

# 中学生力学概念转变的心理机制研究<sup>\*</sup>

胡卫平<sup>\*\*</sup> 刘建伟

(山西师范大学教育科学研究院, 临汾, 041004)

**摘 要** 综合应用教学实验、测验、访谈等多种方法, 对 100 名高一学生力学概念的转变进行了研究, 结果表明: 中学生力学概念转变的方式有抽象概括、逻辑推理、联想对比、实例演绎、变式思维、实验推导和理解接受。

**关键词:** 中学生 力学概念 概念转变 心理机制

## 1 问题的提出

概念转变是指个体原有某种知识经验由于受到与此不一致的新经验的影响而发生的重大改变。对概念转变的研究始于 20 世纪 70 年代, 80 年代起, 研究成果开始涌现。1982 年, 康奈尔大学的四位教授 (Posner, Strike, Hewson & Gertzog) 提出了“概念转变模型”<sup>[1]</sup> (Conceptual Change Model, 简称 CCM), 对科学教学产生了重要的影响。很多科学研究者开始利用概念转变模型的观点来分析、解释前概念, 解决学生对前概念的错误理解, 使其接受科学概念。但是概念转变模型也遭到了一些批评<sup>[2-5]</sup>。针对这些批评, Strike & Posner<sup>[6]</sup> (1992) 对概念转变模型做了些修改, 使得概念转变模型更加完善。

为了使学生的前概念能够顺利地转变为科学概念, 研究者在教学中采用了多种教学策略。Bryce & MacMillan<sup>[7]</sup> 调查了 21 位 15 岁的学生对于重量、作用力等的前概念, 并运用类比的教学方法转变其错误概念; Savinainen, Scott & Viiri<sup>[8]</sup> 利用类比进行了牛顿第三定律的概念转变教学研究; Ni-az<sup>[9]</sup> 运用了教学实验使学生转变对电化学的错误认识; She<sup>[10]</sup> 利用双情境学习模式有效的转变了学生对热传递的错误概念; Tsai<sup>[11]</sup> 运用认知冲突来改变学生对简单电路的错误认识。

科学概念的有效转变和教学策略的选择是建立在对学生了解的基础上, 了解学生概念转变的心理机制对于概念教学是非常重要的<sup>[12]</sup>。本文采取实验的方法, 研究了中学生力学概念转变的心理机制, 主要包括力和速度的概念、力和速度之间的关系、加速度和运动之间的关系、力和运动之间的关系四个方面, 从而为促进中学生力学概念的有效转变提供依据。

## 2 实验

### 2.1 被试

随机选取山西省某中学高一年级两个理科班共计 100 名学生作为被试, 对其进行“力和运动之间的相关概念的测试题”测试。其中男生 55 人, 女生 45 人, 平均年龄为 16.24 岁。

### 2.2 材料

录像机和录音机各一台, “力和运动之间的相关概念的测试题”两套, 用以测试学生的有关前概念的水平。学生每提高一个认知水平都要参加测试, 测试题由“力和运动之间的相关概念的测试题”中相应水平的测试题和补充的该水平的题组合而成。

### 2.3 实验者

实验者共有 4 人, 其中任课教师 2 人, 负责讲授涉及的知识内容。主试 1 人, 负责主持实验。助手一人, 负责录制教师的授课过程, 在任课教师讲课结束后主试对部分被试进行访谈并整理访谈结果。

### 2.4 方法与步骤

#### 2.4.1 前测

将一套“力和运动的关系相关概念的测试题”施测于被试, 该测试题包括 14 道选择题, 11 道简答题, 要求在 1 个半小时内完成。测试结束后, 实验者对被试的回答进行评定, 并将学生的认知水平分为四级。

#### 2.4.2 训练

训练包括两部分, 其中第一部分是任课教师按照教学计划讲授内容, 转变被试的错误概念。然后, 访谈提高到高一级认知水平的被试, 探测其心理机制。

第二部分是将对四组被试分别就力和运动的关系的相关概念进行针对性的教学指导, 每个研究内容指导 4—5 节课, 每节课 45 分钟。通过不同的讲授方法直到被试达到更高的认知水平为止, 在此过程中, 对被试的言语以及作业情况进行详细的记录并进行整理。

#### 2.4.3 反思问题

当学生的认知水平提高后, 要求他们反思概念形成的心理过程及认知路径, 叙述解答选择题的思路和方法, 以及实验过程中的观察情况, 同时, 从心理角度分析学生完成作业的情况, 总结出被试概念转变过程中的心理机制。

#### 2.4.4 后测(追踪调查)

按照微发生法<sup>[13]</sup>, 对被试进行追踪测试, 即每达到一个新的认知水平立即进行相关的测试, 测试旨在考察学生对概念的深层理解, 要求被试对自己的回答陈述理由。测试共四次, 然后对测试成绩加以评价。

<sup>\*</sup> 教育部优秀青年教师资助计划项目“中小学生学习科学思维能力的发展与促进”(2003—110)的研究成果

<sup>\*\*</sup> 通讯作者: 胡卫平, E-mail: weipinghu@163.com

3 结果与分析

3.1 力和速度概念转变的心理机制

研究发现,被试在力的概念、合力、速度概念三方面相关

题目上的正确率由原来的 71.8%、94.9%、77%、84.6%、65%转变为 100%、100%、100%、97.4%、89.7%。对学生在每个题目前后测的得分进行独立样本的  $t$  检验,结果表明,对所有题目,差异均显著( $p<0.05$ )。

表 1 被试反思报告整理(力和速度概念)

对知识原有的理解	现在的认识	心理过程
两物体之间存在力时,一定相互接触	两物体之间存在力时,不一定相互接触	实例分析
合力的方向与物体运动方向相同	合力的方向可能与物体运动方向相同	对比联系
速度的改变包含大小改变或方向改变	速度的改变不仅仅是大小或方向改变,而且还有大小和方向同时改变	理解接受

表 2 被试访谈整理(力和速度概念)

问题	回答	心理过程
速度是不是路程和时间的比值?	不是,速度是位移和时间的比值	理解接受
磁铁吸引铁块,铁块不吸引磁铁,对么?	磁铁吸引铁块时,铁块也在吸引磁铁	实例分析
分析高尔夫球抛出以后受力情况	高尔夫球抛出以后,只受重力	理解接受

由表 1 和表 2 可知,影响转变的因素主要是思维定势和相关概念的干扰,转变的心理机制主要有三种:

第一,理解接受。这种转变方式是与同化有联系且有共同之处的一种更高水平的理解概念的方式,是在理解概念时主动修正自己的认知结构或对概念的正误进行分辨,从而提高认知水平或有创见地理解概念的方式。力的概念转变的主要障碍之一是学生能否理解施力物体和受力物体是同时存在的;

第二,实例分析。通过分析与所研究的概念相关的实例,运用演绎的方法推导出特殊的规律,从而对所研究的概念有新的认识。也指学生通过身边的实例,并且结合理论来

分析,使原来错误的认识转变过来;

第三,对比联系。通过同一概念内相关问题的对比,转变错误概念。

3.2 力和速度之间关系概念转变的心理机制

研究发现,被试在力和速度之间的关系、从速度考察力以及力引起速度的变化三个方面相关题目上的正确率由原来的 80%、24%、48%、68%、60%转变到 87.5%、91.7%、79.2%、79.2%、80%。对学生在每个题目前后测的得分进行独立样本的  $t$  检验,结果表明,对所有题目,差异均显著( $p<0.05$ )。

表 3 被试反思报告整理(力和速度之间关系)

对知识原有的理解	现在的认识	心理过程
力是维持速度的原因	力是改变速度的原因	逻辑推理
物体只要受到力,速度就改变,受恒定力时,速度不会改变	合外力是改变物体速度的原因	实验推导
斜面上的物体速度越来越大的原因是因为有加速度	斜面上的物体速度越来越大的原因是受到力的作用	逻辑推理

表 4 被试访谈整理(力和速度之间关系)

问题	回答	心理过程
速度不变,有没有合外力?	速度不变,就不产生加速度,也就不受合外力作用	通过逻辑推理和变式思维使其考虑问题全面 特例分析和变式思维 利用逻辑推理
当时你为什么认为速度不变,则所受合外力必恒定?	只是把知识片面的联系起来,没有全面考虑例如子弹射出的一瞬间是静止的但是有加速度	
你怎么认为静止的物体一定没有加速度呢?	速度方向改变了,速度就改变了,则物体受到合外力	
速度方向改变了,物体受到合外力吗?	力	

通过上述分析可知,学生对力和速度之间关系概念的转变主要有三种方式:

第一,实验推导。先通过实验产生感性认识,然后再通过逻辑推理得出合理的解释,从而使自己头脑中原有的错误概念转变为科学概念;

第二,逻辑推理。逻辑推理是指根据一个判断或一些判断严密得出另一个新的判断的思维形式。学生通过这一心理机制使一些比较难理解的概念通过严密推理,使前概念转变为科学概念。

第三,变式思维。指对同一个概念从多个维度进行分

析,揭示不同的描述方式间的内在联系,从本质上认识所学概念,避免对概念的孤立、机械的记忆。

3.3 加速度和运动之间关系概念转变的心理机制

测试题数据分析 研究发现,学生在加速度、加速度和速度之间的关系、物体运动状态的改变、加速度和运动之间的关系相关题目上的正确率由 52.7%、68.4%、68.4%、73.7%、36.8%、21%转变为 89%、89.5%、94%、100%、63.2%、73.7%。对学生在每个题目前后测的得分进行独立样本的  $t$  检验,结果表明,对所有题目,差异均显著( $p<0.05$ )。

表 5 被试反思报告(加速度和运动之间的关系)

对知识原有的理解	现在的认识	心理过程
做匀速圆周运动的物体,由于速度大小不变,所以,无加速度	当运动的方向发生改变时,有加速度	逻辑推理
物体的运动状态仅指物体运动的快慢	物体运动状态包括物体运动快慢与方向	理解接受
物体处于静止状态就没有加速度	处于静止状态时也可能有加速度	上抛物体在最高点静止但有加速度

表 6 被试访谈整理(加速度和运动之间的关系)

问题	回答	心理过程
速度变化大,是否加速度就大?	速度变化大,加速度不一定大,加速度大小不仅仅看速度变化大小,还要看所用的时间	理解了加速度的定义后对他们的关系就容易理解了
当时你为什么认为速度变化大,则加速度就大?	认为速度变化量和速度变化率一样	考虑问题片面,对定义理解不深刻
加速度和速度之间的关系是什么? 开始怎么说有加速度肯定有速度,有速度是否一定有加速度?	加速度是速度的时间变化率,有加速度不一定有速度,有速度不一定有加速度	通过实例分析推理能理解它们之间的关系

通过上述分析可以看出,加速度和运动之间关系概念的转变方式主要有四种:

第一,抽象概括:抽出事物的本质属性或特征,在这基础上,把所有反映事物本质属性结合为一个整体,形成关于事物的整体的和一般的认识,进而把这种一般的认识推广到同类事物,把握同类事物的共同性和一般性。

第二,逻辑推理:指根据一个判断或一些判断得出另一个新的判断的思维形式。在推理过程,学生应用相关推理

的、比例推理的、组合推理等等方法

第三,实例演绎:实例分析是通过分析与所研究的概念相关的实例,运用演绎的方法推导出特殊的规律,从而对所研究的概念有新的认识。

第四,理解接受。如物体运动状态的改变,学生在注意到物体运动状态的改变是通过速度来判断的,而有关速度变化的类型与速度的关系学生是不难理解的,这样学生通过自己理解就能判断出物体运动状态的改变。

表 7 被试反思报告整理(力和运动之间关系)

对知识原有的理解	现在的认识	心理过程
判断有无加速度是利用公式: $a=(V_1-V_2)/T$	加速度有无本质上是通过合外力来判断	通过举例和推理,加速度有无实质上是通过合外力判断的。
力是维持物体运动的原因	力不是维持物体运动的原因	对光滑水平面上的运动的物体,尽管在水平方向没有受到力的作用,将以这个速度和方向运动下去,由此可知,力不是维持物体运动的原因
物体在粗糙水平面上做匀速直线运动,撤去外力后,先匀速,后减速	物体在粗糙水平面上做匀速直线运动,撤去外力后,立即减速	由实验和推理可以知道,当物体在粗糙水平面上做匀速直线运动时,撤去外力后,物体将立即减速

表 8 被试访谈整理(力和运动之间关系)

问题	回答	心理过程
力是产生运动的原因吗? 原来运动的物体,需要力维持吗?	是的,原来静止的物体,施加一个力使其运动起来 不需要,力不是产生运动的原因	联想对比得出力不是产生运动的原因
力是速度变化的原因吗?	有力就产生加速度,有加速度就有速度变化	逻辑推理

3.4 力和运动之间关系概念转变的心理机制

测试题数据分析 我们针对加速度大小的表征、力和运动之间的关系、力和运动之间关系的应用进行了测试,学生在相关题目上的正确率由原来的 47.8%、56.3%、62.5%、37.5%、75%、56.3%转变为 93.8%、81.25%、72.5%、50%、93.75%、81.3%。对学生在每个题目前后测的得分进行独立样本的  $t$  检验,结果表明,对所有题目,差异均显著( $p < 0.05$ )。

通过上述分析可以看出,力和运动之间关系的概念转变

主要有三种:

第一,逻辑推理。指根据一个判断或一些判断得出另一个新的判断的思维形式。例如:对于合外力直接决定物体的加速度,学生通过教师引导这样理解:物体的运动状态发生改变,需要有合外力的作用;物体的运动状态发生改变,速度就发生改变;速度发生改变,就有加速度。所以合外力是加速度的决定因素。

第二,实验联想。即把某一类实验事物的共同特征与人们曾遇到过的概念联系起来,从而获得新的设想。

第三,抽象思维。即以概念为思维材料,以概念、判断和推理的形式来反映自然界事物的运动规律,达到对自然界客观事物的本质特征和内在联系的认识过程,从而形成正确的概念。

#### 4 结论

通过四个实验的研究发现,中学生力学概念转变的主要方式有:抽象概括、逻辑推理、联想对比、实例演绎(分析)、变式思维、实验推导、理解接受。不同的错误概念所采用的转变方式不同,而同一错误概念所采用的转变方式也不是单一的,是多种方式的整合。

#### 5 参考文献

- 1 Posner G J, Strike A P, Hewson W. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 1982, 66(2): 211—227
- 2 Duschl R A, Gitomer D H. Epistemological perspectives on conceptual change: implication for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 1991, 28: 839—858.
- 3 Demasters S S, Good R G, Peebles P. Patterns of conceptual change in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 1996, 33: 407—431
- 4 Vosniadou, S & Brewer, W F. Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 1994, 18: 123—183
- 5 Vosniadou, S & Brewer, W F. Mental models of the earth: A study of conceptual change. *Cognitive Psychology*, 1992, 24: 535—585
- 6 Strike, K A. & Posner, G J. A revisionist theory of conceptual change. In R A Duschl & R J Hamilton (Eds), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany, NY: State University of New York Press, 1992, 147—176
- 7 Bryce T & MacMillan K. Encouraging conceptual change: the use of bridging analogies in the teaching of action reaction forces and the 'at rest' condition in physics. *International Journal of Science Education*, 2005, 27(6): 737—763
- 8 Savinainen A, Scott P & Viiri J. Using a bridging representation and social interactions to foster conceptual change: designing and evaluating an instructional sequence for Newton's Third Law. *Wiley Periodicals, Inc. Sci Ed*, 2005, 89: 175—195
- 9 Niaz M. Facilitating conceptual change in students' understanding of electrochemistry. *International Journal of Science Education*, 2002, 24(4): 425—439
- 10 She H. Fostering radical conceptual change through dual-situated learning model. *Journal of Research in Science Teaching*, 2004, 41(2): 142—164
- 11 Tsai C. Using a conflict map as an instructional tool to change student alternative conceptions in simple series electric circuits. *International Journal of Science Education*, 2003, 25(3): 307—327
- 12 Sari H. Examining young children's conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perspective. *International Journal of Science Education*, 2005, 27(3): 259—279
- 13 辛自强, 林崇德. 微观发生法: 聚焦认知变化. *心理科学进展*, 2002, 10(2): 206—212

## A Study of the Psychological Mechanism in Senior High School Students' Mechanical Conceptual Change

Hu Weiping, Liu Jianwei

(Educational Science Academy, Shanxi Normal University, Linfen, 041004)

**Abstract** Combining teaching experiment, testing, interview, etc., we studied the psychological mechanism in mechanical conceptual change of 100 grade one students in a senior high school. The results show that the ways of students' concept change include abstract generalization, logical reasoning, association and comparison, demonstration deduction, variation thinking, experimental reasoning, and acceptable understanding.

**Key words:** senior high school students; mechanical conceptions; concept change; psychological mechanism.

(上接第 1262 页)

## An Experimental Research About Reform School Students' Updating Ability

Liu Xinxue<sup>1</sup>, Zhang Fujuan<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Department of Educational Science of Anyang Normal School Anyang, 455000)

(<sup>2</sup> Department of Special Education, East China Normal University, Shanghai, 200062)

**Abstract** The experimental research uses three updating response tasks, namely, conditional associative learning test, the block-tapping task, and n-back. The study made a comparison between middle school students and reform school students. The results showed significant differences between different groups. Reform school students' updating ability was lower than that of ordinary student. The reform school students' updating ability exhibited a poorer performance in executive functions, which showed their executive functions were lower than those of the general student.

**Key words:** executive functions, updating, conditional associative learning test, the block-tapping task, n-back