

# 认识观念形成的过程与要素 指导教学设计与评价

梁 旭 (浙江省教育厅教研室 浙江 310012)

**摘要** 物理观念是物理学科核心素养的重要组成部分,认识其形成的过程与要素,有助于指导物理教学设计与评价。

**关键词** 物理观念 过程与要素 指导教学

**文章编号** 1002-0748(2019)7-0002

**中图分类号** G633·7

**文献标识码** A

物理观念是物理学科核心素养的重要组成部分,也是教师感到比较困惑的内容。虽然《普通高中物理课程标准(2017 年版)》(以下简称《课标》)将“物理观念”进一步细化为:“物质观、运动与相互作用观、能量观”,但下面一些问题仍然困扰着教师:观念形成的基础是什么?知识与观念是什么关系?要形成正确的观念需要怎样的教学设计?我们怎么评价学生的观念水平?等等,下面我们对此进行论述。

## 1 观念形成的过程与要素

我们通过分析学生相对完整的学习阶段来认识物理观念形成的过程。如图 1 所示,学习的起点是事实,如果只有零碎的事实,那么只能形成表象(感性认识),使人具有看法;如果有较多的事实,特别是具有结构化的事实,那么通过分析和概括能形成概念及概念和概念之间的联系——规律。这就是大家都比较熟悉的物理知识的习得过程,由此我们可以

认识到知识是形成观念的基础。

教学实践告诉我们,不同的学生,当他们完成知识的学习后,对知识的记忆和理解会有一定的差异,在求解能够体现核心素养水平的试题时,这种差异就会进一步变大,达到非常明显的程度。这里的差异既有科学思维、科学探究上的差异,当然也有物理观念上的差异。

我们知道,从事实到概念和规律是从具体到抽象的一次飞跃,将概念和规律运用于问题解决,这是从抽象到更高层次具体的又一次飞跃。在解决问题的过程中,运用的是物理知识,得到的是对这种类型问题特征和本质的认识——形成具有个人风格、比知识更加概括的观点,这一问题解决经历使人获得了具体的案例。如果案例不够典型与完整,形成的观点就不够系统;如果具有结构化的案例,那么就可以形成系统化的观点。从结构化的案例到系统化的观点,再到与某一主题相应的观念主要是一个自下而上的概括过程,同时也不排除确立了观念名称(如运动观)后,再进一步完善观点和案例这一自上而下的过程。

根据以上分析,我们认为观念的形成包括事实和案例(案例可认为是更高层次的事实)、概念和规律、看法与观点这三个要素。三个要素不同水平的表述如表 1 所示。

通过对观念形成过程和要素的分析,我们认识到观念的形成和深化过程其实是一个复杂的认知过程。借用物理语言,我们可以认为:这里既有过程量,又有状态量。观念形成和不断深化的过程其实是一个思维过程,是过程量;观念是思维的结果,是

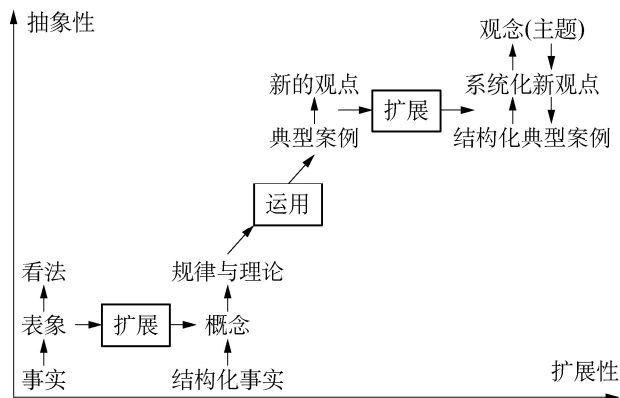


图 1

表 1

| 素养水平 | 物 理 观 念  |       |               |
|------|----------|-------|---------------|
|      | 事实与案例    | 概念与规律 | 看法与观点         |
| 水平 1 | 具有零碎的事实  | 表象    | 具有物理视角的看法     |
| 水平 2 | 具有一定的事实  | 概念    | 具有初步的物理观点     |
| 水平 3 | 具有结构化的事实 | 规律    | 具有明确的物理观点     |
| 水平 4 | 具体局部的案例  | 理论    | 具有局部的系统化物理观点  |
| 水平 5 | 具体结构化的案例 | 高层次理论 | 具有抽象的、系统化物理观点 |

状态量。

观念的形成过程是一个范围扩大和认识层次提高的过程。从事实到概念、规律再到看法和初步观点是观念的初级阶段,通过运用概念、规律解决典型问题,并在此基础上形成具有案例支撑的观点是观念的中级阶段;如果不断丰富案例并提炼观点,使案例达到结构化程度,就可以形成系统化的观点,这就是观念的高级阶段。一般来说,如果支撑观念的知识没有革命性的变化(突变),只是在原有基础上不断扩展和完善,那么,观念也将在原有基础上进行扩展和完善。如果知识有了革命性的变化,如相对论、量子力学,那么,观念就将在新的事实、知识、新的案例学习基础上进行构建。例如运动观,小学生、初中生、高中生、大学生等都有自己的运动观。对于高中生而言,学习了机械运动后可以形成经典运动观,学习了分子动理论后可以形成统计运动观,学习了波粒二象性后可以形成量子运动观,学习了相对论之

后,可以形成相对论运动观。

2 观念要素间的相关和有序性

我们认为,观念的形成过程体现了三个方面的特性。首先是发展性,通过认识事实→建立概念→获得规律→将概念、规律运用于具体案例→提炼观点→形成系统化的观点(观念),这一过程并不是一蹴而就的,而是从新手到能手的较长的发展过程。第二是系统性、零碎的事实,零碎的案例可以在学生的头脑中形成某些观点,但不能在学生的头脑中形成系统性的观点(观念);观念的形成需要结构化的事实和案例支撑,这就对教师新授课、习题课和复习课的教学设计提出了明确的要求。第三是抽象性,从事实到概念、规律,再到观点和系统观点(观念),观念的包容性不断增加,抽象程度不断提升。

**案例 1** 电表不同观念水平对应的要素情况(见表 2)

表 2

| 素养水平 | 电 表 观 念             |               |                                        |
|------|---------------------|---------------|----------------------------------------|
|      | 事实与案例               | 概念与规律         | 看法与观点                                  |
| 水平 1 | 电流表测电流,电压表测电压       | 电流表串联,电压表并联   | 测量电流与电压用不同的表                           |
| 水平 2 | 用电流表内接和外接测量电阻,阻值有差异 | 电流表与电压表都有内阻   | 电流与电压表与初中的电表不同,不是理想电表                  |
| 水平 3 | 电流表与电压表的内部结构        | 电流表与电压表的原理图   | 电表是一个具有内阻的线圈与电阻串、并联                    |
| 水平 4 | 电流表改装,电压表改装案例       | 串并联电路规律,电表原理图 | 电表改装就是用串并联电路规律结合电表模型分析求解               |
| 水平 5 | 涉及电表的电路计算案例,实验设计案例  | 串并联电路规律,电表原理图 | 电表是一个电阻,可以串联,也可以并联。如果知道自身阻值,既是电流表又是电压表 |

上面表格分析了电表不同观念水平与事实与案例、概念与规律和看法与观点之间的关联,这一表格有利于教师分析学生观念水平不高的原因所在。为什么同是高三学生,在求解电路设计及器材选择的

问题上有显著差异,原因是电表观念的水平有显著差异,有的学生达到水平 5,绝大多数学生只是水平 3。从形成观念的三方面要素进行分析可知,学生之间差异最小的是概念和规律,差异明显的是案例缺

乏和观点提炼的欠缺。况(见表 3)

案例 2 相互作用不同观念水平对应的要素情

表 3

| 素养水平 | 相互作用观念                                                     |                                    |                                                |
|------|------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|
|      | 事实与案例                                                      | 概念与规律                              | 看法与观点                                          |
| 水平 1 | 两个气球相互挤压                                                   | 气球都有形变(表象)                         | 作用是相互的                                         |
| 水平 2 | 鸡蛋撞击地面, 滑板上的人互推, 两弹簧秤对拉                                    | A 物对 B 物有作用力, B 物对 A 物必有反作用力       | 作用力与反作用力是同时存在的, 大小相等的                          |
| 水平 3 | 物态不同(固、液、气)、状态不同(静止、匀速、加速)、作用方式不同(直接、场)时的相互作用              | 作用力和反作用力大小相等、方向相反, 与物态、运动状态及作用方式无关 | 作用力和反作用力之间的关系总是成立的                             |
| 水平 4 | 确定加速前进汽车的驱动轮对地面的作用力大小和方向; 确定自由下落苹果对地球吸引力的大小                | 牛顿第二定律, 牛顿第三定律                     | 求某个力, 可先通过牛顿第二定律求其反作用力                         |
| 水平 5 | 光滑平面上木块在木板上相对滑动时一对摩擦力的冲量和所做的功; 碰撞时相互作用力的冲量和所做的功; 磁场中“双杆”问题 | 牛顿第三定律, 动量定理, 动量守恒定律, 动能定理、功能关系    | 作用力与反作用力的冲量不影响系统的总动量; 作用力与反作用力的总功可能不为零, 影响系统动能 |

表 3 分析了不同观念水平的相互作用事实与案例、概念与规律和看法与观点之间的关联, 这一表格有利于教师分析学生观念水平不高的原因所在。为什么同是学习牛顿第三定律的学生, 有些学生在回答“0.1 kg 的苹果自由下落时, 其对地球的吸引力多大?”及“ $1 \times 10^3$  kg 的小汽车以  $1 \text{ m/s}^2$  加速度前进时, 地面受到的摩擦力多大?”常常出错, 原因是相互作用观念的水平有显著差异, 有的学生达到水平 4, 绝大多数学生只是水平 2。许多学生虽然能够背诵牛顿第三定律, 但由于缺乏结构化的实验事实的支撑(不能达到水平 3)和必要的观点提炼(不能达到水平 4), 使其在回答上述问题时有困难。

物理观念的形成过程是一个不断发展的过程, 是稳定性与发展性的辩证统一, 在某一阶段具有稳定性, 在不同阶段具有发展性。例如, 高中阶段的“作用力与反作用力总是同时存在”这一观念, 如果到了大学学习了电磁理论, 知道相互作用也需要传播时间, “超距作用”的观念并不正确, 其相互作用的概念就会更新。

回归到高中物理观念教学, 我们既要认识观念的开放性, 也就是说, 高中物理学习中形成的观念并不是学生的最终观念, 学生通过进一步的学习, 可以进一步深化甚至更新某些观念; 同时, 我们还要认识观念的相对稳定性, 也就是说作为一个高中学生, 应该在高中阶段形成一些观念, 这就提出了高于知识的教学目标, 这是引入“物理观

念”的积极意义。

3 教学设计中观念要素的结构化考虑

在形成观念的事实和案例、概念和规律及看法与观点这三个要素中, 不同的教师在教学设计时, 对概念和规律这一要素都会重视, 教学差异并不大, 差异比较明显之处是学生的学习过程中是否经历了结构化的事实和案例, 同时是否引导学生总结提炼出看法和观点。教学实践告诉我们, 优秀教师经常会表现出“脑中有结构”的特征, 在教学设计中有序展现结构化的事实(实验现象)、结构化的板书和结构化的案例是其典型特征。

案例 3 向心力概念建立时的情境设计

图 2—4 和图 5—7 所示是两位教师设计的情境, 显然对于向心力概念的建立来说, 图 2—4 情境设计是缺乏结构化考虑的, 这三个情境只能形成“向心力可以由拉力、摩擦力和弹力提供”这一观念, 图 5—7 的设计是满足结构化要求的, 可以形成“向心力是根据力的效果命名的, 可以由某个力、合力或者分力提供”这一观念。

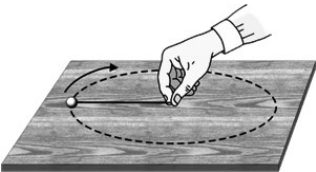


图 2

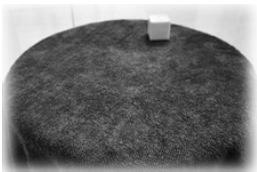


图 3

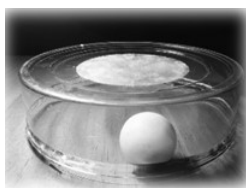


图 4

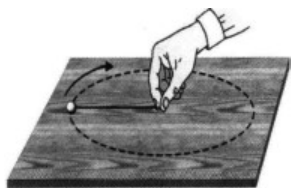


图 5

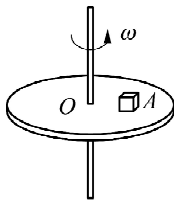


图 6

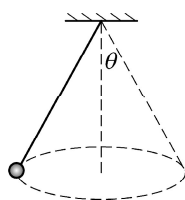


图 7

#### 案例 4 速度概念理解时的情境设计

表 4

| 缺乏结构化的情境                 | 具有结构化的情境                          |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 1. 子弹离开枪口的速度是 500 m/s    | 1. 小王上班时的车速只有 6 km/h              |
| 2. 小李骑车的最高速度可达 10 m/s    | 2. 子弹离开枪口的速度是 500 m/s             |
| 3. 小王上班时的车速只有 6 km/h     | 3. 列车从杭州到宁波的速度是 200 km/h          |
| 4. 列车从杭州到宁波的速度是 200 km/h | 4. 战斗机正以 300 m/s 的速度向东偏南 30° 方向飞行 |

表 4 中左列和右列各四个例子是两位教师设计的情境,左列是缺乏结构化考虑的,四个例子均没有涉及速度的方向。右列四个例子是有结构化考虑的,既涉及速度大小,又涉及速度的方向,既有平均速度,又有瞬时速度和速率。

#### 案例 5 楞次定律的板书

##### 板书一

1. 楞次定律的内容: 感应电流的磁场总是阻碍引起感应电流的磁通量的变化。

2. 判定感应电流方向的步骤:

(1) 确定引起感应电流的磁场方向和穿过闭合电路的磁通量的增减情况;

(2) 确定感应电流的磁场方向;

(3) 确定感应电流的方向。

##### 板书二 如何确定感应电流方向

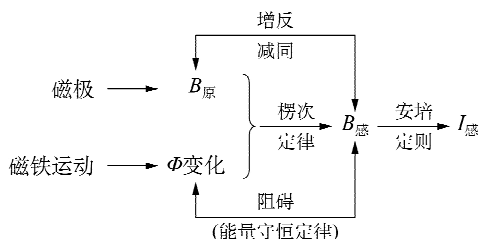


图 8

板书一和板书二是两位教师在楞次定律教学时的板书设计。很显然,板书一仅仅是楞次定律的理解和运用步骤,板书二不仅包括多个物理规律,还揭示了这类问题的特征,认识更加丰富和深刻。

#### 4 根据观念要素和水平进行教学诊断

##### 案例 6

一个例题: 现有 30 包大米,总质量为 150 kg,要你尽可能快地把它们搬上 12 m 高处的库房。已知你身体可以提供的用于搬动物体的功率与被搬物体质量之间的关系如图 9 所示。

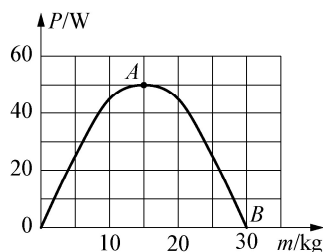


图 9

(1) 图中 A 点的物理意义是什么?

(2) 估算用最大功率完成一次上搬所用的时间。

表 5

| 学生 1                                                                                                                                                                                                                                                         | 学生 2                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(1) 图中 A 点表示搬时消耗功率是 50 W,也是人可以提供的最大功率。</p> <p>(2) 设人的质量 <math>M = 50</math> kg,大米质量 <math>m = 15</math> kg,有 <math>W = (m + M)gh</math>,由 <math>P = \frac{W}{t}</math>,得</p> $t = \frac{W}{P} = \frac{(15 + 50) \times 10 \times 12}{50} = 156 \text{ s}$ | <p>(1) A 点表示搬 15 kg 的大米时,身体提供的用于搬动大米的功率最大,最大功率为 50 W。</p> <p>(2) 由 <math>P_M t = Mgh</math>,得</p> $t = \frac{Mgh}{P_M} = 36 \text{ s}$ |

利用表 5,我们可以对学生的观念水平和形成过程中的缺陷进行分析。对题给条件“你身体可以提供的用于搬动物体的功率”,生 1 将其理解为“消耗功率”“最大功率”,也就是功率的观念还停留在水平 2,即概念阶段——功率是描述做功快慢的物理量,从而导致求解错误。生 2 之所以能够求解正确,说明他已经将功率概念提升到观念层面——功率问题求解的前提是分析能量的转化途径,然后再用能量转化与守恒定律建立各部分功率之间的关系。生 2 运用上述观念理清了“人消耗的功率”“人克服自身重力做功的功率”和“人对外做功的功率”之间的

(下转第 36 页)