

基于迁移的习题教学设计探研

陈 阁 徐晓梅

(云南师范大学物理与电子信息学院 云南 昆明 650500)

(收稿日期:2018-03-09)

摘 要:探讨了利用原型问题设计物理问题和剖析新问题来培养学生迁移思维的两种方式.

关键词:学习迁移 解题方法 物理教学

一个人将以前在学习或问题解决时获得的经验及知识应用于新情境时即为迁移^[1]. 美国心理学家 M·L·比格曾经说过,“学习迁移是教育最后必须寄托的柱石. 如果学生在学校中学习那些材料无助于目前和以后的生活中更有效地应付各种情境,那么就是浪费他们的许多时间.”^[2] 在核心素养教育的号召下,“为迁移而教”在信息时代焕发新活力. 知识的迁移性孕育着素养的迁移性^[3],这意味着促进素养的发展,我们在教学中仍需要把迁移摆在重要位置. 为学生的学习迁移而教,其实核心就是要培养迁移思维. 迁移思维是指人脑在发展创造性思维过程中根据已经获得的知识、技能和方法等信息,来获取新知识、新技能和新方法,或解释判断物理问题的思维过程^[4]. 这种思维深刻地影响着人的迁移和创造,但文献^[5]在研究中指出,“迁移创新维度是学生能力发展的薄弱点,与我国当前注重创新型人才的培养目标还存在较大差距”,所以展开针对培养迁移思维的教学设计来弥补我国学生薄弱点,顺应时代要求很有必要. 基于迁移的习题教学设计旨在为学生提供连续递变的问题情境,培养迁移思维,提高其解决问题的能力. 文章尝试将迁移运用于设计习题教学中,拟从顺向与逆向两个角度来展开习题教学,重在将知识、情境与迁移学习糅合为一个整体,以训练学生迁移思维与解决问题能力,为核心素养的发展做出尝试.

1 设计系列习题顺向培养学生迁移思维

不同的物理问题有不同的情境,基于迁移设计

系列习题就是构建逐步变化的问题情境,帮助学生由熟悉的问题逐步学习陌生的问题. 原型问题就是学生认知中较为熟悉并能熟练解决的问题. 由原型问题设计一系列熟悉到陌生的问题情境,产生一个连贯的、相关的学习. 对这一系列的学习活动,学生可以形成深刻印象,又可以抓住某一共同要素而联想起整个问题链.

迁移理论提出了“共同要素”的概念,但随着多年的研究,影响学习迁移的因素很多,概括来说主要有如下几个:相关性、相似性、概念或事物的关键特征和学生原有学习的程度等^[6]. 我们根据这些影响迁移的因素巧妙地将原型问题逐步修改,由熟悉到陌生,逐步帮助学生由近迁移转变为远迁移,由低级迁移变为高级迁移.

1.1 寻找原型问题

原型问题的特点决定它是学生认知中具有延伸性的图式,利用这些图式可以使学生对与其相似、相关的问题提高认知关注度并快速掌握多个问题的解决思路. 寻找原型问题就是去发现学生认知中那些可以熟练解决的、印象深刻的问题.

【例1】刘飞同学在“利用单摆测重力加速度”的实验中,先测得摆线长为 47.50 cm,后测得均匀摆球半径为 1.00 cm,接着借助秒表记下了单摆振动 50 次所用的时间,问:

(1) 该摆摆长为_____ cm;

(2) 如果他最后测得重力加速度值偏小,以下可能的原因是_____.

A. 他在计算摆长时,直接使用了线长

作者简介:陈阁(1993-),男,在读硕士研究生,主要研究方向为物理课程与教学论.

通讯作者:徐晓梅(1963-),女,副教授,硕士研究生导师,主要研究方向为大学物理教学、物理课程与教学论.

- B. 在计数周期时,将49次记成了50次
 C. 摆线在振动中出现松动,使摆线长度增加了
 D. 开始时,过迟按下秒表

解析:本题就是一个典型的原型问题,是课堂上教师都曾演示过的单摆测重力加速度实验.在寻找原型问题时,教师要注意抓住学生熟悉的基础知识点.单摆的摆长是线长加小球的半径(如果是不均匀的小球,就要测出重心到摆心的长度),在此题中就是

$$47.5 \text{ cm} + 1.00 \text{ cm} = 48.50 \text{ cm}$$

根据实验原理 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$,进而解决问(2).

1.2 改为大同小异的“新问题”

“大同小异”的“大同”是指在修改原型问题时大体相同,要使共同要素易于发现,旨在让学生快速发现前后学习的相似性.“小异”指在细节之处要稍作变化,如改变已知条件的表述,从反向提问.一成不变的问题只会让学生感到疲惫,稍有不同不仅可以让学生进一步学习提高,还可以让学生逐渐适应情境的变化.由例1进而设计例2如下.

【例2】在“用单摆测定重力加速度”的实验中用刻度尺量出悬线长96.60 cm,之后测得小球直径是6.56 cm,某同学为减少实验误差,对同一摆长的单摆进行3次周期测量,每次在摆球通过最低点时,按下秒表开始计时,并将此次通过最低点作为第一次,接着记录通过最低点的次数,一直数到计时终止,结果如表1所示.

表1 周期测量

项目	1	2	3
数的次数/次	61	71	81
时间/s	62.10	69.80	80.12

(1) 这个单摆振动周期的测定值是()s,当地重力加速度的值是() m/s^2 (小数点后保留两位).

(2) 若测得的 g 值比实际值大,则可能的原因是()

- A. 测摆长时未计入摆球的半径
 B. 秒表不准,比实际时间慢
 C. 在计数周期时,将 n 次记成 $n + 1$ 次
 D. 小球质量过轻

解析:将例1的“半径”改为例2中的“直径”,以

及在(2)问中采用反向提问,其次利用在摆长学习的基础上,迁移学习对时间的测量,由一个知识点的学习而逐渐拓展.

1.3 设计小同大异的“旧问题”

“小同大异”的“小同”是指新设计的问题与之前相比要使共同要素变少变小,但依然能发现关联,表面上的相似性要逐步变为内容本质上的相关性,旨在帮助学生的迁移思维逐步脱离最初的易察觉的情境.“大异”则是指新问题在情境设置上要做出较大变化,要让学生对题目有陌生感.在学习解决这一环节问题时,学生发现关联是关键.在共同要素上,不少现代认知派心理学家对主体因素在学习迁移过程的作用进行了大量的研究,他们认为,不仅要求两个刺激情境相似,而且要求学生必须能觉察出这种相似性,特殊迁移才有可能发生.当不告之被试两种学习任务是相关的,他们只学习一种任务,然后不加评论就去学习另一种任务,这种情况下普遍发现没有迁移^[7].在设计小同大异的问题时,教师要在每个环节都着重注意帮助学生发现学习之间的关联,掌握这种关联是培养学生迁移思维的关键.

【例3】国外一位物理老师设计了“用单摆测重力加速度”的改进实验,实验装置如图1所示^[8].步骤如下:

- A. 按照装置图,安装实验设备
 B. 进行第一次实验,使单摆在小于 5° 角下摆动,测量长度 L_0 ,记录时间记录器中所记录的单摆周期
 C. 调整线头位置使长度增加 ΔL ,进行第2次实验,使单摆在小于 5° 角下摆动,记录时间记录器所记录的单摆周期

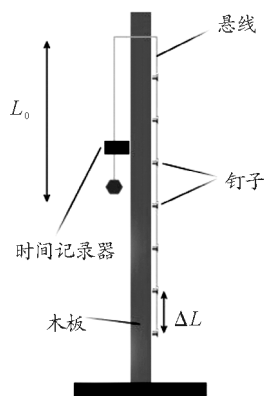


图1 实验装置

(1) 推导重力加速度;

(2) 思考: 实验中小球是否均匀会影响测量的重力加速度吗, 实验中摆动角度可以大于 5° 吗?

解析: 实验当中进行了两次测量, ΔL 为悬线长度差值

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L_0}{g}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L_0 + \Delta L}{g}}$$

由以上两式得

$$g = \frac{4\pi^2 \Delta L}{T^2 - T_0^2}$$

教师先尝试让学生独自解决例 3, 当学生无法发现例 3 与例 1 和例 2 的关联时, 教师要及时指出“小同”, 即两个问题最根本的关联是实验设计的原理是一样的, 然后让学生重新思考. 当学生能够依靠前两个例子的实验原理解例 3 之后, 再让他们思考例题不一样之处, 那就是例 3 中计算重力加速度的摆长被巧妙地替换成 ΔL . 借助此题(1) 的解决过程, 学生会很快发现此实验中小球不再影响实验中 g 的测量. 此外, 教师也要提醒学生揣摩实验改进的创新性, 锻炼学生的创新思维.

1.4 设计面目全非的“老问题”

设计新情境的“老问题”要抓住问题的内在联系和结构特征, 就是说此时设计的问题情境对于学生是陌生的, 但是这个新设计的问题与之前的问题存在内在联系. 下面通过例 4 的分析来解释.

【例 4】 一位科学研究者想要测量当地重力加速度, 可是找不到完全均匀的小球, 于是她为了进行实验, 只能找代替小球的物体, 用一个大小约为 5 cm, 外形不规则的大理石块来进行实验. 实验步骤如下:

A. 用细尼龙线将石块系好, 再固定住尼龙线的顶端

B. 用刻度尺测量尼龙线固定点到石块的长度 L 作为摆长

C. 将石块拉开一个大约 $\alpha = 30^\circ$ 的角度, 然后由静止释放

D. 摆球开始摆动时开始计时, 利用秒表记录一次全振动的时间, 即周期

E. 把尼龙线剪短, 然后接着做几次实验, 记下相应的摆长和周期

F. 计算多次测量的周期和摆长的平均值代入公式 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$, 求出重力加速度 g

(1) 这位研究者在实验步骤中有明显错误的是 _____ (填序号);

(2) 研究者在发现自己的不妥之处后, 参考例 3 改进了自己的实验: 先使尼龙线到石头长度为 L_0 , 测出其周期 T_1 ; 后使尼龙线到石头长度比原来伸长了 ΔL , 再测出摆的周期 T_2 . 那么, 重力加速度的值可以表示为 _____ (用 $T_1, T_2, \Delta L$ 表示).

解析: 经过在之前 3 道题目, 学生对于利用单摆测重力加速度的实验过程已经非常熟悉, 迁移解决(1) 对于学生并非难事, 但是这道题的形式却又是全新的, 可以说“面目全非”, 因为在整个实验情境上、表述上, 学生很难发现与之前问题的相关性, 在讲解题目时, 教师要引导学生联想例 1, 例 2 和例 3 的学习, 帮助学生发现几次学习之间的相关性、相似性, 有助于学生在这个新的情境下利用迁移解决问题. 回忆例 1 与例 2, 摆长是小球重心到悬点的长度, 即均匀小球的半径加线长, B 只考虑了线长, 明显错误. 回忆例 3 中提到的摆动角度必须小于 5° , C 却摆动了 30° , 故错误. 设置 F 项就是利用迁移帮助学生继续成长, 在测重力加速度的实验中, 每一次实验得到的每一组数据, 在组内是相关的, 用多次测得数据求平均值而忽略相关性就失去了物理科学的严谨思维. 所以, 题(1) 选择 B, D, F.

在(2) 中研究者改变了实验做法, 联想例 3 中的两次测量求 ΔL 的方案, 根据例 3 迁移解决本问如下.

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{L_0}{g}}$$

$$\Delta L = \frac{gT_2^2}{4\pi^2} - L_0$$

$$g = \frac{4\pi^2 \Delta L}{T_2^2 - T_1^2}$$

总之, 设计问题的环节中, 教师要注重问题的连续变化, 层层递进, 力求对同一知识的考查用多种情

境来呈现,使学生的思维与知识可以从熟悉的情境中逐渐剥离,最终适应新的情境.

2 从新问题中剖析原型问题逆向锻炼迁移思维

单单从原型问题顺向培养学生迁移思维是不够的,利用原型问题来剖析新问题也是重要的教学策略.当学生面对新情境中的问题,帮助他们找到原型问题与新问题的相关条件或相似条件,就可以利用原型问题迁移解决新问题.

【例5】图2所示为一种摆式摩擦因数测量仪,可测量轮胎与地面间的动摩擦因数,其主要部件有:底部固定有轮胎橡胶片的摆锤和连接摆锤的轻质细杆.摆锤的质量为 m ,细杆可绕轴在竖直平面内自由转动,摆锤重心到 O 点距离为 L .测量时,测量仪固定于水平地面,将摆锤从与 O 等高的位置处静止释放.摆锤到最低点附近时,橡胶片紧压地面擦过一小段距离 s ($s < L$),之后继续摆至与竖直方向成 θ 角的最高位置.若摆锤对地面的压力可视为大小为 F 的恒力,重力加速度为 g ,求:

- (1) 摆锤在上述过程中损失的机械能;
- (2) 在上述过程中摩擦力对摆锤所做的功;
- (3) 橡胶片与地面之间的动摩擦因数.

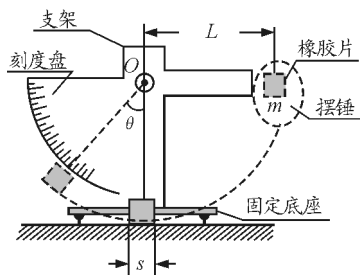


图2 摩擦因数测量仪

解析:本题出自2012年的重庆高考题,很多学生阅读文字之后会对陌生且复杂的摩擦因数测量仪感到束手无策.这时便需要引入原型问题,借助熟悉的问题迁移解决新问题,养成学生面对题中“高科技”能冷静分析出熟悉模型的习惯.

2.1 剖析物理问题的原型

进一步分析本题时,可以注意到本题最核心的机制就是单摆下落经过橡胶片摩擦消耗机械能,由此可以从一个复杂新问题中剖析出熟悉的单摆问

题,据此提出原型问题,借助原型问题的产生式迁移解决新问题.此题中引出原型问题例6.

【例6】如图3所示,一摆长为 L 的单摆从 A 点开始下落,在最低点与地面发生摩擦损失机械能,然后继续摆至与竖直方向成 θ 角的最高位置,该过程中单摆损失的机械能是多少?

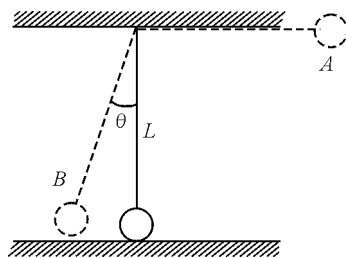


图3 单摆下落

解析:此题就是摩擦因数测量仪的原型问题,抛开无关干扰让学生直接尝试解决核心知识相关问题.整个运动过程,单摆经过摩擦而损失机械能, B 点时相比 A 点重力势能减少,整个过程机械能不守恒.由此选择解决方法,想到以下公式

$$mgL = mgL(1 - \cos \theta) + \Delta E$$

2.2 借助原型问题迁移解决新问题

将原型问题解决过程直接迁移到例5中,摆锤其实就是单摆的摆球,橡胶片只是为了增加摩擦效果,整个测量摩擦因数的过程其实就是例6中单摆的运动过程.经过这样的引入,学生可以很快掌握两题之间的相似性,掌握相同的产生式,不会再被复杂的“高科技”迷惑,直接利用机械能守恒解决例5中的问题.例5中的(2)、(3)问可以直接迁移小木块在粗糙面移动的问题来解决,过程略.

逆向培养学生迁移思维,就是依靠在新问题中剖析原型问题,借助原型问题与之相关性或相似性快速分析新的情境.这个过程的关键在于教师要注重挖掘学生头脑中的原型问题,将新问题由繁化简,并不断地训练这个过程,同时注重帮学生不断积累头脑中的原型问题数量.

3 结束语

总之,这种基于迁移的习题教学设计仅是为培养学生迁移思维的其中一种尝试,广大教师和研究

(下转第54页)



图4 水上飞行器

设喷口横截面积为 S , 喷流速度为 v , 水的密度为 ρ , 则 Δt 时间内水的动量变化

$$\Delta p = 2\rho S v^2 \Delta t$$

由动量定理, 反冲力 F 等于单位时间内喷射装置喷水的动量变化

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = 2\rho S v^2$$

由牛顿定律可知悬停在空中的人所受的合力为零

$$F = G$$

可知喷流速度

$$v = \sqrt{\frac{G}{2\rho S}}$$

设成年人体重为 70 kg , 喷射装置为 200 kg ^[3], 喷口横截面积为 $25\pi \text{ cm}^2$, 水的密度为 $1 \times 10^3 \text{ kg/cm}^3$, 则

$$v \approx 13 \text{ m/s}$$

3 总结

现代“神经美学之父”Semir Zeki 认为人类视觉

(上接第 51 页)

者应该本着“为迁移而教”的理念, 不断探索更多培养学生迁移思维的教学方法.

参考文献

- 1 John W. Santrock, Educational Psychology. 北京: 世界图书出版公司, 2007. 318
- 2 莫雷. 论学习迁移研究. 华东师范大学学报, 1997(6): 50 ~ 75
- 3 张华. 论核心素养的内涵. 全球教育展望, 2016(4): 10 ~ 24

系统的进化时间远远长于语言系统, 也许超过几百万年, 人的视觉系统比语言系统发达, 人们更能够记住图像而非语言文字, 所谓一副好图胜过一千句话, 图像的直观形象是语言文字无法比拟的, 它能够帮助人加深记忆, 将晦涩艰深的文字变得浅显易懂^[4]. 摄影与中学物理教学融合的益处是不言而喻的, 首先, 教学成本低, 《国家地理》网站有许多高品质的摄影作品可供使用; 其次, 教学效率高, 优秀的摄影作品能快速吸引学生的注意力, 学生能够在短时间内进入物理情境中, 实现高效学习; 最后, 增进师生感情, 摄影作品作为师生沟通的纽带, 在探讨作品的过程中, 双方情感交流, 促进师生关系和谐发展. 我们在云南边疆初中物理教学实践中, 将摄影作品的美引入到物理教学中, 让学生在赏析美的同时, 尝试解释物理现象、掌握物理原理, 教学实践表明, 对提高课堂的有效性非常有用, 易于在教学中推广使用.

参考文献

- 1 (英) 阿·热著. 可怕的对称——现代物理学中美的探索. 熊昆, 译. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1992. 17 ~ 18
- 2 <https://www.nationalgeographic.com/photography/photo-of-the-day/archive/>
- 3 <http://www.jyacht.com/use/pjyp/j0220126573.shtml>
- 4 Leonardo Colletti. Teaching the nature of physics through art: a new art of teaching. Physics Education, 2018, 53(1): 015004
- 4 李宝银. 学生必须掌握的思维方法. 物理教学, 2016(4): 34 ~ 36
- 5 郭玉英, 张玉峰, 姚建欣. 物理学科能力及其表现研究. 教育学报, 2016(8): 57 ~ 63
- 6 王文静. 促进学习迁移的策略研究. 教育科学, 2004(2): 26 ~ 29
- 7 莫雷. 论学习迁移研究. 华东师范大学学报, 1997(6): 50 ~ 75
- 8 Vitor Oliver. Measing g with a classroom pendulum using changes in the pendulum string length. Phys. Educ, 2016, (51): 10. 1088/0031-9120/51/6/063007