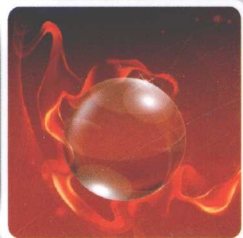


高等学校“十二五”规划教材



TEXTBOOKS
FOR HIGHER EDUCATION

大学物理

主 编 王亚民

副主编 渊小春 班丽瑛

西北工业大学出版社

高等学校“十二五”规划教材

大学物理

主 编 王亚民

副主编 渊小春 班丽瑛

西北工业大学出版社

【内容简介】 物理学是一门理论性和实践性很强的理工科专业的公共基础课。本书以物理学教学大纲(非物理专业)为依据,全面地介绍了物理学的基本知识,主要内容包含质点力学、刚体的定轴转动、狭义相对论、振动和机械波、热学、电磁学、现代物理技术等。

本书的特色在于坚持“保证宽度、培养素质、涉及前沿”的原则,体现了新知识、新工艺、新方法。本书可作为高等院校、成人大学理工科各专业的大学物理教材,也可供有关教师、科技人员和广大青年自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理/王亚民主编. —西安:西北工业大学出版社,2011.9(2012.2重印)

ISBN 978-7-5612-3186-9

I. ①大… II. ①王… III. ①物理学—高等学校—教材 IV. ①O4

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第188891号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:23

字 数:557千字

版 次:2011年9月第1版 2012年2月第2次印刷

定 价:49.00元

前 言

在科学与技术迅猛发展的今天,新兴学科与交叉学科不断地涌现,物理学的概念、研究方法,以及严谨而富有创新性的逻辑思维方式和实验技术在其他学科得到了广泛的应用和认同,显示了物理学在自然科学和社会科学中重要的基础性作用。为了适应当今科技、经济、社会发展对人才培养的需求,高等院校开设了学时不等的物理学课程以满足各类学科专业的需求。

大学物理是一门理论性和实践性很强的基础课程,其重要性在于它所提供的一定范围的、系统的物理知识是科学素质的基础,它蕴涵着思考问题和解决问题的科学思想、方法和态度,以及激发学习者创新意识的能力。本课程旨在增强学生分析问题和解决问题的能力,培养学生的探索精神和创新意识,以实现学生知识、能力、素质的协调发展。

在本书编写中考虑到各个层次学生教育的特点,保证基本知识结构完备,系统完整,贯彻“少而精、理论联系实际”的原则。书中基本概念和基本理论的阐述力求清楚细致、由浅入深、易读易懂,便于学生掌握;对一般性内容简要介绍,阐明物理思想并给出重要结论,其中的数学推导从简,着力培养学生使用数学工具解决物理问题的能力。

本书由王亚民教授任主编,渊小春副教授和班丽瑛副教授任副主编,庞绍芳参编。编写分工如下:第1,2,3,15,16章由王亚民编写,第4,7,8章和答案及附录由庞绍芳编写,第5,6,14章由班丽瑛编写,第9,10,11,12,13章由渊小春编写,全书由王亚民和渊小春统稿核定。

在本书的编写和出版过程中,得到了西安科技大学继续教育学院、理学院物理系的支持,杨梅忠教授、史正有教授、郭何明和李强高工等为本书的编写提供了不少帮助,在此向他们一并表示诚挚的谢意。

由于时间仓促,水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳请专家、同行和读者斧正。

编 者

2011年3月

第 1 章 物理学导论	1
1.1 物理学的形成与发展	1
1.2 物理学的层次	3
1.3 物理学的特点	4
1.4 物理学的方法和思想	5
1.5 几何学与物理学	7
第 2 章 质点力学	8
2.1 运动方程	8
2.2 速度	10
2.3 加速度	12
2.4 牛顿运动定律	17
2.5 功 动能定理	23
2.6 保守力 势能	26
2.7 功能原理 机械能守恒	29
2.8 冲量 动量定理	32
2.9 动量守恒	36
* 2.10 变质量问题——火箭飞行原理	39
习题	40
第 3 章 刚体的定轴转动	46
3.1 定轴转动的描述	46
3.2 转动动能 转动惯量	49
3.3 力矩 转动定律	51
3.4 力矩的功 转动动能定理	55
3.5 角动量 角动量守恒定律	57
* 3.6 进动及其应用	59
习题	60
第 4 章 狭义相对论基础	63
4.1 经典力学的时空观	63

4.2	洛仑兹变换	65
4.3	相对论的时空观	66
4.4	相对论动力学的主要结论	68
	习题	70
第5章	简谐振动	71
5.1	简谐振动及其特征	71
5.2	简谐振动的描述	74
5.3	简谐振动的能量	80
5.4	简谐振动的合成	81
*5.5	受迫振动和共振	87
	习题	90
第6章	机械波	93
6.1	机械波的基本概念	93
6.2	平面简谐波的波函数	97
6.3	波的能量	101
6.4	惠更斯原理及其应用	104
6.5	波的干涉	107
6.6	驻波	110
*6.7	超声波	113
	习题	115
第7章	气体分子运动论	118
7.1	分子热运动的物理图像	118
7.2	理想气体状态方程	120
7.3	压强与温度的微观本质	122
7.4	理想气体的内能	125
7.5	气体分子的速率分布	127
7.6	气体分子的平均自由程和碰撞频率	130
	习题	131
第8章	热力学基础	133
8.1	热力学第一定律	133
8.2	热力学第一定律在理想气体等值过程中的应用	136
8.3	理想气体的绝热过程	139

8.4	技术上的循环过程	142
8.5	热力学第二定律	148
8.6	低温与等离子体	150
	习题	152
第 9 章	真空中的静电场	155
9.1	库仑定律 电场	155
9.2	电场强度	158
9.3	电场线 电通量	163
9.4	高斯定理及其应用	165
9.5	静电场的环路定理	170
9.6	电势	172
9.7	等势面 场强和电势的关系	176
	习题	179
第 10 章	静电场中的导体和电介质	183
10.1	静电场中的导体	183
10.2	静电场中的电介质	187
10.3	电容 电容器	191
10.4	电场的能量	197
10.5	静电的危害与防护	200
	习题	202
第 11 章	电流与磁场	204
11.1	稳恒电流的基本概念	204
11.2	磁场 磁感应强度	206
11.3	磁通量 磁场中的高斯定理	209
11.4	毕奥-萨伐尔定律及其应用	210
	11.5 安培环路定理	215
	11.6 运动电荷的磁场	220
	习题	222
第 12 章	磁场对电流的作用	226
12.1	磁场对运动电荷的作用力	226
12.2	带电粒子在电场和磁场中的运动	228
12.3	磁场对载流导线的作用力	230

12.4	磁场对载流线圈的作用	233
12.5	磁力所做的功	237
12.6	磁介质对磁场的影响	238
	习题	243
第 13 章 电磁场的普遍规律		248
13.1	电磁感应定律	248
13.2	动生电动势和感生电动势	252
13.3	自感及其在工程技术中的应用	256
13.4	互感及其在工程技术中的应用	259
13.5	磁场的能量	262
13.6	麦克斯韦电磁场理论的基本概念	264
13.7	电磁波发现的历史	268
	习题	270
第 14 章 波动光学		275
14.1	光的干涉	275
14.2	光的衍射	290
14.3	光的偏振	299
14.4	全息照相	305
	习题	306
第 15 章 光的量子性		310
15.1	光电效应	310
15.2	普朗克量子假说 爱因斯坦方程	312
15.3	康普顿效应	314
15.4	实物粒子的波-粒二象性	318
	习题	320
第 16 章 现代物理技术		321
16.1	激光技术	321
16.2	光导纤维	325
16.3	超导电性	328
16.4	纳米技术	332
16.5	等离子体	335
16.6	混沌现象	337

习题参考答案.....	339
附录 A 微积分初步.....	349
附录 B 矢量基础.....	350
附录 C 常用的物理恒量.....	355
附录 D 国际制(SI)基本单位.....	356
参考文献.....	357

第 1 章 物理学导论

立数科学百科全书 1.1.1

中国自古就有一个美丽的传说——嫦娥奔月，多少年来，多少代中国人孜孜不倦地探求，终于使神话变成了现实。2003 年 10 月，由宇航员杨利伟(1965—)驾驶“神舟 5 号”飞船，环绕地球 14 圈，圆了中国人的千年飞天梦。从意大利航海家哥伦布(C. Colombo, 1446—1506 年)的帆船航海，到美国莱特兄弟的飞机上天，直到今天的宇宙飞船漫游天际，人类就像插上了翅膀，在浩瀚的宇宙间翱翔。回首过去，我们不禁感叹，世界变化得多么快！我们不禁要问，是谁使我们这个世界变化得这么快！这就是现代科学技术，是现代科学的基础——物理学！

1.1 物理学的形成与发展

本节我们将沿着物理学发展的历程，介绍经典物理学的建立过程，以及 20 世纪物理学的革命，使大家对物理学的理论体系、研究方法及其作用有一个初步的了解。

1.1.1 从自然哲学到物理学

物理学的前身称为自然哲学。早期的物理学含义非常广泛，它在直觉经验的基础上探寻一切自然现象的哲理。中国作为发明指南针、火药、造纸和印刷术的文明古国，在哲学思想上很有特色。我国春秋战国时代的《墨经》是一本最古老的科学书籍，里面记载了许多关于自然科学问题的研究。其中有一句话：“力，刑之所以奋也。”“刑”即“形”，可解释为“物体”，“奋”可解释为“运动的加速”，这与牛顿第二定律($F=ma$)有一定的联系。书中并载有万物都是由“不可斫”的“端”即“点”所构成(斫, zhuó, 用刀斧砍的意思)。与差不多同时代的希腊“原子”说，是世界上关于物质组成问题的最早文字记载。但是这些观察和分析，仅仅是定性的，没有系统化、量化。

公元前 7 至前 6 世纪，古希腊文化进入一个繁荣时期，人才辈出，其杰出的代表——亚里士多德(Aristoteles, 公元前 384 年至公元前 322 年)。这位百科全书式的学者，系统研究了运动、空间和时间等物理及相邻自然科学方面的问题，著有《物理学》《力学问题》《论天》及《玄学》(14 卷本巨著)等。他的著作处于古希腊及整个中世纪自然哲学的“皇冠”地位，其中《物理学》一书，是 Physics 一词最早的起源(虽然今天含义已不同了)。他提出了许多概念，但有一些观念是错误的。如“在地球上重物比轻物落得快”的观念，直到伽利略(Galileo Galilei, 1564—1642 年)在 1590 年登上比萨(Pisa)斜塔(建于 1174 年)，用实验证明了一个 100 磅重和一个半磅重的两个球体几乎同时落地，才纠正过来。又如他的“地心说”，认为地球位于整个宇宙的中心，整个宇宙由环绕地球的 7 个同心球壳所组成，月亮、太阳、星星在其上作完美的圆周运动。当然，用今天的知识我们很容易指出其错误，但昨天终究不是今天。在两千年前，亚里士多德敢于主张“地球是球形”，较之远古人的“大地是平坦的”，客观地说，那是人类认识上的一大飞

跃。但后来被神学所利用,在封建教会的统治下,欧洲中世纪的科学发展十分缓慢。直到 15 世纪后,工业革命使得科学技术获得了快速的进步,为科学实验开展提供了前所未有的条件,带动了科学理论的飞速发展。

1.1.2 经典物理学的建立

波兰天文学家哥白尼(N. Copernicus, 1473—1543 年)在他的不朽著作《天体运行论》中,提出“太阳是宇宙的中心,地球是围绕太阳旋转的一颗行星”的日心说,引起了宇宙观的大革命。日心说使教会感到恐慌,因为若地球是诸行星之一,那么圣经上所说的那些大事件就完全不能够在地面上出现了。“日心说”被称为“邪说”,《天体运行论》被列为禁书。为捍卫真理,当时的科学家进行了不屈不挠、可歌可泣的斗争。意大利天文学家布鲁诺(G. Bruno, 1548—1600 年)为此献出了生命。这种为科学献身的崇高精神和宽广的胸怀永远让人崇敬,永远值得我们学习。

在 15 世纪以后,科学空前发展,逐步建立了比较完整的系统理论。物理学先驱伽利略研究了落体和斜面运动,做了著名的比萨斜塔实验,发展了科学实验方法,并提出了物质惯性等重要概念。到 17 世纪,杰出的英国物理学家牛顿(I. Newton, 1642—1727 年)在前人工作的基础上,于 1678 年发表了他的名著《自然哲学的数学原理》,提出牛顿三大定律,成为经典力学的理论基石。后来,他在开普勒(J. Kepler, 1571—1630 年)提出的行星运动三定律的基础上,提出了万有引力定律,这是牛顿对物理学的两大杰出贡献。牛顿还是位数学家,他和莱布尼兹同时创立了微积分,并应用于力学,使力学与数学不断结合。后来,欧勒等人进一步使力学沿分析方向发展,建立了分析力学。至此,在常速情况下,宏观物体的机械运动所遵循的规律——经典力学——已建立起来了。我们常把经典力学称为牛顿力学,它的建立被认为是第一次科学革命。牛顿也被誉为科学史上的一位巨人,因为他代表了整整一个时代。

1850 年左右,在大量实验的基础上,确立了能量转化和守恒定律,其另一种表达形式是热力学第一定律,这和进化论及细胞学说并列为当时的三大自然发现。能量的转化和守恒是一回事,但能量的可利用性是另一回事,这种研究促进了 1851 年热力学第二定律的建立。另外,对于低温的研究,于 1848 年了解到“绝对零度”即 -273.16°C 是不可能达到的,这就是热力学第三定律。同时,物理学家意识到热现象的基本规律是热现象的基础,是一切热现象的出发点,应列入热力学定律;因为这时热力学第一、第二定律都已有了明确的内容和含义,有人提出这应该是第零定律。于是,热力学形成了一个以 4 个定律为基础的系统完整的体系。

热学和热力学的微观理论是建立在分子-原子理论上的。19 世纪末期,从分子运动论逐渐发展到统计物理,建立了统计物理学。

从美国的富兰克林(B. Franklin, 1706—1790 年)首次用风筝把“天电”引入实验室,英国的卡文迪许(H. Cavendish, 1731—1810 年)精密地用实验证明了静电力与距离的二次方成反比,再经过法国人库仑(C. A. Coulomb, 1736—1806 年)的研究,最后确立了静电学的基础——库仑定律。

电荷的流动显现为电流,电流会对周围产生磁的效应。电能生磁,那磁能否生电呢?英国物理学家法拉第(M. Faraday, 1791—1867 年)于 1831 年发现并确立了电磁感应定律,这一划时代的伟大发现是今天广泛应用电力的开端。完整地总结电和磁的联系的工作是由麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831—1879 年)完成的,它建立了微分形式的“麦克斯韦方程组”,该方程组的形式极为对称和优美,被誉为物理学上“最美的一首诗”,是 19 世纪物理学最辉煌的成就。至

此,经典电磁学建立起来了。

光的现象是一类重要的物理现象,光的本质是什么?一直是物理学要回答的问题。

17世纪,人们对光的本质提出了两种假说:一是牛顿的微粒说,认为光是发光物体射出的大量的微粒;另一是荷兰科学家惠更斯(Christian Huygens, 1629—1695年)的波动说,认为光是发光物体发出的波动。两种学说展开了旷日持久的论战。开始,由于牛顿在科学界的威望,以及光在均匀介质中的直线传播、折射与反射现象等实验的支持,微粒说占据有利地位。后来,随着光的干涉、衍射现象的发现,给波动说以强有力的支持。最后,由麦克斯韦确认了光实际上是一种电磁波,波动光学由此建立。

到19世纪末20世纪初,经典物理学理论已经系统、完整地建立,它包括经典力学、热力学、统计物理学、电磁学、光学。至此,经典物理学辉煌的科学大厦建立起来了。

1.1.3 20世纪初物理学的革命

经过力学、热力学与统计物理学、电磁学和光学各分支学科的迅猛发展,到19世纪末,经典物理学看来似乎已经很完善了。英国物理学家开尔文(W. Thomson, 1824—1907年)在著名的题为《遮盖在热和光的动力理论上的19世纪乌云》的演说中说:“在已经基本建成的科学大厦中,后辈物理学家似乎只要做一些零碎的修补工作就行了;但是,在物理学晴朗天空的远处,还有两朵令人不安的乌云。”开尔文所说的一朵乌云指的是热辐射的“紫外灾难”,它冲击了电磁理论和统计物理学;另一朵乌云指的是迈克尔逊-莫雷实验的“零结果”,它否定了以太的存在。开尔文没料到,正是这两朵小小的乌云,引发了物理学史上一场伟大的革命。

1905年,著名物理学家爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955年)对高速物体运动进行研究,创立了狭义相对论。爱因斯坦以其独特的思维方式,发动了一场关于时空观的革命。从低速到高速,从小宇宙到大宇宙,爱因斯坦于1915年建立了广义相对论,使人们的视野扩展到广阔无垠的宇宙空间。爱因斯坦的相对论做出了划时代的贡献。

在研究微观世界时,经典理论暴露了其局限性,从而把物理学的伟大革命推向一个高潮。在研究黑体辐射时,普朗克(M. Planck, 1858—1947)发现:若假设光子能量是量子化的,则理论与实验结果相符。但普朗克摆脱不了经典概念的束缚,竟不敢加以承认。又是爱因斯坦这位杰出的理论物理学家,第一个勇于承认。尔后,玻尔(N. Bohr, 1885—1962年)、薛定谔(E. Schrodinger, 1887—1961年)、海森伯(W. K. Heisenberg, 1901—1976年)等物理学家建立了量子力学。

20世纪初的30年,相对论和量子论的建立完成了近代物理学的一场深远的革命,把人类认识世界的能力提升到了前所未有的高度,为实践应用开辟了广阔的道路,为20世纪层出不穷、不断涌现的高科技、新学科、新技术的发展奠定了基础。19世纪两朵令人不安的乌云转化为近代物理学诞生的彩霞。物理学不仅仍然是自然科学基础研究中最重要的前沿学科之一,而且已发展成为一门应用性、渗透性极强的学科。今天的物理学决不仅是少数物理学家关起门来埋头研究的专门学问,而是生气勃勃地向一切科学技术,甚至经济管理部门渗透的一种力量,它已经而且正在继续改变我们这个世界!

1.2 物理学的层次

物理学是研究物质结构和运动基本规律的学科,或者说物理学是关于自然界最基础形态

的学科,它研究宇宙间物质存在的各种基本形式、它们的内部结构、相互作用及运动基本规律。物理学研究范围也和它本身的发展一样,经历着历史的变化。物理学对客观世界的描述,已由可与人体大小相比的范围(称为宏观世界)向两个方向发展:一是向小的方面——原子内部(称为微观世界);另一是向大的方面——天体、宇宙(称为宇观世界)。近年来随着高科技的发展,要求器件微型化、超微型化,出现了呈现微观特性的准宏观世界,称为介观世界。

宇观世界的尺度大于 10^7 m,按物体线度从大到小排列有:总星系、星系团、银河系、太阳系、地球、月球等。宏观世界的尺度为 $10^3 \sim 10^6$ m,人们对它的研究比较透彻,其运动服从经典物理规律。微观世界尺度小于 10^{-8} m,它是构成宏观物质的基本单元,从外向内有:分子、原子、原子核、强子、夸克或轻子。介观世界的尺度为 $10^{-8} \sim 10^{-6}$ m,在这个介于宏观和微观的世界里,一方面它表现出微观世界中的量子力学特性;另一方面,就尺度而言,它几乎又是宏观的。就物质结构的尺度来划分,物质的层次见表 1-1。

表 1-1 物质的层次

实 体	尺 度	相关的专门科学分支
基本粒子	10^{-15} m 以下	粒子物理学
原子核	10^{-14} m	核物理学
原子	10^{-10} m	核物理学
分子	10^{-9} m	化学
巨型分子	10^{-7} m	生物化学
固体		固体物理学
液体		液体动力学
气体		气体动力学
植物与动物	$10^{-7} \sim 10^2$ m	生物学
地球	10^7 m	地质学、地球物理学
恒星	$10^7 \sim 10^{12}$ m	天体物理学
星系	10^{20} m	天文学
银河星团	10^{23} m	
宇宙已知部分	10^{26} m	宇宙学

物质的层次以其尺度从 10^{-15} m 到 10^{26} m,大小相差 10^{41} 倍,却几乎都与物理学密切相关。可见,物理学在自然科学中占有特殊的地位。

1.3 物理学的特点

1. 物理学是“普遍”的、“基本”的

我们知道:物理学几乎和宇宙中各种尺度的物质都有关系,它的研究范围非常宽广,所以物理学是普遍的。

物理学是一切自然科学中最基本的,它的重要性在于物理学努力去澄清“更基础”“更基本”的含义,在于它对最基础、最基本内容的理性追求和它对内容进行精巧、成熟性的提炼,从而提供了基本性、理论性的框架,以及为几乎所有领域提供了可用的理论、实验手段和研究方法。

物理学由于它的普遍性、基本性,使它在自然科学中占有独特的地位,渗透性极强,与许多学科关系密切。在19世纪,力学、热学、电磁学从少得惊人的几条基本原理出发,引出了众多意义深远的推论,加强了物理学同数学、天文学、化学和哲学的密切联系。近代科学的发展,使物理学进一步与其他学科融合。如量子力学是物理化学和结构化学的理论基础,同时又产生了许多交叉学科,如生物物理学、量子生物学和生物磁学等。现代计量学多采用物理现象来定义它的基本单位(如时间、长度等),甚至考古学、艺术等学科,也采用了现代物理学的成就和方法。可见,物理学不仅促进了对自然界的探索,同时也对人类社会的进步做出了较大的贡献。

2. 物理学是“求真”的

物理学研究“物”之“理”,从哲学的思辨时期开始就具有彻底的唯物主义精神。物理学中的实验方法充分体现了“实践是检验真理的唯一标准”的哲学原则,物理学发展出一套成功的探求规律的研究方法,是由相对真理不断逼近绝对真理的充分展示。物理学家不畏权势、不盲目迷信、勇于牺牲的科学精神,达到了“求真”的最高境界。

3. 物理学是“至善”的

物理学致力于把人从自然界中解放出来,导向自由,帮助人认识自己,使理论趋于完善,使人类生活趋于高尚。从根本上说,它是“至善”的。

人类知识的发展从来是肯定—否定—否定之否定,是一种螺旋式上升。这是一个长期而曲折的过程,这个过程永远不会终结,使认识不断逼近真理。物理学的发展亦如此。从历史上看,物理学已经历了几次革命:力学率先发展完成了物理学的第一次大综合,这是第一次革命;第二次是能量转化与守恒定律的建立,完成了力学和热学的综合;第三次是把光、电、磁三者统一起来的麦克斯韦电磁理论的建立;第四次则是由相对论和量子力学带动起来的。每一次革命都产生了观念上深刻的变革,每一个新理论都是对旧理论批判的继承和发展,并把旧理论中经过实践检验为正确的那一部分很自然地包容其中,从而使理论趋于完善。

4. 物理学是“美”的

几百年来,人们对物理学中的“简单、和谐、统一”赏心悦目,赞叹不已。首先,物理规律在各自适用的范围内有其普遍的适用性、统一性和简单性,这本身就是一种深刻的美。表达物理规律的语言是数学,而且往往是非常简单的数学表达式,这又是一种微妙的美。如爱因斯坦的质能关系式 $E=mc^2$,形式极为简单,却揭示了一种巨大的能量——原子核能可从核内释放出来的深刻理论,导致了原子能的利用,因而质能关系式被称为“改变世界的方程”。其次,说到“和谐”,人们曾经认为,只有将相同的东西放在一起才是和谐的,而物理学特别是量子力学的发展揭示的真理,证明了古希腊哲学家赫拉克利特(Heracleitus,公元前540年至公元前480年)的话:“自然……是从对立的東西产生和谐,而不是从相同的東西产生和谐。”爱因斯坦曾说:“从那些看来与直接可见的真理十分不同的各种复杂现象中认识到它们的统一性,那是一种壮丽的感觉。”科学的统一性本身就显示出一种崇高的美。

1.4 物理学的方法和思想

回顾物理学的发展,我们感到,当今物理学成果实在是太丰富了!一系列重大的突破性成

果的取得,充分体现了物理学家勇于探索、不畏艰难的精神,更得益于物理学家的创造性思维及正确、科学方法的运用。我们学习物理学,不只是掌握其知识内容,更重要的是掌握其物理思想和物理方法,这才是物理学的精华所在。对那些杰出物理学家丰富的物理思想、绝妙的物理方法,我们不应只是赞叹不止,更重要的是要好好领悟,并力求很好掌握。下面仅就重要的物理思想及方法做一简介。

1. 模型方法

在物理学研究中发展出一种十分成功的研究方法,称为“模型方法”。它是一种抓住主要矛盾,暂时除去次要矛盾,从而使问题简化的方法。因它突出本质,亦更深刻、更正确、更完全地反映着自然,这也是物理学建立模型的目的之所在。实际上,全部物理学的原理、定律都是对于一定的模型行为的刻画。如力学中的质点、刚体、弹性体等模型;原子结构中的葡萄干面包模型、行星原子模型、原子核的液滴模型等,都是物理模型。

模型方法具有三大特点:一是简单性。物理现象常常是很复杂的,包含的因素很多,要想对某个物理现象直接建立起一套完整的理论进行阐明往往是很困难的。物理学家常用分析的方法把物理对象分解为许多较简单的部分,对这些简单的部分建立模型,再通过对模型的研究建立起基本规律,最后利用综合的方法把各个较简单的部分复合起来,得到总的结果。二是形象性。随着人们的认识深入到微观领域之后,为了更好地说明微观现象,物理学家通过模型把微观的东西宏观化,把抽象的东西形象化,从而使人们得到一个比较直观的认识。如汤姆逊的葡萄干面包模型,把原子中的正电荷比做面包,把电子比做嵌在面包中的葡萄干;卢瑟福却提出了大家熟知的行星原子模型。这两种模型都是非常生动和直观的。随着物理学的发展,人们的认识愈深入,表现形式也愈抽象,模型理论形象性的意义也就愈大。三是近似性。模型只突出了物理对象的主要因素,常常忽略其次要因素,因而,利用模型所得到的结论一般是近似的,只有通过一级级的近似,才可能逼近真实。另外,模型常常是一种假说,因而模型的正确性是不确定的,像葡萄干面包模型就是错误的。这就需要不断改进模型,使其逐步向真实逼近。

2. 类比方法

类比方法是物理学研究中常用的一种逻辑推理方法,是根据两个或两类对象之间某些方面的相似性,从而推出它们在其他方面也可能有相似的推理方法。

例如,电磁学中电与磁的相似性不仅反映了自然界的对称美,而且也说明电与磁之间有一种内在联系。法拉第正是从电与磁的对称性出发,由电能生磁大胆猜想磁能生电,发现了电磁感应现象。

类比方法是逻辑推理方法中最富有创造性的一种方法。它是从特殊事物推论另外的特殊事物,这种推论不受已有知识的限制,也不受特殊事物数量的限制,凭的是预感和猜测,因而最富有创造性,在物理学中得到了广泛的应用。

3. “实验—理论—实验”方法

物理学的一个重要研究方法,也是自然科学所公认的科学工作方法,可概括为“实验—理论—实验”,意即:深入观察自然现象,从复杂因素中选择典型的单个因素进行实验—对观察和实验所得的结果进行综合分析,做出必要的假设,建立恰当的模型,再利用数学工具得出规律,从而形成一套理论—理论结果再回到实践中,得到检验和校正。这个“实验—理论—实验”的研究方法,贯穿于物理学始终,需要我们多加体会。

4. 辩证唯物主义思想

物理学中包含了丰富的哲学思想。从上面提到的“实验—理论—实验”研究方法中,我们自然联想到哲学的认识发展规律:“实践—认识—实践,如此循环往复,以至无穷。”物理学对自然的认识遵循同样的规律。其实,早期的物理学是从“哲学的思辨”开始的,它在直觉经验基础上探寻一切自然现象的哲理,所以物理学的前身称为“自然哲学”。因此,学习物理时,应以辩证唯物主义为指导,辩证、科学地研究问题。

1.5 几何学与物理学

物理学是定量的科学,所以在物理学中广泛地使用数学,可以说,数学是物理学的语言,它为物理学提供了定量表示和预言能力。

1.5.1 欧几里德几何空间

我们研究物体的运动,均是考虑它随着时间的流逝在空间的变化情况,离不开“空间”概念。对于空间,我们是熟悉的。我们生活的空间是包含在上下、前后、左右之中的。如果需要描述我们所处的空间中的某一位置,就需要用3个方向来表示。

古希腊数学家欧几里德(公元前330年至公元前275年)将公元前7世纪以来希腊积累起来的既丰富又纷纭庞杂的结果整理在一个严密统一的体系中,从最原始的定义开始,引出5条公理和5条公设为基础,通过逻辑推理,演绎出一系列定理和推论,编写出《几何原本》,从而建立了欧几里德几何的第一个公理化的数学体系。

在欧几里德几何中,空间是平直的,它用长、宽、高三个维度来表示立体空间,即我们常说的三维空间。另外,欧几里德几何空间还是均匀的和各向同性的,因而具有平移不变性和转动不变性。平移不变性是指空间是均匀的,即从一点到另一点没有什么区别。如果把物体无旋转地从一个位置移到另一位置,它的大小和几何性质都不变,物理性质亦不变。转动不变性是指空间是各向同性的,所有的方向都是等价的。一个物体在空间内改变取向时,它的几何性质与物理性质均不变。平移不变性导致动量守恒,转动不变性导致角动量守恒,这将在第4章中讨论。

1.5.2 时空观

时间和空间是物质运动的两种基本形式,时间是物质运动的顺序性和持续性,而空间则是物质运动的广延性或延展性。一切运动着的物质都有其时间和空间的存在形式,也只有在一一定的时空中才能存在、运动和发展。

在牛顿的经典物理学中,采用欧几里德几何空间,它是平直的、均匀的、各向同性的。假如我们从欧氏几何小尺度范围看,地球上的大地是平直的,因而牛顿的时空观是“绝对的”“不变的”,物体在“绝对时间”“绝对空间”中进行“绝对运动”。但爱因斯坦推翻了牛顿的绝对时空观,指出时空是客观存在的,但又是相对的,不是绝对的。在黎曼空间中,地球上的地面实际上并不平直,而是一个弯曲的球面。爱因斯坦相对论把时间、空间和物质运动联系起来、统一起来,把物质运动置于四维时空中。

第2章 质点力学

自然界中的物质都处于不停的运动和变化之中,物质的运动形式多种多样,最为简单的是物质的机械运动,牛顿力学(经典力学)就是研究物质的机械运动规律及其应用的科学。一个物体相对于另一个物体,或者是一个物体的某些部分相对于其他部分的位置的变化,称为机械运动。如星体在太空中的运动,机器运转中各部件的运动及车辆在行驶中相对位置的改变等。力学在各种自然科学中发展得最早。17世纪形成了以牛顿定律为基础的经典力学,其理论体系在19世纪上半期已完成,成为物理学其他分支研究的基石和起点,并广泛应用于生产实际之中,成为工程技术的重要基础。

任何物体都有一定的大小和形状,当物体运动时,其中各点的位置变化一般来说是各不相同的。因此,要精确描述实际物体的运动并不是一件简单的事情。但在某些实际问题中,如果物体各点的运动状态完全相同,或者物体本身形状、大小可以忽略不计,那么就可以把物体看做一个具有质量而没有大小和形状的点,这种理想的模型称为质点。能否把物体当做质点处理要看具体情况。本章将学习质点力学的基本知识,首先讨论质点运动学问题及表征相互作用规律及运动状态变化与物体间相互作用关系的牛顿运动定律,然后介绍动量、动量守恒定律,最后从牛顿运动定律出发讨论机械能和功的相关知识。

2.1 运动方程

2.1.1 参照系与坐标系

一切物质均处于永恒不息的运动之中,称为运动的绝对性。因此,要描述一个物体的机械运动,确定它在空间的位置和运动状态,必须选择另一个物体作为参考,才能研究该物体相对于参考物体的运动情况,这个被选作参考的物体称为参照系。应该指出,同一物体的运动,相对于不同的参照系,其描述结果也不一样,称为描述运动的相对性。例如在一平直道路上匀速行驶的车辆中,坐着的乘客相对车辆是静止的,而相对于道路旁的电线杆,乘客的位置就是变化的。由于我们生活在地球上,如不特别指出,通常选地球作为参照系。

参照系选定后,为了定量描述物体的运动,还需要做两件事。一是在选定的参照系上建立一个合适的坐标系,即建立一套度量空间的尺子。最常用的是直角坐标系,有时为了研究的简便,也用到极坐标系和球坐标系。二是配置一个钟用来测量时间,并规定一个计时零点(即 $t=0$ 的时刻)。

2.1.2 位置矢量

我们以质点在空间运动即三维运动情况为例,来引入描述运动的几个概念。