

# 动能概念构建过程的剖析

高守凯

(青岛第五十八中学 山东 青岛 266100)

(收稿日期:2018-12-04)

**摘要:**围绕“动能”概念,梳理教材提供的认知路径,在“追寻守恒量”的框架下,关注过程与方法,关注物理学核心素养,从感性认知和理性理解这2个方面剖析动能概念的构建过程.

**关键词:**构建过程 动能 过程与方法

凡是概念必有概括性和抽象性,一些物理概念还具有复杂性,很不容易理解.要使得学生对概念有饱满、生动、具体的感性认识,就必须重视概念的构建过程;要让学生全面、深刻、准确地理解概念,就必须重视概念的构建过程.所谓构建,就是对抽象事物全方位、多角度、深层次地建立.

## 1 问题的提出

现行课程正经历三维目标向核心素养的进阶,但是,在一些课堂上仍然只见“知识与能力”,不见“过程与方法”.在一次省级优质课比赛中,参赛选手讲授“§ 7.7 动能和动能定理”(人民教育出版社2010年4月第三版),有的教师仅仅用了10 min时间就得出了“动能”的概念和“动能定理”的内容,之后就开始了例题、练习、变式……直接上成了一节习题课.如此简化处理,把“物理”讲成了“物理题”,无视学生作为“未知者”境况,无视能量(动能)“这个最抽象的概念,却是物理学中最重要,意义也最深远的概念之一”(费恩曼语),以为学生的头脑是空洞容器,可以随意装入知识;如此“灌输”,即使学生勉强接受,由于不是根植于“理解”的基础之上,并不知其所以然,学习效果并不会长久,对物理的理解和热爱更不会长久;如此课堂结构,解题是为了解知识,还是学习概念和规律是为了解题呢?

回顾历史上科学家们对“运动量度”的争论和探究可知,人们要建立这个复杂而抽象的概念是那

么的艰辛;学生在此之前也是刚刚开始接触由几个物理量来表示另一个物理量(势能  $E_p = mgh$ ),所以在此处应该谨慎地了解、分析和预测学情,进行“过程与方法”教育,进行物理观念和科学思维教育.

前后联系初高中物理知识、联系高中教材第6、7节上下文来看,教材为建立动能概念,打造了从初中定性感知到高中定量理解,从第6节实验探究到第7节理论探究,从  $W \rightarrow E_k \rightarrow v \rightarrow v^2$  到  $E_k \rightarrow \frac{1}{2}mv^2$  的逻辑链.在探究构建动能概念时,要重视“过程与方法”目标,不忽视物理学科素养,就应该充分挖掘,更应该充分剖析这其中的逻辑关系.

## 2 引入新课

一些教师在课堂引入部分使用“巨浪吞没轮船”的视频(取自教材所附光盘),这一场景固然热闹、具有视觉冲击力,但是,巨浪不可以看成质点,其速度、质量都很复杂,其实并不利于引向动能的概念.

以高速飞行的子弹、呼啸而过的列车或者飞奔的运动员等等来引入,都比“巨浪吞没轮船”要好.他们也可以形成视觉冲击力,并且还可以方便直观地得到速度和质量与动能有关的结论,有利于定量地指向动能概念.但是,不管以什么内容和方式引入其实都不是关键,最重要、最有价值的应该是,从“知识与能力、过程与方法”的角度引入本课题:初中物理已经“定性”告诉我们动能与物体的质量  $m$ ,速度

$v$  有关,上一节(§ 7.6 实验:探究功与速度变化的关系)为了“定量”讨论与动能相关的问题,通过实验探究,我们又得到了  $W \propto v^2$ , 亦即  $E_k \propto v^2$ . 那么动能  $E_k$  的具体表达式到底应该如何呢?

这样,我们就循着教材的逻辑,当然也是循着学生的前概念台阶和认知规律,由感性认知、定性了解,到理性认知、定量理解,使得学生对此概念的来龙去脉有了较为坚实的理解,这就叫实现“过程与方法”目标.

### 3 构建概念

在推导出  $W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$  之后,许多授课教师并没顾及此中深意,在此直接认为,“显而易见”动能是  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ . 其实这是学生平生第一次遇到以如此复杂的方式表达一个物理量,况且它究竟是  $mv^2$  还是  $\frac{1}{2}mv^2$  呢? 并非显而易见.

那么,动能表达式为什么应该是  $\frac{1}{2}mv^2$  呢? 笔者在“追寻守恒量”的框架之下,以“§ 7.2 功”中开篇所用的那 3 个实例(起重机提起货物、机车牵引列车、手压握力器)为开端,引领学生:

(1) 回顾定性结论,做功的过程必然伴随着能量转化(差值).

(2) 对照已经学过的“重力做功与重力势能的关系”的定量结论:据  $W_G = mgh = mgh_1 - mgh_2$ , 我们就把  $mgh_1$  和  $mgh_2$  叫做重力势能,这是我们所曾追寻的守恒量(之一);我们还探究过“弹力做功与弹力势能的关系”,从而得出弹性势能的表达式  $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ .

(3) 类似的,把  $W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$  类比上述等式易知,此式中力  $F$  所做的功  $W$  应该对应“动能”的变化. 如果初速度  $v_1 = 0$ , 可以得到  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ , 符合上一节课的实验探究结果. 既然定义式  $E_p = mgh$  能表示重力势能,其中包含重力  $mg$  和位置  $h$  的特征;

那么  $\frac{1}{2}mv^2$  与  $m$  和  $v$  有关,也能表示动能.

(4) 从量纲的角度易知,  $mv^2$  和  $\frac{1}{2}mv^2$  这两种表达式都有可能. 在历史上,当初莱布尼茨等科学家就以为是  $mv^2$ , 通过对弹性碰撞深入研究,经过半个多世纪的争论,科学家们才确定动能应该是  $\frac{1}{2}mv^2$ <sup>[1]</sup>.

至此,我们才理解了课本为什么对这一个概念安排了一节实验课和一节理论课,就因为能量是最抽象、最重要、意义也最深远的概念之一.

再看教材用了“很可能……”“应该就是……”和“也印证了……”这样试探的语气、推测的语气、谨慎的语气来表达,应该就是为了回应 100 多年前科学家们的艰辛求索.

对动能的表达式,教科书没有简单地直接给出  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ , 而是经过实验探究和理论推导后,通过进一步的理论分析再下定义的. 这种处理方法与重力势能、弹性势能的得出一脉相承. 并且,只有在纵观全章,至少是第 6,7 两节的视野之下,才可以没有障碍地把所得“动能定理”的结论推广到多力做功及变力做功的情形. 在发现规律、提出物理量表达式的过程中,教师不仅告诉学生结论,而且告诉学生结论是怎样得出来的,这就是重视科学过程的方法. 这既是一种教学思路,也是一种科学思维之路,因而对培养学生的逻辑思维能力和研究方法是有益的,也是课程核心素养对物理教学的要求<sup>[2]</sup>.

核心素养关注学生学习过程中的体悟,而非结果导向. 仔细阅读教材可知,在给出任何概念时,教材总要做足够的铺叙,而非直接把概念点出来,即使“简单”如“质点”,都是举了大量实例来说明. 还是那句话,概念的建立与学生背过有关定义、公式是两码事. 学科知识并不能直接转化为素养,学科活动才是形成学科素养的渠道<sup>[3]</sup>.

物理概念的建立,是学生学习入门的关键所在,是学习物理的起点和基础. 能量观念又是物理学科核心素养中“物理观念”的重要要素. 不能建立起清晰准确的物理概念,是许多学生被挡在物理学科门

(下转第 66 页)

$R_2$  为  $1\text{ k}\Omega$ ,  $L$  约为  $10\text{ mH}$ ,  $C$  为  $100\text{ pF}$ .  $R_1$  和  $R_2$  阻值之比为 30, 和实际测量的电阻比基本一致.

本文表明通过直流和交流两种实验方法, 可以只利用示波器和信号源, 而不借助于取样电阻来分析出黑盒子的内部电路结构. 作为一种新的电学黑盒子试题设计方案, 该方法值得进一步推广.

### 参考文献

- 1 吕斯骅. 全国中学生物理竞赛实验指导书. 北京: 北京大学出版社, 2006. 89 ~ 90
- 2 荀坤, 穆良柱, 陈晓林, 等. 第 43 届国际物理奥林匹克竞

- 3 赛实验试题简介. 物理实验, 2013, 33(1): 12 ~ 19
- 4 轩植华. “黑盒子”实验中的电容器. 物理实验, 2001, 21(4): 36 ~ 38
- 5 蒋明灿. 一个典型的电学“黑盒子”实验的分析与研究. 遵义师范学院学报, 2013, 15(1): 110 ~ 112
- 6 吕秋捷, 陈茵, 周子平, 等. 用示波器检测电磁学黑盒子实验. 物理实验, 2003, 23(6): 27 ~ 29
- 7 章俊杰, 汤志斌, 周子平, 等. 电磁学黑匣子实验的设计与解答 II. 物理实验, 2003, 23(7): 28 ~ 31
- 8 王锦辉, 杨文明, 孙存英, 等. 第 35 届全国中学生物理竞赛决赛实验试题评析. 物理实验, 2019, 39(1): 31 ~ 38

## Analytical Electrical Black Box Using Oscilloscope and Signal Source

—Discussion on the Test Questions of Electricity Experiment in the  
Final of the 35th Physics Competition for Middle School Students

Wang Jinhui Yang Wenming Zhou Hong Liu Jiabin Shen Xuehao Wang Yuxing

(School of Physics and Astronomy, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240)

**Abstract:** The electrical black box in the experimental final of the 35th Chinese Physics Olympiad was asked to analyzed using digital oscilloscope and signal source. Only the conclusions are made in the standard answer, and the detailed method of analyzing the black box is not given. In this paper, a solution to the electrical black box is discussed.

**Key words:** physics competition; black box; oscilloscope; signal source

(上接第 62 页)

外的重要原因. 有些概念的建立, 是源于生活体验, 不知不觉就建立起来了. 而更多的物理概念, 是抽象思维的产物, 需要循着严格的逻辑关系来构建. 引领学生从不同的侧面、沿着不同的认知路径展开构建, 也是他们训练物理思维和物理方法的难得经历. 这正是以“三维目标”代替“双基”(基本知识 with 基本能力)的本意, 也是从“三维目标”走向“核心素养”的要求. 如果物理教学仅以知识为线索展开, 容易导致教学设计聚焦于知识, 仅仅专注于学生获得知识, 而忽视对学生核心素养的培养.

总之, 学习物理概念, 大多要在定性感知和定量计算两个方面, 深入研究并实施其构建过程. 法国科学家庞加莱曾说过: “物理学是一系列事实、公式和法则建立起来的, 就像房子是用砖砌成的一样. 但

是, 如果把一系列事实、公式和法则就看成物理学, 那就犹如把一堆砖看成房子一样. 不, 物理学要比组成它的事实、公式和法则要深刻得多!”<sup>[4]</sup> 笔者通过对“动能”概念构建过程较为细致地剖析, 正是试图让学生把握“房子”而不是认识“砖石”.

### 参考文献

- 1 刘筱莉, 仲扣庄. 物理学史. 南京: 南京师范大学出版社, 2001. 116 ~ 118
- 2 人民教育出版社, 课程教材研究所, 物理课程教材研究开发中心. 普通高中课程标准实验教科书物理·必修 2 教师教学用书. 北京: 人民教育出版社, 2010. 98
- 3 余文森. 核心素养导向的课堂教学. 上海: 上海教育出版社, 2017. 53
- 4 物理课程标准研制组. 普通高中物理课程标准(实验)解读. 武汉: 湖北教育出版社, 2003. 150