

指向深度学习的“重心”概念 教学策略研究和实践

黄 晶 (浙江省杭州学军中学 浙江 310032)

摘 要 本文以高中物理“重心”的概念教学为例进行了“促使高中物理深度学习发生和进行”的教学策略研究和实践。

关键词 重心概念 深度学习 高阶思维 核心素养

文章编号 1002-0748(2022)11-0015

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

深度学习强调基于理解的学习、主动地建构知识、高阶地批判性思维、有效地知识迁移和复杂性真实问题的解决^[1]。指向深度学习的物理教学需要教师运用“创设物理情境、设计层进问题链、引发教学深度对话、借助反思评价、推进拓展性实践”等教学策略促进深度学习的发生、持续和深化。

1 创设物理情境 诱思引探质疑创新

物理情境是深度学习发生的客观条件,也是高阶思维发生的前提。教师的工作应当是在充分了解学生原有认知水平的基础上,依据学生的认知基础创设合理、生动、趣味的物理教学情境,促使学生暴露前概念、产生质疑、生成问题、提出假设、分析论证、引发对话,同时提供其他丰富例证使学生产生概括与迁移。

1.1 回忆童话故事 暴露前概念

在重心概念课前,教师可以利用创设学生从小熟悉的“猪八戒踩西瓜皮摔跤”故事情境,暴露学生关于“重心”的前概念,让新旧经验之间发生双向的相互作用,引导学生深度参与学习,为概念转化做好铺垫,教学过程如图 1 所示。

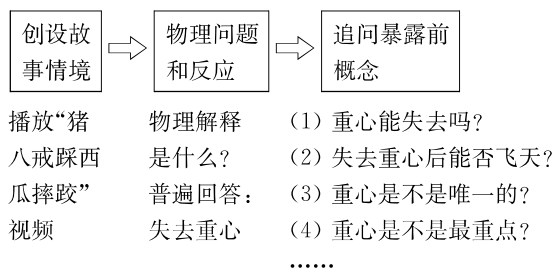
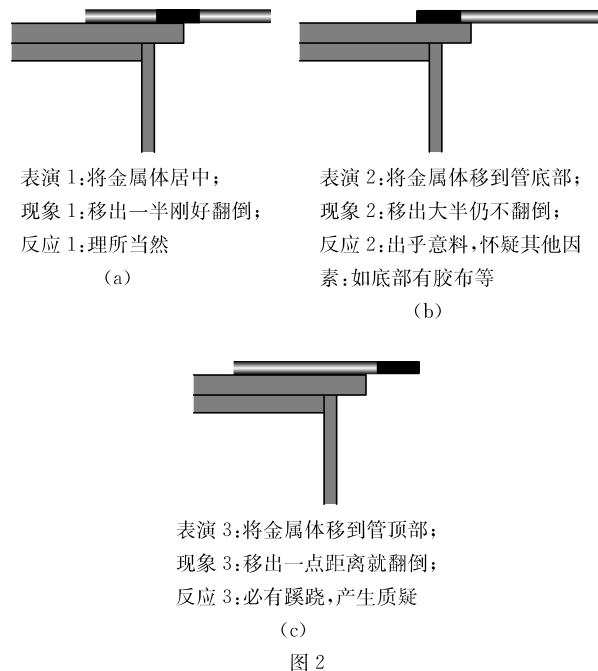


图 1

1.2 表演科学魔术 引发认知冲突

教师可以通过表演科学魔术让学生已有的认知结构与新的外在信息产生认知冲突,激活学生强烈

的学习动机,激发导向成功的学习热情,促使其原有认知结构发生调整或变化。具体可以分步骤表演科学魔术,诱发质疑、批判等高阶思维的发生。如图 2 所示,魔术器材是用细小的钷磁铁将金属圆柱体吸附在塑料管里面,通过移动管外的钷磁铁可以很方便将金属圆柱体移到塑料管内任何位置。



1.3 勘察事故真相 确定探究主题

在学生掌握“均质规则物体重心在几何中心”这一特点后,教师可以创设如图 3 所示的交通事故图片情境,制造悬念、引发讨论,促使学生进入情绪高昂和智力振奋的内心状态。在充分的对话交流后出示如图 4 所示的事故真相,引导学生聚焦下一步探究主题“质量分布不均匀的物体,重心的位置跟物体内质量的分布有关”,推动深度学习的进行。



图 3



图 4

1.4 解释“不倒翁表演”原理 渗透 STSE 理念
在讲解了重心和稳度等相关知识后,教师可以创设“大唐不夜城不倒翁表演”社会热点情境(如图 5 所示),解释其物理原理,引导学生认识“科学、技术、社会和环境(STSE)”间的关系。



图 5



图 6

1.5 探究方轮小车奥秘 培养科学态度和责任
在“重心概念”探究完成之后,教师可以创设“方轮自行车”拓展情境(如图 6 所示),将探究的内容和范围由课内延伸到课外,注重合作探究过程的经历体验和知识的拓展性生成,追求知识运用的实践创新,培养学生探索自然的勇气和内在动力,形成严谨认真、实事求是和持之以恒的科学态度。

2 设计层进问题链 基于体验主动建构

深度学习重视“活动与体验”,教师需要根据学生思维发展规律精心设计有序的学习活动,让学生积极参与实验设计、实验探究过程,注重学生视觉、听觉和触觉等全身心的体验,促进深度学习的进行。例如教师设计层进的“问题链”和相应的“实验体验”让学生经历“重心”概念特征分析、概括的过程,理解“等效”的思想,引导学生学思结合,学会把问题探究结果转化为合理的知识结构,实现知识的连续建构。

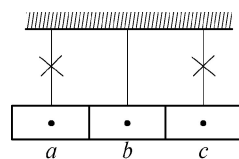


图 7

问题 1:一块均质木块重心在哪里? 学生答:在几何中心。

实验探究 1:在重心处用支点支起或者用细线挂起。

问题 2:出示三块同样的均质木块,用双面胶粘合成整体,如图 7 所示,整体的重心在哪里? 学生答:在几何中心 b 处。

实验探究 2:将左右两细线去除,只留中间细线。

问题 3:木块整体的重力是否只作用在 b 处? 将木杆分割成无限多段,每小段都受到重力吗?

实验探究 3:将 6 块木块用双面胶粘合成木棒。分组把木棒分成“4+2、3+3、1+5”组合研究重心位置,探究环节如图 8 所示。

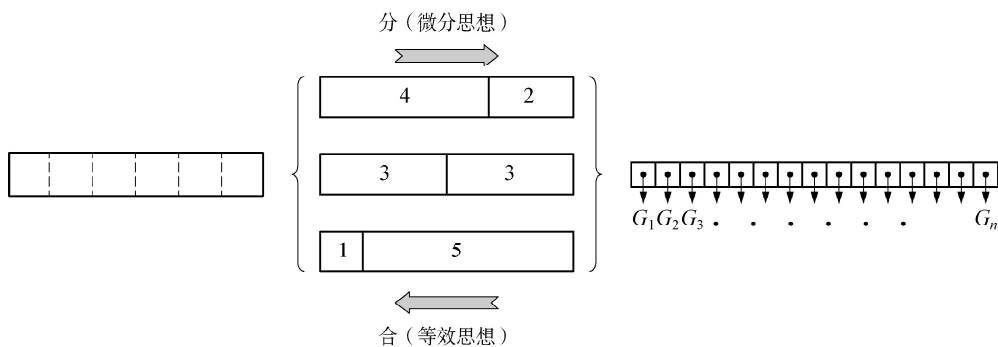


图 8

实验结论:木棒各处受到重力和集中在某一点效果相同,这一点就叫做重心。重心是具有等效意义的重力作用点,而不是真实的重力作用点。

问题 4:其他均质规则(如长方形和正方形)物体的重心是否也在几何中心处?

实验探究 4:用双面胶将相同的小木块粘成长方形、正方形木板,找出几何中心,用细绳悬挂起来。

问题 5:如果均质规则物体的几何中心不在物

体上(如圆环),重心是否还在几何中心处?

实验探究 5:将圆形透明文具胶带和圆形薄纸(质量远小于胶带)粘贴在一起,找到圆形纸的圆心,用细绳悬挂起来,如图 9 所示。

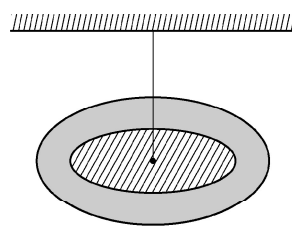


图 9

问题 6:均质不规则的物体重心如何确定?

实验探究 6:将小木块粘拼成直角形状的薄木板,在薄木板上粘贴一张大小相当的白纸(质量远小于木板)。用悬挂法确定带白纸木板的重心位置,如图 10 所示。

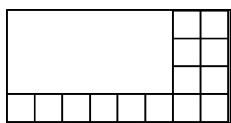


图 10

3 引发教学深度对话 促进高阶思维发展

深度学习是以高阶思维为主要认知活动的持续性学习过程,教师应该利用问题驱动引发师生、生生、生本的多维对话,通过师生间互动、磋商和讨论促进“质疑、阐释、分析、判断、综合、论证、推理、评价、自我调节”等高阶思维活动的进行,培养学生的批判性思维和创造性思维。

3.1 基于学生已有经验引发思辨论证

为了帮助学生建立“重心是重力的等效作用点,可能不在物体上”这一物理观念。教师可以借助学生已有概念“均质实心规则物体重心在几何中心”和“两个完全相同的物体的组合体重心在它们连线中点上”引发对话论证,通过思辨引导学生根据具体问题独立思考、自主判断,教学对话过程如下。

提出问题:均质圆环重心位置在哪里?

猜想假设:重心在圆心上。

质疑批判:圆环圆心悬空不在圆环上。

思辨论证 1:如图 11 所示,将圆环对称细分成两小块,两小块的重心在中点即圆环圆心处。继续细分,推理可知圆环重心即为圆心。

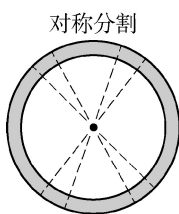


图 11

思辨论证 2:如图 12 所示,将大圆盘分成圆环和小圆盘,因为均质大、小圆盘重心即为圆心,推理可知圆环重心也为圆心。

思辨论证 3:如图 12 所示,将大圆盘分成无限多个小圆环,只有当每个小圆环重心都在圆心上时才可以推理得到大圆盘重心在圆心上。

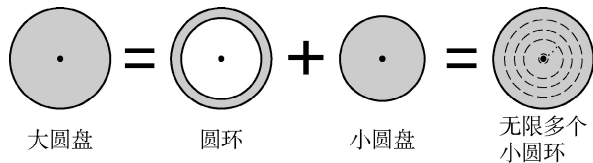


图 12

思辨论证 4:拓展推理到三维立体,均质球壳或均质球体的重心应该位于球心。

3.2 基于实验体验分析综合概括

为了确定均质规则物体重心的位置,教师可以在“双面胶将相同的小木块粘成长方形”的实验探究基础上进一步分析和综合、推理和归纳生成教学对话。

实验体验:均质小木块重心在哪里?在中点处。粘合两块后的重心呢?两块的中点。粘合三、四直至 n 块呢?仍然在中点处。

概括理解 1:将 n 块看成整体,重心位置应该在 midpoint $nl/2$ 处。

概括理解 2:如果 n 是偶数,将第 1 块和第 n 块组合其重心应该在两者中点 $nl/2$ 处,将第 2 块和第 $n-1$ 块组合重心也应该在两者中点 $nl/2$ 处,以此类推,粘合整体重心位置为 $nl/2$ 。如果 n 是奇数,以上结论依然成立。

位置坐标化:建立如图 13 所示的坐标系,设每块小木块长为 l ,则第一块重心位置为 $l/2$,粘合第二块后重心

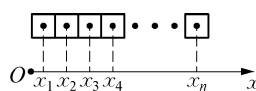


图 13

位置为 l ,粘合第三块后重心位置为 $3l/2$,以此类推,粘合第 n 块后重心位置为 $nl/2$ 。

概括理解 3:由于小木块是线性增加的重心位置也线性右移,整体重心位置即为每块小木块重心位置

的算术平均值,所以有 $x_c = \frac{l/2 + 2l/2 + 3l/2 + \dots + nl/2}{n}$ 。

3.3 基于批判评价达成概念深度理解

为了得到更一般的质量分布不均匀物体的重心位置,教师可以通过创设批判评价环节推动多维深度对话,引导学生比较和辨析不同观点,去发现新问题、提出新观点、探寻新规律,最终揭露重心概念的数学本质。

批判评价:均质小木块线性增加得到的重心位置还不够一般,可以从小木块分布间隔不连续以及小木块质量不均匀两方面加以拓展讨论。

进阶理解 1:若小木块间隔不均匀添加,设小木块重心位置为 x_n ,则整体重心的数学表述为: $x_c = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$ 。

模拟情境:如图 14 所示,粘合四块均质小木块模拟权重相同时情境(木块重心位置分别为 1、2、3、4,权重都为 $1/4$),其重心位置为 $x_c = \frac{1}{4} \times 1 + \frac{1}{4} \times 2 + \frac{1}{4} \times 3 + \frac{1}{4} \times 4 = \frac{1+2+3+4}{4} = 2.5$ 。

对比情境:如图 14 所示,在第三块均质小木块上

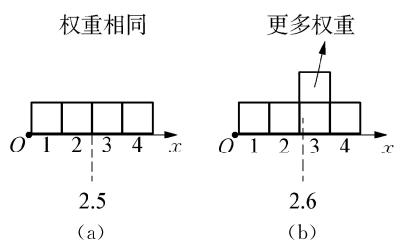


图 14

再粘合一块以增加其权重(其权重变为 $2/5$, 其他木块权重为 $1/5$), 重心在 x 方向的位置为 $x_c = \frac{1}{5} \times 1 + \frac{1}{5} \times 2 + \frac{2}{5} \times 3 + \frac{1}{5} \times 4 = \frac{1+2+2 \times 3+4}{5} = 2.6$

进阶理解 2: 若每块小木块质量不相等、间隔不均匀, 则整体重心位置本质为加权平均值, 其一般的数学

$$\text{表述为: } x_c = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + \dots + m_n x_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}。$$

4 借助反思评价 优化思维认知结构

深度学习强调自我反思和评价, 教师应该引导学生对自己的学习内容、方式、过程、结果以及学习成效进行反思、评价、批判和总结, 促使形成良好悟性与内省力, 优化和拓展思维认知结构。

4.1 对自我认知结构进行反思和评价, 优化整合认知结构

例如教师可以帮助学生归纳出寻找“一般物体重心位置”的知识框架结构(如图 15 所示), 最终总结出重心的位置坐标数学意义是以质量为权的加权平均值, 而加权平均的物理本质是平行力合成的结果。

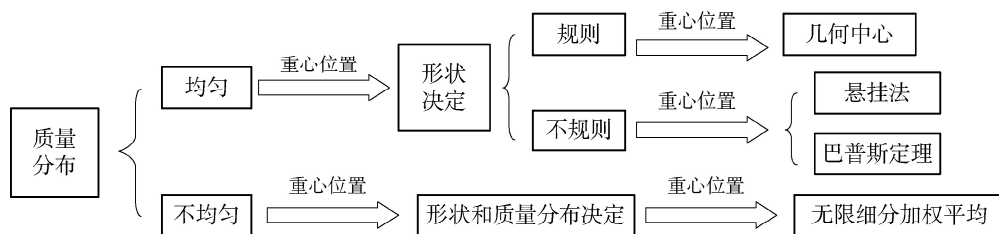


图 15

4.2 对自我认知建构过程反思和评价, 培养态度体会情感

教师可以引导学生通过“构建重心概念的学科属性(数学意义、物理本质)”以及“拓展重心概念的文化、社会属性”来理解人文教育价值、培养科学态度与体验积极情感, 提高学习的有效性和可持续性。

例如教师引导学生反思“由特殊到一般”“由简单到复杂”“从一维线状到二维平面、三维立体”的思维过程(如图 16 所示), 得到质点组重心三维坐标表

$$\text{达式为: } \vec{r}_c = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots + m_n \vec{r}_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i}{M}。$$

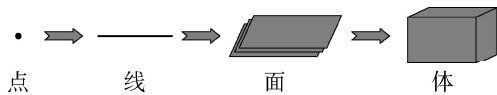


图 16

又如介绍权的古代含义为秤砣(即秤上可以滑动以观察重量的铁疙瘩), 现代含义是把在一组数据里某个数据出现的次数(也就是权重)。同时举例学科综合成绩统计时平时测验、期中考试、期末成绩占比分别是 20% 、 30% 、 50% , 这里的占比即为权重, 用于反映数据的相对重要程度, 鼓励学生在体验及

理解的基础上从社会文化的角度来理解重心概念。还可以让学生运用加权平均值在需要选择的实际生活情境帮助判断决策, 例如班级需要购买一台相机, 先定选择标准: 像素要求图象品质 50% 、拍摄模式种类 20% 、电池续航时间 10% 、外观颜色 10% 、品牌售后 10% , 然后对市场上各种主流相机加以考察打分, 最后评分决定。

5 推进拓展性实践学习 迁移应用问题解决

真实的问题解决是深度学习达成的判断准则, 教师适时适地将生活中复杂的实际问题当做拓展性学习材料, 例如解释“大唐不夜城不倒翁表演”原理后鼓励学生课外进行“乒乓球、鸡蛋不倒翁”的实践制作。又如组织学生研究“方轮自行车”轮子形状和轨道的复杂多样性(如图 17 所示), 并进行了模型制作, 参加了丘成桐中学科学奖(物理)比赛获南部赛区一等奖, 并进入总决赛获优胜奖。

总之, 开展拓展性实践学习能提升学生综合应用跨学科知识灵活迁移解决实际复杂问题的能力, 促使学生体会物理对科学、技术、社会环境的影响, 达到学习的广度、深度和关联度。

(下转第 32 页)

且总使 $R_1 = 2R_2$, 直到使电流表处于半偏位置, 则此时电流表的内阻 $R_g = R_1$ 。

经过以上改进后的电路及操作, 电流表处于满偏及半偏状态前后总电阻及总电流均不变, 因而不存在系统误差, 并且对于 $R_0 \gg R_g$ 的条件也不再需要, 只需要能使电表达达到满偏, 测量偶然误差的产生取决于电流表及电阻箱的精度。

2 电压半偏法

2.1 测量原理

电路图如图 3 所示, 测量时先将电阻箱的阻值调为零, 滑动变阻器 R_0 的滑动端调至最左端, 闭合开关 S, 调节滑动变阻器 R_0 使电压表指针达到满偏位置, 然后保持滑动变阻器不动, 调节电阻箱 R_1 的阻值, 使电压表指针位于半偏位置, 则此时电压表的内阻 $R_V = R_1$ 。

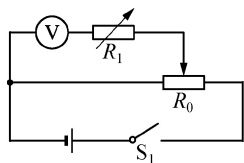


图 3

2.2 误差分析

上述原理下若使电压表半偏时 $R_V = R_1$, 前提条件是分压器电路的输出电压保持不变, 所以对 R_0 的要求要远小于 R_V 。即使是满足 $R_0 \ll R_V$, 当 R_1 的阻值增大后, 电路中电压表支路的总电阻也会增大, 分压器对应的输出电压将会大于调节 R_1 前的满偏电压 U_g , 调节 R_1 使电压表指针达半偏位置时, 电压表对应电压为 $\frac{1}{2} U_g$, 但 R_1 两端电压会大于 $\frac{1}{2} U_g$, 由串联电路知识可知 $R_V < R_1$, 即测量值要大于电压表的真实值。

2.3 用电阻补偿消除误差

通过上面误差分析我们知道, 产生误差的原因在于调节 R_1 后, 电压表支路的总电阻变化, 导致分压器的输出电压发生变化, 同样如果在适当位置添加一个补偿电阻, 使在调节 R_1 的过程电压由满偏到半偏时, 分压器负载的总电阻不变, 就可以消除系统误差了。

那么应如何加上这个补偿电阻呢? 对电路进行分析, 调节电阻箱 R_1 , 电压表由满偏到半偏过程中, 分压器负载电阻增大了, 若使这负载的总电阻前后不变, 则应在相应电路部分并联一个合适的电阻。如果调节 R_1 使电压表达达到半偏, 并满足 $R_V = R_1$, 则对应支路总电阻为 $2R_V$, 和满偏时相比电阻变为了原来的 2 倍, 所以只需要在该电路中并联一个阻值为 $2R_1$ 的电阻即可。

实验电路可以修改成如图 4 所示电路, 测量时先将 R_1 调为 0, R_0 滑动端调至最左端, 断开 S_2 , 闭合 S_1 , 调节滑动变阻器 R_0 使电压表指针达到满偏位置, 然后保持滑动变阻器不动, 调节 R_1 使电压表指针到半偏位置, 再闭合开关 S_2 , 接入 R_2 , 反复同步调节 R_1 和 R_2 , 并且总保持 $R_2 = 2R_1$, 直到使电流表处于半偏位置, 则此时电压表的内阻 $R_g = R_1$ 。

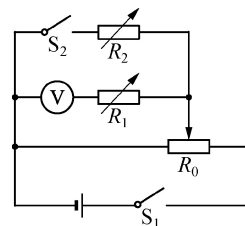


图 4

经过以上改进后的电路及操作, 当电压表处于满偏及半偏状态前后分压器对应的负载电阻及对应的输出电压均保持不变, 因而不存在系统误差, 并且对于 R_0 的大小也不再具有严格要求, 偶然误差的产生只取决于电压表及电阻箱的精度。

作为物理教师, 若在课堂上对学生进行科学引导, 充分调动学生解决问题的热情, 从某种角度上可以很好地激发学生的创新思维能力, 本文用补偿电阻法可以从原理上消除半偏法的系统误差的方法, 是源于实际课堂的深度学习探究而得到的, 在此与各位同仁做个分享。

参考文献

- [1] 杨述武, 等. 普通物理实验(2)电磁学部分(第 5 版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2015.

(上接第 18 页)

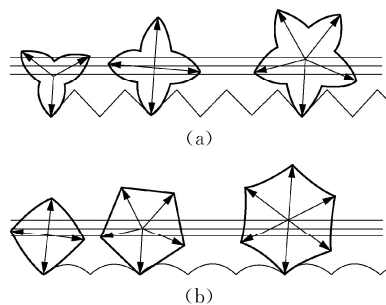


图 17

参考文献

- [1] 吴秀娟. 基于反思的深度学习: 内涵与过程[J]. 电化教育研究, 2014(12): 23—27.
- [2] 郭华. 深度学习及其意义[J]. 课程·教材·教法, 2016(11): 25—32.
- [3] 扬清. 课堂深度学习: 内涵、过程与策略[J]. 当代教育科学, 2018(9): 66—71.
- [4] 任虎虎. 深度课堂的基本特征及构建策略[J]. 物理教学, 2018(6): 15—17.