

课程思政视域下大一新生科学素养构建探索 ——以“有效数字”教学为例

彭一鸣^{1,*}, 邓远富², 刘英菊¹, 刘伟章³, 陈明洁¹

¹ 华南农业大学材料与能源学院, 广州 510642

² 华南理工大学化学与化工学院, 广州 510640

³ 华南农业大学数学与信息学院, 广州 510642

摘要: 有效数字知识点在大学阶段以其使用年级多、覆盖专业面广的特点, 成为塑造学生科学素养的有效手段与途径。本文在课程思政视域下, 结合理论课堂与实验课堂, 以真实问题为情境, 采用引导式、沉浸式教学模式, 由点到面, 多措并举, 有效解决了有效数字的教学困境, 为大一新生科学素养构建奠定基础。

关键词: 科学素养; 有效数字; 课程思政; 大一新生

中图分类号: G64; O6

Exploration on Construction of Scientific Literacy of Freshmen under the Perspective of Course Ideology and Politics: Taking the Teaching of “Significant Figures” as an Example

Yiming Peng^{1,*}, Yuanfu Deng², Yingju Liu¹, Weizhang Liu³, Mingjie Chen¹

¹ College of Materials and Energy, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China.

² College of Chemistry and Chemical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China.

³ College of Mathematics and Informatics, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China.

Abstract: Significant figures have become the effective way to shape students' scientific literacy, because they have been used by students throughout the college learning from a wide range of majors. From the perspective of course ideology and politics, this paper combines theoretical classroom and laboratory classroom. By taking real problems as scenarios, adopting the guided immersive teaching mode, starting from point to point, and taking multiple measures simultaneously, the stubborn disease in the process of effective digital teaching can be effectively solved, which lays a foundation for the construction of scientific literacy of freshmen.

Key Words: Scientific literacy; Significant figures; Ideological and political education; Freshman

科学素养概念于1958年第一次被正式提出之后, 逐步发展成为各国科学教育的主流认知与重要目标^[1-3]。随着时代的发展其内涵不断被扩充, 2018年的“国际学生评价项目”(简称为“PISA”项目, 每三年举行一次)将科学素养界定为具有下列三种能力: ① 科学地解释现象; ② 评估和设计研究方法; ③ 科学地解释数据与证据^[4]。科学素养是人类可以通过后天学习逐步形成的涵养与特征^[5],

收稿: 2023-04-03; 录用: 2023-06-21; 网络发表: 2023-06-29

*通讯作者, Email: lilypengyiming@sina.com

基金资助: 华南农业大学校级教改项目(JG21132); 华南理工大学教学研究项目(C9223082); 2019年广东省质量工程项目(教字[2019] 95号); 国家级一流本科专业建设资助(教高厅函[2019] 46号)

2020年5月教育部印发的《高等教育课程思政建设指导纲要》明确指出,理工工科课程的思政教学目标为:通过专业课程、课堂培养学生的科学素养,塑造学生的科学精神,从而形成协同效应,为国家培养合格的社会主义接班人、生力军^[6]。

有效数字是指在分析工作中实际测量得到的数字,包括所有准确数字和一位可疑数字^[7,8],不仅表示数值的大小,而且可以反映出测定仪器的精密程度^[9]。其应用范围很广,涵括化学、物理、生物、农学、林学、医学、机械工程、地质勘探等学科,凡是需要测量数据的领域都适用。有效数字是科学素养中最重要、最基础的技能之一,同时也是培养大一新生科学素养最简便高效的途径。“失之毫厘,谬以千里”,大一新生的有效数字问题如果得不到切实有效的解决,将导致其今后的学习与研究工作中任意增减有效数字位数等问题层出不穷,甚至造成结论误判的严重后果^[10]。

1 有效数字问题现状分析

“无机及分析化学”与“基础化学实验(无机及分析部分)”两门课程是华南农业大学面向农林、生科、兽医、理工等大类非化学专业的大一新生开设的专业基础必修课程,彼此相互依存,一一对应^[11]。两门课程均开设于大一上学期,是学生入校后最早接触到的专业相关课程。有效数字知识点是无机及分析化学中第一章学习的内容,在中学阶段也有涉及^[12],简单易懂。课本首先直接介绍有效数字的概念;接着举例应用;最后强调注意事项。由于没有直观介绍有效数字的来历、其对应的测量仪器以及各自相应的测量方法等,因而学生无法通过课本了解前人总结出有效数字这一概念的化学意义。这一现象造成学生无法理论联系实际,在实践中普遍存在两个方面的问题:① 有效数字随意记录;② 有效数字运算时更是任意妄为。

如图1、图2所示,学生在有效数字记录方面主要存在随意删减有效数字位数的问题,尤以忽略末尾数字“0”为甚。图3为邻苯二甲酸氢钾标定氢氧化钠溶液浓度实验中学生的两份数据处理截图。根据有效数字运算规则,实验中计算得到的氢氧化钠浓度本应保留四位有效数字,但人为降低有效数字的位数却可以得到看似更“完美”的实验结果。可见学生在进行有效数字运算时,遵循的并不是相关运算法则,而是片面追求平行数据的一致性。

2018年《大学化学》期刊发表的“分析化学有效数字教学中常见问题及分析”一文中也指出^[13]:据不完全统计,从2001年到2016年期间,在各类学术期刊上发表的关于有效数字教学论文达9篇之多。既往论文中有详细介绍有效数字各种运算法则的,也有在实验中强调应重视有效数字运算操练的,都力图帮助学生理解并掌握有效数字的概念与运算规则。

• 学生记录的数据

实际测量情况



图1 学生实验报告中随意记录测量数据图示之一

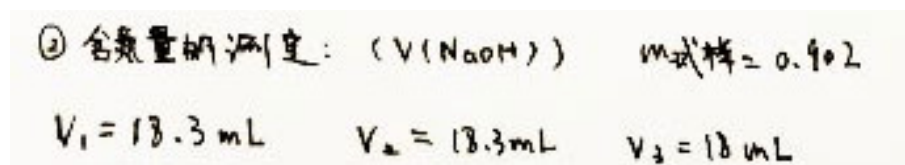


图2 学生实验报告中随意记录测量数据图示之二

称量工具为电子分析天平,体积测量使用滴定管

五. 数据处理:

① $C(\text{NaOH}) = \frac{M(\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4) \times 1000}{V(\text{NaOH}) \cdot M(\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4)}$

	$M(\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4)$	$V(\text{NaOH})$	$C(\text{NaOH})$
①	0.5189g	25.10mL	0.1091mol/L
②	0.5865g	27.20mL	0.1191mol/L
③	0.5304g	25.80mL	0.1091mol/L

氢氧化钠的浓度测定:

组别	1	2	3
邻苯二甲酸氢钾 (g)	0.5274	0.5311	0.5336
用去氢氧化钠体积 (mL)	23.40	23.79	23.85
标定氢氧化钠的浓度 (mol·L ⁻¹)	0.11	0.11	0.11
氢氧化钠的平均浓度 (mol·L ⁻¹)	0.11		

图3 学生实验报告中有效数字错误运算图示

综上所述,有效数字使用不规范问题在实践中已经十分突出,并已成为持续多年的“顽疾”,迁延不愈,严重制约着大学生整体科学素养的提升。有效数字问题是大一新生们整体缺乏科学素养、安全责任意识淡漠的一个缩影。但与其一味苛责学生,更切实可行的方法是教师从传统的重知识传递转向重视学生能力培养。本文以课程思政示范课堂建设为契机,补齐中学阶段应试教育下的德育短板^[14],着力培养学生的科学精神,提升学生科学素养,并使掌握及熟练运用有效数字成为大一新生的一项基本技能,彻底解决该顽疾。

2 有效数字多维教学思路设计

学生在有效数字方面呈现出的种种问题与教师在相关教学实践中重视运算规则、忽略记录的问题密切相关。其实有效数字记录与运算问题的本质皆为有效数字位数保留问题。因此解决的根本之道在于学生的态度与能力两方面:首先通过课程思政教学模式让学生了解有效数字的重要意义,改变其漫不经心的态度;其次在讲解时详细例举学生常见的使用问题,引发学生学习兴趣,有效加深学生对知识点的掌握程度;最后反复实操练习,落实巩固知识点。综上所述,即为理论课堂、实验课堂齐发力;线上线下相结合;多措并举,构建沉浸式教学模式,破解有效数字教学困境,详见图4所示。

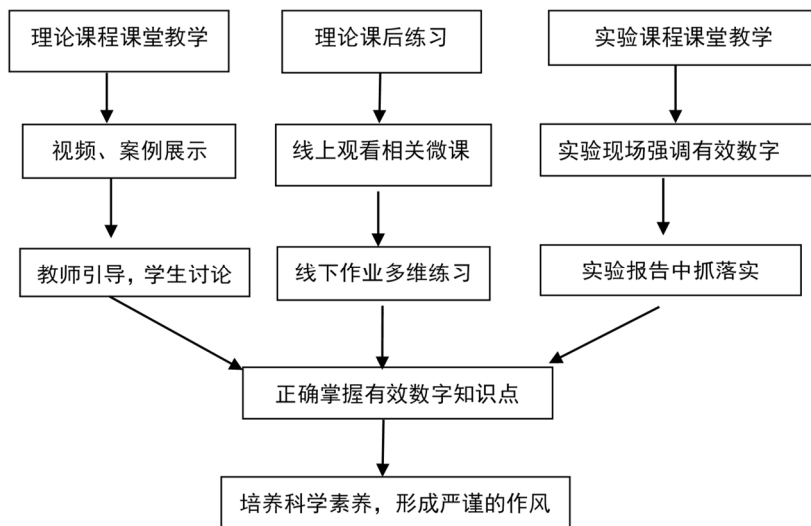


图4 有效数字教学多措并举示意图

3 教学实施过程

3.1 理论课堂教学重引导

3.1.1 课程导入

首先播放稀有气体氦气发现的小视频:1785年英国科学家卡文迪许在实验中发现:将不含有水

蒸汽、二氧化碳的空气再除去氧气和氮气后，仍有极少量的残余气体存在。但是卡文迪许并未对此现象加以重视，进行进一步的探索研究。直到1894年，英国物理学家瑞利测定氮气的密度时，发现从空气里分离出来的氮气每升质量是1.2572 g，而从含氮物质制得的氮气每升质量是1.2505 g。经多次测定，两者质量相差仍然是几毫克。幸运的是瑞利没有忽略这个实验现象，查阅相关文献资料之后，与拉姆塞合作进行一系列研究，最终发现了第一个稀有气体氩气，从此打开了通向稀有气体家族的大门。1894年到1898年短短四年时间，科学家们一共发现了氦、氖、氩、氪、氙等五种稀有气体^[15-17]。

接着让学生们讨论：氩气的发现被称为“第三位小数的胜利”^[18]。但是如果当时瑞利忽视实验数据的细微差异，没有“锱铢必较”，甚至对原始实验数据随意处理，将两次实验的原始数据记为一位有效数字或两到三位有效数字，整个实验的结论将会变成怎样呢？引导学生们自己思考，意识到有效数字规范使用的重要性。理论课堂的引入部分与思政元素融合情况参见表1。

表1 课堂引入部分与思政元素融合表

教学过程	课程内容	教学方法	教学目标	思政元素
引入	稀有气体的发现史	小视频，讲授；学生讨论	有效数字的重要性	严谨规范；探索创新、善思勤勉的科学精神

3.1.2 有效数字的记录与运算法则

通过播放教师自制的有效数字知识点微课小视频，学生从中可以清晰地了解到：① 各类型称量数据的“来龙去脉”；② 常数或是倍数关系的数据与实验数据的显著性差异；③ 各类型有效数字运算规则。接下来让学生进行互问互答的讨论式学习，深化对知识点的理解。

紧接着教师重点展示往届学生在基础化学实验课程中呈现出的有关有效数字记录方面的典型案例。通过理论联系实际，具体问题具体分析，针对性地对学生进行强化训练，打造情境式教学氛围。同时精心设计导向性提问，层层深入，引导学生多方面、多角度思考，从而真正理解并掌握有效数字知识点，详情见表2-表4。

表2 有效数字记录典型案例与思政元素融合表之一

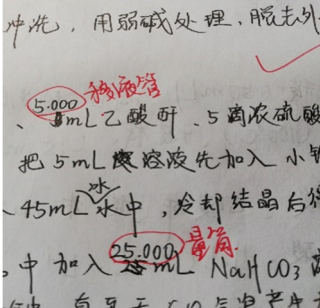
图片展示	教师引导提问	学生讨论回答	思政元素
	1. 如图5所示，在该实验报告中使用移液管移取5.000 mL液体，量筒量取25.000 mL液体为什么不对？ 2. 请查找一下可以测量5.000 mL液体的测量工具 3. 从该案例中可以得到什么经验教训？ 4. 能不能都记录为5.0 mL呢？ 5. 教师总结提醒：有效数字记录的关键为读数时一定要有一位估读数字	1. 移液管与量筒的测量精度都达不到0.000 mL 2. 找不到 3. 有效数字的位数对应不同的实验测量工具，不可以随意删减 4. 量筒可以记录为5.0 mL，移液管移取则不可以	严谨规范，实事求是， 安全责任 意识

表3 有效数字记录典型案例与思政元素融合表之二

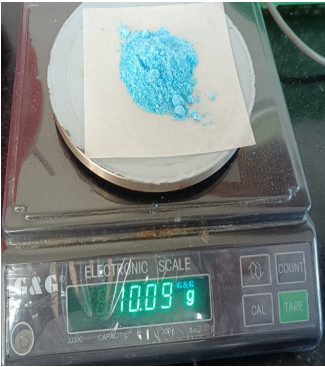
图片展示	教师引导提问	学生讨论回答	思政元素
	1. 根据图6所示，硫酸铜的称量质量记为10 g正确吗？ 2. 如果记录为10 g，会出现什么问题？ 3. 如果记录为10.0900 g，会有什么问题吗？ 4. 教师总结提醒：10.0900 g与10.09 g的有效数字位数不同，两者的相对误差区别巨大，将会对有效数字运算结果产生重大影响。如果对平行实验数据均进行此操作，甚至会对整体实验造成颠覆性的影响。小结：不可随意增减有效数字位数	1. 不正确。应该记录为10.09 g 2. 如果将实测的实验数据记录为10 g，根据有效数字末尾可疑原则，其真实值可能为9–11 g之间，甚至可能在8–12 g。这样的实验数据甚至会让人质疑是否真实进行过称量操作。并且会对后续的有效数字运算产生显著影响，进而对整个实验结论产生重大影响 3. 称量工具需要更换成测量精度更高的电子分析天平	严谨规范，学以致用，实事求是的科学精神

图6 电子台秤称量数据图

表4 有效数字记录典型案例与思政元素融合表之三

图片展示	教师引导提问	学生讨论回答	思政元素
	1.如图7所示，滴定管的度数是少？ 2.为什么不能记录为18 mL？ 3.为什么不能记录为18.0 mL？ 4.教师总结提醒：18.0 mL，这样的实验数据具有很强的迷惑性，同学们会误认为这样的记录方式是正确的，在实践中需要警惕	1. 18.05 mL 2.根据有效数字规则，如果实验数据记为18 mL，其真实数据可能在17–19 mL，误差太大 3.因为18.0 mL是准确测量到的数据，但是根据有效数字规则，若记为18.0 mL，其真实数据则可能为17.9–18.1 mL之间，误差较大	求真务实，学以致用，严谨的科学精神

图7 滴定管读数图

通过表2–表4的典型案例分析，帮助学生堵住实践中可能出现的种种漏洞，切实掌握如何正确记录有效数字的方法。学生真正理解并掌握该知识点之后，融会贯通，如文中图1–图3所展示的有效数字问题自然迎刃而解。

3.2 课后复习线上线下相结合

为帮助学生更有效地复习有效数字知识点，教师在课后持续进行引导：① 组织学生课后自行查阅有关有效数字方面的科学小故事，并在课程学习群里讨论，充分调动其主观能动性；② 在我校的教育在线平台上观看教师收集的有效数字相关小视频，进一步巩固理论知识点；③ 在线上平台设立了往届学生实验中有效数字错误集锦，方便学生理论联系实际，熟悉实验室常见情况下有效数字的正确记录方法；④ 设立线下作业，指导学生进行各类型多维度有效数字运算练习：I-常规练习，包括加减乘除法的混合运算，pH的转换运算等；II-情境式练习，主要针对真实实验数据的处理练习。例如要求学生找出图3中有关有效数字运算方面的错误，分析原因并进行改正等。

3.3 实践教学抓落实

相较于其他知识点而言，有效数字的学习与应用两方面长期处于“割裂”状态。因此充分利用与理论课堂相辅相成、互为补充的实践大课堂——基础化学实验(无机及分析化学部分)，切实强化理

论知识点教学效果显得尤为重要。通过实验现场与实验报告两大模块,强调原始实验数据记录与运算的真实性、准确性及规范性,在实践中深化学生对有效数字的理解与运用,提升学生科学素养,端正学生实验态度。

在实验课堂方面:

① 首先告知学生,有效数字的规范记录与正确运算将作为本学期实验课程的核心考核对象,在评分上重点倾斜。

② 针对每一次实验中出现的各类型称量、测量工具,一一对应,强化练习各自有效数字正确记录方法。

③ 要求学生必须用签字笔将所有原始数据记录在实验报告专用纸上,同时拍摄所有原始数据得出场景照片备查,实验结束时必须由教师签字认可。做到有的放矢,有针对性地指导学生践行有效数字知识点。

在实验报告方面:

① 首先在实验预习报告中让学生们找出该次实验可能用到的测量工具,并且注明工具的测量精度。例如:电子分析天平(0.0000 g);电子台秤(0.00 g);滴定管(0.00 mL)。

② 其次提升有效数字正确记录与运算在实验报告成绩中的占比,在数据处理环节需详细写出完整的运算过程,只显示一个最终数值的实验报告将评分很低,确保每一位学生掌握有效数字运算法则。例如:在工业五水硫酸铜的提纯实验中,数据处理时不能直接写出回收率72.6%,需要如图8所示详细写出运算过程。

③ 最后,要求学生将原始数据照片附在实验报告中,方便学生备查纠错,详情参见图9。

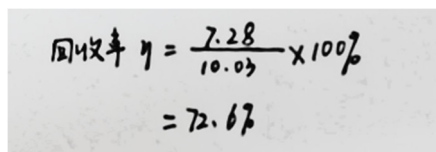

$$\text{回收率 } \eta = \frac{7.28}{10.03} \times 100\% = 72.6\%$$

图8 工业硫酸铜提纯实验中回收率计算详解图示

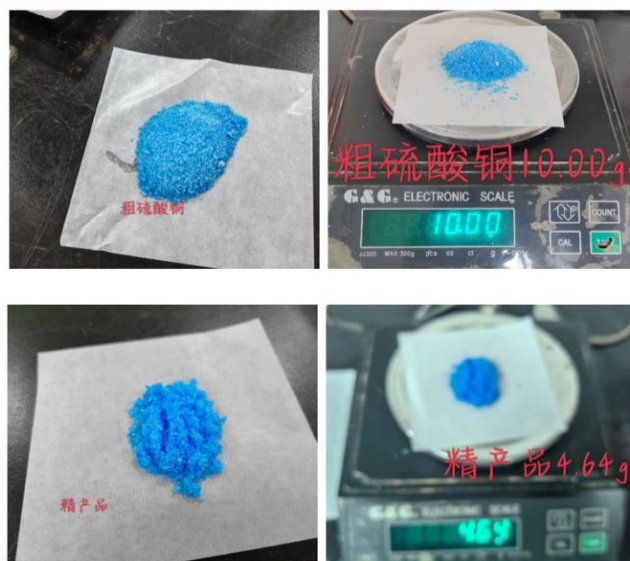


图9 工业五水硫酸铜提纯实验称量原始数据图示

4 教学评价与反馈

4.1 理论课程

笔者教授了196位22级大一新生的“无机及分析化学”理论课程,期末考试卷面最高为95.5分,最低为31分,平均分为77分。在几十个考核点中,唯有有效数字知识点的考核通过率达到100%。

4.2 实验课程

多年来,“基础化学实验(无机及分析化学部分)”课程期末考试的考题均为:硼砂法标定盐酸浓度实验。该实验需记录的原始数据多达15个,需进行有效数字运算处理的有8处,历年来的评分都集中在60分左右的区间段。经过一学期有效数字知识点的精准操练,惊喜地发现学生的期考评分大幅提升到80分的区间段,甚至出现了不少满分卷。课后不少学生总结留言:“上老师的化学实验课很开心,虽然感觉严格,但我知道是为了锻炼我们的严谨性”“很佩服在一遍遍的重复教学下老师的那份积极性,这也影响着我们”。

4.3 后续实验课程

我校的基础化学实验课程开设一整学年,分别为上学期的无机及分析化学部分与下学期的综合实验部分。在下学期的实验课程中,教改试点班与平行对照班学生之间的相关表现区别显著。教改试点班学生已经完全掌握有效数字知识点,具备一定的科学素养;平行班的学生依旧存在着较严重的有效数字记录与运算问题,教师不得不对学生进行有效数字方面的二次培训。由此可见,有效数字多措并举改革模式卓有成效,已达预期效果。

5 结语

习近平总书记指出^[19],“没有全民科学素质普遍提高,就难以建立起宏大的高素质创新大军,难以实现科技成果快速转化。”大学生科学素养的培养过程并非一蹴而就,需要多方协同,点滴积累。有效数字知识点为所有理工工科类课程涉及,其应用范围从大一的基础实验到大四的毕业论文全覆盖,具有应用范围广、时间跨度长的特点。以有效数字为切入点,构建大一新生的科学素养,具有重要的奠基意义。

实践证明通过有效数字“组合拳”式的思政教学模式,以培养学生能力塑造学生的科学素养为教学目标,在理论课堂唤起学生的责任心,在实践中要求学生正确记录及运算有效数字等一系列措施,扭转了学生的散漫态度,塑造了严谨的科学态度,为理工工科课程的进一步学习打下良好的基础,取得可喜的教学效果。

参 考 文 献

- [1] 蔡群青. 宁波大学学报(教育科学版), 2022, 44 (2), 38.
- [2] 江雪清, 宋万琚. 化学教育(中英文), 2022, 43 (11), 7.
- [3] 杜红. 吉林省教育学院学报, 2021, 44 (2), 38.
- [4] 黄芳, 黄林青, 张娥娥. 高等工程教育研究, 2022, No. 1, 116.
- [5] 徐孝娟, 吴曼丽, 邓金雨, 赵宇翔. 图书情报工作, 2021, 65 (11), 123.
- [6] 教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知. [2023-06-28].
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202006/t20200603_462437.html?eqid=e0137be80018fa36000000066426eb51
- [7] 周晓华. 无机及分析化学. 北京: 中国农业出版社, 2018: 230.
- [8] 李志刚, 张利巍, 陈凌云, 刘倩. 大学物理实验, 2020, 33 (6), 105.
- [9] 郭宁. 上海理工大学学报(社会科学版), 2018, 40 (1), 77.
- [10] 潘峰. 中国药品标准, 2006, 7 (4), 55.
- [11] 彭一鸣, 刘英菊, 刘伟章, 邓远富. 大学化学, 2021, 36 (7), 2009063.

-
- [12] 戴可, 梁华. 大学化学, **2016**, *31* (5), 19.
- [13] 刘海燕, 赵怡, 胡坪, 钱俊红, 张文清. 大学化学, **2018**, *33* (10), 105.
- [14] 彭一鸣, 刘英菊, 刘伟章, 郑文旭. 高教学刊, **2021**, *163* (5), 81.
- [15] 孙博勋. 大学化学, **2019**, *34* (8), 8.
- [16] 黄剑芳. 化学教育(中英文), **2020**, *41* (1), 89.
- [17] 张赛, 袁振东. 化学通报, **2022**, *85* (8), 1003.
- [18] 杨旭东. 化学教学, **2000**, No. 8, 11.
- [19] 国务院关于印发全民科学素养行动规划纲要(2021–2035)的通知.[2023-06-29].
https://www.gov.cn/zhengce/content/2021-06/25/content_5620813.htm