

教学

基于认知负荷理论的本科生课程教学设计策略——以生物化学课程为例

李龙娜, 崔为体*

(南京农业大学生命科学院, 南京 210095)

摘要: 生物化学是涉农本科院校核心课程之一, 也是很多生物类专业课的预修课程。但是, 生物化学知识点多、系统性强、更新速度快, 给学生完成学业带来了很大的困难。本文基于认知负荷理论, 从生物化学课程的知识结构、学科特点、教学周期和教学系统等角度出发, 结合学生认知负荷量表评估, 探讨“以学生为中心”的本科课程教学设计策略, 旨在为高校教师的教学工作设计提供参考, 助力教学目标的高效、高质量完成。

关键词: 认知负荷; 本科课程教学; 生物化学; 教学设计

Teaching design strategies of undergraduate courses based on cognitive load theory——take the teaching of the biochemistry course as an example

LI Longna, CUI Weiti*

(College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Biochemistry is one of the core courses in undergraduate programs related to agriculture, and it is also a prerequisite course for many specialized biology courses. However, biochemistry encompasses a vast array of knowledge points, exhibits a robust systematic nature, and is characterized by its rapid pace of updates, posing significant challenges to students' academic pursuits. This paper, based on cognitive load theory, explores strategies for “student-centered” undergraduate course teaching design from the perspectives of the knowledge structure, subject characteristics, teaching cycles, and teaching systems of biochemistry courses. It combines the assessment of student cognitive load scales to provide references for the design of teaching work by university teachers, aiming to assist in the efficient and high-quality achievement of teaching objectives.

Key Words: cognitive load; teaching of undergraduate programmes; biochemistry; instructional design

生物是一个复杂的系统, 尤其进入21世纪以来, 生物学的研究发展日新月异, 使得生命科学相关学科如生物化学等的知识呈爆炸式增长。在

涉农本科生课程中, 生物化学是一门重要的专业必修课及学科基础课, 是分子生物学、蛋白质化学、基因工程原理和表观遗传学等多门课程的预

收稿日期: 2024-10-30

基金项目: 南京农业大学教育教学改革项目(2021Y002)

第一作者: E-mail: lln2013034@njau.edu.cn

*通信作者: E-mail: wtcui@njau.edu.cn

修课程。该课程在部分专业中占5个学分,涵盖两个学期。另一方面,生物化学与化学、物理等学科紧密相连,课程知识点多、系统性强、学科融合度高。因此,该课程对学生的概念记忆、逻辑思维以及知识联系能力都有较高的要求。以上这些特点给生物化学教学带来了巨大挑战,例如学生学习难度大、概念更新快、教学内容持续深入、各学习阶段衔接困难等。

要系统解决新时代高校学生的学习问题,必须坚持以学生为中心,尊重学生主体地位的思想。近年来,认知负荷理论(cognitive load theory, CLT)逐渐进入人们的视野,出现在许多高校工作者的实践和实验中。该理论是研究和理解人类认知活动的最具教学指导价值的理论,不同于具体的课堂教学案例,它基于学生主体的认知神经科学,对整体教学设计具有普遍的指导意义,逐步受到众多学者的广泛关注,并有望成为未来的重点改革方向^[1]。

1 认知负荷理论

认知负荷理论以人类“信息加工模型”为基础,结合了资源有限理论和图式理论,于1988年由澳大利亚的认知心理学家约翰·斯威勒(John Sweller)提出。信息加工模型把外部信息加工分为感觉记忆、工作记忆和长时记忆三个过程,学习效果依赖于把工作记忆转化成长时记忆^[2]。认知负荷理论认为:人们在处理外部信息时,必须在工作记忆中进行,但工作记忆保存时间短、容量小,容易被占满,因此学习者只能承受有限的“认知负荷”,即认知受限于“心智能量”水平。认知负荷具有主观性、内隐性、变化性、相对性四大特点,并分为“内在认知负荷”“外在认知负荷”和“相关认知负荷”三种类型,这三种认知负荷相加总量不能超过人的心智资源^[3]。

2 基于认知负荷理论的教学设计策略

基于认知负荷理论的教学设计能有效提高教学效果、激发学生学习潜能、缓解当前的教育困境。本研究以生物化学教学为例,进行了相关教学设计策略的探索。在此过程中,也借鉴、运用了很多优秀的经验、成果以及资源,如优秀外文教材

(《Lehninger Principles of Biochemistry》8th, David L. Nelson和Michael M. Cox主编, W.H. Freeman出版社)、优秀中文教材及数字课程(《生物化学原理》第3版,杨荣武主编,高等教育出版社)、相关教改论文以及中国大学慕课等。

2.1 教学设计原则:调整三种认知负荷

学生的学业负担问题可以看成是学生对学习过程中投入的心理资源总量的主观感受,“减负”的关键在于如何调整内在认知负荷、减少外在认知负荷和优化相关认知负荷^[4]。

2.1.1 调整“内在负荷”

内在负荷由学习材料和学习者专长之间的互动决定,因此要想办法增加学习者的理解水平,在教学设计上遵循综合度从小到大、逼真度从低到高的策略,分步渐进的原则^[5]。也就是说,尽管学生要掌握的知识是不可改变的,但可提供的具体学习材料是可以选择和加工的。因此,可以对教学内容按照“先易后难、先点后面”进行分割和重构,以及选用合适的辅助材料等,以减少内在负荷。

2.1.2 降低“外在负荷”

关于降低外在认知负荷的理论有自由达标、工作样例、任务补全、注意聚焦、多种通道和减少冗余等^[5]。不当的教学活动可能会增加学习的外在负荷,而通过合理的教案设计和教学策略,采用多样的教学手段、思维导图等教学工具,可以将复杂、抽象的知识以直观、易懂的方式呈现,从而提高课堂教学效果,降低学生的认知负荷,激发学生的学习兴趣。

2.1.3 优化“相关负荷”

相关负荷是指与构建和整合知识相关的认知负荷,是有益的负荷。采用适度变式、情景干扰、自我解释、撤除指导、先合后分、先双后单等策略,有助于帮助学生将新信息和已构建的旧知识体系相联系(图式建构)^[5]。教师的教学技巧主要体现在如何增加相关负荷、帮助学生完成图式构建上。

2.2 学情分析及拆解归纳

学情分析是教学设计的有力指导。教师要了解并综合考虑学生的认知规律、学习需求与兴趣,分析可能遇到的困难等,进而优化教学策略。

2.2.1 学情分析

在开课前和学期中分别对学生进行学情分析问卷调查。图1展示了2023年食品工程类专业2205班和2206班(共62人)以及应用化学专业211班和212班(共55人)同学的课程学情问卷调查结果。其中, 67.3%的同学在课前对生物化学这门课程没有了解, 59.5%的同学对学习这门课程有担心, 24.8%的同学表示学习困难, 仅有5.0%的同学表示有信心。期中学情调查结果显示, 对期中考试成绩满意的同学仅占12.0%, 一半的同学认为影响期中考试成绩的因素是主观自制力差、没有复习好, 其次是客观基础差、理解困难。

2.2.2 学情问题拆解归纳

根据学生反馈, 对各种问题进行拆解和归纳。如表1所示, 学生的学前学情调查问题主要集中在生物化学内容多(37.27%)、学生自我管理问题(23.64%)、知识点难且抽象(20.00%)、基础不好(13.18%)等方面。根据这些问题进行拆分归纳, 并从学科特点、学生主体、教学系统等角度进行分析, 发现有些问题主要属于内在负荷, 可以通过教案设计、画思维导图、课外小组任务等措施进行改善; 有些问题属于外在负荷, 可以通过谈心

谈话、课堂思政、课堂提问、比赛等手段激发学生学习动力。另外, 学时数少和课程时间安排不太合理等外在负荷也增加了学生学习生物化学课程的难度。最后, 根据学期前的学情调查结果进行教学设计, 并在期中学情调查结果的基础上进行调整。

2.3 教学设计策略

基于认知负荷的理论, 根据学情调查结果, 可以从学科特点、学生主体和教师教学周期三个角度进行教学设计(图2), 减轻学生的认知负荷, 调动学生的学习积极性。

2.3.1 从学科特点角度进行设计

生物化学知识有明确的特点和复杂性, 更容易通过调控三种负荷达到教学目标(生物化学主要知识点及其在认知负荷理论中的层次归属如表2所示), 并归纳如下。(1)知识点多, 系统复杂。生物化学知识内容多、覆盖面广, 多为认知理论中的“综合任务”, 如果不能有效减少外在负荷, 很容易产生超负荷。例如, 在生命层次上就有亚细胞、细胞、组织器官、整体、生态群落、生物圈等不同水平, 如果教学设计不当、层次不清, 则很难使学习者构建好自己的知识体系/图式。生物化学

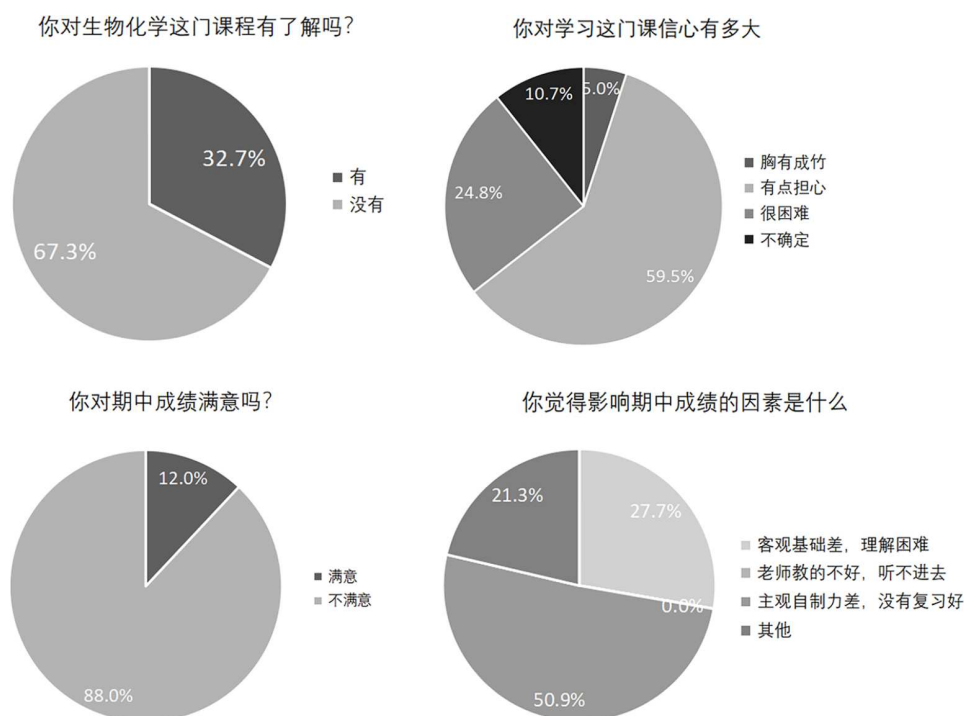


图1 学情问卷调查结果统计示例

表1 学情调查反馈问题拆解、类型归纳及效果评估

问卷反馈点	占比(%)		角度分析	归属负荷类型	解决方案
	学前	学后			
内容多	37.27±0.28	30.39±0.80*	学科特点	内在负荷, 外在负荷, 相关负荷	思维导图、习题等
自我管理不足	23.64±0.90	21.49±6.82	学生主体	外在负荷, 相关负荷	谈心谈话、比赛
知识难、抽象	20.00±1.05	22.12±0.98	学科特点	内在负荷, 外在负荷, 相关负荷	教案设计、互动游戏等
基础不好	13.18±1.43	10.65±5.14	学生主体	内在负荷, 相关负荷	课外小组任务等
其他	5.91±1.00	15.35±1.86*	教学系统	外在负荷	对症下药

数值表示为平均值±标准差, * $P<0.05(t$ 检验)

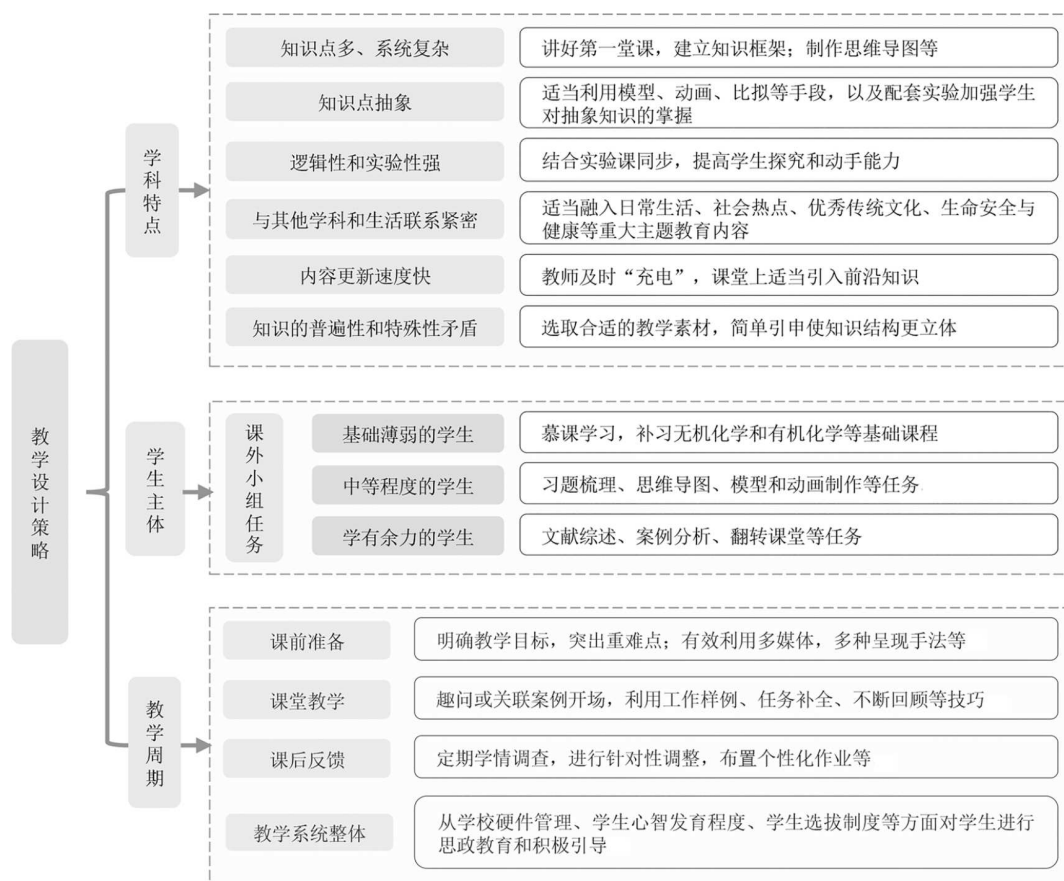


图2 教学设计的示意图

教材普遍较厚且每个章节都是重点, 因此要利用好第一堂课, 把目录讲好, 在第一时间帮助学生建立课程知识框架, 引导学生建立“先把书读薄, 再到把书读厚”的学习理念。同时, 引导学生通过思维导图来帮助理解和记忆重难点知识。(2)知识点抽象。抽象的知识会增加认知负荷。例如, 在讲解DNA的结构、呼吸链、糖酵解和糖异生的关系等内容时, 可通过模型、动画、比拟等手段降低外在负荷, 还可布置成作业让学生动手完成,

这样印象更加深刻。此外, 适当引入科学发展史可对学生的科学本质观有积极的影响^[6]。例如在介绍核酸章节时引入DNA双螺旋提出的实验证据、背后的科学家故事, 讲解糖酵解时引入各个反应的发现过程等, 能很好地激发学生兴趣、增强相关负荷、并赋予知识情境化(构建主义的教学观之一)(表2)。但是, 要注意设计合理, 不能“喧宾夺主”, 过度引申可能适得其反。此外, 配套的生物化学实验课程精选了糖类、蛋白、核酸、酶等

表2 认知负荷理论下的生物化学主要知识点教学设计

主要知识点	改革措施	负荷归属	思政结合点及方案优势
DNA的结构	DNA双螺旋的球棍模型制作: 直观感受核苷酸结构、Chargaff规则、双螺旋结构要点, 相关科学家	内在, 外在	变抽象为具象
RNA的结构和功能	整合静态RNA结构和动态翻译章节, 用蛋白质翻译图示和动画介绍3种RNA的特点、结构和功能	内在, 相关	构建完整知识体系, 变抽象为具象
氨基酸的种类	科学家发现第21种氨基酸? 抛出问题引起兴趣, 拆分整合tRNA专一性和密码子部分知识, 前后呼应	内在, 外在, 相关	激发科研兴趣
蛋白质的结构	引入科学前沿: 为什么人工智能Alpha fold可以预测蛋白结构? 会给科研和生活带来什么影响	外在, 相关	培养对科学研究及学科知识的兴趣
酶活性中心的特点	问题引领: 为什么活性中心关键残基只占很小一部分? 为什么有些酶需要辅因子? 为什么会有别构酶? 为什么会有酶原激活	外在, 相关	不断抛出问题引领学生一步步思考, 有效抓住学生思路
维生素和辅因子	翻转课堂, 自己查资料、制作PPT	外在	身份翻转记忆深刻
酶的抑制剂	三种可逆抑制类比到驾校学车。抑制剂与药物及农药	外在, 相关	贴近生活
氧化磷酸化	动画制作及翻转课堂演示	外在	激发兴趣, 助理解
糖酵解代谢	代谢图大赛。讨论: 糖酵解中哪个酶是最典型的别构酶? EMP、HMP背后的科学家故事	外在, 相关	荣誉感, 激发学生兴趣
磷酸戊糖途径的生物学意义	植物中磷酸戊糖途径占比更高——打不死你的终将使你更强大	外在, 相关	生活哲理
糖酵解、糖异生及脂代谢调控	类比到“三个和尚”的故事	外在	弘扬中华优秀传统文化, 变抽象为具象
脂代谢	靠补充“肉碱”减肥能达到目的吗	外在, 相关	贴近生活学以致用
DNA复制高保真机制	使用RNA作为引物的好处: 引申到生活中的拖延症, 先开始再完善, 知行合一	外在, 相关	了解拖延心理, 有助于养成良好习惯
基因突变和损伤修复	基因突变和进化的关系。DNA损伤修复与诺奖、SOS修复与做事轻重缓急	外在, 相关	激发兴趣, 生活感悟
转录过程和调控	引入表观遗传学, 介绍科研热点。讨论: mRNA水平如何调控? 和其结构有什么关系? 什么是miRNA, 有什么功能? 先有RNA还是DNA	内在, 外在, 相关	贴近科研前沿, 激发兴趣
中心法则与蛋白结构决定功能	生下来DNA(命)就定了, 是不是一切都注定了? 我命由我不由天! ——还有表观遗传, 还有酶活性调控	外在, 相关	帮助理解, 励志
翻译体系和密码子	谍战主题PPT讲解密码子的破译过程。思考: 密码没被破译但发报员叛变会怎么样? 翻译过程的保真性; 第二套密码子	外在, 相关	知识情景化, 类比启发思考
代谢底物特征	归纳思考: 为什么合成和分解代谢的底物需要活化? 为什么合成代谢需要引物? 对生活有什么启发	内在, 相关	生活感悟, 培养深度思考习惯
代谢调控	分组讨论: 从饥饿到进食再到饥饿, 体内发生了什么? 涉及到哪些生化代谢和调控	内在, 外在, 相关	增加知识系统性
代谢调控方式	讨论: 细胞区室化和穿梭如何影响代谢? 和人类社会有什么相似之处	外在, 相关	贴近生活, 启发思考

部分的经典实验, 通过动手实践也可以加强学生对抽象知识的掌握。(3)逻辑性、实验性强。生物化学知识是建立在实验结果上的, 知识的理解和掌握需要学生具备一定的逻辑思维, 因此在教学设计上需照顾思考能力弱的学生。另外, 还要注意理论课程和实验课程的结合, 通过多感官手段来降低外在负荷。在实践中我们发现, 在实验课上, 很多学生反映不熟悉实验步骤, 动手时常出现手忙脚乱的情况。针对这一问题, 依据生物化

学实验教学大纲和教案, 制作了课程所有实验项目和所用仪器的操作视频, 以供学生提前预习和巩固复习。此外, 未来的人才培养方向越来越强调学生的科学探究能力, 探究和动手的过程充分调动了学生的旧体系, 能够使相关负荷有效增加。在实施精准教学过程中, 开放型实验还可作为培养和提升能力突出学生的一个切入点。(4)与其他学科和生活联系紧密。生物化学的理解需要一定的化学和物理学知识, 因此在一些难点上要注意

适当介绍相关知识并做到逻辑清晰,进而降低外在负荷。此外,一些与其他学科、日常生活、社会热点、优秀传统文化、生命安全与健康等重大主题教育内容联系紧密的知识点也可适当融入课程教学,以增加相关负荷^[7](表2)。值得注意的是,生命活动的规律中也蕴含很多人生道理,是课程思政的良好切入点,如表2所示SOS修复——做事分清轻重缓急、中心法则及蛋白质结构决定功能——如何看待命运、代谢底物活化如糖酵解葡萄糖磷酸化——精准管理等。在此,以DNA复制用RNA作引物——对抗拖延症为例:在讲授DNA复制章节时,关于DNA复制的高保真机制中有一条就是使用了RNA作为引物。在讲授时可抛出问题:为什么要用RNA作为引物而不用DNA?首先这和DNA聚合酶的特性及RNA聚合酶的能力有关;更重要的是,DNA复制最开始的几个核苷酸最容易出错,若使用RNA引物即使出现差错最后也要被DNA聚合酶 I 切除,从而提高了复制的准确性,同时提高了速度。许多同学面临不能按时提交作业,尤其是拖延症的困扰,我们可以借鉴细胞如何执行任务。对于一个任务的完成,不应过于拘泥于完美主义,避免过度的准备和对完美结果的期待而导致行动延迟,最终形成逃避行为。应当先动起来,通过做的过程不断总结反馈,并根据反馈调整和优化,逐步接近任务的最终结果。对抗拖延的关键在于采取积极行动,在知中行,在行中知,通过“知行合一”实现任务的高效完成。此外,许多同学对前途感到迷茫,这种情绪甚至会严重到影响其心理健康。在这种情况下,跳出井底蛙的思维,放下心理包袱,行动起来才能找到自己的方向。正如名句所言:“敢问路在何方?路在脚下”。(5)内容更新速度快。生物化学发展迅速,经常有新的研究结果推翻或补充旧的概念,例如之前认为RNA只有3种,但近些年发现还有小RNA等种类;2018年关于酶的催化反应类型增加了第七类酶;关于基因复制、转录、表达调控体系的内容也不断有新的发现等。这些新发现会补充甚至改变教科书,则需要教师及时“充电”,在课堂上适当引入前沿知识,增加相关负荷,提高课堂兴趣、减少学生疑惑。(6)知识的普遍性和特殊性矛盾。普遍性是生物化学的特点,几乎所

有生物共用一套遗传密码、遵循同样的代谢规律,但是个别生物体也存在特例,如成熟红细胞无细胞核、一些酶的本质是RNA、酶的最适pH一般呈中性但胃蛋白酶需酸性环境等。这种普遍性和特殊性也是遗传和进化的表现。因此,要注意选取合适的教学素材,简单的引申使知识结构更立体,通过适当引入内在负荷来增加相关负荷,减少学生因遇到个例矛盾而引发的学习恐惧。

2.3.2 从学生主体角度进行设计

根据基础不同对学生进行分组,布置课外作业或小组任务,基础薄弱的学生进行慕课学习,补习无机化学和有机化学等基础课程并互相检查;中等程度的学生进行习题梳理、思维导图、代谢图制作、翻转课堂等任务;学有余力的学生进行文献综述、案例分析、科学家故事、生化歌曲创作等高层次小组任务。课外活动从不同角度切入,使不同程度的学生都有所提高,同时增加了他们的学习积极性,但不增加他们的学习负担。实践结果显示,学生分组完成了《模型制作》《蛋白质的合成功动画》《抗生素的故事》《富兰克林的遗憾》《谁才是营养软糖的最佳选择》《维生素》《线虫中小核糖核酸及其功能研究进展》等任务(部分成果如图3所示),课外活动更丰富,也增加了对课程的激情和兴趣。

2.3.3 从教师教学周期角度进行设计

接下来,从教师教学周期角度进行几方面设计。(1)课前准备。以减少学生负担为宗旨,在内容上要明确教学目标,突出重、难点,以帮助学生构建知识体系为目的,同时保留一些弹性内容,以满足不同程度的学生需求。在手段上要有效利用多媒体,合理编排和讲解PPT课件,图文同步(注意聚焦原则),采用图表、动画等多种呈现手法(多通道原则),避免重复和装饰性误区(减少冗余原则)。在节奏上,要考虑到学生的认知能力,张弛有度。由于知识结构的复杂性和整体性,有些知识点(如“酶的活性中心特征”一节)很难归到具体某一章节体系,因此PPT课件要对教材的章节内容进行拆分、调整,前后呼应,同时适当重复以增加相关负荷。(2)课堂教学。在课堂教学刚开始时,采用有趣的问题引出主要教学内容,能有效降低学生外在负荷;利用学生熟知的关联案例等



A: 翻转课堂PPT; B: 代谢图; C: 科普文章; D: 科学家故事; E: 模型

图3 部分作业和小组成果展示

开场,可增加相关负荷,做到使学生和课堂同频。学生被带动起来后,则可按照教案进行,但要注意观察学生反应,在有一定量的学生表现出认知负荷超载时,要及时调整节奏,熟练使用工作样

例、任务补全、不断回顾等技巧,避免无效教学。(3)课后教学反思和反馈调整。在课后根据课堂效果或学生认知负荷测量结果对课堂教学和教案进行评价,分析原因,是教案设计问题还是其他偶

然性因素,进而有针对性地进行调整。同时,根据每个学生的学习档案进行精准教学,在不增加外在负荷的前提下布置个性化作业。在课后还要定期进行学情调查,通过谈心、游戏、体育锻炼等方式提高学生的“心智能量”,增加认知负荷承受力。(4)从教学系统整体角度进行设计。除了教师课堂教学环节外,学校硬件、管理、社会影响、学生心智发育程度等也会对教学过程产生不同程度的影响,其主要以外在负荷和学生抗负荷能力的方式影响学生学习,同样不容忽视。再者,教育系统中的一些问题如教师考核制度、学生选拔制度等也间接影响着教学。从长期来看,需在系统整体上注意教师职业道德修养、制度完善等方面的健康发展,从短期来看,教师需对学生进行有效的思政教育和积极引导。

3 认知负荷测量评估

超负荷会导致学习疲劳、反应迟钝、甚至厌学,而过低负荷则会导致学生开小差、错误估计学习任务等^[8]。因此,需要对学生的认知负荷进行监控评估,以对教学设计的认知负荷量进行反馈及进一步调整。总体上讲,测量方法可分为主观测量和客观测量。其中,主观测量法主要包括问卷和量表,如Leppink等编制的主观量表、NASA-TLX量表、认知负荷量表等;客观测量法有:眼动追踪、脑电测量、双任务范式、皮肤电活动、心

率测量等^[9]。关于认知负荷测量的新方法也有很多研究,需根据实际条件或经验选择合适方法。在实践初期,可采用量表形式进行主观测量,让学生自我打分(表3),每两周左右进行评测,并根据整体结果对认知负荷设计进行评估。

4 教学效果与反思

结合学情问卷调查结果、平时作业情况、期末和期末考试成绩,在不同阶段对教学效果进行跟踪。实践前后的问卷调查显示:影响期末成绩的因素中,认为课程内容多的学生占比与学前相比显著下降;另外,认为自我管理不足、基础不好的学生占比也略有下降(表1)。这说明新的教学设计可以帮助学生在一定程度上减轻内在和外在负荷,提高学生对知识的记忆和理解程度,同时提高学生自主学习的积极性。同时,根据各章节特点,通过代谢图比赛、每章思维导图作业、维生素翻转课堂等形式,进一步提高了学生的学习兴趣 and 积极性。基于学生的学习档案,指导学有余力的同学进行课外活动,通过自愿结组完成了包括模型制作、综述和科普文章写作等在内的多项作品(图3)。这些活动不仅督促了学生及时归纳总结所学知识,也加深了其对知识的理解。

经过一学期的改革,学生期末考核的平均分、90分以上和80~89分的学生比例较上届有不同程度的增加,其中80~89分的学生比例明显上升,同时

表3 认知负荷测量表

测量点	描述	分值					备注
		1	2	3	4	5	
心理需求	你认为最近你学习生物化学课程的心理压力有多大? 感觉难还是简单? 有信心还是担忧	很简单, 有信心	较简单, 有点信心	一般, 还行	有点难, 有点担心	很难, 很担心	
时间需求	你感觉最近在学习生物化学时的效率怎么样? 你认为花费的时间够还是不够	效率高, 有足够时间	效率较高, 时间够了	效率一般, 时间紧张	效率低, 感觉时间不够	效率很低, 常完不成计划	
体力需求	你认为最近学习生物化学对体力需求有多大	无感觉, 轻松	需要付出, 还行	一般, 还可以	感觉比较累	感觉很累	
努力程度	你认为你最近在学习生物化学上的努力程度如何	很努力, 很快乐	较努力, 能自控	没特别感觉	想努力, 难自控	不够努力, 想逃避	
受挫程度	你觉得最近生物化学课堂上的状态怎么样	有趣, 专注, 有满足感	有趣, 比较专注	一般, 还行	有难度, 有挑战	挫败感强, 想放弃	
小测结果	你最近在课堂(课下)测验的平均结果怎么样	90分以上	80~90分	70~80分	60~70分	60分以下	

表4 生物化学课程教改前后学生的期末成绩

时间	平均分	各分数段学生的比例(%)				
		90分以上	80~89分	70~79分	60~69分	60分以下
2022(教改前)	75.7±2.74	19.20±3.64	25.30±0.32	28.90±7.93	19.70±9.86	6.90±2.04
2023(教改后)	77.5±1.73	21.10±0.60	27.70±0.07*	27.10±7.93	18.60±1.95	5.50±5.31

数值表示为平均值±标准差, * $P<0.05$ (t 检验)

不及格率略有下降(表4), 考核完成度较好。学生在课后感悟中表示, 知识点之间要串联成线, 不能分开、不能靠死记。在记忆过程出现混淆情况时, 可以借助思维导图来进行记忆。有学生认为, 小组学习对理解知识难点有帮助。在新教学设计的课堂中, 学生自主学习的积极性提高了, 学习能力也得到了提升, 为后续专业课的学习奠定了较好的基础, 形成良性循环。不过, 从学情反馈(表1)中也可以看出, 学生对抽象知识的理解和掌握仍然是一个教学难点, 有待后续教学计划中进行相应调整。

通过反思, 我们也分析了教学中存在的不足, 并提出了可能的改进方法。(1)虽然降低学生的认知负荷有助于普遍提升学生的成绩, 但对于一些自身心理负担较重的学生来讲, 这并不能有效解决其心理、家庭及社会层面的问题, 因此对于不及格率的改善效果不够显著(表4)。要改善这种状况, 必须从问题原因出发, 通过谈心谈话找出症结, 并尝试从根本上解决问题。(2)学生的认知负荷还与学期内的课业繁重程度有关, 在课程较多、难度较高以及课外活动较多的学期中, 降低单一课程的认知负荷对学生整体学习负荷的改善效果并不明显。因此, 需要在学校层面对培养方案、课程时间设置、排课细节等做综合、详细的调研和调整。(3)认知负荷评估的准确性会影响教师决策及改革的成败。目前, 认知负荷评估仍以主观测量为主, 往往存在一定的偏差。而比较准确的客观测量通常需要较大的经费投入和能力提升。鉴于认知负荷理论的实践还处于萌芽阶段, 今后的改进还依赖于更多教师的实践经验积累、学校的资源投入和技术层面的进一步支持。

5 推广价值

我们目前仅在两个专业进行了小范围的实践,

但是认知负荷理论展现出了显著的应用潜力。虽然不同专业学生的基础和能力有所差异, 但由于认知负荷理论立足于认知科学, 其在教育中的普适性和推广价值显而易见。此外, 对兄弟院校的生物化学相关专业教学同样具有借鉴意义。现阶段许多高校的生物化学教学存在一些共性问题, 如部分学生自主学习能力差、课程思政教育薄弱, 以及课时数被压缩等^[10,11]。基于认知负荷理论的教学设计, 从学生的角度出发, 将有效弥补这些教学短板。该理论强调“知行合一”, 紧密契合学生的认知发展和学习进程, 有效避免教与学“两张皮”的现象, 为打造“金课”助力。同时, 该理论要求教师在教学中投入更多的时间和精力, 不仅能提升教师的教学水平, 也为教学监督提供了新的思路, 并有助于实现教育现代化。

6 总结

教学设计要采取多种手段、考虑整体效果(降低外在负荷), 以完成教学目标(降低内在负荷)为目的, 以帮助学生建立完整知识体系(优化相关负荷)为着眼点, 立足人类认知科学, 以学生为中心, 根据每个学生的心智水平和学情档案设置共性教案和个性方案。认知负荷理论被认为是“最具教学指导意义”的理论, 在教学设计中时刻考虑三种认知负荷原则, 根据章节内容特点选用合适的策略, 可避免为了改革而改革的形式主义、防止“见木不见林”, 做到“因材施教”、事半功倍, 助力教学目标的顺利实现。

作者贡献声明:

李龙娜: 项目总结, 数据整理和分析, 论文撰写;

崔为体: 项目计划和实施, 论文撰写和修改。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

参考文献

- [1] 边坤, 王岩. 在线学习者认知负荷研究进展(2007-2021). 安徽开放大学学报, 2023, 2: 52-58
- [2] 约翰·斯维勒, 杰伦·范梅里恩伯尔, 弗雷德·帕斯/著. 李爽, 盛群力/译. 认知架构与教学设计20年(上). 数字教育, 2022, 6: 85-92
- [3] 孙崇勇, 李淑莲. 认知负荷理论及其在教学设计中的运用. 北京: 清华大学出版社, 2017
- [4] 薛耀锋, 王坤, 邱奕盛, 等. 基于多模态数据的在线学习认知负荷评估. 现代教育技术, 2024, 34(3): 79-88
- [5] 杰伦J.G.范梅里恩伯尔, 约翰·斯维勒/著. 钟丽佳, 盛群力/译. 认知负荷理论: 教学设计与策略——兼谈在健康专业教育中的应用. 当代教育与文化, 2015, 7(6): 28-35
- [6] 高倩倩, 曹苒, 李雪峰. 教学干预对学生科学本质观的影响: 基于实证研究的元分析. 化学教育(中英文), 2024, 45(7): 76-82
- [7] 孙丽云, 姜瞳, 辛秀娟, 张悦. 基于认知负荷理论和互证互补理论的遗传学理论与实验课程教学策略的探索. 高校生物学教学研究(电子版), 2022, 12(2): 48-52
- [8] 邹志伟. 学生学习过程中认知疲倦及其现状. 河南大学, 2012
- [9] 虞天芸, 黄新辉, 王志军. 数字化环境下多媒体学习认知负荷实证研究综述. 终身教育研究, 2022, 5: 65-72
- [10] 吴侗珩, 王林涛, 戚小强, 等. 基于PBJ教学模式的微课+翻转课堂在生物化学教学中的设计与应用. 生命的化学, 2022, 42(12): 2300-2304
- [11] 董德刚, 潘玲玲, 宋梅, 等. 生物化学课堂融入“动态平衡与稳态观”的教学设计与实践. 生命的化学, 2023, 43(12): 1995-2000