充式教学材料，请任课教师明确告知学生这是教辅资料而非教材替代材料，让学生结合教材自学，有意识地构建本章的知识结构；教师的作用是在学生学习补充式教学材料的过程中加以适当引导，并在每周 1 个课时的答疑课中针对补充式教学材料中的例题进行讲解，帮助学生理解和掌握本章节知识内容结构中的认知过程知识和问题条件知识，以使完善本章知识单元结构；

控制组：使用普通教材及原教案进行教学，不干扰学生自选教辅材料。

5.3.4.3 教学效果检验标准

教学效果检验标准为《电流与电路》学业单元测试的平均分。

5.4 数据分析

表 5-2 实验组与控制组的单元学业成绩描述统计

	绩差生	中等生	绩优生
控制组	69.52±4.61	84.52±1.23	92.54±3.51
实验组	72.59±5.51	88.22±4.62	93.55±3.89

表 5-3 实验组与控制组不同层次学生实验后的单元测试成绩结果

变异源	自由度	均方	<i>F</i>	<i>P</i>
组别	1	403.33	91.96	.00***
学生层次	2	5375.83	1225.69	.00***
组别*学生层次	2	5.83	1.33	.27

注：* $P<0.05$ ；** $P<0.01$ ；*** $P<0.001$ 以下同

对收集数据采用 2（组别：实验组和控制组） $\times$ 3（学生层次：绩差生，中等生和绩优生）两因素方差分析。结果显示，组别主效应显著，学生层次主效应显著，两者的交互作用不显著。

分析发现，实验组的分数显著高于控制组（ $f=90.06$ ， $P<0.001$ ）。对不同层次的学生进行具体的分析发现，实验组的绩优生与控制组的绩优生并没有出现显著性差异（ $t=1.32$ ， $p=0.19$ ）。但是，实验组的绩差生与控制组绩差生在单元学业成绩上存在显著性差异（ $t=2.88$ ， $P<0.001$ ），实验组的中等生与控制组的中等生在单元学业成绩上存在显著性差异（ $t=8.46$ ， $P<0.001$ ）。不同层次学生在得分上也存在显著性差异（ $f=1225.69$ ， $P<0.001$ ），其中优等生的分数最高，其次为中等生，最差为绩差生。这说明物理学科领域教学对学生物理成绩的提高具有积极的影响。

5.5 讨论

研究发现实验组中等生和绩差生的单元学业测试成绩显著高于控制组的中等生与绩差生。这显示学科领域知识教学能够帮助学生形成正确的问题空间，促进其学科成绩的提高。学科领域知识补充式教学通过适当巩固增加相关的基础知识点与物理公式，对教学形成了有益的补充。廖伯琴和黄希庭（1999）通过应用口语报告法发现数理知识基础比较好的学生在动态表征物理问题的时候优于知识基础差的学生。因此，实验组的学生通过巩固的知识基础，能够对问题进行更好的表征，从而具有更高学科成绩。另外，有些学者也发现学生只有具有良好的学科知识基础，方能具有更大的意愿去学习新的知识与掌握新的策略（Renninger, 1992）。实验组的学生通过巩固的知识基础，能够新的物理知识产生大的学习热情。这对于他们知识的掌握与巩固也具有积极的意义。另外，更为重要的是，传统的物理教材内容编排过于注重探究，而实际上的课堂教学中难以适应教材安排实验探究课程与课题解决式授课方式，导致了绩差生与中等色灰姑娘在有关于解题步骤、思路和解题策略方面的知识实际上掌握欠佳，从某种意义上来说，实际上反而是忽视了学生的认知策略的掌握。良好的认知策略能够帮助个体更好进行知识表征与物理表征。例如，Carol（1987）发现专家型学生与新手型学生在解决问题过程中的一个重要区别为是否能够有效应用问题解决策略；Lazonder（2008）也认为理论加工策略能够更好帮助学生抑制问题的干扰信息，并在认知结构中寻找解决问题的相关知识，从而保证的问题解决。因此，实验组的学生通过补充式教学，补充的认知过程知识组块内容能够帮助他们掌握知识学习和问题解决的认知策略，这有利于他们能够在物理知识学习过程中建构结构性强的知识体系，形成一张完整全面的知识网络。另外，他们在认知策略的帮助下还可以抑制无关信息、提取关键信息和理解隐喻信息，从而成功解决学科问题（傅小兰，何海东，1995）。再次，传统的物理教学对知识使用条件教学的忽视也导致一些学生不会使用和错用知识点与公式。学科领域知识补充式教学通过对知识使用范围与条件的教学，能够有效弥补传统物理教学的不足。学生通过接受条件性知识的教学，懂得了知识“为什么使用”和“何时使用”，可以增强自己的认知监控能力（蔡笑岳，何伯锋，2010）。学生认知监控能力的提高有效对认知过程进行监控，保证知识与策略的使用于问题情境相互吻合。这能够有效提升学生的物理问题的解决效率。

第六章 学科领域知识教学对物理问题表征体系影响的 实验研究

6.1 研究目的

教学实验结束后,根据《电流与电路》一章知识内容,编制无图题、示意图题、电路图题这三种不同使用不同图形表征在物理问题表征体系中不同表征层次提供表征线索的题型来探究物理学科领域知识补充式教学对物理问题表征体系乃至学科问题解决的影响。

6.2 研究假设

假设 1: 实验组在三种题型上的正确率显著性高于对照组,反应时低于对照组。

假设 2: 不同学业成绩层次的学生在三种题型上的正确率和反应时存在显著差异,其中绩优生优于中等生,中等生优于绩差生。

假设 3: 学生在三种题型上的正确率和反应时存在显著差异,其中电路图题正确率最高,反应时最低,其次为示意图题,最后为无图题。

6.3 研究设计

本研究采用 3(题型类别:无图题,示意图题,电路图题)×2(组别:实验组,控制组)×3(学生层次:绩差生,中等生和绩优生)实验设计,因变量为被试的反应时和正确率。

6.4 研究方法

6.4.1 研究对象

选取接受教学实验的全体样本作为研究对象, 4 个班级共 237 人, 男生 125 人, 女生 112 人, 其中实验组两个班级共 118 人, 控制组两个班级共 119 人。共收集有效数据 219 份, 有效率为 92. 41%, 具体被试分布情况见表 5-4:

表 5-4 实验班控制班被试分布表

	实验组	控制组	合计
绩优生	32	32	64
中等生	52	51	103
绩差生	27	25	52
合计	111	108	219

6.4.2 实验材料

根据国内廖伯琴的物理表征体系理论, 物理表征分为文字表征、朴素表征、物理表征以及数学表征四个层次。在不同的层次, 不同的图形将对物理问题表征起到不同的辅助作用。在朴素表征进行阶段, 示意图将起到架桥类比以及中介表征的作用, 可以达到辅助学生理解题意的作用。受力图是物理学领域中表示物体受力情况的一种图形表征方式, 受力分析是理解题意、形成清晰的物理情境的过程, 对物理学科问题进行受力分析的这个过程就是学生从朴素表征进入到物理表征的过程, 它贯穿整个运动学、电学、电磁学、力学等领域, 是学生成功完成物理问题解决的基础, 只有受力分析得以正确进行, 才能说明解题者已完成了正确的物理表征。由此我们可知, 在物理学科内的电学领域中, 电路图即是与受力图同一层次的图形表征。本研究将使用自编的电学测验, 该测验包含 9 道题, 分为无图题、示意图题以及电路图题三种类型, 无图题 (题目单纯提供文字表征信息)、示意图题 (题目提供朴素表征辅助信息)、电路图题 (题目提供物理表征辅助信

息)这三种不同题型每种类型各3道题。为了控制实验用题实际难度一致,实验用题由中学物理一线教师主观评定难度大致相等,题干信息均控制为不使用超过三个用电器和两个电流表,不超过两个支路的串并联电路题,为了避免位置效应,测验采用拉丁方排序。该电学测验用来探究实验组与控制组不同层次学生在教学实验后对不同类型题目的结题情况。这可以探究学科领域知识教学对学生表征不同类型问题的影响。学生通过e-prime心理学实验软件完成测验。软件会建立被试的准确率和反应时,作为测验结果的依据。实验用题详见附录4。

6.4.3 实验程序

使用长安实验中学机房,请参与教学实验的四个班级学生依次进入计算机房使用E-prime程序完成实验。实验过程中请班主任在场维持秩序,保证实验数据的真实性和有效性。

将实验程序的指导语设置为:“实验首先在电脑屏幕上出来一个红色的“+”号注视点,提醒你开始实验,并集中注视电脑屏幕中央,接着呈现《电流与电路》章节习题,请你迅速认真独体,开始思考解题,在确定完成思考之后请按键盘上的“A”键进入答题界面并在30秒内使用键盘上的1、2、3、4数字键选择你的答案。请注意在进入答题界面之后不可再返回读题界面,且答题有30秒的时间限制,30秒之后如果不按键作答则会自动跳入下一题的读题界面。因此在读题界面时需集中注意认真思考,确定题目的解答后再按键进入答题界面。”

6.5 数据分析

表 5-5 实验组与控制组测验成绩描述统计

	控制组			实验组		
	绩差生	中等生	绩优生	绩差生	中等生	绩优生
电路图题反应时 (s)	69.69±5.67	56.28±4.35	53.13±3.44	62.58±3.69	53.33±4.38	52.66±2.74
示意图题反应时 (s)	86.17±6.57	73.02±6.17	69.52±2.85	76.83±3.82	71.51±9.87	68.07±4.98
无图题反应时 (s)	125.5±2.89	115.13±7.57	99.2±5.68	119.01±16.31	106.4±14.62	90.44±4.71
电路图题正确率 (%)	74.56±4.02	82.54±2.51	93.70±2.03	78.52±3.51	84.56±3.51	94.95±2.39
示意图题正确率 (%)	64.55±2.51	73.52±5.56	89.45±1.98	67.58±7.55	77.02±8.45	89.50±1.53
无图题正确率 (%)	51.55±2.32	70.59±6.51	83.92±2.33	65.56±9.53	72.86±11.51	84.12±1.03

表 5-6 实验组与控制组不同层次学生不同类型题目的反应时情况

变异源	自由度	均方	<i>F</i>	<i>P</i>
题型类别	2	7333.91	6023.51	.00***
组别	1	3158.78	265.34	.00***
学生层次	2	6047.01	507.96	.00***
三者交互作用	4	911.81	74.89	.00***

表 5-7 实验组与控制组不同层次学生在不同类型题目的正确率情况

变异源	自由度	均方	<i>F</i>	<i>P</i>
题型类别	1	10733.44	4863.81	.00***
组别	1	1026.84	509.03	.00***
学生层次	2	15034.44	7452.94	.00***
三者交互作用	2	341.66	170.83	.00***

采用重复测量多因素方差分析探究题目类型、组别和学生层次对结题的反应时和准确率的影响。研究发现题型类型的主效应显著，组别类型的主效应显著，学生层次的主效应显著。

实验组在无图题的正确率上高于控制组 ($t=2.84$, $P<0.001$)、实验组在示意图题的正确率上高于控制组 ($t=3.33$, $P<0.001$)、实验组在电路图题的正确率上高于控制组 ($t=35.44$, $P<0.001$)。具体表现为实验组的绩差生在无图题正确率上高于控制组的绩差生 ($t=17.54$, $P<0.001$)、实验组的绩差生在示意图题正确率上高于控制组的绩差生 ($t=18.49$, $P<0.001$)、实验组的绩差生在电路图题正确率上高于控制组的绩差生 ($t=28.77$, $P<0.001$)；实验组的中等生在无图题正确率上高于控制组中等生 ($t=12.33$, $P<0.001$)、实验组的中等生在示意图正确率上高于控制组的中等生 ($t=13.65$, $P<0.001$)、实验组中等生在电路图题正确率上高于控制组的中等生 ($t=12.33$, $P<0.001$)；实验组与控制组的优等生在相应三种题型正确率上差异均不显著 ($P>0.05$)。

实验组在无图题的反应时上低于控制组 ($t=5.09$, $P<0.001$)、实验组在示意图题的反应时上低于控制组 ($t=5.43$, $P<0.001$)、实验组在电路图题的反应时上低于控制组 ($t=5.35$, $P<0.001$)。具体表现为实验组的绩差生在无图题反应时上低于控制组的绩差生 ($t=13.37$, $P<0.001$)、实验组绩差生在示意图题反应时上低于控制组的绩差生 ($t=15.55$, $P<0.001$)、实验组绩差生在电路图题反应时上低于控制组绩差生 ($t=14.69$, $P<0.001$)；实验组中等生在无图题反应时上低于控制组中等生 ($t=9.41$, $P<0.001$)、实验组中等生在示意图题反应时上低于控制组中等生 ($t=12.89$, $P<0.001$)、实验组中等生在电路图题反应时上低于控制组中等生 ($t=22.64$, $P<0.001$)；实验组的绩优生在无图题

上的反应时显著低于控制组的绩优生 ($t=68.16$, $P<0.001$), 两者在示意图题 ($P>0.05$) 和电路题上的反应时差异不显著 ($P>0.05$)。

在无图题上, 不同物理学业成绩层次学生的反应时具有显著性差异 ($f=166.52$, $P<0.001$), 正确率上也具有显著性差异 ($f=1012.94$, $P<0.001$), 反应时最低和正确率最高的是优生, 其次为中等生, 再次为绩差生。可见, 物理学科领域知识的补充式教学能够帮助学生在附带不同图形表征的学科问题解决中提高问题表征效率, 使学生更容易获得问题线索, 从而高效正确的解决问题。研究也表明学生原有的学业成绩水平也会对学生的问题线索提取产生一定的影响。

在无图题的正确率上, 实验组和控制组的绩优生几乎无差异, 但是实验组的中等生和绩差生均显著优于控制组。在绩差生这个层次上, 实验组和控制组的差异十分显著; 在示意图题的解题正确率上, 实验组和控制组的绩优生差异仍为不显著, 而实验组和控制组在中等生和绩差生这两个层次上存在差异; 在电路图题正确率上, 实验组和控制组的绩优生差异仍不显著, 而实验组和控制组在中等生和绩差生层次上依旧存在差异。

无图题反应时实验组在三个学生层次上均显著短于控制组; 在示意图题和电路图题的反应时上, 实验组和控制组的绩优生无差异, 而实验组和控制组在中等生和绩差生两个层次上存在差异, 实验组优于控制组。

6.6 讨论

6.6.1 从线索提取的角度看补充式教学实验效果

6.6.1.1 问题线索对学生问题表征具有积极影响

研究发现不同类型题目的正确率和反应时具有显著差异。学生在物理图形提示的题目中表现最好, 其次为示意图题, 最差的为无图题。这与王超(2008)的研究结论相同。导致这一差异在于问题线索的显性具有差异。电路图题具有明显的问题线索, 有助于学生更好进行表征。示意图题的线索显性次之, 因而给学生问题表征带来一定的难度。无图题的问题线索的显性最差, 因而学生的问题表征效率最低。可见, 问题线索会影响学生的问题表征效率。问题表征的过程包括获得问题的真实结构、提取问题关键信息与应

用表征者原有知识 (Wertheimer, 1985)。侯新杰和姜金伟 (2008) 认为问题线索对学生问题表征具有积极意义, 能够帮助学生搜索到有效算子。因此, 学生在解决物理图题的时候, 能够依据物体图题提供的线索取得有效的算子, 避免了无关信息和干扰信息的影响, 了解到问题的真正结构。另外, 问题线索还能够帮助学生更好提取信息, 形成正确的问题空间。Catrambone (1998) 认为问题线索能够对学生问题关键信息的提取具有指引作用。因此, 线索显性最强的物体图题能够帮助学生及时发现题目中的关键信息, 正确提取问题的关键信息。除此之外, 线索提示还能够帮助个体在已有的认知结构的中搜索到与问题表征相对于的知识, 帮助其应用由于的物理学科领域知识 (邓铸, 2003)。

^[1]学生在线索提示的帮助下, 可以更快激活知识体系中的知识点与公式, 正确解决物理问题。物理图题由于具有丰富的问题线索, 能够帮助个体更有效获取问题表征所需要的背景知识, 形成正确的问题空间。而无图题由于线索的显性不明显, 没能很好为学生提供直观的提示, 影响了学生的解决效率。

6.6.1.2 学科领域知识教学能够帮助个体有效获取问题线索

研究发现实验组学生在不同三种类型的题目的表现上均优于控制组。这显示学科领域知识教学能够帮助学生更好提取问题线索, 正确表征物理问题。学科领域知识重视学生的知识基础, 提高学生领域知识的丰富性。领域知识的丰富有利于知识的理解和使用 (Dochy, Segers, 1999)。因此, 实验组的学生对能够利用丰富的领域知识理解问题线索, 并能够有效利用它来进行问题表征。这增强了问题线索的效用, 提升了问题解决征的效率。另外, 学科领域知识还重视包括整理利用问题线索在内的认知策略的教学, 帮助学生更好利用问题线索。问题线索的提取与使用效率与认知策略有关。学生通过物流学科领域知识教学能够掌握有效的认知策略。这能够帮助学生更好利用问题线索, 并结合原因的领域知识, 成功解决学科问题。最后, 学科领域知识丰富了学生的问题条件知识, 使其了解了知识的使用范围, 因而能够更好获得问题线索。朱新明和南宇压 (1994) 研究发现加强学生对问题条件的认知, 能够引导学生对问题线索的加工。实验组的学生通过学科领域知识的教学掌握了知识的使用条件, 能够更好加工问题线索, 形成正确的问题空间。

[1] 邓铸. 简单与复杂物理问题解决及状态元认知. 心理科学, 2003, 26(3): 479-482.

6.6.2 从物理问题表征体系理论的角度看补充式教学效果

根据廖伯琴的物理问题表征体系理论，学生在物理问题解决中的问题表征要依次进入文字表征层次、朴素表征层次和物理表征层次，表征在由浅到深的层次动态发展和各层次相对稳定的静态特征就共同组成了物理问题解决中的问题表征体系（廖伯琴，1999），本实验研究中所使用的不同题型实际上市使用不同的图形表征在问题表征的不同层次提供了表征线索（或可称为表征辅助信息），而实验发现实验组的绩差生和中等生在三种题型上的正确率和反应时指标均显著优于对照组的绩差生和中等生，实验组的绩优生在无图题的表征反应时上也优于对照组的绩优生，导致这一结果的一个重要原因在于学科领域知识教学促进了学生表征层次的优化，提高其问题表征的效率。专家型学生与新手型学生在问题表征一个重要差异为表征层次不同，专家型根据问题的原理特征进行表征，而新手型学者则依据问题的表面特征进行表征（蔡笑岳，张维，2010）。物理学科领域知识补充式教学通过提升学生物理的领域知识水平，从而实现其物理问题表征体系的优化。学科领域知识补充式教学对学生物理学科问题解决中问题表征的影响主要集中在朴素表征与物理表征这两个表征层次。朴素表征与问题的整体框架有关，与日常生活经验及具体物体有关，若问题解决者受生活现象的影响而停留在此表征层次，则容易产生物理前概念，出现经验解题模式。学科学科领域知识巩固了学生的知识基础，加强了学生对知识的理解，避免其受到前概念的消极影响。前概念是学生在接触科学知识前，对现实生活现象所形成的经验型概念，学生在问题表征过程中会在一定的程度上受到前概念的影响，学生知识基础越薄弱，消极作用的影响越大（麦慧怡，2010）。学科领域知识教学重视学生的物理概念与公式的教学，巩固了学生的知识基础。这便加深了学生对知识的理解，抑制了前概念的消极影响，顺利进行问题的朴素表征。另外，物理学科领域知识教学还强化了学生的问题认知策略训练与问题情境知识教学，促进其形成正确的问题空间。廖小兵（2011）任务认知策略是一项重要的元认知技能，能够对认知过程进行有效监控。学生在物理学科领域知识教学的作用下，习得了良好物理认知策略，可以利用其对问题表征过程进行监控。他们能够有效监控自己在朴素表征过程中使用策略的有效性与正确性，从而保证认知策略与问题空间相互匹配。另外，问题情境知识的教学则是其能够提高学生问题条件知识水平。强化了原有知识体系与具体问题的联系（蔡笑岳，何

伯锋, 2010)。问题条件知识是对知识使用条件的认知, 提升个体“何时”和“为什么”使用知识的能力。学生通过学科领域知识教学, 提升了问题条件知识水平, 能够根据问题的要求, 选用相应的知识点与概念, 保证表征活动的顺利完成。学科领域知识教学除了促进学生的朴素表征外, 还提升了他们物理表征层次的水平。物理表征是问题解决者对抽象的物理概念的理解, 个体在这一表征阶段产生正确的科学解题模式。学科领域知识教学巩固学生的知识基础, 有利于学生正确理解物理概念。根据物理表征的内涵, 其顺利完成有赖于学生对物理概念的正确理解。Splilich (1979) 认为领域知识丰富性影响了个体对知识的理解。学生经过物理概念与公式的巩固学习, 提升了物理知识的丰富性, 能够更好理解相关的知识内容。另外, 学生在物理学科领域知识教学下, 提升了自身的领域知识水平, 能够更好利用问题策略进行物理表征。Carol (1987) 认为领域知识丰富的学生往往具有比较有效的问题策略。Tenaha (2007) 也认为解题技巧对领域知识丰富的学生优于领域知识贫乏的学生。物理学科领域知识教学通过巩固物理基础、提升认知技能以及丰富问题情境知识提升学生的物理学科领域知识。这能够帮助学生更好掌握与利用问题策略, 促使其更好进行物理表征, 形成正确的科学解题模型。因此, 物理学科领域知识教学能够对学生朴素表征和物理表征进行优化, 提升其学科成绩。

第七章 综合讨论及研究总结

7.1 综合讨论

7.1.1 物理学科领域知识的结构的完整性影响了学生的学业成绩

在通常的教学活动中，教师通常直接依据学业测试的成绩将学生的学科知识掌握被简单地地区分为“掌握得好”和“掌握得不好”，原因也简单地归纳为“基础”的好与不好，却没有探究过学业成绩好与不好的学生究竟在学科知识结构上的差异。中小学的课堂教学需要关注知识结构的完整性、各知识组块之间的联系、外显的知识组块和学生内部知识体系的联结等一系列问题。Hutchinson 研究表明，在代数学习中，学习不良儿童面临着双重挑战，一方面问题对基本的数学术语和运算没有熟悉掌握，另一方面问题是难以将这些术语和运算在问题情境中正确应用，换句话说，学习不良儿童的知识结构里缺少一个完整的知识体系。有研究发现，超过 75% 的学习不良青少年在进行简单的利息、测量等应用题计算上有严重困难，即便他们知道计算所需的基本事实。^[1]而学科领域知识的理论指出，学科知识和以往心理学研究的日常生活领域知识和专家专长知识一样，其实也是一种领域知识，而使用学科领域知识的理论来表征的学科知识结构应该是由学理内容知识、认知过程知识、问题条件知识三个模块或者说三个纬度的知识来共同组成的，学科领域知识中的三个模块应该具有完整性、交互性以及动态性的特征。

通过本论文工作的研究一的研究结果我们发现，学业成绩处在不同层次的学生在物理学科领域知识三纬度上的掌握情况表现出了不均衡性，绩优生在学科领域知识三个纬度上的掌握情况都比较好，而中等生和绩差生在认知过程知识和问题条件知识上的掌握情况都要差于对学理内容知识的掌握情况。我们认为，学科知识结构的完整性、对学科

[1]Hutchinson N L. effects of cognitive strategy instruction on algebra problems solving of adolescents with learning disabilities[J]. Learning Disability Quarterly. 1993, 16: 34-63.

领域知识中三纬度知识掌握的均衡性才能够使得学生在学科学习中取得比较好的学业成绩。在学科问题解决过程之中，三类知识互相影响。学理内容知识的完整性影响着问题表征及解题策略的执行，同时决定着个体能否获得与问题相对应的足够的问题条件因素；学理内容使用的效率和问题条件知识的激活受到认知策略的有效性及正确性的直接影响；学理内容知识、认知过程知识在问题解决中的使用则又受到问题条件知识正确性和灵活性的影响。

学科领域知识表征不仅考虑知识的属性，又考虑了学生学习过程中基本的认知规律，兼顾了知识的属性和功能。本研究证实了学科领域知识理论构念的科学性和应用价值。

7.1.2 学科领域知识丰富性影响了学生物理问题表征体系的动态特征

在通常的教学实践活动当中，对于学生学科问题解决能力的差异原因并没有过多的微观的探究，而实际上学科知识丰富且结构良好的学生和学科知识贫乏的学生在物理学问题解决中的问题表征体系动态特征上存在着差异，通过研究二的研究结果我们发现，学科领域知识丰富组和贫乏组的学生在物理问题表征中的文字表征层次并没有显著性的差异，而在朴素表征和物理表征的起始时间及持续时间上存在着显著性的差异。

Tardieu 等人的研究结果也证明，专家比新手进行问题推理能更快更正确是由于其专业知识的差异。他们不仅在知识的量上面有差异，而且他们知识在各自记忆中组织的方式也存在差异。^{[1][2]}

正是由于缺乏丰富的领域知识，使得学科领域知识贫乏组的学生在问题空间的建构过程中无法迅速找到最为正确和关键的信息，偶尔找到问题解决的算子也不能保证是正确的，无法在问题空间中找到明确的解题路径，所以才导致了贫乏组的学生在朴素表征层次和物理表征层次会反复出现表征错误，在物理问题表征体系的动态发展上来看他们会在问题解决过程中反复由较低级的朴素表征层次进入到较高级的物理表征层次而后又退回到朴素表征层次重新表征。而学科领域知识丰富的学生在朴素表征层次和物理表征层次出错的几率要低于学科领域知识贫乏的学生，且从时间上来说，表征的效率更高。

[1]Tardieu,H.,Ehrlich,M.F.,&Gyselinck,V.,Levels of representation and domain-specific knowledge incomprehension of scientific texts,Language and CognitiveProcess,1992,Vol . 7, No. 3-4,pp. 335-351.

[2]Chi.M.,Feltovich.P.&Glaser,R.(1981).Categorization and representation of physics problems by experts and novices. Cognition Sciece,5,121-1531

7.1.3 学科领域知识补充式教学对学生物理学科学习产生了积极的影响

在研究的前两个部分我们得出的结论是初中生在物理学科领域知识的三个纬度上存在掌握不均衡的现象，中等生和绩差生对学科领域知识中的认知过程知识和问题条件知识掌握情况要差于对学理内容知识的掌握，并且学科领域知识丰富的学生和贫乏的学生在物理学科问题表征体系中的差异主要存在于朴素表征层次和物理表征层次两个层次。因此在教学实验中本人使用了学科领域知识教学的补充式策略，通过领域化的学科单元知识补充材料着重为学生补充有关于解题思路、解题步骤的认知过程知识和有关于解题限制条件的问题条件知识，结果发现实验组的中等生与绩差生在教学实验后的单元学业测试成绩显著性高于控制组的中等生与绩差生，而绩优生则没有表现出显著性的差异。而绩优生对单元知识的建构本身比较完善，学科领域知识中三纬度知识掌握比较均衡，所以针对认知过程知识和问题条件知识的补充式教学实验操作主要对中等生和绩差生的学科单元知识建构产生了显著的积极影响；通过使用无图题、示意图题、电路图题三种不同题型的问题解决实验研究，也发现实验组的绩优生在无图题的反应时要优于控制组的绩优生，而实验组的中等生和绩差生在三种题型上的反应时和正确率指标都要显著优于控制组的中等生和绩差生，说明学科领域知识的补充式教学实验对学生的物理问题解决中的物理问题表征体系产生了积极影响，主要影响体现在对于学生物理问题表征层次动态发展过程中朴素表征层次和物理表征层次的优化。学科领域知识补充式教学对于提高学生物理学科问题表征的效率乃至学科问题解决能力有着显著的效果。廖伯琴关于物理问题表征体系的研究指出，学习是影响学生物理问题表征差异的三个重要因素之一，而学科领域知识除了注重学科知识本身的属性同时还注重学生学习过程中的认知特性，学科领域知识的补充学习将学科知识分成三个有机组合的知识纬度，针对学生掌握不好的知识部分进行补充，促使学生建构起更为完善的学科知识结构，起到的作用不仅仅是加法而是乘法，因为学科领域知识三个纬度的知识具有完整性、交互性的理论特点。研究证实了学科领域知识教学理论的应用价值及可操作性，将学科领域知识理论运用到中学学科教学当中无疑可以更为有的放矢，对于学生学科学习的促进可以起到事半功倍的效果。

7.2 研究总结

7.2.1 研究的创新

(1) 关于领域知识的研究,过去主要是将领域知识看成是已有的知识经验(背景知识或者先前知识)的综合体,探讨领域知识的丰富程度对认知操作的影响,而较少涉及到具体的中小学学科教学研究,而学科领域知识是领域知识的学科教学化,创新之处也在于其涵盖了三种类型的知识,同时考虑了知识内在属性与学生的认知特性。本研究依据学科领域知识教学迁移理论将学科领域知识应用于教学实践中,为学科领域知识的理念提供了实证支持。

(2) 本研究考察了学科领域知识学习过程中的问题表征的心理机制,探讨了学科领域知识在对学科问题解决的积极影响,丰富了学科领域知识学习中问题表征研究的相关理论。

7.2.2 研究的不足和展望

虽然本研究取得了一些初步的成果,但由于各方面的条件限制,研究中依然存在以下几个方面不足:

(1) 教学实验成果外部效度不足

本研究根据学科领域知识的基本构念与教学内容组织的理念对学科知识进行改组,但是由于参与实验的学校自身教学进度安排以及时间等方面的限制只做了一个章节知识的教学实践,难以对教学效果下定论,并且由于只选取了东莞市一所普通中学进行教学实验操作,教学效果只能在一定程度上说明问题,成果的外部效度不足,其可推广性有待商榷。

(2) 研究方法存在一定不足

本研究所使用的问卷,虽然编制过程中参考了课题组中前人的研究,也有发展与教育心理学专家及一线物理老师的指导修订,但自编问卷信效度始终有待进一步的检验。本研究仅采用了口语报告法及 E-Prime 实验技术,今后的研究可以使用眼动、ERP 等技术对学科领域知识学习中的认知神经机制作进一步研究。

参考文献

中文参考文献

- [1] 李长虹. 学科领域知识对学生数学知识表征效果的研究[J]. 广州大学硕士学位论文, 2009.
- [2] 李长虹, 蔡笑岳, 何伯锋. 学科领域知识与数学学习的知识表征研究[J]. 心理发展与教育, 2010(3): 282-289.
- [3] 蔡笑岳, 何伯锋. 学科领域知识的研究与教学——当代领域知识研究及其教学迁移[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2010(8).
- [4] 何伯锋, 蔡笑岳, 潘玉萍. 学科领域知识教学内容的组织——以组构式策略编写学科领域知识教学单元[J]. 教育经纬, 2011(8): 20-22.
- [5] 蔡笑岳, 苏静. 工作记忆与领域知识在个体认知行为中的作用[J]. 心理与行为研究, 2008 第 4 期, 306-310.
- [6] 蔡笑岳, 郭强. 不同类型问题的关键信息表征及其认知加工研究[J]. 心理科学, 2007, 30(30): 1033-1036.
- [7] 傅小兰, 何海东. 问题表征过程的一项研究[J]. 心理学报, 1995, 27(2).
- [8] 廖伯琴, 黄希庭. 大学生解决物理问题的表征层次的实验研究[J]. 心理科学, 1997, 20(4): 494-498.
- [9] 廖伯琴, 黄希庭. 口语报告法比较研究物理问题解决中不同数理基础被试表征体系的动态差异[J]. 心理发展与教育, 1999(4): 31-34.
- [10] 陈琦, 刘儒德著. 当代教育心理学[M]. 北京师范大学出版社, 2005:157-161.
- [11] 王甦, 汪安圣. 认知心理学[M]. 北京大学出版社, 1992: 288-292.
- [12] 邓铸. 简单与复杂物理问题解决及状态元认知[J]. 心理科学, 2003(3):479-482.
- [13] 何伯锋. 数学学科领域知识学习的知识表征研究. 硕士论文. 广州大学. 2011.
- [14] 黄燕佩. 物理学科领域知识学习中的问题信息提取机制研究. 硕士论文. 广州大学. 2011.
- [15] 廖伯琴, 黄希庭, 范伟. 朴素表征影响物理问题解决的实验研究[J]. 西南师范大学

学报(自然科学版), 1997, 22(6): 704-712.

[16] 姜子云, 邓铸. 问题表征过程中信息提取的实验[J]. 心理科学, 2008, 31(3): 620-624.

[17] 姜子云, 邓铸. 问题表征与学科问题表征的研究现状及启示[J]. 徐州师范大学学报, 2011, 37(4): 148-151.

[18] 陈发军. 问题的表征与解决过程对物理教学的启示[J]. 物理教师, 2008, 29(4): 1-3.

[19] 邓铸. 问题解决的表征态理论与实证研究——高中生物理问题解决的认知机制. 博士论文. 南京师范大学, 2002.

[20] 邓铸, 余嘉元. 问题解决中对问题的外部表征和内部表征心理学动态[J], 2001(3): 193-200.

[21] 葛楠. 物理问题表征水平变化的微观发生研究. 硕士论文. 辽宁师范大学, 2007

[22] 廖元锡, 龙志明. 物理问题解决过程的两种思维方式——问题表征和图式[J]. 湘潭师范学院学报(自然科学版), 2001, 23(4): 94-98.

[23] 侯新杰, 姜金伟. 线索提示对物理问题表征的影响[J]. 心理科学, 2008, 31(1): 227-229.

[24] 张维, 蔡笑岳, 曾苑霞. 学科领域知识丰富性对中学代数问题表征层次的影响[J]. 心理科学, 2011, 34(2): 398-401.

[25] 郑春花, 蒋艳, 吴星. 绩优生和绩差生化学信息迁移题表征的差异研究[J]. 化学教育, 2006, 4: 32-33.

[26] 黄巍. 优差生解决有机合成的问题表征差异及其影响因素[J]. 心理科学, 1994, 17(4): 217-221.

[27] 廖伯琴, 黄希庭. 智商对物理问题解决表征体系动态特征的影响[J]. 心理科学, 2000, 23(5): 522-524.

[28] 廖伯琴. 中学生物理问题解决的表征差异及其成因探析. 博士论文. 西南师范大学, 1999年.

[29] 廖伯琴. 中学力学问题表征体系的动态特征[J]. 心理学报, 2001, 33(3): 251-254.

[30] 石燕飞, 肖崇好. 中学生解决物理问题表征层次的实验研究[J]. 中央民族大学学报(自然科学版), 2001, 10(2): 157-161.

[31] 王青春, 阴国恩. 中学生物理力学问题的分类及表征研究[J]. 心理与行为研

究. 2008. 6 (4) : 280-284.

[32] 张金宝. 中学生物理学科问题分类能力研究. 硕士学位论文. 天津师范大学. 2008.

[33] 邓铸. 专门知识与学科问题表征[J]. 心理探索. 2002. 5:45-47.

[34] 彭前程, 杜敏. 义务教育课程标准实验教科书(物理·八年级上册)[M]. 人民教育出版社. 2006.

[35] 彭前程, 杜敏. 义务教育课程标准实验教科书(物理·八年级下册)[M]. 人民教育出版社. 2006.

[36] 李贤, 余嘉元. 口语报告: 探测复杂心理活动的方法[J]. 赣南师范学院学报, 2005(1):50-51.

[37] 中华人民共和国教育部. 全日制义务教育物理课程标准(实验稿)[M]. 北京师范大学出版社, 2001.

[38] 教育部基础教育司, 教育部师范教育局. 物理课程标准研修[M]. 高等教育出版社, 2004.

[39] 教育部基础教育司, 物理课程标准研究组. 物理课程标准解读[M]. 湖北教育出版社. 2002.

[40] 裴利芳, 朱新明, 林仲贤. 领域知识与自我解释策略间关系的实验研究[J]. 心理学报, 1997, 29 (4)月 29.

[41] 张裕鼎, 吴庆麟. 领域特殊知识视野中的问题解决研究. 第十一届全国心理学学术会议论文摘要集, 2007.

[42] 皮连生. 论智力的知识观[J]. 华东师范大学学报(教育科学版). 1997 (3) .

[43] 邓铸. 知识丰富领域问题表征与解决策略[J]. 宁波大学学报(教育科学版). 2002. 24(1).

英文参考文献

[44] Lawless K A, Kulikowich JM. Domain knowledge and individual interest: The effects of academic level and specialization in statistics and psychology. Contemporary Educational Psychology. 2006, 31 (1): 30-43.

- [45] Joyce M. Alexander, Kathy E. Johnson. Constructing domain-specific knowledge in kindergarten: Relations among knowledge, intelligence and strategic performance. *Learning and Individual Differences*, 2004, (15):35-52.
- [46] Alexander P A, Judy J E. The interaction of domain-specific and strategic knowledge in academic performance .*Review of Educational Research.*, 1988, 58 (4) : 375-404.
- [47] Hambrick D Z, Engle R W. Effects of Domain Knowledge, Working Memory Capacity, and Age on Cognitive Performance: An Investigation of the Knowledge-Is-Power Hypothesis[J]. *Cognitive Psychology*. 2002, 44(4):339-387.
- [48] Shapiro, A. M., How Including Prior Knowledge As a Subject Variable May Change Outcomes of Learning Research[J]. *American Educational Research Journal*, 2004. 41(1):159-189.
- [49] Hutchinson N L. effects of cognitive strategy instruction on algebra problems solving of adolescents with learning disabilities[J]. *Learning Disability Quarterly*. 1993, 16: 34-63.
- [50] Larkin J. M , McDermott, Simon D. P, et al . Models of Competence in Solving Physics Problems. *Cognitive Science*, 1980(4):317-345.
- [51] David Rosengrant, Alan Van , Heuvelen, Eugenia Etkina, Case Study: Students' Use of Multiple Representations in Problem Solving, *Physics Education Research Conference*, 2005, CP818.
- [52] David Rosengrant, Alan Van Heuvelen, Eugenia Etkina, Free • body diagrams: necessary or sufficient CP818, 2005 *Physits Education Research Conference*.
- [53] Qin Yi & Simon H1A1, Imagery and Mental Models, In J1 Glassgow, N1H1 Narayanan, & B1Chan2drasekaran (Eds 1), *diagrammatic reasoning: Computational and cognitive perspectives 1* Menlo Park, CA: AAAI / The MIT Press, 1995, 1
- [54] Charles J. De Leone and Elizabeth Gire. Is Instructional Emphasis on the Use of Non-Mathematical Representations Worth the Effort?, *Physics Education Research Conference*, 2005. CP8 18.
- [55] Alexander P A., Sperl, C. T., Buehl, M. M., Fices, H., Chiu, S. Modeling domain

learning: Profiles from the field of special education. Manuscript submitted for publication. 2002.

[56] Alexander, P. A. (2003a). The development of expertise: The journey from acclimation to proficiency. *ProQuest Psychology Journals*, 32, 10-14.

[57] Alexander, P. A. (2003b). The development of expertise: The journey from acclimation to proficiency. *Educational Researcher*, 32(8), 10-14.

[58] Alexander, P. A., Kulikowich, J. M., & Jetton, T. L. (1995). Interrelationship of Knowledge, Interest, and Recall: Assessing a Model of Domain Learning. *Journal of Educational Psychology*, 87(4), 559-575.

[59] Alexander, P. A., Murphy, P. K., Woods, B. S., Duhon, K. E., & Parker, D. (1997). College Instruction and Concomitant Changes in Students' Knowledge, Interest, and Strategy Use: A Study of Domain Learning. *Contemporary Educational Psychology*, 22(2), 125-146.

[60] Alexander, P. A., Schallert, D. L., & Hare, V. C. (1991). Coming to terms: How researchers in learning and literacy talk about knowledge. *review of educational research*, 61(3), 315-343.

[61] Alexander, P. A., & Judy, J. E. (1988). The interaction of domain-specific and strategic knowledge in academic performance. *Review of Educational Research*, 58(4), 375-404.

[62] Alexander, P. A., & Murphy, P. K. (1998). Profiling the Differences in Students' Knowledge, Interest, and Strategic Processing. *Journal of Educational Psychology*, 90(3), 435-447.

[63] Bob Algozzine, Dorothy J. O'Shea, W. Bee Crews, et al. analysis of mathematics competence of learning disabled adolescents. *Journal of Special Education*. 1987, 21:97-107.

[64] Daniel C. Moos, Roger Azevedo. Self-regulated learning with hypermedia: The role of prior domain knowledge. *Contemporary Educational Psychology*, 33 (2008) 270 - 298.

[65] Eric F. Rietzschel, Bernard A. Nijstad, Wolfgang Stroebe. Relative

accessibility of domain knowledge and creativity: The effects of knowledge activation on the quantity and originality of generated ideas. *Journal of Experimental Social Psychology* 43 (2007) 933 – 946.

[66] Florence Le Ber Marie-Pierre Chouvet. An agent-based model for domain knowledge representation. *Data & Knowledge Engineering*, 29 (1999).

[67] Josef M. Unterrainer, Adrian M. Owen. Planning and problem solving: from neurophysiology to functional neuroimaging. *Journal of Physiology Paris*, 2006, 99(4-6) :308-317.

[68] John R. Surber, Mark Schroeder. Effect of Prior Domain knowledge and headings on processing of informative text. *Contemporary Educational Psychology*, 32 (2007) 485-498.

[69] Joyce M. Alexander, Kathy E. Johnson, and James B. Scrubber. Knowledge is not everything: Analysis of children' s performance on a hepatic comparison task. *J. Experimental Child Psychology*, 82 (2002) 341 – 366.

[70] Kintsch W & Greeno JG. Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological Review*, 1985, 92: 109-12.

[71] Kozhevnikov M, Hegarty M, Mayer R E. Revising the visualizer-verbalizer dimension: evidence for two types of visualizers *Cognition and Instruction*, 2002, 20(1): 47-77.

[72] Lazonder A W, Wilhelm P, Hageman M G. The influence of domain knowledge on strategy use during simulation-based inquiry learning. *Learning and Instruction*. 2008, 18(6): 580-592.

[73] Michelle M. Buehl and Patricia A. Alexander and P. Karen Murphy. Beliefs about Schooled Knowledge: Domain Specific or Domain General? *Contemporary Educational Psychology*, 27, 415 – 449 (2002).

[74] Mayer R E, Mathematics, Dillon R F & Sternberg R J. *Cognition and instruction*[C]. Orlando: Academic Press, 1986, 127-154.

[75] Moos D C, Azevedo R. Monitoring, planning, and self-efficacy during learning with hypermedia: the impact of conceptual scaffolds. 2008, 24: 1686-1706.

- [76] Patricia A. Alexander and P. Karen Murphy. College Instruction and Concomitant Changes in Students' Knowledge, Interest, and Strategy Use: A Study of Domain Learning. *Contemporary Educational Psychology*, 22, 125 - 146(1997).
- [77] Phillip L Ackerman, Margaret E.Beier, Kristy R.Bowen, Explorations of crystallized intelligence Completion tests, cloze tests, and knowledge. *Learning and Individual Differences*, 12(2000)105-121.
- [78] Phillip L. Ackerman*, Margaret E. Beier, Kristy R. Bowen, What we really know about our abilities and our knowledge[J] *Personality and Individual Differences* 33 (2002) 587 - 605
- [79] Roland H.Grabner, AljoschaC.Neubauer, Elsbeth Stern, Superior performance and neural efficiency: The impact of intelligence and expertise. *Brain Research Bulletin*, 69(2006)422 - 439.
- [80] Thomas Chamorro-Premuzic , Adrian Furnham , Phillip L. Ackerman, Ability and personality correlates of general knowledge.*Personality and Individual Deference*, 41 (2006) 419 - 429.
- [81] Wertheimer M. A Gestalt perspective on computer simulations of cognitive processes. *Computers in Human Behavior*, 1985, 1: 19-33.

附录 1

电磁能知识调查

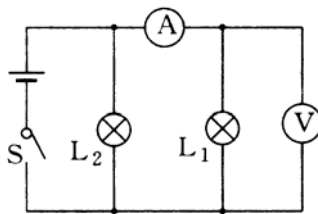
同学们：本问卷非任何形式的考试或单元成绩测试，调查结果仅作为本人课题研究材料之用，请独立完成，认真作答。谢谢你们的参与！

班级：

学号：

姓名：

1. 停在高压线上的小鸟不会触电，这是因为（ ）。
A. 输电线上的电压对小鸟来说是安全电压
B. 鸟的爪子是绝缘体，不会触电
C. 鸟只停在一根线上，两爪之间的电压很小
D. 鸟的生命力强，能耐高压
2. 如图所示电路，电源电压不变，闭合开关 S 后灯 L_1 、 L_2 都亮了。过一会儿，其中一盏灯突然灭了，但电流表、电压表的读数都没变，发生这一现象的原因可能是（ ）。
A. 灯 L_1 短路 B. 灯 L_1 断路
C. 灯 L_2 短路 D. 灯 L_2 断路
3. 下列说法中正确的是（ ）。
A. 通过导体的电量越多，电流越大
B. 通电时间越长，通过导体的电流越大
C. 通电时间越短，电流一定越大
D. 电量一定，通电时间越长，电流越小
4. 小红发现近来家里的台灯发光越来越暗了，造成这一现象的原因可能是（ ）。
A. 灯丝变得越来越细了 B. 灯丝变得越来越短了



C. 灯泡两端的电压升高了 D. 灯泡的实际功率变大了

5. 小洁家购买了一台电饭锅，在使用时闻到橡胶的焦糊味，用手摸其电源线发现很热，而其它用电器仍正常工作，请你用所学的物理知识帮小洁分析一下，发生这一现象的原因是：（ ）。

A. 电压太高 B. 导线太粗 C. 导线太细 D. 导线太短

6. 用粗细均匀的电热丝加热烧水，通电 10 min 可烧开一壶水，若将电热丝对折起来使用，电源电压不变，则烧开同样一壶水的时间是：（ ）。

A. 2.5 min B. 5 min
C. 20 min D. 30 min

7. 串联电路中的总电压规律是什么？

8. 并联电路中的总电阻规律是什么？

9. 欧姆定律是什么？

10. 电能、时间和电功率的关系是什么？

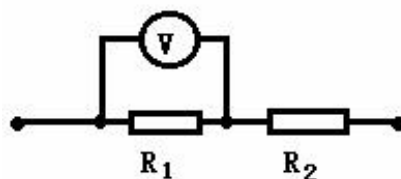
11. 电功率、电压和电流的关系是什么？

12.焦耳定律是什么？

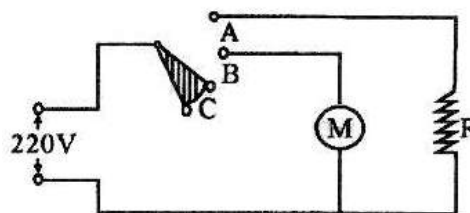
13.决定电阻大小的因素是什么？

14.什么是短路？

15.如图所示， $R_1=4\ \Omega$ ， $R_2=8\ \Omega$ ，接在电源上时，电压表的示数为 2V，求电路消耗的总电功率是多少？

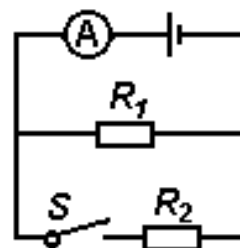


16. 如右图所示是额定电压为 220V 的理发用电吹风的典型电路，其中电热丝通电后可以发热，电动机通电后可以送风，且电动机的额定功率为 120W。请问若电吹风在额定电压下工作，送热风时电路消耗的总功率为 560W，则电热丝 R 的阻值应为多大？



如右图所示，电阻 R_1 的电阻为 $10\ \Omega$ ， R_2 为 $30\ \Omega$ ，当开关 S 断开时，安培示数为 0.6A，则当 S 闭合时，安培表的示数为多少？（本题不用作答，只需回答下面四个问题）

17. 这道题考察了哪些知识点？

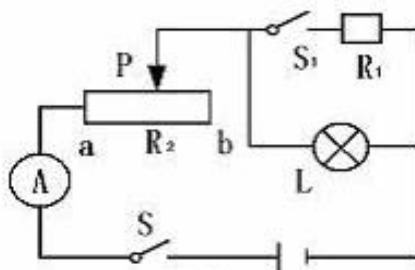


18. 这道题的已知条件有哪些？

19. 解决这道题的关键是什么？

20. 请写下解答这道题的思维过程。

如下图所示，L 是“12V 6W”的小灯泡，R₁ 是定值电阻，R₂ 是滑动变阻器（阻值 0—24 Ω ），设电源电压和灯泡电阻不变。闭合开关 S，断开开关 S₁，求在滑片 P 移动过程中，灯泡消耗的最小功率。（本题不用作答，只需回答下面四个问题）



21. 这道题考察了哪些知识点？

22. 这道题的已知条件有哪些？

23. 解决这道题的关键是什么？

24. 请写下解答这道题的思维过程。

三

串联和并联



有一个电源和两个灯泡，要使两个灯泡同时发光，有几种接法？

是不是可以使电流同时流入两个灯泡，流出灯泡后再汇合？还有什么别的接法？

先画出电路图，和同学们讨论一下，是不是正确。

最后试着连接电路。

任何情况下都不允许不经过用电器而把电源的两端直接连在一起！

串联和并联

电路里如果有两个或者更多的用电器，它们可以有不同的接法。

像图5.3-1那样，两个小灯泡首尾相连，然后接到电路中，我们说这两个灯泡是**串联(series connection)**的；像图5.3-2那样，两个小灯泡的两端分别连在一起，然后接到电路中，我们说这两个灯泡是**并联(parallel connection)**的。

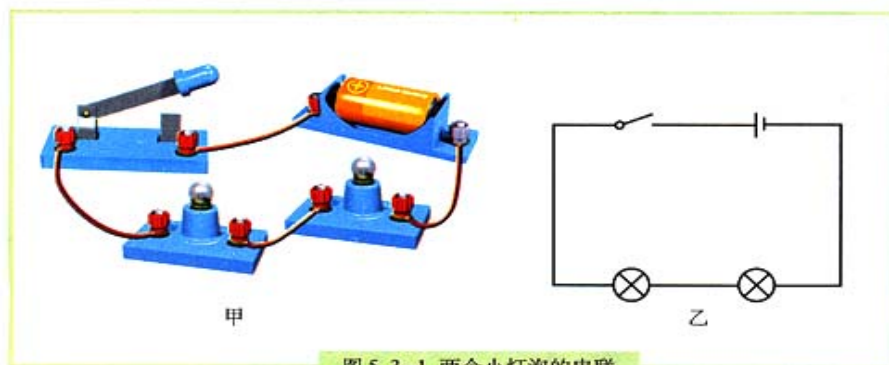


图 5.3-1 两个小灯泡的串联

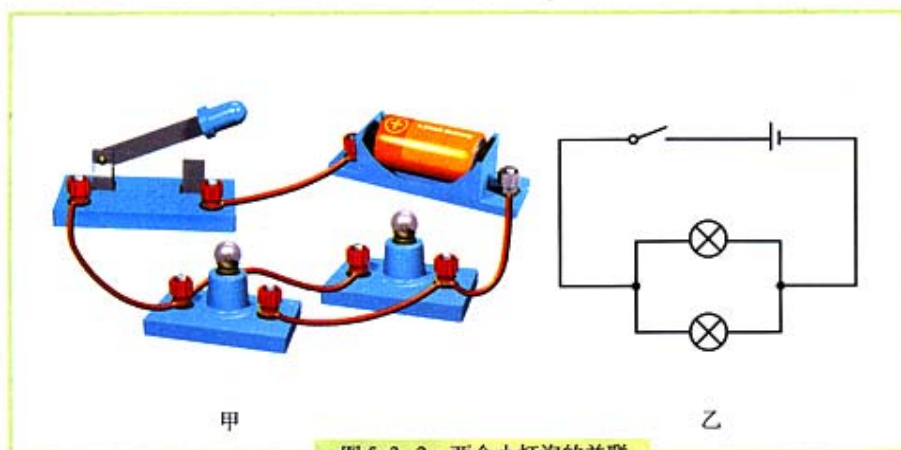


图 5.3-2 两个小灯泡的并联

生活中的电路

串联电路和并联电路是最基本的电路，在实际生活中应用得非常广泛。用来装饰店堂、居室、烘托欢乐气氛的彩色小灯泡，有些就是串联的。节日的夜晚，装点天安门等高大建筑物上的成千只灯泡，却常常是并联的。家庭中的电灯、电吹风、电冰箱、电视机、电脑等用电器大多是并联在电路中的。



图 5.3-3 街上有形形色色的灯。看一看、想一想、问一问，这些灯是怎样连接的？



想想议议

串联电路和并联电路中，电流是如何流动的？你能在图5.3-1乙、图5.3-2乙中画出电路闭合时电流的方向吗？

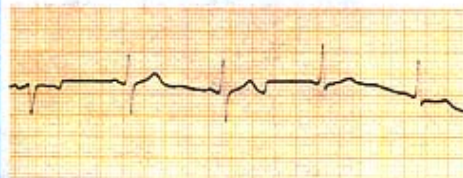
科学世界

生物电

不但在输电线路中有电流，生物体内也有电流。例如，人体心脏的跳动就是由电流来控制的。在人的胸部和四肢连上电极，就可以在仪器上看到控制心脏跳动的电流随时间变化的曲线，这就是通常说的心电图。通过心电图可以了解心脏的工作是否正常。



甲 做心电图



乙 正常心电图

图 5.3-4 心电图



1.如图5.3-5,要一个开关同时控制两个灯泡,应该怎样连接电路?有几种接法?如果要用两个开关分别控制两个灯泡(图5.3-6),又该怎样连接?

先画出电路图,和同学们讨论,认为可行之后在实物图上连线,再次确认后连电路,检验你的设计。

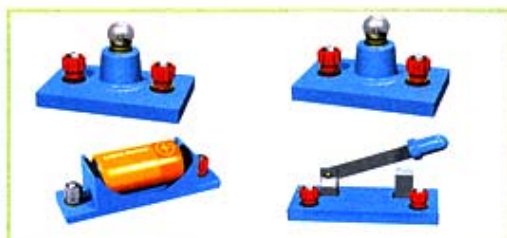


图5.3-5 怎样用一个开关同时控制两个灯泡?



图5.3-6 怎样用两个开关分别控制两个灯泡?

2.按照图5.3-7甲的电路图,把图5.3-7乙中所示的实物连接起来,并用彩笔在电路图上把电流的方向画出来。



图5.3-7

3.某家庭电路可简化成图5.3-8所示的情况,用电器中哪些采用了串联接法,哪些采用了并联接法?

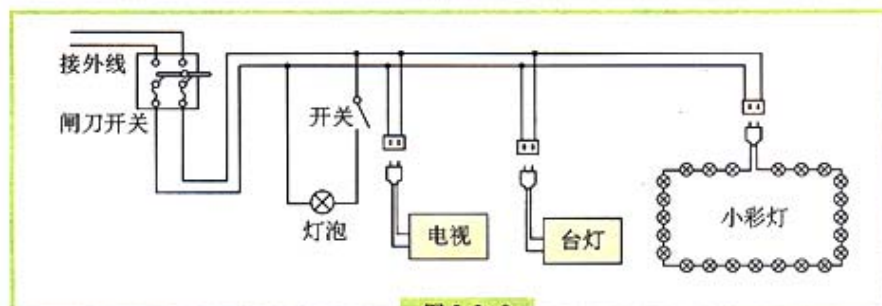


图5.3-8

附录 3

学科领域知识补充式教学材料节选示例

第三节 串联电路、并联电路

本节需识记内容：

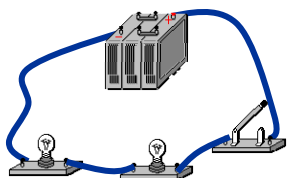
串联电路

把用电器逐个顺次连接起来的电路，叫做串联电路。

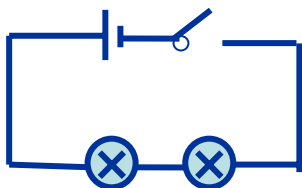
并联电路

把用电器并列地连接起来的电路，叫做并联电路。

串联电路实物图示例：



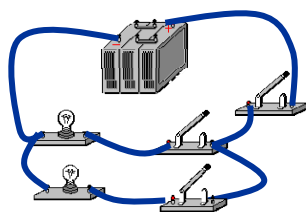
如画成电路图，则为：



串联电路特性：

1. 串联电路中开关的控制作用：一个开关就可以控制整个电路。
2. 串联电路中所有用电器总是同时工作，同时停止。

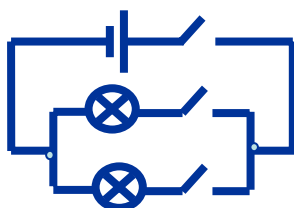
并联电路实物图示例：



并联电路特性：

1. 并联电路中干路的开关可控制整个电路，支路的开关可分别控制各支路。
2. 并联电路中各支路是互不影响的。

如画成电路图，则为：



一般情况下我们的生活中哪些电路是串联哪些电路是并联的？

圣诞树上长长的一串小彩灯上的各个小灯之间是串联；用电器和直接控制这个用电器的开关之间也肯定是串联。

家庭电路内部各用电器、教室里的各个灯管、街上的路灯、交通红/绿灯、灯座与插座、电冰箱内的灯与压缩机之间都一定是并联。

例题：

为一仓库设计一个电路，取货人在前门按电键 K1，电铃响，红灯亮，送货人在后门按电键 K2，电铃响，绿灯亮，按你设计一个电路图。

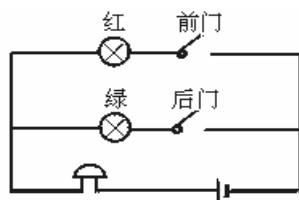
解题思路：

- ① 电路中必须存在的元件有电源；
- ② 此电路中必须有两个开关分别位于前后门；
- ③ 闭合 K1 红灯亮而绿灯不亮 闭合 K2 绿灯亮而红灯不亮 则电路中必定存在并联电路，且红灯、绿灯分别位于并联电路的不同支路上；且开关 K1 在支路上与红灯串联，开关 K2

在支路上与绿灯串联；

④无论闭合 K1 还是 K2 电铃都会响则电铃肯定在干路上。

根据思路可画出电路图如下：



注意：

①在解决此类问题时，首先列出必须存在的元件符号，不可遗漏使电路运行不可缺少的元件例如电源，也不可自己增加题干中未提及的更多元件来组成电路——例如增加一个开关以使电路运行达到题目要求；

②遇见题目中有用电器分别运行而互不影响的情况就可以直接判断存在并联电路且可以分别工作互不影响的用电器一定位于不同的支路上；

③当无论哪个支路开关闭合均工作的用电器则可以判断为是位于干路上与电源串联；

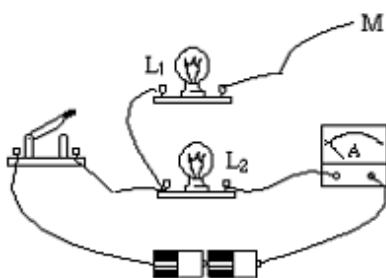
④切不可直接判断不同的开关就一定位于不同的支路上分别与支路上的用电器串联，需审明题干，根据本题的信息可以判断两个开关均不位于干路上，但假如题干中表明当一个开关闭合时一个用电器工作而另一个开关单独闭合时无用电器工作则可判断为前一个开关必定位于干路上，它的闭合情况影响所有支路与电源的连接情况。

附录 4

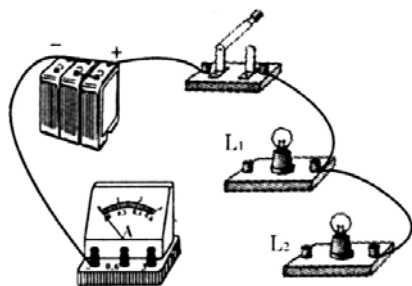
学科领域知识教学对不同图形物理问题解决影响研究 E-Prime 实验用题

示意图题：

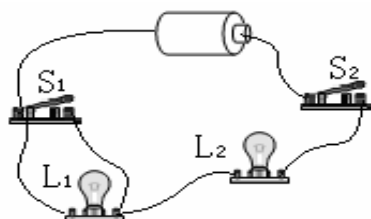
1. 如图所示，要求灯 L_1 、 L_2 并联，电流表只测量灯 L_2 的电流。请思考将线头 M 接到图中的何处位置才符合此要求？并画出对应的电路图。



2. 请思考如图所示的电路如按要求连接应该怎样连接？（要求：灯泡 L_1 与 L_2 并联，用电流表测干路电流。）相对应正确的电路图应该怎样画？



3. 某同学参加兴趣小组活动时，连成了如图所示电路，他希望 S_1 单独控制 L_1 ， S_2 控制整个电路。那么实际上，当 S_1 、 S_2 都闭合时，电路会是什么情况？请思考这位同学的错误所在，正确的电路图应该是怎样的？



无图题：

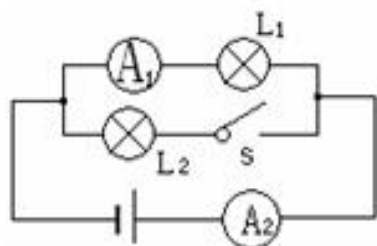
1. 请你连接这样一个电路：要求灯 L_1 、 L_2 并联，开关 S_1 能控制两个电灯，开关 S_2 则单独控制灯 L_1 ，并且在电路中加入一个电流表测灯 L_2 的电流大小。请画出电路图。

2. 为一工厂门禁控制室设计一个电路，销售商进货运车辆进入厂区时前门按呼叫键，电铃响，红灯亮，原料供应商运输车辆在靠近车间的侧门按呼叫键，电铃响，绿灯亮，请你设计一个电路图。

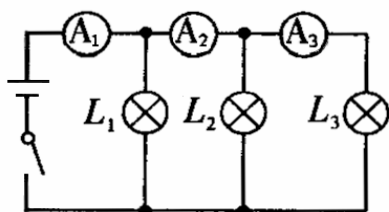
3. 多媒体教室里的投影仪的光源是强光灯泡，发光时温度很高，必须用风扇给予降温，为了保证灯泡不被烧坏，要求：启动时，带动风扇的电动机启动后，再让灯泡发光，风扇不转，灯泡不能发光；关闭时，先关闭灯泡，风扇继续给灯泡降温一段时间才能断开电风扇。请设计出电路图。

电路图题：

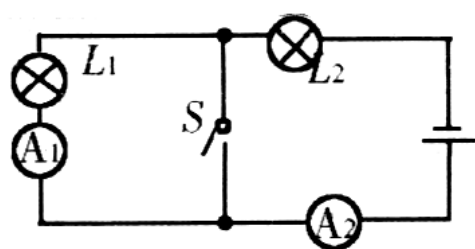
1. 某同学设计了电路图如下，他希望能用开关控制整个电路中的两个电灯，并且用两个电流表分别测量两个电灯 L_1 、 L_2 ，你觉得他设计的电路图正确吗？如果不正确，请你画出正确的电路图。



2. 某同学设计了以下电路，希望用三个电流表分别测量流经三个灯泡的电流，你觉得他设计的电路图正确吗？如果他是错误的，那么正确的电路图应该是怎样的？



3. 某同学设计了以下电路，希望用开关单独控制 L_2 ，并且两个电流表分别测量两个灯泡的电流。你觉得他设计的电路图正确吗？如果他是错误的，那么正确的电路图应该是什么样的？



下奔忙，实在令我感动。

感谢我的女友吴姿，善良、可爱、温柔体贴，在我读研三年间陪伴我，照顾我，在我实验研究的实施过程中以及论文的撰写过程中也都为我做了许多工作。

我最后要感谢的是我的家人，我的外祖父当了一辈子的中学教师，培育出了许许多多的人才，对我抱有相当大的期望，十分关心我的学习，我却时有懈怠，想来真是惭愧，还有我的父母，辛勤工作，任劳任怨，只为养育我，现在该是儿报答的时候了。

想到这里，心内更加无法平静，从我决定读研，再到论文开题，一直到今天论文顺利完成，有许多人曾给过我帮助，我无法一一道谢，只能再次对所有人说一声：感谢你们！感谢这一路有你们！

郑腾鹏

二〇一二年五月二十日