

# 深度学习背景下“探究弹性势能表达式”教学设计<sup>\*</sup>

## 教学案例设计与分析

史红姝

(北京交通大学附属中学 北京 100081)

李俊鹏

(北京市海淀区教师进修学校 北京 100195)

张利国

(北京交通大学附属中学 北京 100081)

(收稿日期:2019-04-12)

**摘要:**在全面深化课程改革的大势之下,“深度学习”教学改进项目应运而生.深度学习是发展核心素养的学习,它指向过程,而非结果;深度学习是理解性学习,它更强调深层次思考且能够将已理解的知识应用于生活.作者尝试将深度学习的理论应用于人教版《物理·必修2》,第七章“机械能守恒定律”第5节“探究弹性势能表达式”的课堂教学实践.

**关键词:**深度学习 教学设计 弹性势能表达式

进入新世纪,科技快速发展,未来社会变得越来越无法确定、不可预知.如何让现在的孩子适应未来的世界,是世界各国教育共同面临的巨大挑战.21世纪初,我国启动的基础教育课程改革不仅顺应了世界教育改革的主流趋势,也是推进素质教育、转变人才培养方式、参与国际人才竞争的战略举措.在全面深化课程改革的大势之下,“深度学习”教学改进项目应运而生.深度学习是发展核心素养的学习,它指向过程,关注学生在其培养过程中的体悟,而非结果导向;深度学习是理解性学习,它更强调深层次思考,即解释、思辨、推理、验证、应用等更有难度、更加复杂和更具综合性的学习结果,且能够将已理解的知识应用于生活<sup>[1]</sup>.

笔者尝试将深度学习的理论应用于课堂实践,以下以人教版《物理·必修2》,第七章“机械能守恒定律”第五节“探究弹性势能表达式”的教学设计为例,谈谈笔者的一些思考,在此与同行共议.

## 1 学习内容分析

### 1.1 从深度学习的角度对本节学习内容的分析

(1) 深度学习的第一个特征是:联想与结构.来到课堂上的学生不是白纸一张,而是带着已有的经验来的,这些经验有的是日常生活经验,有的是以往所学知识的内化并在学生生活中得以实践的经验,在进入教学之前,这些经验大多只是自在的存在着的,因而需要教师的帮助以唤醒、改造,使之能够自觉进入教学,辅助当下的教学,又使经验进入新的结构并得到进一步的提升<sup>[2]</sup>.因此本节的引课选择了学生在旅游景点看到过或体验过的蹦极游戏为例,以讨论蹦极游戏的安全性为切入点引起学生的兴趣,然后围绕这一问题展开后续实验,并最终利用学生归纳、推导、讨论出的结果来回答这一生活实践中的问题.

(2) 深度学习的第二个特征是:活动与体验.这是深度学习的核心特征,“活动”是指以学生为主体的主动活动,“体验”是指学生在活动中产生的内心体验.学生要成为学习的主体而不是被动的知识接收器,就得有“活动”的机会,有“亲身经历”知识发现、形成、发展的过程的机会<sup>[3]</sup>.本节将得出弹性势能表达式的探究过程和推导过程归还给学生,由学

<sup>\*</sup> 北京市海淀区教育科学“十三五”规划重点关注课题“教师教材处理能力的实践研究”的阶段成果,项目编号:HDGH20190035  
作者简介:史红姝(1978-),女,中教高级,主要从事中学物理学科教学.

生通过亲手操作和自身的思考推导两个途径得出结论,教师只给予问题引导.

(3) 深度学习的第三个特征是:本质与变式.即发生深度学习的学生能够抓住教学内容的本质属性,全面把握知识的内在联系,并能够由本质推出若干变式<sup>[4]</sup>.本节在推导弹性势能表达式的过程中,需要学生识别出弹簧弹力随形变量变化,不是恒力,在求解力在位移上的累积的过程中需要将推导匀变速直线运动位移公式时使用过的微元法和图像法迁移到本节,推导位移表达式和弹簧弹力做功只是知识载体,微元法与图像法才是本质.

(4) 深度学习的第四个特征是:迁移与应用.在深度学习中,“迁移”是经验的扩展与提升,“应用”是将内化的知识外显化、操作化的过程,也是将间接经验直接化、将符号转为实体、从抽象到具体的过程,是知识活化的标志,也是学生学习成果的体现<sup>[5]</sup>.本节的设计,在通过实验和推导两个途径得出弹簧弹性势能表达式后,再次回到引课提出的蹦极游戏安全性问题,由学生通过推导分析游戏中更换游戏者时应如何调节弹性绳才能保证游戏的安全,从而将所学知识迁移到实际生活中.

### 1.2 从核心素养的角度对本节学习内容的分析

物理核心素养主要由“物理观念”“科学思维”“科学探究”“科学态度与责任”4个方面构成,本节内容涉及弹力做功与弹性势能的关系,与重力做功与重力势能关系相呼应,且再次涉及到功能关系,又一次的分析可以深入对势能的理解,从而完善“物理观念”中的“能量观念”;在经历设计实验、采集数据和分析数据的过程中可以提升科学探究能力;在利用给定情景分析推导弹簧弹性势能表达式的过程中可以再次体会科学思维中的类比法、控制变量法、微元法、图像法等方法的使用;在实验过程中和利用新学习的知识解决生活中问题的过程中可以体会物理与生活的紧密联系和实事求是的科学态度.

## 2 学情分析

在学习本节知识之前,学生通过本章前4节的学习已经掌握了求功的基本公式  $W = Fx \cos \theta$ ,在匀变速直线运动相关规律的学习中已经掌握了用微元法配合图像法求解匀变速直线运动位移的方法,在

初中的学习中已经初步了解了机械能守恒定律的条件和实验探究的步骤以及处理数据的方法.

## 3 学习目标

(1) 在分析弹性势能和重力势能的转化过程中、弹力做功和弹性势能变化的关系过程中逐步完善能量观念.

(2) 通过测量弹性势能大小、探究弹性势能与其影响因素的关系、推导弹性势能表达式的历程,再次体会科学思维中的类比法、控制变量法、微元法、图像法等方法.

(3) 通过探究弹性势能与其影响因素的关系的实验发展实验探究能力.

(4) 通过对蹦极游戏安全性分析的过程体会物理与生活相结合的科学态度;通过设计实验、采集数据、分析数据的过程体会严谨认真、实事求是的科学态度.

## 4 重点与难点

**重点:**探究弹性势能与形变量的关系,利用微元法、图像法推导弹性势能的表达式.

**难点:**探究弹性势能与形变量的关系的实验中利用能量的转化得到弹性势能大小的物理原理.

## 5 教法与学法

**教法:**思维引领,问题引导.

**学法:**问题思考,实验探究.

## 6 教学流程

“探究弹性势能表达式”的教学流程如图1所示.

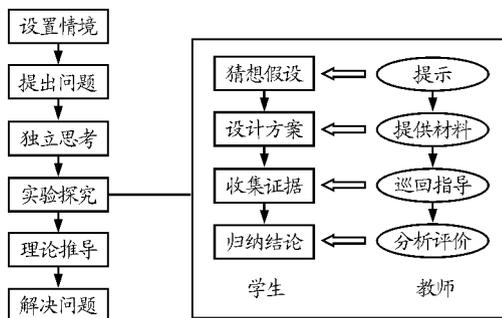
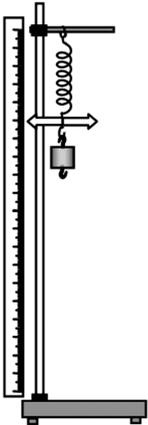


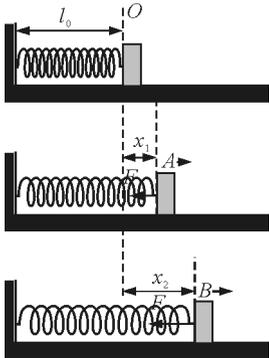
图1 “探究弹性势能”教学流程

## 7 教学环节(表1)

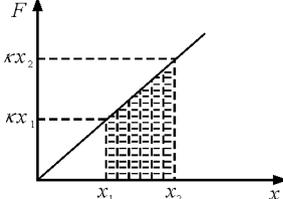
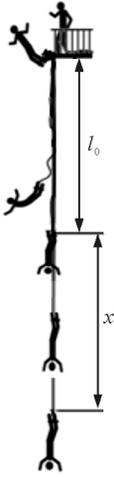
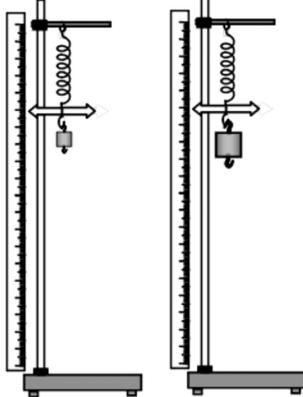
表1 “探究弹性势能”教学环节

环节	引导学生思考的问题	学生活动	设计意图
导入新课	本节课我们一起来分析一款极限游戏的安全性。 有同学玩过蹦极吗?(我们来看一段蹦极的视频)		利用生活中的游戏创设情境
	播放一遍后,回到视频中人第一次到达最低点的画面定格: 【提问】人到最低点时瞬时速度多大? 【提问】忽略空气阻力,从最高点到达此位置,能量是如何转化的? 【提问】如果知道最高点和此处的竖直距离 $h$ ,如何求出此时绳子弹性势能的大小?	观看视频 思考蹦极游戏中有关的物理知识	为帮助学生理解后续实验探究的实验原理做铺垫
	【提问】减小的重力势能等于弹性势能的条件是什么?	思考回答问题	明确二者相等的条件: 没有(重力和弹力以外的)其他力做功
	如果转化的弹性势能太大,绳就会被拉得太长,如果没有相应的措施,就可能会出现安全事故。 怎样才能让游戏者玩得又过瘾又能保证安全呢? 如果我们知道弹性势能的表达式就可以解决这个问题了		通过蹦极游戏的安全性激发学生探索物理知识的兴趣; 使学生感受物理与生活的紧密联系
实验探究弹簧弹性势能的影响因素	【提问】你猜测弹性势能可能与哪些因素有关?	猜测可能的影响因素	把学生想到的因素罗列、归类,一类属于弹簧的形变量,一类属于弹簧的劲度系数
	我们研究物理问题总是从最简单最基本的研究对象入手,今天我们先来研究弹簧的弹性势能与形变量的关系		
	利用如图所示的这套器材,请你设计实验: 【提问】如何测量形变量 $x$ ? 【提问】如果想让钩码减小的重力势能全转化成弹簧的弹性势能 $E_p$ ,操作中要注意什么?	 分析出可以利用钩码从最高点下落到最低点的过程弹性势能全部转化为重力势能,测出重力势能即得到弹性势能	在利用重力势能和弹性势能转化设计实验的过程中逐步完善能量观念; 明确实验中如何测量弹簧的弹性势能: 突然放手+钩码沿弹簧轴线下落→让钩码蹦极

续表

环节	引导学生思考的问题	学生活动	设计意图
	<p>【提问】播放视频时可以暂停,实验中如何记录最低点位置?</p>	<p>设计方案: 先预估弹簧末端指针能到达的最低位置,再将纸片水平放在该刻度处(纸片与尺面垂直),重做实验,如果指针不会碰触到纸片,则向上移动纸片,如果指针会碰到纸片,则向下移动纸片,直至找到指针恰好碰触到纸片的刻度</p>	解决记录最低点位置的方法
	<p>采集完实验数据后,我们需要确定弹性势能和形变量的关系是 <math>E_p \propto x</math>, 还是 <math>E_p \propto x^2</math>, 还是 <math>E_p \propto x^3</math>, 还是其他关系. 【提问】怎样进行数据处理?(除了求比值还有更直观的方法吗?)</p>	<p>分析出画图处理实验数据的方法: 纵轴: <math>E_p</math> 横轴: 分别为 <math>x, x^2, x^3</math> 看哪个图像为直线</p>	回忆数据处理方法
	请同学们进行实验	完成实验 采集数据	利用 Excel 表格,通过学生现场测得的数据归纳出弹簧弹性势能与形变量的平方成正比
由实验探究向理论探究过渡	<p>【提问】弹簧的弹性势能与形变量的平方成正比,比例系数 <math>k'</math> 的数值? 【提问】比例系数 <math>k'</math> 的单位是什么? 你猜测这个比例系数可能是哪个物理量?</p>	观察教师用 Excel 计算的弹性势能与形变量平方的比例系数	引导学生意识到弹性势能不仅与形变量有关,还与劲度系数有关,但又不等于劲度系数
	<p>【提问】有的同学猜测弹簧的弹性势能与形变量的平方成正比的系数是弹簧的劲度系数 <math>\kappa</math>, 是不是这样? 请大家通过实验测量一下自己小组刚刚实验所用弹簧的劲度系数 <math>\kappa</math></p>	测量自己小组弹簧的劲度系数	
	<p>通过 Excel 表格求得的斜率我们发现: <math>k' = \frac{1}{2}\kappa</math>. 这是一根弹簧的实验数据分析结果, 这会是普遍规律吗? 下面咱们通过理论推导来看一看</p>	通过分析发现比例系数与劲度系数的关系	
理论探究弹簧弹性势能的表达式	<p>【例题】光滑的水平面上放置一根原长为 <math>l_0</math> 的轻弹簧, 弹簧两端分别与墙面和物块相连. 现将物块移动到 O 点右侧某处后释放, 物块会在 O 点两侧做往复运动. 如图所示, 求某次物块由 A 点运动到 B 点的过程中弹簧弹力做功. 已知弹簧劲度系数为 <math>\kappa</math>, A 处弹簧形变量为 <math>x_1</math>, B 处弹簧形变量为 <math>x_2</math></p> 	在给定的物理情境中思考如何求解弹簧弹力做功	提供具体情境, 求解弹力做功, 明确弹性势能的表达式

续表

环节	引导学生思考的问题	学生活动	设计意图
理论探究 弹簧弹性势能的表达式	<p>【提问】知道弹力和位移,选用什么公式求弹力做功?</p> <p>【提问】在这一情境中为什么不能直接使用这个公式?</p> <p>【提问】可以如何推导?</p>	思考回答问题	用公式 $W = Fx \cos \theta$ 求弹力做功;  因为 $F$ 不是恒力
	 $W_F = -\frac{1}{2}(\kappa x_1 + \kappa x_2)(x_2 - x_1)$ $W_F = \frac{1}{2}\kappa x_1^2 - \frac{1}{2}\kappa x_2^2$ <p>又根据功能关系知,弹力做功会引起弹性势能的变化,所以,弹性势能的表达式 <math>E_p = \frac{1}{2}\kappa x^2</math></p> <p>通过推导结果也可以发现,弹簧弹力做功等于弹簧弹性势能的减少量 <math>W_F = E_{p1} - E_{p2}</math></p>	用微元法推导弹力做功	再次体会微元法与图像法结合处理物理问题
解决问题	<p>【提问】如图所示的蹦极过程,已知弹性绳原长为 <math>l_0</math>,劲度系数为 <math>\kappa</math>,人到达最低点时绳的形变量为 <math>x</math>,人的质量为 <math>m</math>,重力加速度为 <math>g</math>,试推导 <math>x</math> 与其他各量的关系式,并说明蹦极游戏中当游戏者质量增大时应如何调节才能保证游戏者的安全.</p> $mg(l_0 + x) = \frac{1}{2}\kappa x^2$ $\frac{1}{2}\kappa x^2 - mgl_0 - mgx = 0$ $x = \frac{mg}{\kappa} + \sqrt{\left(\frac{mg}{\kappa}\right)^2 + \frac{2mgl_0}{\kappa}}$ 	应用新知识解决生活中的问题	分析发现当其他量不变而游戏者质量变化时,弹性绳的最大形变量 $x$ 会发生变化,若 $x$ 过大会造成安全事故.应根据游戏者质量调节绳的松紧(即劲度系数)
	<p>【实验】钩码蹦极</p> <p>步骤: 弹簧下分别悬挂小钩码和大钩码,无初速度释放钩码.</p> <p>现象: 小钩码上下往复运动,大钩码会撞击铁架台底面</p> 		

续表

## 7.5 探究弹性势能

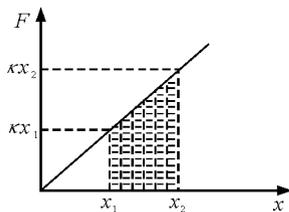
一  $E_p$  的影响因素

$$E_p \begin{cases} \propto x? & k' = \kappa \\ \propto x^2? \quad \checkmark \\ \propto x^3? & k' = \frac{1}{2}\kappa \end{cases}$$

$$E_p = k'x^2 \quad E_p = \frac{1}{2}\kappa x^2$$

单位: J       $\uparrow$        $\text{m}^2$

N·m      N/m

二  $W_F$ 三  $W_F = E_{p1} - E_{p2}$ 

$$W_F = Fx \cos \theta \quad \leftarrow \text{微元法}$$

$$W_F = -\frac{1}{2}(\kappa x_1 + \kappa x_2)(x_2 - x_1)$$

$$W_F = \frac{1}{2}\kappa x_1^2 - \frac{1}{2}\kappa x_2^2$$

## 参考文献

- 1 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(修订版). 北京:人民教育出版社,2018
- 2 刘月霞,郭华. 深度学习:走向核心素养:理论普及读本. 北京:教育科学出版社,2018. 1~9
- 3 曹东. 设计开放性问题促进深度学习的三重境界. 物理通报,2018(10):37~40
- 4 曾志旺. 物理教学中促进“深度学习”的教学设计. 物理

通报,2017(05):69~73

- 5 吴双. 物理教学中促进学生深度学习的策略探索. 物理通报,2018(10):10~15
- 6 彭前程. 积极探索基于核心素养理念下的物理教学. 中学物理,2016,34(03):1~2
- 7 朱祥. 深度学习理念下的常态物理课堂教学策略. 物理教师,2019,40(04):6~8

(上接第64页)

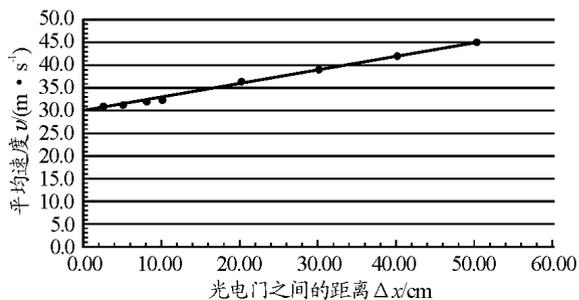


图9 滑块平均速度与光电门间距的关系图像

同理,如果该实验改成一个光电门,控制光电门位置不变,逐次减小滑块上的挡光片宽度  $d$ ,分别测出挡光片宽度  $d$  和它与之对应的挡光时间  $\Delta t$ ,计算出对应的平均速度,再通过  $\Delta v - \Delta d$  图线的理想化外推,得出的纵坐标轴上的截距就是  $d \rightarrow 0$  时的平均速度的极限值——瞬时速度.我们不能让光电门之间的距离  $\Delta x$  或者挡光片的  $\Delta d$  变到无限小(即时间  $\Delta t$  无限短),通过直线的延长交于纵轴的交点,即为无限接近  $\Delta t = 0$ ,由此推导出来的瞬时速度值的方法,是理想化外推,也是高中阶段重要的科学思维

方法.

最有价值的知识是关于思维方法的知识,高中物理在速度概念的建构中应用到了各种科学思维方法,如对比法、比值定义法、极限思想方法、图像法、合成与分解的思想、理想化外推等,它们普遍应用于人的各种思维活动.作为教师要不断探索,根据学生的思维日趋发展,切实让学生体验概念建构过程,努力把前人研究物理现象的思想、方法转化为学生的认识能力和思维方式,从中深刻理解概念的内涵,体会建构概念的外延,让科学方法作为一种素养植根到学生的思想中,使物理教育做到教的是思维,收获的是智慧,真正提高学生的科学思维素养.

## 参考文献

- 1 黄广雄,蔡清田. 核心素养. 上海:东师范大学出版社,2017. 3~10
- 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·选修必修1(第3版). 北京:人民教育出版社,2010. 16,31