

高等学校试用教材

物理学

上册

南京工学院等七所工科院校 编 马文蔚 柯景凤 改编

人民教育出版社

教材

物 理 学

上 册

南京工学院等七所工科院校 编

马文蔚 柯景凤 改编

人民教育出版社

本书是在南京工学院等七所工科院校编《物理学》(简称第一版)的基础上修订的。修订时参照了1980年颁布的高等工业学校普通物理学教学大纲,本书上册又较之第一版上册适当地提高了力学的起点,在深广度上均有所加强。为适应不同类型的普通物理课以及有些学校第一学期后半期开学的需要,本书注意了与高等数学的配合。

本书仍分三册,上册为力学、气体分子运动论和热力学基础,中册为电磁学,下册为波动过程和量子物理基础。

本书可作总学时为200学时,讲课时数为130学时的一般工科专业普通物理课程的教材,也可作其他院校一些专业的参考书。

责任编辑:奚静平

高等学校试用教材

物 理 学

上 册

南京工学院等七所工科院校 编
马文蔚 柯景凤 改编

*

人民教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海中华印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 10.25 字数 240,000

1981年7月第2版 1981年12月第1次印刷

印数 00,001—31,000

书号 13012·0622 定价 0.90 元

物理量的单位名称和代号

单 位 名 称		代 号	
中 文	西 文	中 文	西 文
安培	Ampere	安	A
埃	Ångström	埃	Å
大气压	Atmosphere	大气压	atm
库仑	Coulomb	库	C
摄氏度	Degree Celsius	摄氏度	°C
厘米	Centimeter	厘米	cm
电子伏特	Electron Volt	电子伏	eV
法拉	Farad	法	F
高斯	Gauss	高斯	G
克	Gram	克	g
亨利	Henry	亨	H
小时	Hour	时	h
赫兹	Hertz	赫	Hz
焦耳	Joule	焦	J
开尔文度	Degree Kelvin	开	K
千克	Kilogram	千克	kg
千米	Kilometer	千米	km
升	Liter	升	l
米	Meter	米	m
分	Minute	分	min
摩尔	Mole	摩	mol
牛顿	Newton	牛	N
弧度	Radian	弧度	rad
转(圈)	Revolution	转(圈)	red
秒	Second	秒	s

续上表

单 位 名 称		代 号	
中 文	西 文	中 文	西 文
特斯拉	Tesla	特	T
伏特	Volt	伏	V
瓦特	Watt	瓦	W
千瓦	Kilowatt	千瓦	kW
年	Year	年	Y
微米	micrometer (10^{-6}m)	微米	μm
微秒	microsecond (10^{-6}s)	微秒	μs
微库仑	microcoulomb (10^{-6}C)	微库	μC
欧姆	ohm	欧	Ω

第二版上册前言

南京工学院等七所工科院校编写的《物理学》(简称第一版)自1977年出版以来已有三年多的时间了。在这段时间里,许多教师和读者通过各种方式对第一版的体系、内容、深广度以及文字表达等方面,都提出了很多宝贵的意见和建议。我们谨向这些同志表示衷心感谢。

根据高等学校工科物理教材编审委员会1980年哈尔滨会议制定的教材规划,《物理学》第二版是在第一版的基础上,参照1980年颁布的高等工业学校普通物理学教学大纲进行修订的。本书仍分三册,上册为力学、气体分子运动论和热力学基础,中册为电磁学,下册为波动过程和量子物理基础。本书可作总学时为200学时,讲课时数为130学时的一般工科专业普通物理课程的教材。

本书上册修订时,较之第一版适当地提高了力学的起点,在深广度上均有所加强;在力学、气体分子运动论和热力学基础中,适当使用矢量和微积分,使上册在理论水平上与全书保持一致。本书修订时重新绘制了上册的插图,并更换了一定数量的例题、问题和习题;大部分章节重新写过,注意保持第一版的特点。

在保持全书必要的系统性和科学性的前提下,有些内容冠以“*”号,有些证明用小字排印,删去这些内容并不影响全书的系统性。编者虽然做了这样一些考虑,但不一定能满足各方面的要求,请使用本书的教师,根据学生实际情况和专业特点,在保证全书必要的系统性、完整性和科学性的基础上,作进一步的增补和删节。

按照教学大纲的要求，本书是以微积分和矢量代数为基础的，为适应不同类型的普通物理课以及有些学校第一学期后半期开课的需要，本书注意了与高等数学的配合。在第五章刚体之前的几章中，采取了由微小量求商及求和过渡到微分及积分的步骤，并且凡需用积分求解的习题，题前冠以“ Δ ”号。矢量则以附录形式放在上册，教师可结合物理概念分散讲授，也可集中讲授。

本书由北方交通大学余守宪主审。余守宪以及西北工业大学徐绪笃、北京工业学院陈广汉、上海铁道学院朱培豫、哈尔滨工业大学田恩瑞审阅了修订稿，并提出了较详细的具体修改意见和建议。在上册修改过程中还得到恽瑛、周遥生、祝瑞琪等的许多帮助，插图是李士激描绘的，陆雨时做了习题解答，周遥生对解答进行了校核。没有他们的支持和帮助，在这样短的时间里完成本书的修订工作是不可能的。编者借此向他们致以谢意。

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中必定还有不少错误和不妥之处。敬请使用本书的老师和同学们批评指正。

编者

一九八一年五月于南京工学院

第一版编者的话

物理课是高等工科院校的一门重要基础课。通过本课程的学习，使学生较系统地掌握物质运动的基本规律，培养学生运用基本规律对一般问题进行理论分析和计算的能力。充分发挥物理学在培养学生辩证唯物主义世界观方面的作用。

在本书的编写过程中，我们努力运用辩证唯物主义观点来阐明物理学的基本规律；按照理论与实践相统一的原则，从学生易于理解的实际问题中提出问题，引出概念和规律，并指出应用这些概念和规律去解决问题的途径，同时注意培养学生抽象思维的能力；在经典物理与近代物理的关系方面，本书在系统地阐述经典物理的基本规律的同时，指出经典概念的局限性和近代物理的发展。

本书是在一九七三年江苏省工科院校《物理》编写组编写的《物理》的基础上改编成的。在改编中，注意了与现有高中水平相衔接，并作了必要的增补和修改。本书按讲授 130—150 学时编写，有些内容用小字排印，以供选择。

由于我们对马列著作和毛主席著作学习不够，业务水平有限，加之改编时间仓促，因此本书定有不少缺点和错误，衷心希望使用本书的教师和读者，多提出宝贵意见和建议。

参加本书编写工作的院校和人员有：南京工学院（柯景凤、马文蔚、曹恕、宋玉亭、李士澂）、南京航空学院（兰信梯、桂永蕃）、华东工程学院（张粉）、华东水利学院（蒋澄华）、南京林产工业学院（王明馨）、无锡轻工业学院（葛元欣）、镇江农机学院（周遥生），并

由张粉、马文蔚、王明馨负责定稿。在编写过程中，兄弟院校也给予了大力的支持和帮助。

编 者

1977. 12.

上册目录

第一章 质点运动学	1
1-1 参照系 质点	1
1-2 运动方程 位移	3
1-3 直线运动的速度和加速度	6
1-4 曲线运动的速度和加速度	17
1-5 抛体运动	22
1-6 圆周运动 切向加速度和法向加速度	26
1-7 相对运动	31
问题	34
习题	35
第二章 牛顿运动定律	41
2-1 牛顿运动定律	41
2-2 力学单位制和量纲	46
2-3 牛顿运动定律的应用举例	48
*2-4 物体在粘滞流体中的运动	57
2-5 惯性参照系 力学相对性原理	60
*2-6 非惯性参照系 惯性力	63
问题	66
习题	66
第三章 功与能	72
3-1 功 功率	72
3-2 动能 动能原理	79
3-3 势能 保守力和非保守力	84
3-4 机械能转换与守恒定律 功能原理	92
3-5 能量转换与守恒定律	99
问题	100

习题	101
第四章 动量	107
4-1 冲量 动量 动量原理	107
4-2 动量守恒定律	113
4-3 完全弹性碰撞 完全非弹性碰撞	118
*4-4 质心的概念	122
*4-5 火箭的飞行原理	128
问题	131
习题	132
第五章 刚体的转动	137
5-1 平动和转动	137
5-2 刚体的定轴转动	138
5-3 转动定律 转动惯量	144
5-4 力矩做功	157
5-5 刚体绕定轴转动的动能	159
5-6 角动量 角动量守恒定律	162
5-7 经典力学的适用范围	170
问题	173
习题	174
*第六章 万有引力	179
6-1 开普勒定律	179
6-2 万有引力定律	181
6-3 引力场 引力势能	186
6-4 宇宙速度	195
问题	199
习题	200
第七章 气体分子运动论	202
7-1 分子运动论的基本概念	202
7-2 气体的状态参量 平衡态与平衡过程	206
7-3 理想气体的压力公式	211
7-4 气体分子的平均平动动能与温度的关系	216

*7-5	重力场中气体的密度随高度的分布	217
7-6	气体分子速率分布规律	220
7-7	分子的平均碰撞次数与平均自由程	228
7-8	实际气体的范德瓦耳斯方程	232
7-9	气体的迁移现象	235
	问题	240
	习题	242
第八章	热力学基础	245
8-1	内能 功 热量	245
8-2	热力学第一定律	247
8-3	理想气体的等容过程和等压过程 两种摩尔热容	251
8-4	能量均分定理	255
8-5	理想气体的等温过程和绝热过程	260
8-6	循环过程	265
8-7	热力学第二定律	270
8-8	可逆过程与不可逆过程	273
8-9	卡诺循环 卡诺定理	275
	问题	282
	习题	283
附录一	矢量	287
一	标量和矢量	287
二	矢量合成的几何法	288
三	矢量合成的解析法	292
四	矢量的标积和矢积	296
五	矢量的导数和积分	300
附录二	一些常用物理常数	304
附录三	国际单位制(SI)的基本量	305
附录四	国际制(SI)词冠	306
	习题答案	307

第一章 质点运动学

自然界是由物质组成的，一切物质都在不停地运动着。在自然界中没有不运动的物质，也没有能够和物质相脱离的运动。自然界有许多运动形式，如机械运动，电磁运动，分子热运动，原子、原子核运动，化学变化，生物运动等等。所有这些物质的运动形式都是互相联系，而本质上又是互相区别的。物理学是研究物质运动中最普遍、最基本运动形式的一门学科，它包括机械运动，电磁运动，分子热运动，原子、原子核运动和基本粒子运动等。

机械运动是最简单、最常见的运动形式，它是指物体之间或物体各部分之间发生的相对位置的变化。机械运动的例子很多，如各种车辆的行驶、机器的运转、星体的运动等等都是。其他较高级、较复杂的运动形式——热运动、电磁运动等，都和机械运动有着不可分割的联系。因此，在物理学中首先讨论机械运动。力学就是研究机械运动规律的。

机械运动的基本形式有平动和转动。在平动过程中，物体各点的位置无相对变化，物体各点所移动的路径完全相同，因此常可用物体上任何一点的运动来代表整体的运动情况。平动又可分直线运动和曲线运动。在力学中，研究物体位置随时间变化规律的这部分内容叫运动学。本章主要内容为：位移、速度和加速度等概念，匀变速直线运动、圆周运动和抛体运动、相对运动等。

1-1 参照系 质点

一 运动描述的相对性 参照系

自然界中所有的物体都在不停地运动，绝对静止不动的物体

是没有的。如放在桌上的书相对桌面是静止的，但它却随地球一起绕太阳运动。这就是运动的绝对性。描述物体的运动总是相对于其他物体而言的，如观察行驶着的火车的位置变化，通常是以地面某一物体(如电线杆)为标准，把它看成是不动的；同样，观察河水的流动，也是以某一个我们认为是不动的物体(如桥墩)为标准来判别的。所以，在观察一个物体的位置以及它位置的变化的时候，总要选取其他物体作为标准。选取的标准物不同，则对物体运动情况的描述也就不同。如在一平稳行驶的轮船中，静坐的乘客相对于轮船是静止不动的，而相对于地面某一物体，则位置却在不断的变化。可见，相对于不同的标准物(轮船或地面)，物体运动情况的描述是不同的，这就是运动描述的相对性。

为描述物体的运动而选的标准物(或物体组)叫做参照系。不同的参照系对同一物体运动情况的描述是不同的。因此，在讲述物体运动情况时，必须指明是对什么参照系而言。参照系的选择是任意的，在地面上讨论物体的运动时，通常选地球作参照系。不过，由于地球在不停地绕着太阳运动，所以，一个相对于地面是静止的物体，对于太阳来说，则是随地球一起绕太阳在运动。然而，太阳也不是静止的，它在整个银河系中也以每秒约二百多千米的速率运动着。所以，对任何物体而言，静止都是相对的、有条件的，而运动是绝对的。

二 质点

任何物体都有它的大小和形状。一般说来，物体在运动时，它各部分的位置变化是不同的。如在平直公路上行驶的汽车，就车身来说，它沿公路作平动，但就车轮来说，它除了平动之外，还在转动；从枪口射出的子弹，似乎只在空中向前飞行，实际上，子弹还绕自身的轴线在转动。双原子或多原子分子，除了平动、转动

外,各个原子还在各自平衡位置附近作振动。这些事实说明,物体的运动情况是十分复杂的。

但是,当我们只研究某一段时间内汽车在公路上所通过的路程是多少时,我们不必去考虑车轮的转动,只需研究整个汽车本身的平动,这时车身上各点所通过的路程是相同的,因此可以忽略汽车的大小和形状,并以一个点来代替它。研究物体的某一运动,当它的大小和形状可以忽略时,就把物体当作是一个有一定质量的点,这样的点通常叫做质点。

质点是经过科学抽象形成的概念。把物体当作质点是有条件的、相对的,而不是无条件的、绝对的。对具体情况要作具体分析。例如研究地球绕太阳公转时,由于地球至太阳的平均距离(约 $1.5 \times 10^8 \text{ km}$)比地球的半径(约 6370 km)大得多,地球上各点相对于太阳的运动可以看作是相同的,所以在研究地球公转时,可以把地球当作质点。但是,在研究地球本身的自转时,地球上各点的运动情况就大不相同,这时就不能再把地球当作质点处理了。

应当指出,把物体视为质点这种抽象的研究方法,在实践上和理论上是有重要意义的。当我们所研究的运动物体不能视为质点时,可把整个物体看成是由许多质点所组成,分析这些质点的运动,就可以弄清楚整个物体的运动。所以,研究质点的运动是研究物体运动的基础。

在本书有关力学的各章中,除刚体一章外,都是把物体当作质点来处理的。

1-2 运动方程 位移

在选定参照系以后,为了定量地描述质点的位置和位置随时间的变化,必须在参照系上选择一个坐标系。坐标系有直角坐标系、极坐标系等。在如图 1-1 所示的直角坐标系中,设有一点 P ,

它在 Ox 轴、 Oy 轴和 Oz 轴上的投影(即坐标)分别为 x 、 y 和 z 。点 P 在坐标系中相对原点 O 的位置可由坐标 x 、 y 和 z 来表示,也可由自原点 O 指向 P 点的有向线段 \mathbf{r} 来表示。这个有向线段叫做位置矢量,也叫做矢径。用矢量表示,位置矢量为

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

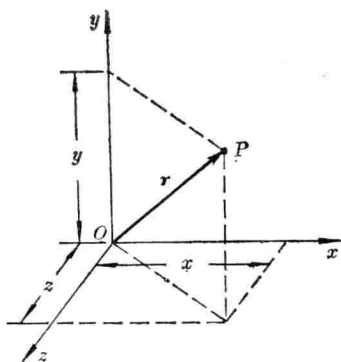


图 1-1 位置矢量

式中 \mathbf{i} 、 \mathbf{j} 和 \mathbf{k} 分别为沿 x 、 y 、 z 轴的单位矢量。位置矢量 \mathbf{r} 的数值为

$$|\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

位置矢量的方向余弦可由下式确定

$$\cos\alpha = \frac{x}{|\mathbf{r}|} \quad \cos\beta = \frac{y}{|\mathbf{r}|} \quad \cos\gamma = \frac{z}{|\mathbf{r}|}$$

式中 α 、 β 和 γ 分别是 \mathbf{r} 与 x 轴、 y 轴和 z 轴之间的夹角。

质点运动时,它的位置矢量 \mathbf{r} 是随时间而变化的,因此 \mathbf{r} 是时间的函数,即

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) \tag{1-1}$$

这个 \mathbf{r} 随时间变化的关系式叫做质点的运动方程。如果质点限制在平面上运动,则其运动方程可写成

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} \tag{1-2}$$

其中 $x = x(t)$, $y = y(t)$

应当指出,运动学的重要任务之一就在于找出各种具体运动所遵循的运动方程。

设一质点沿如图 1-2(a) 的虚线从始点 A 运动到终点 B , 它相对原点的位置矢量由 \mathbf{r}_A 变化到 \mathbf{r}_B 。显然,在这种情况下,位置矢

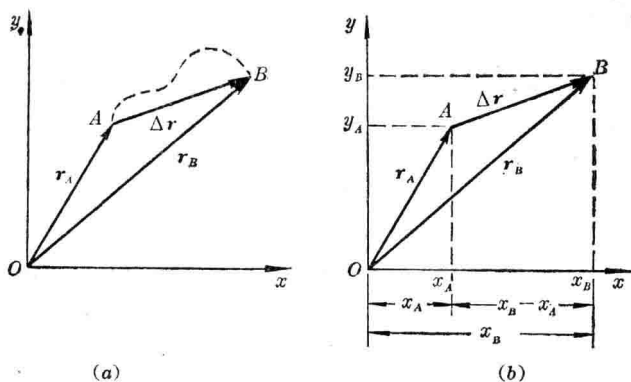


图 1-2 位移矢量

量的长度和方向都发生了变化. 我们定义: 由始点 A 到终点 B 的有向线段 \overrightarrow{AB} 为始点 A 到终点 B 的位移矢量, 简称位移. 位移 \overrightarrow{AB} 反映了质点位置矢量的变化. 如以 $\Delta \mathbf{r} = \overrightarrow{AB}$, 则由图 1-2(a) 中可以看出, 终点 B 的位置矢量 \mathbf{r}_B 应等于始点 A 的位置矢量 \mathbf{r}_A 与 $\Delta \mathbf{r}$ 的矢量和, 即

$$\mathbf{r}_B = \mathbf{r}_A + \Delta \mathbf{r}$$

由上式可得, 质点从始点 A 到终点 B 的位移为

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A \quad (1-3a)$$

由式(1-2), 可将 A, B 两点的位置矢量 \mathbf{r}_A 和 \mathbf{r}_B 写成

$$\mathbf{r}_A = x_A \mathbf{i} + y_A \mathbf{j}$$

$$\mathbf{r}_B = x_B \mathbf{i} + y_B \mathbf{j}$$

于是, 位移矢量 $\Delta \mathbf{r}$ 亦可写成

$$\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A = (x_B - x_A) \mathbf{i} + (y_B - y_A) \mathbf{j} \quad (1-3b)$$

上式表明, 质点在平面上运动时, 它的位移等于在 x 轴和 y 轴上的位移的矢量和 (图 1-2b). 由式 (1-3b) 可以求得位移 $\Delta \mathbf{r}$ 的大小为

$$|\Delta \mathbf{r}| = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$$