

意义建构学习的物理化学“金课”教学探索*

肖谷清,王姣亮,谢丹,龙立平,贺国文,孟秋冬

(湖南城市学院,湖南益阳413000)

[摘要]借鉴意义建构学习理论,融合“金课”本质和特征,文章提出意义建构学习的物理化学“金课”,并介绍了意义建构学习的物理化学课程设计过程,包括新知识、新技能与学生原有认知结构的“跨度”分析,“小步距”同化新知识和新技能,认知结构在新情境中的迁移和应用;在此基础上,提出开展意义建构学习的开放课堂、程序性知识和策略性知识的高阶课堂、元认知教学的高阶课堂教学,以及采用包含课堂评价、低阶评价和高阶评价的意义建构学习的物理化学“金课”三维评价策略。

[关键词]意义建构学习;金课;物理化学

Teaching Exploration of Physical Chemistry Golden Course with Meaning Construction Learning

Xiao Guqing, Wang Jiaoliang, Xie Dan, Long Liping, He Guowen, Meng Qiudong
(Hunan City University, Yiyang 413000, Hunan, China)

Abstract: The physical chemistry golden course with meaning construction learning is put forward based on the theory of the meaning construction learning. The essence and characteristics of golden course are integrated into this process together. The meaning construction learning process of physical chemistry is designed by integrating with the golden course as follow. The "span" of new knowledge, new skills and students' original cognitive structure is analyzed; new knowledge and skills are assimilated by "small steps"; the cognitive structures are migrated and applied in new situations. Open classroom, advanced classroom of procedural and strategic knowledge, advanced classroom of metacognitive teaching are carried out in the physical chemistry golden course with meaning construction learning. Meanwhile, three-dimensional evaluation, including classroom evaluation, low-order evaluation and high-order evaluation, is carried out.

Key words: Meaning construction learning; Golden course; Physical chemistry

[作者简介] 肖谷清(1970-),男,教授,博士。

[通信作者] 肖谷清, E-mail: xiaoguqing2005@163.com。

* 基金项目:湖南省教改项目(湘教通[2019]291号)。

一、意义建构学习的物理化学“金课”的提出

为了提高课程质量,2018年8月,教育部发布通知,要求全国各高校打造“金课”。教育部高等教育司司长吴岩从高阶性、创新性和挑战度三个维度论述了什么是“金课”^[1];李志义教授论述了金课的五大特征:对话课堂、高阶课堂、开放课堂、知行合一、学思结合^[2]。从内容上看,两人对“金课”的本质和特征的论述是一致的。

物理化学是化学、化工及材料类专业的专业基础课程。该课程内容抽象,概念、原理和公式繁多,逻辑性强,且公式有严格的使用条件,因此学生往往感到学习困难。在课程教学中,老师总认为自己已经讲解到位了,学生也感觉听懂了,但是他们在做作业或考试时一旦遇到新问题就不知从何处着手解决。在此背景下,如何建设物理化学“金课”,是高校教师面临的一个具有挑战性的问题。

梅耶结合建构主义学习理论和奥苏贝尔的有意义学习理论,提出了意义建构学习理论^[3-5]。意义建构学习是指学习者主动运用内在的认知结构和掌握的知识经验来学习新的知识,并将新知识纳入原有认知结构的适当部位,使其真正内化为学习者自身的知识的过程。在意义建构学习过程中,学习者在吸收新知识后,使原有的认知结构得以重新建构^[3-5]。戴维·乔纳森在《学会用技术解决问题:一个建构主义者的视角》一书中指出,“教育的根本目的就是激发学习者投入有意义的学习中”^[6],因此本文借鉴意义建构学习理论,融合“金课”的本质和特征,提出建设意义建构学习的物理化学“金课”,以激发学生投入意义建构学习中。

二、意义建构学习的物理化学“金课”的设计过程

下文以《物理化学》教材(南京大学傅献彩主编,第五版)中第152页的例题(命名为例题1)为例^[7],介绍意义建构学习的物理化学“金课”的设计过程。

例题1:在268.2K和100kPa压力下,1.0mol液态苯凝固,放热9.874J,求苯凝固过程的熵变。已知苯熔点为278.7K,标准摩尔熔化热为9.916J·

mol^{-1} , $C_{p,m}(l) = 126.8\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$, $C_{p,m}(s) = 122.6\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(一)分析新知识、新技能与学生原有认知结构的“跨度”

例题1是一道经典例题,涉及不可逆相变过程中熵变的计算。该例题主要考查学生对理想气体等温可逆过程、等容可逆过程、等压可逆过程、等温等压可逆相变中熵变计算等知识的掌握情况,以及学生已有的经验、技能和认知水平。在该例题的讲解过程中,教师可以通过分析新知识、新技能与学生原有认知结构(学生头脑中的知识结构)的“跨度”,找到新知识、新技能与学生原有认知结构的联系,并在此处设计问题,以问题为“桥梁”联系学生原有认知结构,激发学生的认知内驱力,让学生产生学习的内在需求。

(二)对话课堂,学思结合,“小步距”同化新知识和新技能

针对例题1,如果教师直接提问“如何计算不可逆相变过程中的熵变”,很多同学会回答不出来。为此,教师在设计问题时要特别注意学生的“思维最近发展区”,从多个角度设计跨度小的问题,使每个问题均落在学生的“思维最近发展区”,促进学生“小步距”同化新知识和新技能,并将其纳入原有认知结构,从而建构新的认知结构。在例题1的讲解过程中,教师可以问题为主导,通过提问启发学生思维,在课堂上开展知识和思维的“对话”。具体的教学设计如下:

教师提问1:100kPa、268.2K的过冷液体苯变为固体苯是可逆相变吗?

学生回答:100kPa苯的凝固点为278.7K,278.7K下液体苯变为固体苯为可逆相变,268.2K的过冷液体苯变为固体苯不是可逆相变。

教师提问2:100kPa、268.2K的过冷液体苯变为固体苯,可用其 $\frac{\delta Q}{T}$ 计算dS吗?

学生回答:不可以,不可逆过程的 $dS > \frac{\delta Q}{T}$ 。

教师提问3:熵是状态函数,状态函数有什么特征?

学生回答:状态一定时,其值一定,状态函数的变化与具体过程无关。

教师提问 4:从同一始态出发,经过一个可逆过程和一个不可逆过程达到同一终态,它们的熵变相等吗,为什么?

学生回答:熵是状态函数,它们的熵变相等。

教师提问 5:热力学第二定律的数学表达式

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T}, \text{什么时候取等号?}$$

学生回答:可逆过程取等号。

教师提问 6:如何计算不可逆相变过程中的熵变,为什么?

学生回答:设计可逆过程来计算不可逆相变过程中的熵变,因为它们的熵变相等。

(三)举一反三,实现认知结构在新情境中的迁移和应用

针对例题 1,教师可先不讲解,请学生尝试设计 100kPa 下 268.2K 的过冷液体苯变为固体苯的可逆过程。设计过程有困难,这正好可以有意识地锻炼学生在“做”中正确面对挫折的能力。在学生无从下手时,教师可启发学生“100kPa 下, 268.2K 的过冷液体苯变为固体苯的过程是一个相变过程,要设计可逆过程,肯定要经过可逆相变过程。”因此,学生可抓住“278.7K 下液体苯变为固体苯是可逆相变”这一关键点,先设计图 1 中的步骤(2),然后设计步骤(1),最后设计步骤(3)。

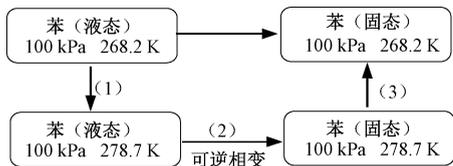


图 1 过冷液体苯变为固体苯

为了促进认知结构在新情境中的迁移和应用,教师还可组织学生完成如下可逆相变设计练习 1,使学生加强变式训练,做到举一反三。

练习 1:将 1mol $H_2O(g)$ 在 373K 下小心等温压缩,在没有灰尘情况下获得压力为 $2p^\theta$ 的过热蒸气,但不久全凝聚成液态水,请设计一个可逆过程实现这一转变, $H_2O(g, 373K, 2p^\theta) \rightarrow H_2O(l, 373K, 2p^\theta)$ 。

具体设计过程如图 2 所示。

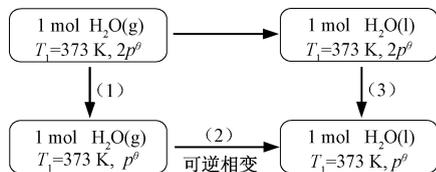


图 2 过热蒸气凝聚成液态水

三、意义建构学习的物理化学“金课”教学

将“金课”本质和特征贯穿物理化学课程教学,结合意义建构学习理论,进行意义建构学习的物理化学“金课”教学过程如图 3 所示。

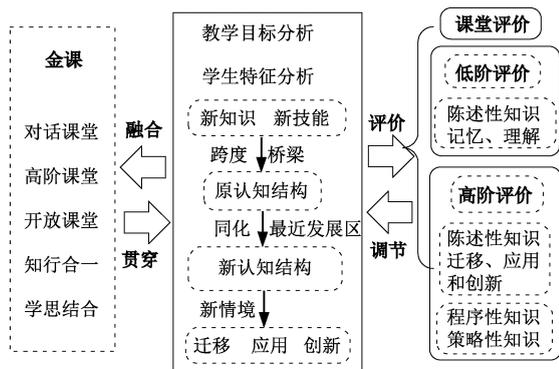


图 3 意义建构学习的物理化学“金课”教学过程

(一) 开放课堂

开放课堂指时间从课堂 45 分钟延伸到课外,空间从教室延伸到实验室或工厂。如针对稀溶液依数性凝固点降低和渗透压等内容,教师可将物理化学课程的理论教学放在实验室开展,使其与实验课同步或穿插进行,以便让学生在实验中领会理论的本质,强化对新知识和新技能的意义建构。教学内容也可从物理化学课程的教材拓展到网络资源、期刊论文和其他参考资料,以使学生将基础知识与当代科技紧密联系起来,在升华知识的同时开阔视野,提高学习兴趣。

(二) 程序性知识和策略性知识的高阶课堂

高阶课堂是掌握高阶知识、形成高阶思维和高阶能力的高阶层次教学活动^[2]。陈述性知识是指论述是什么、为什么和怎么样的知识^[8]。物理化学课程中的陈述性知识是指贯穿概念、原理、定律、公式及其使用条件等的知识。程序性知识是指回答如何做的知识,涉及解决问题的思维过程和实现从已知状态向目标状态转化的知识^[8]。在

教学过程中,教师要努力将陈述性知识转化为程序性知识。如在讲授动力学基本原理和动力学方程时,教师可查阅有关 TiO_2 (或其他光催化剂) 光催化降解罗丹明 B (或其他化学试剂) 的文献,基于文献数据,指导学生如何建立 TiO_2 光催化降解罗丹明 B 的速率方程、如何运用速率方程阐明 TiO_2 光催化降解罗丹明 B 的动力学机理等程序性知识。

策略性知识是指回答如何学习和如何思维的知识^[8]。教师在物理化学课程教学中,应注重结合教学内容向学生传授学习和思维的策略。如学生在完成例题 1 和练习 1 后,就进入了思维的最近发展区。此时教师可以提问:从不可逆相变的等效可逆过程设计中,可以概括出一般的设计流程吗? 学生思考后可以设计出如图 4 所示的流程,在此基础上,教师可进一步引导学生把理想气体等温可逆过程、等容可逆过程、等压可逆过程、等温等压可逆相变过程中 ΔS 、 ΔH 、 ΔG 计算公式和图 4 归纳成一个知识结构网络,最终内化为自己的认知结构。

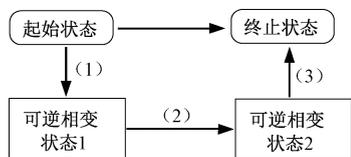


图 4 不可逆相变的等效可逆过程设计

(三) 元认知教学的高阶课堂

元认知是指学生对自己认知过程及结果的有效监视、控制和调节,元认知策略包含元认知计划、元认知监视和元认知调节^[9]。如果学生没有使用元认知策略的技能和动机,就不可能成功地对学习进行计划、监视和自我调节,也就不可能成为一名优秀的学生。因此,教师要加强对元认知教学,以便于学生有效地监视、控制和调节自己的学习。

以“熵变的计算”为例。在元认知计划阶段,即学习“熵变的计算”之前,学生阅读教材和学习资源,自主设置学习目标为“掌握各种类型熵变的计算”。为了达到学习目标,学生需依据自己的知识结构和学习习惯,分析学习“各种类型熵变的计

算”过程中可能遇到的问题和困难,主动思考采用什么对策,并预估对策的有效性。在元认知监视阶段,即学习“熵变的计算”的过程中,学生问自己是否清楚理想气体等温可逆变化的熵变计算、等温等压可逆相变的熵变计算等类型熵变计算的原理、公式中符号代表的物理意义、公式在具体习题中的运用等,并思考熵变计算的理由与解题成功的关系。学生可以通过问自己“在学习中采取了什么学习策略,还有更好的学习策略吗”等问题,评价自己达到学习目标的程度,以及学习策略的效果等。在元认知调节阶段,学生根据学习效果的自我评价,采取相应的措施。如学生发现自己不理解熵变计算的原理时,加强学习;发现自己对各种类型熵变的计算产生混淆时,找到合适的学习策略。元认知调节可以促使学生改变无效的学习策略,通过采用对计算类型、计算公式、使用条件、注意事项等进行列表归类的方式,形成知识网络,并将其纳入认知结构。

四、意义建构学习的物理化学“金课”评价

意义建构学习的物理化学“金课”评价包括课堂评价、低阶评价和高阶评价三个维度。课堂评价内容为“金课”本质和特征的达成度,旨在评价学生意义建构学习的过程和效率。课堂评价可由经验丰富的教师开展,也可采取通过课后调查听取学生意见的方式。教师还可以将物理化学课程教学过程用雨课堂、腾讯课堂等软件录制成视频,从“金课”本质、特征和意义建构学习的角度出发进行自我评价和反思。

低阶评价以陈述性知识的记忆、理解为标准。教师可利用雨课堂、智慧树等教学平台编制习题,考查学生对陈述性知识的记忆和理解。如教师在结束可逆过程的教学时,可以让学生回答下题,以考查学生对可逆过程的理解:

可逆热机的效率最高,由可逆热机带动的火车()

(A) 跑得最快;(B) 跑得最慢;(C) 夏天跑得快;(D) 冬天跑得快。

由可逆过程的特点可知,可逆过程是一个无限缓慢的过程,因此该题答案是 B。

高阶评价以陈述性知识的迁移、应用和创新为标准。如教师在结束 Clapeyron 方程的教学时,可组织学生完成以下练习,以考查学生对 Clapeyron 方程在新情境下的应用:

某种溜冰鞋下面冰刀与冰的接触面为:长 7.62cm,宽 2.45×10^{-3} cm。若某运动员的体重为 60kg,试求运动员施加于冰面冰的熔点? 已知冰的摩尔熔化焓为 $6.01 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,冰的正常熔点为 273K,冰和水的密度分别为 $920 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $1000 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

运动员所受的重力(mg)除以冰接触面的面积(s),可以得到运动员施加在冰面的压强 $p_1 = mg/s$, p_0 为冰面上的大气压,接触面冰面上的总压强 $p = p_1 + p_0$ 。由 Clapeyron 方程积分得 $p - p_0 = \frac{\Delta H}{\Delta V} \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$, 其中 ΔH 为冰的摩尔熔化焓, ΔV 为冰熔化为水后体积的变化, $T_1 = 273\text{K}$, 据此可求出运动员施加于冰面冰的熔点 T_2 。

除此之外,教师还可以程序性知识和策略性知识习得为高阶评价标准,或以学生对学习的元认知计划、元认知监视和元认知调节为高阶评价标准。如在稀溶液依数性的教学开始前,教师可要求学生在预习的基础上,通过元认知监视和元认知调节绘制自己的学习思维导图,据此评价学生的元认知水平和自己的元认知教学。又如在化学势章节的教学结束后,教师可以要求学生对于理想气体、理想气体混合物、非理想气体混合物、理想液体混合物以及理想稀溶液中某一组分的化学势的定义、公式、标准态化学势等进行列表比较,并让学生运用学习策略加强和巩固化学势的学习,从而评价学生学习策略的水准和自己的策略性知识教学情况。总之,教师要充分利用教学测试,让学生内隐的陈述性知识、程序性知识、策略性知识和元认知通过外显的学习行为、学习结果

表现出来,从而对意义建构学习的物理化学“金课”进行评价、反思和改进。

五、结语

本文结合“金课”的本质和特征,立足于意义建构学习的内在本质,设计了物理化学的意义建构学习过程,提出了开展意义建构学习的物理化学“金课”教学和评价策略。在此策略指导下,我校的教学实践取得了较好的效果,物理化学课程入选首批国家级一流本科课程。

(文字编辑:李丽妍)

参考文献:

- [1] 吴岩.建设中国“金课”[J].中国大学教学,2018(12):4-9.
- [2] 李志义.“水课”与“金课”之我见[J].中国大学教学,2018(12):24-29.
- [3] 理查德 E 梅耶,韩青青,柯丽丹,等.面向意义学习的认知过程[J].远程教育杂志,2007(3):16-20.
- [4] 盛群力.教学设计[M].北京:高等教育出版社,2005:169,174.
- [5] 盛群力,庄承婷.意义建构学习新理念——梅耶的学习科学观述要[J].课程教学研究,2013(11):27-32.
- [6] 任友群,朱广艳.有意义的学习源自问题解决——戴维·乔纳森教授访谈[J].中国电化教育,2009(1):6-10.
- [7] 傅献彩.物理化学[M].5版.北京:高等教育出版社,2017:152.
- [8] 林伟,蒋小钢.程序性知识在高考中的考查方式与复习策略[J].中学化学教学参考,2018(1/2):70-73.
- [9] 林光完,王存宽.基于元认知理论的化学键概念应用问卷开发[J].化学教育,2017,38(1):27-30.