

哈利波特中国行主题创新科普实验 ——武汉站：化学魔法与现实世界的交融

司澄澄¹, 柴林杉¹, 刘慧媛¹, 孙丽晔¹, 程仕健², 李海玲², 王文云², 刘芳²,
冯清², 刘敏^{2,*}

¹华中科技大学同济医学院基础医学院, 武汉 430030

²华中科技大学化学与化工学院, 武汉 430074

摘要: 本科普实验以青少年喜爱的魔幻文学人物哈利波特中国行为主题, 以他的武汉之旅展开行程, 用实验呈现博物馆的青铜器修复技术, “知音号”游轮的牺牲阳极法防腐技术, 武汉长江大桥的水泥固化和桥头堡及桥墩的3D打印技术, 黄鹤楼绘制的碳量子点制备技术; 在潜移默化中传播化学知识。

关键词: 哈利波特中国行; 青铜器修复; 牺牲阳极法; 3D打印; 碳量子点

中图分类号: G64; O6

Harry Potter China Tour Themed Innovative Science Popularization Experiment: Chemistry Magic Meets the Real World at Wuhan Station

Chengcheng Si¹, Linshan Chai¹, Huiyuan Liu¹, Liye Sun¹, Shijian Cheng², Hailing Li²,
Wenyun Wang², Fang Liu², Qing Feng², Min Liu^{2,*}

¹ School of Basic Medicine, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China.

² School of Chemistry and Chemical Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China.

Abstract: This science popularization experiment is themed around the beloved magical literature character Harry Potter and his tour in China, specifically focusing on his journey at Wuhan. The experiment showcases the bronze restoration technology used in museums, the sacrificial anode anti-corrosion technology of the “Zhiyin” cruise ship, the cement solidification and 3D printing technology used in the Wuhan Yangtze River Bridge, and the preparation of carbon quantum dots depicted in the Yellow Crane Tower. Through these demonstrations, chemical knowledge is subtly disseminated.

Key Words: Harry Potter China tour; Bronze restoration; Sacrificial anode method; 3D printing; Carbon quantum dots

1 引言

在遥远的霍格沃茨, 哈利波特每日沉浸于魔法世界。一天, 一封信函从天而降, 据邮差说, 送信的人黄皮肤、黑瞳孔, 穿着飘逸的长袍, 应该是来自东方世界。哈利波特好奇而激动地自言自语道: “那是个遥远的世界, 会不会比魔法世界更有趣呢?” 展信之时, 一阵目眩, 眼前竟是一个全新的世界(见图1): 这里有迥异于魔法世界的亭台楼阁, 横跨江面的雄伟大桥, 古琴和玉笛声中顺江

收稿: 2024-01-26; 录用: 2024-04-18; 网络发表: 2024-08-16

*通讯作者, Email: liumin@hust.edu.cn

基金资助: 湖北省高等学校省级教学研究项目(2018050, 2023040); 华中科技大学教学研究专项项目(2023019)

而下的豪华游轮。“武汉欢迎你!”忽然身旁一位少年热情地说：“我是武汉站导游华小科，陪你一起探索东方世界的历史文化和奇妙魔法。”



图1 哈利波特武汉行地标打卡线路图

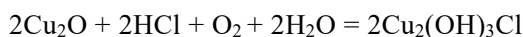
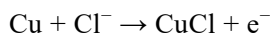
2 旅游地标打卡

2.1 湖北省博物馆

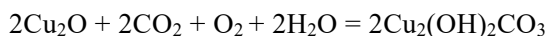
第一站是东湖之滨的湖北省博物馆，这里珍藏着众多国宝级文物。哈利波特的目光被称为“天下第一剑”的镇馆之宝越王勾践剑吸引，青铜材质的剑身纹路清晰，闪烁着冷冽的光芒。华小科介绍说：“这把剑的主人是卧薪尝胆的越王勾践，它可是有两千多年的历史哦，由于出土时插在剑鞘中，所处环境同外界隔绝，基本上没有生锈^[1]。而有些青铜器就没有那么幸运了，表面带有厚厚的铜锈，其中的有害锈蚀会层层深入地腐蚀青铜器，甚至掩盖青铜器上极具史料价值的铭文。”听到这里，哈利波特震惊地睁大了蓝眼睛问道：“生锈的青铜器如何除锈呈现出铭文呢？东方世界的人们也会使用魔法咒语‘Reparo (恢复如初)’吗？”华小科忍俊不禁：“正如你们魔法世界中邓布利多校长所言，真相是一种美丽而可怕的东西，需要格外谨慎对待！我们用生锈的铜制硬币来做个实验吧，看一看乙二胺四乙酸(EDTA)除锈——青铜器化学修复技术”。

2.1.1 实验原理

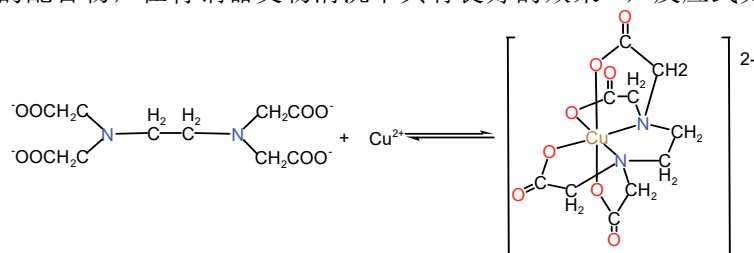
出土的青铜器表面通常覆盖锈蚀产物^[2]，其中粉状复合锈蚀危害最大，其形成过程如下：



环境中若存在 CO_2 ，则生成碱式碳酸铜：



伴随上述反应过程，表面的锈蚀不断深入，对青铜器造成不可逆转的损伤，因此，青铜器的清洗除锈尤为重要，对于覆盖了铭文的铜锈，可以采用化学法除锈^[3]。乙二胺四乙酸(EDTA)能与多种金属离子形成稳定的配合物，在青铜器文物清洗中具有良好的效果^[4]，反应式如下：



2.1.2 实验操作

将表面有铜绿的硬币置于干燥、洁净的培养皿中，用镊子夹取浸在去离子水中的脱脂棉球擦拭铜绿硬币，其表面无变化。然后，夹取浸在1% EDTA溶液中的脱脂棉球轻轻擦拭铜绿硬币，其表面的铜绿消失，用去离子水清洗，铜锈覆盖的花纹得以展现。EDTA除锈前后对比见图2。

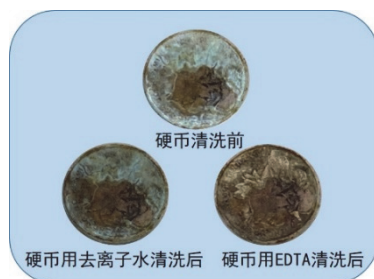


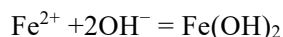
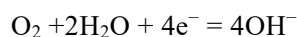
图2 硬币的清洗除锈

2.2 知音号游轮

离开博物馆，哈利波特和华小科来到汉口江滩，登上了一艘具有20世纪风格的蒸汽游轮——“知音号”。褐色的烟囱、墨黑的船头、淡黄的船舷，白色的楼层，在江水多年的冲刷侵蚀之下，其船身依旧明亮艳丽。哈利波特小声地嘀咕着：“魔法世界里有一艘犹如沉船般破旧的德姆斯特朗大船，跟知音号可真是天壤之别，那知音号又是用了什么魔法来防止腐蚀的呢？”小科连忙解释道：“轮船常采用牺牲阳极法的电化学技术，达到持续防腐的效果。”

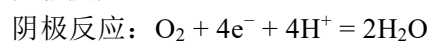
2.2.1 实验原理

导致船舶腐蚀的因素众多，电化学反应起主导作用，其反应式如下：

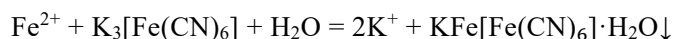


如果存在过量氧，则被氧化为水合氧化铁，即红色的铁锈。

电化学保护^[5]是船体腐蚀控制的常用手段，即将还原性较强的金属(如锌)作为保护极(阳极)与被保护金属(如铁作为阴极)相连，构成原电池，锌发生氧化反应被消耗，金属铁就可以避免被腐蚀。反应式如下：



为检验铁是否被腐蚀生成亚铁离子，可以加入铁氰化钾观察溶液是否变蓝，反应式如下：



2.2.2 实验操作

向烧杯3a中加入酸化的3%氯化钠溶液50 mL，插入锌片和铁钉，与电位差计相连，显示读数：0.00451 V，说明发生了氧化还原反应，在铁片电极附近溶液中加入一滴黄色铁氰化钾溶液，未发现溶液变蓝，即没有二价铁生成，铁片未被腐蚀，此时锌作为阳极被氧化，起到了保护铁阴极的作用。

另取烧杯3b，加入氯化钠溶液50 mL，放入铁钉，向烧杯中滴入一滴黄色铁氰化钾溶液，再滴入适量稀盐酸，在铁钉附近的溶液逐渐从黄色变为蓝色，证明二价铁离子存在。两个烧杯实验颜色对比见图3。

2.3 武汉长江大桥

目睹了阳极牺牲法防腐的精妙，横跨天堑的长江大桥携着庄严厚重的气势映入哈利波特的眼帘。“这是长江上第一座公路铁路两用大桥，建成于1957年，见证了新中国的奇迹。”华小科自豪地介绍

道：“大桥第一次采用了大型管径基础和管柱钻孔施工方法，八个巨型桥墩矗立在大江之中，以米字型桁架支撑着巨大的钢梁，尽显龟蛇锁大江之雄伟气势。”游轮行至桥下，哈利波特近距离观赏巨大的桥墩和头顶上的桥梁，惊叹于它的宏伟与巧妙设计，“就是在魔法世界里，这也是一个奇迹！”

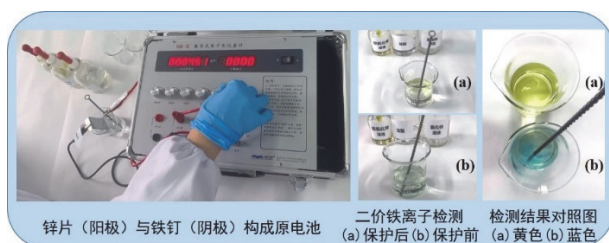
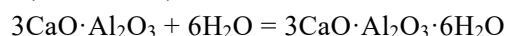


图3 牺牲阳极法实验对比图

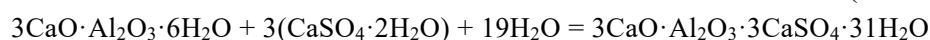
2.3.1 实验原理

(1) 水泥桥面。

加水搅拌后，水泥颗粒与水分子间发生物理吸附，随着时间推移产生一系列化学反应，称为水化反应^[6]，主要包括：



反应生成的水化铝酸钙与硅酸盐水泥中的石膏继续反应生成水化硫铝酸钙(钙矾石)，反应式如下：



一段时间后，水化物凝胶体浓度上升，凝胶粒子相互凝聚成网状结构，使水泥变稠，失去塑性，称为凝结过程，凝结后水泥逐渐固化。

(2) 3D打印桥头堡和桥墩。

目前实验室常采用3D打印技术^[7]制作建筑构件，本实验采用聚乳酸(PLA)材料打印长江大桥模型的桥头堡和桥墩。

2.3.2 实验步骤

(1) 制作长江大桥框架及水泥路面：将水泥和沙子按照质量比2:1的比例混合，加入自来水搅拌，得到粘稠状混合物倒入模具，找平后等待其硬化。

(2) 3D打印桥头堡与桥墩：用Flashprint软件设计桥头堡和桥墩的STL模型，将模型导入FlashForge 3D打印机，打印得到蓝色桥墩和黄色桥头堡，以荧光棒装饰呈现长江大桥(见图4)。

2.4 黄鹤楼

穿过大桥，游轮慢慢转弯，哈利波特眼前一亮，看到了传说中的四大名楼之一——黄鹤楼，在霓虹灯的交替辉映下若隐若现。“Lumos”，哈利波特不由自主地念出魔法咒语，想点亮手中的魔杖，可是在东方世界，咒语好像失灵了。华小科连忙安慰他：“我们来用量子点画一个发光的黄鹤楼吧！这可是2023年获得了诺贝尔化学奖的新型发光材料。”



图4 长江大桥模型的制作

2.4.1 实验原理

碳量子点^[8]是量子点中的一种,由分散的类球状颗粒组成,尺寸在10 nm以下,碳量子点中处于基态的电子受到紫外光的照射,可以吸收光能并跃迁至激发态,由于激发态不稳定,电子在跃迁回基态时以光子的形式散发能量,从而发射出荧光。碳量子点具有生物毒性小和生物相容性好等优点,广泛应用于生物成像标记、传感器和发光元件等领域。以食品为原料,采用绿色友好的方法可以便捷地获得碳量子点^[9]。

2.4.2 实验操作

将30 g香蕉皮剪碎后放入微波炉中,600 W功率微波脱水2 min后,置于200 °C烤箱烘烤0.5 h,得到黑色残渣,转移至研钵中研磨,加30 mL水搅拌,离心取上清液,得到褐色碳量子点溶液,用笔蘸少量溶液,在滤纸上绘制黄鹤楼,于紫外灯下看到蓝色的黄鹤楼图案(见图5)。

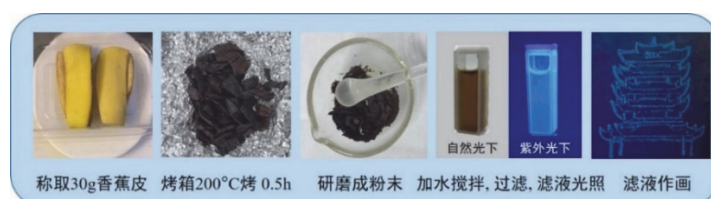


图5 碳量子点发光的黄鹤楼的制作

3 结语

游轮慢慢驶向码头,伴随着悠扬的乐曲,华小科放声吟诵:“才饮长沙水,又食武昌鱼。万里长江横渡,极目楚天舒……”哈利波特沉醉在这如诗如画的景色中,化学魔法与现实世界的交融成就了映象武汉独有的魅力。哈利波特的武汉魔幻之旅也成为了魔法界广为流传的佳话。

参 考 文 献

- [1] 后德俊. 江汉考古, 1980, 1 (1), 63.
- [2] 王晨仰, 杨雯, 张坤, 陈洪海, 赵丛苍, 王尧宇. 无机化学学报, 2018, 34 (12), 2127.
- [3] 蔡丹, 胡涛. 江汉考古, 2010, 115 (2), 121.
- [4] 顾来沅. 清洗世界, 2020, 36 (11), 3.
- [5] 肖敬发. 船电技术, 2023, 43 (10), 57.
- [6] 叶连生. 混凝土学. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981.
- [7] 朱小明, 章盼梅, 江丽珍, 陈宇姗. 合成树脂及塑料, 2023, 40 (4), 65.
- [8] 胥月, 汤纯静, 黄宏, 孙超群, 张亚鲲, 叶群峰, 王爱军. 分析化学, 2014, 42 (9), 7.
- [9] 王坤杰, 高翔, 李红霞, 李明亮, 张德懿, 崔锦峰. 实验技术与管理, 2019, 36 (4), 67.