

基础力学教学实验中心

北京理工大学宇航学院基础力学教学实验中心由原应用力学系结构强度实验室、理论力学实验室、材料力学教研室、理论力学教研室等单位于 1997 年整合而成，中心于 2006 年获批成为“北京高等学校实验教学示范中心”。力学实验中心目前建设在良乡和中关村两个校区，分别侧重本科生的基础实验教学和创新实验教学（如图 1 所示）。

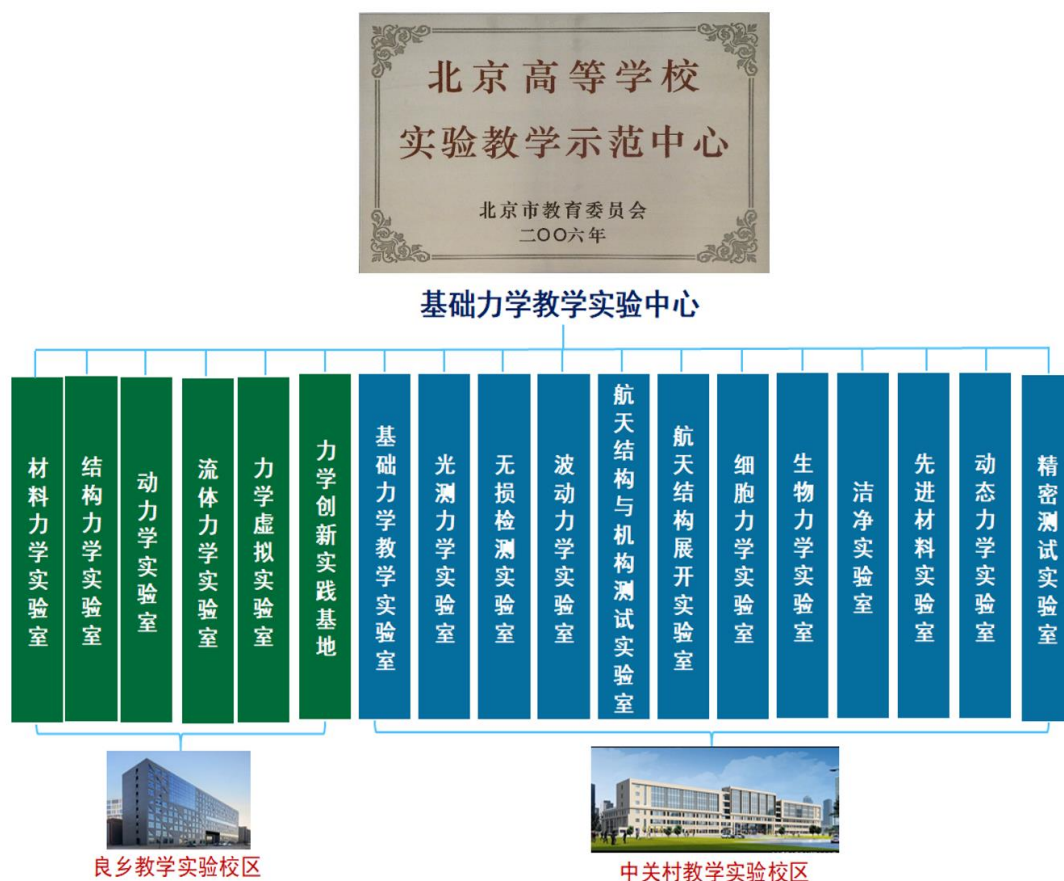


图1. 基础力学教学实验中心实验室架构图

中心下设 18 个实验室，实验面积 1130 平方米，设备 2116 台件，教学设备总价值 897.12 万元，所有设备总价值 7331 万元。中心拥有教师 35 人，其中实验中心主任 1 名，专职实验技术人员 3 人。目前，力学实验中心面向学校 3 个学院的 21 个专业进行必修的基础力学实验课教学，同时还面向全校开设选修实验课程。

◇ 教学理念

中心依托学科平台，将学科优势转化为实验教学优势，以创新人才培养和人才成长规律为出发点，设置分层次课程体系，将研究融入各个层次的实验教学。同时，秉承虚实结合的“三层次”先进实验教学理念，建立了贯通大学四年的实验教学体系，建设了大受益面力学综合实验与拔尖创新人才培养平台。

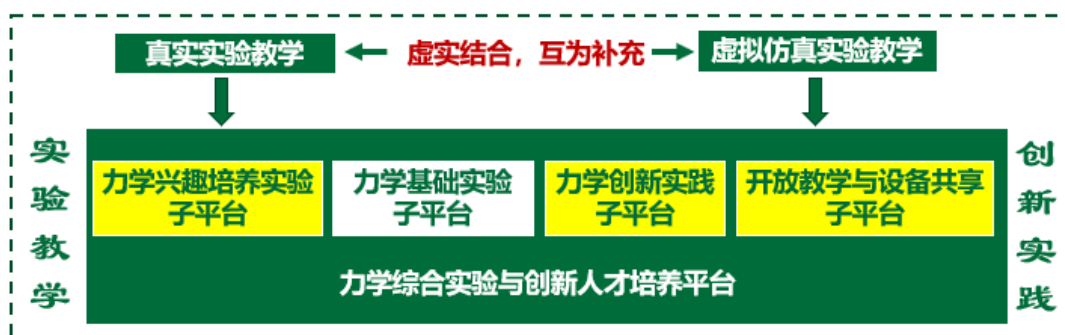


图2. 基础力学教学实验中心教学平台架构图

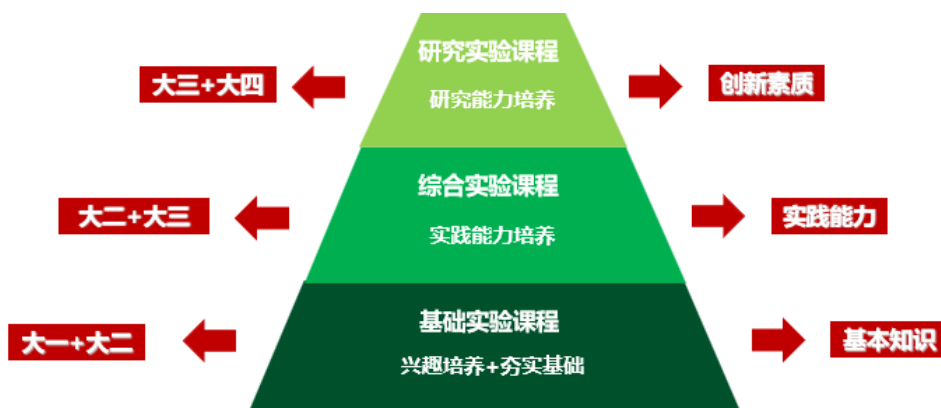


图3. 贯通式的实验课程体系

◇ 教学内容

中心可开设的实验课程 18 门，包含实验项目 97 项，年均教学工作量为 4.7 万人学时。此外，中心还承担校内外学生参观、组织全校结构设计大赛和面向全国的“力学前沿夏令营”活动。同时，中心还承担力学及相关专业研究生的实验课程。力学实验中心年均受益学生面可达 2000 人以上。

与此同时，中心面向全校开放，以校公选课、开放实验等多种模式开展实验课程，目前开设课程 3 门，年均人学时数为 1200。

表 1 基础力学教学实验中心开设的实验课程/环节

名称	实验学时	学生人数	年均学时数 (人*时/年)
理论力学 A	4	240	960
理论力学 C	4	450	1800
动力学与控制核心贯通课 I	4	40	160
材料力学 A	4	190	760
材料力学 C	4	350	1400
材料力学 B	4	50	200
材料力学 (全英文)	4	65	260
工程力学实验	32	60	1920
固体力学核心 贯通课 1	8	55	440
振动理论与测试技术	24	55	1320
流体力学 核心贯通课	4	55	220
流体力学 A	4	15	60
创新训练	24	40	960
从宇航员舒适度说起——揭秘 运载火箭环境设计	8	30	240
奇妙的力学实验	32	15	480
力学传感器设计	16	30	480

◇ 指导实践

中心每年组织学生参加各类力学竞赛，其中，由我校主办每年的校级结构设计大赛，参赛学生遍布所有理工科专业，甚至包括文科专业，为扩大力学实验中心的影响起到了重要作用。兰州大学、西北工业大学等高校曾向我们咨询赛事组织的事宜。

表 2 指导竞赛获奖情况 (2018~2022)

级别	获奖全称及等级	获奖年份
国家级	第十三届全国周培源大学生力学竞赛 (理论设计与操作)	2022
国家级	第十三届全国周培源大学生力学竞赛团体赛三等奖	2022
国家级	国际大学生工程力学竞赛 (亚洲赛区) 个人赛特等奖	2022
省部级	第十一届北京市机械创新设计大赛三等奖	2022
国家级	第三届国际工程力学竞赛一等奖	2022
国家级	2021 年中国大学生工程实践与创新大赛	2021
省部级	第九届北京市大学生工程训练综合能力竞赛二等奖	2021

省部级	第九届北京市大学生工程训练综合能力竞赛特等奖	2021
省部级	第九届北京市大学生工程训练综合能力竞赛特等奖	2021
国家级	2020 International Engineering Mechanics Contest (Aisian Region)	2020
国家级	国家级一流本科课程	2020
国家级	全国周培源大学生力学竞赛“理论设计与操作”团体赛优胜奖	2019
国家级	全国周培源大学生力学竞赛“理论设计与操作”团体赛三等奖	2019
国家级	第十二届全国周培源大学生力学竞赛三等奖	2019
国家级	第十二届全国周培源大学生力学竞赛二等奖	2019
国家级	第十二届全国周培源大学生力学竞赛（团体赛）优秀奖	2019
国家级	第五届全国高等学校教师自制实验教学仪器设备创新大赛二等奖	2018
省部级	第七届北京市大学生建筑结构设计竞赛一等奖	2018
省部级	第七届北京市大学生建筑结构设计竞赛一等奖	2018

◇ 教学平台

中心秉承虚实结合的“三层次”先进实验教学理念，建立了贯通大学四年的实验教学体系，建设了大受益面力学综合实验与拔尖创新人才培养平台。该平台结合真实实验教学和虚拟仿真实验教学，构建虚实结合互为补充的4个子平台，分别是：力学兴趣培养实验子平台、力学基础实验子平台、力学创新实践子平台和开放教学与设备共享子平台，共同承担本科生实验教学和创新实践的重任。

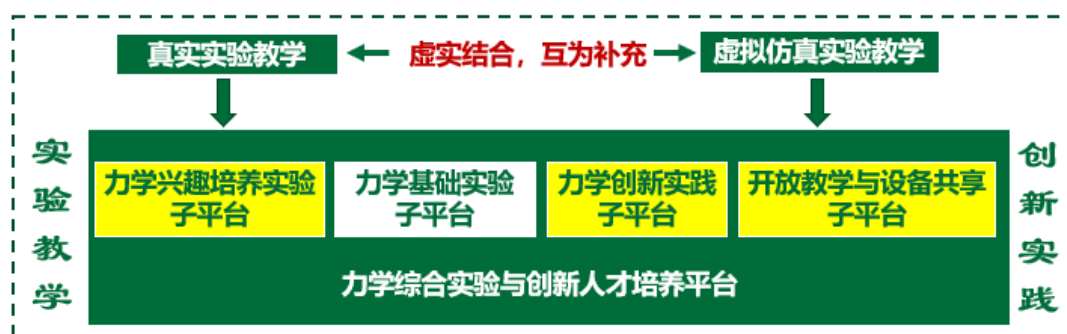


图4. 力学综合实验与创新人才培养平台构建体系

（1）力学兴趣培养实验子平台

以培训学生对力学的兴趣为目标，打造一门全新的实验课程“**趣味力学**”实验。通过对经典实验进行原汁原味的复刻，通过讲述有趣的典故和人物，让学生体会力学深远的发展历史，感受力学史的魅力；通过对经典工程案例的展示，讲述如何用力学原理解决工程问题，让学生感受力学在工程中的重要作用；通过设计趣味力学实验，让学生动手尝试生活中的力学实验，感受力学的趣味性。

（2）力学基础实验子平台

为提升现有的实验资源利用效率，提高实验环节与理论课程的适配性，改善现有的实验教学体系，拟通过打造“**抽屉式**”的**实验教学组织新模式**，为课程量身打造实验项目群，重点服务核心课程，构建新型力学基础实验子平台。

“**抽屉式**”的**实验教学组织模式**，将现有的实验项目进行整合，并根据现有实验设备开发新的实验项目，同时根据课程需求设计新实验项目，通过专人专管的方式，打造、维护好实验的“**抽屉式菜谱**”。充分发挥实验教学人员的专业优势，在每个方向分别开展基础型、综合型和研究型实验项目，实现菜单的丰富性。

各门课程根据人才培养目标、教学内容、关键知识点，从“**抽屉式菜谱**”中进行“**点菜搭配**”，从而为核心课程、公共基础课程、选修课、开放实验课、竞赛与实践和专业教育提供定制化服务。

以现有核心课程体系出发，主要开展3个基础课实验的抽屉建设，包括15个动力学实验项目、17个固体力学实验项目和10个流体力学实验项目，共同服务于强基班、工程科学实验班和双一流班的核心课程。

（3）力学创新实践子平台

为支持拔尖人才培养，为国家重大战略领域输送领军领导人才，力学实验中心拟打造力学创新实践子平台，开设多维度的力学创新实践课程（项目群），建立力学创新实践基地。

力学创新实践子平台将具备4个功能：①承担工程实践、创新训练、科研训练、开放实验和实验选修课的教学任务，建立课内实践教学的新体系；②组织学科竞赛、全国竞赛和大学生创新创业项目，建立课外实践教学的新体系；③开设线上线下协同教学的虚实结合体验课，丰富实践教学的新模式；④为学生实践创新提供场所与条件，建立支撑科创的新基地。

在教学方面，力学实验中心将建设以良乡创新实践基地为基础的实践平台，通过实验中心的组织谋划，联合力学学科青年教师，以国家重大战略领域的关键问题为导向，共同设计开发力学学科的科研训练内容，联动基础教学平台和科研平台，共同建立创新实践培养的新体系。

在竞赛方面，将针对结构设计大赛、周培源力学竞赛、挑战杯/互联网+、中国复合材料学号大学生科技创新竞赛等赛事，面向全校的学生进行理论辅导、实践培训和参赛组织。在教学之余充分利用仪器设备资源，开展培训讲座，孵化学生科创项目。

(4) 开放教学与设备共享子平台

为了实现资源的合理配置和利用，力学实验中心将全面开放教学和场地资源，打造开放教学与设备共享子平台，扩大受益面和影响力。

在实验教学方面，将面向学院内部开放，通过与航空宇航科学与技术学科团队共同梳理实验课程内容，寻找结合点，整合资源，打通壁垒，实现协同育人新模式；同时，面向兄弟学院进行开放共享，制定设备开放共享制度，协商联合授课模式，以增加教学工作量，提高设备利用率。在实践育人方面，面向书院、徐特立学院以及各个学生社团开放共享，制定开放制度和值班制度，联合科研团队开发基于“软体机器人”、“人体运动优化”等实践主题设计实践内容，吸引优秀本科生，培育优秀的创新创业项目。

◇ 自制仪器

近年来，基础力学教学实验中心教师潜心开展自制（改制）教学仪器工作，共自制改制仪器设备 162 台套。





图5. 自制改制的部分教学仪器设备

其中，由中心教师马沁巍研制的光学引伸计应变测量系统于 2018 年获得全国高校教师教学创新大赛——第五届全国高等学校教师自制实验教学仪器设备创新大赛二等奖。该设备可用于软材料大变形观测，可为力学类本科生实验课程教学提供新的实验技术手段和配套仪器设备，已用于本科生课程《力学实验 A》、《实验应力分析》、《工程实践》等必修课及《现代光测力学实验》等选修课的教学中。



图6. 光学引伸计应变测量系统



图7. 全国高校教师教学创新大赛——第五届全国高等学校教师自制实验教学仪器设备创新大赛二等奖获奖证书

◇ 虚拟实验

近年来，基础力学教学实验中心教师在先进的建设理念的指导下，研发并掌握了先进的核心关键技术，并积极与相关企业合作，大力提升虚拟仿真实验平台的质量和层次，目前已形成一套完整的基础力学虚拟实验室仿真软件平台，能够仿真 33 种力学实验。软件平台除了能够真实地仿真实验结果外，还利用先进的三维建模和三维模型操作技术实现了真实的实验仪器操作，因此“真正”实现了力学实验的全方位仿真。

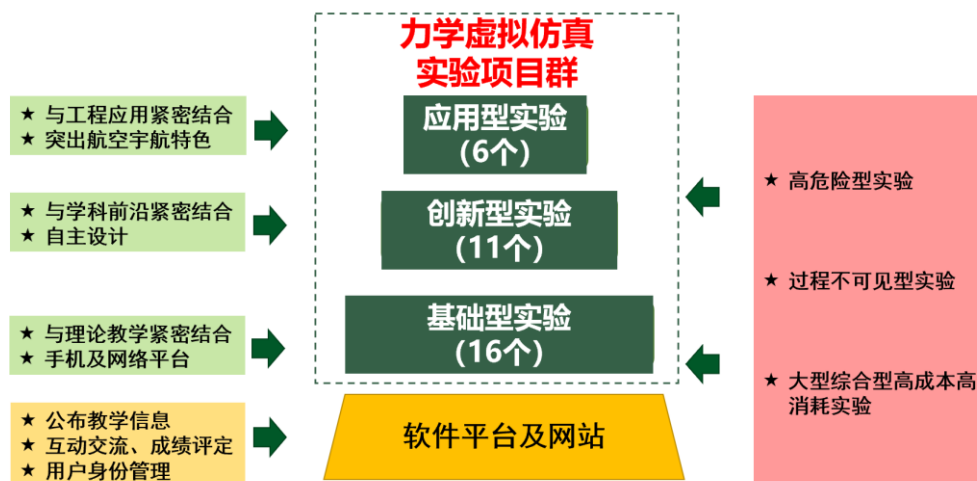


图8. 虚拟仿真实验架构图

表 3 基础力学教学实验中心虚拟实验列表

项目类型	依托课程	实验模块名称
基础型	材料力学	材料拉伸实验、材料压缩实验、弯曲与弯扭组合应变电测实验、静定和静不定实验、压杆失稳实验
	理论力学	单摆及傅科摆实验、复合运动实验、碰撞实验
	结构力学	桁架结构内力测试实验
	弹性力学	含缺陷平板的应力及应变场测量实验、应力集中实验、接触强度测量实验
	流体力学	毕托管测速实验、水流流动形态及绕流演示实验、雷诺实验、虹吸原理演示实验
提高型	光测力学	光弹性实验、应变电测实验、剪切散斑无损检测实验、投影条纹三维形貌测量实验、几何云纹对径受压圆盘实验、数字图像相关三点弯曲实验
	结构力学	桥梁设计与刚度测试实验
	振动力学	高层楼房减震设计实验、系统振动的幅频特性固有频率和阻尼测量实验
	波动力学	航天机械臂主动控制实验
	生物力学	细胞迁移实验
应用型	体现航空航天特色	航天结构应变电测实验、环形天线展开实验、轨道设计实验、航天结构热冲击实验、大型火箭结构变形测量实验、充液航天器储液罐液体晃动实验

以下是一些典型的虚拟实验项目。

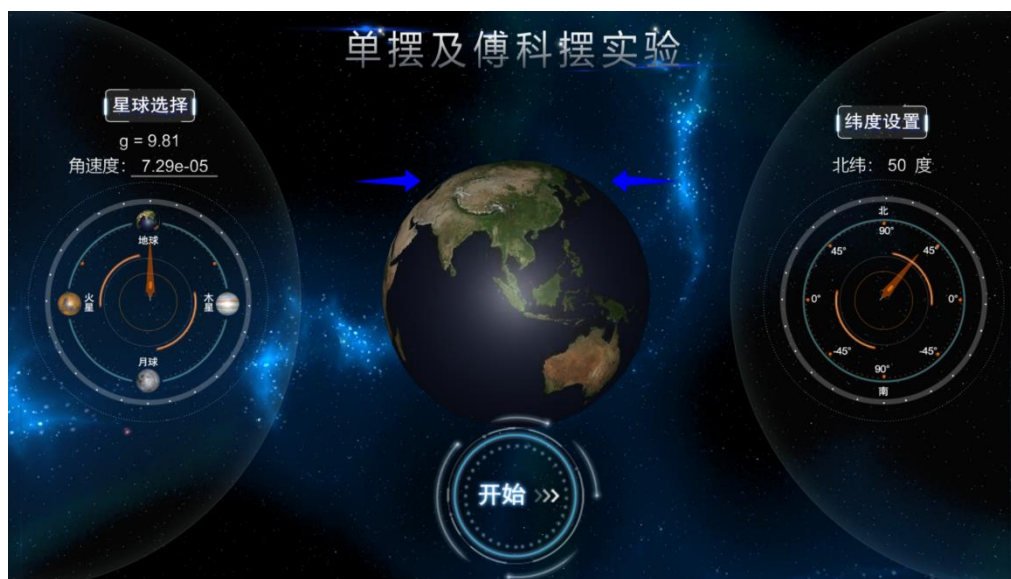


图9. 单摆及傅科摆实验



图10. 人体运动与肌骨系统生物力学实验



图11. 深空探测轨道设计虚拟实验

其中，由中心教师马沁巍设计和开发的“微重力环境下大型航天结构展开虚拟实验”于2018年获批国家级虚拟仿真教学实验项目，2019年获批国家级一流本科课程。该实验项目由胡海岩院士国家自然科学基金重大项目科研成果转化而来，其将大型航天结构作为实验对象，通过计算机虚拟仿真技术模拟太空环境，利用力学有限元分析技术创造失重条件，再现了航天器在轨展开的全过程，使得学生可以身临其境的使用各种虚拟光电传感设备对大型航天结构展开过程中的运动学参数进行测量，对结构在失重条件下的动力学行为进行分析，为拓宽航空宇航、力学等相关专业本科生的学术视野，增强其创新实践能力搭建平台。



图12. 微重力环境下大型航天结构展开虚拟实验



图13. 国家级虚拟仿真实验教学项目和国家级一流本科课程获奖证书

◇ 标志成果

在中心教师和力学学科和教学团队教师的共同努力下，获得了系列化的教学成果。

表 4 基础力学教学实验中心标志性成果

序号	成果名称	奖励名称	级别	获奖年份
1	微重力环境下大型航天结构展开虚拟仿真实验教学项目	国家级虚拟仿真实验教学项目	国家级	2018
2	微重力环境下大型航天结构展开虚拟仿真实验教学项目	国家级一流本科课程	国家级	2019
3	非接触式光学引伸计应变变量测量系统	全国高校教师教学创新大赛——第五届全国高等学校教师自制实验教学仪器设备创新大赛二	省部级	2018

		等奖		
4	持续兴趣培养提升创新能力的力学教学新模式与实践	北京市教学成果二等奖	省部级	2017
5	新工科形势下基于能力培养的力学专业本科-研究生贯通教育模式的探索与实践	北京市教学成果一等奖	省部级	2022
6	研教结合提升学生创新能力的力学教学模式	北京市教学成果二等奖	省部级	2012
7	《工程力学》（全英文）	北京高校优质本科课程	省部级	2019
8	力学专业程序实践：用 MATLAB 解决力学问题的方法与实例（第二版）	普通高等教育“十三五”规划教材	/	2019