

成人高等学校教材

物 理 学

北京市成人教育学院编

林铁生 张国忠 张世良 主编

北京联合大学化学工程学院
图书馆惠存

2011.6
三系张国忠敬赠

一九八九年四月十八日

北 京 出 版 社



Z0031044

成人高等学校教材

物 理 学

北京市成人教育学院 编
林铁生 张国忠 张世良 主编

*

北 京 出 版 社 出 版

(北京北三环中路6号)

广 益 印 刷 厂 印 刷

*

787×1092毫米 32开本 23印张 511,000字
1988年7月第1版 1988年7月第1次印刷
印数 1-5,000

ISBN 7-200-00326-8/G·107

定 价: 5.65元

前 言

本书是按照职工高等工业专科学校普通物理学教学大纲的要求，根据成人高等学校的教学特点，结合编者多年在教学实践中积累的经验而编写的。在编写中还参考了高等工程专科学校物理学课程教学的基本要求。

本书包括理论与实验两大部分。全书讲授时数为130学时（含习题课），其中理论部分为100学时，实验部分为30学时。它可以作为职工大学、函授大学、夜大学等成人高等学校的普通物理教材，也可作为普通高校干部专修科的物理教材或教学参考书。

考虑到“成人”和“专科”的特点，本书的理论部分比较精简，与现行的普通物理教材相比，内容上有较大的变动，对一些章节作了较大幅度的删减合并，但对力学、电磁学等重点内容仍力求详尽。此外，在概念引入和理论叙述上力求结合生产实际实例。

本书实验部分集中介绍了十四个实验。这些实验涉及了常用的物理仪器、常用的测试方法以及基本物理量的测量。为便于因材施教，实验部分安排了一个设计性实验，各校可根据实际情况选用。

参加本书编写工作的有：林铁生（第一章、第二章、附录）、张凤清（第三章）、彭涛（第四章）、潘明芳（第五章）、陈玄香（第六章）、雷海如（第七章）、张世良（第八章、实验二、七、八、九、十一（一）、十二，设计性实

验]、彭敏修(第九章)、张国忠(第十章)、洪小达(第十一章)、蒋大权(第十二章)、樊彩云〔实验四、五(二)十一(二)〕、朱可立〔实验五(一)、实验十〕、首都钢铁公司职工大学物理教研组(部分实验)。林铁生、张国忠和张世良主编,彭敏修、张凤清参加本书的编纂工作。

本书理论部分由北方交通大学物理系余守宪教授主审,实验部分由北京大学物理系龚镇雄副教授主审。他们对全书提出了许多宝贵意见,对此我们表示衷心地感谢。

在本书编写过程中,我们得到了编者所在的学校(北京市成人教育学院、北京市电子仪表工业职工大学、北京市纺织工业局职工大学、北京市朝阳区职工大学、北京市机械局职工大学、首都钢铁公司职工大学、北京内燃机总厂内燃机职工学院、北京市总工会职工大学、北方交通大学、北京联合大学自动化工程学院)的大力支持和帮助;北京市成人教育局高教处、北京市经委教育处以及北京市经委职工大学协调委员会对本书的编写给予了大力的支持;北京市成人教育学院出版组阎恒久、张宝光等同志为本书的出版作了大量工作;本书的全部插图是由洗锋同志绘制的,在此我们对以上单位和个人表示衷心地感谢。

由于我们水平有限,时间仓促,书中错误和缺点在所难免。诚恳希望读者提出宝贵意见,以便改进。

编 者

1988年5月。

目 录

第一章 质点运动学	1
1-1 位置矢量与位移矢量	1
1-2 速度	5
1-3 加速度	9
1-4 角速度和角加速度	18
选择与填空题	24
习题	27
第二章 质点动力学	31
2-1 牛顿第一定律	31
2-2 牛顿第二定律	33
2-3 牛顿第三定律	37
2-4 力学中常见的力	41
2-5 牛顿运动定律的应用	47
2-6 动量和动量守恒定律	53
选择与填空题	69
习题	73
第三章 功和能	79
3-1 功 功率	79
3-2 动能 动能定理	84
3-3 保守力的功 势能	89
3-4 功能原理 机械能守恒定律	97
3-5 碰撞	103

选择与填空题	109
习题	111
第四章 刚体的转动	115
4-1 刚体的平动、转动和定轴转动	115
4-2 力矩 转动定律 转动惯量	116
4-3 力矩的功 刚体定轴转动的动能定理	126
4-4 角动量与角动量守恒定律	129
选择与填空题	136
习题	139
第五章 气体分子运动论	143
5-1 平衡态 理想气体状态方程	143
5-2 理想气体的压强公式	149
5-3 气体分子的平均平动动能与温度的关系	154
5-4 能量按自由度均分定理 理想气体的内能	156
5-5 气体分子速率分布规律	160
5-6 气体分子的平均碰撞次数和平均自由程	167
选择与填空题	170
习题	174
第六章 热力学基础	178
6-1 内能 功 热量	178
6-2 热力学第一定律	180
6-3 平衡过程	181
6-4 热力学第一定律对理想气体的等值过程和 绝热过程的应用	185
6-5 循环过程 卡诺循环	197
6-6 热力学第二定律	204
选择与填空题	210

习题	212
第七章 静电场	217
7-1 电荷 库仑定律	217
7-2 电场 电场强度	221
7-3 高斯定理	231
7-4 静电力的功 电势	241
7-5 静电场中的导体	254
7-6 电介质中的静电场	265
7-7 静电场的能量	276
7-8 静电的一些应用	281
选择与填空题	283
习题	287
第八章 稳恒电流和磁场	298
8-1 电流强度和电流密度	298
8-2 电源电动势 一段含源电路的欧姆定律	301
8-3 磁场 磁感应强度	304
8-4 磁通量 磁场中的高斯定理	310
8-5 毕奥—萨伐尔—拉普拉斯定律	313
8-6 安培环路定律	320
8-7 运动电荷在磁场中所受的力	326
8-8 磁场对载流导线的作用—安培定律	330
8-9 磁介质	337
8-10 有介质时的安培环路定律	341
选择与填空题	343
习题	350
第九章 电磁感应与电磁场	357
9-1 电磁感应现象	357

9-2	电磁感应定律	360
9-3	动生电动势和感生电动势	362
9-4	自感与互感	370
9-5	磁场的能量	375
9-6	位移电流 麦克斯韦电磁场方程	378
	选择与填空题	383
	习题	385
第十章	振动和波动	389
10-1	谐振动	389
10-2	谐振动的合成	406
10-3	阻尼振动 受迫振动 共振	408
10-4	简谐波	412
10-5	惠更斯原理 波的衍射	427
10-6	波的叠加原理 波的干涉 *驻波	429
10-7	电磁振荡和电磁波	434
	选择与填空题	440
	习题	449
第十一章	波动光学	457
11-1	光的干涉 杨氏双缝实验	457
11-2	光程和光程差	462
11-3	等厚干涉	465
11-4	单缝衍射	471
11-5	衍射光栅	478
11-6	自然光 偏振光	481
11-7	反射和折射时的偏振	485
11-8	双折射	488
	选择与填空题	490

习题	443
第十二章 近代物理基础	497
12-1 狭义相对论简介	497
12-2 光的量子性	503
12-3 玻尔的氢原子理论	510
*12-4 激光	516
*12-5 半导体简介	522
选择与填空题	528
习题	530
物理实验	533
绪论	533
实验一 长度的测量和密度的测定	551
实验二 用单摆测重力加速度	564
实验三 拉伸法测杨氏模量	571
实验四 在气轨上研究动量守恒定律	580
实验五 刚体转动惯量的测定	586
电学实验基本知识	593
实验六 伏安法测电阻	608
实验七 电表的改装	614
实验八 用惠斯登电桥测电阻	621
实验九 用电位差计测电动势	631
实验十 模拟法测绘静电场分布	612
实验十一 磁感应强度的测定	619
光学实验基本知识	666
实验十二 用牛顿环测透镜的曲率半径	667
实验十三 衍射光栅	678
实验十四 密立根油滴实验	682

设计性实验	690
附录:	692
一、基本三角公式	692
二、数字常数和近似公式	693
三、导数和积分	693
四、国际单位制(SI)	694
五、基本物理常数	697
六、希腊字母	698
选择与填空题及习题答案	699

第一章 质点运动学

在物质的各种形式运动中，最简单、最基本的一种是物体位置的变化。这种变化可以是一物体相对于另一物体的变化，也可以是一物体某些部分相对于其他部分的变化，这种位置变化称为机械运动。物理学中研究机械运动的规律及其应用的部分称为力学。在力学中把机械运动简称为运动。

本章主要介绍描述机械运动的方法和几种简单的质点运动。重点讨论位移、速度和加速度三个基本概念。

1-1 位置矢量与位移矢量

一、参照系和坐标系

宇宙间任何物体都在永恒不停地运动，绝对静止的物体是不存在的。这样，要描述一个物体的运动情况，就必须选择另一物体或几个虽在运动但相互之间保持静止的物体群作为参考。选择为参考的物体或物体群被视为“静止”。例如，研究火车的运动，通常选地面上的电线杆作为参考，把它看成是“静止”的；但要研究火车中乘客的运动，则常选择火车车箱作为参考，把车箱看成是“静止”的。这种被选作参考的物体或物体群称为参照系。如果物体相对参照系的位置在变化，则说明物体相对于该参照系在运动；如果物体相对于该参照系位置不变，则说明物体相对于该参照系是静止的。

参照系如何选择，主要视问题的性质和研究问题方便来定。例如，要研究物体相对于地球的运动，最好选择地球作参照系；要研究地球相对于太阳的运动，最好选择太阳作参照系。所选的参照系不同，对同一物体的描述就不相同，这就是运动描述的相对性。例如，一个在地面上不动的物体，如以地球为参照系它是静止的，但如以太阳为参照系，它将随地球在运动。因此，为我们研究物体运动时，必须指明，运动是相对哪个参照系来说的，否则就无法确定物体的运动情况。

在选定参照系之后，为了定量描述物体相对参照系的位置，必须在参照系上选择一坐标系。坐标系有直角坐标系，极坐标系等。坐标系选择不同，只是描述物体运动的参数不同，对物体运动的性质毫无影响。坐标系是固定于参照系上的，物体相对于坐标系的运动就是相对于参照系的运动，坐标系是参照系的数学抽象。

二、质点

任何物体都有一定的大小和形状，在运动时，物体上各点的位置变化在一般情况下是各不相同的，所以要精确描述物体的运动，不是一件很容易的事情。但是在不少情况下，由于物体的大小与形状与所研究的问题关系很小，因而在研究这字问题时，可以把物体视为具有一定质量而不考虑其大小和形状的几何点，这种理想化、抽象化的物理模型称为质点。例如，地球绕太阳公转又作自转，地球上各点相对太阳的运动是各不相同的。但是由于地球到太阳的距离约为地球直径的一万多倍，所以在研究地球公转时，可以不考虑它的大小和形状，把它视为一个质点。

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，对具体情况要作具体分析。例如当我们研究某一段时间内汽车在公路上所通过的路程时，我们所关心的是汽车的整体运动，而不考虑汽车的大小，形状以及车轮转动的情况，因而可把汽车当作一质点来处理。但当研究汽车各部分结构运动时，就不能把它简化为质点了。

研究质点还有更重要的意义。在进一步研究物体的运动时，常把物体看成是无数个质点所组成，通过分析这些质点的运动，便可弄清整个物体的运动，所以研究质点运动是研究物体运动的基础。

在本书力学部分中，除刚体的定轴转动一章外，都把物体视为质点来处理。

三、位置矢量与位移矢量

在选定参照系和坐标系之后，我们就有可能定量地来描述质点在空间的位置及其随时间的变化。

如图 1-1 所示的直角坐标系中，设有一质点 A ，它在空间的位置可以用从原点到点 O 的 A 有向线段 $\overrightarrow{OA}$ 或 $\vec{r}$ 来表示，这个自原点指向质点所在位置的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

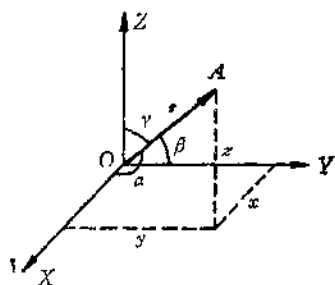


图 1-1 位置矢量

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

(1-1)

式中 x 、 y 和 z 分别是 A 点在 Ox 、 Oy 和 Oz 轴上的坐标， $\vec{i}$ 、 $\vec{j}$ 和 $\vec{k}$ 分别为沿 x 、 y 、 z 轴的单位矢量。位置矢量的大小为

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

其方向可由下式确定

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

或中 α 、 β 、 γ 分别是 $\vec{r}$ 与 x 、 y 、 z 之间的夹角。

质点运动时，它的位置矢量 $\vec{r}$ 是随时间变化的，因此 $\vec{r}$ 是时间的函数，常表示为

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \quad (1-2)$$

这个 $\vec{r}$ 随时间变化的关系式叫做质点的运动方程。它还可写成

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \quad (1-3)$$

其中 $x = x(t)$ ， $y = y(t)$ ， $z = z(t)$

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。

研究质点的运动不仅要知道它的位置，更重要的是要知道它的位置变化情况。在图 1-2 所示的直角坐标系中。当质点从 A 点移动到 B 点时，我们把从起点 A 到终点 B 的

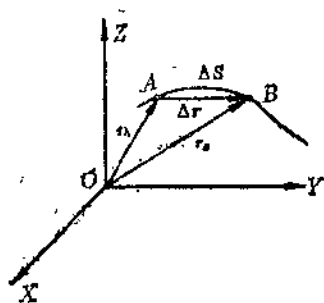


图 1-2 位置矢量

有向线段 $\vec{AB}$ ，即终点 B 与起点 A 的位置矢量之差 $\Delta \vec{r}$ 叫做起点 A 到终点 B 的位移矢量。可表示为

$$\vec{\Delta r} = \vec{r}_B - \vec{r}_A \quad (1-4)$$

进一步可把位移矢量 $\vec{\Delta r}$ 用坐标来表示

$$\begin{aligned} \vec{\Delta r} = \vec{r}_B - \vec{r}_A &= (x_B \vec{i} + y_B \vec{j} + z_B \vec{k}) - (x_A \vec{i} + y_A \vec{j} + z_A \vec{k}) \\ &= (x_B - x_A) \vec{i} + (y_B - y_A) \vec{j} + (z_B - z_A) \vec{k} \\ &= \Delta x_B \vec{i} + \Delta y_B \vec{j} + \Delta z_B \vec{k} \end{aligned} \quad (1-5)$$

应当注意，位移矢量是描述质点位置变化的物理量，它只表示位置变化的实际效果，并未反映真实的运动路径。因而，位移矢量 $\vec{\Delta r}$ 的大小 $|\vec{\Delta r}|$ 并不等于真实运动路径的弧长 ΔS ，它的方向也不同于真实运动的方向。例如图 1-3 中，质点由 A 点可以沿三种不同的路径至 B 点，其路程是各不相同的，但它们的位移矢量 $\vec{\Delta r}$ 却是一样的。又如质点沿一闭合路径回到初位置时，其位移矢量为零，而路程却不为零。所以一般情况下位移矢量的大小与路程是不同的。只有在直线运动时，位移矢量的大小 $|\vec{\Delta r}|$ 才等于质点所通过的路程 ΔS 。

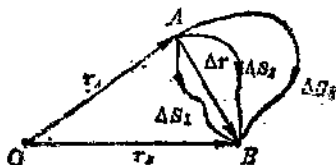


图 1-3 位移不同于路程

1-2 速 度

为了进一步描述质点的运动情况，我们将引入速度矢量，它不仅可以确定质点运动的快慢，而且可以给出任意瞬时质点的运动方向。

一、平均速度

设质点沿图 1-4 所示的曲线轨道运动，它从 t_A 时刻的 A 点运动到 t_B 时刻的 B 点。 A 、 B 两点的位置可以分别用位置矢量 $\vec{r}_A$ 和 $\vec{r}_B$ 表示。在 $\Delta t = t_B - t_A$ 这段时间间隔内，质点的位移矢量 $\Delta \vec{r} = \vec{r}_B - \vec{r}_A$ 。我们把质点的位移矢量 $\Delta \vec{r}$ 与所经历的时间间隔 Δt 之比，叫做平均速度。用 $\vec{v}$ 来表示：

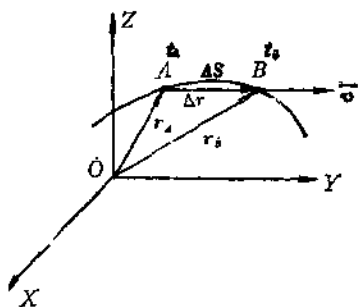


图 1-4 平均速度

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad (1-6)$$

平均速度 $\vec{v}$ 是矢量。平均速度的大小是 $|\frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}|$ ，它表示质点在确定时间间隔 Δt 内运动的快慢程度，平均速度的方向就是这段时间间隔内质点位移 $\Delta \vec{r}$ 的方向。平均速度的单位可由式 (1-4) 决定。当位移的单位用 m (米)，时间的单位用 s (秒) 时，平均速度的单位为 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (米·秒⁻¹)。

二、瞬时速度

平均速度只能粗略地描述某一段时间 (或位移) 内的运动情况，一般地说，因所取的时间间隔不同而有差异，它既不能反映这段时间 (或位移) 内的真实运动情况，也不能反

映质点在某一时刻的运动情况。要精确地描述物体的运动状况，我们必须知道物体在每一时刻（或每一位置）的速度。为了得到这一速度，必须令所取的时间间隔渐渐缩小，于是相应的位移 $\Delta \vec{r}$ 也渐渐缩短；当 Δt 趋近于零时， $\Delta \vec{r}$ 也趋近于零，但在 Δt 趋近于零的无限短时间内的平均速度 $\Delta \vec{r}/\Delta t$ 将趋近于一个有限大小的极限值。这一极限值属于 t 这一时刻，又是从平均速度过渡来的，因此适合于描述质点在 t 时刻的运动状态。我们把 Δt 趋近于零时平均速度 $\vec{v}$ 的极限（包括大小和方向的极限），叫做质点在某一时刻（或某一位置）的瞬时速度，简称速度。它精确地描述了质点在该时刻运动的快慢和方向，表示为

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad (1-7)$$

即，瞬时速度等于位置矢量时间的一阶导数。

速度的方向是，
当 Δt 趋近于零时平均速度 $\Delta \vec{r}/\Delta t$ 或位移 $\Delta \vec{r}$ 的极限方向。由图 1-5 很容易看出。当 B 点经 B' 、 B'' …趋

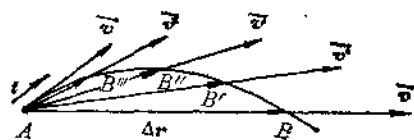


图 1-5 速度方向

近于 A 点，割线 AB 的方向就趋近于 A 点的切线方向，所以速度方向是轨路上质点的切线方向。

速度的大小是

$$v = |\vec{v}| = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta \vec{r}|}{\Delta t}$$

在 Δt 非常小时，可近似地把曲线 $\widehat{AB}$ 看有直线段 $\overline{AB}$ ，