

提高生化反应工程教学效果的探索

姚传义

(厦门大学 化学工程与生物工程系, 福建 厦门 361005)

[摘要] 在生化反应工程教学中, 我们重点讲授理论处理方法, 培养科学思维方式; 通过互动式教学提高学生学习的积极性和参与意识; 补充介绍一些数值计算方法, 克服学生对复杂数学问题的畏难情绪。

[关键词] 生化反应工程; 生物反应; 教学方法

生化反应工程是生物工程专业的主干课, 是以生化反应动力学为基础, 综合运用传递过程原理、设备工程学、过程动态学及最优化原理等化学工程学的方法, 进行生化反应过程的工程分析与开发, 以及生化反应器设计、放大、操作和控制的一门学科。^[1] 因此, 生化反应工程是化学反应工程的一个分支, 是当前反应工程研究的前沿领域。

生化反应过程中既包含物理现象, 又包含化学现象和生物现象, 涉及物理化学、生物化学、化工热力学、传递过程、优化与控制等学科领域, 且对数学基础要求较高, 学生普遍感到此课程难学。因此, 如何提高教学效果, 让学生既掌握了本课程的基本原理和方法, 又不致于产生畏难情绪, 就成为生化反应工程教学中一个现实的问题。

一、重点讲授理论处理方法, 强调科学思维方法的建立和应用

生化反应过程中, 影响反应结果的因素除了动力学外, 还有工程因素如返混、传质和传热等, 工程因素的影响与反应器型式、操作方式、操作条件等决策变量直接相关。反应工程的思维方法提示了上述决策变量对反应结果的影响, 实质上是通过影响反应场所的浓度和温度, 进而对反应速率、反应选择性产生影响的。^[2] 为培养学生的工程观念, 教学中应着重培养理论思维, 通过原理分析、数学推导和推理形成理论和概念, 这一严密的思维过程是认识规律的基础。

现在许多大学生存在一种错误观念或侥幸心理, 认为大学学习只须记住一些重要的概念、结论和公式就可以了。而对生化反应工程, 如果没有对基本概念和理论处理方法的充分理解, 仅仅记住公式显然是不够的, 同时也是不现实的。就拿我们选用的教材《生化反应动力学与反应器》一书而言,^[1] 全书中公式多达一千多个, 全部记住是不可能也没有必要的, 关键是要掌握处理过程和理论方法。

以固定化酶催化反应中内扩散限制效应的影响为例, 底物由固定化酶颗粒外表面向内扩散, 边扩散边反应, 形成一个由表及里逐渐降低的浓度分布, 不同位置的底物浓度不同, 则反应速率也不同, 如何计算总反应速率呢? 反应工程的处理方法是: (1) 通过微元质量衡算, 建立反应扩散方程; (2) 求解反应扩散方程, 得到固定化酶内的浓度分布; (3) 通过对浓度分布函数求导, 计算固定化酶外表面处的底物扩散速率, 在稳态条件下, 固定化酶颗粒内总的反应速率即等于外表面处的扩散速率。这种处理方法是通用的, 而具体的计算过程则与固定化酶颗粒形状及酶反应本征动力学有关: 对球形、薄片形催化剂, 所得反应扩散方程型式不同; 本征动力学为一级和零级时, 反应扩散方程可解析求解, 而对米氏动力学则只能数值求解。在教学中, 应着重讲解处理方法, 具体的公式要知道其来龙去脉, 能看懂即可, 而无须死记硬

背。只要学生掌握了处理方法,在日后的工作中,遇到更为复杂的情况,就能举一反三,对工程实际问题进行计算和分析。

二、利用互动式教学调动学生学习的积极性

现代教学理论认为,教学是一个双向互动的过程,教学方式应变单向/灌输式^[3]为双向/引导式^[3],教师要从/讲授者^[3]变为/引导者^[3],要为学生创造条件,让学生主动地参与到教学中来,以充分发挥学生的主体作用,调动其学习的积极性和创造性。^[3]生化反应工程是一门理论性较强的课程,其知识点前后衔接,逻辑性强,如果前面的知识没有掌握,就会对后面的学习带来很大困难,学生课上一时走神,则可能导致后面的内容无法听懂。因此,学生注意力集中就成为保证教学效果的基本前提。

互动式教学是指在教学过程中充分发挥教师和学生的主观能动性,形成师生之间相互对话、相互讨论、相互观摩、相互交流和相互促进的一种教学方法。^[3]互动式教学的一个重要特征就是/参与性^[3],它强调教师与学生之间的双向交流,有利于集中学生注意力,充分调动师生双方的积极性和能动性,活跃课堂气氛,改善教学效果。

课堂提问可以增加学生与教师、学生与学生间面对面直接对话的机会,最大限度地调动学生的学习积极性。课堂提问包含两个方面的内容:一方面是鼓励学生就不懂的问题向老师提问。但我们在教学实践中发现,能做到主动提问的学生较少,并不是没有问题,大部分学生会把问题留到课下自己看书解决。如果课下仍然没有看懂,往往就搁置一旁,导致掌握知识不扎实;另一方面则是由教师提出问题,学生解答,再由教师讲评。教师所提问题应围绕要求学生掌握的重点和难点,既有利于学生掌握该课程的核心内容,又有利于教师了解学生对所学知识的掌握程度,并能加强学生分析问题和解决问题的能力。在课堂提问中,教师应精心设计问题,难度要适中,既要针对核心教学内容,又有利于启发学生进一步思考,在学生的选择上也应注意,尽量避免学生无法作答的情况,以免学生产生挫败感,加剧畏难情绪。在教师的讲评中,应对学生解答中合理的内容充分肯定,对错误的部分要正确引导,帮助学生分析出错的原因,找到正确的答案,从而建立学生正确的科学思维方法。

适当地采用课堂提问,不仅有助于集中学生听课的注意力,同时有利于建立学生的信心,让他们认识到自己完全有能力学好这门课程,并体会到运用所学知识解决问题所带来的乐趣。

三、补充介绍一些数值计算方法,提高学生数学基础

虽然目前生化反应工程研究开发中仍以经验方法为主,但随着科学技术的发展,用数学模型法对生化反应工程有关内容进行研究也正在迅速发展,并备受关注。数学模型法就是用数学语言来表达生化反应过程中各个变量之间的关系。采用数学模型法,可用几个关键变量来代替复杂的反应过程;可将微观现象同宏观现象相联系;可以用来预测反应的结果;可以用于检测出可能是重要的但尚未知或被忽视了变量和参数;可以帮助搞清反应机理。^[1]

许多数学方法在反应工程领域获得成功应用,解决了工业反应过程分析、设计、优化中的各种实际问题,^[4]如反应扩散方程的建立和求解阐明了非均相反应过程中反应和扩散的相互影响、摄动理论用于全混流反应器的稳定性分析、最优化方法用于动力学参数的估算等。

虽然本科生学过高等数学、线性代数、概率论等数学课程,但面对生化反应工程中众多的数学模型,其数学基础仍然是不够的,特别是很多模型具有多变量、强交联、非线性的特点,这些模型大多无法解析求解。如本征动力学符合米氏方程的反应扩散方程只能数值求解,停留时间分布的计算中需用到数值积分的知识,动力学参数回归中常用到最优化方法等。因此,我们补充介绍了一些生化反应工程中常用的数值计算方法,包括数值积分中的梯形法、龙贝格法、辛普生法;求解常微分方程(组)初值问题的龙格-库塔法;最优化中的单纯形搜索法等。这些方法在课上只作简单介绍,并不要求学生全部掌握,但却可以克服学生遇到复杂数学问题时的畏难情绪。有兴趣的同学可以在课下找相关书籍自学,以提高其计算能力,这对于他们今后的课题研究及实际工作都是有益处的。

四、考核方法

为了调动学生的学习热情,引导学生学会思考,更好地掌握生化反应工程中的方法论,在考核方法中,我们采用平时成绩加期(下转第108页)

浅谈工程硕士培养的规范化管理	王燕春等 (291)
制订学位标准 推进工程硕士教育可持续发展	房鼎业 (294)
化学工程领域培养工程硕士的认识与实践	徐心茹等 (296)
注重课程设置 强化领域特色	唐燕辉等 (12100)
量身定制 确定工程硕士课程体系	范素娟等 (12102)

会 讯

华东理工大学全面工程教育理念在国际学术会议上反响强烈	高教所 (325)
----------------------------------	------------

体育专栏

对我校大学生/ 体育生活0 现状的调查与分析	王莹侠 (12105)
对普通高校体育教学可持续发展因素与对策的探讨	骆晓玲 (12107)
高校体育教学中学生自主学习的实践探索	宋剑英 (22105)
负重有氧健美操对大学女生 BMI 和 WHR 影响的实验研究	马 云等 (32102)
论高校健美操课程建设与改革	柏 娟 (32105)
浅析体育游戏在篮球教学中的运用	倪晓鸣 (42104)
试论形体课舞蹈教学中的情感培养	孟慧清 孙立涛 (42106)

(上接第 45 页)末考试的综合评定方法。平时成绩由作业、平时测验、考勤情况决定,在总成绩中占 30%,期末成绩占 70%。同时,为了避免学生在考前死记硬背公式,试卷中列出相关公式供学生选择采用,考试的核心是学生分析问题、解决问题的思路和方法。我们认为这种考核方法有利于学生平时认真学习、认真作业及训练科学的思维方法。从实践情况看,该方法比较合理,能客观反映学生掌握知识的程度,学生反应良好。

(责任编辑:吴文水)

参考文献:

- [1] 戚以政,汪叔雄编著.生化反应动力学与反应器(第二版)[M].北京:化学工业出版社,1999.
- [2] 张濂,许志美.5 化学反应工程原理6 教材体系与教学[J].化工高等教育,2004,(2):1132114,122.
- [3] 王莅,辛峰,徐艳.互动式教学在本科生反应工程教学中的实践[J].化工高等教育,2005,(4):64266.
- [4] 朱开宏,袁渭康.学术上有深度 应用上有价值.[J].化工高等教育,2004,(3):4235.

Study on Improving the Teaching Effect of Bioreaction Engineering

Yao Chuanyi

Abstract: In bioreaction engineering teaching, we put emphasis on theoretical treatment, stressing the creation and cultivation of scientific mode of thinking. The study enthusiasm and desire to participate of students were improved by using interactive teaching. Some numerical methods were supplemented to eliminate the fear of students to some complicated mathematical problems. The daily performance and final examination were combined to give a composite score, which objectively reflecting the grasp degree of a student to this subject. The teaching effect was satisfactory.

Key words: Bioreaction engineering; Bioreaction; Teaching methods