

# 基于概念图的 PBL 教学方法对气体动理论教学研究\*

陈 华 杜永胜 赵增茹 刘 佳 李永治

(内蒙古科技大学理学院 内蒙古 包头 014010)

(收稿日期:2020-06-01)

**摘 要:**基于问题学习(PBL)的教学模式是一种调动学生学习的主动性和积极性,同时培养学生探索问题、解决问题的教学方式.以大学物理中气体动理论一章为例,探讨如何在工科院校大班授课过程中实施 PBL 教学.结果表明 PBL 教学方法能够卓有成效地提高学生对物理的兴趣,特别是对拔尖人才的培养,PBL 模式是一种非常有效的教学方法.

**关键词:**PBL 教学方法 大学物理 气体动理论 概念图

## 1 引言

基于问题学习(Problem-Based Learning)的教学模式(简称 PBL)最早是由加拿大麦克马斯特大学医学院在 1969 年创设的新型教学体验方式<sup>[1]</sup>.随后 PBL 教学模式被推广到了 500 多所高等院校.PBL 教学是一种以学生为中心,问题为导向的教学方法<sup>[2,3]</sup>.

物理学是研究物质、能量和它们之间的相互作用的学科,是一门随着人类社会实践发展而产生的一门学科<sup>[4]</sup>.物理学本身就是在解决一个又一个具体问题的过程中发展起来的.因此,PBL 教学模式非常适用于大学物理课程教学.

热学是研究物质热运动和与热现象有关的学科.热学与力学、电磁学和光学共同被称为经典物理的四大基石<sup>[5]</sup>.根据研究对象和研究方法的特性,热学包括两种特色鲜明的理论,一是主要由观察和实验总结归纳得出的有关热现象规律构成的热学宏观理论——热力学;二是从原子、分子微观粒子运动以及它们之间的相互作用出发,研究热现象的微观理论——统计物理学<sup>[6]</sup>.气体动理论是从气体的理想微观结构模型出发,利用统计平均方法研究气体在平衡态时的性质以及从非平衡态向平衡态的转变过程<sup>[7]</sup>.该部分的基本概念抽象,知识点繁杂,内容

体系庞大<sup>[8]</sup>.学生对气体动理论抽象模型和基本概念的理解和掌握都较为困难.本文以气体动理论部分教学内容为例,利用概念图结合 PBL 教学方法帮助学生构建热学概念框架,提升学生科学探索的能力.

## 2 气体动理论概念图和 PBL 教学问题设计

概念图是以图解的方式由该课程(学科)中的概念和概念连线构成的知识结构网络.概念图最早是由美国康奈尔大学教育心理学家 Novak 教授等人提出<sup>[9]</sup>.结合 Ausubel 教授的理论,概念图于 21 世纪初在物理教学过程中被应用<sup>[10]</sup>.大学物理课程中有非常多的基本概念,这些概念既抽象又难以理解.概念图的应用不但可以将课程中的知识进行整合,而且通过连线建立概念之间的联系,帮助教师进行教学,也有助于学生对知识点的学习.根据大学物理教学指导委员会针对非物理类理工科大学物理课程教学基本要求,制定了气体动理论部分的知识点概念图,如图 1 所示.PBL 问题设计是否合理将决定 PBL 教学模式的成败.教学过程中设计的 PBL 问题需要结合学生们的学习经历和生活经验,既不能太过复杂,又最好是真实问题,既能调动学生的积极性激发学习兴趣,又能符合大学物理课程中知识点的讲解<sup>[11]</sup>.结合概念图 1 中的知识点,图 2 设计总结了气体动理论部分相对应的 PBL 教学问题.

\* 内蒙古自治区高等学校教学改革科学研究项目,项目编号:2019NMGJ069;内蒙古科技大学教改项目,项目编号:JY2018005;教育部产学合作协同育人项目,项目编号:201902282045;内蒙古科技大学教育教学改革研究项目,项目编号:JY2019037

作者简介:陈华(1979-),女,副教授,主要从事物理教学和科研工作.

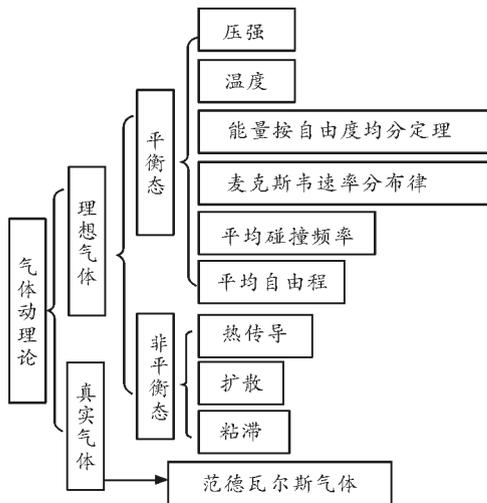


图1 气体动理论知识点概念图

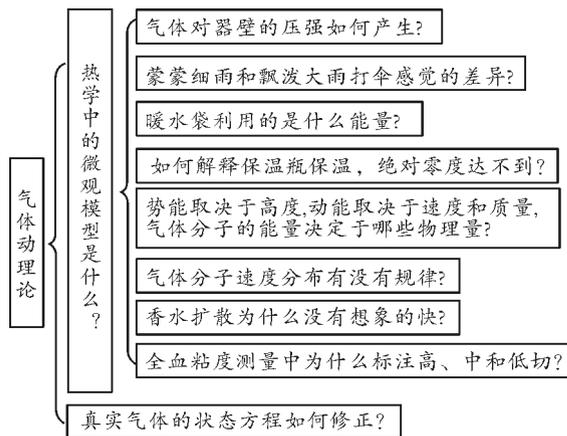


图2 气体动理论PBL框架图

### 3 PBL 教学模式在教学中的实施

我们选取了本校矿物加工工程和环境工程两个专业的学生进行了为期半年的基于概念图的PBL教学模式探索.在大学物理PBL的实际教学中,教师采用了课前、课中和课后三步走的教学方式.在课前预习环节,教师提前一周将PBL问题上传到学校的网络教学综合平台上.比如讲解温度的本质内容之前,教师上传讨论问题:如何解释保温瓶保温?绝对零度为什么达不到?学生可以利用电脑、手机登录自己的网络教学综合平台账户,查阅、下载PBL问题.学生即开始以问题为导向,借助学校电子图书馆、互联网等资源平台展开课前预习.为了提升学生的预习效果,教师要求学生将PBL问题调研的资料以纸质或者电子版的形式带入课堂.例如:针对保温瓶如何保温的问题,有的学生会阅读大量关于保温瓶制作原理、物质散热方面的文献、书籍等资料;有

的学生将在中国知网数据库中下载郎远涛的暖水瓶热损失的理论分析的资料带到教室分享,有的学生通过阅读,了解到当暖水瓶充满热水后其热量可通过瓶胆夹层气体对流作用、瓶胆上固体介质热传导和电磁辐射3种途径散热.

在授课环节,教师在讲解知识点之前,给学生3 min时间,学生自行组成3~5人的小组,可以结合课前预习以及书本中的知识对给定问题进行讨论.讨论过程中教师负责引导和答疑解惑.学生也可以利用这3 min展示课前整理的资料信息.例如,图3为潘鑫龙同学调研的关于保温瓶散热的资料展示.从图3中可知学生不但调研了保温瓶的发展历史,还查阅了保温瓶散热的原因以及解决的措施.

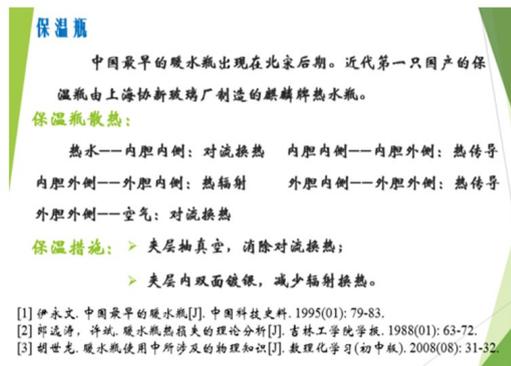


图3 PBL教学学生整理资料信息实例

在讨论和展示环节,学生明确本节课要解决的问题,教师也掌握了学生预习中的薄弱环节和理解难点.在接下来的授课过程中,教师能够更有针对性地对温度的微观本质、气体分子如何通过碰撞交换热量等知识点进行深入讲解.在课后复习环节,学生根据本节课的学习对PBL问题再次进行解答,并列出和本节课相关的知识点、公式.

### 4 PBL 教学效果

针对PBL教学模式在大学物理教学过程中的效果,教师选取了本校矿物加工工程、环境工程和土木工程3个专业的学生进行对比研究.其中矿物加工工程和环境工程采用PBL教学模式进行教学,而土木工程采用传统的讲授式教学模式.这3个专业的学生在本科招生考试中的成绩比较接近,3个专业的大学物理课程均采用大班形式授课,因此,可比性比较强.

经过一个学期的基于概念图的PBL教学方法

对比研究,学生期末成绩分布如图4所示。

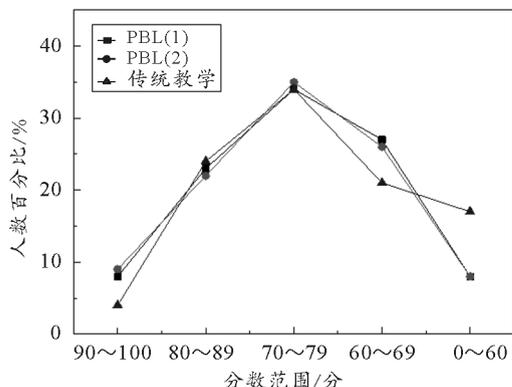


图4 PBL教学与传统教学成绩分布比较图

从图中可知3个大班的成绩均属正态分布,其中采用PBL教学模式的班级的高分人数明显多于传统教学班级.这说明PBL教学模式有利于拔尖人才的培养.因为在PBL教学模式中是以学生为主体的,学生根据教师提出的问题,自主查阅资料、收集整理信息,例如:考试卷中有一道开放式考题,请列举出热机种类.对于传统授课的学生一般会回答卡诺热机、蒸汽机.而对于PBL教学班级的学生至少能答上来蒸汽机、内燃机、汽轮机、燃气轮机等.除了这4种热机还有的学生可以回答出喷气发动机、热声热机等,甚至有的学生还罗列了奥托循环、郎肯循环、狄赛尔循环等热机的循环过程.可以看出在PBL教学过程中拔尖学生不但能够融会贯通大学物理的知识和概念,还能够调动学生自主学习的主动性和积极性,自主探索未知的问题.因此,在实施PBL教学模式的班级里报名参加大学生物理竞赛的学生人数明显多于传统模式授课的班级.

另一方面从图4可知,采用PBL教学模式班级的学生大学物理成绩及格率普遍高于传统模式教学的班级.这说明PBL教学模式有效地调动了学生的学习兴趣,提高了学生学习的主动性,只有学生自己想好好学习,想通过考试,才能顺利完成学业考试.而传统的以讲授为主的教学班级,学生只是被动地学习教师讲授的知识,这样的教学模式中只有自觉的学生才能够跟上教师的节奏完成课程的学习,而对于一些主动性学习相对较弱的学生,学习的效果就令人不太满意了.因此,采用PBL教学模式的班级,学生学习的主动性和积极性被间接的调动起来,部分学生掌握了针对PBL问题通过阅读教材、查阅资料和团队合作的方式自主找到答案,掌握该部分

的物理知识,从而培养学生解决实际问题的能力.通过大学物理PBL教学模式的培养,学生具备自主学习能力和探索精神后,对于后续课程、研究生阶段的学习乃至工作以后的学习都会受益.

## 5 结束语

PBL教学模式和国家提出的坚持以问题为导向的方针殊途同归.针对概念图构建的PBL教学模式的初步实践证明,在大学物理教学过程中,新的PBL教学模式有利于激发学生对未知问题的探索和学习兴趣,有利于建立学生自主调研和团队合作的思维方式与行为习惯,从而有助于培养学生探索未知和解决问题的能力.

## 参考文献

- 1 Servant - Miklos V F C. Fifty Years on: A Retrospective on the World's First Problem - based Learning Programme at McMaster University Medical School [J]. Health Professions Education, 2019, 5(1): 3 ~ 12
- 2 Al - Kloub M I, Salameh T N, Froelicher E S. Nursing students evaluation of problem based learning and the impact of culture on the learning process and outcomes: A pilot project [J]. Nurse Education in Practice, 2014, 14(2): 142 ~ 147
- 3 Exposito E. yPBL: An Active, Collaborative and Project - Based Learning Methodology in the Domain of Software Engineering [J]. Journal of Integrated Design and Process Science, 2014, 18(2): 77 ~ 95
- 4 张映辉. 适应新工科的大学物理、物理实验课程改革方向与路径初探[J]. 物理与工程, 2018, 28(05): 101 ~ 105
- 5 赵倩, 慕利娟, 张雪峰. 大学物理热学部分教学中的问题及其对策[J]. 科技风, 2015(10): 240 ~ 241
- 6 李超华. 思维导图在大学物理热学中的应用研究[D]. 上海: 上海师范大学, 2017. 22 ~ 25
- 7 赵凯华. 热学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998. 2 ~ 5
- 8 贺树芳. 基于思维导图的PBL方法在《热力学基础》教学中的应用[J]. 物理通报, 2019(8): 6 ~ 9
- 9 谢亮, 张进治, 铁小匀, 等. 概念图在工科大学物理教学中的应用[J]. 课程教育研究, 2015(22): 130
- 10 Garabet M, Miron C. Conceptual map - didactic method of constructivist type during the physics lessons[J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2010, 2(2): 3622 ~ 3631

(下转第32页)

为  $I_A$ , 即  $I_A = \int dm r'^2$ . 根据质心的定义式,  $\frac{\int dm r'}{m} = (\mathbf{R}_C - \mathbf{r}_A)$  即质心  $C$  相对于转轴  $A$  点的位置矢量. 并注意到式(6)右边第三项积分时  $\mathbf{r}_A$  为常矢量, 该项分子分母同乘以刚体质量  $m$ , 则式(6)可化简为

$$E_k = \frac{1}{2} m \omega^2 r_A^2 + \frac{1}{2} I_A \omega^2 + m \omega^2 (\mathbf{R}_C - \mathbf{r}_A) \cdot \mathbf{r}_A \quad (7)$$

上式等号右边第一项可以理解为转轴  $A$  的平动动能, 第二项表示刚体绕转轴  $A$  的转动动能, 第三项表示对前两项动能的补偿量. 不难看出, 当  $\mathbf{r}_A = \mathbf{R}_C$  时即  $A$  点与质心  $C$  重合, 式(7)即为柯尼希定理; 当  $\mathbf{r}_A$

$= 0$  时, 即  $A$  点与速度瞬心  $O$  重合, 式(7)退化式为(1). 此外, 比较式(7)与式(3)可得

$$I_A + m r_A^2 + 2m(\mathbf{R}_C - \mathbf{r}_A) \cdot \mathbf{r}_A = I_C + m R_C^2 \quad (8)$$

整理得

$$I_A = I_C + m (|\mathbf{R}_C - \mathbf{r}_A|)^2 = I_C + m d^2 \quad (9)$$

此即刚体绕任意转轴  $A$  的转动惯量与质心转动惯量之间的关系, 也就是平行轴定理.

### 参考文献

- 1 张三慧. 大学物理学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008
- 2 周衍柏. 理论力学教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018
- 3 张戡. 平面运动刚体的角速度与基点选择无关的证明[J]. 大学物理, 1982, 1(12): 4

## Using Plane Parallel Motion of Rigid Body to Prove the Parallel Axis Theorem

Shen Qinghui Chen Bing

(College of Electric and Information Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590)

**Abstract:** Parallel axis theorem is an important knowledge point in rigid body dynamics. In this paper, we give a proof of parallel axis theorem, using the model of plane-parallel motion of rigid body.

**Key words:** plane-parallel motion; moment of inertia; parallel axis theorem

(上接第 30 页)

11 鱼海涛, 王亚民, 张涛. 新工科背景下的大学物理 PBL

教学: 以刚体的动量矩守恒定律为例[J]. 物理与工程, 2018, 28(S1): 33 ~ 36

## Research on Kinetic Theory of Gases Teaching Based on PBL Teaching Method of Concept Map

Chen Hua Du Yongsheng Zhao Zengru Liu Jia Li Yongzhi

(College of Science, Inner Mongolia University of Science & Technology, Baotou, Neimenggu 014010)

**Abstract:** Problem-based learning (PBL) is a teaching method that mobilizes the initiative and enthusiasm of students for learning, while cultivating students to explore and answer questions. This paper focuses on the chapter on the kinetic theory of gas in college physics, and discusses how to use the PBL teaching method based on conceptual map in the course of large classes in university of technology. The research results show that the combination of PBL teaching methods before, during and after class can improve the initiative of students. By exploring and solving unknown problems, it can effectively increase students' interest in physics. Especially for top talents. PBL is a very effective teaching method.

**Key words:** problem-based learning teaching method; college physics; kinetic theory of gas; conceptual map