

# 基于深度学习的“思想实验”案例研究

——以《沉浮与什么因素有关》一课为例

邵锋星 管笛

(浙江省杭州市钱塘新区景苑小学 浙江·杭州 310018)

**摘要** “思想实验”是对前所未有的实验或潜在可能的实验进行预想,在脑海里进行理想化抽象和分析,并用假想的实验推理出结论。全课以观察实验为基础,以科学方法为指导,以任务驱动催化学生想象,以科学论证催生思辨,关注学生的思维参与和发展,促进学生对科学概念的深层次理解和建构。

**关键词** “思想实验”《沉浮与什么因素有关》案例研究

中图分类号:G424

文献标识码:A

DOI:10.16400/j.cnki.kjdk.2021.15.038

## Case Study of “Thought Experiment” Based on Deep Learning

——Take the lesson "what factors are related to ups and downs"  
as an example

SHAO Fengxing, GUAN Di

(Jingyuan Primary School of Qiantang New District, Hangzhou, Zhejiang 310018)

**Abstract:** "Thought experiment" is to foresee the unprecedented experiment or potential experiment, to carry out idealized abstraction and analysis in the mind, and to infer conclusions from the hypothetical experiment. The whole course is based on observation experiment, guided by scientific method, driven by task, catalyzing students' imagination, expediting speculation by scientific argumentation, paying attention to students' thinking participation and development, and promoting students' deep understanding and construction of scientific concepts.

**Keywords:** thought experiment; "what factors are related to ups and downs"; case study

## “思想实验”的缘起与意义

### 1. 刨根问底,何为“思想实验”

“思想实验”是指使用想象力进行的实验,所做的都是在现实中无法做到(或现实还不能做到)的实验。“思想实验”不是真实的操作实验,不是有形的实验,不借助任何实际的实验对象和器材,而是对前所未有的实验或潜在可能的实验进行预想,在脑海里进行理想化抽象和分析,并用假想的实验推理出结论。“思想实验”是一种理性的思维活动,是一种相对独立的科学研究方法。

### 2. 探寻究竟,为何“思想实验”

实验是科学研究的基本方法,也是人们获取自然规律的途径。然而,一切现实的实验都会受到主、客观的条件制约:主观上的感官模糊和实验操作的不精准,以及客观上受到实验仪器、实验对象、环境条件的限制,使实验达不到理想状态,从而无法达到预期的实验目的。为了克服、超越现实实验的各种限制,科学家常常利用“思想实验”在自己的认知活动中探寻究竟、解决问题。

### 3. 追溯历史,如何“思想实验”

历史上许多伟大的科学家都是进行“思想实验”的哲人,他们在做“思想实验”时,在头脑中演绎出一套理想化的仪器设备和实验对象,并利用它们进行理想化的实验操作,然后运用想象、计算、画图、推理、论证等方法对这种理想化对象进行感知和描述,最终发现和获取科学事实与自然规律。这些伟大的“思想实验”,无不需求想象力、逻辑推理和计算等能力。

## 加工、理解、建构——“思想实验”解析

“思想实验”的过程不是对知识的简单套用,也不是被动式的接受,而是通过认知冲突引发主动积极的认知转变,关注思维的参与和发展,实现学生独立而专注的深度学习。深度学习与简单的刺激反应不同,学生在不断反思、调整中主动建构知识,通过深度思考真正理解学习内容,并能在不同情境中利用所学知识解决新问题。

### 1. 重整认知,深度加工知识信息

在激活原有认知的基础上,利用感知、方法、情

境等方式深度加工知识信息,建立新认知和原认知之间的联系,并整合、重建认知结构。

#### (1) 丰富感知,给予方法指导

科学探究的起点是学生的前概念,“思想实验”亦是如此。开展“思想实验”前,通过回忆、做实验等方式唤起学生的已有认知。引入观察实验:模拟制作悬浮状态的潜水艇。在动手实验中,学生深刻感受到增加一点点质量,瓶子就会下沉;减少一点点质量,瓶子就会上浮。行为感知为之后的“思想实验”提供了强有力的证据。

除了唤醒已有认知,学习支架还须包括对学习方法的指导。学生计算“悬浮潜水艇”每立方厘米的质量,为后续的“思想实验”提供了一定的方法指导。展示爱因斯坦、伽利略运用想象、图画、数学计算等方法在头脑中进行科学推理,也渗透着对科学方法的指导。从观察到计算,从定性到定量,从感性到理性,学习进程不断推进并深入。

#### (2) 相关迁移,衍生科学思辨

学生交流“思想实验”几种不同的思考路径和方法,如何梳理这些,帮助学生认知影响物体沉浮的因素呢?继续深入探寻,迁移到相关的科学本质,再一次经历科学思辨。出示1立方厘米水的质量是1克,学生似乎想到了什么,回忆观察实验水中悬浮状态的瓶子质量和体积比也是1,学生终于明白影响物体在水中沉浮的因素。将原有认知和新情境建立起了联系,将观察实验中的发现迁移到“思想实验”情境中。已知“悬浮的潜水艇”1立方厘米的质量是1克,要判断体积变化后的瓶子的沉浮变化,也就是要探寻变化后的瓶子1立方厘米的质量是大于1克还是小于1克?暗指通过比较物体和水的密度,判断物体在水中的沉浮。学生借助观察实验中的大、中、小三个瓶子,想象瓶子变大、变小,进行抽象思维分析,引发思辨。

#### (3) 解决问题,触发内在转变

将生活现象与科学本质相关联,在解决问题中触发内在思维的转变,利于学生终身学习。提供常见物体1立方厘米的质量,学生比较水与其他物体单位体积的质量,就能分析出它们在水中的沉浮状况;面对不了解的物体,也能通过其单位体积的质量,进而判断这

个物体在水中的沉浮状况;甚至可以通过了解不同物体1立方厘米的质量,进而判断物体在不同液体中的沉浮状况。授之以鱼,不如授之以渔,方法的习得有助于提高学生解决问题的能力。

## 2. 推理论证,深度理解内在含义

爱因斯坦曾说过,真理在你的心智中,不在你的眼睛里。课堂上看到学生学会了,就是真的学会了吗?我们更应该关注学生的思维、心智有没有得到发展,发展到什么程度?有没有真正理解科学概念,对概念的理解到了什么程度呢?“思想实验”关注思辨过程,注重对科学核心概念的深度理解。对于小学高年段学生来说,自我意识越来越强,具备了运用综合技能、抽象概括、推理论证、反思思辨和用证据支持自己观念的学习能力,愿意尝试独立完成探究活动。这为“思想实验”中的深度理解复杂概念提供了客观条件。“思想实验”中,学生借助计算、画图、比较、分析、逻辑推理等方式,对假想出来的实验对象进行实验操作,形成个人的深层次理解。

### (1) 数学计算

数学计算是学生最容易想到的方法。因为在之前的观察实验中,学生用计算的方法得出悬浮状态下瓶子单位体积的质量。通过“思想实验”计算出中瓶子在体积“扩大”和“缩小”之后单位体积的质量,就能判断出是沉还是浮。计算发现悬浮的中瓶子保持质量不变,如果体积缩小到与小瓶子一样大,1立方厘米的质量明显大于1克;如果体积扩大到与大瓶子一样大,1立方厘米的质量明显小于1克,由此推断沉浮状况。

### (2) 画图分析

画图也是小学生惯用的展示思维路径的方法。学生通过画图对比悬浮状态的小瓶子,发现中瓶子的质量不变,体积缩小到与小瓶子一样大时,质量明显大于悬浮状态下小瓶子的质量,则判定它会下沉。如果中瓶子的质量不变,体积扩大到与大瓶子一样时,它比比悬浮状态的大瓶子要轻,则判定它会上浮。

### (3) 逻辑推理

学生推理悬浮状态下的“潜水艇”质量和体积在数值上应该是非常相近的,现在中瓶子质量不变,体积缩小到小瓶子一样大。那质量的数值明显大于体积的

数值,所以一定会下沉。中瓶子体积扩大到与大瓶子一样大,质量的数值明显小于体积的数值,所以一定会上浮。

虽然瓶子不可能真的像金箍棒那样随意变化大小,但是学生通过想象瓶子变大变小,运用科学的方法、理性的思维分析判断沉浮变化,深度思考过程中促成对物质密度核心概念的理解。

## 3. 发展思维,深度建构复杂概念

科学不光需要脚踏实地,同样也需要天马行空的想象,“思想实验”很好地体现了这一点。儿童天性具有丰富的想象力,儿童的创新大多源于想象。巧妙地创设思想实验情境,以准确的任务驱动儿童想象,让想象是有依据的创想而非臆想。在想象的基础上,建构思维的框架,扩大空间、丰富方法、充实内涵。

### (1) 多维度地思考,感受独立思考的含义

科学课堂的推理论证往往是针对一个大家都观察到的事实,或是一致同意的现象,围绕着“是真的吗”“会怎么样”进行单维度的思考,缺少对“如果怎样,会怎样”这样双维度的立体思考。在“思想实验”中提供了这样的思考机会,给予学生大胆想象以及独立思考的空间,凸显学生就是学习的主体。

### (2) 多元的方法,感悟综合学习的含义

“思想实验”的展开是通过想象、计算、画图、分析、判断、推理、概括等思维方法,融合了多种学习技能,培养解决问题的能力,是有挑战的深度学习。小学科学课堂对数学的运用局限在对数据记录和分析,缺乏对计算运用、数学建模等能力的锻炼。我们应该尝试多方位的学科融合教学,让学生运用多种思维方法进行综合性的学习。

### (3) 尝试“跳一跳摘桃子”,感知抽象思维的含义

皮亚杰认知发展理论提出,小学阶段的儿童处于具体运算阶段,已经发展出思维的完整性、逻辑性的体系,但这个阶段的儿童的思维仍然需要具体事物的支持,还不能进行抽象逻辑思维。而对于初中阶段的孩子会处于形式运算阶段,不受具体内容的局限性,能够通过假设进行推理并解决问题。高年段学生正处于从学龄初期到学龄中期的过渡阶段,我们应把握这两个阶段学生的心理特征,借助“思想实验”,尝试让学

生通过假设进行推理,锻炼抽象的逻辑思维能力。

### 《沉浮与什么因素有关》课例描述

“沉和浮”单元的教学,指向“密度”这一核心概念,但是因为小学生还没有建立物质的概念,即便个别学生能提出“密度”,也无法让每一个学生真正理解。《沉浮与什么因素有关》一课,让学生观察体积相同、质量不同和质量相同、体积不同的圆柱体在水中的沉浮状况,认识物体的体积相同时,重的容易沉,轻的容易浮;质量相同时,体积大的容易浮,体积小的容易沉。这样的学习过程没有基于学生前概念反思,没有引发学生的认知冲突,也不能促进学生深度的思考并形成个人的理解。

我们从物体沉与浮的核心概念出发,立足于学生科学思维的参与与发展,让学生经历一场“思想实验”的深度之旅,将看似高深莫测的“思想实验”平和又不平静地带进了小学科学课堂。课例描述如下:

#### 1. 唤醒导入

图片展示潜水艇的三种状态:浮在水面、悬浮在水中、沉在水底。提问:影响潜水艇的沉浮因素是什么?学生讨论后小结:潜水艇通过增加或减少水的质量,改变沉浮状态。

#### 2. 观察实验

用大、中、小三个瓶子模拟制作潜水艇,并测出它们接近悬浮状态时的质量。学生利用水杯、滴管等工具增加或减少瓶子中的水,使瓶子处于接近悬浮状态,并测出处于悬浮状态的三个瓶子的质量。汇总数据时,学生发现每组的数据都十分接近。教师事先让学生测出了三种瓶子的体积,接着,请学生分别计算三个悬浮瓶子每立方厘米的质量。学生通过计算得知,它们每立方厘米的质量都约为1克,也就是说三个“悬浮状态的潜水艇”虽然大小、质量都不一样,但是1立方厘米质量都是1克。

#### 3. 思想实验

紧接着,教师介绍牛顿、爱因斯坦等科学家遇到没有办法实现的实验时,会在头脑中进行“思想实验”。将科学史、科学家故事引入课堂,使课堂更具人文气息,展现了科学的发展历程,激发了学生的学习动机。

怎样像科学家一样做一次“思想实验”?学生心中满是疑惑,跃跃欲试。随即出示任务:(1)悬浮的中瓶子保持质量不变,体积缩小到与小瓶子一样大,沉浮状况会发生什么变化?(2)悬浮的中瓶子保持质量不变,体积扩大到与大瓶子一样大,沉浮状况会发生什么变化?学生进行“思想实验”。

#### 4. 交流研讨

方法1:当中瓶子缩小到小瓶子一样时,质量还是82.8克,体积变成44.8立方厘米。而体积是44.8立方厘米的小瓶子只有在质量约为44.8克的时候是悬浮的。所以缩小后的瓶子质量远远大于悬浮时的质量,瓶子一定会下沉。当中瓶子扩大到和大瓶子一样时,质量还是82.8克,体积变成203.5立方厘米。而体积是203.5立方厘米的大瓶子只有在质量约为203.5克的时候是悬浮的。所以扩大后的瓶子质量远远小于悬浮时的质量,瓶子一定会上浮。学生在黑板上一边画图,一边展示“思想实验”的推理过程。

方法2:当中瓶子缩小到小瓶子一样时,瓶子的质量除以体积为 $82.8/44.8 > 1$ 。通过前面的观察实验,发现瓶子处于悬浮状态时,瓶子的质量除以体积为1,所以瓶子一定会下沉。当中瓶子扩大到和大瓶子一样时,瓶子的质量除以体积为 $82.8/203.5 < 1$ ,所以瓶子一定会上浮。学生在黑板上一边列算式,一边展示“思想实验”的推理过程。

#### 5. 拓展提升

教师告诉学生,1立方厘米水的质量是1克,学生终于明白为什么物体在1立方厘米质量为1克时,会处于悬浮状态。继续提供其他物体1立方厘米的质量,学生可以用科学原理解释为什么冰会浮在水面上、铁会沉在水底等。学生的科学思维层层推进,指向物质密度这个核心概念。

全课立足儿童立场,以观察实验为基础,以科学方法为指导,以任务驱动催化儿童想象,以科学论证催生思辨,关注学生的思维参与和发展,促进学生对科学概念的深层次理解和建构。