



普通高等教育卫生部“十一五”规划教材

实验基础医学

(第三版)

Shiyan Jichu Yixue

◎ 主编 刘利兵



第四军医大学出版社

普通高等教育卫生部“十一五”规划教材

实验基础医学

(第三版)

主 编 刘利兵

副主编 陈健康 刘芳娥 于 军 曲 萍

编 者 (按姓氏笔画排序)

丁天兵	万 瑜	于 军	王华民	王多宁
王春梅	王跃民	卢虹冰	刘 建	刘 洋
刘利兵	刘芳娥	刘新平	曲 萍	朱辛为
朱德生	吴金浪	张 伟	张文敏	张轩萍
张间龙	张根葆	张 巍	李 丹	李 玲
李丹玲	李玉荣	李志超	李学军	李建华
杜克莘	杨 杰	汪华侨	沈 楠	陈平雁
陈健康	金宏波	姜志胜	胡还忠	胡福泉
胡慧香	赵 晔	康杰芳	曹银祥	梁向艳
黄小军	舒 青	董晓建	蒋红梅	管茶香
裴 华	裴建明	颜 真		

第四军医大学出版社·西安

图书在版编目(CIP)数据

实验基础医学/刘利兵主编. —3 版. —西安:第四军医大学出版社,2009.6
ISBN 978 - 7 - 81086 - 633 - 0

I. 实… II. 刘… III. 实验医学 IV. R - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 096789 号

实验基础医学

主 编 刘利兵
责任编辑 王 坤
执行编辑 张永利
出版发行 第四军医大学出版社
地 址 西安市长乐西路 17 号(邮编:710032)
电 话 029 - 84776765
传 真 029 - 84776764
网 址 <http://press.fmmu.sn.cn>
印 刷 陕西奇彩印务有限责任公司
版 次 2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷
开 本 787 × 1092 1/16
印 张 28.75
字 数 480 千字
书 号 ISBN 978 - 7 - 81086 - 633 - 0/R · 517
定 价 56.00 元

(版权所有 盗版必究)

实验基础医学编写人员

(按姓氏笔画排序)

丁天兵(第四军医大学)
万 瑜(武汉大学医学院)
于 军(第四军医大学)
王华民(海南医学院)
王多宁(西安医学院)
王春梅(第四军医大学)
王跃民(第四军医大学)
卢虹冰(第四军医大学)
刘利兵(第四军医大学)
刘芳娥(第四军医大学)
刘 建(西安交通大学)
刘新平(第四军医大学)
曲 萍(第四军医大学)
朱辛为(吉林医药大学)
朱德生(北京大学)
吴金浪(中山大学)
张文敏(福建医科大学)
张 伟(第四军医大学)
张轩萍(山西医科大学)
张间龙(新疆大学医学院)
张根葆(皖南医学院)
张 巍(山西省职工医学院)
李 丹(北京大学)
李丹玲(南方医科大学)
李玉荣(哈尔滨医科大学)
李志超(第四军医大学)
李学军(北京大学)
李建华(贵阳医学院)
李 玲(贵阳医学院)

杜克莘(西安交通大学)
杨 杰(延安大学)
汪华侨(中山大学)
沈 楠(吉林医药大学)
陈平雁(南方医科大学)
陈健康(第四军医大学)
金宏波(哈尔滨医科大学)
姜志胜(南华大学医学院)
胡还忠(武汉同济医科大学)
胡福泉(第三军医大学)
胡慧香(山西省职工医学院)
赵 晔(第四军医大学)
康杰芳(陕西师范大学)
曹银祥(复旦大学上海医学院)
梁向艳(第四军医大学)
黄小军(第四军医大学)
舒 青(第四军医大学)
蒋红梅(贵阳医学院)
管茶香(湖南湘雅医学院)
裴建明(第四军医大学)
颜 真(第四军医大学)
董晓建(第四军医大学)

三版前言

传统的教学多采用以学科为中心的教学模式。实验课教学目标定位不高,实验课仅仅作理论课的附属和验证,学科之间的界限过于明显,限制了学科知识的交叉融合,其内容也多陈旧零散,缺乏对学生创造力的培养。《实验基础医学》改变了以往实验课依附于理论课的地位,使之成为基础医学中一门新发展的独立的课程。

本书打破了学科间的壁垒,有机地融合了基础医学的实验内容,不仅包含基本的基础医学实验理论和技术,还有医学发展前沿的新技术。本书分为三部分:第一部分是理论篇,介绍医学科学研究的基本知识和方法,主要内容有医学科学研究的选题和设计,文献综述撰写,学生探索性实验选题和设计的基本知识。从而激发学生的学习主动性,使学员熟悉科学实验研究的基本程序,培养学生的自学创新能力;第二部分是技术篇,介绍基础医学常用的基本技能,动物实验基本操作方法和实验常用仪器的使用和维护。从而强化学生基本技能的培养,同时提供一些具有实用性和进展的内容,拓宽学生的知识面。第三部分是实验篇,包括综合实验及模拟实验,本次再版又增添了一些基础实验。使本书的适用范围又有所扩大。大多数综合实验都有机地融合了多学科的知识和技术,内容复杂,不仅机能学科相互融合,而且机能和形态相互融合。从而培养学生分析问题、解决问题的能力,提高学生的实践能力和综合素质。

实验基础医学课程的改革,经历了十年的运行实践,深受学生的欢迎,也获得了同行专家肯定和上级的认可。三版《实验基础医学》教材的编写又邀请了国内许多高校的专家参加,使得教材质量不断完善和提高,现在已被列为国家普通高等教育卫生部"十一五"规划教材,期望教材的再次出版,能够对我国医学人才的培养有所帮助。

本书具有综合性、创新性、实用性的特色,可作为五年制、七年制医学本科生创新教育的重要教材之一,亦可作为研究生和专科生的参考教材。

刘利兵

2009年6月

二版前言

《实验基础医学》改变了以往实验课依附于理论课的地位,使之成为基础医学中一门新发展的独立的课程。本书打破了学科间的壁垒,有机地融合了基础医学的实验内容,不仅包含基本的基础医学实验理论和技术,还有医学发展前沿的新技术。本书分为三部分:第一部分是理论篇,介绍医学科学研究的基本知识和方法,主要内容有医学科学研究的选题和设计,文献综述撰写,学生探索性实验选题和设计的基本知识。从而激发学生的学习主动性,使学员熟悉科学实验研究的基本程序,培养学生的自学创新能力;第二部分是技术篇,介绍基础医学常用的基本技能,动物实验基本操作方法和实验常用仪器的使用和维护。从而强化学生基本技能的培养,同时提供一些具有实用性和进展的内容,拓宽学生的知识面。第三部分是实验篇,包括综合实验及模拟实验,本次再版又增添了一些基础实验。使本书的适用范围又有所扩大。大多数综合实验都有机地融合了多学科的知识和技术,内容复杂,不仅机能学科相互融合,而且机能和形态相互融合。从而培养学生分析问题、解决问题的能力,提高学生的实践能力和综合素质。

本书具有综合性、创新性、实用性的特色,可作为五年制、七年制医学本科生创新教育的重要教材之一,亦可作为研究生和专科生的参考教材。

编 者

2007年5月

一版前言

《实验基础医学》改变了以往实验课依附于理论课的地位,使之成为基础医学中一门具有相对独立性的课程。本书分为三部分:第一部分是理论篇,介绍医学科学研究的基本知识和方法,主要内容有医学科学研究的基本程序,文献综述撰写,实验研究选题和设计的基本原则,从而激发学生的学习主动性,使学员熟悉科学实验研究的基本程序,培养学生的自学和创新能力;第二部分是技术篇,介绍基础医学常用的基本技能,动物实验基本操作方法和实验常用仪器的使用和维护,从而强化学生基本技能的培养,同时提供一些具有实用性和进展性的内容,拓宽学生的知识面。第三部分是综合篇,包括综合实验和模拟实验等,大多数实验有机地融合了多学科的知识和技术,不仅功能学科的内容相互融合,而且功能和形态学科的知识相互融合,从而培养学生分析问题、解决问题的能力,提高学生的实践能力和综合素质。

本书具有综合性、创新性、实用性的特色,可作为五年制和七年制医学本科生创新教育的重要教材。

编 者

2002 年 5 月

目 录

第一篇 理论篇

第一章 绪论	(3)
第一节 实验基础医学概述	(3)
第二节 实验基础医学的教学内容及要求	(5)
第二章 实验研究的程序及人员条件	(7)
第一节 实验研究的基本要素和程序	(7)
第二节 科学实验工作者应具备的基本条件	(8)
第三章 文献综述及文献检索	(11)
第一节 文献综述	(11)
第二节 文献检索	(13)
第四章 科学研究的选题和设计	(16)
第一节 科研选题	(16)
第二节 实验设计的基本知识	(18)
第五章 数据的记录与处理	(21)
第一节 实验研究的记录	(21)
第二节 实验数据的处理	(22)
第六章 实验报告与论文的撰写	(35)
第一节 实验报告的撰写	(35)
第二节 实验论文的撰写	(36)
第七章 医学实验的数学建模	(39)
第一节 数学模型及建模	(39)
第二节 数学建模的方法及步骤	(41)
第三节 医学中的数学模型	(43)
第四节 医学实验中的建模实例	(48)

第二篇 技术篇

第八章 基础医学实验常用仪器及器件	(55)
第一节 生理记录仪	(55)

第二节	生物信号采集与处理系统	(57)
第三节	换能器	(64)
第四节	电刺激仪器及其附属设备	(65)
第五节	752 C 型紫外可见分光光度计	(68)
第六节	电动离心机	(71)
第七节	电泳仪	(73)
第八节	酶标仪	(75)
第九节	酶标洗板机	(77)
第十节	显微镜	(79)
第九章	医学实验动物及其操作技术	(84)
第一节	医学实验动物概述	(84)
第二节	实验动物的安全防护要求	(86)
第三节	常用医学实验动物及选择原则	(88)
第四节	常见人类疾病动物模型	(92)
第五节	动物实验前的准备	(95)
第六节	实验动物的给药途径及取血方法	(100)
第七节	实验动物的外科技术及急救	(105)
第八节	实验动物的处死及尸体处理	(114)
第九节	动物离体标本制备	(115)
第十节	动物血压及心电图的测定	(119)
第十章	血液流变学检测	(129)
第十一章	膜片钳技术	(133)
第一节	膜片钳技术的基本原理和方法	(133)
第二节	膜片钳的多种记录形式	(134)
第三节	膜片钳实验操作	(136)
第十二章	组织细胞培养技术	(141)
第一节	细胞培养的基本技术	(141)
第二节	细胞培养的操作步骤	(143)
第三节	培养细胞的常规观察	(146)
第十三章	染色体分析技术	(148)
第一节	染色体制备	(149)
第二节	染色体 G 显带技术	(151)
第三节	姐妹染色单体分化染色	(154)
第四节	小鼠骨髓的染色体制备	(155)
第五节	小鼠骨髓嗜多染红细胞微核的测定法	(156)
第十四章	分子生物学技术	(158)
第一节	核酸探针标记及原位杂交	(158)
第二节	多聚酶链式反应技术(PCR 技术)	(163)

第三节	基因克隆技术	(168)
第四节	生物芯片技术	(171)
第五节	蛋白质组学的相关技术	(176)
第十五章	免疫学技术	(187)
第一节	直接凝集反应	(187)
第二节	免疫标记技术	(188)
第三节	单克隆抗体技术	(190)
第四节	细胞杀伤活性检测技术	(193)
第十六章	细菌学实验技术	(195)
第一节	细菌形态检查法	(195)
第二节	细菌培养检测技术	(197)
第十七章	组织学技术	(201)
第一节	制片技术	(201)
第二节	免疫组织化学技术	(212)
第十八章	流式细胞术及其应用	(220)
第一节	流式细胞术的基本理论	(220)
第二节	流式细胞术的样品制备	(224)
第三节	流式细胞术的应用	(227)
第十九章	电镜技术与生物医学超微结构	(229)
第一节	透射电镜的基本结构和原理	(229)
第二节	扫描电镜的基本结构和原理	(239)
第二十章	激光扫描共聚焦显微镜技术	(243)
第一节	激光扫描共聚焦显微镜技术原理	(243)
第二节	共聚焦激光扫描显微镜的应用及荧光探针	(245)
第三节	共聚焦荧光探针标记方法	(248)

第三篇 实验篇

第二十一章	模拟实验	(253)
第二十二章	生理学实验	(256)
第一节	蟾蜍坐骨神经动作电位引导与兴奋性测定	(256)
第二节	骨骼肌收缩的力学分析	(259)
第三节	心脏功能实验	(264)
第四节	人体心功能实验	(270)
第五节	大鼠海马神经细胞钠通道电流的记录	(276)
第二十三章	药理学实验	(279)
第一节	药物半数致死量 LD_{50} 的测定	(279)
第二节	苯海拉明对组胺的竞争性拮抗作用 (PA_2 值的测定)	(280)

第三节	水杨酸钠生物半衰期($t_{1/2}$)的测定	(282)
第四节	磺胺类药物的药代动力学参数测定	(284)
第五节	肝脏药物代谢酶 CYP450 含量测定	(287)
第六节	有机磷酸酯类中毒与解救	(289)
第七节	药物的镇痛作用	(291)
第八节	巴比妥类药物的抗惊厥作用	(292)
第二十四章	形态学实验	(294)
第一节	常规切片的制作过程	(294)
第二节	肺组织结构与大小叶性肺炎的观察	(295)
第三节	肝脏的结构与肝炎、肝硬化和肝细胞癌的观察	(296)
第四节	胃的组织结构和胃癌的观察	(298)
第二十五章	分子生物学实验	(300)
第一节	蛋白质提取	(300)
第二节	蛋白质 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳	(302)
第三节	蛋白质印迹与探测(Western Blot)	(306)
第四节	PCR(多聚酶链反应)	(310)
第五节	DNA 印迹(Southern Blot)——虹吸转移法	(312)
第六节	RNA 印迹(Northern Blot)	(314)
第七节	体外 DNA 重组技术	(316)
第二十六章	微生物学实验	(328)
第一节	细菌的生化鉴定法	(328)
第二节	细菌血清学鉴定法	(329)
第二十七章	免疫学实验	(332)
第一节	对流免疫电泳	(332)
第二节	酶联免疫吸附试验	(333)
第二十八章	医学化学实验	(335)
第二十九章	药学实验	(349)
第一节	药物及其剂型制备实验	(349)
第二节	临床药学实验	(355)
第三十章	实验动物行为学实验方法	(362)
第一节	Morris 水迷宫实验	(362)
第二节	Y-迷宫实验	(363)
第三节	穿梭箱实验	(365)
第四节	旷场实验	(367)
第五节	爬杆回避实验	(368)
第六节	耐力训练和力竭实验	(369)
第三十一章	综合实验	(371)
第一节	哺乳动物心血管功能的调节	(371)

第二节	家兔失血性休克抢救不当致肺水肿的实验观察	(375)
第三节	家兔失血性休克的微循环观察及解救	(377)
第四节	实验性高钾血症及其治疗	(380)
第五节	心律失常模型的建立与药物作用	(381)
第六节	在体心脏的缺血再灌注损伤	(383)
第七节	弥漫性血管内凝血(DIC)	(385)
第八节	气胸合并呼吸困难的观察和处理	(387)
第九节	缺氧模型的复制及其影响因素的探讨	(390)
第十节	兔呼吸运动的调节与实验性急性呼吸衰竭	(392)
第十一节	实验性水肿及治疗	(395)
第十二节	观察不同因素对家兔膈神经电活动和膈肌张力变化的影响	(397)
第十三节	实验性胃溃疡模型的建立与防治	(401)
第十四节	消化道平滑肌的生理特性及其影响因素	(402)
第十五节	幽门螺杆菌小鼠模型的建立及检测	(406)
第十六节	氨在肝性脑病发病机制中的作用	(408)
第十七节	正常肾脏泌尿功能的调节和急性肾缺血性功能衰竭	(410)
第十八节	发热模型复制及其机制探讨	(416)
第十九节	免疫系统实验	(417)
第二十节	抗生素对小鼠体内感染的保护性实验	(420)
第二十一节	影响药物作用的因素	(422)
第二十二节	不同浓度血清对于 p44/42 丝裂原活化蛋白激酶的激动作用	(425)
第二十三节	胰岛素和肾上腺素对家兔血糖浓度的影响	(427)
第二十四节	实验性酸碱平衡紊乱及其治疗	(429)
附录		(432)
附录一	常用生理盐溶液的配制	(432)
附录二	常用缓冲液的配方	(434)
附录三	常用酸碱浓度	(437)
附录四	常用抗凝剂的配制及用法	(440)
参考文献		(442)

第一篇

理论篇

第一章

绪论

医学科学的发展和其他自然学科一样,不能离开科学实验。实验和观察是科学知识的源泉,任何新的科学知识都需要通过无数次的实验,反复多次观察,测量大量的实验数据,才能使人们逐步认识事物的客观规律,并概括上升为科学理论。

第一节 实验基础医学概述

一、实验基础医学的概念及性质

实验基础医学(experimental preclinical medicine)是运用实验仪器、设备和工具等手段,在人为控制条件下研究机体的结构组成、功能代谢、疾病发生、发展过程以及药物和机体相互作用规律的科学,是一门与多个学科密切联系的综合医学基础实验科学。

其研究对象为人体的发生、发育、结构和组成,机体的功能与代谢,疾病发生的病因与病变,药物的作用机制等。

其目的是通过实验的方法认识和掌握人体的发育、器官组织的形态结构与功能、疾病发生的原因和病理改变、人类衰老和死亡以及治疗药物的作用及其机制等有关知识。

其主要任务是对研究对象施加一定因素后进行试验与观察,记录其反应与变化,研究正常和疾病过程中的机体功能、代谢和形态结构改变的特征以及阐明疾病的原因、发生发展的过程,从而为认识和掌握机体疾病发生、发展的规律,为诊断和防治疾病提供必要的理论基础和实验研究依据。

二、实验基础医学的发展趋势

由于人类早期对自然现象认识能力的限制,最初医学只能是玄学的。公元前几个世纪中国医学即开始了经验医学。我国出现的“神农尝百草”的故事,其研究的方法是根据以往的临床实践或亲身试验。公元16、17世纪,随着科学文化的发展,医学亦在传统的经验医学基础上开展了生物领域的实验,使医学进入了一个实验医学的新历史时期。16世纪,现代解剖学的奠基人、比利时医生安德烈·维萨列斯(Andreeas Vesalius)根据其多年对人体解剖学的研究观察,于1543年出版了《人体构造论》这一篇巨著;英国医生威廉·哈维(William Harvey)采用动物进行实验研究,于1628年发表了《心脏运动论》,证明循环系统是一个密闭的系统;意大利病理解剖学家乔瓦尼·巴蒂什·莫尔加尼(Giovanne Battista

Morgagni)于1761年发表《论疾病的位置和原因》一书,他用大量的实例有说服力地证明症状与体内病变的关系;19世纪中叶,病理生理学创始人法国的克劳代·伯纳德(Claude Bernard)首先倡导在动物身上复制人类疾病的模型,用实验的方法来研究疾病发生的原因和条件以及疾病过程中机能、代谢的动态变化;德国病理学家鲁道夫·菲尔绍(Rudolf Virchow)1858年出版《细胞病理学》,创建细胞病理学,将疾病研究深入到细胞层次;德国诺道夫·布克海姆(Rudolf Buchheim)建立了第一个药理实验室,写出了第一本药理学教科书,使药理学成为一门独立的学科;奥斯瓦德·史密德伯格(Oswald Schmiedeberg)继续发展了实验药理学,开始研究药物的作用部位,被称为器官药理学;法国的路易·巴斯德(Louis Pasteur)和德国的罗伯特·柯霍(Robert Koch)发现细菌以及发明疫苗开创了实验微生物学;德国的雅各布·施莱登(Jacob Schleiden)和索多·施旺(Theodor Schwann)创立了细胞学说;弗兰西斯·克里克(Francis Crick)和詹姆士·华生(James Watson)于1953年建立了DNA双螺旋结构模型,标志着分子生物学的产生。这些学者的实验研究都为实验基础医学研究作出了里程碑式的贡献。

实验为理论的创立提供依据,理论又为实验提供了指导。两者相辅相成,相互促进,推动了基础医学的发展。随着更多新的医学实验技术与方法在基础医学各学科间的交叉应用和渗透,医学学科也在不断地分化和融合发展,以实验为手段进行基础医学领域研究正逐步形成一门具有相对独立性又与多个学科相互交叉的学科。

三、实验基础医学的研究方法

科学技术的发展为基础医学的研究提供了全新的研究策略和手段。显微镜、组织化学、同位素技术、细胞分离和培养技术的发明与应用将机体的研究从整体、器官水平推向细胞水平;现代分子生物学技术的发展又把人们的研究水平引入到基因领域。经典的机能实验,常用切除某个器官的方法来研究有关器官的功能,现在已可用“分子外科手术”从动物基因组中敲除某个基因的方法,研究机体发育、机能代谢、行为的遗传改变及某些疾病的发病机制。对于任何一种重要的形态结构与机能代谢活动的理解,都是不同水平研究的综合结果。对机体结构、机能、代谢的研究可以从整体水平、器官水平、细胞水平、亚细胞水平和分子水平等不同层次着手进行。

医学实验所用的动物实验方法,大体上可以分为慢性实验和急性实验。

1. 慢性实验 是在接近自然生活条件下,对动物施加短期或长期性损伤性因素,对疾病过程中机体的行为、功能和代谢等变化进行较长期的观察(数周、数月或数年)。慢性实验便于观察研究对象(某一器官或组织)的活动以及它在整体活动中的地位,其研究结果可靠性较高,适用于疾病整个过程或慢性疾病病理过程的实验研究,但慢性实验观察时间长,实验设备和技术要求高,人力物力投入较大,短时间内得不出实验结果,不利于分析研究对象本身的特性以及与其他器官之间的相互关系。

2. 急性实验 短时期内制备动物疾病模型,观察造模动物的行为、功能和代谢等变化;另外,不需要严格无菌,操作比较简单方便。这种方法适用于某些病程较短的疾病复制或用于观察疾病过程中某一阶段的改变。但急性实验也存在一些不足:如观察时间短,实验的结果常不够全面,手术创伤或麻醉等因素对实验结果有一定影响。所以,急性实验结果常需要慢性实验与临床研究加以校正。在教学中用于学生作为验证性实验时,多采

用急性实验。急性实验又可分为在体(in vivo)与离体(in vitro)两种。急性在体实验比慢性实验易于控制条件,有利于观察器官间的具体关系,便于分析某一器官活动的过程与特点,但与正常生活情况下的机体活动仍有差别。离体实验方法是从动物体内取出某一器官(如心脏)或某种组织(如肌肉、神经),置于适宜的人工环境中,使之在数小时或更长的时间内仍能保持功能活动。这种方法有利于排除其他因素的影响,观察某一器官、组织的基本特性,但不一定能完全代表它在正常体内的情况。

四、实验基础医学的教学目的

传统的医学基础实验课教学,多采用以学科为中心的教学模式。这种模式对系统掌握课程知识,培养学生的操作技能有着重要的作用。但是传统的实验课多作为理论课教学的附属,以验证理论为主,其内容多陈旧零散,缺乏对学生创造力的启发,学科之间的界限过于明显,限制了学科知识的交叉融合。近些年来,国内外的一些院校从人才培养目标出发,打破了学科课程间的壁垒,尝试将实验课从原来的课程中独立出来,删减重复实验,减少验证性实验,以器官、系统或问题(疾病)为中心组织教学,使功能课程之间的实验得到有机结合,甚至使形态与功能课程、基础与临床课程之间的内容得到交叉融合,增加了学生的动手能力和动脑机会,培养了学生的操作能力、自学能力、科研思维能力和创新能力。实验基础医学课程的开设就是要加强知识间的系统性,使知识的传授、能力的培养和素质的提高诸方面有机结合,从而培养和造就出适应新世纪医学科学发展所需要的具有创新意识的医学人才。实验基础医学课程强调“学生为主体,教师为主导”的教与学关系,提倡在教师的指导下,以学生自行设计、自主实验为核心的实验教学方法,力求体现培养学生的主动获取知识的能力、实践能力、创新能力和综合分析解决问题的能力。

第二节 实验基础医学的教学内容及要求

一、教学内容

实验基础医学的教学内容包括三部分:

1. 理论部分 包括如何撰写文献综述、医学文献检索方法、医学科学研究的基本程序、实验设计基本原则与方法等,重点是加强学生自学能力的培养。

2. 技术部分 包括基础医学常用仪器设备及操作、常用的动物实验技术、医学实验技术的最新进展及动向等。

3. 实验部分

(1)模拟实验:通过模拟与自然现象或过程相似的模型或情景来研究原型的规律而进行的实验。利用模拟实验熟悉和理解实验基本知识和操作。

(2)常规实验:即传统学科的经典实验。通过了解常规实验来理解理论知识,培养实验操作能力。

(3)综合实验:是按照一定目的将相关联的多个学科的实验组合成一个教学单元的实验。通过进行综合实验,进一步强化实验操作、掌握实验方法、培养学生观察记录实验结果、收集整理实验数据的能力,对实验结果进行科学分析、逻辑推理,最后得出恰如其