

《STEAM-物理创新实验设计》

课程教学大纲

一、课程基本信息

英文名称	STEAM-Innovation Experimental and Design in Physics	课程代码	PHYS2065
课程性质	专业选修课	授课对象	物理学、物理国际、物理师范
学 分	1.5 学分	学 时	54 学时
主讲教师	翁雨燕	修订日期	2021 年 6 月
指定教材	方亮, 翁雨燕《近现代物理实验》, 北京, 高等教育出版社		

二、课程目标

(一) 总体目标:

本课程作为《现代物理学在创新创业中的应用》的后续课程, 以大一新生为中心, 开展创新创业实践训练。在前序课程的基础上, 强化模型构建、实验训练、数据分析与问题总结的能力, 夯实基础, 训练思维, 引导创新本课程是针对学生在思维模式转型过程中的迷茫和无措而设计的帮助学生建立“项目引导式”思维的重要课程, 为学生的专业课学习进行预热。

(二) 课程目标:

课程目标 1-情感目标:

培养学生独立完整的个性品质和严谨求实的科学精神。

课程目标 2-认知目标:

增强新生对物理学习和项目探索的兴趣, 提高实验动手能力。

课程目标 3-知识和能力目标:

提高学生自主学习、自主探究、自主评价的能力; 引导学生的创新思维、团队合作和交流表达, 全面协调发展学生的知识、能力和素质。

(三) 课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系

表 1: 课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表

课程目标	课程子目标	对应课程内容	对应毕业要求
课程目标 1	1.1 了解科学发展的曲折过程，培养严谨求实的科学精神	课程介绍 创新实验案例介绍	1-1 具有良好的政治素养。践行社会主义核心价值观，增进对中国特色社会主义的思想认同、政治认同、理论认同和情感认同。
			6-2 重视物理教学的教育功能，结合具体的物理内容进行爱国主义、辩证唯物主义教育
	1.2 亲历创新项目实践活动，培养学生独立完整的个性品质	“第二课堂”-实践活动	3-2 掌握物理学发展的过程与研究方法。
			3-3 了解物理学与其他学科、社会实践的联系。
			7-2 具有终身学习的意识，了解物理学前沿和物理教学领域及国际发展动态。
			8-1 理解学习共同体，具有团队合作精神，能够开展协作与交流。
课程目标 2	2.1 增强新生对物理学习和项目探索的兴趣	创新实验中的项目管理 创新案例介绍 1-3	3-3 了解物理学与其他学科、社会实践的联系。
			7-2 具有终身学习的意识，了解物理学前沿和物理教学领域及国际发展动态。
	2.2 培养发现、提出、解决问题的能力	“第二课堂”-实践活动	2-3 树立育人为本、德育为先的理念，将中学生的知识学习、能力发展与品德养成相结合，重视中学生的全面发展。
			3-1 理解物理知识体系与结构、基本原理。
			3-2 掌握物理学发展的过程与研究方法。
			3-3 了解物理学与其他学科、社会实践的联系。
	2.3 提高实验动手能力，在亲身参与中增强创新精神、创造意识和创业能力	创新项目常用软件系列介绍 “第二课堂”-实践活动	3-4 掌握基本物理实验方法与技能。
			4-5 利用评价工具，掌握多元评价方法，多视角、全过程评价学生发展。
			7-2 具有终身学习的意识，了解物理学前沿和物理教学领域及国际发展动态。

			8-1 理解学习共同体，具有团队合作精神，能够开展协作与交流。
			8-2 具有沟通技巧，热情开朗、有亲和力，语言规范健康，举止文明礼貌。
课程 目标 3	3.1 提高学生自主学习、自主探究、自主评价的能力。	PPT 制作及数据图规范 文献与资源搜索	6-2 重视物理教学的教育功能，结合具体的物理内容进行爱国主义、辩证唯物主义教育
			7-1 主动收集分析相关信息，不断进行反思，改进教育教学工作。
			7-2 具有终身学习的意识，了解物理学前沿和物理教学领域及国际发展动态。
	3.2 引导学生的创新思维、团队合作和交流表达，全面协调发展学生的知识、能力和素质	期中期末汇报 “第二课堂”-实践活动	2-3 树立育人为本、德育为先的理念，将中学生的知识学习、能力发展与品德养成相结合，重视中学生的全面发展。
			6-1 能建立良好的师生关系，平等地与中学生进行沟通交流，帮助中学生建立良好的同伴关系。
			7-2 具有终身学习的意识，了解物理学前沿和物理教学领域及国际发展动态。
			8-1 理解学习共同体，具有团队合作精神，能够开展协作与交流。
			8-2 具有沟通技巧，热情开朗、有亲和力，语言规范健康，举止文明礼貌。

三、教学内容

第一章 绪论

通过这门课的学习，我们希望同学们可以做生活的主人，去欣赏它，去发现他。培养同学们对客观物质世界的情感，建立理性思维的态度，掌握探究未知的方法，在学会探索世界基本技能的基础上，确立崇尚科学文明的价值取向，拥有自己独立欣赏和看待客观世界的方式。

第一节 课程介绍

本课程的内容分为三个层次。第一，将 STEAM 指导下的项目式管理应用于物理实验项目的规划、设计、组织与实现。第二，将先进科学技术手段与数据分析方法的学习与训练融入物理实验项目的实践中。第三，实验项目与现代前沿新技术相结合，开展精彩纷呈的探索性实验。这些前沿科学技术的融入，也在不断刷新我们对美学的定义。

第二节 开放性问题介绍

我们的生活是最大的开放性命题，真正的开放性问题多来源于生活本身。梳理一下关键性问题的主要特征，主要有结论开放性、结构复杂性和情景真实性。

结构开放性是指开放性问题的结论具有不确定性与不唯一性，而且通往结论的途径是开放的。

第三节 身边的物理学

开放性问题多来源于生活，科研研究的推进也是从身边开始的，就像落在牛顿头上的那个苹果。本节继续我们的准备知识阶段，讲一讲身边的物理学，它真的无时无刻不在我们周围。物理就在我们身边，同学从小学的科学实验到中学的物理实验，这些标准实验都是基于你们学习的物理原理精心设计的；生活中、游戏里的一些经验和技巧都是有物理原理做支撑的。

第四节 物理之美

物理学是“美”的，如简单美、对称美、结构美、和谐统一美……，人类感受自然美的主要手段之一，是通过人眼的视觉成像，即感受光影之美。1.4.1 节介绍光影美的艺术表现形式，根据应用场景不同，分别讲述舞台光影、建筑夜景、室内照明等场景中的光影之美。

光具有几何光学、波动光学等物理性质。影是物体在光的照射下产生的明暗层次，是构成物体视觉立体感的重要因素。影是光与物体共同的产物，影子将物体以负的方式再现。作为一个整体，光影具有强弱特性、方向特性、衰减特性等。

第二章 STEAM 物理实验的项目管理

开放性问题通常只是给出一个原则性的问题提纲，具体要研究这个问题的哪个维度，又是通过什么样的路径来研究，这是可以有研究者自行决定和选择的，在问题推进的过程中，由浅入深，由点及面。开放性问题的解决通常伴随这样的过程，即分析问题、明确目标、理清关系和选择方法。它和传统的试题不同，开放性问题通常会面临很多岔路口的选择，因此它更需要回路设计和闭环控制，才能保证开放性问题的合理推进和有效解决。这就需要项目

管理式思路的帮助。

第一节 项目管理概述

项目管理通常分为计划、启动、规划、实施、结果和总结 6 个环节。一个项目从思想萌芽到最后落地成型，通常需要经历这 6 个环节。首先，有了想法，就需要进行可行性分析，并提交论证评审；在专家组评审通过以后，项目才进入启动阶段，我们需要人、财、物的配合才能保障项目的正式启动；随后，项目进入规划期，将可行性报告落实成技术方案，并设置好预计进度和阶段评审节点，这些都需要综合考虑成本和风险，同时为了保障项目的顺利实施还需要有备选方案；万事俱备，就可以进入项目的实施期了，在实施过程中，我们将严格按照任务清单，进行阶段总结和阶段评审，保障项目的实施方向和进展；获得初步结果以后，将逐段进行总结，然后确定下一阶段的实施方向。当整个项目完成以后，我们还要进行总结，供专家评审，确认项目的达成度。

第二节 物理实验中的项目管理

落实到实验项目中，我们可以将上述常规项目管理流程进行简化。上述六个阶段保持不变。计划阶段可以着重在可行性分析上；启动阶段主要是技术方案和人员配置；规划阶段将着重于进度预测和阶段评审；实施阶段，主要是明确任务清单和阶段审核，结果阶段，实验规律和阶段小结为主；最后总结阶段，同样要以总结报告的形式供专家评审。

第三节 项目管理框架

以星芒这个创新实验为例，请同学跟着我一起体验一下这创新探索的 5C 之旅，当一回项目审核员，看看这个项目组是如何推进这个星芒创新实验的研究的。

第四节 实验项目的可行性分析

创新物理实验中可行性分析所设计的四个方面，即实验目的、实验原理、实验设备和实验方案。通过一个表面张力实验的可行性分析，来具体阐述这四个方面的实施。

第五节 项目工作流程

以表面张力接着阐述项目工作流程的设计、实施和调整如何贯穿于整个项目工作流程中。在计划阶段，它体现为项目工作进度的预估；在启动阶段，它体现为项目的阶段性评审；在规划阶段，它体现为甘特图，而在实施阶段它体现为项目的推进依据，方便实时调整；在结果阶段，它是项目进展情况的体现，阶段审核的依据；在总结阶段，它是项目完成度的最直观体现。

第六节 项目进度管控

假如在项目推进过程中遇到瓶颈，我们应该如何排除问题，优化方案，保持项目的持续

推进？本节介绍 PDCA 质量管理模式就是一个很好的闭环控制。

第七节 项目总结与汇报

将以海伦喷泉为例，分析书面报告、PPT 汇报和成品展示的具体做法。

第三章 网络资源搜索及使用

在 5C 旅行的一个基本框架下，本章要带大家一起了解如何制定旅行目标，创新实验作为一种开放性问题，相较于封闭性问题，它实现的路径是多样的，实现的目标也是不唯一的。所以必须结合自己的优势，选择一条合适自己的路，去实现一个目标，并一次为基础向下一个目标努力，从而阶段成功，不断提升。

第一节 网络资源的使用

丰富的网络资源可以帮助我们分析现状，打开思路，慢慢的，同学学会从中找到你们需要的信息，借助这些信息，凝练问题，分析问题，在结合自己的尝试去解决问题。

第二节 文献搜索

文献阅读对于科研工作者而言是至关重要的。文献具有继承功能，传递交流功能；文献检索是一切科研的前提和前奏，它贯穿于课题研究的始终。因此在项目进行过程中我们必须做到对文献的查新与跟踪；有了对口的文献资源我们就可以站在前人的肩膀上，少走弯路。这是对前人研究的继承、发展和创新。这些研究思路和方法的学习与借鉴，将有利于交叉学科的研究。

第三节 Endnote

在介绍 Endnote 的基本功能、优势和使用方法的基础上，通过科技论文的书写，进一步了解 Endnote 的使用。

第四章 居家实验

将从同学熟悉的实验出发，和你们分享一下如何将这些耳熟能详的实验通过原理上的深理解，方案上的改变，实现实验室实验的居家化，从力学、热学、电学和光学这几个方面，各开发一个居家实验。

第一节 力学

理解刚体的转动惯量有着重要的物理意义，在科学实验、工程技术、航天、电力、机械、仪表等工业领域也是一个重要参量。测定刚体转动惯量的方法很多，通常的有三线摆、扭摆、复摆等。本节将对比居家实验和标准实验，分析居家实验的利弊。

第二节 热学

回忆前面章节中表面张力基本实验的测定方法，本节介绍了两种不同的居家实验，系统同学通过表面张力的多角度实验，了解到表面张力的物理图像，并将其推广到其他物理量测定实验中。

第三节 光学

单缝衍射是光在传播过程中遇到障碍物，光波会绕过障碍物继续传播的一种现象。单缝衍射的衍射花纹的正中间是主极大处，具有相同 θ 角的屏上部位具有相同的光强，因而屏上的衍射图样是一些相互平行的条纹，他们都平行于狭缝。根据巴比涅原理，在夫琅禾费衍射中，两个振幅型互补的衍射屏在接收屏上的远离衍射中心产生的衍射花样是相同的。我们就可以将单缝衍射的思路迁移到头发丝直径的测量中。

第四节 电学

这个电学实验我们顺便再给同学复习一下形目管理中的 PDCA 理念，看看创新实验的管理和推进与科研问题的深化有哪些相似的地方。通过渗流模型的介绍，让同学们了解到铅笔刻画的导线是由一片一片铅笔芯片层堆叠而成的，每一篇笔芯由石墨和粘土材料组成，每一块材料之间的互相堆叠间距和密度就决定了电子是否能在这些堆叠的材料中找到通路，并实现导通。并介绍了 2020 年发表在 Pnas 上文章的思想。

第五章 STEAM 物理实验项目中的常用软件

本章介绍一下实验中我们用到的一些数据软件和采集软件。给同学们开始创新实验准备好工具，我们希望给同学们足够过的软件介绍，希望同学们根据自己的优势，自主选择软件，开展自己的创新实验。

第一节 phyphox

Phyphox 这个手机 App 由亚琛工业大学第二物理研究所开发，可以在安卓或苹果手机上免费下载。该应用将为你把手机上已有的各种传感器数据提取出来，根据自己的实验目的，合理组合利用相关实验数据，并记载数据剖析以及导出数据来为将来的剖析做准备。

第二节 origin

Origin 是美国 Microcal 公司出的数据分析和绘图软件,是公认的简单易学、操作灵活、功能强大的软件，既可以满足一般用户的制图需要，也可以满足高级用户数据分析、函数拟合的需要。是我们科学研究过程中必不可少的一款数据分析软件。

第三节 Excel

Excel 是目前现代办公和数据处理中应用非常频繁的一种电子表格软件，该软件以其功能强大、操作方便、易于上手等特点。本节主要利用 Excel 给大家讲讲怎么做项目日程设计和进度跟踪，带领同学一起学习一下里程碑图的绘制。

第四节 comsol

将从 comsol 的基本情况、comsol 的发展历史、comsol 的操作步骤和具体操作案例这几方面进行讲解。为了让同学更清楚的了解 comsol 建模和仿真过程的实际操作，我们采用操作与讲解相结合的方式，请往年创新实验中小有心得学长给同学进行介绍，你们的背景相仿，这样的介绍角度，相信会获得更好的体验效果。

第五节 Fluent

Fluent 是目前 CFD 仿真领域最为全面的软件包之一，具有广泛的物理模型，能够快速、准确地得到 CFD 分析结果。主要介绍 Fluent 的功能和 CFD 求解过程，包括建立模型、制定分析方案；建立 CAD 模型、划分网格；设置求解；后处理器过程。在网格划分时，我们通常采用的网格划分方法主要有两种，结构化网格和非结构化网格。

第六节 Interactive Physics

Interactive physics 是一款仅有不足 30M 的功能强大而使用简单的优秀的力学仿真软件，它避开了复杂地数学计算，不使用编程和计算。从物理和数学建模入手，制作相关物理形象，设定系统参数、初始状态和力场，仿真结果有多种输出方式，操作简单，便捷。力学实验是开放性实验中涉及相对较多的实验范畴，我们结合软件演示，给同学讲解了 interactive physics 的一些重点内容。

第七节 abaqus

ABAQUS 是一套功能强大的工程模拟的有限元软件，其解决问题的范围从相对简单的线性分析到许多复杂的非线性问题。ABAQUS/CAE 模块支持快速地创建高质量的模型。熟悉现代 CAD 系统的用户欣赏基于特征的、参数化建模方法所带来的高效率 and 机动性。笼统介绍 ABAQUS 的求解器、功能和工作界面。

第八节 matlab

Matlab (MatrixLaboratory 的缩写)，即矩阵实验室，早期的 Matlab 软件是为了帮助老师和学生更好地学习，是作为一个辅助工具而之后逐渐演变成了一种实用性很强的工具。从 MATLAB 简介、基本运算模块、强大的绘图功能、数值计算、数据分析处理功能来进行介绍。主要是概念和基本算法的介绍，需要同学们边学边实践。

第九节 python

Python 是一种广泛使用的解释型、高级编程、通用型编程语言。Python 支持多种编程范式，包括面向对象、结构化、指令式、函数式和反射式编程。它拥有动态类型系统和垃圾回收功能，能够自动管理内存使用，并且其本身拥有一个巨大而广泛的标准库。通过操作演示和 PPT 相结合的方法向同学介绍 python 的使用，具体包括以下几个方面。python 简介、python 使用方法、Python 功能、Python 案例介绍。

第六章 现代技术

本章探究开放性研究中的现代技术，主要包括 3D 打印技术的发展和應用、人工智能技术的发展和應用等，探究现代技术如何辅助开放性问题的探究。

第一节 开放性研究中的 3D 打印技术

在开放性研究中的，如果合理利用 3D 打印技术，可以对我们研究相关问题提供快速便捷的帮助，减少时间和经济成本，较好的辅助科学研究。

随着 3D 打印技术的发展，通过计算机设计数字模型，3D 打印技术把数字信息转化为实体物品，已广泛应用在医院、学校、企业等场景。3D 打印技术作为一种新型“工具”，我们应思考如何驾驭并发展它，让工具创造出价值，为我们所用。

3D 打印技术的应用越来越广泛，3D 打印机已不再是设计师和科学家的专属机器，它已从实验室和工厂逐渐走进学校和家庭，与我们每个人的生活息息相关。这节课我们从 STEAM 学科跨界的视角，与你一起发现“3D 打印中的美”，探索 3D 打印的教育价值。

第二节 开放性研究中的人工智能技术

本章探究开放性研究中的的人工智能技术，人工智能是计算机科学的一个分支，它企图了解智能的实质，并生产出一种新的能以人类智能相似的方式做出反应的智能机器，该领域的研究包括语音识别、图像识别、机器人等。

语音识别是人工智能识别技术之一。语音识别技术以语音信号为研究对象，其最终目标是实现人与机器进行自然语言通信。让机器听懂人类的语音，这是人们长期以来梦寐以求的事情。伴随计算机技术发展，语音识别已成为信息产业领域的标志性技术，在人机交互应用中逐渐进入我们日常的生活，并迅速发展成为改变未来人类生活方式的关键技术之一。

图像识别技术也是人机交互的重要手段之一，在工业、生活等众多场景有着广泛应用。主要介绍图像识别的概述、图像识别系统的基本原理以及图像识别技术的应用举例等。图像识别技术应用广泛。有字符识别、指纹识别、人像识别、卫星云图，地面导弹、飞机场等设施的卫星图像识别处理和医学诊断等。

自动化控制是一种现代工业、农业、制造业等生产领域中，机械电气一体，自动化集成控制技术和理论。广泛用于工业、农业、军事、科学研究、交通运输和家庭等方面。采用自动化控制不仅可以把人从繁重的体力劳动、部分脑力劳动以及恶劣、危险的工作环境中解放出来，而且能扩展人的器官功能，极大地提高劳动生产率，增强人类认识世界和改造世界的能力。因此，自动化控制是工业、农业、国防和科学技术现代化的重要条件和显著标志。

PLC 自动化控制是自动化控制的一种重要方式，本节通过数字灯光设计来学习 PLC 自动化控制的整体架构。包含 PLC 控制系统设计的基本步骤、应用程序的质量、程序设计方法、应用程序实例四个部分内容。

第七章 案例分享

从本章开始，我们会从中教法实验、演示实验、普物实验、专业实验、前沿实验和创新创业实验这几大类，案例式的和同学分享实验拓展的过程。我们希望通过几个案例的介绍，由点及面，帮助大家打开思维的翅膀，自由翱翔于创新的天空中。

第一节 中教法实验拓展

本节关于细丝直径测量的几个实验方法都是成熟的，然而我们可以通过引导和深入，让同学将这几种实验方法进行串联。希望同学可以拓展问题外延，引入合适的课题，引导创新。

第二节 中学演示实验拓展

从伽利略钟摆实验出发，构建了单摆模型，研究了简谐振动、阻尼振动和受迫振动的动力学规律。并通过单摆实验验证了重力加速度的数值。通过一个的小单摆，我们看到了大世界中的历史人物和实际应用，领略了物理之美。

第三节 经典专业实验拓展

从 X 射线实验引入，通过 DNA 双螺旋和弹簧结构、X 射线与红色激光的相似性对比，将经典专业实验只能看不见的物理过程可视化，有助于同学对物理图像的把握。

第四节 科学前沿技术结合

将前沿科学中的非线性光学现象应用于酱油层的热透镜现象中，通过非线性光学中透镜像束腰半径的变化，解读酱油层在激光辐照下折射率呈现空间分布的过程。通过参赛学生的自述，让同学们了解到其中的探索过程与其背后的物理图像。

第五节 开放性问题

想知道科幻电影里神奇的激光枪音效是怎么做出来的吗？让我们走进开放性问题探索。

第六节 创新创业项目

零食、干货、药品，这些我们日常见惯了的东西，他们的贮藏条件就真的符合要求吗？让我们跟着学长看看这些东西是怎么变质的？贮藏环境有什么低成本、易操作的方法来检测？如何将我们学到的一些科研新技术用到食品行业中？请走进我们的的创新创业项目介绍。

四、学时分配

表 2:《现代物理学在创新创业中的应用》课程 36 学时的教学内容安排表

学时	教学内容	教师角色	学生角色	支撑教学目标
6	课程介绍、项目管理基本框架及创新实验中的项目管理案例	物理学在创新创业中的重要作用解读，激励学生创新热情，激发社会责任感和历史使命感	聆听、交流、讨论，构建社会责任感和历史使命感	1
3	文献搜索、项目调研、项目申请书及科技论文阅读的撰写	讲解项目初期的文献调研、资料搜索和信息整合方法，强调项目调研的重要性介绍项目申请书和科技论文的书写	聆听、交流、讨论，了解创新实践项目的基本过程和申请方法	2
3	创新实验案例介绍 居家实验	通过学生熟悉的物理命题让学生了解 PDCA 项目管理方法，在此基础上引入物理实验，阐述两者的有机组合	了解 PDCA 管理方法，了解甘特图和里程碑概念，初步形成项目管理概念和监控审核方法	2
9	常用软件的介绍及其具体使用案例	Phyphox、excel、origin、PPT	聆听学习，结合相关实验选题并形成预实验报告	1、2、3
9	常用软件介绍及具体使用案例	Comsol/abaqus/Fluent/Matlab/Python	教师引导学生在第二课堂动手尝试，并逐步学会阶段性汇报，在第一课堂进行师生研讨	2、3
9	实验项目阶段汇报	介绍物理实验方法和实验设计、实验和设备资源、实验仪器操作和开发、数据处理和误差分析	学生了解现有可用的实验设备和资源，掌握数据和误差处理的基本方法	2、3
9	专家报告	创新实践教师分享-有经验的教师团队分享其实践案例	聆听、交流、互动，提升专业自信和社会责任感	1、2、3

6	学生汇报	所有项目进行期中汇报 答辩点评和效度分析	学生进行终期汇报， 其余学生提问和评价， 并形成项目报告	1、2、3
---	------	-------------------------	------------------------------------	-------

五、教学进度

表 3：教学进度表

周次	教学内容	课堂教学/ 在线学习/ 实践教学	学时 安排	教学目标和要求	备注
1	课程介绍及项目管理框架介绍	课堂	3	了解课程目标、课程内容、课程形式和考核标准；初步了解常规项目管理框架	
	课程绪论	线上	4		
2	项目管理基本框架及创新实验中的项目管理案例	课堂	3	掌握项目管理方法在物理创新实验设计中的实施方法，结合普物实验、课程学习及创新实验的具体环境，探讨项目管理实施方案	
	STEAM 物理实验的项目管理	线上	7		
	小组选题	实践	1		
3	文献资源搜索及项目可行性报告	课堂	3	掌握常用信息的搜索方法（文献、专利、书籍、视频等）及实际使用案例，可行性分析报告的案例	
	网络资源搜索及使用	线上	3		
	小组项目调研	实践	3		
4	创新实验案例介绍居家实验	课堂	3	从标准实验出发，对比标准实验和居家实验，让学生了解实验的物理内核，进一步生发学生的探索思维	
	居家实验	线上	4		
	小组项目探索	实践	3		

5	常用软件的介绍及其具体使用案例 1-手机与 Phyphox	课堂	3	基本功能介绍，并结合学生线下实验中遇到的问题进行重点讲解，帮助学生掌握手机实验；学生进行实践，测量显示屏照度	
	STEAM 物理实验项目中的常用软件-手机及 Phyphox	线上	1		
	显示屏照度测量	实践	3		
6	常用软件的介绍及其具体使用案例 2-excel 与 origin	课堂	3	掌握实验误差分析及其数据统计与作图；掌握 Excel 和 Origin 的基本功能，学会利用其中一个软件绘制带误差棒的数据图	
	STEAM 物理实验项目中的常用软件-Excel 和 Origin	线上	2		
	照度数据分析	实践	3		
7	常用软件的介绍及其具体使用案例 3-有限元软件 Comsol	课堂	3	介绍三款有限元模拟软件，根据自身需要，选择性实践，参考软件库中的案例，完成相关课题中的一种简单仿真，并进行堂内分享	
	STEAM 物理实验项目中的常用软件-Comsol/Fluent/Abaqus	线上	3		
	Comsol 仿真实验	实践	3		
8	常用软件的介绍及其具体使用案例 5-Matlab	课堂	3	掌握数值计算软件，结合小组课题，完成相关数值计算，对照前两讲的仿真模拟结果，分析其中的误差和匹配度	
	STEAM 物理实验项目中的常用软件-Matlab	线上	1		
	Matlab 离散图绘制	实践	3		
9	期中汇报	课堂	3	学生创新实验期中汇报	
	项目优化整理	实践	6		
10	期中汇报	课堂	3		

	项目优化整理	实践	6	学生创新实验期中汇报	
11	常用软件的介绍及其具体使用案例 5-Python	课堂	3	掌握数值计算软件，结合小组课题，完成相关数值计算，对照前两讲的仿真模拟结果，分析其中的误差和匹配度	
	STEAM 物理实验项目中的常用软件-Python	线上	1		
	Python 图像分析	实践	3		
12	创新实验案例介绍 1	课堂	3	往年优秀实验案例介绍，学生进一步优化本组的创新实验	
	小组项目优化	实践	3		
13	创新实验案例介绍 2	课堂	3		
	小组项目优化	实践	3		
14	创新实验案例介绍 3	课堂	3		
	小组项目优化	实践	3		
15	项目完善	课堂	3	教师逐项讨论，优化结果，物化成果	
16	项目完善	课堂	3		
17	期末答辩	课堂	3	学生创新期末汇报总结	
18	期末答辩	课堂	3	学生创新期末汇报总结	

六、教材及参考书目

1. S. Wang & W. Gao. International Young Physicist's Tournament: Problems & Solutions 2012-2013. World Scientific, 2015.
2. S. Wang & W. Gao. International Young Physicist's Tournament: Problems & Solutions 2014. World Scientific, 2016.
3. 卢荣德. 大学物理演示实验. 中国科技大学出版社, 2014.

4. 葛惟昆. 基础物理特色实验集锦. 高等教育出版社, 2015.
5. R. M. 卡普拉罗. 基于项目的 STEM 学习. 上海科技教育出版社, 2016.
6. 陈聪. 物理创新与实践基础训练. 高等教育出版社, 2016.

参考网站

1. IYPT 官网上的参考文献: <http://kit.ilyam.org/>
2. 维基百科: https://en.wikipedia.beta.wmflabs.org/wiki/Main_Page
3. IYPT 青年物理学家视频集锦:
<https://space.bilibili.com/541342580/channel/detail?cid=148586>
4. IYPT 青年物理学家微信公众号

七、教学方法

采用小班讨论式、示范式、启发式、案例式、探究式、挑战式、项目驱动式教学。

实验部分要求学生以小组为单位完成 1 个题目的实验现象抓取、数据采集, 并独立完成数据分析, 得到各种变量因素下的规律曲线和误差分析。

理论部分要求独立完成包括每个实验的基本理论模型猜想在内的实验报告, 并自由组队完成 1 个自选题目的文献查阅、建立清晰合理、与实验基本匹配的定量理论模型, 完成完整、规范的 PPT 汇报。

八、考核方式及评定方法

(一) 课程考核与课程目标的对应关系

表 4: 课程考核与课程目标的对应关系表

课程目标	考核要点	考核方式
课程目标 1	相关教学内容	第二课堂+教学反馈
课程目标 2	相关教学内容	第二课堂+教学反馈
课程目标 3	相关教学内容	第二课堂+教学反馈

(二) 评定方法

1. 评定方法

考核方式：课内汇报、课内讨论、终期答辩、终期报告、组内互评

成绩评定方式：

(1) 平时成绩 50 分

I、作业 5 分：重点考察学生在前两层次作业修订过程中的思考和进步以及最终的完成度。

II、随堂汇报 20 分：每次报告以后教师给出雷达图对学生随堂报告进行总评，以便其他学生从报告中汲取养分和教训；重点考察报告内容的完整性、逻辑性和科学性，报告呈现过程的流畅性和趣味性，以及报告后的问答情况。

III、课堂问答 5 分：课堂问答。

IV、自评互评 5 分：在三个层次的项目推进中，为了保证学生的学习效果，除了学生的作业批改，课程还会设置学生的自评和互评环节，让学生设身处地的进行项目审核的实际操作，有助于学生自主发现问题，帮助学生对一些重点难点问题产生更深入的理解。

V、期中/期末调查问卷 5 分：课程问卷

VI、线上学习 10 分：线上学习平台上的学习情况和考核情况。

(2) 期末答辩：30 分

创新实验项目汇报：考察项目内容的完整性、逻辑性和科学性，报告呈现的流畅性和趣味性，以及问题回答的情况

(3) 课程论文：20 分

创新实验结题报告：报告内容方面，项目设计的科学性，创新性，实践性，合理性，可行性

2. 课程目标的考核占比与达成度分析

表 5：课程目标的考核占比与达成度分析表

考核占比 课程目标	平时	论文	汇报	总评达成度
课程目标 1	50%	50%	50%	(例：课程目标 1 达成度 = {0.5 x 平时目标 1 成绩 + 0.3 x 期中目标 1 成绩 + 0.2 x 期末目标 1 成绩} / 目标 1 总分。按课程考核实际情况描述)
课程目标 2	30%	30%	30%	
课程目标 3	20%	20%	20%	

(三) 评分标准

课程 目标	评分标准				
	90-100	80-89	70-79	60-69	<60
	优	良	中	合格	不合格
	A	B	C	D	F
课程 目标 1	学生具备独立完整的个性品质和严谨求实的科学精神	学生具备较独立完整的个性品质和严谨求实的科学精神	学生可以基本独立完整的思考,具备严谨求实的科学精神	学生可以独立完成实验,基本具备严谨求实的科学精神	学生尚不能独立完成创新实验,无法独立思考
课程 目标 2	学生对物理学习和项目探索的兴趣有明显提升,实验动手能力大大加强。	学生对物理学习和项目探索的兴趣有所提升,实验动手能力加强。	学生对物理学习和项目探索的兴趣有提升,实验动手能力有提高。	学生对物理学习和项目探索的兴趣提高,实验动手能力有待加强。	学生对物理学习和项目探索的兴趣低下,实验动手能力欠缺。
课程 目标 3	学生充分具备自主学习、自主探究、自主评价的能力;学生的创新思维、团队合作和交流表达能力全面协调发展。	学生基本具备自主学习、自主探究、自主评价的能力;学生的创新思维、团队合作和交流表达能力协调发展。	学生初步具备自主学习、自主探究、自主评价的能力;学生的创新思维、团队合作和交流表达能力得到发展。	学生自主学习、自主探究、自主评价的能力得到一定培养;学生的创新思维、团队合作和交流表达能力有所提高。	学生尚不具备自主学习、自主探究、自主评价的能力;学生的创新思维、团队合作和交流表达能力发展缓慢。