

物理师范生科学思维习惯的现状调查

雷靖娴 顾国锋

(广西师范大学物理科学与技术学院 广西 桂林 541004)

(收稿日期:2020-10-15)

摘要:在物理学科核心素养的科学思维背景下,师范生作为未来教育事业的主力军,对其思维习惯的现状调查具有重要意义,通过调查掌握了学生对物理思维习惯的认知程度、物理学习过程中的学习习惯、解决物理问题时存在的思维习惯这几个方面的情况,提出了培养学生物理科学思维习惯的针对性策略。

关键词:物理专业 科学思维 思维习惯 学习习惯 师范生

在智力结构的诸多要素中,思维居核心位置。人们从认识客观世界到改造客观世界,思维承担着不可替代的作用。因此,在教育改革持续推进的今天,对思维的要求逐步渗透在基础教育的课程标准中,我国新修订的2017版《普通高中物理课程标准》提出“引导学生经历科学探究的过程,体会科学研究方法,养成科学思维习惯,增强创新意识和实践能力”^[1]。

这在一定程度上反映了课程标准对学生物理科学思维习惯的要求,物理教师是课程实施的主体,在落实物理学科核心素养的过程中扮演着重要角色,其本身的思维习惯规约着教学观念和行,同时也将潜移默化地影响着下一代。物理师范生作为物理教师的后备人才,对其物理科学思维习惯进行研究与讨论,有助于正确制定师范生培养策略,以符合新时代教师的培养要求。鉴于此,本文通过问卷调查法结合访谈法,对物理师范生在解决具体物理问题时的思维习惯进行较深入研究,以期探悉其中所存在的问题,反映和预测其教学实践的发展态势,进而更具有针对性地推动物理师范生的教育改革。

1 物理科学思维习惯的概念界定

物理科学思维是从物理学视角对客观事物的认识方式;是基于经验事实构建物理模型的抽象概括

过程;是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体应用;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和品格^[1]。思维习惯也称思维传统,是指人们在一定历史条件下,在长期的学习、工作和生活实践过程中所形成的相对稳定的、有较大影响的思维模式^[2]。

学生在解决物理问题的过程中是需要依据科学的步骤解题的,因此,把物理科学思维习惯定义为:学生在解决物理问题的过程中,形成的稳定的、科学的思维步骤。例如,在求解物体行驶的速度时,我们自然而然地在头脑中出现物体运动的状态,物体运动得快,我们就会想到物体的速度较大,反之,物体运动得慢,我们就会想到物体的速度会比较小。这涉及到具体形象思维,我们会通过构想模型从而将物理问题直观化,学生在解决理科问题时,把学习到的科学概念和原理与已有经验联系起来,从而进一步理解和分析,这就涉及了抽象逻辑思维。我们在判断速度这个概念时,会认为一般飞机的速度比汽车的速度要大,在遇到电学问题时,会默认家庭用电器的额定电压是220V,分析物体在地球上的受力情况时,会使用“一重二弹三摩擦”的顺序去进行受力分析,这就涉及到了经验思维,这些思维习惯都可以认为是科学思维的良好体现。

作者简介:雷靖娴(1997-),女,硕士,主要研究方向为物理教学论。

通讯作者:顾国锋(1964-),男,教授,主要从事课程与教学论研究。

2 研究设计与实施

本文对广西某师范类院校 208 名物理学专业师范生的科学思维习惯进行了调查研究. 因物理科学思维习惯是一个涉及多个物理思维层面的复杂问题, 本文主要采用质性研究的方式. 本研究通过文本分析, 对田世昆《物理思维论》一文进行分析、归纳和比较^[3], 提取关于物理思维具有的特性, 对相关的论述进行总结, 为访谈提供理论依据, 以保证访谈具有一定的科学性. 题目选取了学生在高中阶段常常做错、做不全面的涉及多种思维方法和过程分析的物理问题, 基于质性研究的结果, 拟定相契合的问卷, 以期达到深度了解的目的, 辅助质性研究进行整体分析. 在问卷调查过程中, 让学生也对自己的物理学习进行了一定程度上的回忆与反思. 研究实施路径如图 1 所示.

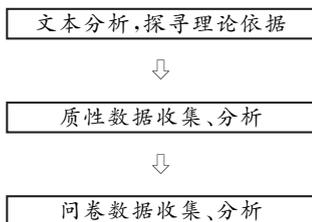


图 1 研究实施路径

3 研究结果与讨论

3.1 学生在物理学习过程中的思考情况与习惯

【题 1】如图 2 所示, 长为 $3L$ 的轻杆可绕光滑水平转轴 O 转动, 在杆两端分别固定质量均为 m 的球 A 和球 B, 球 A 距轴 O 的距离为 L . 现给系统一定能量, 使得杆和球在竖直平面内转动, 当球 B 运动到最高点时, 水平转轴对杆的作用力恰好为零, 忽略空气阻力, 则球 B 在最高点时, 球 A 和球 B 的速度分别为多少? 杆对球 B 的弹力方向是什么?

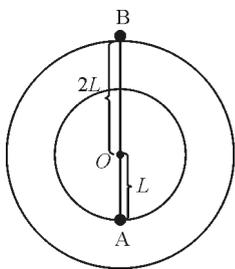


图 2 题 1 题图

【题 2】质量为 $m_1 = 0.2 \text{ kg}$ 的小物块 A, 沿水平

面与小物块 B 发生正碰, 小物块 B 的质量 $m_2 = 1 \text{ kg}$, 碰撞前, A 的速度大小为 $v_0 = 3 \text{ m/s}$, B 静止在水平面上, 两物块的材料未知, 已知 A, B 与地面间的动摩擦因数均为 $\mu = 0.2$, 试求碰后 B 在水平面上滑行的时间.

选做题 1 作为访谈的题目原因在于, 这道题的题干存有隐蔽的条件“球 B 运动到最高点时, 水平转轴对杆的作用力恰好为零”, 解此题的关键点也在于此. 能否正确解答取决于师范生的物理逻辑思维是否正确. 受思维惯性的影响, 部分师范生看到这个点都会联想“物体在最高点时, 只有重力提供向心力”, 进而导致求解时的错误. 但是, 仔细分析题干可知, 球 B 运动到最高点时, 是“轴”对杆的作用力恰好为零, 而不是“球 B”, 这就说明了球 A 和球 B 对杆的作用力是一对平衡力, 这是从题目中分析出来的隐蔽条件, 也是求解答案的关键. 明确了这个条件以后, 就能使用不同的物理思维方法, 如“隔离法”或“整体法”去解决, 在访谈对象中, 只有以受访者乙为代表的师范生运用了“整体法”, 仅占 $\frac{1}{10}$, 说明了分析

这类问题时, 大部分师范生的物理思维习惯更倾向于使用“隔离法”对逐个物体进行分析. 从受访者甲的回答可知, 该名学生的物理思维发生了过度的推理, 其在解决问题的过程中, 对题目已知条件过度解读, 导致了答案的部分错误, 这是因为多年的物理学习, 将问题复杂化的习惯.

选做题 2 作为访谈题目, 是因为这个题型较为典型, 其一, 这道题的题干含有隐蔽条件“两物块的材料未知”, 其二, 这道题是一道涉及多个角度分析的问题. 对于材料未知的物体发生碰撞, 将两球视作质点系, 外力矢量和为零, 动量守恒, 用 m_1 和 m_2 分别代替两球的质量, 碰撞前的速度分别为 v_{10} 和 v_{20} , 碰撞后的速度为 v_1 和 v_2 , 由于碰撞恢复系数 $e = \frac{v_2 - v_1}{v_{10} - v_{20}}$ 未知, 无法确定碰撞的类型, 因此计算这道

题时, 需要分别考虑弹性碰撞 ($e = 1$) 和完全非弹性碰撞 ($e = 0$) 的情况. 在受访中, 近半的受访者都能够表现出较好的物理思维, 正确地对该物理问题进行了完整的分析, 但是仍有部分师范生存在不良的物理思维习惯, 具体体现在对隐蔽条件无法挖掘、物理过程分析不全、物理解中融入了“想当然”的错

误。如受访者丙在分析时,由条件 $m_B > m_A$ 就“想当然”的认为 m_B 会仍保持静止, m_A 就会原路反弹,因此导致了回答的错误。如以受访者丁为代表的师范生在分析问题时,由“正碰”这个条件,只是考虑了机械能守恒的弹性碰撞,物理思维不够严谨,推理不够严密,物理分析过程不全面。又如受访者戊,因为高中没学过碰撞的知识,并且大学专业课力学中,关

于动量守恒及碰撞的知识点未做深入学习,不理解相关知识点,以致于对这样一道简单的碰撞问题都未能解答,说明了在大学物理学专业的学习过程中,仍有部分师范生依赖高中的物理知识,物理思维也没能进一步拓展,物理思维的习惯仍停留在高中阶段。

题1和题2的典型代表解答如图3所示。

题1 典型代表解答案例	
<p>受访者甲:</p> <p>①杆对B:向下</p> $\begin{cases} F - mg = m\omega^2 L \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2g}{L}} \\ F + mg = m\omega^2 \cdot 2L \\ v_A = \omega L = \sqrt{2g}L, v_B = \omega \cdot 2L = 2\sqrt{2g}L \end{cases}$ <p>②杆对B:0</p> $\begin{cases} mg = m\omega^2 L \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \\ v_A = \omega L = \sqrt{gL}, v_B = \omega \cdot 2L = 2\sqrt{gL} \end{cases}$	<p>受访者乙:</p> <p>$2v_A = v_B$</p> $2m \frac{v_A^2}{FA} = m \frac{v_B^2}{FB}$ <p>向心力 F_B 方向向下, 向心力 F_A 方向向上, 重力 $Mm_B g$ 方向向下 当杆对转轴的作用力为零时, 即在 $F_B - F_A = Mm_B g$</p> $m \frac{v_B^2}{4L} = 2mg$ $v_B = \sqrt{8gL}$ $v_A = \sqrt{2gL}$ <p>杆对B的弹力方向向下 ($M \frac{v_B^2}{FB} > m_B g$)</p>
题2 典型代表解答案例	
<p>受访者丙:</p> <p>由于 $m_B > m_A$, 发生碰撞后A会以原速率反向运动, 根据动量守恒</p> $m_A v_0 + 0 = -m_A v_0 + m_B v_B$ <p>得 $v_B = \frac{2m_A}{m_B} v_0$</p> <p>$\therefore$ 碰撞后B以 $\frac{2m_A}{m_B} v_0$ 的速度沿 v_0 方向运动</p> <p>由于B与地面有摩擦, 且摩擦力 $f = \mu m_B g$</p> <p>\therefore 碰撞后B运动到停止。</p> <p>有 $0 = v_B - \mu g t$</p> $\therefore t = \frac{2m_A v_0}{\mu m_B g} = \frac{2 \times 0.2 \times 3}{0.2 \times 1^2 \times 10} = 6$	<p>受访者丁:</p> <p>$M_1 = 0.2 \text{ kg}$ $M_2 = 1 \text{ kg}$</p> <p>碰撞后A、B速度分别为 v_1, v_2</p> <p>碰撞过程</p> $\begin{cases} \text{能量守恒: } \frac{1}{2} M_1 v_0^2 = \frac{1}{2} M_1 v_1^2 + \frac{1}{2} M_2 v_2^2 \\ \text{动量守恒: } M_1 v_0 = M_1 v_1 + M_2 v_2 \end{cases}$ <p>把 $M_1 = 0.2 \text{ kg}$, $M_2 = 1 \text{ kg}$, $v_0 = 3 \text{ m/s}$ 代入</p> $\Rightarrow \begin{cases} 0.9 = 0.1 v_1^2 + 0.5 v_2^2 \\ 0.6 = 0.2 v_1 + v_2 \end{cases} \text{ 解得 } \begin{cases} v_1 = -2 \text{ m/s} \\ v_2 = 1 \text{ m/s} \end{cases}$ <p>\therefore 碰撞后B的速度 $v_2 = 1 \text{ m/s}$, 在摩擦力的作用下做减速运动。</p> $f = \mu M_2 g = M_2 a$ $\Rightarrow a = -\mu g = -2 \text{ m/s}^2$ $t = \frac{v_2}{a} = \frac{1 \text{ m/s}}{2 \text{ m/s}^2} = 0.5 \text{ s}$

图3 受访者代表回答典型案例

结合问卷调查,从而进一步得到学生如何思考问题,是独立思考还是不加思考就直接放弃的人数比例.统计结果如图4所示,从图中可知,4.33%的学生在遇到物理难题时,不会进行思考直接放弃作答,说明仍有一定数量的学生存在畏难心理.“查阅辅导书”“寻求老师帮助”“与同学讨论”,这3个选项说明了66.83%的学生在遇到物理难题时会依靠外界帮助,只有26.92%的学生选择“独立思考解决”.

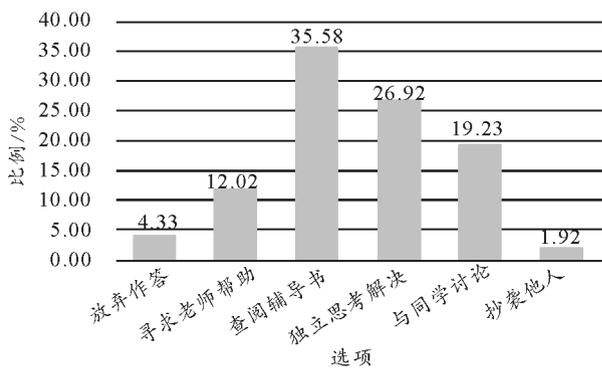


图4 师范生解决物理问题情况统计结果

3.2 学生解决物理问题时存在的思维习惯的现状

【题3】有3种说法:当质点沿圆周运动时,

- (1) 质点所受指向圆心的力即向心力.
- (2) 维持质点做圆周运动的力即向心力.
- (3) $\frac{mv^2}{R}$ 即向心力.

这3种说法是否确切,你如何认为呢?

以上3种说法全部不确切,这个访谈题目选自漆安慎、杜婵英的《力学》(第3版)^[4].向心力是当物体沿着圆周运动时,指向圆心的合外力.向心力不能单独作为一个力,“向心力”一词是从这种合外力作用产生的效果命名的,向心力的大小可以表达为 $F = \frac{mv^2}{R}$.从访谈结果看,超过半数的学生能够明确向心力不是一种新的力,进一步访谈可知,这是源于高中教师对于这一知识点的强调,形成的一种经验思维.学生对于物理概念的解读各有不同,有的学生思维习惯十分缜密,能从不同的角度去验证问题的合理性.但是,也有些学生存在着一些不良的思维习惯,具体表现在:将物理概念的内涵或定义理解为其对应的表达式;对物理概念的认识停留在浅显的表面,不做深刻理解.

【题4】如图5所示,小车上固定着一个刚性弯折形硬杆ABC, $\angle ABC = 60^\circ$, C点固定着质量为 m 的小球,当小车以加速度 a 向左做匀加速直线运动时,杆对小球的作用力多大?方向如何?

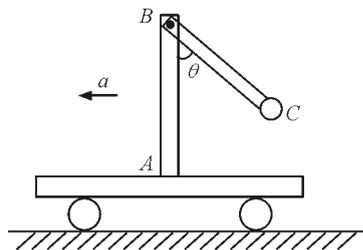


图5 题4题图

选做题4作为访谈题目,目的在于调查学生物理思维的灵活性,进一步研究学生对于思维定势的情况.不同于物体的静态受力分析,这个题目的物理模型处于运动中,且杆为刚性弯折杆,因此不能简单地认为杆对球的作用力沿着杆的方向.通过访谈发现,有的学生会认为杆对小球的作用力沿着杆的方向,直接把杆对小球的作用力进行正交分解.这是因为学生在处理轻绳模型的时候会使用力的方向沿着绳子的方向这一结论,这类问题处理多了,便导致了思维定势,在处理相似的轻杆模型时,就会对知识进行负迁移,想当然地认为此时杆对小球的作用力沿着杆.就访谈内容上看,有的师范生并没有意识到小车具有的加速度对球的影响,而将球作为静止的状态进行受力分析,形成不了物理问题的动态图景也是导致回答错误的原因之一.

为了调查师范生在解决物理问题的过程中,是否会因为具有相同的物理思维习惯而在同一个问题上犯相同的错误.根据物理思维品质的调研,本问卷设置了如表1所示的题目,调查学生对于以下物理思维习惯所具有的“共性”情况,统计结果如下:

有15%~25%的学生“经常会”有,40%~50%的学生“偶尔会”有,20%~30%的学生“不会”有这6个思维习惯.由此可知,具有良好思维习惯的物理专业学生仅占总数的 $\frac{1}{4}$ 左右,大部分学生仍因不良的物理思维习惯影响物理问题的解决.因此,在教学过程中培养和训练学生养成良好的物理思维习惯是十分必要的.

表1 物理思维习惯调查数据汇总表

题目	选项			
	经常会 / %	偶尔会 / %	不会 / %	不确定 / %
1. 是否会混淆物理概念意义与物理表达式, 例如, 问电阻与什么有关时, 会想到欧姆定律, 从而认为电阻和电压成正比, 和电流成反比	15.87	50.00	29.81	4.33
2. 是否会分不清相似的物理概念, 例如质心和重心, 引力中心等	23.08	50.96	24.04	1.92
3. 是否会分不清或是不清楚建立物理概念或物理公式的逻辑方法, 例如, 我们在推导库仑定律、牛顿第二定律、动能定理等的方法你能明确说出吗	24.52	49.52	19.71	6.25
4. 是否会受到思维定势的影响, 例如, 判定摩擦力的方向时, 一般会主动认为是物体运动的反向	25.48	40.87	30.29	3.37
5. 是否在运用物理公式进行习题解答时会忽略公式的成立条件, 例如 $E = \frac{U}{d}$, 仅仅适用于匀强电场, 而你在点电荷电场定量求解电场强度时, 仍会使用	15.87	47.12	32.69	4.33
6. 是否会根据生活常识犯想当然的错误, 例如两个小球用弹簧连接, 并用一根绳子连接小球的一端将其悬挂起来, 剪短绳子瞬间, 两个小球的加速度都为 g	20.19	42.79	32.69	4.33

3.3 学生对物理思维习惯的重视程度

根据统计结果所示, 物理思维习惯在物理师范生学习中, 占有一定的重要地位, 而在物理思维习惯是否会影响解题效率这个问题上, 97.6% 的学生则认为物理思维习惯会影响物理问题的解题效率, 解决物理问题的效率是物理思维灵活性的体现, 而97.6% 的学生都认为物理思维习惯与物理思维的灵活性有关, 这说明了良好的物理思维习惯会让学生解决问题的速度更快, 更高效。

4 研究总结与展望

通过具体的物理情景, 进行较深入的访谈后发现, 在完成相应习题时, 物理科学思维习惯有利于学生分析计算题的题干, 找到隐藏的条件, 并运用相应的物理思维方法, 多个角度分析物理过程. 物理科学思维习惯的养成前提条件在于主动、独立、积极地思考物理问题, 独立思考解决物理问题是物理学习的关键. 教材中的定理和公式的推导过程是可以辅助学生理解物理知识, 学生常常误以为读一遍教材, 推导一遍物理相关公式就能把物理知识掌握下来了, 这是因为近在眼前的答案让他们产生了能力错觉, 但是根本就没有通过思考, 谈不上形成思维习惯. 从调查的结果上看, 学生独立思考的情况是不理想的, 因此, 培养学生物理科学思维习惯的首要任务在于

培养学生独立思考问题的能力.

师范生要明确物理科学思维习惯的重要性, 可以结合具体物理实际情景, 深入思考物理规律, 加深对物理知识的理解, 促进物理思维的发展, 形成科学的思维习惯. 可以就物理问题与老师、同学进行讨论, 从多个角度思考问题, 而不只是从自己最熟悉、最直观的角度出发, 单一、片面地思考问题, 从而克服自己的思维定势.

总的来说, 物理科学思维习惯对物理学习的影响是显而易见的, 这一研究的起点较为新颖, 期待能够有更多的学者去研究学生存在的物理思维习惯, 研究其是否科学合理, 找到不良思维习惯形成的原因, 进而再提出培养良好学习思维习惯的措施和方法, 并落实在课堂教学和课外学习活动中. 通过师生的共同努力, 一定会收到良好的成效, 以求帮助更多的学生学好物理课程.

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, 2017
- 2 科斯塔. 思维习惯[M]. 北京: 轻工业出版社, 2006
- 3 田世昆. 物理思维论[M]. 南宁: 广西教育出版社, 1996. 12
- 4 漆安慎, 杜婵英. 力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2012. 110