

高等学校教学用书

朱荣华 主编

物理学教程

(上册)

WULIXUE
JIAOCHENG



重庆大学出版社

377214

高等学校教学用书

物理学教程

(上册)

朱荣华 成锦燕 编著
周文或 吕金钟

重庆大学出版社

物理学教程
(上册)

DZ71/30

朱荣华 主编
责任编辑 周 任

重庆大学出版社出版发行
新华书店经销
重庆大学印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 19.5 字数: 487千
1993年12月第1版 1993年12月第1次印刷
印数: 1-3000

ISBN7-5624-0819-X/O · 101 定价: 9.33元

(川)新登字 020 号

前 言

《物理学教程》是为工科大学生编写的物理教材。教学内容覆盖了国家教委大学物理课程教学指导委员会制定的基本要求,并以此为基本内容,其它内容用“*”标记,以满足不同层次教学的需要,舍去后不影响讲授的连续性与系统性。

编写本教材的主要目的,是要为改变我国工科物理教材长期存在的陈旧落后状况,跟上物理学与现代科学技术迅速发展的步伐,希望通过本教材尽可能地把近代的物理思想、观点、基本原理、基本概念和基本方法介绍给学生,力图在较新的、统一的观点指导下,向学生展示出一幅简单、统一、协调一致而又不断发展的近代物理世界的图象,使全书更具有科学性与系统性。

编写本教材的另一个主要目的,是使书中许多问题的阐述能反映北京科技大学基础物理教研室长期积累的教学经验与教学研究成果,这里倾注和凝结了教材创造性劳动所花费的心血与智慧,教材有意识地注意了对学生进行方法论的熏陶,分析问题与解决问题能力的培养,在许多问题的阐述中,注意了在理论与实际的结合上多下功夫,对一些关键性的难点、重点作了独到的处理,澄清了学生中容易混淆的问题。所有这些努力都是为了加强教材的思想性、启发性与适用性。

为了发挥物理教学的教育功能,本书特为读者写了阅读材料。这些阅读材料尽可能与教材内容相衔接,开拓学生视野,提高学习兴趣。其中有介绍物理学在现代科学技术中的应用,并反映我国科学技术成就;有介绍物理学家的探索精神与创造才能;有介绍当前物理学工作者在各个前沿研究领域所作的一些工作。为使教材富有教育意义,为对学生进行爱国主义、辩证唯物主义以及科学修养教育进行了有益的尝试。

鉴于学生在学习上遇到的困难,以及便于教师尝试更高层次的教学需要,为此本书还增补了一些附录,以供学生与教师进行选择。

本教材由朱荣华教授主编并请余守宪、刘佑昌两位教授主审。参加编写的有:成锦燕(第一卷)、周文彧(第二、五卷)、吕金钟(第三、四卷)。兰之彬、费安旭、成锦燕、耿玉田、郑如惠、徐文华、刘治平、王凤平、陈迎、吴蓓、刘红、刘绍军等为本书提供了习题和答案。

教 学 说 明

本教材内容共有五卷,分三册出版。上册包括二卷:Ⅰ、力学,Ⅱ、统计热力学。中册一卷:Ⅲ、电磁学。下册包括两卷:Ⅳ、振动与波,Ⅴ、量子物理学基础。大学物理以讲授两个学期为宜。本教材要求学生学完高中物理课程,且有微积分与矢量运算的数学基础,故从第二学期开始讲授为宜。需安排 130~140 学时。未打“*”号部分为国家教委工科大学物理课程教学指导委员会指定的基本要求,必须作为基本内容讲。但“基本要求”是工科大学生学习物理的最低要求。为适应不同层次与不同专业学生的需要,教师可对打“*”号部分进行选讲。根据经验,选讲内容,与其泛泛地讲很多,还不如努力讲好其中的一部分。一些较深的章节与问题,可供优秀学生自己阅读,以引起他们的学习兴趣。

在总学时中,应拿出 22 学时作为习题课用,以训练学生的解题技巧。鉴于它的重要性,我们另编《物理教程学习指导书》作为辅助教材,在那里将有详细说明。

本书用《物理学研究方法》代绪论。要引导学生在在学习过程中不断理解所讲内容,不要指望学生一次读懂。但读懂了,对学生掌握所学内容,对学生今后自学就大有益处。

在力学卷中,把相对论的基本思想贯穿其中,并作为全书的一条主线。既重新叙述了牛顿运动定律以及高速运动物体力学实验结果之间的偏离,又注意到了与中学的衔接。提高了讲授起点,自然避免与高中物理的简单重复。在卷中加强了关于“运动相对性”这一基本事实的讨论,加强了基本物理量(长度、时间、质量、力等)测量及其标准定义的讨论,让学生理解到相对论的结论是实际测量的自然结果,以消除在学生心目中的神秘性,力图使学生用现代的观点重新理解在高中物理中已学过的经典力学,实现观念更新。相对论运动学要做一些习题,使学生熟悉起来,而相对论力学只需花不多时间让学生了解。在低速近似下,牛顿运动定律以及在此基础上推导的质点系力学运动的普遍特征,即动量、能量、角动量守恒定律所组成的力学理论基础及其应用仍然是教学和解题训练的重点,特别要注意解题方法的训练。有关质心概念及其应用,属于选讲内容,若有时间讲授,对学生很有好处。角动量守恒定律不在刚体力学中叙述,是为了强调该定律的普遍适用性,扩大它实际使用的范围(如行星运动),还有一个原因是强调力矩或角动量的定义是对某一参考点而言的,可以澄清某些教科书中在叙述刚体力学规律时存在的许多模糊不清的问题。此卷内容可安排 34~36 学时。

在统计热力学一卷中,力图通过大学物理向学生介绍统计方法在热学中的应用。并用现代观点,对麦-玻分布函数,热、温度与热力学规律重新加以叙述。加强学生对热运动研究对象是分子的无规则运动以及必须用统计方法处理的认识,熟悉用分布概念描写热力学系统的宏观态,用最概率分布描述热力学系统的平衡态的方法,认识到热力学规律本质上是一种统计性的规律。此卷加强了对近代科学有广泛应用的熵概念的讨论,并把它放在理解热运动本质的中心地位加以讨论,特别对冶金材料学科,使学生弄清熵概念的物理本质,对他们学习后继课程有很大帮助。增加的第四章非平衡态与不可逆过程,向学生介绍了热学的现代新进展,以便打开学生的视野,扩大学生的知识面。若能开讲座,必将受到学生欢迎。

数值表

项目	数值与单位	符号或缩写	数值的导出
一般			
1 弧度	$\approx 57.3^\circ (57^\circ 18')$	rad	$180/\pi$
1 弧度	$\approx 3.44 \times 10^3''$	rad	
1 弧度	$\approx 2.06 \times 10^5''$	rad	
1 度	$\approx 1.75 \times 10^{-2} \text{rad}$	°	$\pi/180^\circ$
1 弧(分)	$\approx 2.91 \times 10^{-4} \text{rad}$	'	
1 弧(秒)	$\approx 4.85 \times 10^{-6} \text{rad}$	"	
1 公里	$\approx 10^3 \text{m}$		
1 埃	$\approx 10^{-10} \text{m}$	Å	
1 微米	$\approx 10^{-6} \text{m}$	μm	
真空中的光速	$2.99725 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$	c	
地球表面的重力加速度	$\approx 9.8 \text{ms}^{-2}$	g	GM_e/R_e^2
引力常数	$6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot (\text{kg})^{-2}$	G	
1 千克·米/秒 ²	$\approx 1 \text{ 牛顿}$	N	
天文学			
1 秒差距	$\approx 3.084 \times 10^{16} \text{m}$		
1 光年	$\approx 9.464 \times 10^{15} \text{m}$		c × 每年秒数
1 天文学单位(=地)	$\approx 1.49 \times 10^{11} \text{m}$	AU	
球的轨道半径			
核子数	$\approx 10^{80}$	}	已知的宇宙
半径	$\approx 10^{26} \text{m}$		
星系数	$\approx 10^{11}$		
星云退行速率	$\approx 1.6 \times 10^{-16} (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}) \cdot \text{cm}^{-1}$		
恒星数	$\approx 1.6 \times 10^{11}$		
直径	$\approx 10^{21} \text{米}$	}	银河系
质量	$\approx 8 \times 10^{44} \text{g}$		
半径	$6.96 \times 10^8 \text{m}$	}	太阳
自转周期	$2.14 \times 10^6 \text{s}$		
质量	$1.99 \times 10^{30} \text{kg}$	}	地球
轨道半径	$1.49 \times 10^{11} \text{m}$		
平均半径	$6.37 \times 10^6 \text{m}$		
1 年(公转周期)	$\approx 3.156 \times 10^7 \text{s}$		
24 小时(自转周期)	$\approx 8.64 \times 10^4 \text{s}$	}	月球
轨道半径	$3.84 \times 10^8 \text{m}$		
半径	$1.74 \times 10^6 \text{m}$		
质量	$7.34 \times 10^{22} \text{kg}$		
公转周期	$2.36 \times 10^6 \text{s}$		

气体

标准温度与标准压强 下的克分子体积	$22.4 \times 10^{-3} \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$	V_0	
洛喜密脱数	$2.69 \times 10^{25} \text{m}^{-3}$	n_0	N_0/V_0
阿伏加德罗数	$6.022 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$	N_0	
气体常数	$8.314 \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$	R	
玻尔兹曼常数	$1.381 \times 10^{-23} \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$	k	R/N_0
大气压强	$1.01 \times 10^5 \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$		
标准温度与标准压强 下的平均自由程	$\approx 10^{-7} \text{m}$		
标准温度与标准压强 下空气中的声速	$3.32 \times 10^2 \text{ms}^{-1}$		
原子			
普朗克常数	$6.6262 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$	h	
普朗克常数/ 2π	$1.0546 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$	$\hbar$	$h/2\pi$
1 里德伯相应的能量	13.6eV	R_∞	
1 电子伏特相应的能量	$1.6022 \times 10^{-19} \text{J}$	eV	
1 电子伏特相应的波长	$1.2398 \times 10^{-2} \text{m}$		hc^2/eV
1 电子伏特相应的频率	$2.4180 \times 10^{14} \text{s}^{-1}$		
氢基态的玻尔轨道	$0.5292 \times 10^{-10} \text{m}$	a_0	$\hbar^2/me^2$
玻尔磁子	$0.9274 \times 10^{-17} \text{J} \cdot \text{T}^{-1}$	μ_B	$eh/2mc$
精细结构常数的倒数	137.036	α^{-1}	hc/e^2
粒子			
质子静止质量	$1.67265 \times 10^{-27} \text{kg}$	M_p	
中子静止质量	$1.67496 \times 10^{-27} \text{kg}$	M_n	
1 统一原子质量	$1.66057 \times 10^{-27} \text{kg}$	u	
单位($u \equiv \frac{1}{12} {}^{12}\text{C}$ 的质量)			
电子静止质量	$9.10954 \times 10^{-31} \text{kg}$	m	
与电子静止质量等价的能量	$0.511004 \times 10^{-6} \text{eV}$		mc^2
与质子静止质量等价的能量	$0.93828 \times 10^9 \text{eV}$	E_p	$M_p c^2$
与 17 原子质量单位等价的能量	$0.93150 \times 10^9 \text{eV}$		
质子质量/电子质量	1836		
电子的经典半径	$2.818 \times 10^{-15} \text{m}$	r_0	e^2/mc^2
质子电荷	$1.60219 \times 10^{-19} \text{C}$	e	
电子的康普数波长	$2.423 \times 10^{-12} \text{m}$	λ_c	h/mc

物理学研究方法

学习物理,不仅要弄懂事实论据、概念、定律、方程与解题技巧,还要努力认识物理学的研究方法。

物理学是研究物质的结构和相互作用以及它们的运动规律的科学,它寻求的是自然界中物质最普遍最基本的运动形式,属于自然科学中的基础学科。本书所要学习的包括力学,是关于物体位置变动的理论;热力学,是关于热温度和大量粒子系统特性的理论;电磁学,是关于电、磁和电磁辐射的理论;相对论,是关于自然规律不变性以及物体高速运动的理论;量子力学,是关于原子内部运动的力学特性的理论。

通常将 19 世纪后期形成的力学(包括声学),热力学,电磁学(包括光学)称为经典物理学,把 20 世纪初至 30 年代期间发展起来的相对论和量子力学称为近代物理学。

物理学研究方法包括实验的方法与理论的方法。它依靠观察与实验,了解自然界,积累大量的经验材料,并在此基础上建立理论体系。理论的目的,是寻求尽可能简单的一组基本原理,用这组基本原理能够说明所有已知的事实,并能预言新的结果。

任何一个物理理论,总包括一组概念、概念的测量与定义、概念的数学表示及其有关的假设、概念之间的数学关系式、支持物理概念的数学表达、物理定律的数学方程表达的实验依据以及理论所提供的思维模式与观察自然的方式。所有这些构成了一个完整的物理学理论,其中数学方程是理论的骨架,概念的测量与定义,概念所反映的自然界的基本事实,是理论的血与肉。

现在就物理学理论的各个组成部分的特点逐一加以说明,以使学生了解物理学研究方法。

§1 物理学概念

物理学是由一组基本概念组成的,从一定意义上讲,弄懂了物理概念,也就弄懂了物理学。在学习物理的每个阶段,都要问问自己是否弄懂了正在学习的全部概念,并养成良好的习惯。所谓“弄懂”,是指要弄清提出物理概念的事实依据、定义、单位与量纲,以及在各种物理条件下的典型数值和它所涉及的方程。

大家熟知的,在运动学中,为了描写“物体是怎样运动的?”需要质点、时间、空间这组概念。

在动力学中,为了描写“物体为什么是这样运动的?”,需要增加力与质量这组概念。

在电磁学中,为描写带电体之间的相互作用,需要点电荷与电磁场等概念。

概念与人们的经验不同,它是科学抽象的产物,人们是根据经验去认识自然界的,这些经验构成了科学的原始材料,经过人们头脑的加工整理,找出秩序,构造出科学内容。加工的方式,也就是科学思维的方式,就是提出一些确定的信念与假设,即提出一些物理学的思想或物理学的概念,以此为基础去考察各种经验材料。

比如,作为物理学的基础,有两个最重要的假设,一个是相信有一个不依赖于我们也不取决我们已有认识的客观存在着的自然界,它是人类认识的对象,也是物理学研究的对象。另一个是相信自然界存在一定的秩序,人类通过感觉经验可以找出秩序。这两个信念是自然科学的真正基础。

在物理学常见的假设中,最简单而又最重要的一个,就是假设存在某种理论上的客体(如原子、电子、电磁场等)。比如电子,人们并没有也不能直接感觉到它。电子最初是为解释放电管的电流而提出的一种假设,用电子把各种有关现象联系在一起,如反复用于解释导线与流体中的电流,光电现象,放射性现象,热辐射现象等等。正是这种对众多经验材料解释的需要,使科学家提出电子概念,并成为“相信电子真实存在”的唯一理由。因此,假设存在某种客体,是为了把它作为统一各种经验材料的基础,作为产生经验材料的根源,作为经验材料中存在秩序的原因。认为人们所观察到的现象是在它身上进行的,它是观察到的运动变化中的不变物。这种客体仅仅是理论上的东西,是人们思维的产物。

在物理学常见的假设中,还有一类,就是寻求守恒量。从大量经验材料中,整理出秩序的最简单的方式,就是发现某种物理量在自然过程中的不变性,作为自然界有秩序的重要标志。因此寻求守恒量以描述物理量或运动量,是物理学的一个重要科学研究方向。

笛卡尔曾用动量这个守恒量作为运动量的量度,牛顿在此基础上建立了运动定律。莱布尼兹用动能这个不变量作为运动的量度,法国的力学家在此基础上建立了分析力学。质量、电量、能量、角动量等等都是这样的守恒量,并用相应的守恒定律揭示了自然界运动变化的普遍特征。以上讨论的物质与运动的守恒量,往往成为一个物理学理论的支柱。

§ 2 可 观 测 量

物理学是定量的科学,物理学研究的是可观测的事物。绝大多数物理概念都是可测量的,因此又叫物理量。对于这些物理量,应该通过测量的具体操作来定义。即对一个物理量的测量,都要确定一个标准,并规定一套测量程序,按此程序把物理量与标准样品比较,也就是说测量总是相对于某种标准进行的,我们把这种标准叫做单位,把比较的倍数叫做物理量的大小,即

$$\text{物理量} = \text{数值} \times \text{单位}$$

如“一个木块的长度为多少?”其操作定义为“一根作为标准的量尺与木块相邻两角密合,此时位于尺上两相应刻度之间两个直接读数之差,定义为木块的长度”。

由于人们对于具体操作是很难发生误解的,因此用操作定义的物理概念,可以成为物理学家相互理解的语言。一个物理概念的真实含意,要通过别人用这个概念做什么来了解,而不是通过对这个概念说什么来了解。从物理学观点看,如果你提出的物理学概念与论点,不能通过实验用具体测量的操作进行定义,是没有物理意义的,也是不科学的。一个物理概念,只有通过操作定义后,才能进行测量,才能进行定量的描述,物理学最终要建立在测量的基础之上。

物理量为数很多。其中只有少数物理量的测量,是以规定的标准为基础的,并通过比较下定义的,这些物理量叫基本量。

1971年召开的第十四届国际计量大会上,选择了七个量作为基本量,相应规定了七个

标准为基本单位。

标准必须得到国际公认,它必须是不变的,又要易于获得,通过制造一些次级、三级标准,以保证易得性。

国际制基本单位

量	单位	国际符号	中文符号
长度	米	m	米
质量	千克	kg	千克
时间	秒	s	秒
电流	安培	A	安
热力学温度	开尔文	K	开
物质的量	摩尔	mol	摩
发光强度	坎德拉	cd	坎

除了基本量以外,不给其它物理量规定标准。这些物理量仅仅是由基本量,通过数学操作定义的,称为导出量。如速度就是导出量,定义为位置对时间的变化率,其数学操作是一个导数运算 $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ 。这同样给出了一个明确的步骤,用以识别与测量一个物理量。所以对速度等导出量的定义,同样是操作型定义。因此,不管是基本量还是导出量,都是用具体操作定义的,它最后都要与测量联系起来,并通过测量弄清它的真实含义。

单位制是一组自成体系的单位。在单位制中,要对每一个物理概念赋予一个单位。若选以上七个量为基本单位,并以此为基础确定的全部导出量的单位,称为国际单位制(缩写为 SI)。

如:SI 制中,导出量力操作定义由牛顿定律 $\vec{F} = m \vec{a}$ 规定。力的单位定义为:

$$1 \text{ 牛顿} = 1 \text{ 千克} \cdot \text{米/秒}^2$$

物理学中,选择不同的物理量为基本量,或基本量选择不同的标准,对应有不同的单位制。

本书采用 SI 制。

物理学中有两种物理量:

一种是无量纲的量,它的数值与单位制的选择无关,因而也是没有单位的量。

另一种是有量纲的量,它的数值随选择不同的单位而不同。例如,长度的量纲就是〔长度〕,或用符号 L 表示;面积的量纲是〔长度〕² 或 L²;体积量纲为〔长度〕³ 或 L³;速度的量纲为〔长度〕/〔时间〕或 LT⁻¹。

在运动学中,基本量仅有长度与时间,所有导出量可以表示为基本量的某种组合。因而其量纲可表示为 L^pT^q。在动力学中,基本量除了长度、时间以外,还有一个质量,用符号 m 表示,则导出量的量纲为 m^rL^pT^q,例如动能 $E = \frac{1}{2}mv^2$,其量纲为 mL²T⁻²。

由此可见,量纲与对应的物理量的计算单位有明显的联系,但计算单位随选择的单位制而改变,而隐藏在物理量计算单位背后的更抽象的量纲概念,却与单位制的选择无关,它反映了物理量之间的普遍联系。

§ 3 数 学 语 言

物理概念,无例外地要用相应的数学对象进行描写,并需作出可以这样描述的有关假设。例如,质量可以用正实数定义,电量可以用正负实数定义。其原因是与质量与电量相关的物理效应,都是各向同性的,所以它们可用标量描写;当速度、力等用矢量定义时,已经假设了该物理量符合矢量这个数学对象所服从的一切数学运算法则,例如,用矢量定义的力,意味着力应符合矢量加法的平行四边形法则。所有数学对象所遵循的运算法则,同时也是相应物理量所必须遵循的基本性质。

从这个意义上讲,物理学所用的语言,必须是数学语言,物理学的理论,就是自然界的数学描述。自然界是一本在人类面前永远打开的书,它是用数学语言写成的,人类不学习数学语言,就无法理解它。

物理学定律是指可观测事物之间的数学联系。自然界是按数学定律动作的,物理学家们总是把他们的精力倾注在可观测事物的数学关系上。比如有一个在斜面上正在下滑的球,我们不必研究它的结构成份,也不必知道它的出厂商标,更不必关心它的颜色,以致它的用途也大可不必过问。在滑动过程中,我们只需这样思维,即把这个真实的球,用一个理想化的质点来取代,可以忽略空气阻力,忽略斜面的摩擦而看成完全光滑的。只有斜面的倾角这一个因素是可以调节的,而保持其它因素不变。总之,科学所研究的已不直接涉及到真实世界中运动的“真实物体”,而是一个抽象世界中运动的抽象物。经过科学家的抽象思维,可以从经验中归纳整理出在理想条件下用数学关系式表达的自然规律:

$$\frac{s}{t^2} = \text{恒量}$$

其中 s, t 分别为小球在斜面上滑下的距离与时间。当斜面倾角作为 90° 时,获得自由落体定义的数学公式:

$$s = \frac{1}{2}gt^2$$

其中 g 为重力加速度。

由于抽象世界中运用的那些物理概念具有操作本质,这就保证了它返回或应用到现实世界中遵循同样的法则,即物理学所发现的、用数学关系式描写的物理定律,最终能对我们周围的真实世界给出新的知识,预言新的事实,实现物理学理论预测事实的功能。

不同的物理概念,往往可以用不同的数学对象描写,物理定律所阐明的不同物理概念之间的联系,可以用数学方程描写,这种描写的正确性,可以通过实验对物理量的测量结果加以检验。

物理学在描写概念时所应用的数学符号与数学方程同实际现象世界的关系,犹如音乐与乐谱同唱出来的声调和歌曲的关系。只要懂得了音符与乐声之间的对应关系,歌唱家就可以把纸上音符转变为可以听见的旋律。与此相同的,只要懂得了描写物理概念的每个数学符号的操作定义与实际测量之间的对应关系,就可以把数学方程的每一个解转变为新的实验事实。概念的操作定义,给出了数学方程与实际测量联系起来的规定,从而保证数学方程正

确地描写自然界的规律。

§ 4 物理学是一门实验科学

由于有了科学实验人们才找到了对自然界思索与观察之间的正确关系。即你的想法,只有和你观察到的东西一致时,才是有价值的,才能变为科学。科学实验使人们对自然界规律的探索走上了正道,并成为知识得以进步的强大动力。它要求物理学的理论,不应当与实验事实相矛盾。这包括以下几层意思:

1. 理论能解释所有有关的现象。注意是在严格意义上“所有”的,不能有一个“例外”。
2. 对自然界的实验分析不断开辟新的经验领域,揭示新现象、新事实,迫使理论去解释它。解释的结果不外乎是:或证实理论,或推翻理论,或揭示理论的局限性、近似性以及适用范围,推动理论的新发展。这个过程是无限的。
3. 概念和判断只有能同观测到的事实相比较时,才是有意义的。
4. 实验测量的结果是定量的。为同测量结果相比较,以检验理论的正确性,必须发现隐藏在自然现象背后的、用数学语言表达的自然规律,并通过数学分析这唯一的方法来理解自然界。对于物理学,数学语言与实验测量是不可分割的,是实验物理的两大支柱。
5. 原则上,一个理论总可以作出无限多个新事实的预测,但对理论预测的实验检验只能是有限多个。鉴于以上原因,实验根据再多也“证明”不了一个理论,却可以“推翻”一个理论。另外,人们允许发明几种不同的理论,可以同样好地理解已有的经验事实。对此,人们往往凭信念认为基本概念越少、越简单的理论比较优越,比较接近自然界的真实情况,更能表现理论内在的和谐美,即表现自然现象的统一性,并非由实验来裁决。

因此,每一个理论所包含的一组概念、定律与方程,原则上仍然只是一种假设,它要无休止地经受实验与进一步理论创造的考验。唯一决定其最终生存权的,还是须与不断开辟的新经验事实一致。物理学理论与实验的发现,就象在两头拉锯子的两只手那样一起工作。理论家创造各种理论,以提出不同的预言,供实验家设计各种精巧的实验去检验,自动地否定那些与实验不符的想法,肯定那些与事实相符的想法。实验家发现了与原来理论不相容的新事实时,可以拓宽理论家的视野,并根据新发现发展已有理论或创造新的理论。物理学的理论与实验,总是相互促进并肩发展的,没有理论指导的实验是盲目的,它只能记录一大串无用而孤立的事实;没有实验检验的理论是空洞的,只能空想一系列随意的与实际缺乏联系的概念。由于科学实验是最终仲裁者,所以任何理论总是历史的产物。它是人们认识自然界有关现象的一个阶段,所以它不能穷尽真理,只能开辟不断通向真理的道路。

目 录

第一卷 力学	1
第一章 质点运动学	1
§ 1-1 质点模型	1
§ 1-2 参考系	1
§ 1-3 惯性系	2
1-3-1 绝对空间	2
1-3-2 力学相对性原理	3
1-3-3 惯性系	4
§ 1-4 坐标系	4
1-4-1 坐标系	4
1-4-2 矢量的性质	6
1-4-3 位移矢量	8
1-4-4 长度单位与标准	9
1-4-5 时间单位与标准	10
1-4-6 时空图与世界线	12
§ 1-5 速度与加速度	12
1-5-1 速度	12
1-5-2 加速度	14
1-5-3 法向加速度与切向加速度	19
科学家介绍 伽利略	21
思考题	24
习题	25
第二章 时空坐标变换	28
§ 2-1 时空坐标的测量	28
§ 2-2 坐标变换	28
§ 2-3 伽利略变换	29
2-3-1 绝对时间	29
2-3-2 绝对空间	30
2-3-3 绝对运动	30
§ 2-4 相对论的两个基本假设	33
2-4-1 狭义相对性原理	33
2-4-2 光速不变原理	33
§ 2-5 洛伦兹变换	35
§ 2-6 同时的相对性	37
§ 2-7 时间延缓	38

§ 2-8 长度收缩	40
§ 2-9 速度变换	44
§ 2-10 经典近似	46
§ 2-11 四维时空连续区	49
思考题	50
习题	51
第三章 质点动力学	53
§ 3-1 牛顿力学	53
§ 3-2 自然界中的各种力	57
3-2-1 力的基本类型	57
3-2-2 引力	57
3-2-3 电磁力	60
3-2-4 核力	61
3-2-5 接触力	62
§ 3-3 牛顿定律的应用	63
3-3-1 坐标系的选择	63
3-3-2 在重力场中考虑空气阻力时落体的运动	65
3-3-3 隔离体法	67
3-3-4 惯性力	69
科学家介绍 牛顿	72
§ 3-4 对牛顿力学的偏离	75
3-4-1 质点动能定理	75
§ 3-5 质能等价原理	78
§ 3-6 相对论力学定律	79
§ 3-7 质能表观差异	81
§ 3-8 能量及动量的变换	83
科学家介绍 爱因斯坦	86
短文 引力的本质	89
思考题	93
习题	94
第四章 守恒定律	97
§ 4-1 守恒定律的意义与内容	97
§ 4-2 动量守恒定律	97
4-2-1 质心	97
4-2-2 动量定理	99
§ 4-3 能量守恒定律	102
4-3-1 质点的动能定理	102
4-3-2 成对力做功之和的讨论	103
4-3-3 保守力与非保守力	106

4-3-4 系统的势能	107
4-3-5 系统的功能原理	109
4-3-6 机械能守恒定律	111
§ 4-4 碰撞	113
§ 4-5 角动量守恒定律	117
4-5-1 力矩	117
4-5-2 质点的角动量守恒定律	118
4-5-3 系统的角动量守恒定律	121
§ 4-6 综合力学问题解题须知	124
§ 4-7 不可观察量 对称性与守恒定律	131
4-7-1 对称性原理	131
4-7-2 不可观察量	132
4-7-3 守恒定律	133
4-7-4 可观察量	134
短文 航天技术	135
思考题	141
习题	143
第五章 刚体	148
§ 5-1 刚体运动学	148
5-1-1 刚体模型	148
5-1-2 刚体角位置	148
5-1-3 刚体角速度	149
5-1-4 角加速度	150
5-1-5 刚体定轴转动的运动函数	150
5-1-6 无限小角位移的矢量性	150
§ 5-2 刚体动力学	154
5-2-1 刚体的转动定律	154
5-2-2 转动惯量计算	156
5-2-3 刚体的角动量定理	159
* § 5-3 刚体的平面运动	163
5-3-1 刚体平面运动的分解	163
5-3-2 滚动	163
* § 5-4 回转仪的运动	166
短文 宇宙膨胀模型	169
思考题	176
习题	176
第二卷 热学	181
第一章 经典统计	182

§ 1-1 平衡态	182
§ 1-2 热力学研究方法	182
§ 1-3 统计方法	188
§ 1-4 麦克斯韦—玻尔兹曼分布	193
思考题	203
习题	203
第二章 热力学第一定律	206
§ 2-1 内能	206
§ 2-2 功与热量	207
§ 2-3 准静态过程	209
§ 2-4 热力学第一定律的应用	210
§ 2-5 循环过程和卡诺循环	215
§ 2-6 实际气体的范德瓦耳斯状态方程	220
思考题	223
习题	225
第三章 热力学第二定律	232
§ 3-1 可逆过程与不可逆过程	232
§ 3-2 熵与热量 热力学第二定律	233
§ 3-3 熵和熵增量的计算	237
§ 3-4 熵与能量的利用率	239
§ 3-5 熵与自然界的演化	241
短文:膨胀宇宙的历史	242
习题	249
第四章 非平衡态与不可逆过程	251
§ 4-1 自组织现象	251
§ 4-2 最小熵定理	254
§ 4-3 耗散结构	255
§ 4-4 混沌	258
第五章 气体内的输运过程	266
§ 5-1 平均碰撞次数、平均自由程	266
§ 5-2 气体内的输运过程	268
习题	272
附录 I 统计方法与概率的基本概念	274
附录 II 麦克斯韦—玻耳兹曼分布的推导	279
附录 III 理想气体内能公式与能量均分定理	283
附录 IV 热力学第二定律数学表达式 $dS \geq \frac{dQ}{T}$ 的推导	283

第一卷 力 学

第一章 质点运动学

§ 1-1 质点模型

为了简化对于物体运动的讨论,可以引入理想模型——质点,以便在数学上可以精确描写物体的空间位置。质点并非指非常小的物体,即质点并不包含限制物体大小的意思。如果在研究的问题中,可以忽略物体的几何尺寸与形状,那么任何物体都可以用质点模型处理。例如,描写地球绕太阳的运动时,人们所关心的只是地球的公转,而忽略地球的自转,这样可把地球看成一个近似于在椭圆形轨道上围绕太阳运动的质点。在某些天文学问题中,常把太阳系,甚至整个星系都看作质点。

由此可见,就所研究问题的性质而言,如果物体大小和问题中的其它线度相比甚小,物体的大小和形状不起作用或只起次要作用,因而可以忽略不计,就可以把整个物体看成没有大小和形状的几何点,但它具有整个物体的质量,我们把这样的物理模型称为质点。

值得注意的是,当讨论物体的内部运动或内部结构时,即使是直径只有 10^{-15}m 的原子核,也不可以将其视作质点。但质点模型仍是理解复杂物体的基础,因为任何物体都可以看成一个质点系,即由大量质点组成的力学系统。通过了解各质点的运动情况,进而了解质点系的运动情况。

模型在科学研究中具有重要的方法论的意义。实际物体的运动总是很复杂的,要描述其运动的全部细节,往往是不可能的,也是不必要的。科学研究需要用模型,抓住事物主要特征,忽略次要因素,以便在理想的条件下,揭示运动的普遍特征与规律。例如研究重物在地球表面附近的下落运动,可用质点模型,抓住重力对落体运动的影响这一主要因素,忽略空气阻力及浮力的影响,获得在理想条件下(真空)的落体定律。

模型与实际物体相比,有相对的简单性。它往往在数学上可以精确计算,在实验上可以精确测量,通过计算结果与测量结果的比较,可了解物理模型真实反映客体的程度。实际上科学总是通过各种物理模型来认识客观世界的。

质点是学习物理学过程中遇到的第一个物理模型,以后还会遇到其它的物理模型,如刚体、理想气体、理想弹性体、点电荷等等。

§ 1-2 参 考 系

当有人讲“那辆汽车正在行驶”,你就知道汽车相对地面或附近建筑物的位置在改变着。要描述一个物体的运动,总要选另一物体,或一组彼此间相对静止的物体作为参考,以此为