

小组作业及 Origin 软件在 高分子化学教学中的应用

郭 霖*

(青岛大学材料科学与工程学院, 青岛 266071)

摘要:将 Origin 软件用于高分子化学教学,选择合适的习题设计成小组作业,并通过翻转课堂进行交流、总结,让学生在中学、教中学、学中做、学中思,取得了良好的教学效果。找到了将工程教育专业认证所要求的,学生使用现代工具的意识与能力、合作意识与能力、交流与表达能力的培养,渗透、融入到高分子化学教学中的结合点与切入点,找到了在 高分子化学教学中培养学生上述意识与能力的具体方法与实现形式,使学生在完成这些小组作业的过程中,不仅学会并练习用 Origin 软件解决 高分子化学相关问题,同时相关意识与能力也得到培养。同时,也使“以学为中心”、“以学生为中心”的理念在教学设计与教学实践中得到有效贯彻。

关键词:高分子化学; 教学; 小组作业; Origin 软件; 意识培养; 能力培养; 翻转课堂; 迭代学习; 元认知

引言

使用现代工具的意识与能力、合作意识与能力、交流与表达能力是包括 高分子材料与工程、复合材料与工程等专业人才培养,特别是新工科人才培养的重要内容与要求,也是工程教育专业认证指标体系中要求的重要非技术指标。

由于培养计划的学分及总课时限制,针对每一项指标开设专门的课程,特别是必修课,既不现实,也无可能,将其渗透及融入到培养方案现有相关课程的教学过程中,则是可行和现实的选择。要做到这一点,需要这些课程的教学过程中,存在合适的结合点及切入点,如有需要借助计算机及相关软件才能解决,或才能更好解决的问题,并且需要担任相关课程教学的老师能够花费心思找到这些结合点与切入点以及合适的应用例,并进行精心设计来实现。

高分子化学课程中存在一些需要借助计算机及相关软件才能更好进行解决的问题,这类问题普遍涉及通过作图及回归分析的方法,特别是线性回归分析/线性拟合的方法,用所学 高分子化学知识处理相关聚合反应体系的实验数据,这类题目本身设计的非常好,实用性也很强,虽不适合出现在考试中,但非常适合,也应该作为 高分子化学作业让学生来做练习。然而,因为涉及到画图及回归分析,作为作业,如果要求学生通过计算器+坐标纸手工完成,则不仅费时,而且所得结果的误差,特别是主观误差,会比较大,并且也无益于培养学生使用现代工具的意识与能力;如果要求学生借助计算机及相关科学绘图与数据处理软件,如 Origin 来完成,则不仅可以比较容易且非常准确地解决问题,而且可以在此过程中培养学生使用现代工具的意识与能力。但遇到的问题却是,介绍该软件及其使用方法与应用的相关课程,比如计算机在化学中的应用,通常是选修课,而非必修课,并非所有学习 高分子化学课程的学生都了解并掌握 Origin 软件的使用,如果直接把 高分子化学教材中的这些习题以课后作业的形式,要求全体学生各自独立完成,则对此前不了解,也未学习过 Origin 软件的那部分同学来说,显然有失公平,会引起学习上的不公问题。故而,虽然这些习题很有练习价值,但长期以来,在 高分子化学教学过程中一直无法作为作业布

10.14028/j.cnki.1003-3726.2021.07.010

收稿:2020-01-02;修回:2021-01-07;

基金项目:本工作得到山东省普通高等学校教学改革试点课程“高分子化学”项目(鲁教高字[1999]27号),山东省省级精品课程“高分子化学”项目(150410030),山东省一流课程“高分子化学”暨青岛大学“以学为中心”课程“高分子化学”项目(RC1900004947),青岛大学研究生教育质量提升计划“计算机在化学中的应用”项目(RC19000016633)基金资助;

* 通讯联系人:郭霖(1964-),男,教授,主讲 高分子化学、计算机在化学中的应用。E-mail: guolin@qdu.edu.cn.

置给学生来练习,当然,也就无法通过这些题目,培养学生使用现代工具的意识与能力。

最近,结合加大过程考核,以及加强工程教育专业认证指标体系中非技术指标的落实,我们尝试并找到了解决上述矛盾问题、消除上述困扰的方法与方式,即小组作业(大作业)。通过将这些问题设计成要求小组合作完成的小组作业,变不利为有利,变困难为条件,变限制为机会,使所有选课学生,无论此前是否学习或接触过 Origin 软件,都能够参与进来,且都能在此过程中有所收获,都能在此过程中学会用 Origin 软件解决高分子化学中的具体问题,并在此过程中,自然地将问题的解决与现代工具的意识与能力、合作意识与能力、交流与表达能力的培养有机地结合起来,使学生在合作解决上述问题的过程中,可以自然而然地培养这些意识与能力,不仅一举多得,而且润物无声。

1 题目选择与小组作业设计

1.1 题目选择

选择的是所用教材^[1]中逐步聚合、自由基聚合、共聚合及离子聚合几章中涉及绘图及线性(或/和非线性)拟合的一些习题,包括 63 页第 6 题、117 页第 2 题、117 页第 3 题、118 页第 17 题、118 页第 18 题、143 页第 8 题、192 页第 8 题、192 页第 10 题等。

这些题目涉及缩聚中根据实验数据判断反应级数的题目,自由基聚合中根据实验数据用两种拟合方法求引发剂分解半衰期及分解速率常数的题目,自由基聚合中根据实验数据求链转移常数的题目,共聚合中用多种方法根据实验数据求竞聚率的题目,以及离子聚合中根据实验数据求链转移常数等。

除了这些题目,其它参考书^[2]中还有一些类似的题目,如共聚合中求给定转化率时单体即时配比、共聚物即时组成及平均组成的题目,但目前尚未列入该小组作业的备选题目中。

1.2 小组作业设计

1.2.1 形式 我们所设计的小组作业(大作业)的形式为小组合作完成所给题目任务,并制作 ppt 和进行课堂讲解(翻转课堂)。以此考查学生对相关知识本身的掌握和综合运用这些知识解决复杂实际问题的能力、运行数学知识建立模型的能力、运用现代技术的意识与能力、合作的意识与能力、沟通能力、表达能力,甚至查找资料的能力等。

1.2.2 设计宗旨 使学生能通过合理分组及组内合理分工、合作学习、协同努力,借助现代工具(计算机及相关软件,即 Origin 软件)共同解决课程相关的、涉及绘图与回归分析的比较复杂的实验数据综合处理问题,并能借助合适的现代技术手段(ppt)将结果介绍给大家,使每一位同学都能在完成该大作业的过程中学会用相关工具软件(Origin)解决课程相关的实际问题,提高使用现代工具的意识与能力,拓展、加深对相关问题的思考与理解,并在更全面、深入掌握相关知识的同时,进一步培养、提高团队意识、合作精神及沟通表达能力,从而通过具体的练习,将专业认证及体现新工科思想的培养方案中的相关要求切实落到实处。

具体操作中,要保证每个小组内的每一位同学都能在完成任务的过程中共同进步、相互提高,要保证每一位同学都参与,都受益,都被评价,而且是都被尽可能客观、公平地评价——其参与程度及贡献等都与成绩挂钩,该过程中,之前没学过 Origin 的同学的收获在于,在组内学过 Origin 的同学的指导下学会使用 Origin,能用之解决本课程中遇到的实际问题,并且能把自己小组的工作讲出来;而之前学过 Origin 的同学的收获则在于用之前课程所学解决本课程中的实际问题,并能教会他人怎么做,与他人合作如何介绍自己小组的工作,在该过程中,不仅自己要复习,要会做,而且还能通过组内合作,教会组内其它没学过 Origin 的同学,并能将自己的工作总结出来,既教会了同学,自己也可以从中受益。

1.2.3 步骤与说明 (1)老师选好大作业题目,把小组作业的分值(如,10+2=12 分)、相关办法及要求告诉学生,并通知学生根据要求自主分组;

(2)学生自行分组,商量出本组的选题优先顺序,完成“抢”题(要求各组所选题目不重复),并将分组

及抢题情况报给老师；

(3)各组开始行动——在规定时间内按要求完成所选作业——组内学过 Origin 的同学负责解决问题并教会组内没有学过 Origin 的同学,全组同学共同解决问题,并完成 ppt 制作、讲解策划及问题准备；

(4)各组在规定时间内,按要求提交小组作业并进行课堂讲评,即课堂汇报交流——由各小组从本组中之前没有修过相关课程或没有学过 Origin 软件的同学中选出一位或随机抽出一位担任本组主讲,小组全体同学共同回答老师及其它小组同学的提问(若改为由老师从该组全体同学中现场随机抽出一位同学进行课堂讲解,可能更有利于促进所有同学积极参与、认真准备)。

(5)老师综合学生提交的 ppt 及课堂汇报、交流各环节表现,并考虑到专业知识及运用、分析、团队合作与沟通及表达、使用现代工具解决实际问题的意识及能力等方面,给每组同学打出基础成绩分。

(6)各组给每一位成员打出加分(自评+互评)——每一位同学根据小组整体表现及自身表现,在允许范围内给自己打分,并需获所在小组全体成员通过。依据每一位同学在大作业中的表现及贡献,每一组中未学过 Origin 的同学是从承担本组的讲解及答疑任务中获取加分,而本组中学过 Origin 的同学则主要从完成本组的任务并教会本组未学过 Origin 的同学的过程中获取加分,原则是“若大作业基础分满分为 10 的话,如果本组得分在 7 分及以下,则小组成员都不能获得加分,在 8 分以下(最多可)加 0.5 分,在 9 分以下(最多可)加 1 分,在 9 分以上则(最多可)加 2 分”。

(7)基础分打分时既要考虑本组的表现也要考虑题目本身的难度或挑战性——以此来鼓励各组在抢题中根据小组自身情况选择更有挑战性的题目,而不是优先选择容易的题目。

(8)一次“迭代”——各组根据翻转课堂交流、讲评情况,并结合对大作业相关问题的最新思考,回去对大作业重新修订、完善一遍,并再次提交,从而完成学习过程的第一次“迭代”,实现“迭代式学习”,反思问题,纠正错误、加深认识、掌握方法,巩固成果。

(9)二次“迭代”——每位同学,在学期临近结束时,结合自己在包括完成本次大作业在内的,本课程学习全过程中的探究性学习情况,进行回顾、总结,并提交相关作业,完成学习过程的第二次“迭代”,从而使学生在进一步加深对相关问题的认识、理解的同时,迭代学习能力以及元认知能力也都能有所提高。这既是贯彻 OBE(产出导向)理念的切实、有效举措,也是学生学习过程中的一种“持续改进”——我们认为工程教育专业认证所倡导和要求的“持续改进”不应只是局限在老师“教”的环节(或方面),也同样应该体现在学生“学”的环节(或方面)。

2 应用举例

2.1 应用例 1

166℃时乙二醇与己二酸缩聚,测得不同时间下的羧基反应程度如下^[1]：

时间 t/min	12	37	88	170	270	398	596	900	1370
羧基反应程度 p	0.2470	0.4975	0.6865	0.7894	0.8500	0.8837	0.9084	0.9273	0.9405

- a. 求对羧基浓度的反应级数,判断为自催化或外加酸催化。
- b. 求速率常数,浓度以 $[\text{COOH}]$ (mol/kg 反应物)计, $[\text{OH}]_0=[\text{COOH}]_0$ 。
- 首先通过绘图,判断其为(羧基不电离的)自催化反应,对羧基为三级,再在此基础上,用 Origin 进行线性拟合,得到图 1。

由拟合结果得到 $k=(1.69\times10^{-3}/c_0^2)\text{kg}^2\cdot\text{mol}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,且只能有三位有效数字。

由于教材及其配套的导读^[2]中所给的该题答案存在错误(将题中所给数据中时间的单位误作秒,因而相应地所绘的图出现错误,结果也误作 $k=(0.1014/c_0^2)\text{kg}^2\cdot\text{mol}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),我们还在课堂交流中,结合该问题,提示学生在学习中不仅要有认真的态度,独立而缜密的思考,还要有充分的自信,以及质疑的勇

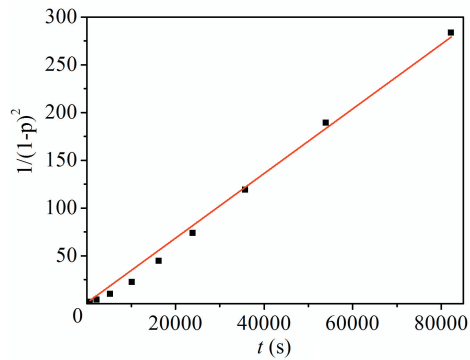


图 1 实例 1 用 Origin 进行线性拟合的结果

Figure 1 The linear fitting result of example 1 obtained via Origin software

气和批判的思维,不仅要善于解决问题,更要善于发现问题和提出问题。

2.2 应用例 2

60℃^[1]过氧化二碳酸二环己酯^[3](DCPD)在某溶剂中分解,用碘量法测定不同时间的残留引发剂浓度,数据如下,试计算分解速率常数(s⁻¹)和半衰期(h)。(注:该题中引发剂中文名称及 1.7 h 时的 DCPD 浓度皆已根据参考文献^[3]进行了修正)

时间/h	0	0.2	0.7	1.2	1.7
DCPD 浓度/(mol·L ⁻¹)	0.0754	0.0660	0.0484	0.0334	0.0228 ^[3]

用 Origin 进行线性拟合,得到图 2:

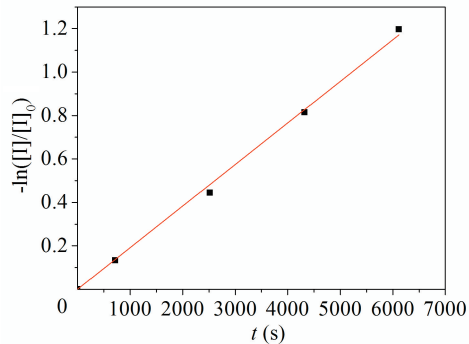


图 2 实例 2 用 Origin 进行线性拟合的结果

Figure 2 The linear fitting result of example 2 obtained via Origin software

并由拟合结果得到 $k=1.91\times10^{-4}\text{ s}^{-1}$, $t_{1/2}=1.01\text{ h}$,此结果与参考文献^[4]中所给结果一致。也可利用 Origin 进行指数拟合,得到图 3。

并由拟合结果得到 $k=1.88\times10^{-4}\text{ s}^{-1}$ (教学过程中,我们还会告诉学生,若用 Origin7.5 进行指数拟合,则结果为 $k=1.90\times10^{-4}\text{ s}^{-1}$,是我们迄今仅见的用不同版本 Origin 软件进行拟合时,所得结果会有差异的情况), $t_{1/2}=1.03\text{ h}$,此结果亦与参考文献^[4]中所给结果一致。

2.3 应用例 3

100℃下,苯乙烯(M)在甲苯(S)中进行热聚合,测得数均聚合度 $\overline{X}_n$ 与[S]/[M]比值有如下关系^[1]:

$\overline{X}_n \times 10^{-3}$	3.3	1.62	1.14	0.80	0.65
[S]/[M]	0	5	10	15	20

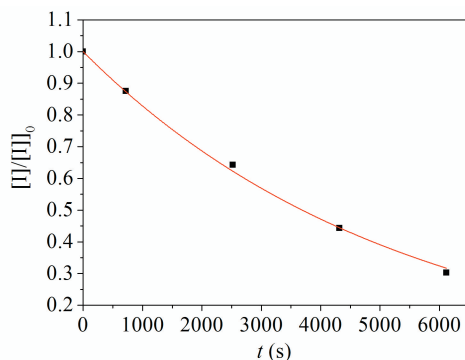


图 3 实例 2 用 Origin 进行指数拟合的结果

Figure 3 The exponential fitting result of example 2 obtained via Origin software

求向甲苯的链转移常数 C_s ;要制得数均聚合度 $\bar{X}_n$ 为 2.1×10^3 的聚苯乙烯, $[S]/[M]$ 应该为多少? (注:该题中数均聚合度 $\bar{X}_n$ 的数值已根据参考文献^[5]及^[6]进行了修正。)用 Origin 进行线性拟合,得到图 4:

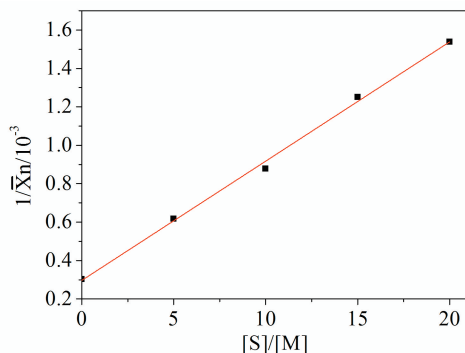


图 4 实例 3 用 Origin 进行线性拟合的结果

Figure 4 The linear fitting result of example 3 obtained via Origin software

并由拟合结果得到 $C_s = 6.2 \times 10^{-5}$, 要制得数均聚合度 $\bar{X}_n$ 为 2.1×10^3 的聚苯乙烯, $[S]/[M]$ 应该为 2.9, 此结果与参考文献^[5]中的结果一致。

3 结语

将科技绘图及数据处理软件 Origin 用于高分子化学教学,找到了将学生使用现代工具的意识与能力、合作意识与能力、交流与表达能力培养渗透及融入到高分子化学教学中的结合点及切入点,让学生在“做中学、教中学、学中做、学中思”,找到了在“高分子化学教学中培养学生使用现代工具的意识与能力、合作意识与能力、交流与表达能力的具体方法,找到了合适的用例及具体的实现形式,并进行了实践,取得良好效果。

相关教学设计与教学实践充分体现了“以学为中心”、“以学生为中心”的理念。通过这些实践,不仅让学生练习了高分子化学课程中所学相关知识的具体运用,学到了处理实验所得数据的一些具体方法并能得到正确结果,而且让他们在此过程中学会了使用 Origin 软件,培养和提高了使用相关工具/工具软件的意识及能力,锻炼了分工合作及交流表达能力,包括制作及讲解 ppt 的能力,加深或收获了友谊,一举多得。

参考文献:

- [1] 潘祖仁主编. 高分子化学(第五版). 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [2] 贾红兵主编. 高分子化学(第五版)导读与题解. 北京: 化学工业出版社, 2013: 34.
- 贾红兵主编. 高分子化学(第四版)导读与题解. 北京: 化学工业出版社, 2009: 35.
- [3] 张兴英主编. 高分子化学(第二版). 北京: 化学工业出版社, 2013: 76.
- [4] 潘祖仁, 孙经武主编. 高分子化学. 北京: 化学工业出版社, 1980: 80.
- [5] 焦书科主编. 高分子化学习题及解答. 北京: 化学工业出版社, 2004: 44.
- [6] 邓云祥, 刘振兴, 冯开才. 高分子化学、物理和应用基础. 北京: 高等教育出版社, 1997: 114.

Application of Team-homework and Origin Software in Teaching of Polymer Chemistry

GUO Lin*

(School of Materials Science & Engineering, Qingdao University, Qingdao 266071, China)

Abstract: The Origin software was used in teaching of polymer chemistry. And attempts was made to develop students' modern tool using awareness and skills, cooperative awareness and ability, and communication and expression skills required by the professional certification of engineering education via well chose and designed team homework and flipped classroom. While finishing these team homework, the students would have their above-mentioned awareness and ability being trained, through learning by doing, learning by teaching, learning while doing and thinking while learning, and learn how to solve polymer chemistry related problems with Origin software by practicing. And thus, have the concepts of "learning-centered" and "student-centered" being effectively implemented in teaching design and teaching practice.

Key words: Polymer chemistry; Teaching; Team homework; Origin sortware; Awareness development; Ability training; Flipped classroom; Iterative learning; Metacognition