

高等学校教材

主 编 罗圆圆

大学物理

(上册)

江西高校出版社

53.01
422
21

高等学校教材

大学物理

(上册)

主 编 罗 圆 圆
副主编 吴 坪
罗 自 树
骆 成 洪
黄 世 益
主 审 余 守 宪

江西高校出版社

高等学校教材
大学物理

(上册)

主编 罗圆圆

*

江西高校出版社

(江西省南昌市洪都北大道96号)

邮编:330046 电话:(0791)8512093,8504319

江西恒达科贸有限公司照排部照排

南昌市光华印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

2000年1月第2版 2000年1月第3次印刷

850mm × 1168mm 1/32 18印张 440千字

印数:6751 ~ 16750册

定价:19.80元

ISBN 7-81033-803-X / O·33

(江西高校版图书如有印刷、装订错误,请随时向承印厂调换)

前 言

物理学是研究物质的基本结构、相互作用和物质最基本最普遍的运动形式及其相互转化规律的学科。物理学研究的对象具有极大的普遍性,研究的内容极其广泛,它是自然科学中最具有活力的带头学科,是整个自然科学和工程技术的基础,也是高新技术发展的源泉和先导。

随着科学技术的发展,不同学科间相互渗透和融合的趋势日益明显,科学技术正在更高层次走向综合化和整体化。近代物理学的概念、研究方法和实验技术在许多自然科学领域和工程技术中得到了广泛的应用,促使不断出现新型的交叉学科,形成了一系列高新技术部门,迅速地影响着人类对自然的基本认识和人类的社会生活。因此,物理学,特别是近代物理学,是各类人才所必须具备的基础知识。

为了适应 21 世纪知识经济和科学技术的飞速发展,要求培养面向 21 世纪的高级科技人才应具备基础扎实、知识面宽、能力强、素质高的特点,所以教学和教材内容的更新势在必行。

在江西省教委的帮助和支持下,南昌大学、江西师范大学、南昌航空工业学院、华东交通大学、南方冶金学院、华东地质学院、景德镇陶瓷学院的部分教师根据国家教育部(原国家教委)颁发的“高等工业学校物理课程教学基本要求”精神编写本教材。在编写过程中,吸取了国内外同类教材的优点,综合了各校部分教师的先进教学经验,从现代科学技术的发展和 21 世纪科技人才培养的总体要求出发,对传统的教学内容进行了精心取舍,并在教学内容体系的更新方面作了探索。

为此,我们力求基本概念、基本规律突出,物理图象清晰,便于教,便于学,有利于学生打下扎实的物理基础,并用现代观点审视和取舍传统的教学内容,例如力学部分不以牛顿运动三定律为核心来展开,而是以动量、能量和角动量三个守恒定律为核心来展

开,认为在描写物质的运动和相互作用时,动量、能量的概念要比力的概念基本得多.这与传统的教材有较大的不同.还着重增加了近代物理的内容,除狭义相对论提前安排外,特别增加了量子力学基础的内容,力求把近代科学技术的成就(如非线性光学、核磁共振等)与教材有机地融为一体.注意了联系实际、联系工程实际、生活实际、突出物理思想和方法,使之利于扩大学生知识面,开阔视野,激发创新精神,培养和提高学生的科学素质和能力.为适应计算机广泛应用的要求,编写了计算物理学简介.

本书对例题和习题进行了精选,并注意了题型多样化,以及对插图的更新,使之更能与教材内容配合.全书统一采用国际单位制(SI).

本教材分上、下两册出版.上册内容为力学、狭义相对论力学基础、电磁学.下册内容为气体动理论、热力学基础、机械振动和电磁振荡、机械波基础、波动光学、量子力学基础.

为了便于教师灵活掌握,我们将教材中某些内容分别打上*号或排成小字,以适应不同的具体要求,教材的要求和学习指导将另册出版.

全书由罗圆圆主编,上册副主编有吴评、罗自树、骆成洪、黄世益,下册副主编有刘三秋、陆俊发、张流生(以姓氏笔划为序).具体分工为第一、二、三、四章:罗自树;第五章:杨同生、罗自树;计算物理学简介:张流生;第六章:刘三秋、骆成洪;第七章:吴评;第八章:彭庶修、罗圆圆;第九、十、十一、十二章:黄世益、陈早生;第十三、十四章:张流生;第十五、十六章:罗圆圆;第十七章:陆俊发、饶瑞昌;第十八章:刘三秋.参加编写的还有刘笑兰等.

本书由北方交通大学教授余守宪先生主审,并曾为本书的初稿提出了很好的修改意见.我们还得到了各参编学校的支持和帮助.在此一并致谢.

由于编者的水平有限,以及本书的编写和出版比较仓促,肯定存在不少的缺点错误,我们诚恳地希望广大读者批评指正,不胜感激!

编者

1998.8

物理量的名称、符号和单位(SI)一览表

物理量名称	物理量符号	单位名称	单位符号
长度	l, L	米	m
面积	S, A	平方米	m^2
体积, 容积	V	立方米	m^3
时间	t	秒	s
[平面]角	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi$	弧度	rad
立体角	Ω	球面度	sr
角速度	ω	弧度每秒	$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$
角加速度	β	弧度每二次方秒	$\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$
速度	v, u, c	米每秒	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
加速度	a	米每二次方秒	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
周期	T	秒	s
转速	n	每秒	s^{-1}
频率	ν, f	赫[兹]	$\text{Hz} (1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1})$
角频率	ω	弧度每秒	$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$
波长	λ	米	m
波数	$\sigma, \tilde{\nu}$	每米	m^{-1}
振幅	A	米	m
质量	m	千克(公斤)	kg
密度	ρ	千克每立方米	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
面密度	ρ_s, ρ_A	千克每平方米	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$
线密度	ρ_l	千克每米	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
动量	P, p	} 千克米每秒	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
冲量	I		
动量矩, 角动量	L	千克二次方米每秒	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
转动惯量	I, J	千克二次方米	$\text{kg} \cdot \text{m}^2$

物理量名称	物理量符号	单位名称	单位符号
力	F, f	牛顿	N
力矩	M	牛[顿]米	N·m
压力, 压强	p	帕[斯卡]	Pa
相[位]	φ	弧度	rad
功	W, A	} 焦[耳] 电子伏[特]	J eV
能[量]	E, W		
动能	E_k, T		
势能	E_p, V		
功率	P	瓦[特]	W
热力学温度	$T, (^\circ)$	开[尔文]	K
摄氏温度	t, θ	摄氏度	°C
热量	Q	焦[耳]	J
热导率(导热系数)	k, λ	瓦[特]每米开[尔文]	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
热容[量]	C	焦[耳]每开[尔文]	$J \cdot K^{-1}$
比热[容]	c	焦[耳]每千克开[尔文]	$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
摩尔质量	M	千克每摩尔	$kg \cdot mol^{-1}$
定压摩尔热容	C_p	} 焦[耳]每摩尔开 [尔文]	$J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$
定体摩尔热容	C_v		
内能	U, E	焦[耳]	J
熵	S	焦[耳]每开[尔文]	$J \cdot K^{-1}$
平均自由程	$\bar{\lambda}$	米	m
扩散系数	D	二次方米每秒	$m^2 \cdot s^{-1}$
电量	Q, q	库[仑]	C
电流	I, i	安[培]	A
电荷密度	ρ	库[仑]每立方米	$C \cdot m^{-3}$
电荷面密度	σ	库[仑]每平方米	$C \cdot m^{-2}$

物理量名称	物理量符号	单位名称	单位符号
电荷线密度	λ	库[仑]每米	$\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$
电场强度	E	伏[特]每米	$\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$
电势	U, V	} 伏[特]	V
电势差, 电压	$U_{12}, U_1 - U_2$		
电动势	$\mathcal{E}$		
电位移	D	库[仑]每平方米	$\text{C}\cdot\text{m}^{-2}$
电位移通量	Ψ, Φ	库[仑]	C
电容	C	法[拉]	$\text{F} (1\text{F} = 1\text{C}\cdot\text{V}^{-1})$
电容率(介电常数)	ϵ	法[拉]每米	$\text{F}\cdot\text{m}^{-1}$
相对电容率 (相对介电常数)	ϵ_r	无量纲	
电[偶极]矩	p, p_e	库[仑]米	$\text{C}\cdot\text{m}$
电流密度	j, δ	安[培]每平方米	$\text{A}\cdot\text{m}^{-2}$
磁场强度	H	安[培]每米	$\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$
磁感应强度	B	特[斯拉]	$\text{T} (1\text{T} = 1\text{Wb}\cdot\text{m}^{-2})$
磁通量	Φ	韦[伯]	$\text{Wb} (1\text{Wb} = 1\text{V}\cdot\text{s})$
自感	L	} 亨[利]	$\text{H} (1\text{H} = 1\text{Wb}\cdot\text{A}^{-1})$
互感	M		
磁导率	μ	亨[利]每米	$\text{H}\cdot\text{m}^{-1}$
磁矩	m, p_m	安[培]平方米	$\text{A}\cdot\text{m}^2$
电磁能密度	w	焦[耳]每立方米	$\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$
坡印廷矢量	S	瓦[特]每平方米	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
[直流]电阻	R	欧[姆]	$\Omega (1\Omega = 1\text{V}\cdot\text{A}^{-1})$
电阻率	ρ	欧[姆]米	$\Omega\cdot\text{m}$
光强	I	瓦[特]每平方米	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$
相对磁导率	μ_r	无量纲	
折射率	n	无量纲	

物理量名称	物理量符号	单位名称	单位符号
发光强度	I	坎[德拉]	cd
辐[射]出[射]度	M	瓦[特]每平方米	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$
辐[射]照度	I		
声强级	L_I	分贝	dB
核的结合能	E_b	焦[耳]	J
半衰期	τ	秒	s

目 录

前言	(1)
物理量的名称、符号和单位(SI)一览表	(1)
第一章 质点运动学	(1)
§ 1.1 机械运动的基本特征及其描述方法	(2)
§ 1.2 位置矢量 质点的运动学方程	(5)
§ 1.3 位移 速度	(9)
§ 1.4 加速度	(18)
§ 1.5 圆周运动的角量描述	(29)
§ 1.6 质点运动学的两类问题	(34)
§ 1.7 相对运动	(45)
习 题	(48)
第二章 动量守恒和牛顿运动定律	(57)
§ 2.1 惯 性	(57)
§ 2.2 动量守恒定律	(60)
§ 2.3 力 冲量 动量定理	(67)
§ 2.4 牛顿运动定律及其应用	(81)
§ 2.5 非惯性系 惯性力	(95)
* § 2.6 质心 质心运动定理	(105)
习 题	(114)
第三章 能量守恒	(130)
§ 3.1 功 保守力的功	(130)

§ 3.2 动能定理	(140)
§ 3.3 势能 * 势能曲线	(147)
§ 3.4 机械能守恒定律 能量守恒定律	(156)
§ 3.5 碰撞问题	(164)
习 题	(169)
第四章 角动量守恒	(182)
§ 4.1 质点的角动量 角动量守恒定律	(182)
§ 4.2 质点系的角动量	(191)
§ 4.3 质点在有心力场中的运动	(195)
§ 4.4 对称性与守恒定律	(201)
习 题	(206)
第五章 刚体力学基础	(211)
§ 5.1 刚体的基本运动	(211)
§ 5.2 刚体的角动量 转动惯量	(217)
§ 5.3 刚体定轴转动定律	(226)
§ 5.4 刚体定轴转动的动能定理	(229)
§ 5.5 定轴转动的角动量守恒定律	(234)
* § 5.6 旋进 回转效应	(241)
* § 5.7 刚体平面运动	(244)
* § 5.8 计算物理学简介	(248)
习 题	(254)
第六章 狭义相对论力学基础	(263)
§ 6.1 力学相对性原理 伽利略变换	(263)
§ 6.2 狭义相对论基本原理 洛伦兹坐标变换式	(267)

第十章 恒定电流的磁场	(410)
§ 10.1 磁场 磁感应强度	(410)
§ 10.2 毕奥—萨伐尔定律及其应用	(413)
§ 10.3 磁场的高斯定理和安培环路定理	(424)
§ 10.4 磁场对电流的作用	(432)
§ 10.5 磁场对运动电荷的作用	(443)
习 题	(455)
第十一章 磁介质中的恒定磁场	(467)
§ 11.1 磁介质及其磁化	(467)
§ 11.2 磁介质中的安培环路定理 磁场强度	(469)
§ 11.3 铁磁质	(475)
习 题	(482)
第十二章 电磁感应 电磁场	(485)
§ 12.1 电磁感应的基本规律	(485)
§ 12.2 动生电动势	(491)
§ 12.3 感生电动势 有旋电场	(500)
§ 12.4 自感和互感	(511)
§ 12.5 磁能	(520)
§ 12.6 麦克斯韦电磁场理论简介	(524)
习 题	(530)
附录 I 矢量简介	(543)
附录 II 国际单位制(SI)	(558)
附录 III 基本物理常量	(560)

机械运动,即物体间在空间的相对位置(或物体内部各部分的相对位置)随时间变化,是物质运动的最简单、最基本和最普遍的运动形式。

力学的研究对象是机械运动.力学是一门研究机械运动的规律及其应用的学科。

以牛顿运动定律为基础的力学理论称为牛顿力学,又称经典力学.经典力学有着严谨的理论体系和完备的研究方法;它提出的许多物理概念和物理原理有着广泛的适用性.这就使得力学成为物理学和许多工程技术的理论基础。

质点力学是力学研究的基础.本书的力学首先讨论质点运动的描述方法,这一部分称为质点运动学;然后,从现代物理的认识角度讨论表征机械运动的三个基本量——动量、动能和角动量,以及与之对应的三个普适的守恒定律——动量守恒定律、能量守恒定律和角动量守恒定律,并在此基础上研究刚体的平动和绕定轴转动的运动学和动力学问题.最后介绍狭义相对论力学基础。

第一章 质点运动学

运动学从几何观点研究物体在空间运动时相对位置随时间的变化情况,而不涉及引起这种变化的原因.简言之,运动学是描述物体的机械运动的.本章首先讨论机械运动的基本特征及其描述方法,引入参考系、坐标系和质点的概念,进而定义描述质点运动的物理量;在此基础上,作为研究质点运动的一般方法,讨论质点运动学的两类基本问题。

§ 1.1 机械运动的基本特征及其描述方法

描写任何事物,都必须抓住其基本特征,描写机械运动亦不例外.那末,机械运动的基本特征是什么呢?那就是:运动的绝对性和运动描述的相对性,运动的瞬时性和运动的矢量性.

下面阐述运动的这些基本特征及其相应的描述方法.

一 运动的绝对性和描述的相对性

自然界的一切物质都处在永恒不息的运动变化之中,即使从简单的机械运动来看也是如此.宇宙在膨胀,星系在远离地球而去,地球有自转和公转,太阳连同它的九大行星又在绕着银河系中心飞快地旋转,而我们所在的银河系也在整体地朝着麒麟座方向奔驰,……所有这一切说明,运动作为物质存在的形式,也和物质本身一样是客观存在的.这便是所谓运动的绝对性和普遍性.

由于运动的绝对性,在描写一个具体物体的运动时,必须先选定一个用作比较基准的物体,而运动的描写就是相对于这个基准物体而言的.可以选作比较基准的物体很多,彼此的运动也可能不同,于是用不同的物体做基准来描写同一物体的运动,所获得的图象和结果就不同.这个事实就称为运动描述的相对性,简称运动的相对性.例如,在车床上车削一个圆柱体工件时,车刀刀刃的运动,以车床作基准时是直线运动,以旋转的工件作基准时就是螺旋线运动了.

二 参考系和坐标系

如上所述,要描写一个物体的运动,总得选择另一个物体或几个相互间相对静止的物体作为比较的基准.这些被选作比较基准的物体或物体群称为参考系.物体的运动就是相对于参考系的运

动. 因此, 我们在讨论任何力学问题时, 都必须明确指出所选定的参考系. 这一点很重要, 大家务必牢记.

在运动学中, 参考系的选择, 原则上可以是任意的, 主要依问题的特点和研究的方便而定. 例如, 研究地面上物体的运动, 一般是以地面和相对于地面静止的物体作参考系较方便; 在描述太阳系中行星的运动时, 自然是选太阳作参考系方便.

为了从数量上精确地描述物体的运动, 必须在参考系上选择适当的坐标系, 这样, 参考系才真正起到一个比较基准, 或者说刻度标尺的作用. 因此, 坐标系是参考系的数学抽象.

常用的坐标系是直角坐标系. 根据问题的需要, 我们也可以选用其他的坐标系, 如极坐标系, 自然坐标系等. 假如知道了物体的运动轨道, 选用自然坐标系常常是便利的.

三 运动的瞬时性和矢量性

一般说来, 物体的运动情况是随时间不断变化的, 这就是运动的瞬时性. 因此, 描述运动的物理量, 如位矢、速度等都是以时间为自变量的函数. 于是, 讨论它们的变化就得借助微积分这样的数学分析工具.

运动的矢量性有两层意思: 一是运动的方向性, 因此描述物体运动的许多物理量必须用矢量来表示; 二是运动可以叠加, 而且符合矢量的加法法则. 运动叠加原理就是矢量叠加性的具体体现.

由于运动的矢量性, 矢量代数和矢量分析的知识是我们学习物理学首先必须具备的数学知识.

四 质点

任何物体都有一定的形状和大小, 而且一般说来, 物体在运动时, 其上各点的运动状态也各不相同; 在运动中, 物体同时还可旋转和变形, 因此, 要精确地描写实际物体的运动也不是一件容易的

事.根据人们认识事物的一般方法,首先总是从最简单的情况出发,然后由简单到复杂,由片面到更多的方面,逐步地深化.研究物体的运动也不例外.在一定的条件下,为了使问题简化,我们可以假设所研究的对象是一个可以不计其形状和大小的物体,这样的理想模型称为质点.

质点模型是在一定条件下实际物体的抽象.一个物体是否可以视为质点,应根据所研究的问题的性质来决定:

(1) 如果一个物体在运动中既不转动也不变形,只有平移(称为平动),则物体上各点的运动必然相同,此时整个物体的运动可用物体上任一点的运动来代表.因此,当一个物体只作平动时,该物体可视为质点.

(2) 如果一个物体的尺度与它运动的空间范围相比很小,它的转动和形变在所研究的问题中完全不重要时,也可将它视为质点.例如,研究地球绕太阳公转时,日地之间的距离($1.50 \times 10^8 \text{ km}$)远大于地球的直径,如图 1.1,地球上各点之间的距离与它们到太阳的距离相比是微不足道的,所以在研究地球绕太阳公转中可将地

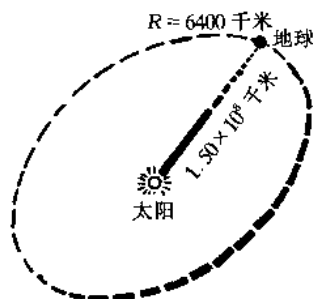


图 1.1

球视为质点.而在研究地球的自转和潮汐问题时,就不能把地球看成质点.即使物体很小,象微粒、分子、原子等,如果问题涉及到它们的转动和内部结构,也不能把它们视为质点.

综上所述,质点乃是力学中关于物体的一个简化的理想模型,是对实际物体的有条件的合理的抽象.在物理学的研究中,乃至一切自然科学的研究中,为了简化问题,把复杂的具体的研究对象加以去粗取精、去伪存真的科学的改造而代之以模型,以便抓住主要矛盾,忽略次要因素,找出其中的规律,然后进一步再研究较复杂