

物理实验习题变式教学培养学生创新思维

孙春成

(江阴市青阳中学,江苏 江阴 214401)

摘要:探讨了物理教学中培养学生创新思维的必要性,物理实验习题教学中培养学生创新思维的可行性,以及在物理实验习题教学中以培养学生创新思维为目的的变式教学策略——引导学生对实验数据进行批判质疑及修正、采用新方法处理实验数据、变换习题数据记录方式、对实验习题进行设问变式、对实验习题进行多解变式。

关键词:物理实验习题;变式教学;穿新思维

培养创新思维对学生高质量完成高中学业,在高考中取得更好的成绩大有帮助,也是为民族复兴培养更多具有创新思维的优秀人才,助力更多行业能够更进一步走在世界前列。新课标赋予了物理课程培养学生创新思维的使命,且物理学科特色也决定了在物理教学中可以挖掘素材培养学生创新思维。物理实验习题教学是物理教学中的重要一环,是物理实验教学的“最后一公里”,对学生理解实验原理,升华物理知识,提升认知水平起到重要作用,用好实验习题的可变性、多变性,对其育人价值进行挖潜,开展变式教学,可以实现对学生创新思维的培养。

1 物理教学中培养学生创新思维的必要性

改革开放 40 年国家发展进入新阶段,现在我国在很多领域已经处于世界前列,甚至是领先水平,民族复兴梦需要越来越多具有创新思维的优秀人才引领技术创新。各学段、各学科都应该为培养学生创新思维贡献力量,物理作为基础教育阶段非常重视思维的学科更是义不容辞。首先,物理学科追求思维,可以承担也应该承担提升学生思维品质,培养学生创新思维的任务。2017 年修订的普通高中物理新课程标准凝练了核心素养,指出科学思维“是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进行检验和修正,进而提出创造性见解的能力与品格”“主要包括质疑创新”“具有批判性思维的意识,能基于证据大胆质疑”“从不同角度思考问题,追求科技创新”^[1],可见课程标准赋予了物理培养学生创新思维的使命。其次,培养学生创新思维是学生能够顺利完成高中学业,能够进入更好的高等学校学习的前提。中国高考评价体系对高考试题命题提出了“一核”“四层”“四翼”的要

求,其中“四层”考查内容中的学科素养和关键能力都与创新思维密不可分,“四翼”考查要求中特别提出创新性。“四层”考查内容思维方法有一个二级指标为创新思维,“运用开放性、创新性的思维方式应对问题情境”,“提出新视角、新观点、新方法、新设想”,“创新性地解决生活实践或学习探索情境中的各种问题”。^[2]关键能力的思维认知能力群要求“能够灵活地、创造性地运用不同方法,发散地、逆向地解决问题”“能够将所学知识迁移到新情境,解决新问题,得出新结论”。考查要求的创新性提出“发散思维、逆向思维、批判性思维等思维品质是创新思维的重要特征”,要求“具备良好创新思维的学生能够摆脱思维定势的束缚,善于独立思考,大胆创新创造”。^[2]

无论是从国家发展、民族复兴的大局,还是学生个体成长的视角来看都应该培养学生创新思维。物理教学应该落实课程标准的理念、要求,发挥学科特色挖掘育人素材,培养学生的创新思维。一方面可以让学生在高中阶段更好完成学业,在高考中能够取得更好成绩,实现进入理想高等学校学习的梦想;另一方面也为国家培养更多具备创新意识、创新思维的人才贡献力量。

2 实验习题教学中培养学生创新思维的可行性

物理实验习题教学是高中物理教学的重要内容之一,可以夯实学生的知识基础,促进学生发展,落实立德树人育人目标。实验是物理教学夯实基础概念,促进学生升华知识理解的重要手段。如果实验开展扎实,对提升概念、规律、习题的教学效率大有帮助。实验完成后需要升华理解实验原理、实验步骤、数据处理等,除了撰写实验报告,还要通过一定数量的实验习题训练促进学生的理解,夯实知识基础。具备扎实的基础知识,才能敏

锐地发现新问题,找到新思路,才具备创新基础.

实验习题变式路径较多,可以对实验条件、方案、数据处理、器材、求解问题等进行变化,促进学生多角度、多层次理解知识,实现实验教学的深度学习.变式为学生灵活地、新颖地解决问题提供了范式.学生融会贯通地运用知识分析、解决具体情境中的问题,灵活地解决问题的能力才能得到提升.

3 对物理实验习题进行变式教学的策略

3.1 引导学生对实验数据进行批判质疑

批判是创新的基础和前提.只有不迷信权威、敢于质疑、敢于发表不同见解,才能实现想到新方法创造性解决问题.在实验习题教学中,有不少契机可以让学生树立不迷信权威、敢于质疑的意识,例如可以给学生示范对教材、教辅提出批判质疑,并进行修正.

(1) 对实验习题数据合理性的质疑.

实验应基于事实,数据设置应该符合实际,源于真实的学习探索情境或生活实践情境,避免胡编乱造,这本身也是渗透“尊重客观事实、实事求是,正确的世界观和方法论”的核心价值.然而有些实验题数据,可能是命题者为了让学生计算时方便,显得不够客观,一看就很假.例如,图 1 是小车拖纸带做匀变速直线运动打下的点,由图可知连续相等时间位移之差相等,都为 0.20 cm,分毫不差,高度怀疑是编造的数据.教学中在完成习题设问讲授后,让学生观察数据,引导学生对数据合理性提出疑问.真实的实验数据肯定有误差,过于“完美”反而不真实.

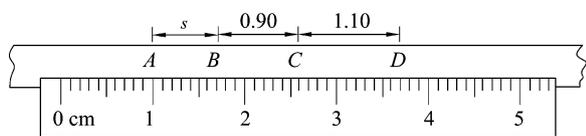


图 1

(2) 对实验习题数据自洽性的批判.

实验习题情境、数据应在符合客观实际的基础上自洽.自洽是物理学科逻辑严谨的要求,也是一道习题科学性的基本要求.实验习题中有时会出现所给数据不自洽,互相矛盾的情况.教学中引导学生发现实验习题数据不自洽,并分析数据为何不自洽,如何修改才自洽.这一过程培养了学生独立、批判、发散地思考问题的能力,培养了学生用直觉的、顿悟的、灵感的方法创造性地解决问题的能力.

粤教版教材有一课后习题如下.“在苏州园林

中,有不少亭台的设计非常巧妙,下雨时可以清晰地听到雨滴下落的滴答声.某同学据此借助高速摄像机设计了一个探究实验:雨滴自檐边由静止滴下,每隔 0.2 s 滴下一滴,第 1 滴落地时第 6 滴恰欲滴下,此时测得第 1、第 2、第 3、第 4 滴之间的距离依次为 1.62 m,1.26 m,0.90 m.假定落下的雨滴运动的动情况完全相同,则此时第 2 滴雨滴下落的速度为多少?(不考虑雨滴受到的空气阻力)”^[3]学生求解本题有如下两种解法.解法 1,依据自由落体运动公式得第 2 滴雨滴速度为 $v_2 = gt = 9.80 \times 0.8 \text{ m/s} = 7.84 \text{ m/s}$;解法 2,由“匀变速直线运动中间时刻的瞬时速度等于这段时间的平均速度”,可得 $v_2 = \frac{s_{12} + s_{23}}{2T} = 7.20 \text{ m/s}$.可见两种解法所得结果差异较大,将两种结果都给学生呈现出来,引发学生思考——这两种解法正确吗?为何两种解法所得结果不一致?经过师生探讨发现,利用题中“不考虑雨滴受到的空气阻力”条件,加速度为 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$,速度为 $v_2 = gt = 7.84 \text{ m/s}$,而利用题中雨滴之间的距离可得 $v_2 = 7.20 \text{ m/s}$,故而矛盾应该是“不考虑雨滴受到的空气阻力”与“雨滴之间距离数据”,数据不自洽.为了证实这一猜想,可引导学生利用题中所给雨滴之间距离求解加速度,具体求解有两种方法.方法 1,可由 $v_2 = gt_2$, v_2 取由雨滴距离数据计算所得结果,计算可得 $g = 9.00 \text{ m/s}^2$;方法 2,可由 $\Delta s = gT^2$ 计算, $\Delta s = 1.26 \text{ m} - 0.90 \text{ m} = 0.36 \text{ m}$,可得 $g = 9.00 \text{ m/s}^2$.让学生查阅资料可知上海、苏州几乎在同一纬度,海拔差异也不大,两地重力加速度几乎一样,应为 9.794 m/s^2 ,与题中数据计算结果差异较大.故而,题中数据不自洽,雨滴之间距离应该修正.最后,让学生依据所学的自由落体运动公式计算后给出第 1、第 2、第 3、第 4 滴之间的距离.计算后学生给出上述距离理论上应为 1.76 cm、1.37 cm、0.78 cm.

3.2 采用新方法处理实验数据的方法

处理实验数据本质是促进学生理解实验原理,升华认知结构.变换实验数据处理是促进学生迁移运用所学知识、方法的重要策略.每一个实验都有一些比较经典的实验数据处理方法,这些经典的方法往往也是学生在考试、实验题训练中常见的,过多的按照经典方法处理数据、分析问题,学生容易陷入思维定势,不利于学生创新思维的发展.在实验习题教学中,有必要适时变换处理数据的方法,以拓展学生的视野,让学生感受不同方

法的差异,激活学生思维,给学生提供创造性解决问题的范例。

求解匀变速直线运动加速度时,一般利用刻度尺测量出相邻相等时间内的位移,依据 $\Delta s = aT^2$,利用逐差法求解,或者求出纸带上各计数点之间的瞬时速度后作出 $v-t$ 图像求斜率即可得到加速度。在测量匀变速直线运动加速度实验习题教学中,在完成逐差法、图像法这两种核心方法后,有必要呈现如下习题变换数据处理方法,拓展学生视野,巩固加速度定义式。

习题. 某学生用打点计时器测量做匀加速直线运动物体的加速度,电源频率 $f=50\text{ Hz}$,选取零点,每隔 4 个点取 1 个计数点, A、B、C、D 是依次排列的 4 个计数点,如图 2 所示。因纸带被污染,仅能读出其中 3 个计数点到零点的距离 s_A 、 s_B 、 s_D , 加速度大小为 _____ (用 s_A 、 s_B 、 s_D 和 f 表示)。

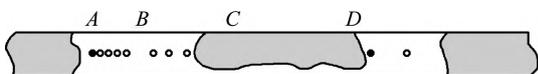


图 2

本题中如果用逐差法所得结果为 $a = \frac{s_D - 2s_B}{4T^2}$, 其中 $T = \frac{5}{f}$, 显然不符合题意。需要在纸带上选择一段运动能够在表述加速度时包含 s_A 、 s_B 、 s_D 。经过分析只能选择计数点 A、B 中间时刻到打下计算点 C 时的运动, 则这段运动初速度为 $v = \frac{s_B - s_A}{2T}$, 末速度为 $v_C = \frac{s_D - s_B}{2T}$, 由加速度定义式有 $a = \frac{v_C - v}{\frac{3}{2}T} = \frac{2(v_C - v)}{3T} = \frac{(s_D - 3s_B + 2s_A)f^2}{75}$ 。

3.3 变换习题数据记录方式

实验数据的记录方式,会影响学生分析问题的思路,会对学生处理数据产生影响。要学生能够灵活地、敏锐地解决问题,也需要掌握多种数据记录方式,明白不同方式之间的差异,掌握记录数据的本质。这一方面是为了破除学生的思维定式,其次也是为了开阔学生的思路,培养学生的洞察力和思维的敏捷性。

测量匀变速直线运动的加速度实验记录纸带信息一般采用图 1 的方式,除了这一记录方式还有如下两种可行的方式。

方式 1. 如图 3, A、B、C、D、E 为相邻计数点,相邻计数点间的时间间隔 $T=0.1\text{ s}$, 测量 B、C、D、E 到 A 的距离。

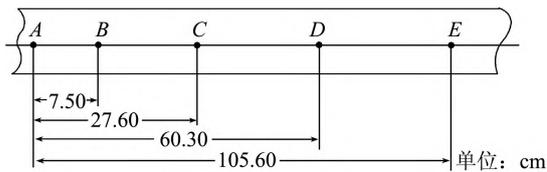


图 3

方法 2. 将纸带每 5 个点剪下一段, 每一段纸带一端与 x 轴相重合, 左边与 y 轴平行贴在坐标系中, 如图 4 所示。

3.4 对实验习题进行设问变式

设问不仅是给学生提出了解决问题的目标,更是引导学生思考,为学生思维提供方向。物理习题教学应“注重提问品质,引导学生深度思考”,^[4] 追求优质设问引领学生思考,促进学生思维品质提升,使得思维更灵活、深刻、敏捷、严谨。注重提问品质除了设问要能够问到关键之处、问到学生易错之处,还需要依据学生学习实际,进行横向拓宽设问,纵向拓深追问促进学生对实验的理解,以期学生透彻掌握实验本质,能够应付灵活多变的实验情境,能够灵活地、创造性地解决实验探究中的问题。

以测量匀变速直线运动加速度的实验为例,更多的要求学生求解中间某一计数点的瞬时速度、利用逐差法或图像法求解加速度。以图 3 为例,解决原题中设计的典型问题后,可以给学生设计如下结构不良问题。具体为:假设实验中 C 点不清晰,只测量了 AB、DE 距离分别计为 s_1 、 s_4 , 如图 5 所示,求加速度;求打下 C 点时纸带的速度;求打下 A、B、D、E 点时的纸带速度。

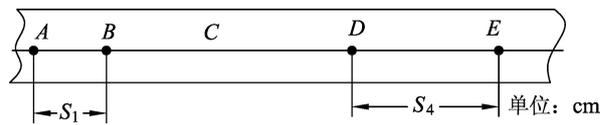


图 5

本题求解加速度比较常规学生一般都能由 $\Delta s = aT^2$ 得到正确结果 $a = \frac{s_4 - s_1}{3T^2}$, 但求解 C、A、B、D、E 的速度不少初学者会陷入迷茫,不知所措。学生遇到最多、处理最多的是依据“中间时刻瞬时速度等于这一段时间内的平均速度”,显然本题无法知道“这一段时间的位移”或者打下该点瞬间不是任何一段时间的中间时刻,故而 C、A、B、

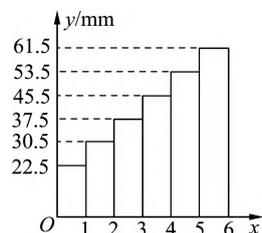


图 4

D、E 各点瞬时速度都不能利用这一方法直接求解。设 BC、CD 距离分别为 s_2 、 s_3 ，学生由已掌握的知识和处理数据方法有 $v_C = \frac{s_2 + s_3}{2T}$ ，引导学生将为 s_2 、 s_3 转化为已知 s_1 、 s_4 ，则有 $s_2 = s_1 + \Delta s$ ， $s_3 = s_4 - \Delta s$ ，得到 $s_2 + s_3 = s_1 + s_4$ ， $v_C = \frac{s_1 + s_4}{2T}$ ，顺利解决学生思路卡壳问题。求解 A、E 两个“边缘点”瞬时速度，由于无法找打这两个点时刻是哪一段时间的中间时刻，故应该放弃以前实验中求解瞬时速度的一般思路，另辟蹊径，利用匀变速直线运动速度公式求解，以 A 到 C 运动为研究过程，有 $v_C = v_A + a \cdot 2T$ 即可求解。同理有 $v_B = v_C - a \cdot T$ ， $v_D = v_C + a \cdot T$ ， $v_E = v_C + a \cdot 2T$ 。

3.5 对实验习题进行多解变式

物理教学中引导学生探寻多解，是学生从不同视角、不同侧面、不同层次对物理实验进行多维度深刻认识的过程，也是让学生掌握实验原理与方法必须要经历的过程和重要途径。学生透彻理解原理、掌握方法，才能灵活运用，才能实现迁移，才能灵活、敏锐、富有创见地发现新问题，想到新方法解决问题。很多物理实验题比较灵活，有多种解法，引导学生进行多解探索，可以拓宽学生视野，同时拓深学生思路，有利于学生生成创新意识、创新思维。

以图 5 中求加速度和各点速度为例，除了上述方法还可以引导学生按照如下策略求解。首先，求解加速度。根据学生已有知识“中间时刻瞬时速度等于这段时间平均速度”，设 AB、DE 中间时刻速度分别为 v_1 和 v_2 ，则有 $v_1 = \frac{s_1}{T}$ ， $v_2 = \frac{s_4}{T}$ ，由加速度定义式有

$a = \frac{v_2 - v_1}{3T} = \frac{s_4 - s_1}{3T^2}$ ；其次，依据匀变速直线运动速度公式，选择合适的运动过程即可求解相应速度，以求打下 C 点时速度为例， $v_C = v_1 + a \cdot \frac{3}{2}T = \frac{s_4 + s_1}{2T}$ ，同理可得打下其它点时纸带的速度。

4 结语

培养创新思维能让学生能更好完成高中学业，有更多机会进入更好的高等学校深造、走好人生路，也是为社会培养更多创新人才，服务民族复兴。实验习题由于器材、原理、数据处理方法、数据记录方式等灵活多变，是培养学生思维灵活性、发散性、敏捷性、缜密性、批判性的优质资源，用好实验习题育人价值可以提高学生思维品质，实现学生创新思维的培养，促进学生全面发展，达成立德树人目标。物理教师要能意识到物理教学中培养学生创新思维的重要性和可行性，将培养学生创新思维摆在重要位置，认识到其是培养德智体美劳全面发展的人的重要一环，善于把握契机、挖掘教学资源的育人价值，充分发展学生思维品质，实现创新思维的培育。

参考文献：

- 1 中华人民共和国教育部制定. 普通高中物理课程标准(2017 年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018:5,6.
- 2 教育部考试中心制定. 中国高考评价体系[S]. 北京:人民教育出版社,2018:16,22,31,32.
- 3 熊建文主编. 普通高中教科书物理必修第一册[M]. 广州:广东教育出版社,2019:51.
- 4 马红蕾.“超重和失重”课堂教学的反思与建议[J],中学物理教学参考,2021,50(05):38.

(收稿日期:2021-12-07)

(上接第 21 页)

探究,将理论知识与实际操作紧密结合,以科学为“基石”,使每一个操作都严密科学、有据可循。

2 小结

STEM 教育中 4 门学科的教学必须紧密相连,以整合的教学方式培养学生掌握知识和技能,并能进行灵活迁移应用于解决真实世界的问题。^[4]类似于探究性学习,STEM 教育同样倾向于建设以学生为主体的物理课堂,使学生在学的过程中完成知识的自我建构,形成完整的知识网络。STEM 教育中学生活动的自主性、探究性、互动性为学科教学方式的转型提供借鉴,STEM 教育是落实学科核心素养的一条有效途径。^[5]当学生遇到实际问题情境时,可以提出合理而创新的解决方法,切实体验各学科融

合所迸发的创新火花。

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(2017 年版)[S]. 北京:人民教育出版社,2018.
- 2 丁杰,蔡苏,江丰光,余胜泉. 科学、技术、工程与数学教育创新与跨学科研究——第二届 STEM 国际教育大会述评[J]. 开放教育研究,2013(19):41-48.
- 3 王如君. 美国“STEM 教育”注重全面发展[EB/OL]. <http://edu.people.com.cn/GB/n1/2017/1107/c1053-29631236.html>,2017-11-7.
- 4 余胜泉,胡翔. STEM 教育理念与跨学科整合模式[J]. 开放教育研究,2015,21(14):13-21.
- 5 谢丽,李春密. 体现 STEM 理念的高中物理教学研究与实践[J]. 物理教学,2019(3):6-8.

(收稿日期:2021-07-28)