

指向学科大概念的高中物理 U 型教学策略*

——以“机械能守恒定律”教学为例

任虎虎

(江苏省太仓高级中学 江苏 苏州 215411)

(收稿日期:2021-07-11)

摘要:学科大概念向下统领学科内核心知识,向上构成学科核心素养的基本框架,指向学科结构的中心,因此它不只是一个聚合概念,也是连接学科知识与学科核心素养的工具和媒介^[1,2]。以“机械能守恒定律”教学为例探讨基于大情境,促进还原与下沉,激活学科大概念;基于大问题,促进探究与整合,建构学科大概念;基于大反思,促进反思与上浮,迁移学科大概念。

关键词:学科大概念 U 型过程 大情境 大问题 大反思

2018年1月教育部颁布了20个学科的普通高中课程标准,并在前言中明确指出“重视以学科大概念为核心,使课程内容结构化,以主题为引领,使课程内容情境化,促进学科核心素养的落实”^[3]。学科大概念是课程内容的主要组织形式^[4],是在事实上抽象出来的聚合概念,对它的学习需要经历一个曲折的过程,“U型”学习过程正好能帮助学生理解其本质。

1 什么是 U 型过程和学科大概念

1.1 U 型过程的内涵

杜威认为知识不能直接进行传授,知识的学习需要经历一个复杂的过程,即还原与下沉、体验与探究、反思与上浮的过程,这一过程恰似“U型”。学生首先要将书本知识还原与稀释,还原的过程即知识的“下沉”过程。U型的底部是学生对知识进行体验、对话与探究的过程。第3个环节是反思性思维的过程,经过元认知过程将符号知识进行升华,实现公共知识的个人意义达成^[5,6]。

1.2 学科大概念的内涵

学科大概念是在一个学科领域中最精华、最有价值的内容,是在事实上抽象出来的深层次的、有意义的、结构化的和可迁移的聚合概念,在学科中发挥着概念“文件夹”和“透镜”的作用,通常表现为一个有用的理论、主题、问题和原则等,学科大概念

需要学生经历反复地探究与思考才能揭示其意义^[1]。

2 为什么 U 型过程能促进学科大概念的理解

揭示学科大概念的过程需要以现象和事实等大情境为基础进行浓缩知识的稀释,即还原与下沉的过程;需要以大问题为引领纵向联结、横向整合学习内容,并以挑战性任务为评估依据促进不断整合,实现物理概念的“生长”和“变大”,表现为理解概括,即体验与探究的过程^[7,8],在获得学科大概念的基础上去解决陌生情境中的实际问题,表现为迁移应用,即反思与上浮的过程,具体的层级结构如图1所示^[3]。

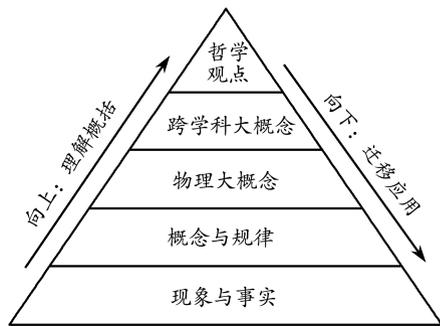


图1 学科大概念的层级结构

基于对U型学习过程和学科大概念内涵的理解,教学中基于大情境,促进还原与下沉,激活学科大概念;基于大问题,促进体验与探究,建构学科大概念;基于大反思,促进反思与上浮,迁移学科大概念,如图2所示。

* 江苏省教育科学“十三五”重点规划课题“指向深度学习的高中物理‘思维型’课堂构建的研究”阶段研究成果之一,项目编号:Cb/2018/02/43

作者简介:任虎虎(1989-),男,硕士,太仓市学科带头人,主要从事中学物理教学及研究。

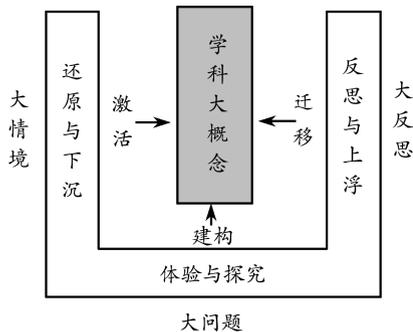


图2 学科大概念的教学过程

3 指向学科大概念的高中物理 U 型教学策略

“机械能守恒定律”一节蕴含着“机械能的转化与守恒”这一学科大概念,下面基于 U 型过程对机械能的转化与守恒的理解过程进行探讨。

3.1 基于大情境 促进还原与下沉 激活学科大概念

大情境是指在简化、剪辑与凝练学生的生活体验基础上,设置适合学生学习、具有较大程度的综合性、与大量物理知识相关的问题情境,如图 3 所示,从不同的角度分析会发现与不同的知识发生关联。通过设置大情境,促进对物理知识还原与下沉,让学生回到知识的发生处,激活学科大概念。

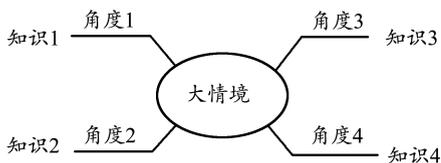


图3 基于大情境的分析

教学片断 1:在“机械能守恒定律”的引入阶段,新教材是利用伽利略的斜面实验进行说明,但斜面实验毕竟是一个理想实验,不能直观显示出“等高”。笔者应用如图 4 所示的模拟荡秋千情境,一个结实的绳子一端连接一质量较大的铁球,另一端固定在天花板上。一学生紧靠墙角站立,将铁球拉到紧靠鼻尖处,接下来放手,其他学生观察铁球的运动情况。

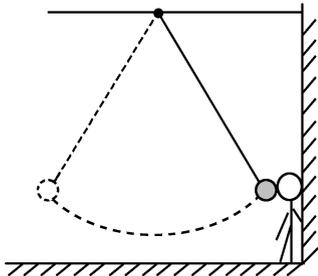


图4 摆球实验

实验观察到,铁球来回摆动,回来时基本刚好能接触到该学生鼻尖,真是有惊无险。

铁球的位置既不变高,也不变低,说明这个过程中有某个物理量是不变的,即守恒。接下来从前面刚学过的重力势能和动能变化角度进行分析,有效激活学科大概念,并且从不同角度分析这个情境会链接到不同的知识点,它就是一个很好的“大情境”。

角度 1:分析该过程中的机械能转化,动能和重力势能在转化过程中总量保持不变,得到机械能守恒定律。

角度 2:分析铁球运动特点,总可以在另一侧上升到原来的高度,并与伽利略的斜面模型类比,有助于得出牛顿第一定律。

角度 3:绳子很长,人的尺寸可以忽略不计,绳子相对人的质量也可以忽略不计时,建立单摆模型。分析铁球受力特点,写出动力学方程,说明铁球的来回摆动属于简谐运动。

角度 4:分析铁球与另一个模型的碰撞,结合碰撞前的过程和碰撞后的过程机械能守恒,得到动量守恒定律。

3.2 基于大问题 促进体验与探究 建构学科大概念

大问题是聚焦于学科大概念、处于学科或课程的核心位置、超越知识本身并能够促进对某一特定主题内容的理解、激发知识间联系和迁移的综合性问题。大问题可以分解为若干具体问题或子问题,通过对一个个具体问题串的体验与探究,实现大问题的解决,理解探究过程中蕴含的思想方法,建构学科大概念,如图 5 所示。



图5 基于大问题的教学过程

教学片断 2:学生猜想,动能和重力势能在相互转化过程中,以及弹性势能和动能相互转化过程中,机械能的总量可能保持不变。

接下来提出大问题:如何验证自己的猜想呢?

物理学科教学过程中很多规律和结论的得出都是基于观察、实验和猜想,上面的问题是反复出现,并指向学科大概念,所以是大问题。

学生提出可以通过实验探究来验证。对于实验探究马上提出以下问题串:设计什么样的实验方案?

实验中要测量什么?用到哪些仪器?如何进行测量?

对这些问题的思考与讨论,帮助学生想到基于自由落体运动并借助打点计时器进行实验探究,也就是教材中提供的一个参考方案,但按照这个实验方案去做,教学中发现阻力不可忽略,实验误差较大。

笔者借助DIS平台对该实验进行创新改进,实验装置如图6所示。

(1)在铁架台相距较远的地方固定两个光电门传感器;

(2)在两个光电门正上方用一个宽度为2 cm,长为5 cm的钢片作为挡光片,这样做的优点:不需要维持两光电门的小孔完全在同一条竖直线上,即使错开一点也没关系,由于它的长度为5 cm,在钢片下落时足以保证挡光的宽度始终都是2 cm;

(3)钢片释放时用一个夹子进行控制,这样一方面可以保证钢片的初速度为零,另一方面也可以保证钢片在下落过程中不发生旋转,同时利于多次重复试验。

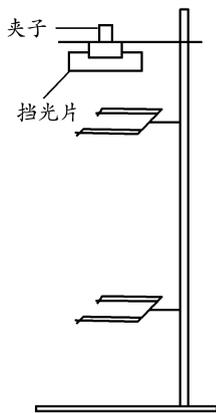


图6 验证机械能守恒实验装置

学生提出还可以通过理论探究,鼓励学生建立物理模型,分析运动过程,运用动能定理进行论证推理,得出自己的结论,教学过程这里不再赘述。

3.3 基于大反思 促进上浮与应用 迁移学科大概念

在体验与探究后,引导对学生对自己学习的结果、关系、过程和方式进行反思与评价,如图7所示。通过全方位的反思,促进生理清知识内在的逻辑结构,理解知识背后蕴藏的意义和价值,这就是获得学科大概念的过程,有了学科大概念,然后应用大概念解决实际问题^[9]。



图7 基于大反思的教学过程

教学片断3:让学生回顾和反思机械能守恒定律的理论探究过程。提出问题,如果向上的空气阻力较大,不可忽略,机械能还守恒吗?如果不守恒,是减小还是增大?变化量为多少?如果小球向下运动的同时受到一个向下恒定的拉力,机械能还守恒吗?如果不守恒,是减小还是增大?变化量为多少?

对上述问题的分析和研究将得出机械能守恒的条件:只有重力或弹簧弹力做功,物体运动过程中如果有其他力做负功,机械能将减小,做了多少负功,机械能将减小多少;如果有其他力做正功,机械能将增加,做了多少正功,机械能将增加多少,联结到功能关系这一学科大概念。

对于机械能守恒定律的“系统内”该如何理解呢?这是一个教学难点,引导学生进行分析论证。对于重力势能 mgh ,联结万有引力定律知识 $g = \frac{GM_{地}}{R^2}$,所以离开地球不存在重力势能,重力势能是物体和地球这个系统共有的。对于弹簧和滑块的弹性势能:由于弹力产生于两个直接接触的物体间,当弹簧发生明显形变时,滑块其实有一个微小形变,也应该产生弹性势能,但由于滑块形变量太小,其弹性势能可以忽略不计,这两个弹性势能必定是同时产生、同时消失,所以弹性势能也具有系统性。另外对于弹簧的动能:由于是理想化的“轻弹簧”,质量忽略不计,所以动能为零。

最后,利用“机械能的转化和守恒”这一学科大概念解决一个实际问题,生活中很多学生会利用后端带弹簧的圆珠笔玩一个小游戏:将其后端放在桌子上竖直向下按压,突然放手后会弹起一定高度。若已知圆珠笔的质量,请只利用手头的刻度尺得出圆珠笔离开桌面时的速度大小以及弹簧的最大弹性势能。

参考文献

- 1 格兰特·威金斯,杰伊·麦克泰格. 追求理解的教学设计(第2版)[M]. 上海:华东师范大学出版社,2017
- 2 怀特海. 教育的目的[M]. 北京:教育科学出版社,2020
- 3 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018

(下转第67页)

- (01)
- 2 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知[Z]. 2020-5-28
 - 3 马文蔚. 物理学(第5版)[M]. 北京:高等教育出版社,2006
 - 4 新华网. 潮头观澜:从“中国天眼”看科技自立自强[EB/OL]. http://www.xinhuanet.com/tech/2021-02/06/c_1127071134.htm
 - 5 光明网. “中国天眼”之父南仁东[EB/OL]. http://topics.gmw.cn/node_115316.htm

The Effective Integration of Curriculum Ideological and Political Education in the Innovative Teaching of University Physics

—Taking *Resolving Power of Optical Instruments* as an Example

Liang Min Liu Jing Li Zhaoxin Shen Qinghui Peng Yandong

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

Abstract: As an important part of innovative teaching, curriculum ideology and political education not only shoulder the responsibility of teaching and educating students, but also the strong support of the curriculum content. This paper takes “Resolving Power of Optical Instruments” in university physics course as an example, discusses how to organically integrate course ideology and political education into the innovative teaching of university physics course, stimulate students’ patriotic enthusiasm and enhance national pride.

Key words: university physics; curriculum ideological and political education; Innovative teaching; resolving power

(上接第63页)

- 4 李刚,吕立杰. 国外围绕大概念进行课程设计模式探析及其启示[J]. 比较教育研究,2018(9):35~42
- 5 曹宝龙. 学习与迁移[M]. 杭州:浙江教育出版社,2019
- 6 郭元祥. 论学生课程履历及其规约[J]. 课程·教材·教法,2012(2):17~23
- 7 郭元祥,伍远岳. 学习的实践属性及其意义向度[J]. 教育研究,2012(2):102~109
- 8 郭元祥,吴宏. 论课程知识的本质属性及其教学表达[J]. 课程·教材·教法,2018(8):43~49
- 9 任虎虎. 指向深度学习的高中物理教学研究[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2019

The U Style Teaching Strategy on Pointing Big Concepts of the Subject in High School Physics

—Taking *Law of Conservation of Mechanical Energy* Teaching as an Example

Ren Huhu

(Taicang Senior High School of Jiangsu Province, Suzhou, Jiangsu 215411)

Abstract: From the down side, the subject big concept leads the core knowledge of the subjects. From the up side, it forms the essential frame of core competence of subjects. It points to the center of the structure of subjects. Thus, it is not only a concept of aggregation, but also a tool and medium connecting the knowledge and core competence. This paper aims to explore the “Law of Conservation of Mechanical Energy” teaching: Based on the big context, it promotes the true and deep learning, which motivates the subject big concept. Based on the meaningful question, it promotes the exploration and integration, which constructs the subject big concept. Base on the extensive reflection, it promotes the real reflection and further learning, which combines and connects subject big concept.

Key words: subject big concept; the U style; big situation; big question; big self-examination