

普及化的高中科创教育校本课程开发实践研究

张德贵

(上海市徐汇中学, 上海 200030)

摘要: 高中生科技创新素养的培养需要开发更具针对性的校本课程。

“多彩的功能膜”是基于材料化学领域的前沿科技内容开发的面向所有高中生的高中科创校本课程, 其宗旨在于帮助学生接触功能性膜材料领域的前沿科技, 经历创新学习过程, 培养和发展学生的创新意识和实践能力。课程包含“准备创新”、“体验创新”和“自主创新”三个阶段, 采取社会化评价模式。不同水平的学生将在课程中获得适合自己的科技创新学习经历。

关键词: 科创教育; 跨学科; 校本课程

目录

一、科创校本课程开发起源——响应时代的呼唤.....	3
二、科创校本课程开发路径——与大学共建的开发模式.....	3
三、课程内容建构——“准备-体验-自主”三阶段递进课程结构.....	4
（一）“准备创新”阶段——学习膜科技的基础知识、技能和方法.....	5
（二）“体验创新”阶段——教师引领项目学习，体验科技创新全过程.....	6
（三）“自主创新”阶段——独立开展科技创新项目研究.....	7
四、课程校本化实施策略——构建以研究性学习为主的生本学堂.....	8
（一）从问题、专题到课题的“三层次”活动设计.....	8
（二）学科核心思维模型的建构与应用.....	8
（三）基于校情和学情不断优化课程内容.....	10
（四）以兴趣为唯一“门槛”的自主选课模式.....	11
（五）各显身手——合作学习团队组建的优化.....	11
（六）搭建合作学习载体——专题化的项目学习模式优化.....	12
（七）在课程中做研究——实现人人有课题.....	13
（八）学生也能当导师——“大带小”学生课题导师制.....	15
（九）线上线下融合——探索信息化时代学习方式变革.....	16
（十）以评促学——基于创新学习经历的社会化评价.....	18
五、课程单元教学（主题探究活动）设计案例.....	23
（一）主题探究活动名称.....	23
（二）主题探究活动分析.....	23
（三）主题探究活动目标.....	25
（四）主题探究活动资源.....	25
（五）主题探究活动过程.....	29
（六）主题探究活动评价.....	32
六、成效与反思.....	36
（一）科创课程开发助力学校高速发展.....	36
（二）科创课程教学助推教师迅速成长.....	36
（三）科创课程学习引领学生创新发展.....	37
（四）课程（研究成果）应用推广情况.....	37
（五）展望.....	38
参考文献.....	40

一、科创校本课程开发起源——响应时代的呼唤

随着新科学、新技术的不断涌现，基础型课程已无法完全满足当今时代对科技人才的培养需求。教育部《普通高中课程方案（2017年版2020年修订）》中明确要求“根据科学技术进步新成果，及时更新教学内容，反映时代要求。”在该新课程方案理念的指导下，校本课程为培养面向世界、面向未来的科技人才设置了学习通道。学校作为人才培养的重要基地之一，肩负着时代的历史使命，需随时根据当代社会的发展对未来教育作出预测，并根据“以学生发展为本”的宗旨，调整培养目标，开发实施相应的特色课程。

功能膜是一种由高分子聚合物为主制成的功能性薄膜材料，常见的有保鲜膜、农用棚地膜、电池隔离膜、触屏导电膜、不粘锅涂层、液晶屏增亮膜、海水淡化过滤膜、婴儿纸尿裤、战斗机隐形涂层、人造心脏织物、人造血管等。功能性薄膜的出现及使用伴随着人类社会文明的发展，它已经成为当今社会各行各业不可缺少的重要组成部分。随着社会的进步和科技的发展，人类迫切需要各种功能性膜材料。

本研究尝试开发并实施功能性膜材料领域的面向所有高中生的普及化科创校本课程“多彩的功能膜”。课程将向学生呈现膜材料领域的前沿科技，同时让学生有机会亲自动手制作一些功能性薄膜，如具备导电、防腐、驱避、隔热、自清洁、防雾、抗菌、防霉等功能的膜材料，并利用前沿科技设备和检测方法对产品性能进行表征。学生将在教师指导下开展一些膜材料科技领域的创新项目研究。

二、科创校本课程开发路径——与大学共建的开发模式

高端科创课程创生离不开中学与大学共建对接课程群的建设，若没有大学的支持课程在学术上很难“高端”，没有中学的参与课程又很难“落地”。所以本研究在科创课程建设过程中采取的是中学教师 and 大学教师共同开发课程的模式。课程开发完成后，由本校中学教师授课，大学教师在需要时提供学术支持。

上海市徐汇中学深入挖掘高校、研究所、科技公司等科创资源，合作开发适宜中学生的科技创新教育课程。学校积极成为了上海中小学前沿科学前沿技术创新课程平台（简称“双前沿课程平台”）“种子课程”试点学校，“双前沿课程平台”是一项推动学校创新教育的工程，由上海市教育委员会教学研究室、上海师范大学科技策划与传播中心、上海科学技术出版社共同发起并提供支持，其宗旨在于帮助学生接触科技前沿领域，经历创新学习过程，培养和发展学生的创新意识和实践能力。“双前沿课程平台”邀请科学家领衔，与中学教师共同开发种子课程，创立了从“种子课程”到“校本课程”的课程发展路径。中学在种子课程的基础上，根据学校的实际情况进行校本化实施，形成融入学校课程体系的校本课程。上海市徐汇中学目前已经和平台共建开发了8门科创“种子课程”。本课程“多彩的功能膜”便是其中之一，由上海工程技术大学科研处处长陈思浩、高分子材料系主任王继虎等专家领衔，徐汇中学教师张德贵等中学教师共同参与开发。

三、课程内容建构——“准备-体验-自主”三阶段递进课程结构

本课程包含“准备创新”、“体验创新”和“自主创新”三个阶

段。在“准备创新”阶段，学生通过理论与实践活动接触前沿科学和技术的相关知识，开拓创新视野，初步发展创新意识和创新能力。在“体验创新”阶段，学生在教师指导下完成一项创新课题，以小组团队合作形式经历比较完整的创新实践过程，进一步发展创新意识和创新能力。在“自主创新”阶段，学生将自主提出并完成创新项目，鼓励独立开展创新活动（对接大学毕业论文的个人研究模式），创新意识和创新能力得到深入发展。三阶段课程培养目标与学习要求逐步提高，呈递进结构。

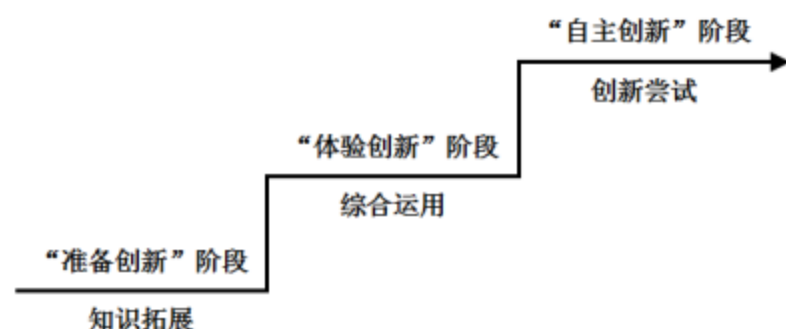


图1 “多彩的功能膜”课程的“三阶段”递进结构

（一）“准备创新”阶段——学习膜科技的基础知识、技能和方法

在准备创新阶段，注重学习膜材料科技的基础知识、技能和方法，开拓视野，认识科技创新的意义，并初步具备相应创新能力，为体验创新做好准备。教学时展示实际样品，同时注重多媒体的作用，开展丰富多样的教学活动。在科学实践过程中，鼓励学生多问几个为什么？实验过程中观察到什么现象，如何解释这些现象？还有哪些功能性的材料可以开发等。以探究性教学、问题解决教学为主，以传授教学为辅。强调学生在教学的主体作用，强调“做中学”教学方式。

表1 “准备创新”阶段教学内容

序号	教学内容
1	课程简介 学生自我介绍 根据学生特点组建学习小组 学生团队“破冰”
2	功能性膜材料的制备原理 功能性膜材料的分类和应用
3	功能性薄膜的实验室制备方法简介 各种膜材料制备设备简介
4	水溶性成膜液的配制 旋转粘度计和自动涂膜器的使用
5	涂-4杯的使用 乳胶漆的施工方法及性能检测
6	光电雾度仪的使用 防雾滴膜的制备及性能测定
7	导电性能测定设备使用原理 导电膜材料的制备及性能测定
8	功能膜领域研究的核心“三要素模型”
9	总结和交流、学习“怎样撰写创新计划和报告” 布置假期任务：选题并撰写创新计划（开题报告）

（二）“体验创新”阶段——教师引领项目学习，体验科技创新全过程

在体验创新阶段，注重体验科技创新全过程，强化创新动机，运用准备创新阶段的知识、技能和方法，解决具有一定综合程度的问题。逐步树立并巩固创新自信，各项创新能力得以进一步发展，为自主创新做好准备。以“项目学习”为主要教学方式，充分发挥学生的主体作用，教师是导师，角色是引导、支持，并评价学生的发展。激发学生对薄膜材料的兴趣，尤其是以课题研究的形式，将一些实验室制备的功能膜与生活情境有效融合，研究功能膜应用到生活的多个方面，为学生提供基于功能薄膜的科研过程。学生需要查阅文献、完成项目可执行性报告，并进行系统设计。体验创新阶段主要以教师合理引导、

学生积极参加研究活动为主，培养学生动脑、动手的能力，培养学生基础研究能力，进一步促进创新意识和创新能力发展。

表 2 “体验创新”阶段教学内容

序号	教学内容
1	开题报告（假期作业）交流、互评与修改
2	开题报告（修改版）交流、互评与完善
3	开题报告（完善版）答辩，明确研究目的、方法和预期成果等
4	防雾膜配方研制方案的实施与调整（第 1 次）
5	防雾膜配方研制方案的实施与调整（第 2 次）
6	防雾膜配方研制方案的实施与调整（第 3 次）
7	防雾膜配方研制方案的实施与总结
8	创新报告的交流与完善
9	创新报告（完善版）交流、提出研究展望（自主创新阶段课题）

学生在教师引导下，将以小组形式完整地体验一次选题、文献综述、方案设计、实验验证和结果交流等科研基本环节，形成科学研究基本思路，掌握科学研究基本步骤，为后续“自主创新”阶段和未来从事科技创新研究工作打下一些基础。

（三）“自主创新”阶段——独立开展科技创新项目研究

本阶段课程注重学生独立进行膜材料科技创新活动，在前两个阶段学习的基础上，学生将自主选择并开展课题研究。学生独立提出创新课题，为实施创新课题写出计划书，教师可适当对学生选择的课题进行讨论，判定课题的可行性，完善课题和所提出的计划，在学生进行实验过程中给予学生需要的指导和帮助，让学生能够发现存在的问题，同时实验方案可能随时都需要调整和优化。本阶段的学习更加自由和灵活，学生可以利用社会活动课、午自修甚至下雨天的体育课等

时间，在实验室进行研究活动，进一步强化创新意识，创新能力得到全面发展，并达到较高水平。

四、课程校本化实施策略——构建以研究性学习为主的生本学堂

（一）从问题、专题到课题的“三层次”活动设计

学生在“多彩的功能膜”三个阶段的课程学习过程中，将依次经历从问题、专题到课题的“三层次”学习活动。“准备创新”阶段的学习活动以解决“问题”为核心，例如如何配制水溶性成膜液、如何制备抗菌膜、如何检测防雾膜的性能等等，这些“问题”强调对化学基础知识、技能和方法的学习；“体验创新”阶段的学习活动以研究“专题”为核心，例如各学习小组围绕“不同材料防雾膜的创新配方开发”进行专题研究，在教师的引导下，各小组经历一次完整的课题研究过程，“专题”强调合作学习，以及在项目学习过程中的知识综合运用和研究方法建构；“自主创新”阶段的学习活动则以发展“课题”为核心，学生以直接的科技创新活动为主，教学以生成的特征进行，学生全面地、全过程地发挥其主体性，教师的角色是协作者，鼓励、支持、协同创新，并对学生做出评价。



图2 从问题、专题到课题的“三层次”学生研究活动设计

（二）学科核心思维模型的建构与应用

本课程依托“双前沿课程平台”资源进行开发，学科内容资源由高校专家根据本领域前沿科技甄选提供，是与高校共建的课程。因此学习内容所需要的认知水平普遍较高，而课程实施过程中又是“面向大多数学生”的。如何帮助大多数学生理解并深度学习功能膜材料课程是教师首先面临的一个难题。各学科领域往往都有核心思维模型，功能膜材料也不例外。学生在课程学习过程中逐步掌握功能膜领域研究的基本知识和技能，包括一些基础功能性膜材料的设计原理、制备和性能检测，学会使用功能膜研究常用的一些科学仪器等。其中，学科研究核心思维模型的建立是课程的重点之一，教师通过适当的引导帮助学生建立功能膜研究的“三要素模型”（图3），即膜基材、功能添加剂和涂膜工艺这三个核心研究要素，并利用该模型进行多种功能膜的设计、制作和性能表征。

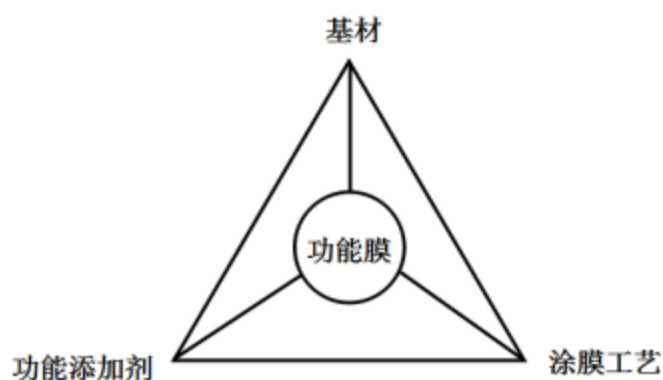


图3 功能膜“三要素”模型

功能膜三要素思维模型是“多彩的功能膜”课程的特色思维模型，并体现出这三个核心要素之间互相影响的动态含义。在功能膜配方研究的过程中，往往都是通过调整这三个核心要素得以实现。而每调整一个要素，可能对另外两个要素也会产生一定影响。通过基材、功能

添加剂和涂膜工艺的不断优化，就能制作出不同性能的功能膜。

表 3 功能膜三要素思维模型的应用举例

功能膜三要素	应用 1（防雾膜）	应用 2（导电膜）
基材	聚乙烯醇（PVA）	聚乙烯醇（PVA）
功能添加剂	十二烷基苯磺酸钠（SDBS）	石墨粉、铜粉
涂膜工艺	手工涂刷（羊毛刷）	自动涂刷（自动涂膜机）

（三）基于校情和学情不断优化课程内容

本课程内容呈现了膜材料领域的前沿科技，能够有效开拓学生视野，认识科技创新的意义。但由于高中学校硬件环境和学生知识能力水平往往与高校之间存在差异，高校教师在教学内容、进度和实验难度上的考量往往有超出高中可操作范畴的部分。高中教师必须根据校情和学情对课程内容进行调整，具体可见下表：

表 4 基于校情和学情的课程内容调整（部分）

调整内容	调整原因	改进措施
1.调整静电纺丝技术等 相关内容	静电纺丝技术是膜科技的前沿技术，但涉及物理化学、高分子材料化学等高教原理，难度远远超出高中生认知发展水平	将静电纺丝技术相关内容编入“汇学校本学材”，作为选择性学习资料帮助学生开拓视野
2.删除乙酸乙酯、二氯甲烷等易燃易爆或有毒性挥发溶剂的相关内容	课程与初、高中基础化学实验室共用场地，缺少通风橱等设备，且空间有限无法按消防标准储存课程新增的试剂	课程内容所有膜材料选取聚乙烯醇、聚乳酸等水溶性好的基材，以水替代原溶剂
3.删除金相显微镜设备的相关实验内容	金相显微镜设备昂贵，远超出学校开支预算	将金相显微镜相关内容编入“汇学校本学材”，对于确实需要使用该设备的学生帮助安排至大学实验室使用

（四）以兴趣为唯一“门槛”的自主选课模式

前沿科技往往被认为是“尖子生”的专属特权。而笔者则认为在科技高速发展的今天，前沿科技教育应该是普及化的。本课程具有“面向大多数学生”和“学生感兴趣”等特点，因此本课程纳入学校选修课程平台，由学生在学校网络平台自由选择，不设任何成绩、选课门槛。无论是“学优生”，还是“学困生”，只要感兴趣，就能来学。课程以功能性膜材料科技内容为载体，通过准备创新、体验创新和自主创新三阶段递进课程结构和从问题、专题到课题的三层次研究活动设计，使不同水平的学生都能在课程中获得适合自己的科技创新学习经历。

（五）各显身手——合作学习团队组建的优化

合作学习是指学生为了完成共同的任务，有明确的责任分工的互助性学习。在本课程的第一轮实施过程中，采取学生自由选择的分组方式，由于选修本课程的学生来自不同班级，彼此不熟，所以往往都更倾向于选择自己班级的同伴成组。在后续教学中发现这样的分组方式可能会造成组员能力分布不合理的现象，比如某一组4位同学中PPT制作和演讲的能力普遍都较弱，造成整组在日常的方案或实验结果交流中缺乏表现力，还有的组资料收集和整理能力普遍较弱，导致小组许多任务的完成水平降低。

在第二轮的课程实施中，教师尝试采取能力分组方式，通过自述、交流等方式为学生贴上“能力标签”，根据能力互补原则进行分组，尽量保证各小组学生有较为均衡的团队能力，在完成任务时能互帮互

助，有明确责任分工。同时通过组员互相介绍、团队破冰游戏等方式，帮助原本陌生的非同班同学间尽快建立互识互信，避免任务总集中于组内个别学生身上甚至课程结束还不知校本课程同伴姓名的“伪合作学习”情况发生。

（六）搭建合作学习载体——专题化的项目学习模式优化

在第一轮教学过程中，四组学生研究课题由学生自由拟定，造成了四组学生的项目课题关联性很小，学生又都是第一次完整体验课题研究过程，致使学习过程中学生团队之间的互相帮助实施难度较大，教师指导四个独立课题的难度也提高。

在第二轮教学过程中，教师尝试采取“专题化”的方式部分限定项目课题，如限定选择“防雾膜”相关的课题，学生拟定了“眼镜片防雾膜的创新配方研究”、“汽车玻璃防雾膜的创新配方研究”、“农业防雾膜的创新配方研究”和“防雾膜的持效期改进”四个课题。教师希望在专题化的项目研究过程中，学生能够在相似问题的研究中彼此启发、质疑、互相促进，从同伴组的研究中或许可以获得对本组有启发的灵感。

表5 “专题化”的项目学习选题优化

第一轮学生选题 (缺乏合作学习载体)	第二轮学生选题 (搭建合作学习载体)
《生物降解膜在手机膜上应用》	《眼镜片防雾膜的创新配方研究》
《增塑剂对垃圾袋性能的影响》	《汽车防雾膜的创新配方研究》
《流滴缓释剂对pva性能影响》	《农业防雾膜的创新配方研究》
《镜子防雾膜领域的开发探索》	《防雾膜的持效期改进探索》

通过“专题化”的项目选题，搭建了学生研究小组之间合作的桥梁，使合作学习不仅发生在小组内部，也能在小组之间持续合作互动，产生思维碰撞。实现以学生自主研究活动为主的生本学堂生态构建。

（七）在课程中做研究——实现人人有课题

项目化学习对学生创新思维和实践能力发展有着十分积极的作用，但大多数学生对做项目、做课题研究还是十分陌生的。在越来越注重学生综合素质发展的当下，如何培养学生进行跨学科项目研究性学习的能力呢？笔者尝试通过“在课程中做研究”的策略，努力实现“人人有课题、人人会创新”普及化的中学学科教育目标。具体来说，希望学生通过校本课程的学习时空，从零开始逐步学习科技创新的基本知识、能力和方法，并最终能够独立或主导完成一项适合自己能力水平的科创项目研究。学生开展研究性学习，实践创新探索，完成创新成果，实现从“被动听讲者”到“主动研究者”的转变。

要实现带着学生做真研究，必须要有充分的研究时间和空间保障，笔者通过校本课程、自选研究课程、限定特色课程和课后延时服务课程四维一体化实施的策略，确保了每周3-5课时的固定研究时间，创新实验室也全天候为有研究需求的学生开放，为学生研究活动提供了充足的时空保障。目前，已经有60名选课学生在本课程学习中完成了自主研究课题，并获得了市教研室双前沿课程平台社会化评价“优秀”认证。

表6 市教研室双前沿课程平台社会化评价“优秀”课题

序号	课题名称	学生姓名	届数
----	------	------	----

1	生物降解膜在手机上应用的可能性	罗诗媛	2018
2	镜子防雾膜研制的探索	童晓珂	2018
3	增塑剂对垃圾袋性能的影响及其评测	周子楠	2018
4	流滴缓释剂对 pva 防雾膜持效期改进的研究	柯清滢	2018
5	防雾膜在眼镜片领域的应用探索	姚思琦	2018
6	海藻酸钠对以 PE 为材的家用保鲜膜可降解性改进研究	唐依雯	2019
7	探究 PVA 水溶袋的优化配方	陈若离	2019
8	探究改进眼镜防雾膜附着力的方法	胡馨悦	2019
9	车窗玻璃的自清洁涂料研究	崔彦淳	2019
10	家用镜子防雾膜涂膜工艺的研究	申奥佳	2019
11	基于功能膜三要素家用农业防雾膜的创新配方研究	陈泓臻	2019
12	PE 家用农膜植物驱虫性能添加剂的开发	应奕辰	2019
13	基于混合 SDBS 后的 PVA 防雾膜在轻度磨损后性能研究	金家骏	2020
14	防雾薄膜的附着力改进研究	秦黄梓	2020
15	纳米二氧化钛对于 PVA 防雾膜防雾性能的提升研究	邱文博	2020
16	眼镜防雾膜的创新配方研究	盛嘉悦	2020
17	基于有机硅耐磨性的 PVA 防雾膜在车窗玻璃领域的应用探索	吴宙瀚	2020
18	手机防雾膜的制备及运用	应月	2020
19	防雾膜持效期改进研究	朱坚俊	2020
20	表面活性剂改性玻璃防雾膜配方研究	黄琦峰	2020

21	不同浓度硅藻土对 PVA 防雾膜持效性影响的研究	祝瀛浩	2020
22	市面上常见的球鞋防水喷雾的性能研究与改进	高泽平	2021
23	一种汽车后视镜疏水膜的制备	赵宁孜	2021
24	提升手机听筒膜的防水性及透音性	郝好	2021
25	市场上几种隔热膜的性能测试及隔热效果分析	唐偲盛	2021
26	淀粉基塑料薄膜生物降解性能研究	杨奕茗	2021
27	探究保护膜胶层厚度对产品性能的影响及原因分析	徐辰	2021
28	对泳镜防雾膜持效性改良的研究	沈煦凯	2021
29	基于抗静电膜制备——市面上常见的抗静电剂的性能研究与改进	鲁越	2021
30	基于血糖分子量的胰腺癌疗效评估数学模型	范时浩	2022
31	麝香草酚-海藻酸钠保鲜膜的制备与 J 性能测定	金敏娴	2022
32	市面上常见手机防窥膜性能测评	金迎贤	2022
33	一种智能垃圾收集系统的开发与应用	王沛怡	2022
34	纳米二氧化硅对于硝基清漆涂膜性能的影响	尹睿茗	2022
35	柠檬酸增塑剂对保鲜膜的影响	曹楠	2022
36	基于转光膜在种植领域的应用探索	曹晓敏	2022
37	汽车高透光性紫外吸收前挡膜的开发研究	刘玟希	2022
38	辨别指纹膜与真实指纹	汪琳琳	2022
39	反光膜对紫外线照射强度的影响	王朱呈	2022
40	聚乙烯保温膜的性能研究	汪依柠	2022
41	甲壳素对于保鲜膜保鲜效果探究	邹霁珂	2023

42	隔音膜的运用领域和前景展望	陈晟	2023
43	球鞋防水中主要成分的浓度对其防水性及透气性的影响的研究与改进	陈昱阳	2023
44	市场上常见压敏胶性能测试	沈逸阳	2023
45	不同种塑料餐盒在高温下的分解情况	盛致远	2023
46	PEO 涂层隔膜对 PP 隔膜的改善作用	徐欣悦	2023
47	市面上常见的墙纸性能测评	朱可歆	2023
48	塑料购物袋在自然环境下降解性能的研究	高晨翔	2023
49	百里香酚/海藻酸钠复合膜的制备与保鲜等性能测试	郭子宸	2023
50	微孔壳聚糖保鲜膜的制备与性能测定	李响	2023
51	钢化玻璃手机贴膜的疏油层性能及测评	沈怡臣	2023
52	市场常见隔热膜性能测评	宋泽波	2023
53	真假指纹膜——硅胶指纹膜的制备及其辨别方法	赵云	2023
54	市面上常见汽车膜隔紫外线和防刮擦性能的测评	冯艺璟	2023
55	ITO 与 FTO 导电膜测评	朱怡宁	2023
56	一种全覆盖手机保护膜——水凝膜	缪宇轩	2023
57	市面上常见反光膜性能测评	袁鸿乐	2023
58	将聚四氟乙烯乳液与 ABS 乳液混合制成膜来提高 ABS 的自润滑性能	袁凌皓	2023
59	市面上常见蓝光膜性能测评	周严俊	2023
60	壳聚糖在护肤品中保湿性能的测评	邓星怡	2023

(八) 学生也能当导师——“大带小”学生课题导师制

科创校本课程的发展不仅推动了学校发展，也深度培养了学生的创新素养发展。但随着课程的不断发展优化和辐射范围扩大，选课学生数量不断激增。如何解决任课教师面临的日益剧增的课题指导工作量负担？又如何持续推动已经完成自主研究课题学生的创新素养发展？笔者尝试将以上两个问题合并解决——实施“大带小”学生课题导师制。即高年级学生指导低年级学生开展研究活动。已经在课程中完成自主研究课题并获得市教研室双前沿课程平台社会化评价“优秀”认证的学生，将被聘任为“汇学高端课题学生导师”，校级层面举行学生导师的聘任仪式并颁发聘书。学生导师将和任课教师一起指导低年级学生开展科技创新项目研究学习活动，既极大程度地解决了激增的学生课题指导工作量负担问题，又给学生导师们提供了“从优秀到卓越”的科创素养持续发展平台。

（九）线上线下融合——探索信息化时代学习方式变革

随着信息化时代的到来，在线获取信息已经成为日常生活中学习的主流方式。信息获取方式的改变必然引起学生思维方式的变化，学校教育形式也应该匹配时代发展，依据信息化时代学生思维特点开展教育活动。新冠肺炎（COVID-19）疫情期间，为贯彻落实教育部利用网络平台“停课不停学”工作要求，“空中课堂”等一系列在线教学资源在短期内激增。但稍作统计和分析便可发现，全国各地“空中课堂”的内容大部分都是线下基础型必修课程的在线迁移版本，而且聚焦中学生科创素养发展的在线科创教育课程明显缺失。尤其是线上与线下融合实施的中学科创教育课程更是凤毛麟角。

为了在有限的程度上弥补在线中学科创教育课程资源不足的问题，同时又尝试拓宽科创校本课程教学实施的时空。笔者根据信息化时代学生的思维特点，在“多彩的功能膜”课程的开发与实践过程中，进行了一些初步的线上线下融合教学探索。

1. 在线慕课资源建设

在线教育应将认知原理与信息技术相结合。笔者将本课程“准备创新”阶段的一些教学内容根据在线学习的特点进行重新设计，录制成在线慕课“新型化学材料：功能膜”，同步在上海市高中名校慕课平台和学习强国平台上线，学生随时随地都能通过网络学习本课程的基础理论、仪器设备操作说明、常用实验方法等内容，实现了灵活学、可复学、按需学。

2. 线下与线下教学的融合

(1) 线上做学生，线下做老师

教师如何提高学生在线学习的有效性？如何将线上与线下教学进行有机的融合？为解答这两个问题，笔者进行了“线上做学生，线下做老师”的教学模式探索。教师通过布置板块学习任务驱动，安排学生在一定的时间期限内，自主安排在线学习不同模块的内容。学完以后到线下课堂来做老师，将自己学习的板块内容教给其他学生。学生为了在课堂上做一个“好老师”，自然会特别认真地进行在线学习，做“好学生”。不仅如此，学生一定还会自主地深入思考学习内容，将其转化为自身的理解，否则很有可能会在“做老师”的环节里表现不佳。这一教学模式帮助教师显性化地观察到了学生在线学习的成效，

同时又提高了学生在线自主深度学习的有效性。

（2）线上学理论，线下来实践

通过在线慕课的开发应用，本课程的基础理论知识几乎 100%可以在线上学。线上学习最大的意义在于拓宽了学习的时空，实现了灵活学、可复学、按需学。帮助学生灵活利用时间，根据研究需要学习一些理论知识，从而最大化地利用校本课程上课时间用以动手实践。但“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行。”要实现科创教育的目标，发展学生创新思维和实践能力，仅靠线上理论学习显然是完全不够的。

“准备创新”阶段所有的基础实验内容以及“体验创新”和“自主创新”阶段的研究性项目探究实验都是不能被线上取代的，需要学生亲身投入实验室中实操开展。实验仪器操作演示、研究计划的制定和修改等教学活动都可以在线上开展，以此最大化地将线下课程时间提供给学生动手实践。

（3）线上实时间，线下深入究

本课程是面向大多数学生的普及化中学科创教育课程，而大多数学生在开展科技创新学习活动的过程中一定会遇到许多问题。及时地帮助学生解决问题是学生能够保持长期科创学习兴趣的关键。利用微信等在线手段，学生产生的问题与困惑已经可以实现“不过夜”了。通过线上的实时解答和线下的深入探究，教师帮助学生不断突破科创学习过程中的阻碍。师生共同做学问，推动科创学习研究项目的持续推进。当然，中学教师的学识并不能解决所有学生科创项目中的问题。本课程得益于双前沿课程平台的支持，获得了科学家的长期学术指导。

上海工程技术大学高分子材料系主任王继虎老师通过日常微信答疑、线上开题论证和线下结题答辩等形式，与中学任课教师一起为学生提供专业的学术支撑。

（十）以评促学——基于创新学习经历的社会化评价

学习评价是课程实施的重要组成部分，“多彩的功能膜”课程注重学生个性发展，突出培养学生基于科创活动的创新意识和创新实践能力。在课程实施上主张对学生的学习经历进行有效评价，通过评价促进学生的进一步发展。学生学习经历评价的基础在学校，“双前沿课程平台”在学校评价的基础上邀请科技界和教育界的专家对学生创新意识和创新能力的发展状况进行“社会化评价”，以此来提高学生经历评价的有效性和公正性，帮助学生进一步提高创新意识和创新实践能力，促进学校的科技创新教育发展。

1. 社会化评价的内容

对学生学习经历进行社会化评价主要包括三项内容，分别是：

（1）学生所经历的学习过程

学生所经历的学习过程是指学生在校参加科创课程学习和实践活动的情况，表现为学校开设科创课程的情况等。如学校是否依照要求开设科创课程，学生是否有学习时间和实践活动机会等。学生所经历的学习过程是社会化评价的基本内容。

（2）学生在学习过程中的表现

学生在学习过程中表现情况既包括学生的主观努力，也包括客观上所达到的学习水平。如学生出席学习活动的情况，完成具体学习任

务的情况，在学习活动表现的态度等；又如，表现性作业“资料整理”、“制定计划”、“创新报告”的质量等。学生在学习过程中的表现是社会化评价的重要内容。

（3）学生创新素质的发展

创新素质是一项综合性素质，包括创新思维、合作、表达、论争和知识技能等，它表现在学生学习经历的整个过程中，尤其是自主创新中，学生的创新素质得到更充分的体现。在评价表现优秀的学生时，学生创新素质的发展是关键内容。

参加社会化评价的学生必须修完准备创新阶段课程，完整经历体验创新阶段的项目学习，完成并提交“资料整理”、“创新计划”、“创新报告”等表现性作业和佐证材料。符合以上基本要求并得到学校推荐的学生，可参加表现性作业认证活动。

2. 表现性作业的要求

表现性作业认证是对学生在科创课程学习中所获发展的基本评判。评价内容主要是体验创新阶段的“资料整理”、“创新计划”和“创新报告”等表现性作业，认证标准主要依据体验创新阶段的教学要求和高中阶段教学目标。学生表现性作业认证是针对学生个体发展的评价。评委会组织专业人员对表现性作业进行评阅，给出成绩。评阅的基本要点是科学性、规范性，同时兼顾创新性。评委会根据评阅的成绩，结合佐证材料和学校科创课程执行情况等，认定学生表现性作业的成绩，并制定当年学习经历合格的成绩基准。表现性作业成绩在合格基准以上，是获得学习经历合格证书、优秀证书和获得突出表

获奖的基本条件。

学生表现性作业包括“资料整理”、“创新计划”和“创新报告”。

以下是对表现性作业的基本要求。

（1）资料整理

资料整理是体验创新阶段的表现性作业，由学生个人独立完成。该作业主要反映学生的信息能力，包括①从不同来源中获取信息，②对信息进行分类，③从信息中获得启发和④规范表达等。在科学探究中，资料整理一般是信息综述；在技术研发中，一般是调查报告。

信息综述应围绕探究任务撰写，信息有 3 个及以上的来源(文献)，其中至少有一个来自专业信息源。信息综述应有标题、信息整理和所获信息对科学探究的启发等。信息综述还应附有参考文献。

调查报告应围绕技术研发撰写。如是问卷调查，应不少于 15 个样本、如是案例调查，应不少于 3 个案例。调查报告应有标题、调查目的和方法、样本或案例来源、信息整理以及调查对技术设计的启发等。调查报告中的量化信息推荐用图表呈现。

（2）创新计划

创新计划是体验创新阶段的表现性作业，可以由学生个人完成，也可以由小组集体完成。该作业主要反映学生对项目的理解以及计划能力，包括①理解创新项目，②运用科学技术原理，③缜密规划工作和④规范表达等。创新计划由科学探究计划和技术研发计划两种不同形式。

科学探究计划应围绕探究任务撰写，探究任务一般是对科学假设

的检验。探究计划应有题目、探究任务、探究所依据的科学原理、探究的过程（实验用品和步骤）、预计的结果和难点以及时间进度等。以小组形式组织科学探究的，应说明小组成员和人员主要分工。

技术研发计划应围绕研制任务撰写，设计是研发过程的核心。技术研发计划应有题目、产品需求分析、产品设计、对产品功能的预期、产品研制过程（材料、工具和步骤）和时间进度等。以小组形式组织产品研制的，应说明小组成员和人员主要分工。

（3）创新报告

创新报告是体验创新阶段的表现性作业，由学生独立完成。署名时应表明指导教师。以小组为单位体验创新的，小组数据可以是同一来源，但报告仍应独立撰写。署名时还应包括小组成员，但作者署名在前。该作业主要反映学生对创新任务、创新过程和创新成果的理解，反映学生综合表达的能力，包括①理解创新课题，②运用科技原理，③处理定性或定量信息，④获得结论和进行反思和⑤规范表达等。创新报告有科学探究报告和技术研发报告两种形式。

科学探究报告应围绕探究任务的起因、探究过程和探究结论等综合地撰写。一般包含探究背景、探究问题（或探究假设）、科学原理、实验设施设备、实验步骤、数据处理和分析、探究结论和反思等。科学探究报告格式应符合论文要求，正文前有标题、摘要、关键词，正文后有参考文献。

技术研发报告应反映产品需求、研制过程和研发产品性能检验等综合地撰写。一般包含需求和目标、科学技术原理、设计思路（或设

计图)、制作工具和材料、制作步骤、产品测试结果和反思等。技术研发报告应符合规范要求。正文前有标题、摘要、关键词,研发中参考他人产品的,需列出参考资料。

作为学生,无论是科学探究报告还是技术研发报告都要有反思。反思从创新活动中得到经验教训,展望未来优化改进的方向,反思在学习中的体会或收获。后者有助于学生更深入地认识自己和有意识地发展自己,在教育上有更重要的价值。

3. 社会化评价的过程

“双前沿课程平台”社会化评价的过程主要包括学校提交评价信息(包括课程开设信息、学生学习经历信息、学生表现性作业,并推荐优秀学生)、“双前沿课程平台”核对课程信息并组织专家审读表现性作业、“双前沿课程平台”组织评优学生与专家面谈等步骤。然后依据规则对每一个参评学生形成学习经历优秀、合格或不授予证书等三种评价结论。社会化评价结果经公示后正式公布,并颁发优秀证书和合格证书。社会化评价的流程图如下:

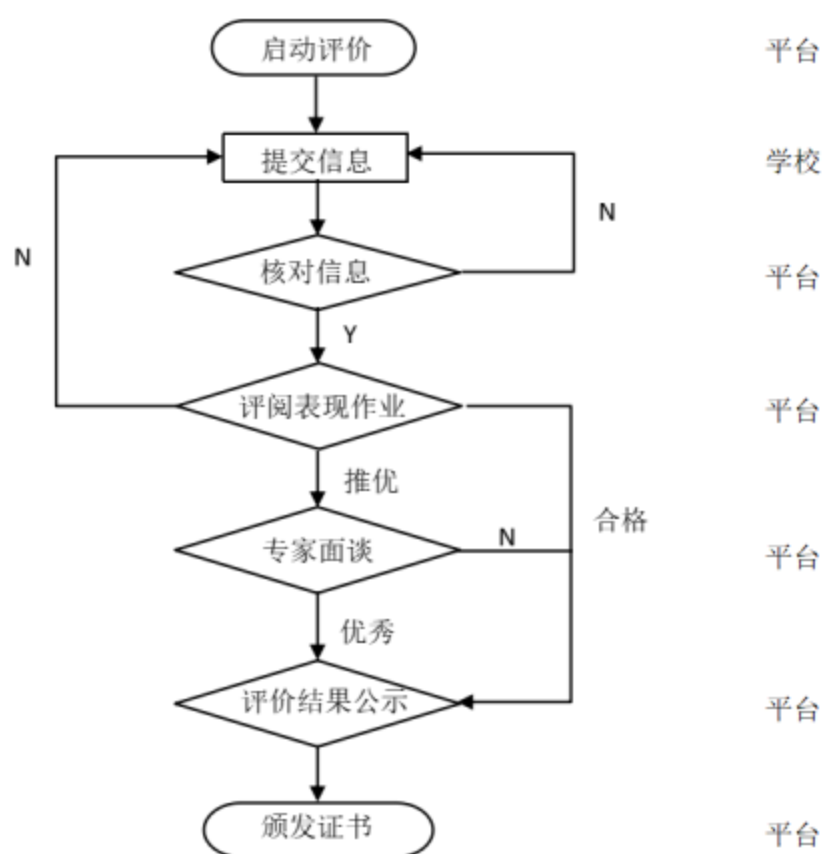


图 4 社会化评价流程

五、课程单元教学（主题探究活动）设计案例

（一）主题探究活动名称

探秘静电纺纳米纤维空气过滤膜

（二）主题探究活动分析

1. 活动起源

2020 年第一轮新冠疫情爆发初期，口罩成为了必需品，同时也在短时间内迅速成为了难以购买的稀缺品，尤其是高性能的 N95 口罩更是供不应求。口罩本质上是一种空气过滤膜，在此背景下，当时就有学生提出能否在“多彩的功能膜”课程中尝试自制媲美 N95 的高性能口罩。教师认为学生这个想法非常有价值，是用专业知识解决现实生活问题的一次充满意义的探索。随即便肯定了学生的想法，并确定

将“自制媲美 N95 的高性能口罩”任务作为课程的一次主题探究活动，由教师和学生小组共同探索完成。经过资料收集和研讨分析，最终确定了使用“静电纺”技术制作纳米尺度的口罩材料，这就是“探秘静电纺纳米纤维空气过滤膜”主题探究活动的设计起源。

2. 相关课程内容

本次主题探究活动的相关学习内容位于沪科版高中拓展型课程教材《多彩的功能膜》第二章第 1 节“静电纺丝成膜法”。静电纺丝是一种特殊的纤维制造工艺，聚合物溶液在强电场中进行喷射纺丝。由于喷丝头上外加了高电压，使液滴表面带同种电荷，当静电排斥作用足够强时，可以克服液滴表面张力形成喷射细流，此时液滴不是球形而是圆锥形，并从圆锥尖端延展得到纤维细丝。这种方式可以生产出纳米级直径的聚合物纤维。

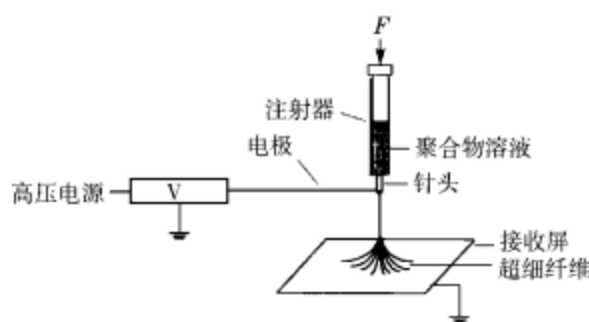


图 5 静电纺丝工作原理示意图

3. 学情分析

本课程选课学生为高一、高二年级。在本次主题探究活动之前，学生已经学习了膜科技的基础理论知识和涂膜、刮膜等基本制膜技能，并亲自动手制作了高清防护膜、眼镜防雾膜和生物降解膜等膜产品。下一阶段，学生需要科技含量更高、应用范围更广的“进阶版”知识

和技能，推进未来持续地在膜科学领域深入学习。教材中“静电纺丝成膜法”便是一种符合学生学习发展需求的制膜技术，它可将大多数聚合物制作成纳米材料且应用领域十分广阔。同时，静电纺丝成膜法也是本次自制媲美 N95 高性能口罩任务中必不可少的关键技术。

（三）主题探究活动目标

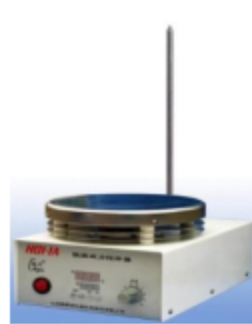
1. 体验静电纺纳米纤维空气过滤膜的研制过程。
2. 自主设计纺丝液浓度、电压等参数，认识技术参数的重要性。
3. 坚持参加小组实验活动全过程，养成合作习惯和有毅力的人格。
4. 增强对前沿科技的关注和信心，感受科技解决现实问题的价值。

（四）主题探究活动资源

1. 常规实验器材

（1）实验试剂：聚偏氟乙烯（PVDF）、二甲基亚砜（DMSO）等。

（2）实验仪器：简易静电纺丝设备、恒温磁力搅拌器、气体过滤效果评价装置、秒表等。



聚偏氟乙烯（PVDF） 二甲基亚砜（DMSO）

简易静电纺丝设备

恒温磁力搅拌器

2. 自制创新实验设备

学生有兴趣也想探索“静电纺丝成膜法”，但教材中只有静电纺丝的理论知识，因缺乏适合高中生使用的静电纺丝设备，无法开展学

生实验探究活动。为了满足学生学习发展需求，解决没有适合高中生使用的静电纺丝设备的教学痛点，教师在科学家的学术支持下，自制了简易静电纺丝设备，见下图。

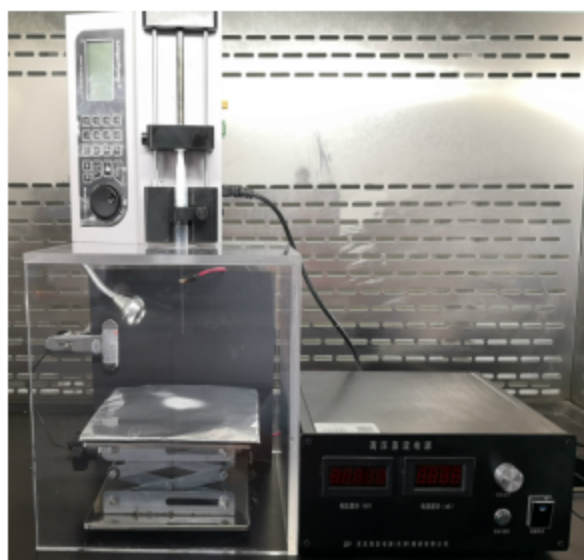


图 6 自制简易静电纺丝设备

a. 装置主要部件：恒速推进泵（精密调整喷射速度）、普通注射器（代替专业喷头）、手动升降台（上置铝箔代替接收屏）、高压直流电源（可调压 0-30kV）。

b. 教学附加部件：黑色底板（便于观察射流）、小灯（可变向，便于观察射流）、安全防护罩（隔离所有带电区域，防止误触）。

c. 创新点：①精简专业设备结构；②可调节多个参数；③可靠的安全防护；④可制多种纳米静电纺膜的通用设备；⑤强化了教学上的可视性。

3. 探究活动支架

本次主题探究活动的主角是学生，教师作为辅助提供必要的学术指导和硬件支持。为了向学生提供一些关键的任务指引和参考资料，

教师设计了供探究小组使用的学习任务单，为学生搭建活动支架。

探秘静电纺纳米纤维空气过滤膜

——学习任务单

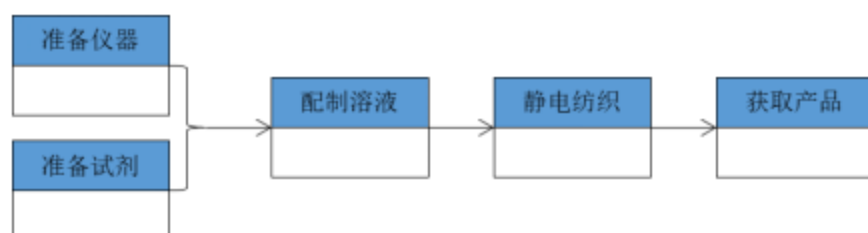
小组成员姓名	分工

一、学习任务介绍

1. 研制目的

制备一种静电纺纳米纤维空气过滤膜

2. 制备步骤



完成相应实验步骤后，请在空格中打勾。

二、小组活动

1. 设计溶液配方

(1) 配方资料

聚合物材料	主要特性
聚乳酸 (PLA)	可降解性
聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)	抗皱、坚固耐用、不粘毛
聚偏氟乙烯 (PVDF)	较强的静电吸附作用

*过滤效果与拦截效应、惯性效应、扩散效应、静电效应和重力效应等因素有关，其中静电效应起到约 70% 的作用。（《空气净化》，2018）

常用溶剂	主要特性
水 (H ₂ O)	无毒，对大多数聚合物溶解性很差
二甲基亚砜 (DMSO)	几乎无毒，对大多数聚合物溶解性较好
二甲基甲酰胺 (DMF)	2A 类致癌物，对大多数聚合物溶解性较好

一般，聚合物浓度为 15%~19%。

(2) 设计

	名称	用量
聚合物		

溶剂		
浓度 wt%		

2. 配制聚合物溶液

(1) 实验仪器

	名称	规格和数量
1		
2		
3		

(2) 实验步骤和记录

	步骤	记录
1		
2		
3		
4		
5		

实验步骤包括取用原料、原料混合和搅拌过程中的观察等。

3. 静电纺织过滤膜

(1) 调整静电纺参数

安全提示:

通电时, 不能在安全罩内操作;

调整喷射速度、喷射距离时必须先切断高压直流电源。

静电纺参数一般为: 电压 6kV~10kV; 喷射速度 0.6~0.8ml/h; 喷射距离 8~15cm

经调整, 我们采用的静电纺参数为: 电压_____; 喷射速度_____; 喷射距离_____。

(2) 过程观察与记录

	观察	记录
1		
2		
3		
4		

观察对象可包括喷丝状况(开灯观察)、膜的形成情况等

4. 获取和检验产品

(1) 产品的外形

从大小、外观等方面描述得到的静电纺空气过滤膜的外形

(2) 过滤效果测试

测试仪器：简易气体过滤效果测试装置

测试记录：

计时 (s)	AQI 值
0	
20	
40	
60	
90	
120	
150	
200	
250	
300	

(3) 过滤效果评价

在计时为 s 时，普通口罩 AQI 值稳定在 ；医用口罩 AQI 值稳定在 。我们自制空气过滤膜的过滤效果_____。

三、小组活动反思

小组活动反思的字数应在 300-500 字内，可以从①研制中的技术经验；②有效小组合作的方式；③对问题的分析思考等方面展开。要做到语句通顺，表意准确。

(五) 主题探究活动过程

1. 单元课时安排

“探秘静电纺纳米纤维空气过滤膜”主题探究活动整体流程分为 5 个步骤，共 4 个教学环节，10 课时。详见下图 7 和表 7。



图 7 “探秘静电纺纳米纤维空气过滤膜”主题探究活动整体流程

表 7 活动单元课时安排

教学环节	课时数	内容和活动
1	2	介绍研制任务、学生自查资料、设计参数
2	3	配制静电纺溶液
3	3	静电纺丝制膜
4	2	过滤膜性能检测、探究结果交流
总课时	10	

2. 具体教学活动

(1) 教学环节 1

①讲解活动要求（任务具体要求、讲解实验设备、安全事项、发放学习任务单）

②学生自查资料（小组为单位）

③实验方案设计（a 学生讨论小组分工；b 自主设计实验参数；c 实验方案交流）

Figure 8 displays three tables of experimental parameters designed by student groups. Each table has columns for '编号' (Number), '原料' (Material), '浓度 w%' (Concentration w%), '电压' (Voltage), '喷射速度' (Spray speed), and '喷射距离' (Spray distance). The tables are titled '实验方案设计' (Experimental design) and include a subtitle '本小组研究的影响静电纺丝性能的因素' (Factors affecting electrostatic spinning performance studied by this group).

图 8 学生小组自主设计的实验参数（部分）

(2) 教学环节 2

①教师指导配制纺丝液要点，提示安全操作。

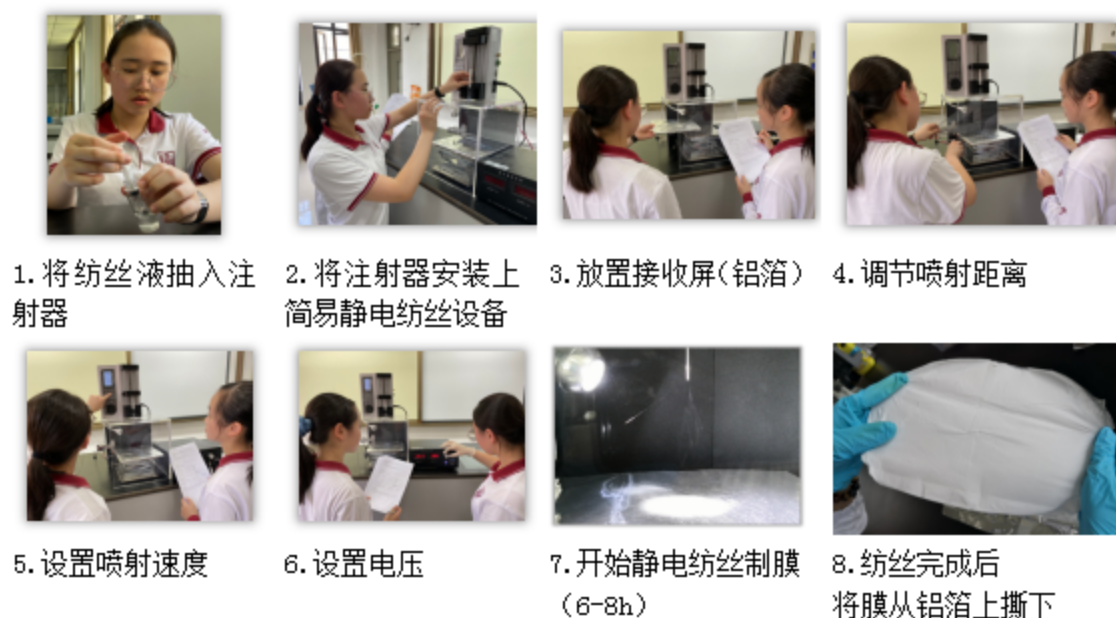
②学生用恒温磁力搅拌器，自主配制静电纺丝溶液。



（3）教学环节 3

①教师指导简易静电纺丝设备操作要点，提示安全操作。

②学生自主调节技术参数，进行静电纺制膜。



（4）教学环节 4

①小组交流各自膜产品的外观特征。

②教师介绍用气体过滤效果评价装置检测膜过滤性能的方法。



实时显示 AQI 指数



气体过滤效果评价装置

③自主检测自制膜的过滤效果。

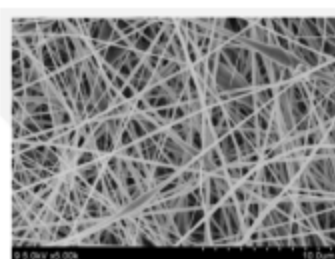
④交流探索实验条件得到的结论。

(六) 主题探究活动评价

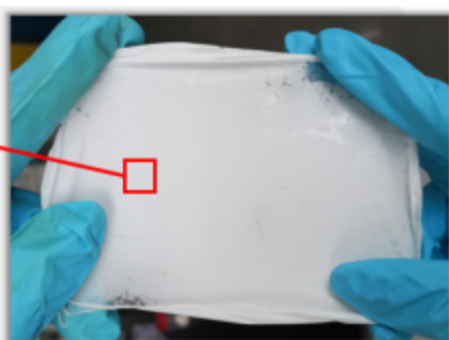
1. 活动成果（实验产品）评价

(1) 自制简易静电纺丝设备成功制作达到纳米材料标准的膜

通过对自制膜样品的扫描电子显微镜 (SEM) 图像分析, 纤维直径小于 $0.1\ \mu\text{m}$, 达到了广义上“纳米纤维”的标准。



扫描电子显微镜
(SEM) 图像



静电纺膜样品

(2) 自制空气过滤膜的过滤效果出色

通过气体过滤效果评价装置左下角传感器实时显示的 AQI 空气质量指数变化情况, 评价膜的过滤效果。实验结果显示, 学生自制的空气过滤膜能够将 AQI500+ 的严重污染空气过滤到 AQI50 以下的优质空气。



严重污染空气 (AQI 值 500 以上) + 用静电纺过滤膜过滤 (先将膜剪裁、加框固定) → 优质空气 (AQI 值 50 以下)

同时，通过对大量测试数据的分析，学生获得了各自小组的实验结论。比如第一组同学发现在 6-10KV 电压范围内，电压越大膜过滤效果越好。类似的，其他组也分别得出了浓度、喷射距离、速度等参数对纺丝性能的影响。

表 8 探索静电纺空气过滤膜实验条件的结论

学生小组	探究变量	实验结论
1	电压	6~10kV 范围内，电压越大过滤效果越好。
2	纺丝液浓度	16~19wt%范围内，浓度越小过滤效果越好。
3	喷射距离	8~10cm 范围内，距离越远过滤效果越好。
4	喷射速度	0.6~0.8ml/h 范围内，速度越慢过滤效果越好。

四组学生还将数据整合并尝试设计了最佳实验参数，合力按此参数制作了一个过滤膜来 PK 比武 N95 口罩。测试结果显示，在相同 AQI 起始值和过滤时间条件下，自制静电纺空气过滤膜性能明显优于普通外科口罩，与 N95 较为接近了。但在透气性能也就是佩戴舒适度上明显优于戴着“闷”的 N95。

2. 主题探究活动目标评价

表 9 探究活动主要目标与评价方式

1 级目标	2 级目标	评价时机与方式
文献查阅能力	自主查阅任务所需的有一定科学性的资料	教学环节 1、学习单填写情况、15 分
方案设计能力	根据自查资料设计科学合理的实验方案	教学环节 1、学习单填写情况、35 分
实验操作能力	成功制作符合要求的膜样品，并检测性能	教学环节 2 和 3、实验产品性能、35 分
结果交流能力	分析实验数据并总结形成报告，PPT 交流	教学环节 4、现场交流表现、15 分

表 10 主题探究活动核心能力及其表现标准表

流程	核心能力	目标	表现标准
准备阶段	观察	培养观察意识，学会观察方法。	A 对身边人、事、物有好奇心和兴趣，在教师的引导下有意识地观察事物。 B 有目的有计划地观察周围的自然和社会环境。
	提问	培养探究意识，提出具体问题。	A 对未知的事物有兴趣，能够对身边的事物提出有价值的问题。 B 有目的地提出研究的问题，并不断修正问题。
	预测	提出合理的假设，预测判断。	A 根据问题进行猜测，并说明理由。 B 提出符合逻辑推理的合理假设。
	方案设计	能设计出解决问题的初步方案。	A 了解设计方案的构成要素，明确设计步骤。 B 根据实际问题，设计解决方案，并在交流中不断完善自己的方案。
执行阶段	信息查阅	收集信息，并进行筛选和整理。	A 在指定的范围内检索与项目相关的权威资料。 B 学会多渠道收集与项目相关的信息资料，并进行初步的筛选和整理。
	调查访谈	掌握问卷调查和访谈的基本方法。	了解问卷调查的基本要求，会借鉴或制定简单的调查问卷或访谈提纲，分工协作，共同完成调查。
	测量操作	运用基本测量工具和方法进行测量。	A 在教师指导下，学会使用科学的测量工具进行测量，初步掌握基本的测量方法。 B 学会选择恰当的测量工具，独立或者合作进行各类常用测量操作。
	实验操作	掌握一定的实验方法，规范操作。	A 了解实验的基本步骤。 B 在教师指导下，按照实验方案，小组合作，规范开展实验操作，并根据记录实验数据或现象。
	资料整理	系统整理项目资料。	A 将照片、视频、文字等资料按照类别/内容进行分类。 B 会使用 excel 图/表整理数据信息。 C 按照项目实施过程，分类整理和筛选各种形式的研究资料，统一归置存档。

收尾阶段	撰写论文	合作完成论文撰写。	A 小组合作，科学严谨地完成论文写作。 B 在论文中准确表达自己的观点，规范借鉴他人的观点。 C 会撰写调查报告、实验报告和小论文。
	成果展示	学会运用多种形式展示学习成果。	A 能够运用 PPT、实物等演示形式，小组合作展示研究成果。 B 能有条理地表达本组的研究过程、研究结果。 C 能认真聆听他人观点，理解他人的观点，并积极表达自己的意见。
	评价反思	客观地对自己和同伴进行评价，并反思本组的研究。	A 会根据教师提供的评价单评价自己和同伴，能肯定和赞赏同伴的学习活动和研究成果。 B 能简单说明评价的理由，提出改进的意见或者建议。 C 结合建议，反思本组研究的优点和不足，确定修改完善的方向。

表 11 主题探究活动规则意识目标与表现标准

规则意识	目标	表现标准
计划先行	设计规范方案	A 能描述研究计划的组成要素。
		B 能设计一个完整的研究计划。
		C 能论证研究计划的適切性。
	反思调整计划	A 能评价研究计划。 B 能预测研究过程中遇到的主要问题。 C 能构建可能的其他方案。
团队合作	合理组建团队	A 相互了解，求同存异，组建团队。
		B 控制团队规模，2--4 人最佳。
		C 在解决团队冲突过程中，逐渐形成团队规范。
	明确角色分工	A 每个成员明确课题的总体目标和实施流程。
		B 明确个人在团队合作中的角色。
		C 明确个人在课题实施每个阶段的具体任务。 D 积极主动地完成个人的任务。
	积极合作交流	A 建立包容、尊重、妥协、互助、信任的合作意识。
		B 形成定期交流、汇报的合作制度。 C 形成人人参与、互赖互助的合作规则。
	认真评价考核	A 形成定期评价、自评与互评相结合的评价机制。
		B 遵循公平、公开、公正的评价原则。
知识产权	聚焦研究课题	A 通过讨论，厘清与研究主题相关的科学常识。 B 通过不同背景的个人认知，聚焦研究课题。
	归纳研究成果	A 通过多种渠道，获取相关信息和研究资料。 B 通过阅读分析，整理并归纳已有研究成果。
	撰写研究报告	A 通过分工实验，完成相关研究过程。 B 通过撰写研究报告，正确清晰的表达研究成果。

科学严谨	研究方法科学	A 根据研究课题，选择合适的研究方法，并科学地使用研究方法。
		B 全面查阅资料，参考文献尽量丰富。
		C 实验过程严谨，多次测量，结果具有可验证性。
		D 尽量采用较成熟的问卷和量表，科学选取样本，问卷调查法与访谈法结合使用。
	数据处理有效	A 边观察边记录数据和现象，保证证据真实可靠。
		B 问卷法能够辨别并去除废卷，统计时仔细不出错。
		C 结果分析时讨论深入。
	语言严谨规范	A 树立科学的态度，以事实和数据为根据，不造假，客观真实地阐述研究结论。
		B 有严密的逻辑，论证有说服力，收集的证据能够支持自己的观点。
		C 用词严谨，坚守“混而不错”的原则，尽量避免绝对化的结论。

六、成效与反思

（一）科创课程开发助力学校高速发展

科创特色课程让学校步入率先发展快车道，实现了发展新高峰。上海市徐汇中学 2005 年被评为徐汇区实验性示范性高中（完中），后续近 15 年保持上海市区重点中学地位。2016 年学校以“培育科创素养”特色建设撬动学校发展，开发并实施了火星车、卫星制作、高铁驾驶、787 飞机驾驶、无人机和水下机器人等 40 余门前沿科创特色课程。2020 年徐汇中学正式被评为上海市科技特色高中，成为了上海市“市重点”高中的一员。

本研究中所开发课程“多彩的功能膜”是学校最早一批开发的高端科创特色课程之一，在整个学校科创特色课程群建设中起到了引领和示范的重要作用。

（二）科创课程教学助推教师迅速成长

本研究中课程的开发与实施者张德贵是徐汇中学的一名高中化学教师。“多彩的功能膜”科创教育课程的研发工作促使张老师重返高校向科学家学习，不断参与最新研究以掌握膜材料领域前沿进展。通过本课程的研发与实施，张老师在 4 年一届堪称“教育界奥运会”

的上海市中青年教师教学评比活动中斩获一等奖第一名。在《化学教学》、《创新人才教育》等全国核心期刊发表论文 6 篇，参与教育部课题 1 项、市区级课题近 10 项。目前担任学校科技创新课程组长，成为了学校科技创新教育的领头人。

可见，科创课程让特色教师迅速成长，科创课程开发与实施工作是教师专业成长的加油站，是创新型教师成长的孵化器。能让单一学科教师成功转型为一专多能的复合型教师，让会学善研的教师成为了教学改革排头兵。

（三）科创课程学习引领学生创新发展

科创特色课程让学生学会了提出有价值的问题，学会研究，提高了学生动手实验实践能力，培养了学生跨学科综合思维能力，为学生未来解决钱学森之问奠定一点学识学力基础。

“多彩的功能膜”根据学生思维发展特点以“三阶段”递进结构设计课程，包含“准备创新”、“体验创新”和“自主创新”三个阶段。采取“项目学习”方法，帮助学生在材料化学研究领域从入门到精通。学生在课程中做研究，实现了“人人有课题”。目前已经累计指导学生完成研究课题 72 项，其中 60 项获得上海市教委教研室双前沿课程平台社会化评价“优秀”认证。还有学生凭借在课程中做研究的课题成果，斩获了上海市“明日科技之星”（一等奖），市、区各级各类科创大赛一等奖等荣誉。

（四）课程（研究成果）应用推广情况

1. 笔者作为本课程的开发者和执教者，参编的《多彩的功能膜（试验本）》已正式出版，经上海市中小学教材审查委员会审查准予试用，准用号 II-GX-2019002。已进入全市中小学订购书单，全市推广。

2. 本课程的在线慕课已在“学习强国”平台和上海市高中名校慕

课平台收录上线，全网线上观看。

3. 受邀在“上海课改30周年展示活动——中小学拓展型、研究型课程专场（全国直播）”、“2022上海科技节活动：纳米材料与现代生活暨前沿科技与中学生创新”等活动交流课程开发和实施经验。

（五）展望

课程下一步将着重围绕“自适应学习”和“线上线下深度融合”开展更多的探索。

自适应学习：徐汇中学目前正在创教育数字化转型标杆校，打造全课程全学段自适应学习平台。本课程作为学校科技创新课程的重要组成部分，也将围绕如何做好学生自适应学习的方向不断努力优化。

线上线下深度融合：本课程虽已成功开发了慕课等在线资源，也做了一些线上线下融合教学的初步探索，但总体而言并为达到完美深度融合的状态。而随着信息化学习的普及，以及线上学习能够打破学习时空限制的优点。笔者越发认识到线上线下深度融合教学的重要意义，也将在未来根据教学实践不断优化课程设计，使线上线下教学在内容设计、活动设计、学习评价等多方面逐步实现深度融合。

参考文献：

- [1]林崇德. 创新人才与教育创新研究[M]. 北京：经济科学出版社，2009.
- [2]曾宪一. “生本学堂”：促进学生自主学习[J]. 现代教学, 2016, No. 360(17):13-14.
- [3]秦浩正. 培养创新意识是创新教育之魂[J]. 上海课程教学研究, 2018, No. 29(01):7-10.