

国家级实验教学示范中心
师范生教学能力实训系列教材

P

物理实验方法与 演示教具制作

潘学军 编著

WULISHIYANFANGFAYUYANSHISHIJIAOJUZHI ZUO



科学出版社

国家实验教学示范中心·师范生能力实训系列教材

物理实验方法与演示教具制作

潘学军 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要针对物理学师范专业学生为适应普通高中新物理课程标准和中学物理教学要求而编写,旨在培养学生的创新意识和动手能力,使学生能根据中学物理教学的要求,设计和改进实验,能自制和改进教具,并能应用新技术、新材科学更新和充实中学物理实验内容.本书内容包括物理实验中按测量技术分类的各种测量方法、实验误差分析与数据处理方法、物理实验设计的基本原则和方法、各种实验创新方法、物理实验教具制作加工的基本方法以及实际制作演示和设计性与制作性实验.

本书各章内容相对独立,可视教学条件灵活掌握.可作为师范院校物理专业的学生教材和相关学校的物理教师的教学参考用书.

图书在版编目(CIP)数据

物理实验方法与演示教具制作 / 潘学军编著. -- 北京:科学出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 03 - 035222 - 4

I. ①物… II. ①潘… III. ①中学物理课 - 实验 - 教学研究 - 高等师范院校 - 教材 ②中学物理课 - 实验 - 教学研究 - 高中 IV. ①G633. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 172172 号

责任编辑:杨 岭 高映雪 封面设计:陈思思

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

成都创新包装印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 8 月第 一 版 开本:787 × 1092 1/16

2012 年 8 月第一次印刷 印张:18.75

字数:434 000

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

国家级实验教学示范中心·师范生教学能力实训系列教材

编 委 会

主 编:祁晓玲

副主编:郭 英 张 松 陈智勇

编 委:祁晓玲 郭 英 张 松 陈智勇 梁 斌

金秀美 吴 丹 杨 娟 邵 利 罗世敏

陶旭泉 沈 莉 李敏惠 熊天信 王 芳

李 强 张小勇 夏茂林 赵广宇 李 维

王重力 王 曦 郭开全 黄秀琼 程 峰

何 建 董云艳 罗 真 熊大庆 靳宇倡

徐华春 张 皓 刘 海 周升群 周蜀溪

叶 舒 潘学军

前 言

近年来不管是对中学、大学还是硕士研究生,在物理相关教学课程中对分组实验、演示实验、教具制作都提出了明确要求.例如,在普通高中新物理课程标准中明确指出要突出物理学科特点,发挥实验在物理教学中的重要作用.物理实验是高中物理教学中的重要内容,教师应该积极开发适合教学的实验项目,充分利用实验资源做实验.利用身边随手可得的普通物品做实验,不但具有简便、直观等优点,而且有利于提高学生的动手能力,培养学生的实验技能和创新意识.

为了提高所培养人材的创新和实践综合能力,适应社会需求,弥补如何使用常用加工工具与加工方法进行简易实验教具设计和制作方面的欠缺和不足,很多高校都根据自身特点和培养目标要求,陆续开设了设计性实验、综合性实验、创新性实验和简单仪器教具制作一类的课程.通过该类课程的学习,提高了学生的理论联系实际和动手的能力.

本教材的内容设计主要针对物理学师范专业学生开展的课程,开展该门课、编写此教材的目的是使物理学师范生能更好的适应普通高中新物理课程标准要求及中学物理教学要求,积极开发适合教学的实验及演示实验项目,充分利用实验资源,尤其是使用身边随手可得的普通物品做物理实验.

本教材是在教育硕士研究生《物理实验方法和实验设计》讲义的基础上,结合多数学校教学条件、参考其它兄弟院校研究成果、总结编著者的教学研究成果并通过不断改进后编著而成.

本书共分八章节,第1章主要介绍什么是实验方法,实验方法的一般性作用,实验方法在科研中的特殊作用,物理实验在物理学发展中的作用及物理实验方法的发展.第2章主要介绍物理实验中的测量方法,按测量技术分类有比较法(补偿法)、放大法、模拟法、干涉法、示踪法、量纲分析法和转换测量法等.第3章主要介绍实验误差分析与数据处理,内容涉及测量误差、误差处理、方法测量不确定度、有效数字、数据处理常用方法及如何使用 Excel 软件处理物理实验数据等内容.第4章主要介绍物理实验设计的基本原则和方法,内容涉及实验方法的选择与设计、测量方法的选择与设计、测量仪器的选配、测量条件的选择及设计实验举例.第5章主要介绍创新的方法,内容涉及技术创新的基本过程、创新的目标及其来源、创新

构思的技巧以及创新与灵感等内容.第6章主要介绍物理实验教具的制作,内容涉及自制物理实验教具的意义、制作教具的几个基本问题、金属加工技术、焊接技术、玻璃材料加工、有机玻璃的加工、粘接技术、仪器设计中的电子制作等.第7章主要介绍自制仪器教具及方法,如用废旧材料等制作的演示教具喷泉实验、自制气垫盘等约30例;机械振动和机械波疑难实验分析与实验方法的改进,直流稳压电源、微电流放大器及相关实验演示,如欧姆定律演示实验、电容储能演示等约14例;静电演示实验及仪器制作,演示与静电相关各种演示实验14例.第8章为设计性与制作性实验,可作为学生在实验室进行实践制作研究环节.

全书各章均独立成章可根据教学条件和要求灵活掌握.

本书在编写过程中得到四川师范大学物理与电子工程学院、实验设备与实验室管理处、师范生教学能力综合训练中心和物理实验中心的大力支持,同时借鉴、参考和引用了兄弟院校的大量资料,在此表示衷心感谢!

由于本人经验不足、水平有限,书中的缺点和错误定所难免,诚恳希望批评指正.

作 者

2012.1

目 录

前言

第1章 实验方法及作用	1
1.1 什么是实验方法	1
1.2 实验方法的一般性作用	1
1.2.1 实验方法能检验理论的真理	1
1.2.2 实验方法是获取第一手科研资料重要的和有力的手段	2
1.2.3 实验方法是探索自然奥秘的必由之路	2
1.2.4 实验方法能够推动自然科学的发展	3
1.3 实验方法在科研中的特殊作用	3
1.3.1 可以选取典型材料进行实验和研究	3
1.3.2 实验方法可以简化和纯化研究对象	3
1.3.3 实验方法具有定向强化研究对象的作用	4
1.3.4 实验方法具有加速和延缓研究对象的作用	5
1.3.5 实验方法具有模拟研究对象的作用	5
1.4 物理实验在物理学发展中的作用	5
1.4.1 物理实验方法的兴起	5
1.4.2 物理实验在物理学发展中的作用	7
1.5 物理实验方法的发展	11
1.5.1 物理实验方法需要去搜索更大和更小	11
1.5.2 物理实验方法是集体的综合事业	12
1.5.3 物理实验方法是各学科的结合、渗透和应用	12
参考文献	13
第2章 物理实验中的测量方法	14
2.1 比较法	14
2.1.1 直接比较法	14
2.1.2 间接比较法	15
2.2 放大法	18
2.2.1 累积放大法	18
2.2.2 机械放大法	19
2.2.3 电子放大法	20

2.2.4 光学放大法	20
2.3 模拟法	21
2.3.1 物理模拟法	21
2.3.2 数学模拟法	22
2.4 干涉法	22
2.5 示踪法	23
2.6 量纲分析法	23
2.7 转换测量法	24
2.7.1 寻求物理量之间的相互关系	25
2.7.2 传感器转换法	27
参考文献	28
第3章 实验误差分析与数据处理	29
3.1 测量及其误差	29
3.1.1 量、测量和单位	29
3.1.2 测量及误差	29
3.2 误差处理	32
3.2.1 系统误差的修正和消减	32
3.2.2 测量结果的最佳值与随机误差的估算	35
3.3 测量不确定度和测量结果的表述	41
3.3.1 测量不确定度的基本概念	41
3.3.2 直接测量的不确定度估计和结果的表述	42
3.3.3 间接测量的不确定度合成和结果的表述	43
3.4 有效数字及其表示	47
3.4.1 有效数字的一般概念	47
3.4.2 确定测量结果的有效数字的方法	47
3.4.3 数字截尾的舍入规则	48
3.4.4 数值的科学表达形式	48
3.4.5 有效数字运算规则	48
3.5 数据处理常用方法	50
3.5.1 列表法	50
3.5.2 图示法和图解法	51
3.5.3 逐差法	56
3.5.4 最小二乘法和线性拟合	57
3.6 用 Excel 软件处理物理实验数据	59
3.6.1 启动 Excel	60
3.6.2 工作表、工作簿、单元格、区域	60

3.6.3	工作表中内容的输入	60
3.6.4	引用	62
3.6.5	图表功能	64
3.6.6	利用回归分析工具处理数据	65
附录	中华人民共和国法定计量单位 ^[9]	70
	参考文献	72
第4章	物理实验设计的基本原则和方法	73
4.1	实验方法的选择与设计	73
4.2	测量方法的选择与设计	73
4.3	测量仪器的选配	74
4.3.1	确定不确定度分配方案	75
4.3.2	测量器具的选择	75
4.3.3	不确定度的绝对值合成法	76
4.4	测量条件的选择	78
4.5	设计实验举例	79
	参考文献	80
第5章	创新的方法	81
5.1	技术创新的基本过程	81
5.1.1	技术创新过程的线性模型	81
5.1.2	技术创新过程的复变模型	82
5.1.3	技术创新过程与一般工程技术过程	84
5.2	创新的目标及其来源	84
5.2.1	目标来自需求	84
5.2.2	来源之一:幻想与愿望	86
5.2.3	来源之二:解决问题	89
5.2.4	来源之三:消除缺点	91
5.2.5	来源之四:增进功能	93
5.2.6	来源之五:降低成本	94
5.3	创新构思的技巧	96
5.3.1	创新任务的表述与思路	96
5.3.2	观察、分析与联想	97
5.3.3	活用科学技术原理	100
5.3.4	组合法	102
5.3.5	变化法	107
5.3.6	转换观察问题的角度	111
5.3.7	转用法	113

5.3.8 类比法	114
参考文献	116
第6章 物理实验教具的制作	117
6.1 自制物理实验教具的意义	117
6.2 制作教具的几个基本问题	118
6.2.1 教具制作的基本要求	118
6.2.2 怎样设计自制教具	119
6.2.3 教具制作材料来源	119
6.3 金属加工技术	120
6.3.1 锯削	120
6.3.2 锉削	125
6.3.3 剪切	130
6.3.4 整形	130
6.3.5 弯曲	131
6.3.6 钻孔	132
6.3.7 攻螺纹与套螺纹	135
6.4 焊接技术	142
6.4.1 常用焊接工具及焊料	142
6.4.2 预上锡与焊接	143
6.4.3 检查焊接质量	144
6.4.4 使用电烙铁注意事项	144
6.5 玻璃材料加工	144
6.5.1 玻璃板的裁割	144
6.5.2 细玻璃管的裁割	145
6.5.3 粗玻璃管的裁割	145
6.6 有机玻璃加工	145
6.6.1 有机玻璃材料的种类	145
6.6.2 有机玻璃的特性	146
6.6.3 有机玻璃的加工方法	146
6.7 粘接技术	148
6.7.1 正确选择胶黏剂	148
6.7.2 影响粘接质量的因素	149
6.7.3 粘接工序及表面处理	149
6.7.4 几种常用胶黏剂的使用	150
6.8 仪器设计中的电子制作	152
6.8.1 印制电路板设计方法	152

6.8.2 用计算机绘制印制电路板与电路图	156
参考文献	161
第7章 自制演示仪器教具示例	162
7.1 用废旧材料及日常用品制作的演示实验装置	162
7.1.1 用废易拉罐制作空气对流演示器	162
7.1.2 喷泉实验	163
7.1.3 气垫盘实验	164
7.1.4 虹吸及反冲演示	165
7.1.5 液体内部压强演示器	169
7.1.6 液体浮力演示器	172
7.1.7 浮沉子	174
7.1.8 空气质量和空气浮力的实验	175
7.1.9 大气压的实验演示	176
7.1.10 做功与物体内能变化的实验演示	178
7.1.11 内燃机爆发原理的演示	179
7.1.12 微小形变的演示	180
7.1.13 声音振动演示器	181
7.1.14 楞次定律演示	181
7.1.15 电磁驱动演示	183
7.1.16 异步电动机原理演示	183
7.1.17 涡流的阻力与感应电流	183
7.1.18 自制离心式小水泵	185
7.1.19 气体流速与压强的关系	185
7.1.20 简易喷雾器	186
7.1.21 固体热胀冷缩的实验演示	187
7.1.22 超重与失重演示	189
7.1.23 用激光散射法演示布朗运动	191
7.1.24 光的反射、折射、最小偏向角演示	192
7.1.25 导光水柱	196
7.1.26 玻璃导电实验	196
7.1.27 光的分解与合成演示	197
7.1.28 用已知波长的激光测 CD 光盘条纹的间距	198
7.1.29 焦耳定律实验演示仪	199
7.1.30 势能、动能、做功的演示	201
7.2 机械振动和机械波演示方法的改进	202
7.2.1 简谐运动图像的演示	202

7.2.2 受迫振动和共振实验的演示	206
7.2.3 多功能振动演示仪	209
7.3 直流稳压电源、微电流放大器及电磁学演示实验	214
7.3.1 LM117/LM317 集成电路简介	214
7.3.2 由 LM317 组成的可调稳压电源电路原理	215
7.3.3 微电流(电压)放大器原理	216
7.3.4 自制电学仪器及演示实验	221
7.4 静电实验问题及演示实验	237
7.4.1 静电演示实验疑难问题讨论	237
7.4.2 利用自制仪器演示静电相关实验	241
参考文献	259
第8章 设计性与制作性实验	260
8.1 设计性实验	260
8.1.1 简谐振动的研究	260
8.1.2 变阻器的使用与电路控制	261
8.1.3 多用表的设计与组装	266
8.1.4 非线性电阻特性研究	267
8.1.5 自组望远镜和显微镜	268
8.1.6 自组迈克耳孙干涉仪测量空气的折射率	269
8.2 制作性实验	272
8.2.1 空气对流演示器的制作	272
8.2.2 滚轮的制作	272
8.2.3 虹吸式反冲演示仪的制作	273
8.2.4 利用废旧材料制作演示实验装置	273
8.2.5 直流稳压电源的制作	274
8.2.6 可控硅调光灯的制作	275
8.2.7 微电流(电压)放大器的制作	276
8.2.8 小型话筒及放大器的制作	277
8.2.9 数字式温度测量控制器的制作	278
设计性实验练习题	286
参考文献	288

第 1 章 实验方法及作用

1.1 什么是实验方法

人们通常说的实验方法有两种:一种是探索未知自然界奥秘,属于试探性质的,即试验方法;另一种是为了学习掌握已认识的自然科学知识,通过一定的仪器、设备等物质条件,在实验室条件下科学地再现自然现象,使以往人们做过的实验重复表现出来,以便验证已有的自然知识,即实验方法. 在一些科技文献中,并未区分这两种概念,一般通用“实验”表示. 本书对这两种科学概念也不作严格区分,它们是混用的.

所谓实验(试验)方法,是人们根据一定的研究任务和目的,利用一定的仪器、设备等物质手段,人为地创造一定的环境或条件,主动控制或干涉研究对象,舍弃或排除次要因素和无关因素的影响,选取或突出主要因素,在典型的环境中或特定的条件下,去探索自然界奥秘的一种特殊的研究方法.

1.2 实验方法的一般性作用

1.2.1 实验方法能检验理论的真理

许多科学理论和技术的正确与否都要通过实验方法的验证. 例如,自然科学已经发现宇宙间存在着四种相互作用力,那么它们之间有没有内在的联系呢? 爱因斯坦提出“统一场论”的假说,然后他用了 30 年的时间(1925 ~ 1955 年)探索万有引力与电磁相互作用力之间相统一的“统一场论”问题,但没有得出结论.

1968 年,美国物理学家温伯格和巴基斯坦物理学家萨拉姆提出了新的统一场论. 他们认为 μ 中微子与电子相碰撞,可以证明弱相互作用力与电磁相互作用力有极密切的内在联系.

电磁相互作用力与弱相互作用力的大小是不同的. 电磁相互作用力非常大(据资料介绍,电磁相互作用力是弱相互作用力的一万亿倍),可以把电子与原子核束缚在一定距离的稳定位置上,从而结合成原子. 而弱相互作用力却什么也吸引不住,能影响的范围只是原子半径的千万分之一. 但是,温伯格和萨拉姆却认为它们有统一性. 这个科学假说一经提出,就遭到一些物理学家的质疑. 这个新的统一场论的科学假说是否正确呢? 只有通过实验方法才能做出科学的回答.

1979 年 10 月,美国物理学家莫纬、中国物理学家王祝翔等合作,在美国费米实验室

成功地进行了 μ 中微子和电子相碰撞的实验,使弱相互作用力和电磁相互作用力基本统一起来,从而证实了温伯格和萨拉姆所提出的科学假说.同年12月,温伯格和萨拉姆因此获得了诺贝尔物理学奖.

1.2.2 实验方法是获取第一手科研资料重要的和有力的手段

大量、崭新、准确和系统的科研资料,往往是通过实验获得的.例如,“发明大王”爱迪生(图1.1),在研制电灯的过程中,为了寻找灯丝的合适材料,先后试验了一千六百多种矿物和金属材料,连续十三个月,反复进行了两千多次实验,积累了大量的第一手材料,最后发现白金比较合适.然而,白金价格昂贵,不宜普及,爱迪生又以植物纤维作为材料,继续进行实验,先后共进行六千多次实验,结果发现炭化了的竹丝作灯丝效果最好.



又如,
1820 年
初,丹麦
物理学家

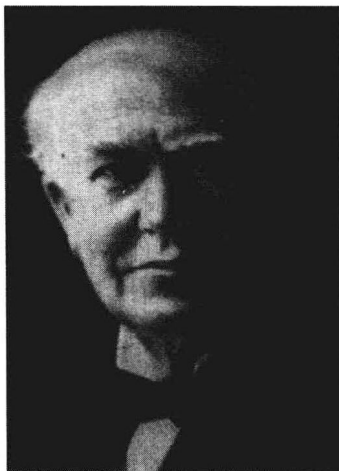
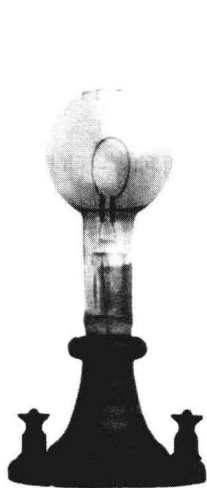


图 1.1 大发明家爱迪生和他发明的电灯^[1]

奥斯特(图1.2)在研究电与磁的关系时,根据电流通过直径逐步缩小的导线时会导致其发热,直至发光这一实验现象,推测出若直径再缩小会导致磁效应,但做实验没有获得结果.后来他思考,如果不是沿着电流方向的纵效应而是垂直电流方向的横效应呢?奥斯特基于这一思想又做了各种实验.同年4月,在哥本哈根大学的一次讲学中,他

偶然发现在电流附近的小磁针微微跳动了几下.奥斯特紧紧抓住这一现象,进行了为期三个月的连续研究,终于在1820年7月21日,发表了题为《关于磁针与电流碰撞的实验》的论文.于是,1820年7月21日,作为电磁学发展史上一个划时代的日子载入了史册.

1.2.3 实验方法是探索自然奥秘的必由之路

达·芬奇曾指出:“科学如果不是从实验中产生,并以一种清晰实验结束,便是毫无用处的,充满谬误的,因为实验是确实性之母.”例如,阿基米德揭开王冠之谜的实验和法拉第的电磁感应实验,卢瑟福发现原子核,完成 α 粒子散射实验等,都是历史上著名的运用实验方法做出科学发现的典型事例.

1.2.4 实验方法能够推动自然科学的发展

实验方法是推动自然科学发展的强有力的手段,这已为科学界所公认.例如,1898年,居里夫人(图 1.3)在实验中发现了镭和钋的放射性;1899年,卢瑟福用强磁场和电场做实验,发现了镭的放射线是由 α 、 β 、 γ 射线组成的, α 射线是由大量带正电的氦原子组成的高速粒子流, β 射线是由大量带负电的电子组成的高速粒子流, γ 射线是不带电的高速光子流;1903年,卢瑟福又通过实验方法,提出了放射性元素衰变的理论,并且证明 α 粒子是带正电的氦原子核, β 粒子是接近光速的电子,从而打破了原子不变的旧观念.



图 1.3 居里夫人正在做实验^[1]

至于运用实验方法而迅速地推动技术发明的事例,那就更多了.总之,无数事实充分地说明了运用实验方法可以发现、验证和发展科学技术,实验方法是自然科学的生命,它是科学发现和技术发明的必由之路.

1.3 实验方法在科研中的特殊作用

1.3.1 可以选取典型材料进行实验和研究

人们可以选取典型的实验材料进行实验和研究,充分发挥人的主观能动性,完善实验和研究的效果.例如,美国实验胚胎学家、遗传学家摩尔根和他的同事,自1909年就开始选择果蝇作为研究遗传秘密的实验对象.

在生物界中,物种如此之多,摩尔根为什么单单选择果蝇作为研究遗传秘密的实验对象呢?其原因是,果蝇的染色体很简单,每个细胞只有四对染色体,易于通过实验进行观察;果蝇的生命周期短,仅两周左右,可有效缩短研究周期;果蝇的生殖力很强,每对亲本可以产生成百上千的子代,产生的变异和有几十种遗传特征,在实验中容易观察.正因为果蝇有这些特性和特征,所以它对于研究生物遗传规律具有典型性,在较短的时间内可以收到较好的研究效果.实验的结果把孟德尔关于生物遗传定律的认识向前推进了一步,并奠定了基因遗传学的基础.

1.3.2 实验方法可以简化和纯化研究对象

自然界的事物和现象种类繁多,千差万别,互相联系,互相影响,单凭观察往往分辨不清,难以认识清楚它们的规律性.运用实验方法,对客观存在的各种因素、自然过程和

生产过程进行简化和纯化,选取和突出主要因素,舍弃或排除次要因素的干扰,易于进行实验和观察,这更便于揭示自然事物或现象的性质及其规律性.正像马克思所说的:“物理学家是在自然过程表现得最确实、最少受干扰的地方考察自然过程的,或者,如有可能,是在保证过程以其纯粹形态进行的条件下从事实验的.”^①

美籍物理学家吴健雄(图1.4)1957年所做的关于在弱相互作用下宇称不守恒的实验,就是通过简化和纯化自然现象的方法而实现的.她用钴-60作为实验材料,但是在常温下钴-60本身的热运动和自旋方向是杂乱无章的,因而无法进行实验.吴健雄把钴-60冷却到0.01K(绝对温度零度相当于零下273℃),使钴核的热运动停止下来,方便实验得以顺利进行.实验的结果证明了微观粒子在弱相互作用下宇称不守恒的科学假说是正确的.



图1.4 吴健雄在实验室中^[2]

1.3.3 实验方法具有定向强化研究对象的作用

在科学实验中,人们凭借各种物质手段,能够设计和创造出地球上的自然条件下不存在的、难以得到的或难以利用的各种极端状态和特殊的环境条件,也就是人为地使研究对象处于这种极端状态,以便于去研究和揭示它的运动规律及其特性.这就是实验方法具有定向强化研究对象的特殊作用的原因.

为什么通过强化研究对象的方式才能够达到研究的目的呢?这是因为在自然界中,有些事物在常态下一般是不容易暴露其特殊的运动规律和性质的,只有在人为控制的条件下,定向强化,使它处于一些极端状态和特殊的条件下,才能达到研究的目的.例如,超高压、超高温、超低温、超高真空、超强磁场等极端条件,在现实的自然界中是罕见的,不易得到,只有在实验中,人为地使其变化过程向人们指定的方向强化,才能达到.在常温下,地球表面的大气压力是一个大气压,各种物质及其结构处于常态.可是,在超高压的作用下,不但使分子之间、原子之间的自由空间被压缩变小了,而且当超高压达到一定程度时,电子壳层也会发生巨大的变化,甚至把电子压进到原子核里面去,变成超固态.这将引起物质的物理性质和化学性质的变化,或者生成新的物质.

在超高温的条件下,物质处于由离子、电子或其他粒子组成的“等离子态”,与通常的固态、液态和气态物质又有着不同的特殊性质和运动规律.这样,物质就由通常的三态发展到五态(固、液、气、等离子、超固态).对氦的等离子体研究,是目前探寻实现受控热核反应的重要途径.在超低温的条件下,发现金属或合金具有超导电性(即电阻等于零,具有完全的抗磁性).

^① 《马克思恩格斯选集》第二卷,人民出版社,1972:206.

实验方法具有的这种强化研究对象的特殊作用,不仅有利于人们探索自然奥秘,而且还能有助于开辟新的科学研究领域,为生产实践的发展开辟新的天地.

1.3.4 实验方法具有加速和延缓研究对象的作用

有些自然事物或现象的发生、发展和转化过程比较短暂,有的可以说是转瞬即逝,这使得人们对这些过程无法进行研究;有些自然事物或现象发展变化的过程很缓慢,有的甚至相当漫长,这使研究工作旷日持久,周期延长,有碍于自然科学的发展,不利于早出成果和多出成果.运用实验方法,人们可以主动地控制研究对象及其发展变化过程.若进展太慢,则可以设法催化,使它加速变快;若进展太快,则可以创造条件,使它延缓放慢;也可在不改变原来发展变化过程的情况下,通过实验方法人为控制,使其显示过程缩短或延长(就像放电影用的快慢镜头那样).控制过程可便于研究.

1.3.5 实验方法具有模拟研究对象的作用

在自然界和经济建设中,对于那些现今不可能或不允许进行直接实验的自然事物或现象、自然过程和生产过程,运用模拟方法(又称模拟实验)可以间接地对原型进行实验和研究.

此外,用实验方法还可以解决生产中无法解决的理论和技术问题,为生产实践提供新理论、新技术、新方法、新材料和新产品等.^[3]

1.4 物理实验在物理学发展中的作用

1.4.1 物理实验方法的兴起

物理学是一门实验科学.在物理学中,每个概念的建立、每个定律的发现,都有其坚实的实验基础.物理实验在物理学的发展中有着巨大的意义和推动作用.在物理学发展的漫长历程中,有不少人做过许许多多的实验或观测,对这些实验或观测做出过各种各样的解释,也提出过种种理论,还制造出不少仪器.古巴比伦人发明了梁式天平;古希腊人阿里斯托芬有过用玻璃点火熔化石蜡的记述;欧几里得记载过用凹面镜聚焦太阳光的实验;阿里斯塔克第一次测定了太阳、地球、月亮之间的相对距离……

早在公元前,阿基米德除做杠杆、滑轮等实验外,还做了浮力实验,建立了浮力定律.他在《论浮体》一文中曾这样叙述:浸没在水中的物体所减少的重量等于它所排开的水的重量.这就是一个从实验总结为理论的定量实验.这个原理就是迄今仍被普遍使用的“阿基米德原理”.

上述这些实验,无论是从系统的观测和记录,或从确定量度标准和量度仪器方面,还