

通过原始物理问题提升核心素养的教学策略

何述平 杨英恺

(西北师范大学教育学院物理教育研究所 甘肃 兰州 730070)

(收稿日期:2020-11-20)

摘 要:普通高中物理课程标准给出了通过实际问题的解决促进物理核心素养达成的实施建议.实际问题多为原始物理问题,对提升学生的物理核心素养具有重要价值.通过 3 个原始物理问题的解决,从“科学思维”和“科学探究”两个维度,探讨了通过解决原始物理问题提升学生物理核心素养的教学策略,即抽象-联想策略、方法多元策略、问题转化与实验探究策略.为一线教师通过解决原始问题达成物理核心素养提供借鉴.

关键词:核心素养 原始问题 模型建构 教学策略

1 引言

普通高中物理课程标准指出,生产生活中有很多能生成有价值科学探究问题的情境,而问题解决

可以使学生在科学思维、探究能力、实践意识、科学态度等方面得到有效提升,教师应鼓励并引导学生基于物理学科核心素养解决生活中的物理问题^[1].物理问题可以分为原始物理问题和模型物理问

Research on the Quality Assurance System of School – based Evaluation of Academic Level of International School ——Taking the SACE International Course as an Example

Xie Wendong

(Suzhou Education Quality Monitoring Center , Suzhou , Jiangsu 215000)

Rui Longfei

(Qianhuang International Middle School, Changzhou, Jiangsu 213000)

Zhao Lixia

(National Center for School Curriculum and Textbook Development, Ministry Education, Beijing 100029)

Abstract:International high schools in China have accumulated relatively mature experience in carrying out “school – based” student academic evaluation. Some of these practices,such as the “school – based student evaluation concept,evaluation mechanism that combines internal evaluations and external assessments,quality assurance system of school – based evaluation and so on”,have certain reference significance for solving the problem of student evaluation under the model of “New National College Entrance Examination”. The school – based quality assurance system of SACE International Course directly aims to provide students with opportunities to prove that their studies have reached the highest level,not the competitiveness among students.It has advantages in maintaining the fairness and authenticity of daily evaluation of students’ academic performance.

Key words:SACE international course; school – based student evaluation;quality assurance system

题. 原始物理问题是采用文字叙述方式呈现的科学现象,也可以理解为自然界和社会生活中真实存在的物理现象和过程^[2];模型物理问题是在描述物理现象、过程的基础上,经过物理模型建构而简化后的物理问题. 解决原始问题需要经历物理模型建构的创造性过程;在一定条件下,原始问题亦具有转化为学生探究实验的可能性. 相比模型问题,解决原始问题在提升学生的核心素养上具备更加丰富的教育价值.

那么,如何通过解决原始物理问题提升学生核心素养? 就此提炼出了通过原始问题提升学生核心素养的教学策略,为一线教师通过解决原始问题提升核心素养提供实例与借鉴.

2 解决原始物理问题与提升核心素养的关系

学生拿到一个原始问题,需要先根据题目的描

述,在头脑中对研究对象相关的物理现象和过程进行再现. 在此基础上,学生借助一定的物理知识、方法,建立理想化的物理模型,将原始问题简化为模型问题. 在确定了物理模型之后,就可以选用相关的物理概念、规律列出方程,将模型物理问题转化为数学问题计算求解,得出问题的结论. 最后,解决原始问题之后还需要进行反思或讨论,一般需要考虑建立的物理模型是否恰当、建立的模型是否唯一、解决问题使用了哪些物理方法、选用的物理规律是否合理、所得的结论与事实是否相符等. 在原始问题的解决过程中,学生的思维会得到锻炼与提升;而转化为探究实验的原始物理问题,可以引导学生在实验探究中,提升科学探究的素养. 总之,学生解决原始问题的过程中,蕴含着提升核心素养的可行之道,如图 1 所示.

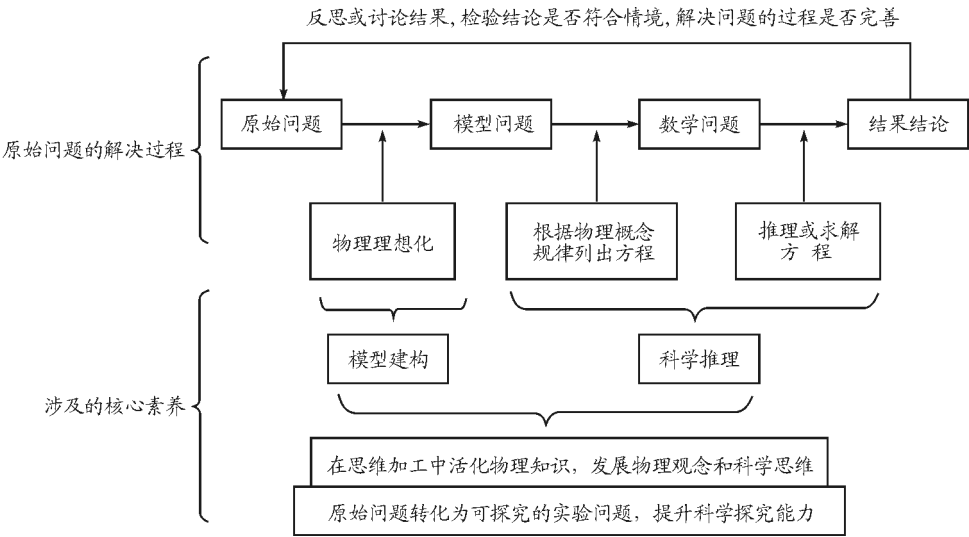


图 1 解决原始问题的一般过程与提升核心素养的关系

3 通过解决原始问题提升核心素养的教学策略

3.1 提升科学思维的教学策略

学生解决原始问题的过程中,需要逻辑思维和非逻辑思维的共同参与,原始问题的解决过程亦能够更好地促进学生科学思维的发展^[3]. 课标指出,模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新是构成科学思维的主要成分^[1]. 其中,模型建构是解决原始问题

的关键环节,科学推理在原始问题的解决过程中亦有所呈现.

3.1.1 提升建模方法的教学策略 —— 抽象-联想策略

解决原始问题最关键的步骤是建立物理模型,这一过程蕴含发展学生科学思维的必要条件,也是大部分学生十分薄弱的环节. 在原始问题教学中重点培养学生的建模方法,发展学生的建模能力,是提升学生核心素养的迫切需求.

学生在日常的物理学习中,认识了不少理想化的物理模型,如质点、刚体、试探电荷、理想气体等.学生在课后接触的物理问题大多数都是模型物理问题,给定了模型和需要的数据.而一旦习惯了解决模型问题的学生尝试解决原始问题,就会面临无法建模和数据不足的窘境.相比模型问题,原始问题的数据隐藏在对现象的描述之中.

培养学生的建模方法,提高学生的建模能力,需要引导学生在物理现象的基础上抽象出问题的本质,联想所学的理想化模型,然后“定义”所需数据的基础上完成模型的建构.

【例 1】如图 2 所示,白球撞击一号球后,一号球进入洞中,求碰撞后一号球的速度大小.

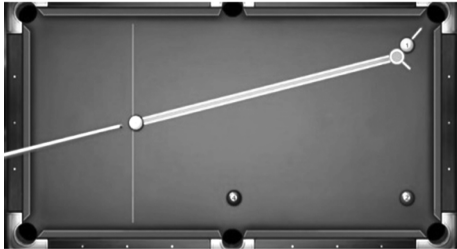


图 2 台球碰撞

在上述原始物理问题中,学生只知道白球和一号球的初始位置及碰撞后两球的运动方向,其他条件一概不知.要想根据文字和图片描述的现象和过程建立模型,首先应思考碰撞前后两球的运动状态,根据运动状态考虑如何简化物理现象、建立物理模型.

以下是某位学生解决这一问题的建模思路.
忽略摩擦.
白球运动——匀速直线运动.

分析过程:
台球碰撞矢量图如图 3 所示,测量可知,碰撞后两球运动方向垂直,且碰撞后一号球运动方向与碰撞前白球运动方向成 150° 夹角.

碰撞前后,两球组成的系统动量守恒,可作出相应的平行四边形.

物理规律:
$$mv_0 = mv_1 + mv_2$$

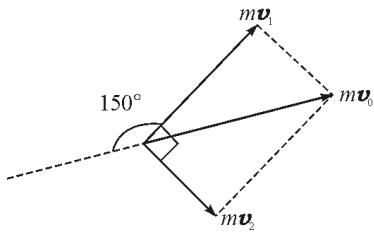


图 3 台球碰撞矢量图

球杆击球的平均冲力约 140 N ,作用时间约 0.1 s ,雅乐美斯诺克台球的质量约为 140 g ,由动量定理可估算出白球的速度大小约

$$v_0 = \frac{Ft}{m} = 10\text{ m/s}$$

由几何关系可得

$$v_1 = v \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} v \approx 8.66\text{ m/s}$$

上述原始问题并未说明台球碰撞前后做什么运动,但该学生在建模中忽略了球和桌面的摩擦力,将两球的碰撞简化为完全弹性碰撞,完成了物理模型的建构.实际上,培养建模方法应引导学生将原始问题抽象简化,并与对应的理想化物理模型联系起来,完成模型的建构.在教学中,鼓励学生仔细观察生活中的物理现象,为建模奠定常识基础^[4].在此基础上,利用抽象-联想策略培养学生的建模方法,将帮助学生在模型建构中逐步促成科学思维的完善.

3.1.2 提升科学推理方法的策略——方法多元策略

目前,中学生接触的物理问题多为模型物理问题.由于限定了理想化的物理模型,给定了参量的具体数值,大部分模型物理问题都具有唯一的标准答案.而原始问题却没有固定的标准答案,对于同一原始问题,不同学生可能会建立不同的模型,所选用的物理规律和所求得的结果也可能存在差异.教学中应当允许学生建立不同的模型,建立模型的不同体现了学生科学推理方法的不同,也是学生思维存在差异的体现.只有尊重不同学生思维的差异,才能打破标准答案的桎梏,帮助学生养成创新意识,开拓科学推理的思路,进而提升学生的核心素养.

【例 2】如图 4 所示,篮球从篮筐处由静止开始下落,估算篮球开始落地到速度为零所用的时间.



图4 篮球落地

以下是两位学生针对这一问题的解决过程.

同学甲的解决过程如下.

忽略空气阻力.

分析过程:

篮球距离地面的高度约为 3 m.

运动情况:自由落体运动.

物理规律:

$$h=\frac{1}{2}gt^2$$

落地时间

$$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}\text{ s}=\sqrt{\frac{2\times 3}{10}}\text{ s}\approx 1.73\text{ s}$$

同学乙的解决过程如下.

忽略空气阻力,球与地面碰撞损失动能,先弹起后下落,弹起 4 次,动能损失 5 次.

分析过程:

篮球距离地面的高度约为 3 m.

运动情况:先做自由落体运动,然后被弹起 4 次,动能损失 5 次,每次损失的动能相同,直到速度为零第一次落地所用时间

$$t_1=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\times 3}{10}}\text{ s}\approx 1.73\text{ s}$$

第一次落地的速度

$$v_1=\sqrt{2gh}=2\sqrt{15}\text{ m/s}\approx 7.75\text{ m/s}$$

每次碰撞损失速度大小

$$\Delta v=1.55\text{ m/s}$$

第 n 次碰撞速度

$$v_n=(7.75-1.55n)\text{ m/s}$$

第 n 次碰撞后到再次落地所用时间

$$t_n=\frac{2v_n}{g}$$

开始落地到速度为零所用时间

$$t=t_1+t_2+t_3+t_4+t_5=4.83\text{ s}$$

可以发现,甲同学在建模时忽略了球与地面的碰撞,建立了篮球做自由落体运动的模型;而乙同学则将碰撞的情况进行了考虑,建立了更为复杂的碰撞模型.显然,甲同学建立的物理模型较为简洁,但与实际的物理现象存在出入;而乙同学建立的物理模型更加精确,更符合物理事实.尽管不同学生对于同一问题建立的模型不同,但在建立物理模型的过程中都是学生运用所学知识、提炼物理观念的创造性过程.对于不同的问题解决过程,我们应跳出“标准答案”的桎梏,尊重学生思维的差异,提升学生科学推理的能力.只有这样,才能看到学生在问题解决过程中的“百花齐放”,从而有针对性地促使学生核心素养的形成与提升.

模型建构是提升科学思维的关键,通过抽象-联想策略培养学生的建模方法,通过方法多元策略开拓学生思路,培养学生科学推理的方法,对学生科学思维的形成与提升具有很大的帮助,如图 5 所示.

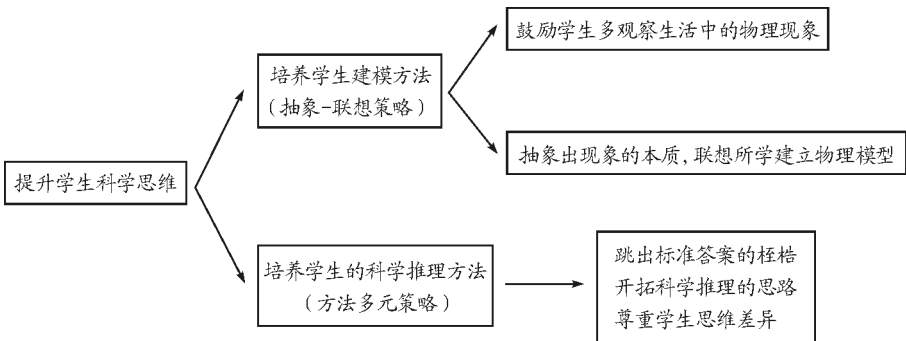


图5 问题解决中学生科学思维的提升

3.2 提升科学探究素养的教学策略——问题转化与实验探究策略

课标指出,科学探究是一个过程,同时也是一种关键能力,包括问题、证据、解释、交流 4 个要素^[1]. 要想通过原始物理问题提升科学探究素养,可以将原始问题对物理现象、过程的表征转化为学生可探究的实验问题,在探究中学生会逐步形成问题、证据、解释、交流的意识.

将原始物理问题转化为可探究的实验问题,学生能切实观察问题表征的物理现象、过程,有助于学生问题意识的形成. 在探究中,学生可以提升设计实验方案和获取证据的能力. 在分析物理现象成因、数据处理、小组讨论交流的过程中,学生解释现象、交流合作的能力也能得到锻炼. 因此,提出问题转化与实验探究策略,学生在探究实验问题的过程中,可以促进理论与实践的对接,提升学生的科学探究素养.

【例 3】思考如何利用自由落体运动估测当地的重力加速度.

这一问题很大程度考验了学生对所学物理知识的理解和运用,学生需要自己设计利用自由落体运动的规律测量重力加速度的方案,然后进行实验、处理数据,最终求出重力加速度. 在实践活动中,这一原始问题能转化为可探究的实验问题. 问题中没有给到的数据可以在实验中获取,学生根据自己设计的方案,自制或选择实验设备、记录并处理实验数据,最终得出探究的结果.

高一年级某组同学探究过程如下.
忽略空气阻力.

呈现分析和解决问题的过程.

实验思路:利用手机拍摄小球下落的高帧视频,并借助计算机软件得到小球下落的频闪照片,利用匀变速直线运动的规律结合物理实验中数据处理的方法即可求出重力加速度的大小.

实验过程:(1) 学生将黑布和刻度尺固定在竖直墙面上,固定手机后打开水平仪使手机保持竖直. 打开相机,将拍摄的品质调整为“4 k,60 帧”且按下拍摄按钮.

(2) 在刻度尺为“0”的位置使小球开始自由下落,待小球落地后结束拍摄.

(3) 在 PC 上用 PotPlayer 视频播放软件打开手机录制好的视频,定位到小球即将开始下落的时刻并暂停,点击右键后点击“视频 → 图像截取 → 连续截图”,如图 6 所示. 截图设置为“截图数为 60”“按帧间隔”,设置截图保存的文件夹. 设置完成后,继续播放视频,即可截取 60 张连续的图片至所设置的文件夹.

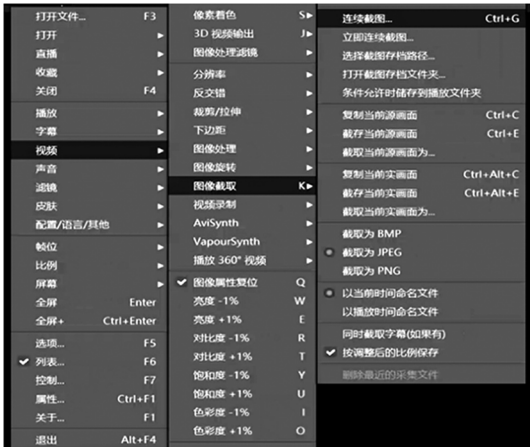


图 6 利用 Potplayer 进行连续截图

(4) 以 $T=0.10\text{ s}$ 为时间间隔,选取与小球下落相关的、清晰的 6 张帧图. 在小球高速运动时,会产生严重的虚化现象,此时需利用 Photoshop 对小球进行颜色喷涂,读数时应以小球的末端对准标尺刻度线,并将逐帧照片合成为“频闪”照片^[5],如图 7 所示.

(5) 记录玻璃弹珠下落的频闪点 n 、下落时间 t_n 以及对应的下落高度 h_n ,如表 1 所示.

(6) 打开 Excel,取时间的平方 t^2 为横轴(单位 10^{-2} s^2),下落高度 h 为纵轴(单位 cm),建立平面直角坐标系,画出 $h-t^2$ 图像,如图 8 所示. 并对图像进行拟合^[6]. 由拟合函数可得斜率 $k=\frac{1}{2}g$,即重力加速度的测量值为 9.441 2 m/s^2 ,与兰州市重力加速度的理论值 9.797 9 m/s^2 进行对比,相对误差为

$$\delta = \frac{|g_{\text{测}} - g_{\text{标}}|}{g_{\text{标}}} = \frac{|9.441\text{ 2} - 9.797\text{ 9}|}{9.797\text{ 9}} = 3.6\%$$

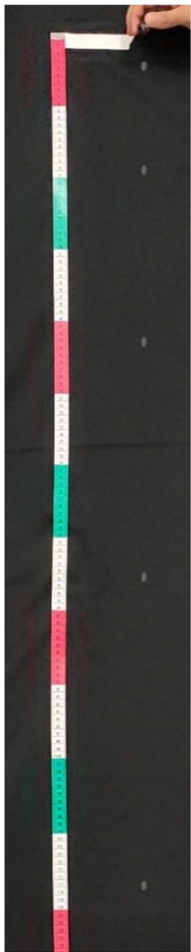


图7 小球下落的频闪照片

表1 小球下落高度与对应时刻

n	0	1	2	3	4	5
t_n/s	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50
$t_n^2/(10^{-2}\text{ s}^2)$	0.00	1.00	4.00	9.00	16.00	25.00
h_n/cm	0.0	5.0	19.0	43.0	76.0	117.5

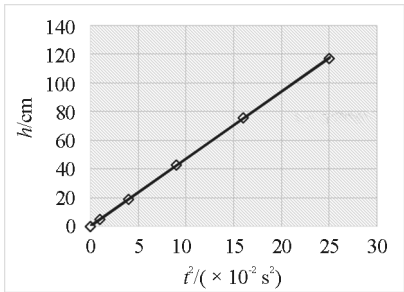


图8 下落高度与时间平方的关系图像

上述实践活动,不仅能加深学生对自由落体原理的认识,亦能提升学生的实验操作能力和规范处理数据的能力。学生根据所给原始问题,经历了理解

原始问题、制订实验方案、进行实验、数据处理、交流合作五大步骤,呈现了科学探究中的问题、证据、解释、交流4个要素。因此,组织学生针对某一原始问题,设计探究实验,在实验中尝试真正解决这一原始问题,有助于提升学生的科学探究素养,如图9所示。

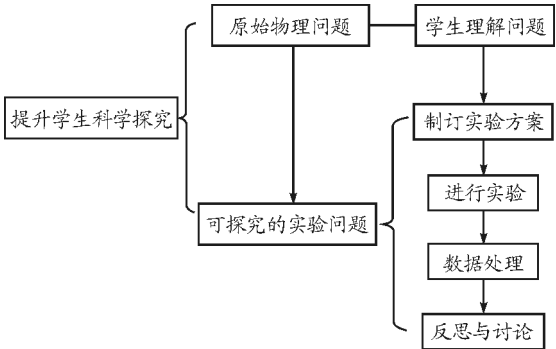


图9 问题解决中学生科学探究素养的提升

4 结束语

探讨了解决原始问题和提升核心素养的关系,原始物理问题教学应以提升学生的物理核心素养为目标。提出了通过解决原始物理问题提升核心素养的教学策略,以期为一线教师在物理问题教学提供实例与借鉴;注重学生模型建构和科学推理方法的培养;必要时,亦可将原始问题转化为可探究的实验问题,创设学生进行科学探究的具体情境。学生应用所学的物理知识解决实际问题,经历问题解决的探究式过程,可以对核心素养的提升起到重要作用。

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[S]. 北京:人民教育出版社,2018. 54 ~ 55,5

2 邢红军,陈清梅. 从习题到原始问题:科学教育方式的重要变革[J]. 课程·教材·教法,2006,26(1):56 ~ 60

3 臧富华,邢红军. 原始物理问题教学——发展学生核心素养的新途径[J]. 物理通报,2019(5):2 ~ 6

4 陈辉. 剖析原始物理问题 培养物理建模能力[J]. 物理教学,2018,40(10):5 ~ 8

5 李俊. 巧用手机探究自由落体运动规律[J]. 实验教学与仪器,2020,37(6):43 ~ 45

6 何述平. 图像法处理打点纸带的研究[J]. 物理教师,2013,34(1):57 ~ 60