



基于样例学习理论进行作业设计

——以“气缸类问题”为例

杨鹏飞

(贵阳市观山湖区普瑞学校 贵州 贵阳 550081)

(收稿日期:2021-07-31)

摘要:提高作业设计质量,是降低学生学业负担,提高学生学习效率的重要途径之一,科学、合理的作业设计就成了关键.通过对国内外样例学习相关研究的述评,概述样例学习的理论基础,总结出了在高中物理教学中开展作业设计的策略,并以“气缸类问题”为例给出了具体案例.

关键词:样例学习 高中物理 作业设计

近年来,有关教育减负的议题越来越多,也越来越受到国家的重视.2021年7月21日,中共中央办公厅和国务院办公厅联合印发《关于进一步减轻义务教育阶段学生作业负担和校外培训负担的意见》,文件中提到的减轻学生作业负担主要任务和重大措施包括提高作业设计质量,发挥作业诊断、巩固、学情分析等功能,将作业设计纳入教研体系.在“减负”的背景下提高作业设计质量显得尤为重要.作业是课堂教学的延伸,优质的作业可以降低学生学习负担,提高学生学习效率,更好地促进学生核心素养的达成.

本文基于样例学习理论总结出了开展高中物理作业设计的策略,并以“气缸活塞类问题”为例给出了具体案例.

1 样例学习理论基础

认知心理学上把学习者掌握同一类问题解法的过程叫做获得问题图式.问题图式是一种认知结构,可以帮助学习者快速对问题进行分类并采取相应的解题步骤^[1].教学的一个主要目的就是帮助学生建构解决感兴趣问题的图式并实现这些图式的自动化^[2].一般而言,问题图式的获取途径有两种,一种

是从做中学,也叫做问题解决学习,指的是学习者在实际应用中获得问题图式;另一种是从例中学,是指学习者通过观察已经解决过的问题获取问题图式,又称作样例学习.

样例学习理论认为,学生在问题图式获得的早期阶段缺乏应用所学知识解决问题的能力.相较于问题解决学习,样例学习可以避免学习者在此种情形下采取缓慢、易出错问题解决策略,这些策略不仅不会加深学习者对于问题的认识,反而可能因为过多占用学习者的认知资源,致使学习者只能依靠问题的表面内容来解题.在对样例进行精细加工或者对不同样例进行比较的过程中,学习者可以将有限的认知资源更多地集中在问题的内在结构上,因而能够更有效地获得问题图式^[3].

2 基于样例学习理论的习题编制方法

常见的作业以习题为主,然而大多数学生并不能在有限的课堂教学时间里获得完整的问题图式,对他们而言,习题式的作业费时费力,却并不能有效地帮助他们获得问题图式,甚至挫伤学生的学习兴趣,而样例式的课后作业则可以有效地解决这个问题,提高学生获得问题图式的效率.通过对国内外已

有研究的梳理,笔者认为基于样例学习理论设计课后作业可以采用以下几种策略.

2.1 整合步骤和子目标

样例学习理论认为,应该传递给学生的并不是具体的解题步骤,而是问题本身的子目标.学生之所以在课堂上能听懂教师的讲解,但是课后做题时仍然很难找到思路,是因为学生学会的是一套固化的解题流程,而不是问题的子目标结构,因此学生就很难产生比较远的迁移.文献[4]用实验证明:子目标编码样例的解题步骤可以消除新问题解决过程中表面内容的变化对原理的选择和运用所产生的消极影响,促进学习者掌握样例问题的结构,熟练地利用样例原理解决新问题,并且有助于学习者对原理的概念化.

样例的子目标编码方式主要是用文字对具有同一子目标的步骤进行说明.说明文字应该避免过于抽象或者具体,过于抽象的说明会增加学生的认知负担,过于具体的说明则会导致学生过分依赖样例的表面内容[2].在编制课后作业时,将样例中具有同一子目标编码的解题步骤圈出来,并对这些子目标进行简单的说明,从而清晰地展现问题的深层结构,

子目标一: 分析研究对象的初状态

$$\text{压强: } p_1 = p_0 + \frac{G}{S}$$

$$\text{体积: } V_1 = hS$$

温度 T_1 未知

子目标二: 分析研究对象的末状态

$$\text{压强: } p_2 = p_0 + \frac{G-F}{S}$$

$$\text{体积: } V_2 = HS$$

温度仍为 T_1

子目标三: 分析研究对象的变化过程并求解

$$\text{等温过程: } p_1 V_1 = p_2 V_2$$

代入数据

$$\text{解得: } F = \frac{(H-h)(p_0 S + G)}{H}$$

图2 示例1求解过程子目标

2.2 诱发学生产生自我解释

1989年,美国华裔心理学家季清华使用出声思维研究学生学习样例的过程中,发现学生在学习样例时,会自己向自己解释样例中解答步骤之间的因果关系,她把学生这种面向自我的解释称为自我解释,越是成功的学习者,在学习样例的过程中产生的自我解释也更多[5].后续大量研究证明了,当学生在学习样例的时候诱导其产生自我解释有助于提高学习效果.在生成自我解释的过程中,学生将有限的认知资源集中于问题的结构,对问题的结构进行了深

降低学生的认知负荷.

“气缸类问题”等理想气体问题的子目标可以分为3个,分别是表示出气体初状态温度、压强和体积,表示出气体末状态温度、压强和体积,最后根据初状态到末状态的变化判断出气体变化过程并列过程方程,下面以例1为例进行说明.

【例1】如图1所示,高为 H 的导热气缸竖直固定在水平地面上,横截面积为 S 、重力为 G 的“ \perp ”形活塞封闭着一定质量的理想气体,活塞离缸底高为 h .现手持“ \perp ”形活塞上端,缓慢竖直上提活塞,当活塞上升至气缸上端口时,求竖直上提的力 F 大小.已知:大气压强为 p_0 ,不考虑活塞与气缸之间的摩擦及温度的变化,不计活塞及气缸壁的厚度.

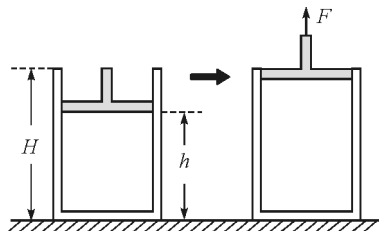


图1 例1题图

解析:以密闭气体为研究对象,图2为问题求解过程中的子目标.

层次的加工,因此有利于问题图式的获得.

在编制课后作业时,可以在给出解决问题需要用到数学公式后,要求学生对公式中涉及到的原理、意图达成的目标进行补充,帮助学生将注意力集中在问题的结构上,尽可能多地生成自我解释.解决气缸类问题的关键在于通过对气缸进行受力分析以表示出压强,然而学生在刚开始解决“气缸活塞类问题”时往往意识不到要这么做,或者对活塞的受力分析过于粗糙,此时就可以要求学生在求解压强时给出具体解释,画出活塞的受力分析图,将注意力

集中在对活塞进行受力分析上. 具体的操作是在样例的解答步骤后面设置填空部分, 要求学生补齐填空部分.

使用诱发自我解释的方法对例1的解答步骤进行改进后的样例如图3所示, 解答中的画横线部分即为要求学生补充完整的地方.

<p>子目标一: 分析研究对象的初状态</p> <p>压强: $P_1 = p_0 + \frac{G}{S}$</p> <p>(解释: <u>对活塞进行受力分析, 活塞受密闭气体向上的压力, 向下的重力和大气压力</u>)</p> <p>体积: $V_1 = hS$</p> <p>温度 T_1 未知</p>	<p>子目标二: 分析研究对象的末状态</p> <p>压强: $P_2 = p_0 + \frac{G-F}{S}$</p> <p>(解释: <u>对活塞进行受力分析, 活塞受密闭气体对其向上的压力和 F, 自身向下的重力和大气对其向下的压力</u>)</p> <p>体积: $V_2 = HS$</p> <p>温度为 T_1 (解释: <u>气缸导热</u>)</p>	<p>子目标三: 分析研究对象的变化过程并求解</p> <p>因为<u>温度不变</u>, 因此为<u>等温过程</u></p> <p>列出等温方程: $p_1 V_1 = p_2 V_2$</p> <p>代入数据</p> $(p_0 + \frac{G}{S})hS = (p_0 + \frac{G-F}{S})HS$ <p>解得: $F = \frac{(H-h)(p_0 S + G)}{H}$</p>
--	---	---

图3 包含自我解释的例1求解过程子目标

2.3 更正错误样例

错误样例指的是那些解题步骤包含至少一个错误的有解例题, 错误样例学习要求学生确定错误的所在, 解释错误的原因, 并对错误进行改正. 通过让学生比较正确的样例和错误的样例, 可以帮助学生更好地理解解题步骤, 评判自己解答的正确性^[6].

具体到作业设计中, 可以在一个解答步骤完整的样例后面, 加一个解答步骤有误的样例, 要求学生更正错误的解答步骤. 正确样例和错误样例的相似程度越高越好, 对那些基础知识不扎实的学生, 正确样例和错误样例的相似程度越高, 越有利于其发现正确的解答步骤和错误的解答步骤之间的区别, 进而将注意力集中于察觉和识别错误的解答步骤. “活塞类问题” 错误样例的设计案例见下文例2.

【例2】如图4所示, 导热性能良好的气缸内用活塞封闭有一定质量的理想气体, 活塞用轻弹簧与缸底相连, 当气缸如图4(a)所示水平放置时, 弹簧伸长了 x_0 , 活塞到缸底的距离为 L_0 . 将气缸缓慢转动竖直放置, 开口向上, 如图4(b)所示, 这时活塞刚好向缸底移动了 $2x_0$ 的距离, 已知活塞的横截面积为 S , 活塞与缸壁的摩擦不计, 且气密性好, 活塞的质量为 m , 重力加速度为 g , 大气压强为 p_0 , 求弹簧的劲度系数的大小.

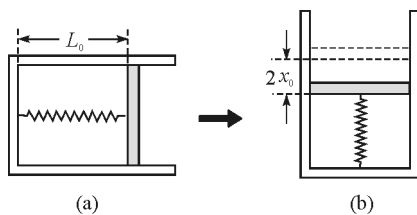


图4 示例2题图

解析: 设密闭气体的压强为 p , 初始状态时对活塞进行受力分析得到

$$pS = \kappa x_0$$

末状态时对活塞进行受力分析得到

$$pS + \kappa x_0 = mg$$

联立两式解得

$$\kappa = \frac{2mg}{x_0}$$

请学生指出并改正解答中错误的地方.

上述示例包含学生在刚刚学习“活塞类问题”时容易犯的两类错误, 一类错误是容易忽略气体变化过程中压强的变化, 另一类错误是在对活塞进行受力分析时忘记分析大气压力. 通过上述错误样例的设计, 可以帮助学生认识到在分析气体状态变化时要综合考虑温度、压强、体积3个物理量的变化, 同时时刻注意到大气压强的影响.

2.4 适当控制样例的变异性

单独一个样例不足以帮助学生获得问题图式, 将具有同样问题图式的样例组成序列, 对样例进行

适当变异,类似于常说的变式训练.在设计样例序列时需要样例的变化程度加以精心的选择,避免提供的样例表面特征过于类似,此种情况下会导致学生把浅显的表面特征当成具有决定性的因素,也要避免样例的表面特征差异过于悬殊致使学生难以发现隐藏在问题下的一般结构^[7].具体而言,可以用同一类问题搭配不同的表面特征,不同类问题搭配相同的表面特征,这样学生就会发现问题的表面特征和内在结构之间没有必然联系,仅仅依靠问题的表面特征来解题是不够的,关键是要识别出问题的结构特征.

下面以例3和例4为例进行说明,由于此处仅仅是为了说明问题的变异性,故不再给出解答步骤.

【例3】如图5所示,气缸开口竖直向上,质量为 m 的活塞将一定质量的气体封闭在气缸内,活塞的截面积为 S ,活塞与气缸内壁无摩擦且气密性良好,活塞静止时,活塞离缸底的距离为 h_1 ,若在活塞上放一个物块,当活塞最终静止时,活塞离气缸底的距离为 h_2 ,气缸的导热性能好,保持环境温度不变,大气压强为 p_0 ,重力加速度为 g ,求活塞上所加物块的质量 M .

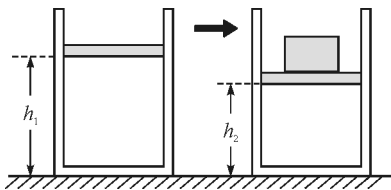


图5 例3题图

【例4】如图6所示,气缸开口向下,气缸内封闭有一定质量的气体,平衡时,活塞与容器底相距 h ,当活塞下方悬吊质量为 m 的重物时,活塞下降距离为 x ,气缸的导热性能好,保持环境温度不变,活塞质量及摩擦均不计,设大气压为 p_0 ,重力加速度为 g ,求活塞的横截面积.

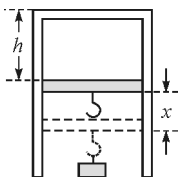


图6 例4题图

两个问题的表面特征差异比较明显,例3中气缸开口向上,用活塞进行密封,放置重物后活塞发生移动,例4中气缸开口向下用活塞进行密封,在活塞上悬挂重物后活塞发生移动.其次两个问题的已知量和待求量也有一定差异,例3中活塞质量和横截面积已知,求所挂重物质量,而例4中活塞质量未知,重物质量已知,求活塞横截面积.但实际上两个问题的结构特征和子目标结构是一样的,都需要对活塞进行受力分析,列出活塞的受力方程以表示出活塞移动前和活塞移动后的气体压强,最后应用波意尔定律即可求解.选择这样的两个问题作为前后对照,可以帮助学生认识到活塞问题的关键之一在于对活塞进行受力分析以表示出压强,认识到此类问题的结构特征.

2.5 逐渐减少解题步骤

样例学习理论认为,问题图式的获得阶段是一个动态的过程,直接从样例过渡到问题跨度太大,有些学生难以实现这一跨越.为了解决这一问题,文献^[8]提出可以通过逐步减少样例中的解题步骤的方法来设计样例,这种方法叫做渐减提示方法,研究普遍发现基于渐减提示方法设计的样例的教学效果优于传统的样例——问题组合.

当前被广泛认同的渐减提示样例的流程如下:首先给学生提供一个完整的样例,然后提供一个结构相同但是缺少最后一步的例题,要求学生补足步骤后并给出解释,接下来逐步减少样例的步骤直到只剩下对问题的表述.具体到作业设计中,可以设计成第1个样例包含全部的子目标,第2个样例缺少最后一个子目标,第3个样例缺少最后两个子目标,以此类推,最后过渡到不含任何解题步骤的问题.

3 总结

对上述开展高中作业设计的策略进行总结,笔者认为,基于样例学习理论进行高中作业设计时,可遵循以下流程:首先,分析学生需要掌握的问题图式的结构特征,以此为依据选取问题,要选取结构特征差异不大但是表面特征差异明显的问题组成序列,

按照从易到难的顺序进行排列;然后是对样例的内容进行设计,将子目标相同的步骤整和到一起,用圆圈或者方框隔离出来,并在关键的解题步骤旁设置标语诱导学生产生自我解释;为了实现样例到问题的过渡,按照前后顺序,从最后一个解题步骤开始,逐渐减少提示直至完全没有任何提示,实现样例到问题的过渡,为了增强学生对问题结构的认识,可以样例序列中加入解题步骤有误的样例要求学生更正.

参考文献

- 1 SWELLER J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning [J]. *Cognitive Science*, 1988, 12(2): 257 ~ 85
- 2 邢强. 样例解题步骤编码对原理学习和迁移的影响 [D]. 广州:华南师范大学, 2002
- 3 RENKL A. Toward an Instructionally Oriented Theory of Example - Based Learning [J]. *Cognitive Science*,

2014, 38(1): 1 ~ 37

- 4 邢强, 莫雷. 样例的子目标编码对新问题解决中原理运用的作用研究 [J]. *心理发展与教育*, 2003(1): 57 ~ 61
- 5 CHI M T H, BASSOK M, LEWIS M W, et al. Self - explanations: How students study and use examples in learning to solve problems [J]. *Cognitive Science*, 1989, 13(2): 145 ~ 82
- 6 ADAMS D M, MCLAREN B M, DURKIN K, et al. Using erroneous examples to improve mathematics learning with a web - based tutoring system [J]. *Computers in Human Behavior*, 2014, 36: 401 ~ 411
- 7 杨凌燕, 郭建鹏. 多重样例变异性与先前知识对样例学习效果的影响述评(英文) [J]. *心理科学*, 2014(3): 668 ~ 677
- 8 RENKL A, ATKINSON R K, MAIER U H, et al. From Example Study to Problem Solving: Smooth Transitions Help Learning [J]. *The Journal of Experimental Education*, 2002, 70(4): 293 ~ 315

(上接第 128 页)

例如,教研室开展的物理与军事俱乐部,就为学员提供了学习物理知识的又一学习空间,在俱乐部中,学员之间可以探讨关于物理的知识,内容不限于课堂上的书本之中,学员可以进行天马行空的想象,提出他们认为有趣、有意义的问题,一起进行探讨.在这一学习空间,学员的思维能力得到了全面的发展,最终通过实际的操作解决所提出的问题,这时主要发展学员的动手能力和创新能力.需要注意的是,在第二课堂的学习中,不能缺少教员的引导,由于学员知识的局限性,在提出问题后,解决过程中,可能会遇到自己无法解决的内容,这时指导教员需要进行循序渐进地点拨.点拨也要掌握“度”,不能进行全面的讲解,这样会使学员失去探讨兴趣,更不能点拨不透彻,导致学员认为过难而放弃探讨,教员要特别注意点拨的分寸感.

除了俱乐部日常活动的开展,关于物理的一些竞赛也可以鼓励学员参加.例如我们俱乐部的学员

就连续两年参加了江西省大学生物理创新竞赛,并且也都获得了优异的成绩.在竞赛中,与其他学员的交流学习,增加了知识的广度,并且创新竞赛重点在于创新,竞赛过程中学员将自己的想法变成现实,这对学员创新思维以及创新能力的培养起到了非常大的帮助.

大学物理实验的教学目的不仅在于掌握知识和基本实验技能,更有培养创新能力和提高科学素养的要求.采取切实措施提高学员的创新能力和培养学员的科学素质,让学员在学习阶段就埋下创新的种子,将来在工作中体验创新的收获.

参考文献

- 1 王士彬, 刘建伟, 罗金沐. 习近平出席全军院校长集训开班式并发表重要讲话 [N]. *解放军报*, 2019 - 11 - 28(01)
- 2 倪新华, 刘协权. 课堂讲授原则浅议 [J]. *高校教育研究*, 2009(4): 83
- 3 倪新华, 程兆刚, 张靖. 理论力学教学的三大核心问题 [J]. *现代教育导刊*, 2010(76): 7