

普通高等学校少数民族预科教育系列教材

J I C H U
W U L I

基础 JICHU WULI 物理

力学和电磁学

樊爱琼 黎 旦/主 编
陆映红 潘洪媚/副主编

普通高等学校少数民族预科教育系列教材

04
745

基础物理

JICHU WULI
LIXUE HE DIANCI XUE

力学和电磁学

樊爱琼 黎旦 / 主编

陆映红 潘洪媚 / 副主编



GD 01576288

GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS
广西师范大学出版社

· 桂林 ·

普通高等学校少数民族预科教育系列教材

编审指导委员会

主任委员 林志杰

委员 (按姓氏笔画为序)

吴胜富 杨社平 陆广文 陆文捷

周国平 赵留美 郭金世 梁元星

黄永彪 谢 铭 樊爱琼 樊常宝

图书在版编目(CIP)数据

基础物理: 力学和电磁学 / 樊爱琼, 黎旦主编.

桂林: 广西师范大学出版社, 2011.8

(普通高等学校少数民族预科教育系列教材)

ISBN 978-7-5495-0702-3

I. 基… II. ①樊…②黎… III. 物理学—高等学校—教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 156163 号

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市中华路 22 号 邮政编码: 541001)
(网址: <http://www.bbtpress.com>)

出版人: 何林夏

全国新华书店经销

南宁市上英印刷有限责任公司印刷

(南宁市高新区高新大道东二路 19 号 邮政编码: 531001)

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印张: 18.75 字数: 450 千字

2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第 1 次印刷

印数: 0 001~3 000 册 定价: 33.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与印刷厂联系调换。

序 言

林志杰

1

普通高校少数民族预科教育是指对参加高考统一招生考试、适当降分录取的各少数民族学生实施的适应性教育,是为少数民族地区培养急需的各类人才而在高校设立的向本科教育过渡的特殊教育阶段;它是为加快民族高等教育的改革与发展,使之适应少数民族地区经济社会发展需要而采取的特殊有效的措施,是有中国特色社会主义高等教育体系的重要组成部分,是高等教育的特殊层次,也是我国民族高等教育的鲜明特色之一,其对加强民族团结、维护祖国统一、促进各民族的共同团结奋斗和共同繁荣发展具有重大的战略意义。

为了贯彻落实“为少数民族地区服务,为少数民族服务”的民族预科办学宗旨,建设好广西少数民族预科教育基地,适应普通高等学校少数民族预科教学的需要,近年来,广西民族大学预科教育学院在实施教学质量工程以及不断深化教育教学改革中,结合少数民族学生的实际情况,组织在民族预科教育教学一线的教师编写了《思想品德教育》《阅读与写作》《微积分基础》《基础物理》《普通化学》等系列试用教材,形成了颇具广西地方特色的有较高水准的少数民族预科教材体系。广西少数民族预科系列教材的编写和出版,成为了我国少数民族预科教材建设中的一朵奇葩。

本套教材以国家教育部制定的各科课程教学大纲为依据,以民族预科阶段的教学任务为中心内容,以少数民族预科学生的认知水平及心理特征为着眼点,在编写中力求思想性、科学性、前瞻性、适用性相统一,尽量做到内涵厚实、重点突出、难易适度、操作性强,真正适合民族预科学生使用,使他们在高中阶段各科教学内容学习的基础上,通过一年预科阶段的学习,对应掌握的学科知识能进行全面的查漏补缺,进一步巩固基础知识,培养基本能力,从而达到预科阶段的教学目标,实现预与补的有机结合,为学生一年之后直接进入大学本科学习专业知识打下扎实的基础。

百年大计,教育为本;富民强桂,教育先行。教育是民族振兴、社会进步的基石,是提高国民素质,促进国民全面发展的根本途径,寄托着千百万家庭对美好生活的期盼;而少数民族预科作为我国普通高等教育的一个特殊层次,她是少数民族青年学子进入大学深造的“金色桥梁”,她承载着培养少数民族干部和技术骨干、为民族地区经济社会发展提供人才保证为重任。我们祈望,本套教材在促进少数民族预科教育教学中能发挥其应有的作用,在少数民族高等教育这个百花园里绽放出异彩!

是为序。

前言

为了使预科物理教学走向正规化、现代化,让教材反映新时代教学改革、教材更新的精神,编者根据高等学校预科物理教学大纲的要求,重新编写了这本《基础物理》教材。本教材主要包含力学和电磁学两部分内容。

本教材在编写过程中,考虑到高等学校预科教学的特殊要求和我国中学现行《物理》课程标准的要求,结合编者多年的预科物理教学经验和预科学生的特点,力求既要巩固和加深对中学物理基础知识的理解和掌握,又要学习大学物理中的一些相关内容,使学生初步了解和掌握大学物理的学习方法,实现“补”和“预”的教学目标。

本教材重点突出力学和电磁学两部分内容,对这两部分内容力求系统完整,重点阐明力学和电磁学的基本概念和基本定律,在阐明物理概念时,增加了叙述物理概念的形成、发展、演变的过程,具体、深入地揭示物理概念的内涵;在阐明物理规律时,介绍了这些理论建立的过程,以及某些重大物理发现中物理学家探索的历程,并分析他们的研究思路,创造性的工作特点以及所用研究方法,使读者清楚地看到,科学发现的历程并不是一帆风顺的,从中吸取科学家们成功的经验和失败的教训,获得科学方法论的教益与启迪,进而培养学生探索精神、创新意识和创造性的思维能力。书中部分章节采用微积分的方法对一些复杂问题进行分析,以加深学生对物理概念的理解,简化解题过程,减少计算,提高解题准确性;同时也为学生今后学习大学普通物理学课程做好铺垫。本教材编选了较多的典型例题和习题,既有利于教学,又有利于启迪学生的思维,培养学生的应用和创新能力。

本教材为高等院校预科理科班、工科班、医科班等的物理教材,也可作为其他高等工科院校、高等师专、职工大学和广播电视大学等学生的学习参考书,还可作为中专、中学物理教师的教学参考书或自学者的课本。本教材中带※号部分表示选学内容。

本教材由樊爱琼、陆映红老师编写力学部分,由黎旦、潘洪媚老师编写电磁学部分。

本书在编写过程中得到唐甲璋副教授的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者的水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2011年5月

目 录

1

绪 论 物理学的作用与意义	1
第 1 章 质点运动学	7
1.1 矢量	7
1.2 位置矢量和位移	12
1.3 速度 速率 加速度	15
1.4 直线运动	19
1.5 曲线运动	20
1.6 相对运动	26
阅读教材 1	
1. 近代力学的开端	29
2. 伽利略的研究	31
3. 伽利略的科学思想方法	34
习题一	35
第 2 章 牛顿运动定律	38
2.1 牛顿运动定律	38
2.2 牛顿运动定律的应用	39
2.3 惯性系和非惯性系	42
2.4 共点力的平衡	46
2.5 非共点力的平衡	48
2.6 一般物体的平衡	49
阅读教材 2	
1. 牛顿力学体系的形成	53
2. 牛顿绝对时空概念的局限和惯性的起源	57

3. 牛顿的科学思想方法	58
习题二	62

第 3 章 功和能	65
3.1 功	65
3.2 功率	68
3.3 动能 动能定理	69
3.4 势能	71
3.5 系统的功能原理 机械能守恒定律	74
阅读教材 3 历史上两种量度之争	78
习题三	80

第 4 章 动量和动量守恒	83
4.1 动量和动量定理	83
4.2 碰撞	92
阅读教材 4 今日物理与现代技术	99
习题四	100

第 5 章 机械振动和机械波	102
5.1 简谐振动	102
5.2 简谐振动的能量	108
5.3 机械波的形成和传播	111
5.4 平面简谐波的波动方程	116
阅读教材 5 物理学与现代技术	121
习题五	122

※ 第 6 章 相对论	125
6.1 狭义相对论的建立	125
6.2 时间膨胀和长度缩短	137
6.3 广义相对论与近代宇宙论简介	141
6.4 爱因斯坦的科学思想方法	153

第 7 章 静电场	156
7.1 库仑定律	156
7.2 电场 电场强度	158
7.3 电势和电势差	162

7.4	带电粒子在电场中的运动	166
7.5	静电场中的导体和电介质	168
7.6	电容和电容器	172
阅读教材 6 近代对电的认识的发展		179
习题七		183
 第 8 章 稳恒电流		186
8.1	电流强度	186
8.2	闭合电路和一段含源电路的欧姆定律	187
8.3	电路分析与计算	191
习题八		197
 第 9 章 磁场 电磁感应		200
9.1	磁场 磁感应强度	200
9.2	磁场对运动电荷的作用	205
9.3	电流表的工作原理	210
9.4	法拉第电磁感应定律	212
9.5	动生电动势和感生电动势	216
阅读教材 7 电与磁		219
习题九		230
 第 10 章 交流电 交流电路		235
10.1	交流电动势的产生	235
10.2	正弦交流电的三种表达方式	236
10.3	交流电的有效值	239
10.4	交流电路	243
10.5	交流电的功率	246
※10.6	交流并联电路	249
10.7	三相交流电	251
习题十		254
 第 11 章 电子技术基础		257
11.1	半导体的导电性	257
11.2	N 型半导体和 P 型半导体	258
11.3	PN 结 晶体二极管	259
11.4	晶体三极管	262

11.5 晶体管的极性及质量判别	267
习题十一	269
阅读教材 8 麦克斯韦电磁场理论的建立	272

展望未来:玄之又玄 众妙之门

——弦论整合万有引力量子论的展望	280
------------------------	-----

附录	282
一、微积分公式	282
二、三阶行列式	284
三、物理量和单位	285

参考答案	287
------------	-----

参考文献	291
------------	-----

注:带※号部分为选学内容。



绪论 物理学的作用与意义

物理学是一门基础科学,它研究的是物质运动的基本规律。不同的运动形式具有不同的运动规律,因而要用不同的研究方法处理,基于此,物理学又分为力学、热学、电磁学、光学和原子物理学等各个部分。按照物理学的历史发展又可以分为经典物理与近代物理两部分。近代物理是相对于经典物理而言的,泛指以相对论和量子论为基础的 20 世纪物理学。由于物理学研究的规律具有很大的基本性与普遍性,所以它的基本概念和基本定律是自然科学的很多领域和工程技术的基础。由于物理学知识构成了物质世界的完整图象,所以它也是科学的世界观和方法论赖以建立的基础。

1. 物理学是自然科学的带头学科

物理学作为严格的、定量的自然科学的带头学科,一直在科学技术的发展中发挥着极其重要的作用。它与数学、天文学、化学和生物学之间有密切的联系,它们之间相互作用,促进了物理学及其他学科的发展。

物理学与数学之间有深刻的内在联系。物理学不满足于定性地说明现象,或者简单地用文字记载事实,为了尽可能准确地从数量关系上去掌握物理规律,数学就成为物理学不可缺少的工具,而丰富多彩的物理世界又为数学研究开辟了广阔的天地。物理学与数学的关系密切,源远流长。历史上有许多著名科学家,如牛顿、欧拉、高斯,在这两门学科中都作出了重要贡献。19 世纪末、20 世纪初的一些大数学家如彭加勒、克莱因、希尔伯特,尽管学术倾向不同,但都精通理论物理。近代物理学中关于混沌现象的研究也是物理学与数学相结合的结果。

物理学与天文学的关系更是密不可分,它可以追溯到早期开普勒与牛顿对行星运动的研究。现在提供天文学信息的波段已经从可见光频段扩展到从无线电波到 X 射线宽广的电磁波频段,已采用了现代物理所提供的各种探测手段。另外,天文学提供了地球上实验室所不具备的极端条件,如高温、高压、高能粒子、强引力,构成了检验物理学理论的理想实验室。因此,几乎所有的广义相对论的证据都来自天文观测。正电子和 μ 子都是首先在宇宙射线研究中观测到的,为粒子物理学的创建作出了贡献。热核反应理论首先是为解释太阳能源问题而提出的,中子星理论则因脉冲星的发现得以证实,而现代宇宙论的标准模型——大爆炸理论,是完全建立在粒子物理理论基础上的。

物理学与化学本是唇齿相依、息息相关的。化学中的原子论、分子论的发展为物理

学中气体动理论的建立奠定了基础,从而能够对物质的热学、力学、电学性质做出满意的解释;而物理学中量子理论的发展,原子的电子壳层结构的建立又从本质上说明了各种元素性质周期的变化的规律。量子力学的诞生以及随后固体物理学的发展,使物理学与化学研究的对象日益深入到更加复杂的物质结构的层次,对半导体、超导体的研究,愈来愈需要化学家的配合与协助,在液晶科学、高分子科学和分子膜科学取得的进展是化学家、物理学家共同努力的结果。近代物理的理论和实验技术又推动了化学的发展。

物理学在生物学发展中的贡献体现在两个方面:一是为生命科学提供现代化的实验手段,如电子显微镜、X射线衍射、核磁共振、扫描隧道显微镜;二是为生命科学提供理论概念和方法。从19世纪起,生物学家在生物遗传方面进行了大量的研究工作,提出了基因假设。但是,基因的物质基础问题,仍然是一个疑问。在20世纪40年代,物理学家薛定谔对生命的基本问题感兴趣。提出了遗传密码存储于非周期晶体的观点,由于在他的小册子《生命是什么?》中对此进行了阐述而广为人知。20世纪40年代,英国剑桥大学的卡文迪什实验室开展了对肌红蛋白的X射线结构分析,经过长期的努力终于确定了DNA(脱氧核糖核酸)的晶体结构,揭示了遗传密码的本质,这是20世纪生物科学的最重大突破。分子生物学已经构成了生命科学的前沿领域,生物物理学显然也是大有可为的。

2. 物理学是现代技术革命的先导

一般说来,物理学与技术的关系存在两种基本模式:其一是由于生产实践的需要而创建了技术,例如18世纪至19世纪蒸汽机等热机技术,然后提高到理论上来,建立了热力学,再反馈到技术中去,促进技术的进一步发展;其二是先在实验室中揭示了基本规律,建立比较完整的理论,然后再在生产中发展成为一种全新的技术。19世纪电磁学的发展,提供了第二种模式的范例。在法拉第发现电磁感应和麦克斯韦确立了电磁场方程组的基础上,产生了今日的发电机、电动机、电报、电视、雷达,创建了现代的电力工程与无线电技术。正如美籍华裔物理学家李政道所说,没有昨日的基础科学就没有今日的技术革命。

在当今世界中,第二种模式的重要性更为显著,物理学已成为现代高技术发展的先导与基础学科。反过来,高技术发展对物理学提出了新的要求,同时也提供了先进的研究条件与手段。所谓高技术指的是那些对社会经济发展起极大推动作用的当代尖端技术。下面就物理学的基础研究在当前最引人注目的高技术,即核能技术、超导技术、信息技术、激光技术、电子技术中所起的突出作用,作一概略的介绍。

能源的获取和利用是工业生产的头等大事,20世纪物理学的一项重大贡献就在于核能的利用,这可以说是由基础研究生长出来的一项全新的技术。1905年爱因斯坦质能关系式的提出,确立了核能利用的理论基础。物理学家1932年发现中子,1939年发现在中子引起铀核裂变时可释放能量,同时有更多的中子发射,于是提出利用“链式反应”来获得原子能的概念。40年代,根据重核裂变能量释放的原理,建立了原子反应堆,使核裂变能的利用成为现实。50年代,根据轻核在聚变时能量释放的原理,设计了受控聚变反应堆。聚变能不仅丰富,而且安全清洁。可控热核聚变能的研究将为解决21世

纪的能源问题开辟道路。

在能源和动力方面,可以无损耗地传输电流的超导体的广泛应用,也导致一场技术革命。1911年荷兰物理学家昂尼斯(Onners)发现纯的水银样品在4.2 K附近电阻突然消失,接着又发现其他一些金属也有这样的现象,这一发现开辟了一个崭新的超导物理领域。1957年BCS理论进一步提示超导电性的微观机理,1962年约瑟夫森效应的发现又将超导的应用扩展到量子电子学领域。在液氮温区(1 K ~ 2.5 K)工作的常规超导体所绕成的线圈已在加速器、磁流体发电装置及大型实验设备中用来产生强磁场,可以节约大量电能;在发电机和电动机上应用超导体,已经制成接近实用规模的试验性样机。由于这些成功的应用,再加上超导储能、超导输电和悬浮列车等的应用,可以看到高温超导体具有广阔的应用前景。自从1987年美籍华裔物理学家朱经武和中国科学院赵忠贤等人发现液氮温区(63 K ~ 80 K)的高温超导体以来,超导材料的实用化已取得较大进展,它在大电流技术中的应用前景是最激动人心的。

信息技术在现代工业中的地位日趋重要,计算技术、通信技术和控制技术已经从根本上改变了当代社会的面貌。如果说第一次工业革命是动力或能量的革命,那么第二次工业革命就是信息或负熵的革命。人类迈向信息时代,面对着内容繁杂、数量庞大、形式多样的日趋增值的信息,迫切要求信息的处理、存储、传输等技术从原来依赖于“电”的行为,转向于“光”的行为,从而促进了“光子学”和“光电子学”的兴起。光电子技术最杰出的成果是在光通信、光全息、光计算等方面。光通信于20世纪60年代开始提出,70年代得到迅速发展,它具有容量大、抗干扰强、保密性高、传输距离长的特点。光通信以激光为光源,以光导纤维为传输介质,比电通信容量大10亿倍。一根头发丝细的光纤可传输几万路电话和几千路电视,20根光纤组成的光缆每天通话可达7.6万人次,光通信开辟了高效、廉价、轻便的通信新途径。以光盘为代表的信息存储技术具有存储量大、保存时间长、易操作、保密性好、低成本的优点,光盘存储量是一般磁存储量的1000倍,新一代的光计算机的研究与开发已成为国际高科技竞争的又一热点。21世纪,人类将从工业时代进入信息时代。

激光是20世纪60年代初出现的一门新兴科学技术。1917年爱因斯坦提出了受激辐射概念,指出受激辐射产生的光子具有频率、相、偏振态以及传播方向都相同的特点,而且受激辐射的光获得了光的放大。他又指出实现光放大的主要条件是使高能态的原子数大于低能态的原子数,形成粒子数的反转分布,从而为激光的诞生奠定了理论基础。50年代在电气工程师和物理学家研究无线电微波波段问题时产生了量子电子学。1958年汤斯等人提出把量子放大技术用于毫米波、红外以及可见光波段的可能性,从而建立起激光的概念。1960年美国梅曼研制成世界上第一台激光器。经过30年的努力,激光器件已发展到相当高的水平:激光输出波长几乎覆盖了从X射线到毫米波段,脉冲输出功率达 10^{19} W/cm²,最短光脉冲达 6×10^{-15} s等。激光成功地渗透到近代科学技术的各个领域。利用激光高亮度、单色性好、方向性好、相干性好的特点,在材料加工、精密测量、通信、医疗、全息照相、产品检测、同位素分离、激光武器、受控热核聚变等方面都获得了广泛的应用。

电子技术是在电子学的基础上发展起来的。1906年,第一支三极电子管的出现,是电子技术的开端。1948年物理学家发明了半导体晶体管,这是物理学家认识和掌握了

半导体中电子运动规律并成功地加以利用的结果,这一发明开拓了电子技术的新时代。50年代末发明了集成电路,而后集成电路向微型化方向发展。1967年产生了大规模集成电路,1977年超大规模集成电路诞生。从1950年至1980年的30年中,依靠物理知识的深化和工艺技术的进步,使晶体管的图形尺寸(线宽)缩小了1000倍。今天的超大规模集成电路芯片上,在一根头发丝粗细的横截面上,可以制备40个左右的晶体管。微电子技术的迅速发展使得信息处理能力和电子计算机容量不断增长。40年代建成的第一台大型电子计算机,自重达30 t,耗电200 kW,占地面积150 m²,运算速度为每秒几千次,而在今天一台笔记本电脑的性能完全可以超过它。而对超大规模电路中图形尺寸不断缩小的事实,人们已看到,半导体器件基础上的微电子技术已接近它的物理上和技术上的极限。要求物理学家从微结构物理的研究中,制造出新的能满足更高信息处理能力要求的器件,使微电子技术得到进一步发展。

3. 物理学是科学的世界观和方法论的基础

物理学描绘了物质世界的一幅完整的图象,它揭示出各种运动形态的相互联系与相互转化,充分体现了世界的物质性与物质世界的统一性,19世纪中期发现的能量守恒定律,被恩格斯称为伟大的运动基本定律,它是19世纪自然科学的三大发现之一及唯物辩证法的自然科学基础。著名的物理学家法拉第、爱因斯坦对自然力的统一性怀有坚强的信念,他们一生始终不渝地为证实各种现象之间的普遍联系而努力。

物理学史告诉我们,新的物理概念和物理观念的确立是人类认识史上的一个飞跃,只有冲破旧的传统观念的束缚才能得以问世。例如普朗克的能量子假设,由于突破了“能量连续变化”的传统观念,而遭到当时物理学界的反对。普朗克本人由于受到传统观念的束缚,在他提出能量子假设后多年,长期惴惴不安,一直徘徊不前,总想回到经典物理的立场。同样,狭义相对论也是爱因斯坦在突破了牛顿的绝对时空观的束缚,形成了相对论时空观的基础上建立的。而洛伦兹由于受到绝对时空观的束缚,他提出了正确的坐标变换式,但不承认变换式中的时间是真实时间,一直提不出狭义相对论。这说明正确的科学观与世界观的确立,对科学的发展具有重要的作用。

物理学是理论和实验紧密结合的科学。物理学中很多重大的发现,重要原理的提出和发展都体现了实验与理论的辩证关系:实验是理论的基础,理论的正确与否要接受实验的检验,而理论对实验又有重要的指导作用,二者的结合推动物理学向前发展。一般物理学家在认识论上都坚持科学理论是对客观实在的描述,著名理论物理学家薛定谔声称物理学是“绝对客观真理的载体”。

综上所述,通过物理教学培养学生正确的世界观是物理学科本身的特点,是物理教学的一种优势。要充分发挥这一优势,提高自觉性,把世界观的培养融会到教学中去。

一个科学理论的形成过程离不开科学思想的指导和科学方法的应用。正确的科学思维和科学方法是在人的认识途径上实现从现象到本质,从偶然性到必然性,从未知到已知的桥梁。科学方法是学生在学习过程中打开学科大门的钥匙,在未来从事科技工作时进行科技创新的锐利武器,教师在向学生传授知识时,要启迪引导学生掌握本门课程的方法论,这是培养具有创造性人才所必须的。

本课程的方法论包括以下三方面的内容。

(1) **逻辑方法。**逻辑思维是科学抽象的重要形式,它是自然科学长期发展中形成的较严密的逻辑推理。

在物理学中通常使用的有两种思维方法:分析—综合法,归纳—演绎法。在热力学中常使用反证法。

① **分析—综合法。**分析是把整体分解为部分;综合是把对象的各个部分结合起来,它是与分析相反的一种思维过程。例如抛射体运动就可以分解为竖直方向的匀加速运动和水平方向的匀速运动,二者的合成就是抛体运动。物理学中的元过程法是一种特殊的分析方法,如牛顿把一切物体间的吸引力归结为粒子间的引力,安培把电流之间的作用力归结为电流元之间的作用力。

② **归纳—演绎法。**归纳法是从个别到一般的认识方法,演绎法则相反,它是从一般到个别的认识方法,即从已知的一般原理出发来考察某一特殊对象,从而推演出有关这个对象的结论的方法。归纳和演绎是科学认识过程中两个相互独立又相互依存的思维方法,都是科学认识过程中不可缺少的。

归纳法在科学发现和理论建立的过程中起着重要的作用。对于物理学家来说,真正使人兴奋的因素来自归纳过程。比如牛顿通过对运动的研究,探索自然界力的定律,从而发现了万有引力定律。安培通过观测电流之间相互作用的实验建立了电流元相互作用的定律。运用演绎法,由已知力的规律做出明确的预见,海王星的发现就是一个突出例证,它对万有引力理论又起了巨大的支持作用。

(2) **与物理学基本原理相联系的基本方法。**通过本书的学习,我们可以掌握来源于原理概念的基本方法。例如来源于能量守恒原理的能量方法,正因为我们坚持在任何物理过程中能量守恒定律应当成立,乃至可预言一种新的能量形式。泡利在分析 β 射线能谱时,为了坚持能量守恒,预言了中微子的存在,就是一个突出的例子。在分子运动论中有来源于统计平均原理的统计平均方法,在电磁学中有来源于高斯定理和安培环路定律的对称性分析方法,还有来源于叠加原理的分析方法,在力学中有来源于牛顿定律的隔离体受力分析法,等等。

(3) **科学发现中创造性的思维方法。**在实际的科学发现中,不存在严格的逻辑通道,科学的创造常常是由于科学家们独特的创造性思维的结果。在以往的教学,大都是只讲授前人的研究成果,而对于前人如何得到这些成果的思路和研究方法却很少提到。这好像只给学生“点石成金”的金子,而没有使学生练出这种“手指”。学习在科学探索中的方法的重要性,正如法国物理学家拉普拉斯所说:“认识一位巨人的研究方法,对于科学的进步……并不比发现本身更少用处,科学研究的方法通常是极富兴趣的部分。”现把科学研究中常用的方法列举如下。

① **物理模型。**物理模型是为了便于研究而建立的高度抽象的反映事物本质特征的理想物体。人们运用物理模型便于计算推理,探索物质运动的规律,建立物理方程。在构造物理模型时,要对复杂事物加以抽象简化,突出研究对象的主要特征。例如,牛顿在发现万有引力定律的过程中,就使用了抽象简化建立理想模型的方法。从圆运动到椭圆运动,从质点到球体,从单体问题到两体问题。他将理想模型与实际事物比较,再适当加以修正,最后使物理模型与物理世界基本符合。

物理学中有许多通过物理模型建立物理方程的实例,比如克劳修斯提出理想气体

模型,推导出气体压强公式;范德瓦尔斯分子模型的提出,导致真实气体方程的建立;卡诺提出理想热机模型和理想循环过程,导致卡诺定理的确立;安培提出分子电流模型,对物质磁性的本质作了解释;麦克斯韦用分子涡旋的力学模型,导出了磁力公式、磁能公式,解释了电磁感应现象。

物理学中还有质点、刚体、单摆、点电荷、绝对黑体以及各种原子模型都是物理模型。分析前人在研究过程中建立模型的根据和思路,有助于增进对科学思想的理解。

② 理想实验。理想实验是一种按照实验的模型展开的思想推理过程,是逻辑推理的一种方法和形式。它避免了现实实验中的许多困难,为揭露旧理论的缺陷、探索新的理论提供了简便的方法。例如伽利略为说明惯性原理提出的球沿光滑斜面下滑又上升的理论实验,牛顿为揭示天体运动与地上运动的统一性而构思的在山巅上做平抛运动的理想实验。物理学发展史上,在一些重大概念产生的过程中,或者新旧理论交替的重要时刻,理想实验都起着重要作用。例如,爱因斯坦为说明同时性、相对性的“火车”,为说明等加速力场与引力场等价、惯性质量与引力质量等价的“升降机”,以及为说明热力学规律是统计性规律的“麦克斯韦妖”等等。这些理想实验都形象、生动、具体,使人们更便于接受新的物理思想,更容易理解新的物理概念。

③ 物理类比。物理类比方法是利用一种科学定律和另一种科学定律之间的部分相似性,用它们中的一个去说明另一个。类比是建立在两类定律在数学形式上相似的基础上。类比可以沟通不同领域的研究方法,可以在解析的抽象形式和假设之间提供媒介,还可以启发新的物理思想,帮助人们去认识和发展一些尚待研究的物理过程和规律。例如,麦克斯韦通过把力线和不可压缩流体的流线加以类比,找到了法拉第力线的数学描述;德布罗意通过力学和光学类比,引进了波粒二象性概念,提出了“物质波”假设;薛定谔通过力学与光学类比,创立了波动力学;普利斯特利通过电力与引力的类比,根据金属容器内表面上没有任何电荷,在内部也没有任何电力和早已做出的均匀球壳内万有引力为零的论证,早在库仑定律提出 18 年前,就提出了一个机智的猜测;电的吸引力遵从万有引力相同的规律,即与距离的平方成反比。

④ 物理假说。假说是根据一定的科学事实和科学理论对研究中的问题所提出的假定性的看法和说明。假说在科学发展过程中具有十分重要的作用。恩格斯在《自然辩证法》中明确指出:“只要自然科学在思维着,它的发展形式就是假说。”假说既是科学研究的主要方法,又是科学认识发展的必要环节。例如麦克斯韦为了解释在变化磁场中的导体回路所产生的感应电流的现象,提出了感生电场的假说;为了解决安培环路定律在传导电流不连续时所遇到的困难,提出了位移电流的假说。这两个假说在电磁场理论的建立过程中起着极为重要的作用。又如 20 世纪初物理学上一系列重大发现:X 射线、电子的发现等,与原子不可分的学说发生冲突,于是产生了各种原子结构的假说。又如普朗克为了解释他导出的与实验结果完全一致的辐射公式提出了能量量子化的假说。又如爱因斯坦解释光电效应实验提出的光子假说。德布罗意从 X 射线所表现出来的波和粒子的双重特性出发,在光的波粒二象性思想的启示下,提出了物质波的假说。

物理学研究方法还有佯谬法,如爱因斯坦的追光悖论,伽利略的落体佯谬,还有科学想象、试探猜测以及科学直觉等创造性的思维方法,它们在物理原理的建立中都起了重要作用。

第 1 章 质点运动学

在物质的多种多样的运动形式中,最简单而又最基本的运动是物体位置的变化,称为机械运动。行星绕太阳的转动、机器的运转等等都是机械运动,它们都遵从一定的客观规律。力学的研究对象就是机械运动的客观规律及其应用。

研究物体在位置变动时的轨道以及研究位移、速度、加速度等物理量随时间而变化的关系,但不涉及引起变化原因,称为运动学。本章研究质点运动学。

1.1 矢 量



1.1.1 标量

在物理学中,有一类物理量,只具有数值大小(包括有关的单位),而不具有方向性。这些量之间的运算遵循一般的代数法则。这样的量叫物理标量,简称标量。例如体积、质量、温度、功、能。

标量可以有正负之分,例如温度, $+10^{\circ}\text{C}$ 表示在冰点上 10°C , -10°C 表示在冰点下 10°C ,但它们并不表示方向。有些标量只有正值,负值没有意义。例如用绝对温标表示温度只有正值。它说明在宇宙中不可能达到绝对零度这一事实。



1.1.2 矢量

一类物理量,既要有数值大小(包括有关单位),又要有方向才能完全确定。这些量之间的运算并不遵循一般的代数法则,而遵循特殊的运算法则,这样的量叫物理矢量,简称矢量。例如力是矢量,你要想确定某个力 F 的作用如何,必须知道力的大小和方向才行。速度也是矢量,如果有两辆汽车速度大小都是 $10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,一辆向东行驶,一辆向西行驶,那么它们的运动状态大不相同,几分钟后它们就相距很远了。

在几何中有向线段就是一个直观的矢量,通常用空间中的有向线段 $\overrightarrow{AB}$ 来表示矢量。用长度 $|\overrightarrow{AB}|$ 表示大小,用端点的顺序 $A \rightarrow B$ 表示方向。如图 1-1, A 称为始点, B 称为终点,这个矢量记作 $\overrightarrow{AB}$ 或用黑斜体字母 $\boldsymbol{A}$, $\boldsymbol{a}$ 表示。矢量的大小(长度的数值)称为它的模或绝对值,用记号 $|\overrightarrow{AB}|$ 或 $|\boldsymbol{A}|$ 、 $|\boldsymbol{a}|$ 表示。

如果两矢量大小相同,方向一致,则这个矢量相等,如图 1-2 所示。如果两矢量大小相等,方向相反,则这两矢量互为负矢量,如图 1-3 所示。

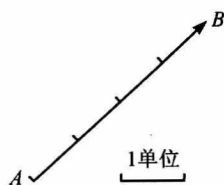


图 1-1 矢量

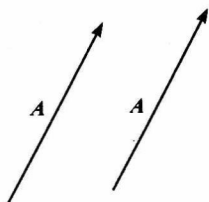


图 1-2 等矢量

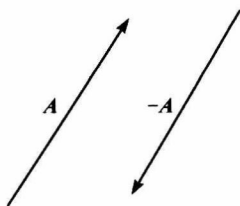


图 1-3 负矢量

在比较几个矢量之间的关系,或对它们进行运算时,这些矢量都要按相同的比例来画。

且矢量可以在空间中平移,平移后矢量的大小方向仍保持不变。如图 1-4。

如果矢量 A_0 的数值大小(或模)等于 1,方向与矢量 A 相同,则 A_0 称为 A 方向上的单位矢量。矢量 A 也可以表示为 $A = |A| A_0$ 。

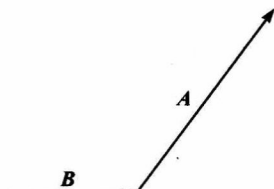
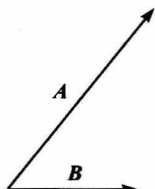
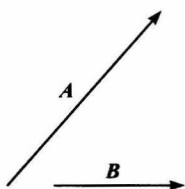


图 1-4 矢量的平移

对于空间直角坐标系($Oxyz$),通常用 i, j, k 分别表示沿 x, y, z 三个坐标轴正方向的单位矢量。

1.1.3 矢量运算

1.1.3.1 矢量加法

根据力学中关于力、速度及加速度的合成法则,我们定义两矢量和如下:

不在同一直线上的两矢量 OA 与 OB 的和是以这两矢量为邻边所做的平行四边形的对角线长矢量 OC (图 1-5),记为 $OC = OA + OB$ 。

长度为零的这个特殊矢量,叫做零矢量,记作 0 ,其方向可看作任意的,长度相等而方向相反(互为负矢量)的两个矢量的和,就是零矢量。

对于矢量,加法交换律显然成立,即

$$OA + OB = OB + OA$$

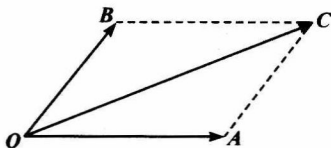


图 1-5 矢量的加法

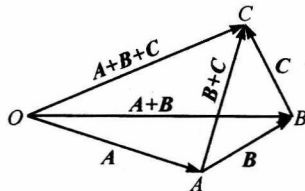


图 1-6 矢量合成三角形法

在图 1-5 中,可见, $AC = OB$ 。于是得知矢量加法的三角形法则:在第一矢量 OA 的