

努力挖掘基础实验课潜力为后续专业学习做铺垫

——以大学物理核磁共振实验为例

曹京江 安沈洋 桂倩柔

(安徽工程大学数理金融学院, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 核磁共振技术现已在物质分子结构解析和分子动力学研究等方面得到广泛的应用, 是一种非常重要的现代仪器分析方法。但在实际的教学过程中却存在着理论与实践、基础教学与后续专业学习之间的隔阂。针对存在的问题, 我们结合我校教学实际状况, 充分利用现有教学资源, 挖掘基础教学潜力, 包括调整教学方式, 充实实验课程内容, 拓展课前课后学习时间等, 做出了一些初步而有益的尝试。

关键词: 大学物理实验; 核磁共振实验; 本科教学; 研究生科研

具有磁矩的原子核在恒定的强磁场中可以被一个已知频率的弱振荡磁场激发而产生共振跃迁, 此即核磁共振现象。自从 1945 年美国哈佛大学珀塞尔, 1946 年斯坦福大学布洛赫分别在石蜡样品和水样品中观察到质子的核磁共振吸收信号, 并因此而荣获 1952 年诺贝尔物理学奖之后, 有关核磁共振的理论方法和实验技术得到了极大地发展。相关的研究使得该技术日臻成熟完善, 并迅速地拓展到了物理学之外的各个领域。由于核磁共振技术本身的独特优点, 即既可以深入物质内部而又不破坏实验样品, 而且快速、准确、分辨率高, 因此现已成为化学、生物、地质、医学、材料等诸多学科科研和生产中必备的分析测试手段, 发挥着巨大的作用。

一、传统教学中存在的问题

核磁共振技术作为分析鉴定样品的分子结构, 研究其动力学的一种主要仪器分析方法, 对现阶段化学材料类专业的研究生显得尤其重要, 因其在日常的科研学习中会经常用到, 故而是必须掌握的一项实验技能。然而, 在化学材料类研究生的实际科研中, 多数同学普遍反映对核磁共振原理解释不深, 对实际实验测试过程不够了解, 只是得到了自己想要的分析数据。除了知道最后的结果, 别的细节都很渺茫。我们通过询问和调研发现造成上述情形的主要原因如下。首先, 现在本科阶段的《大学物理学》课中都是以学习经典物理学知识为主, 有关近代物理学知识只是浓缩于四至六学时以内, 很显然在这么短的学时中要想让学生单独对核磁共振原理及其应用有尽可能多的接触和了解是不现实的。除此之外, 对于非物理专业的化学材料类学生而言, 他们只能在《仪器分析》课上再次学习这部分内容。但即便如此, 由于核磁共振技术只是众多仪器分析手段中的一项, 其本身也只是作为仪器分析课内容的一部分, 授课教师不可能花费过多的时间停留于这一隅。其次, 近代物理学理论越来越抽象, 数学推导越来越复杂, 学生们虽然对其成就越来越敬佩, 但对物理学理论本身及其技术应用却越来越觉得深奥、玄秘和枯燥, 以致不少学生最后把核磁共振波谱仪看成是一个具有特定功能的神秘的黑箱子, 完全不知道其内部的工作原理和过程。不难看出这里既存在着理论与实践, 知识与技能的鸿沟, 更主要的是存在着本科教学和后续应用的鸿

沟, 即本科基础教学并没有和后续的研究生专业教育形成很好的衔接。显然, 这样一种基础教学和后续学习深造脱节的局面很不利于创新人才的培养。

二、新的教学设计

2016 年教育部提出要“以本为本, 四个回归”给我们指明了解决问题的方向。我们设想充分利用现有本科阶段大学物理实验课程中核磁共振实验这个近代物理实验内容, 结合我校的 500M 核磁共振谱仪, 通过精心地设计实验教学内容, 可望弥补上述种种鸿沟, 从而提高学生培养质量。为此, 我们在大学物理实验教学上做了以下一些有益的尝试。

(一) 利用已有平台增加内容

我们先是在大学二年级下学期开设了《大学物理实验(拓展)》选修课, 将一些由于课时所限而没有能够在《大学物理实验》课中开设, 而又与后续专业学习紧密相关的物理实验开设起来(例如旋光实验, 原子光谱实验, 居里温度测量等), 供相关专业学生选做。之所以这样安排是基于如下两点考虑: 一是大二下的学生们都已经修完了本科培养计划中的《大学物理实验 1、2》, 完全具备了基本的物理实验技能; 二是这个时段正好又和各专业后续学习中遇到的相关内容大致同步或稍稍提前, 这样有利于学生在学习之后能和专业课那边的学习相互参照相互比较或做些预热铺垫, 从而提高学习效果。接下来我们对传统的核磁共振实验教学做了较大幅度的调整, 不但在教学方式上做了一些改变, 此外还增加一些拓展实验项目以充实实验内容。在对核磁共振实验教学中遇到的各知识点和关键环节进行梳理之后, 我们最终对整个教学过程做了如下安排, 如图 1 所示。

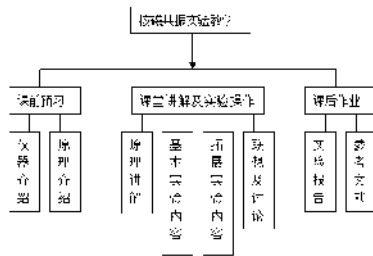


图 1 核磁共振实验教学过程设计图

(二) 借助信息技术改变预习模式

对于预习环节,充分地运用信息技术改变了学生以往只是阅读教科书,机械地抄写预习实验报告的传统模式。我们将预习资料做成了图文并茂的PPT,还配有语音讲解;对于实验仪器的介绍则录成了视频。在视频中,教师不但介绍了实验课所用到的实验仪器,而且还向预习的同学展示介绍了学校的500M核磁共振谱仪,并重点说明两者实验原理上的共通性。之后,我们将这些资料上传至学校的课程在线平台,借助于QQ群答疑解惑,让学生们能在实验前做好充分的准备。

(三) 调整课堂教学方式并拓展教学内容

在课堂教学环节中,当讲解实验原理时,我们借助于动画的形式用旋转的陀螺作为类比引入了核子自旋的概念,告诉学生尽管我们不能将核子的自旋视为在绕自身轴旋转,但可以借助于这样一幅图像来形象地了解并记忆。在介绍核子磁矩在外磁场中具有不同的能量时,注意联系经典物理学中相关的知识点,重点强调微观世界中的量子化特征,并比较宏观世界和微观世界的不同以加深学生对能级概念的理解。进入实验操作环节我们采用的仪器是FD-CNMR-1型核磁共振仪,其装置如图所示。

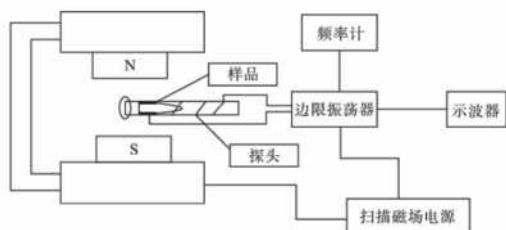


图2 核磁共振实验装置图

工作原理和实验内容如下:在由磁铁产生的稳恒磁场上叠加一个由扫描磁场单元产生的低频调制磁场,由于调制场的幅度很小,总磁场的方向保持不变,因此样品所处区域的实际磁场为,相应的拉莫尔进动频率为。当调制射频场频率达到共振频率时,原子核吸收射频场的能量从低能态跃迁到高能态,示波器上便能观察到共振吸收信号。实验内容由两部分组成:主体是基本实验内容,有三项:一、观察水中氢核的核磁共振现象,并比较纯水样品与水中加入少量顺磁离子(例如硫酸铜、三氯化铁、硫酸锰)的样品或有机物(例如丙三醇)样品,核磁共振信号的异同;二、根据已知质子的旋磁比,利用纯水样品,测出磁感应强度;之后将样品换为氟碳,由已测出的计算氟核的旋磁比,朗德因子和核磁矩;三、利用硫酸铜溶液样品和三氯化铁溶液样品观察磁场均匀性对信号尾波的影响。在完成基本实验内容之后,我们安排了“横向弛豫时间估算”以及“横向弛豫时间与溶液浓度的关系”拓展实验。这部分实验内容是受杨晓红教授等前辈老师的启发而增加的,目的是想让学生们通过这两个实验加深对核磁共振现象与原理的理解,并能为接下来将理论与实际结合的讨论做铺垫。

在课堂讲解和实验操作之后,组织学生对实验结果进行分析

讨论。先是让学生们将自己观察到的硫酸铜溶液的核磁共振信号和500M核磁共振谱仪上得到的硫酸铜图谱进行比较,从而获得500M核磁共振谱仪工作原理的大致图像,以便使学生在在今后的学习中接触此类仪器时不再迷茫和畏惧心理。接下来,利用观察到的顺磁离子浓度的不同导致横向弛豫时间发生改变这一现象启发学生们思考核磁共振成像原理。通过实验观察和对比讨论,学生们联想到人体中正常组织中有一定的水(也即氢核)的密度分布,如果某一组织发生病变,其内部的水的密度分布也将发生变化,从而致使其弛豫时间跟着发生改变。利用计算机将弛豫时间发生变化的过程信号转化成图像显示出来,人们就可以根据图像对病灶进行诊断。这便是核磁共振成像在医学中的应用。由于是基于之前自己所做实验结果的开放式讨论,我们发现学生们对此很感兴趣,参与度也很高,气氛热烈。

(四) 因材施教激发学习主动性

最后,考虑到各专业的自身特点,我们除了布置学生完成实验报告之外,还列出几篇参考文献推荐给学生,供他们根据自己的需要自由阅读。并告知学生,如果每次看完文献能提交一份阅读报告,这门课最终成绩评定时可提升一个档次。教学反馈表明,将自身的专业兴趣与学习目标结合起来之后学生表现出了极大地学习自主性和很高的积极性,大多数同学都阅读了参考文献,报告了自己的学习所得。

三、结语

通过对已有大学物理实验中核磁共振实验课进行重新调整和充实,借助于互联网信息技术平台优点,尽可能地将现有教学设备和大型科研设备联系起来去充分挖掘本科阶段基础课教学的潜力,努力破除专业课教师受限于课时而多数情形下省去原理细节直接介绍结论的纸上谈兵的模式,使理论与实践,知识与技能,本科教学和后续应用的鸿沟得以弥补,从而让学生真正达到能够把学到的理论知识和实际应用联系起来的目的。经过两届的教学实践,学生们普遍反映学到的理论概念具体形象并且能与实验仪器、实践操作联系在一起,形成一套统一的知识体系,达到了良好的教学效果。整个过程符合我校的教学实际,值得在接下来的教学实践中继续改进和完善。

致谢

感谢选修《大学物理实验(拓展)》课19、20级应用化学和化学工程与工艺专业的本科同学,感谢参与有益讨论的19级金属有机配合物与绿色有机合成方向的研究生!

参考文献:

[1] 丁飞,张翠,邱晓航.新模式下的核磁共振实验教学探索和提升[J].大学化学,2021,36(7):2012050.

项目信息:安徽工程大学本科教学质量提升计划项目(项目编号:2022jyxm46,2024yljc04,2024gzgxyth09)。安徽省高等学校省级质量工程项目(项目编号:2023sysx011)。教育部产学研合作协同育人项目(项目编号:231100532104835)。安徽省大学生创新创业训练计划项目(项目编号:202310363355)