

大学化学实验课程中有效数字的记录

郭 宁

(上海理工大学 理学院, 上海 200093)

摘要:有效数字是大学化学实验课程的主要教学内容之一,是培养学生在课程中理解并在日常学习与工作中规范使用有效数字,提升其对有效数字与测定误差之间关系的认识水平,树立良好规范的数字记录习惯,具有十分重要的现实意义。论述介绍了目前大学化学实验教学中关于有效数字方面存在的主要问题,并采用相应的举措建立和完善了教学方案以利于更好地解决存在的问题。通过几个学期的教学实践发现新教学方案取得了初步的成效,同时严格按照有效数字的要求记录与计算数据也是培养学生具有严谨科学素养的一条重要途径。

关键词:有效数字;大学化学;实验课程;数据记录

中图分类号: G 642.0 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-895X(2018)01-0077-04

DOI: 10.13256/j.cnki.jusst.sse.2018.01.015

On the Record of Significant Figures in the Course of College Chemistry Experiment

Guo Ning

(College of Science, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Significant figures are crucial to experiment courses of college chemistry so that students could understand figures and be able to regulate significant figures in their daily learning and research work, and could know the relationship between numbers and effective measurement error, and could form good digital recording habits. Driven by the main problems about significant figures in experiment courses of college chemistry, This paper puts forward corresponding solutions to the problems, and establishes perfect corresponding teaching solutions which proved to achieve the initial goals. It is also an important way for students to strictly record and calculate data according to the requirements of significant figures in their researches.

Keywords: significant figure; college chemistry; experiment course; data recording

化学是一门实验课程,离不开测量数据与记录数据。在我们的日常学习与工作当中,更是少不了

要与数字打交道。测量数据得到的数据记录结果,不可能绝对的准确,这在测量过程中会不可避免地

收稿日期: 2016-09-01

基金项目: 国家自然科学基金(21401130); 上海高校青年教师培养资助计划(slg15057); “上海理工大学‘精品本科’系列研究项目”专项资助

作者简介: 郭 宁(1985-),男,副教授。研究方向: 教学评价。E-mail: guoning@usst.edu.cn

带来测量误差。因此,在通过记录数据来表示结果的时候,一方面需要反映测量结果的数值大小,另外一方面也需要反映出测量结果的可信程度。只有这样,才能在工作中相互交流与评价,同时也方便别人使用你的测量结果。数值大小是通过数据来体现出来的,而我们通过使用有效数字来体现测量结果的可信程度。有效数字,一般来说是指在分析工作中实际能够测量得到的数字,能够测量到的是包括最后一位估计的、不确定的数字。通常把通过直接读取获得的准确数字称为可靠数字;把通过估读得到的那部分数字称为存疑数字。把测量结果中能够反映被测量大小的带有一位存疑数字的全部数字称为有效数字^[1-3]。有效数字的末位是估读数字,存在不确定性。由于有效数字的最后一位是不确定度所在的位置,因此有效数字在一定程度上反映了测量值的不确定度。测量值的有效数字位数越多,测量的相对不确定度越小;有效数字位数越少,相对不确定度就越大。可见,有效数字可以粗略反映测量结果的不确定度。为了取得准确的分析结果,不仅需要准确测量,而且也需要正确记录。所谓正确记录是指记录数字的位数。因为有效数字的位数不仅表示数字的大小,也反映出测量的准确程度^[4-6]。而在实际工作当中,有效数字还关系到质量保证以及人力、物力等经济效果。它不再仅仅局限在化学领域,几乎涵盖了物理、天文、能源、机械制造、土木、金融等专业的计量学知识,因此准确地记录有效数字是大学生最基本的并且无法被忽视的一项基本能力,同时准确地有效数字记录与计算习惯也反应出大学生良好的科学素养。

一、目前关于有效数字教学存在的主要问题

在大学化学实验课程教学实践中发现,与有效数字相关的教学内容存在一定的不足,没有引起广大教师和学生的重视,甚至还存在着一些错误的做法和习惯。在教学过程中还发现,有许多学生对实验数据的记录非常随意。此外,学生在对数据进行计算的结果也存在严重的问题。因此,这也往往导致了实验结果的错误。这一方面反映出目前实验教学对有效数字部分的不重视,另外也反映出部分学

生对实验测量精确度没有概念。

通过实验教学发现主要存在以下几个方面的问题。

(1) 实验数据记录很随意不规范,不按照要求在实验报告特定的表格中记录。有些同学很随意地在空白纸张或者在实验讲义上面记录数据,数据分散记录在不同的地方,往往在需要处理数据的时候却找不到数据,或者数据记录纸张遗失。

(2) 不能严格按照实验要求的准确度来选取测量容器。例如在做滴定实验时,需要准确量取25.00 mL的溶液,这时候就应该选取移液管。这是因为使用量筒时数据记录的是25 mL,而使用移液管的时候数据记录的应该是25.00 mL。

(3) 有些学生喜欢用铅笔记录数据。正确记录原始数据的时候不应该使用铅笔,而应该使用黑色水笔。铅笔记录的数据容易模糊,保存时间短且不易辨认,也给有些同学修改数据提供便利。

(4) 不能按照有效数字的要求记录数据,数据记录错误。例如在记录滴定管体积的时候,滴定管是可以精确记录到0.1 mL的,此外还需要在此基础上再估读一位,正确记录的体积数应该是保留小数点后2位。再比如在使用25 mL的移液管准确量取溶液时记录的数据应该是25.00 mL。因此,选择不同的测量容器会达到不同的测量精度,而测量精度就体现在有效数字的记录上面。

(5) 数据记录存在严重涂抹的现象。正确记录数据的方式应该是用两条平行横线在错误的地方划一下,然后重新记录数据,而不应该随意涂抹原始数据。

(6) 不恰当地处理实验数据结果。在对数据计算处理的过程中,必须按照有效数字的计算规则以及分析过程各步的精度,合理保留有效数字的位数,这样就避免得出不合理的结论。

二、解决方案

为了解决上述问题,提高实验教学质量,实现实验教学过程的精细化管理,打造精品本科教学,所以要努力探索一系列较为全面和合理的有效数字教学提高方法,并使之转化为适合实际教学,并且易于操作的有效数字教学新模式。为此,可以从以

下几个方面着手来提高实验课程中关于有效数字的教学水平。

(1) 任课老师和学生必须提高对有效数字相关知识的重视。老师在备课以及实验课程中应该重点强调这部分内容，此外在涉及到数字的部分，一定严格按照有效数字的规则来书写。在教学过程中向学生详细介绍有效数字的相关知识，使学生对这方面的知识有充分的理解和认识。针对有些实验讲义中出现的关于有效数字错误的地方，要及时向学生指出，避免发生同样的错误。

(2) 引导学生积极参与到有效数字教学模块当中，这样有效数字的教学会更加多元化，可以促使学生更加注重有效数字问题。有效数字教学模块有了学生的参与，这样也突出了学生自身在教学过程中的主体作用。

(3) 在实验过程中应该培养学生养成正确记录实验结果的良好习惯。不同的实验测量仪器测量的精确度是不一样的，要按照实验要求与实际需要选择合适的测量仪器，并且在测试完成后正确记录实验结果。正确记录实验数据可以直接反映出测量仪器的相对误差和测量精度，在实际工作中具有重要的意义，也是在实验课程中需要向学生重点强调的内容之一。

(4) 培养学生规范认真记录原始数据的习惯。原始数据的记录是记述实验过程中的各种实验及检测数据的原始资料，因此务必需要详细记录，以保证其科学性、真实性和完整性。原始数据的记录必须使用黑色水笔填写，不允许用铅笔和圆珠笔，字迹要工整清晰，不得随意涂改。如数据确实需更改时，应在错数上划两条平行横线，然后在其上方写上正确的数据。

(5) 在预习实验的过程中要求学生合理设计实验数据记录的表格。一方面使得学生更加深入地了解实验原理和步骤，另外一方面也进一步规范了学生原始数据的记录。避免了学生随意在书本和其他地方记录数据。设计数据记录表格这个环节是让学生很好地参与教学的一个重要举措，也是师生互动的一个重要体现。

(6) 按照实验数据记录正确计算分析实验结果。在处理实验数据的过程中，必须按照测量仪器的准确度以及有效数字的计算规则，合理保留有效

数字的位数，这样才能获得合理的实验结果。特别是在实验结果数据处理时，要让学生清楚地明白在计算过程中不可以随意增加或减少有效数字的位数。在加减运算中，计算结果的数据的小数点位数必须与小数点后位数最少的数据保持一致。在乘法中，计算结果的有效数字位数取决于有效数字位数最少的那个数据。

(7) 在实验操作过程中的数据记录环节，需要对学生有效数字位数保留情况多加注意，对错误的地方要当面指出，并且要及时纠正，从而引起学生的重视。在实验报告的批改中，对错误的地方，需要认真批注。每次实验课开始之前要重点强调一下上次实验报告的批改情况，将容易出现错误的地方再次强调一遍，这样在以后的实验报告中才能减少这种错误的发生。

(8) 在实验课程开始之前要向学生明确有效数字的记录将作为重点考核的内容之一，将规范记录有效数字引入到教学质量评价体系当中去。在实验结束后，任课老师也要认真检查学生的数据记录情况，要把有效数字的记录作为评价学生平时成绩的重要内容之一。

三、初步成效与经验总结

在2015—2016学年第二学期的普通化学实验课程中更加注重对学生实验过程中关于有效数字模块知识的考核评价。将有效数字模块的有关知识考核贯穿到预习报告、实验操作、实验数据记录、实验正式报告等实验过程的各个环节当中，这有助于学生加深对有效数字知识的理解和认识。

以其中的一个实验名称为乙酸电离常数测定为例来说明有效数字的教学情况。在开始备课阶段，从乙酸的平衡常数开始讨论，讲述间接法测量数据的方法。为了获得乙酸的平衡常数，需要知道溶液中氢离子的浓度以及乙酸的浓度。氢离子的浓度可以通过测量一系列不同浓度的乙酸溶液的pH值得到，而乙酸的浓度是通过标准氢氧化钠溶液的滴定来得到的。这样的话，在实验教学阶段就可以从数据的测量出发来引入这个实验课程的主题，使用间接法来测定乙酸的电离常数。间接法测量所得实验数据在以后的实验过程中会多次用到，因此除了要

求学生按照有效数字的要求来记录数据以外,还要学会必须按照测量仪器的准确度以及有效数字的计算规则来获得实验的最终结果。

在上述这个实验中涉及到有效数字的部分有滴定管的滴定体积、容量瓶配制溶液的体积、移液管和吸量管移取的溶液体积和 pH 计的读数。这样就可以将上述有效数字分成两大类,一类是关于体积的,另一类是关于 pH 计读数的。通过对关于体积有效数字的分析可以得到正确记录有效数字的方式是保留小数点后两位。另外一类关于 pH 计的读数可以直接得到也是保留小数点后两位。通过上述总结使得教学更加方便,也更加有利于学生的学习和数据记录。在这个实验中凡是涉及到体积的有关数据记录保留小数点后两位,关于 pH 计读数也是保留小数点后两位。平行滴定 2 次总共需要学生记录关于体积的记录数字共 4 个,关于 pH 计数字的记录也是 4 个。然后要求学生自己设计表格来记录数据。在实验结束时,严格检查学生的数据记录情况,遇到书写错误的地方当面指出,然后修改成正确的数据。关于对实验数据结果处理方面,要求学生按照科学计数法和有效数字计算规则的要求来计算最终的结果。在批改实验报告的过程中也将有效数字的记录和计算结果作为考核评价的重点关注内容。通过上述各个环节对有效数字内容的重点考核,发现这种做法有利于学生养成认真按照有效数字要求记录数字和计算的 habit。课堂上大部分学生在以后记录数据和计算过程中都能够按照标准来完成这部分考核要求,这对大学生科学素养的养成起到了潜移默化的影响。

从上述实验教学案例中可总结得到如下良好经验。1) 恰当的课程导入会对实验课程教学起到重要的推动作用。此外,任课教师在备课环节认真总结涉及到有关有效数字记录的内容,分类合并归纳成几类。在此基础上再引导学生自己设计数据记录表格,让学生参与到实验教学当中,发挥学生的主观能动性。2) 实验过程中还需要量化一些指标(例如需要完成的滴定次数、记录的数据个数等),

以便于考核与评价。重视实验过程中对学生的各项评价,从而加大实验过程性评价所占的比重。3) 每次实验课程结束后根据学生的实验操作完成情况,为每位学生出具一个实验等级分数。恰当的等级评价信息可以使学生更加了解自己的学习,并为今后的努力提供正确的方向,有利于提高学生学习的积极性。

四、结束语

大学在教授知识的同时,也在培养学生的科学素养。科学素养的培养不是一朝一夕的事情,而是一点一滴积累的过程。在大学化学实验教学过程中,严格要求学生按照有效数字的规则记录与计算数据,这是培养学生具有严谨科学素养的一条重要而且有效的途径。

有效数字可以说是贯穿了学生学习化学知识的各个环节当中,因此教师在教学和评价学生的过程中不能忽视这个问题,而必须把它作为教师提高教学效果的重要落脚点和突破点。只有加强有效数字在教学、实验和评价等环节的重视教育,才能使学生在大学期间养成良好的数据记录及处理习惯,从而在以后工作和生活当中使其受益终生。

参考文献:

- [1] 李珺,张逢星,李剑利.综合化学实验[M].北京:科学出版社,2011.
- [2] 慕慧.基础化学[M].第三版.北京:科学出版社,2013.
- [3] 钟国清,朱云云.无机及分析化学[M].北京:科学出版社,2006.
- [4] 付彩霞,张怀斌.有效数字在医用化学实验中的应用[J].广东化工,2012,39(14):74-75.
- [5] 郑剑,肖蕙蕙,谢芳芳.从直接测量中探讨有效数字的一般定义[J].工业计量,2007,17(4):40-42.
- [6] 陈建梅,朱方,顾浩.关于《有效数字》的过去、现状和建议(之一)[J].科技信息,2007(30):153-154.

(编辑: 巩红晓)