

仪器分析实验课程思政案例设计与实践 ——以气质联用实验为例

邵伟¹, 张万群¹, 朱平平¹, 胡万群¹, 周强¹, 李维维¹, 杨凯平¹, 王细胜^{2,*}

¹ 化学国家级实验教学示范中心(中国科学技术大学), 合肥 230026

² 中国科学技术大学化学与材料科学学院, 合肥 230026

摘要: 中国科学技术大学化学国家级实验教学中心所开设的“仪器分析实验”为安徽省课程思政示范课程, 在实验项目“气质联用法测定饮料中塑化剂含量”的教学过程中, 课程组针对课程的特点和教学过程, 对该项目进行思政示范教学案例设计。思政案例库的建设, 有助于教师充分挖掘专业课程中的德育元素, 激发学生的学习兴趣, 培养学生的自主创新意识, 取得了良好的教学效果。

关键词: 课程思政; 思政案例; 仪器分析; 质谱; 诺贝尔奖; 塑化剂; 食品安全

中图分类号: G64; O6

Design and Practice of Ideological and Political Cases in the Course of Instrument Analysis Experiment: Taking the GC-MS Experiment as an Example

Wei Shao¹, Wanqun Zhang¹, Pingping Zhu¹, Wanqun Hu¹, Qiang Zhou¹, Weiwei Li¹, Kaiping Yang¹, Xisheng Wang^{2,*}

¹ National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (University of Science and Technology of China), Hefei 230026, China.

² School of Chemistry and Materials Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China.

Abstract: The “Instrument Analysis Experiment” course offered by National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (University of Science and Technology of China) is a demonstration course for ideological and political education in Anhui Province. In the teaching process of the experimental course “Determination of Plasticizer Content in Beverages by GC-MS”, the course team designed a series of ideological and political teaching cases based on the characteristics of the course. The construction of the ideological and political case library helps teachers fully explore the moral education elements in the course, stimulate students’ interest in learning, cultivate students’ awareness of independent innovation, which achieved good teaching results.

Key Words: Ideological and political education; Ideological and political case; Instrumental analysis; Mass spectrometry; Nobel Prize; Plasticizer; Food safety

2020年, 教育部印发了《高等学校课程思政建设指导纲要》, 指明全面推进课程思政建设是落实立德树人根本任务的战略举措。《纲要》指出课程思政建设是全面提高人才培养质量的重要任务, 提

收稿: 2023-09-13; 录用: 2023-10-12; 网络发表: 2023-11-06

*通讯作者, Email: xswang77@ustc.edu.cn

基金资助: 教育部首批虚拟教研室(大学化学实验课程群虚拟教研室)建设项目; 2021年度安徽省质量工程项目(2021xskc112); 2021年中国科学技术大学研究生教研项目(2021ycjg02); 2022年度安徽省质量工程项目(2022kcsz329, 2022jyxm1820, 2022jyxgggyj006, 2022jyxm1827)

出要切实将本科教育教学作为最基础、最根本的工作，深入挖掘各类课程和教学方式中的思想政治教育素材和案例。由此，课程思政成为高校教学改革关注的重点与热点。

中国科学技术大学化学实验教学中心所开设的仪器分析实验^[1]，为国家级线上线下混合式一流课程，以及安徽省课程思政示范课程。仪器分析实验是一门应用性极强的学科，在化学、材料、医药、环境等领域有着广泛的应用。通过本课程的学习，拟达到如下教学目标：

(1) 知识目标：掌握仪器分析的基本原理、操作、分析方法，以及了解精准测试数据的影响因素及相关规律。

(2) 能力目标：培养学生利用大型仪器解决复杂问题的综合能力和高阶思维，如文献的查阅、实验方案的设计、仪器分析参数的设置等。

(3) 思政目标：借助线上线下混合式教学，锻炼学生的团队合作能力和获取新知识的学习能力；增强学生的爱国主义情操、民族自豪感和勇攀科学高峰的责任感和使命感，激励学生奋发向上的精神和家国情怀。

课程组采用“五融入，两渠道，一团队”的教学理念(图1)，将课程思政融入到课程目标、实验设计、教学方法、实验操作、考核机制的全过程中(即，五融入)，通过线上和线下两渠道推行课程思政，同时积极参加学习，注重教师团队思政能力和德育水平的提高。本文主要介绍实验项目“气质联用法测定饮料中塑化剂含量”^[2]教学内容中质谱部分的思政案例。

“五融入、两渠道、一团队”的课程思政

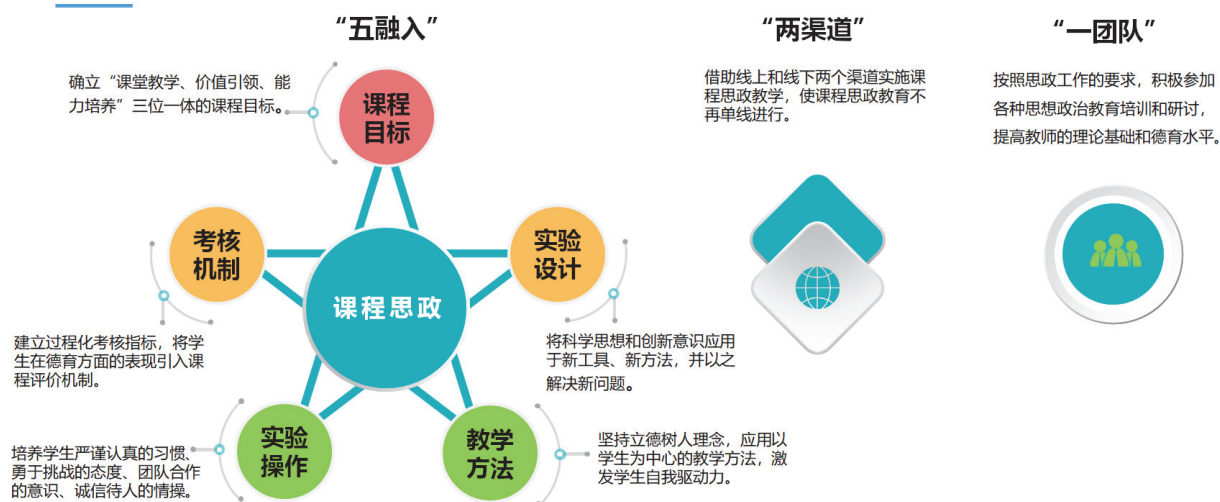


图1 “五融入，两渠道，一团队”的教学理念示意图

1 质谱实验思政案例建设

1.1 百年质谱，从原子论开始

1803年，英国化学家道尔顿(John Dalton, 1766–1844)将古希腊思辨的原子论改造成定量的化学原子论。他认为：原子是非常微小的、不能再分的实心球体，同种元素原子的性质和质量都相同。道尔顿第一次将原子的概念从哲学带入化学研究中，明确了今后化学家们努力的方向，化学真正从古老的炼金术中摆脱出来，道尔顿也因此被后人誉为“近代化学之父”。

然而道尔顿的理论在1897年被汤姆生(Joseph John Thomson, 1856–1940)推翻。汤姆生当时正在做阴极射线实验，使用的装置是一根包含着阳极和阴极的真空管。加热阴极并产生一束阴极射线，

射线穿过荧光屏，磁场会让阴极射线的路径偏转，改变磁极，阴极射线就会往另一个方向偏转，汤姆生测量了这种偏转的大小，计算出阴极射线是由比原子小数百倍的微小粒子构成的。当屏幕位于两个水平带电板之间，电板之间的电场使阴极射线的路径向正极方向偏转，交换正负极之后依然如此，由此汤姆生得出结论，阴极射线由带负电荷的轻质粒子构成，也就是我们现在所说的电子，并且表示电子是所有原子的一部分。汤姆生设计的这个阴极射线装置(图2)可以认为是现代质谱的原型机，它具备了现代质谱的主要特征：离子源、质量分析器(电磁场)、检测器以及必不可少的真空系统。

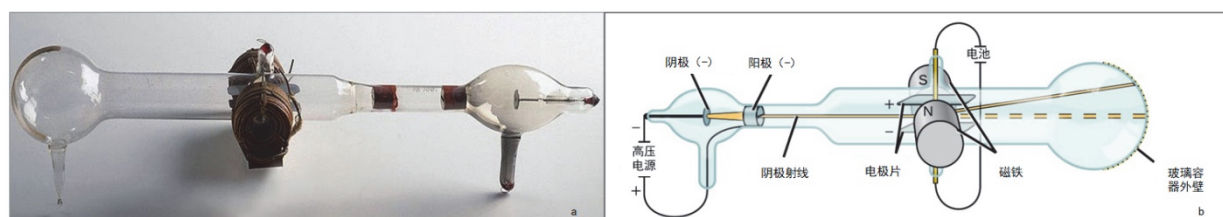


图2 汤姆生所使用的阴极射线管及其结构^[3]

汤姆生因为电子的发现获得了诺贝尔物理学奖，然而更让人称道的是，在他担任卡文迪许实验室主任期间，培养了一大批优秀的学生。他的学生和助手有很多都获得了诺贝尔奖，比如著名的卢瑟福(Ernest Rutherford, 1871–1937)，以及发明质谱的阿斯顿(Francis Aston, 1877–1945)。汤姆生的一句名言就是“大学应该是培养会思考、有独立工作能力的人才的场所，而不是用现成的模具投影出死的成品的工厂”，这句话或许会对今天的同学们有所启发。

1.2 要做更多的仪器——阿斯顿

阿斯顿是汤姆生的学生，在制作实验仪器和实验技巧上有出众的才能。他改进了汤姆生的阴极射线装置，设计了一个由离子源、分析器和收集器三个部分组成的，可以分析同位素并测量其质量和丰度的仪器，这就是最早的质谱(图3)。阿斯顿使用质谱仪测定了几乎所有元素的同位素，被称为“同位素猎手”。



图3 阿斯顿发明的质谱，目前放置在剑桥大学卡文迪许实验室博物馆^[4]

阿斯顿的发现还解决了科学史上长期以来悬而未决的一个难题。

1815年英国化学家普劳特(William Prout, 1785–1850)提出所有元素的原子量均为氢原子量的整数倍的假说。但是精确分子量的测定结果一直与此论点相悖,例如氯元素,它的精确分子量为35.457,并不是整数。阿斯顿运用质谱仪对众多元素的同位素进行研究,证实自然界中的某元素实际上是该元素的几种同位素的混合体,因此该元素的原子量也是依据这些同位素在自然界占据不同比例而得到的平均原子量。自然界的氯有两种同位素: ^{35}Cl 、 ^{37}Cl 。其丰度为 $^{35}\text{Cl}:^{37}\text{Cl}=3:1$,所以氯的原子量既不是整数的35,也不是37,而是35.457。我们在测样时有时能看到同位素峰,如果相邻两根谱线丰度比为3:1,第一反应就是样品中可能有氯的存在。

阿斯顿有一句名言:“要做更多的仪器,还要更多地测量。”他在荣获1922年诺贝尔化学奖后,仍然坚持工作在实验室,对质谱仪作进一步的改进。这是卡文迪许实验室的一个传统,科学工作者要学会自己动手去制作仪器,亲手去做实验,通过基本实验技巧的训练,才能成为一个优秀的科学家。

1.3 曼哈顿工程

最近热映的诺兰新片《奥本海默》引发了公众对于曼哈顿工程的热议,却不知在曼哈顿工程中,也有早期制备质谱的影子,大家知道,在自然界中,铀元素存在三种同位素, ^{238}U 、 ^{235}U 和 ^{234}U (含量仅为0.005%)。作为原子弹核心材料的 ^{235}U 的天然丰度仅为0.72%,与武器化的纯度(> 90%)要求相差甚远。如何分离与提纯 ^{235}U 呢?当时有多种不同的技术路线,如离心法、热扩散法、气相扩散法、电磁法等,其中电磁法(图4)与质谱的原理完全一致。不同质量的带电粒子首先在强电场中被加速,随后进入磁场中受洛伦兹力影响发生不同程度的偏转,从而实现了不同质量同位素的分离。

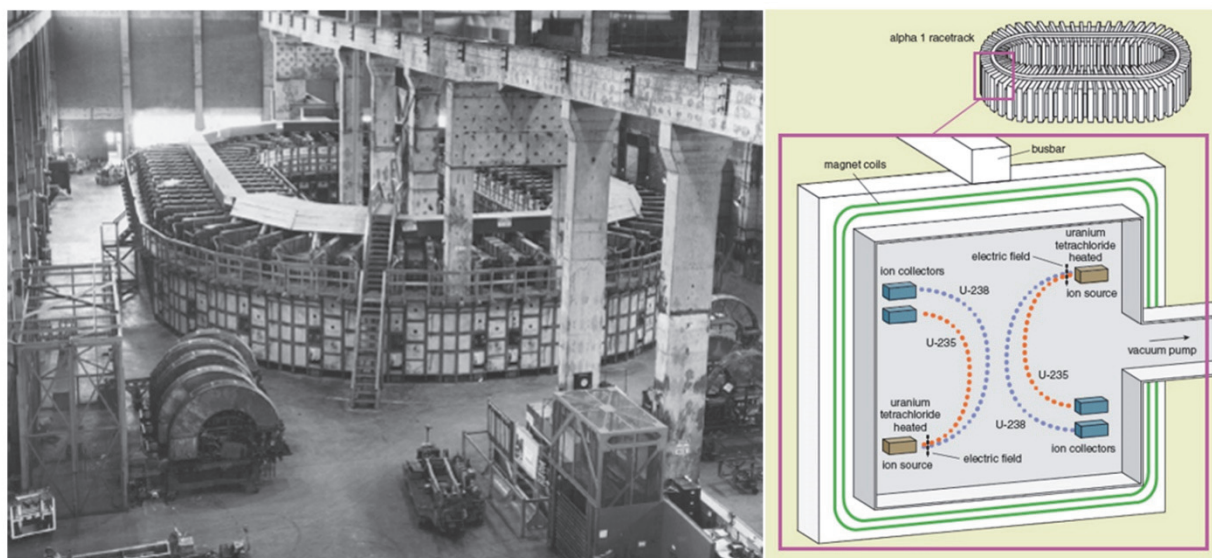


图4 曼哈顿工程用于电磁法提纯 ^{235}U 的Calutrons [5]

在曼哈顿工程中,使用电导率最高的银来制作用于产生磁场的线圈,最终使用了14700吨白银,约占美国当时国库储备的三分之一。此项工程之艰巨不由得让我们想起,在建国初期,我国的科学工作者在极其艰苦的条件下完成了“两弹一星”工程,几乎是一个奇迹。

1.4 小人物的逆袭——田中耕一

2002年可以称为质谱的“高光之年”,当年的诺贝尔化学奖颁给了两位质谱领域的科学家。一位是费恩(John Bennett Fenn, 1917–2010),他发明了电喷雾离子源(ESI),ESI是一种软电离方式,相对于电子轰击离子源(EI),它保留完整的分子结构,使得分子量的测定成为可能,对于蛋白质等大分

子，由于在ESI中可以带上多个电荷，因此在质量数增加的情况下，质荷比依然在可检测的范围内，此方法大大拓展了质谱的应用范围，至今依然是液相色谱质谱联用仪上应用最广泛的一种离子源。

另一位获奖者则是岛津公司当时默默无闻的小职员——田中耕一(Tanaka Koichi, 1959-)，他发明了基质辅助激光解吸附电离法(MALDI)。当时科学工作者使用激光照射分子使其电离(LDI)，然而由于激光能量比较高，在照射蛋白质时通常会破坏分子的结构。而田中耕一的发现，据他本人来说，则是来源于一次“失误”：他在一次实验中，不小心将甘油滴进了钴试剂，考虑到钴试剂比较贵，他没有直接倒掉，而是抱着试试看的心态测了一下，没想到信号非常好，钴能够吸收激光的能量，避免了激光能量过强使化学键断裂，而甘油的加入改善了生物大分子的团簇作用，使得生物大分子完整的分离了。

田中耕一在这一发现的基础上继续研究，最终发明了基质辅助激光解吸附离子化方法(图5)，攻克了对生物大分子的检测这一难题，最终使他获得了诺贝尔奖。在科研工作中我们经常会碰到失败，而有时发现就暗藏于失败之中，成功不仅仅来源于运气，还要有正视失败的勇气。

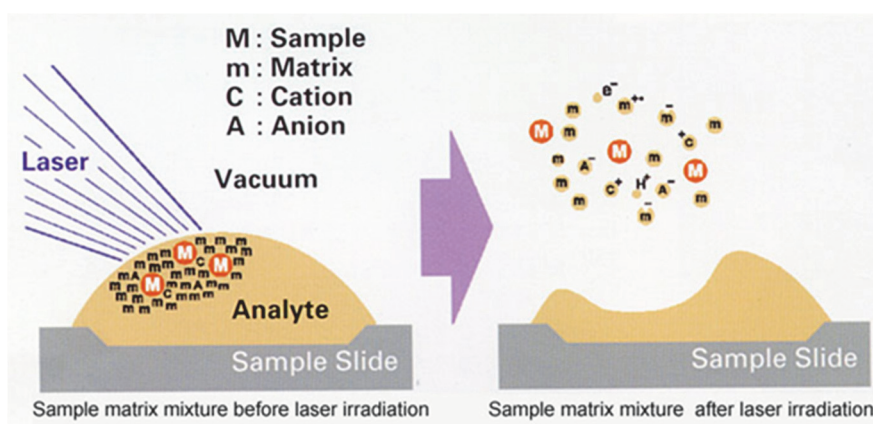


图5 基质辅助激光解吸附离子化法(MALDI) [6]

1.5 另一个维度看世界——质谱成像

我们习惯了每天观察这个美丽世界，这是因为光的存在，科学家们也利用光谱做各种各样的研究。在光谱里，每一个波长都是一个信号通道，提供给我们需要的信息。而在质谱成像里，每一个质量数都是一个信号通道，在进行质谱成像时，一个表面，我们可将其分成若干个均匀排列的小点，采集每一个点上物质的质谱信息，将含有某个特征质量数的点连起来，根据其信号的强弱标记上不同的颜色，这样，就能观察物质在物体表面的分布^[7](图6)。由于所有物质均有质量，因此往往在光谱无法发挥作用的地方，质谱却依然能发挥作用，它让我们从一个全新的维度观察世界。

1.6 国产质谱之路要走向哪里

虽然质谱技术从出现以来，才不过短短一百余年时间，但是质谱领域发展的极为迅速，同时也推动了多个学科领域的发展。质谱在食品安全、药品检测、临床医学等领域都得到了广泛的运用。据东方证券预计，到2026年，我国的质谱仪器市场将达到230亿人民币。目前我国质谱仪器大多数来自进口，但是最近也涌现了一批公司，在国产质谱领域取得了不小的成就，例如厦门大学郑兰荪院士团队研制了电喷雾飞行时间质谱仪(ESI-TOFMS)、电喷雾双反射式飞行时间质谱(ESI-DR-TOFMS)、电喷雾四极杆-飞行时间串联质谱(ESI-Q-TOFMS)等仪器，本实验室就购置了一台郑兰荪院士团队研制的教学质谱仪(图7)。教学质谱仪研制的意义在于深化学生对质谱仪器原理和构造、质谱分析方法的认识，提升实践能力和知识综合应用能力。也希望大家正确认识在质谱领域国产仪器与进口仪器的差距，在将来为质谱仪器国产化贡献自己的力量。

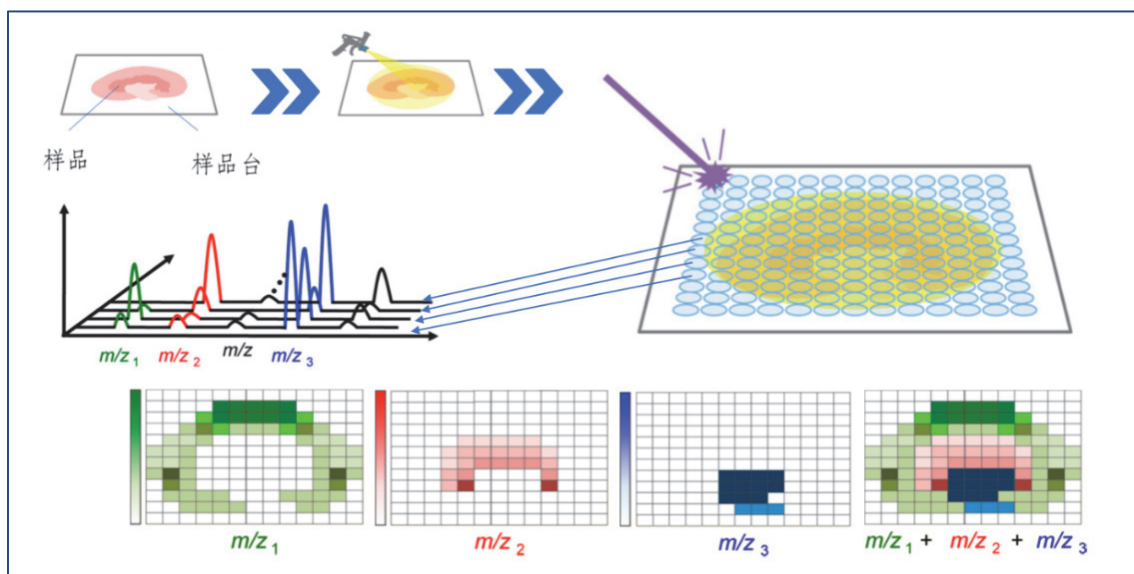


图6 质谱成像原理示意图



图7 厦门大学研制的教学质谱仪

2 气质联用实验思政教学实践

2.1 “五融入”思政教学理念

在课程目标上,引入“三全育人”思政理念,即全员育人、全程育人、全方位育人。除了知识的传授之外,更注重的学习能力、实验习惯、安全意识、规范意识等科学素养的培养。

从实验设计上,实验“气质联用法测定饮料中塑化剂含量”选用了学生日常接触较多的饮料作为待测物,引发学生的关注。在上课之前,教师会引导学生讨论塑化剂的来源,为什么要使用塑化剂,塑化剂对环境和人体有什么危害,曾经发生过的塑化剂事件,国内外在塑化剂检测方面的政策及标准,以及我国的食品药品安全及水质检测体系。食品安全与国民健康水平息息相关,是不能逾越的红线,但是如何做到这一点呢?这些问题的讨论将学生关注的目光从课堂转移到社会,提升了学生的社会责任感。

从实验内容上,本实验引入国标“GB/T21911-2008食品中邻苯二甲酸酯的测定”方法,让学生对于国标方法有完整的认识,实验中采用由报废仪器自主改造的质谱仪教具以及自主研发的虚拟仿真实验教学项目,对质谱的离子源进行拆解式教学,让学生了解质谱离子源的设计思路,让学生体会到工匠精神的重要性(图8)。

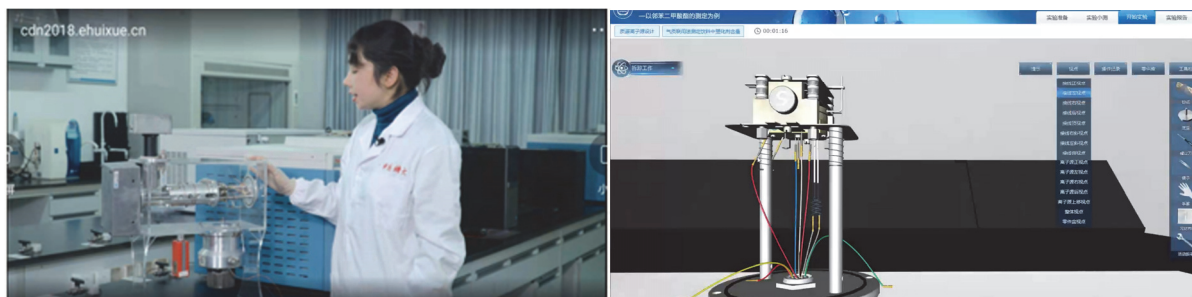


图8 质谱仪教具(左); 虚拟仿真实验教学项目(右)

从教学方法上, 舍弃灌输式的教学方法, 以兴趣和爱好为出发点, 尝试解决身边及生活中的实际问题, 以问题为中心, 鼓励学生利用所学知识, 自主设计实验方案, 在解决问题的过程中不断学习成长。提升学生的自信心, 注重学生自我驱动力的提升。

从实验操作上, 更加注重实验操作的规范性与实验记录的完整性, 很多同学做实验不重视预习以及实验记录; 在本课程中, 教师会着力强调原始记录的重要性, 并且设计了实验记录模板, 要求同学们准确、完整地填写实验记录。包括仪器参数, 也不能照抄课本, 而要以实际使用的参数为准。在此要求之下, 同学们养成了认真严谨的实验习惯, 实验报告质量也大大提升。

在考核机制上, 本实验作为一个开放性实验, 并不以实验结果为唯一的评价标准; 为了更合理地评价学习效果, 本项目制定了全过程考核评价表, 将实验操作规范、数据记录、小组合作、实验讨论、实验室卫生纳入评价体系, 全方位评估学习态度, 观测学习过程, 增进师生的互动和反馈, 注重学生成长。

2.2 “两渠道”线上线下结合开展思政工作

经过多年的实践教学, 我校的仪器分析实验课程已形成了“基础实验-设计实验-虚拟仿真实验”多层次实验教学体系^[8]。本实验项目曾在“大学化学实验”课程群国家级虚拟教研室平台与新疆师范大学的师生们同步授课^[9]。课程使用学校瀚海教学网、微信群、微信公众号和小程序辅助线下实验教学。由于实验内容较多, 在上课时间内, 教师未必能有机会介绍所有案例, 为此, 在课堂讨论之余, 课程组将思政案例制作成微课小视频(图9), 线上进行推送, 可以让学生学习质谱相关的小知识, 也能潜移默化地起到思政效果。在制作视频时, 引入了科普视频的制作经验, 以讲故事为主, 提升学生兴趣。

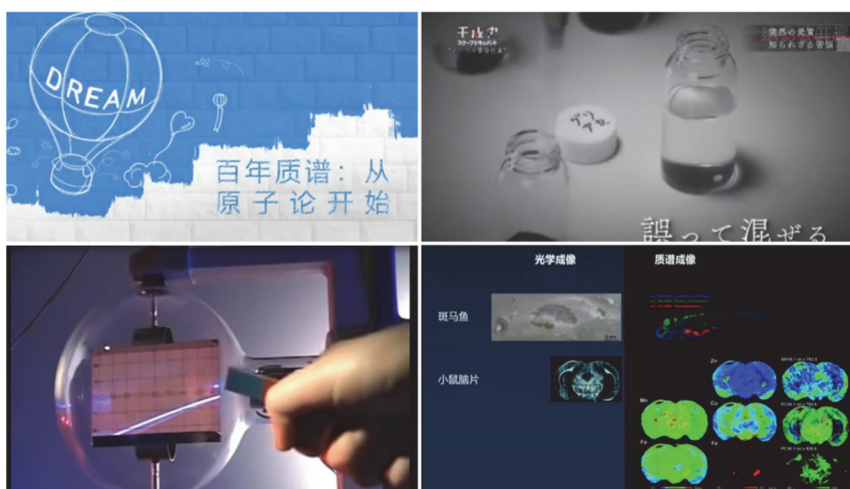


图9 质谱思政微视频

2.3 “一团队”提升教师德育水平

仪器分析实验课程组的老师们多年来一直扎根在教学第一线，积极参与教学研究。目前课程组有国家级虚拟仿真一流课程及国家级线上线下混合式一流课程各一门，中国科学院教育教学成果奖一项，有多位教师获得安徽省教坛新秀、安徽省线上教学新秀、安徽省卓越教学新秀等称号，多名教师在安徽省高校教师教学创新大赛、全国高校混合式教学设计创新大赛中获奖。多年来，课程组的老师们除了在教学过程中积极挖掘思政工作案例，还加强了心理学方面的学习，以提高自身道德水平及思政工作能力。

3 结语

课程与思政不是物理相加和生搬硬套，课程与思政的融合需要找准切入点，将社会主义核心价值观、科学的思想方法、道德规范、爱国情怀潜移默化地融入到课程之中。在本实验完成之后，在学期末的自主设计实验模块，不少同学查阅文献，自主设计实验方法，测定了饮料中的维生素、色素、胆固醇、防腐剂；白酒中的甲醇；零食中的甜蜜素等等物质，显示出对于生活中样品的极大兴趣。本学期杨春雨、吴毅彬两位同学将计算课程所学知识引入到本实验当中，对实验项目进行改进，作品“计算模拟在仪器分析实验中的创新应用——以‘气质联用法测定饮料中塑化剂含量’的进阶教学为例”获得了第四届全国大学生化学实验创新设计大赛总决赛特等奖。对于思政工作而言“法无定法”，本文仅为抛砖引玉，希望能与同行进行进一步探讨。

参 考 文 献

- [1] 中国科学技术大学化学与材料科学学院实验中心, 编著. 仪器分析实验. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2011.
- [2] 邵伟, 孙晴, 盛翔. 大学化学, **2014**, 29 (3), 67.
- [3] J_J_Thomsons_cathode_ray_tube_with_magnet_coils. [2023-09-13].
http://scih.org/wp-content/uploads/2014/04/800px-J_J_Thomsons_cathode_ray_tube_with_magnet_coils-1897_-9663807404-2.jpg
- [4] Aston's Third Mass Spectrograph. [2023-09-13]. http://www.cambridgephysics.org/museum/area2/images/cabinet2_6.jpg
- [5] From Treasury Vault to the Manhattan Project. [2023-09-13].
<https://www.americanscientist.org/article/from-treasury-vault-to-the-manhattan-project>
- [6] Maldi. [2023-09-13]. <https://www.shimadzu.co.kr/sites/shimadzu.co.kr/files/d7/ckeditor/an/lifescience/maldi/principle/maldi.jpg>
- [7] 盛龙生 有机质谱法及应用. 北京: 化学工业出版社, 2016: 297-307.
- [8] 胡万群, 张万群, 邵伟, 杨凯平, 李维维, 孙晴, 朱平平. 大学化学, **2021**, 36 (3), 2012012.
- [9] 朱平平, 邵伟, 姚奇志, 郑媛, 李婉, 李玲玲, 张万群, 查正根, 关明, 白希, 等. 大学化学, **2023**, 38 (10), 37.