

CONTENTS

· 专论 - STEM 教学实践研究 ·

基于物理核心素养培养的 STEM 教学的实践与探索

——以“重现富兰克林的风筝实验”项目式学习为例

韩叙虹 02

应用 STSE 背景的素材 构建素材型物理课堂 李 虎 07

· 教学论坛 ·

实验引导 深化思维 促进生成

——以《电容》为例谈物理概念生成性教学

张 健 王 华 李春密 10

引入原始物理问题 发展学科核心素养 黎穗梅 13

· 教材研究 ·

“目标体验”模式下物理课本“问题栏目”的有效利用

林东旗 16

· 教法研究 ·

“慢教育”的再思考

——以物理学科教学为例 官庆萍 王永成 19

· 经验交流 ·

“物理学家失误”资源用于培育学科核心素养的思考与建议

尹庆丰 23

江苏省普通高中物理学业水平考试“受力分析考点”的

深度解读及教学建议 杨永和 26

让科学思维在物理系列学科活动中绽放 苏奇名 30

基于视频资源支持的习题讲评促进高中生物理核心素养发展

——以两道“向心力实例分析”的习题讲评为例

丁丽娟 胡炳元 33

优化物理教学 培养核心素养

刘童童 郑海荣 36

· 实验研究 ·

闭合电路欧姆定律中可调内阻电池实验的改进研究

赖佳颖 39

趣味小实验在高中物理教学中的应用案例赏析 徐 婷 42

基于“云”背景的高中物理实验器材说明书的

开发与利用 盛宝骥 44

对洛伦兹力演示仪的改进 李 艳 46

平抛运动电子显示演示装置的研制 谢宇洁 47

· 现代教育教学技术 ·

用 Mathcad 软件模拟两个点电荷的等势面和等高线

宋辉武 48

· 问题与讨论 ·

例谈磁场中群发粒子的“百分比”问题

——基于近期浙江两道选考试题的思考 周金中 51

从物理观念的角度探索方程“双解”的取舍 蔡 钊 54

· 物理与数学 ·

数学方法与物理思维的整合应用

——以一道几何光学题为例 陈 霞 孙宝东 56

· 解题指南 ·

巧用动量定理妙解电磁感应现象中的双杆模型

李元法 李学军 58

· 中学生 ·

求解变加速运动时间问题的例析 彭宇琪 61

紧聚焦条件下矢量衍射光场仿真

周成博 朱德智 卢俊杰 李 岩 63

· 专论 - STEM 教学实践研究 ·

基于物理核心素养培养的 STEM 教学的实践与探索

——以“重现富兰克林的风筝实验”项目式学习为例

韩叙虹

(北京市第八十中学 北京 100012)

摘要:STEM教育以科学与工程问题的课程为主线,为学生提供一系列有一定关联程度的学习经历的教育方式或教育模式,在学科教学中,可以以物理研究性学习的课题形式,开展将STEM教育与物理教学相整合的实践和探索.以基于物理核心素养培养的STEM课程整合与创新案例《重现富兰克林的风筝实验》为例,阐述了STEM主题课程的开发设计、基于物理核心素养的教学目标的确定、教学实践和教学反思等,重点展示了课程实施的教学过程和设计意图,说明STEM教学通过基于工程的学习,运用数学、科学的知识解决方案,达成目标,从而最终实现达到培养创新人才的根本目的.

关键词:STEM;核心素养;项目式学习

STEM是科学、技术、工程和数学四门学科的简写,它将原本分散的学科形成一个整体,以促进学生STEM素养的形成.STEM素养并不是科学素养、技术素养、工程素养和数学素养的简单组合,而是把学生学到的零碎知识与机械过程转变成一个探究世界相互联系的不同侧面的过程.与常规的学科教育不同,STEM教育强调为学生提供逼近真实,且富有现实意义的问题情境,让学生通过自主性学习、探索性学习、合作式学习等学习方式,整合内化碎片化的、教科书式的知识,协作发展STEM素养.

高中物理新课程立足于落实立德树人的根本方针,意在发展全体学生的物理核心素养,为学生的终身发展奠定基础,为人类科学事业的传承与社会的发展做贡献.前不久,国务院颁布的《关于深化教育体制机制改革的意见》指出,要注重培养支撑终身发展、适应时代要求的四大关键能力:认知能力、合作能力、创新能力、职业能力.物理核心素养新课标提出的物理观念、科学思维、科学探究、科学态度 and 责任的四个核心要素与四个关键能力是不谋而合的,开展STEM教育是培养四个关键能力、培养创新型人才的有效途径.将STEM教育融于物理教学,既突破了传统教学的局限,物理教学不再仅仅局限于物理学科,还包括数学、技术与工程方面的思想与知识;同时,物理教学

也不仅局限于日常的物理课堂,而是将日常生活和社会实践引入到科学教学中来,学以致用,通过基于工程的学习,运用数学、科学的知识解决方案,通过技术达成目标,来训练和培养学生的创新思维能力,从而最终实现达到培养创新人才的根本目的.

针对STEM教育的定义,目前比较普遍的看法有两类:第一类是将STEM教育看作是在认知科学和教育科学研究基础之上,有目的、有方法、有系统地将四门学科知识进行融合,来解决真实世界问题的教育;第二类则是将STEM教育看作以科学与工程问题的课程为主线,为学生提供一系列有一定关联程度的学习经历的教育方式或是教育模式.笔者基于STEM的物理教学研究主要以第二种类型展开,以下是开发的基于物理核心素养培养的STEM课程整合与创新案例,课程主题为:重现富兰克林的风筝实验.(共历时3周)

1 教学背景分析

1.1 开发缘由

笔者兼任中央电视台科教频道《走近科学》的栏目顾问,适逢该栏目要在2018年改版为《解码科技》,意在让沉睡在书籍中的历史活起来,新栏目要制作一期以富兰克林为主题的名为《天雷与地火》的节目,应央视编导的要求,节目中需要录制一段15分钟的视

基金项目:全国教育科学“十三五”规划课题2017年度教育部重点课题《基于STEM的高中物理实验教学研究》的成果之一,编号DHA170401.

作者简介:韩叙虹(1971-),女,教育硕士,物理特级教师,北京市正高级教师,硕士生导师,客座教授,“国培计划”课程专家,兼职教研员,研究方向:物理教学设计的实践与研究.

频,视频内容为复原富兰克林的风筝实验,考虑到笔者执教的高中生已具备了一定的静电、用电安全等方面的知识,因此,复原风筝实验的任务就落在了笔者与笔者执教班的高二学生身上。

1.2 学习者分析

担任此次录制任务的是北京市某重点中学的实验班的学生,学习基础好,物理学习能力强,且刚刚学习了选修3—1的《静电场》一章及部分《稳恒电路》的内容,对电场强度、电势差、电容以及直流电路等都有深入的认识和理解,在知识储备方面,完全能胜任完成“风筝实验”的任务。但对于他们在静电防护和应用层面,笔者深感学生在实践、操作层面能力较弱,不能举一反三,不能学以致用。考虑到复原风筝实验的任务本身就富有情境性和趣味性,有助于提升学生学习的兴趣和热情;且又需要协作互助来共同完成任务,有利于培养学生的合作能力。“纸上得来终觉浅”,笔者期待借助工程思想理念的项目式学习,让学生在实验的创新和设计能力方面得到有效的锻炼,另一方面,也可以填补学生在静电应用方面的弱势。

2 主题课程设计

2.1 基于物理核心素养的 STEM 主题课程的教学目标

2.1.1 物理观念

(1)能用共点力的平衡条件,分析风筝的平衡问题。

(2)了解静电现象,能用原子结构模型和电荷守恒的观念分析静电现象。

(3)了解生产生活中静电的利用与防护知识,培养学生的物质观念、运动与相互作用观念。

(4)观察并能识别常见的电路元器件,了解它们在电路中的作用;会使用多用电表。

(5)能分析和解决电路中的简单问题,能将安全用电的知识应用于日常生活实际。

2.1.2 科学思维

(1)体会富兰克林风筝实验过程中的科学思想和方法,促进科学推理思维的发展。

(2)经历复原富兰克林风筝实验验证的论证过程,促进科学论证思维的发展;

(3)经历复原富兰克林风筝实验的设计过程,促进质疑创新思维的发展。

2.1.3 科学探究

经历复原富兰克林风筝实验的设计、验证过程,能应用控制变量的方法制订科学探究方案,能合理地

选择、使用实验器材进行实验,获取实验数据;会处理实验数据以获得结论;会判断实验数据的可靠性,能修改完善实验方案;提高科学探究能力。

2.1.4 科学态度与责任

(1)通过学习电学内容,培养解决实际问题的能力。

(2)了解科学研究方法在物理学中的应用,体会物理研究对简化的追求;

(3)经历复原富兰克林风筝实验的设计、验证过程,渗透实事求是,基于逻辑和证据,发表科学见解和评价别人的观点。

(4)学会与他人合作,合理分工、协作,共同完成学习任务。

2.2 主题课程的设计思路

本 STEM 主题课程,以复原富兰克林的风筝实验的项目式学习展开,以小组合作学习的方式,通过基于工程的学习,运用数学、科学的知识科学探究,设计解决方案,亲自动脑动手,通过技术达成目标。

在科学知识层面上,主要以高中物理静电学的知识为依托,涉及电势差、电流产生条件、静电屏蔽等重要概念,而风筝的制作则需要力学的平衡原理;在技术层面上,主要是风筝的制作技术,且每个复原环节的攻克、科学实验的过程都是技术的体现;在工程层面上,在阐释富兰克林实验方案的基础上,让学生讨论、设计了3个工程问题,再要求学生通过设计实验逐一解决,以上工程问题及问题的解决都体现了问题驱动下的 STEM 理念;在数学层面上,本主题课程将数学作为有效的测算工具,主要涉及风筝制作的尺寸、配重、形状等的计算,电表的读书、电阻的估算等。

3 主题课程的描述

3.1 主题课程的流程图(图1)

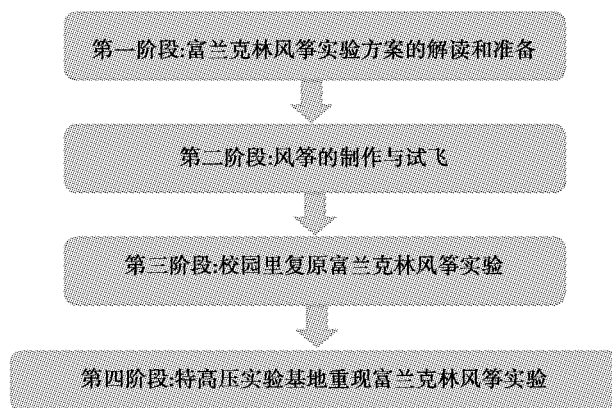


图1

3.2 主题课程的教学过程

3.2.1 第一阶段:富兰克林风筝实验方案的解读和准备

(1)课题引入,播放动画短片:课本上富兰克林的故事.

旁白:1752年7月的一天,天空乌云密布,雷电交加,富兰克林在儿子的帮助下,把一只风筝放上了高高的天空,风筝上栓了一根细铁丝,用来吸收云中的“天电”,放风筝的线是用麻绳做的,绳子下端连接了一段丝带,麻绳和丝带的接头处系着一把铜钥匙,富兰克林站在房子里面攥住丝带,风筝越飞越高,摇晃着,一片乌云掠过风筝上方,富兰克林发现麻绳上的纤维“怒发冲冠”般地竖了起来,这是麻绳带电的信号,突然,一道闪电劈开云层,在天空划了一个“之”字,接着一个炸雷,大雨倾盆而下,麻绳淋湿后就成了能使电流通过的导体,这时,富兰克林用手指靠近铜钥匙,“啪”的一声,闪现一道蓝色火花,他的手臂一阵发麻,富兰克林欣喜若狂喊道:“成功了,我捉住了天电了”.风筝实验震惊了世界,它向世人宣告,雷暴只是普通的放电现象.

(2)发放富兰克林风筝实验方案的资料,学生分组,任命小组长,采取小组合作学习的方式,要求学生阅读资料、翻译,依照富兰克林当年的设计方案,各小组讨论复原实验的关键点,设计复原风筝实验的关键问题(图2).

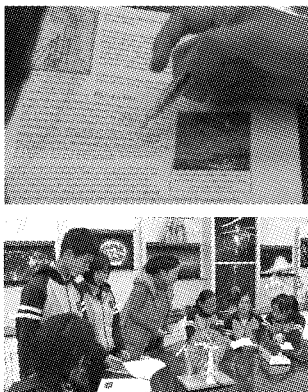


图2

(3)统一各小组意见,确定以下3个关键问题.

问题1:风筝能把天上的电导下来吗?

问题2:铜钥匙是否能产生电火花?

问题3:放风筝的人是否会发生触电事故?

(4)针对以上3个问题,各组设计实验方案.

设计意图:通过阅读、翻译实验方案,探讨复原实验的关键点,从而设计复原实验解决的3个关键性的工程问题,经历问题设计过程,让学生体会要解决一

个项目需要经历的一般流程,特别是如何合理地分解项目,学会提出问题,搭好项目的“脚手架”是多么的重要.

3.2.2 第二阶段:风筝的制作与试飞

这个阶段历时2周,在查找文献等参考资料的基础上,学生讨论制作风筝所需的器材及材质,确定用防水布代替原方案中的绢丝作为筝面,用麻绳做筝线,风筝形状为菱形.上网购买风筝配件,利用选修课的时间在实验室制作风筝,并在校园操场试飞.在开始的试飞中,学生自制的风筝均出现骨架断裂而落地,后经不断地改良和调整,两周后,学生终于能将绘着校徽图案的风筝放上天空,图3中由左向右依次为制作风筝、风筝折断、风筝加固的画面.



图3

设计意图:让学生学习运用力学的平衡原理,借助数学的工具,研究风向和升力之间的关系,测算并确定风筝的材质和配件,以及风筝的大小和形状等;让学生亲自动脑动手制作风筝,既要遵从原实验方案的精神,又要有开拓创新精神,对风筝进行改良;另一方面,让学生自己制作风筝和放飞风筝本身就是技术上的一大考验,有助于培养学生实验操作的能力和分工合作的精神.

3.2.3 第三阶段:在校园里复原富兰克林风筝实验(以下为详细的教学过程)

(1)解决问题1:风筝能把天上的电导下来吗?

探究实验1:多用电表置于200mA的电流档,将电表的一只表笔缠在干燥的风筝线上,另一只表笔握在同学手中,两位同学合作放飞风筝(图4),测算当实验者跑动的过程中,电流表是否有读数,以判断风筝线中是否有电流经过.



图4

实验现象:有极其微弱的电流经过,约1mA.

学生解释:风筝在晴朗的日子里,因为与周围空气摩擦而带上静电,但由于干燥的风筝线是绝缘体,故电流微弱到可以忽略不计.

探究实验2:打湿箬线(图5),重复实验1.



图5

实验现象:有微弱的电流经过,约2mA.

学生解释:由于风筝线有一定的导电性,故能测到电流,但由于摩擦生成的电荷量太少,放电较快,故电流仍微弱,需要增大风筝的带电量,但至少说明风筝的确能把天上的电导下来.

(2)解决问题2:铜钥匙是否能产生电火花?

探究实验3:风筝尾端系着铜钥匙,让风筝放飞稳定后,观察铜钥匙是否发光出电火花.

实验现象:如图6所示,铜钥匙不发光,用手触摸也无触电感.



图6

探究实验4:打湿风筝线,重做实验3.

实验现象:铜钥匙不发光,用手触摸,有微弱的触电感(有学生描述是如针尖拂过手背的感觉).

学生解释:电流太小,不足以使铜钥匙产生电火花,打湿的箬线有微弱电流通过产生微弱的触电感.建议增大风筝的带电量,有可能使铜钥匙发出电火花.

探究实验5:实验室模拟风筝装置如图7,用高压静电起电器起电,产生几万伏的高压,将风筝悬挂在高处,箬线尾端仍系着铜钥匙,起电器的一个电极与风筝顶的铁丝相连,高压起电击中风筝,观察铜钥匙是否发光.

实验现象:铜钥匙不发光,学生触摸铜钥匙,没有触电感.

探究实验6:将风筝线打湿,且在铜钥匙的旁边系上丝线,重做实验5.

实验现象:铜钥匙不发光,但丝线张开(图8),表

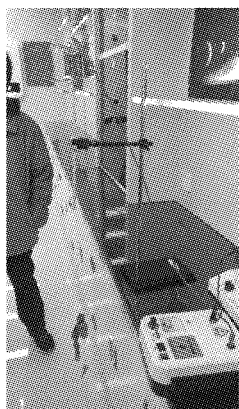


图7

明箬线通过电流,但电流不足以使铜钥匙发光.

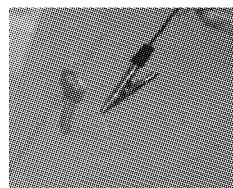


图8

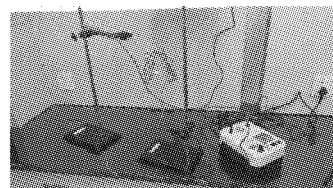


图9

探究实验7:将风筝线换成铁丝与高压起电器直接相连,重做实验5.

实验现象:铜钥匙不发光.

探究实验8:将另一把铜钥匙与高压起电器的另一极相连,靠近铜钥匙,如图9所示,重做实验7.

实验现象:黑暗中,两把铜钥匙之间发出了蓝紫色的光,如图10所示.

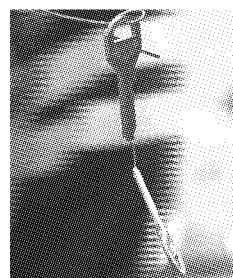


图10

学生解释:铜钥匙发出了光,但并不是严格意义上的铜钥匙发出电火花,而是尖端放电.理由:两把铜钥匙之间有很高的电压,彼此又靠得很近且形状很尖锐,使得铜钥匙积聚了足够多的电荷,促使它们之间的空气电离,从而产生尖端放电现象.

学生探讨,对富兰克林的风筝实验的真实性产生质疑,形成两种意见.

观点1:富兰克林风筝实验是假的,如果铜钥匙能发出电火花,可见当时的闪电级别非常高,那么在把电流导下来之前,风筝面早已烧掉,风筝线也早已烧断,那么电又如何导得下来?

观点2:富兰克林风筝实验是真的,只要闪电的级别够高,电量够足,即使箬面烧掉,但风筝线未必烧断,因为风筝线烧断是依赖电流的热效应,而闪电只是瞬间高压,是可以看到铜钥匙发出电火花的.

(3)解决问题3:放风筝的人是否会发生触电事故?

学生原文翻译富兰克林风筝实验,指出,富兰克林实验是在一个小木屋中进行(图11):风雨交加的夜晚,电闪雷鸣间,而风筝早已被屋外的人高高地放在天上,而箬线由屋外的人通过绝缘的小窗户递给屋内的人,因此屋内的人



图11

人和箬线的尾端都是干燥的,属绝缘体,当闪电击中风筝的时候,电流通过户外的风筝线,使铜钥匙发出电火花.

学生自制模拟小木屋(图12),在木屋的地面上铺上厚厚的蜡块,解释做风筝实验时,人要站在蜡块上能起到安全保护的作用。



图12

设计意图:本阶段属于典型的基于问题解决模式的科学探究实验过程:实验,观察,质疑,解释;再实验,观察,解释,……在一轮又一轮的实验改良探索中,学生的热情高涨,思想的火花不断被激发,不断激励着学生勇于探索、大胆尝试,探究过程充满了理性的力量和思辨的光芒,大大提升了科学思维的论证能力和质疑创新的精神。

3.2.4 第四阶段:国家电网特高压实验基地重现富兰克林风筝实验

为了获取与闪电最接近的真实效果,风筝实验移师到国家电网特高压实验基地重现.利用充满电荷的11只大电容串联,释放出高达2400千伏的瞬间高压,击中风筝,实验分三种情形进行:①用于干燥的风筝线;②用打湿的筝线;③用长铜线代替风筝线.前两种情形下,都未能观察到铜钥匙发光,闪电都选择就近的路线从地面导走(如图所示13).在第三种情形下,闪电过处,流经假人的瞬间电流高达200多安培,铜钥匙终于发出电火花,见图14(此刻,在场所有人的内心都被深深地震撼).历经三周的实验探索历经艰辛,终获圆满成功。



图13



图14

设计意图:用最接近真实的科学实验来探索未知,尊重事实,实事求是,追求真理,是每位从事科学

教育工作者都应该有的职业操守.科学的艰辛和来之不易的成果,以及经过层层探索之后体验到的科学之美,深深地感染到每一个人,接受科学的“洗礼”,激发好奇心、想象力和创新思维,会使我们的学生感到科学原来有着如此美好的秉性,从而更加钟爱科学,更有激情地去学习科学。

4 教学反思

经历过复原富兰克林风筝实验项目学习的师生们深深地体会到探索的艰辛和科学的魅力.STEM教育是注重体验性的.我们第一次如此深刻地理解了什么是科学?什么是真理?正如著名物理学家丁肇中教授所说:“所有的自然科学都是实验科学.实验可以推翻理论,而理论永远无法推翻实验.因此实验对于自然科学来讲非常重要.”对之前的猜想进行验证,正是基于一次次的科学探索,一次次的实验论证,在一轮又一轮的实验改进中,从而更真实地接近科学的真相.直至最后一刻,看到铜钥匙发出金黄色的电火花的时候,我们为科学之美深深地折服.它之所以如此绚烂,还在于我们重走了科学家之路,经历了艰辛的探索过程:一次次的失败,再一次次的努力尝试,直至成功时的喜出望外。

有人说,STEM教学强调的是培养学生“带走的能力”,而不是“背不动的书包”,这正是STEM教育的意义之所在.通过项目式的学习过程,基于问题的模式的运用,是提高学生创新能力的有效途径:一方面,使学生积极主动地参与到学科教学和社会实践中来,培养他们的主观能动性,使他们形成敏锐的观察力和较强的逻辑思维能力,学会独立思考,勇于探究;另一方面,培养学生运用工程的理念去分析、处理实际问题,训练和培养他们的创新思维能力和质疑精神;对于物理教师而言,应该积极鼓励学生发现问题,并结合物理知识,通过思考钻研,想出解决问题的方法.这样做不仅使学生对学科知识能有更进一步的了解和掌握,同时也使他们学会如何将所学的知识有效地应用到实践中,达到学习和实践结合的真正目的。

参考文献:

- [1] 范燕瑞. STEM教育研究—美国K-12阶段课程改革新关注[D]. 上海:华东师范大学,2011.
- [2] 叶兆宁,杨元魁. 集成式STEM教育:破解综合能力培养难题[J]. 人民教育,2015(17):62-66.
- [3] Margaret Honey, Greg Pearson, Heidi Schweingruber. STEM Integration in K-12 Education,2011:26-35.
- [4] 王玲玲. 基于STEM的小学科学课程设计研究[D]. 上海:华东师范大学,2015.
- [5] 谢丽,李春密. 物理课程融入STEM教育理念的研究与实践[J]. 物理教师,2017(4):2-4.