

21世纪

高等学校应用型规划教材



大学物理基础

第二版

曹贺鑫 王敬修 主编



化学工业出版社

21 世纪高等学校应用型规划教材

大学物理基础

第二版

曹贺鑫 王敬修 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

为了适应应用型院校的教学要求,根据教育部制订的“理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求”,遵循“以应用为目的”、“以必需、够用为度”的原则,并注意与高中物理课程改革相协调,编写《大学物理基础》一书。

本书内容包含有力学、热学、电磁学、波动学、近代物理基础。对内容阐述详细,说理透彻,富有启发性,并有典型例题分析使学生充分理解物理概念、内容、方法。因而有利于培养学生分析问题和解决问题的能力。建议教学时数为 80 学时左右。

本书可作为工科类高校、职业技术学院、职工大学、函授大学的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理基础/曹贺鑫,王敬修主编. —2版. —北京:
化学工业出版社, 2012
21 世纪高等学校应用型规划教材
ISBN 978-7-122-13246-8

I. 大… II. ①曹…②王… III. 物理学-高等学校-
教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 005277 号

责任编辑:唐旭华 叶晶磊
责任校对:吴 静

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张 12 $\frac{3}{4}$ 字数 312 千字 2012 年 2 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

《大学物理基础（第二版）》编写人员

主 编 曹贺鑫 王敬修

副 主 编 张亚民 王春霞

编写人员（以姓氏笔画为序）

马惠宁 王春霞 王敬修 牛铁良 张亚民

杨 健 黄志强 黄英华 曹贺鑫

前 言

物理学是自然科学的基础，其研究对象是物质世界的基本形态，其研究范围涵盖了物质世界的所有层次。因此，由物理学而衍生了诸多的子学科，如激光物理、天体物理、材料物理等，这些学科现已经成为独立的研究方向。在过去的 100 多年里，物理学对人类科技的发展做出了巨大的贡献。为了纪念物理学对人类所做出的伟大贡献，联合国将 2005 年命名为“国际物理年”，这是联合国历史上第一次以单一学科命名的国际年。大学物理是一门为高等学校理工科各专业学生开设的公共基础课，旨在指导学生学习 and 掌握必要的物理学知识，帮助学生成长为训练有素的科学工作者和工程技术人员。

本书是按照教育部指定的“理工科非物理类专业大学物理课程教学基本要求”，遵循“以应用为目的”的原则，以培养学生的物理思想为重点，介绍物理学中的几大理论体系，为专业课程的学习打好基础。全书共分五篇，分别介绍力学、热学、电磁学、波动学和近代物理学，其内容简练，重点突出，概念清楚，注重应用，注意与高中知识相协调。本书第一版受到了诸多使用者的好评，为了更好地满足广大读者的需要，编者对原书做了修订，保留了原教材的知识结构和叙述风格，调整合并了一些章节的内容，对知识点的介绍更加连贯自然，习题更加精炼，考核知识点更加突出，使教材的知识体系更加紧凑，习题难度更加适宜教材要求，同时在部分章节后增加了科学家简介。

本书在力求内容精炼的同时，保证了内容涵盖普通物理的经典基础理论，增加了知识的实用性。本书适合 60~80 学时的教学要求，可作为高校少学时本科、专科及成人教育的大学物理教材。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

编者
2011 年 11 月

目 录

预备知识 矢量	1
---------	---

第一篇 力 学

第一章 质点运动学	7
第一节 参照系 质点	7
第二节 描述质点运动的基本量	8
第三节 平面曲线运动	11
第四节 相对运动	15
练习题 1	16
第二章 质点动力学	18
第一节 牛顿运动定律	18
第二节 力 力学中常见力	19
第三节 牛顿运动定律的应用	22
第四节 动量 动量守恒定律	25
第五节 功 功率 质点的动能定理	29
第六节 势能	32
第七节 功能原理 机械能守恒定律	34
第八节 能量转化和能量守恒定律	37
练习题 2	37
第三章 刚体的定轴转动	41
第一节 描述刚体定轴转动的基本量	41
第二节 力矩 转动定律 转动惯量	42
第三节 刚体定轴转动的角动量定理和角动量守恒定律	45
练习题 3	46

第二篇 热学基础

第四章 气体动理论	49
第一节 分子运动论的基本观点	49
第二节 理想气体的状态方程	51
第三节 理想气体的压强和温度公式	53
第四节 能量均分定理和理想气体的内能	55
第五节 在平衡态下气体分子速率的统计分布规律	57
练习题 4	60
第五章 热力学基础	61
第一节 热力学系统的过程	61

第二节	内能 功 热量	61
第三节	热力学第一定律	63
第四节	热力学第一定律对理想气体的应用	64
第五节	循环过程 卡诺循环	68
第六节	热力学第二定律	71
第七节	卡诺定理	72
练习题 5		72

第三篇 电 磁 学

第六章	静电场	75
第一节	电荷 电荷守恒定律	75
第二节	库仑定律	76
第三节	电场强度	77
第四节	电场强度的计算	78
第五节	电场强度通量 高斯定理	80
第六节	静电场力所做的功和环路定律	85
第七节	电势能 电势差 电势	86
第八节	电势的计算	87
第九节	静电场中的导体	91
第十节	电容器 电场能量	91
练习题 6		94
第七章	恒定磁场	97
第一节	磁场 磁感强度	97
第二节	毕奥-萨伐尔定律	98
第三节	磁感线 磁通量 磁场的高斯定理	101
第四节	安培环路定理	103
第五节	磁场对载流导线的作用力	105
第六节	磁场对载流线圈的磁力矩	107
第七节	带电粒子在电场和磁场中的运动	108
练习题 7		110
第八章	电磁感应和电磁场	113
第一节	电磁感应的基本现象	113
第二节	法拉第电磁感应定律	114
第三节	楞次定律	115
第四节	动生电动势 感生电动势	117
第五节	自感和互感	119
第六节	磁场的能量 磁场能量密度	121
第七节	电磁场理论	122
第八节	电磁波	125
练习题 8		127

第四篇 波 动 学

第九章 机械振动	129
第一节 简谐振动	129
第二节 描述简谐振动的特征量	130
第三节 简谐运动的旋转矢量表示法	131
第四节 简谐振动系统的能量	133
第五节 简谐振动的合成	134
练习题 9	135
第十章 机械波	137
第一节 机械波的形成及描述	137
第二节 描述波动的基本物理量	139
第三节 平面简谐波	139
第四节 波动中各质点振动的时间差、相位差与波程差的关系	141
第五节 波的能量	143
第六节 惠更斯原理 波的衍射和干涉	144
第七节 相干波	146
练习题 10	148
第十一章 波动光学	150
第一节 光波	150
第二节 光的相干性 光程差	151
第三节 分波阵面法干涉	153
第四节 薄膜干涉	155
第五节 劈尖 牛顿环	157
第六节 光的衍射 惠更斯-菲涅耳原理	159
第七节 夫琅禾费单缝衍射	160
第八节 衍射光栅	163
第九节 光的偏振现象	166
第十节 反射光和折射光的偏振	168
练习题 11	169

第五篇 近代物理基础

第十二章 狭义相对论简介	171
第一节 经典的时空观	171
第二节 狭义相对论的基本原理 洛伦兹变换	172
第三节 狭义相对论的时空观	173
第四节 相对论中的质量和能量	178
练习题 12	179
第十三章 波和粒子	181
第一节 光电效应 爱因斯坦光子假设	181

第二节 实物粒子的波粒二象性 德布罗意波.....	183
第三节 波函数.....	184
第四节 薛定谔方程.....	185
练习题 13	186
练习题参考答案.....	187
附录.....	193
附录一 我国法定计量单位和国际单位制 (SI 单位)	193
附录二 希腊字母.....	195

预备知识 矢 量

一、标量和矢量

在基础物理学中，物理量可以分成标量和矢量两类，一类是标量物理量（简称标量），如面积、体积、质量、时间、温度、能量、电量等，它们遵循通常的代数运算法则；另一类是矢量物理量（简称矢量），如位移、速度、加速度、动量、力、电场强度等，它们既有大小，又有方向，遵循矢量代数运算法则。

矢量通常用黑体字 $\mathbf{A}$ 或带有箭头的字母 $\overrightarrow{ab}$ 表示。在作图时，常用有向线段表示（如图 0-1 所示）。线段的长短按一定比例表示矢量大小；箭头的指向表示矢量的方向。

矢量的大小称为矢量的模或绝对值，矢量 $\mathbf{A}$ 的模可表示为 $A = |\mathbf{A}| = |\overrightarrow{ab}|$ 。

一个矢量亦可以用单位矢量的方法表示矢量。设矢量 $\mathbf{A}$ 的单位矢量为 $\mathbf{A}^0$ ，它的指向与 $\mathbf{A}$ 相同，其模为 1，即 $|\mathbf{A}^0| = 1$ 。于是 $\mathbf{A}$ 可写成

$$\mathbf{A} = A\mathbf{A}^0$$

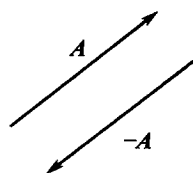


图 0-1 矢量的图像表示

二、矢量的合成几何法

1. 矢量的合成

把两个或多个矢量相加，称矢量的合成。矢量合成的几何方法有两种：平行四边形法和三角形法。

(1) 平行四边形法

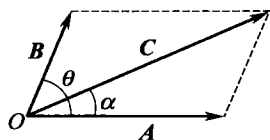


图 0-2 矢量加法

把两个相加的矢量 $\mathbf{A}$ 和 $\mathbf{B}$ 平移到空间一点 O ，以这两个矢量为邻边做平行四边形，则平行四边形的对角线就是 $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{B}$ 的合矢量 $\mathbf{C}$ ，如图 0-2 所示。

$$\mathbf{C} = \mathbf{A} + \mathbf{B}$$

θ ，则

合矢量 $\mathbf{C}$ 的大小，可由余弦定理算出，设 $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{B}$ 的夹角为

$$C = |\mathbf{C}| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta}$$

$\mathbf{C}$ 的方向可以用它与 $\mathbf{A}$ 的夹角 α 表示

$$\tan\alpha = \frac{B\sin\theta}{A + B\cos\theta}$$

(2) 三角形法

矢量合成的三角形法，如图 0-3 所示。

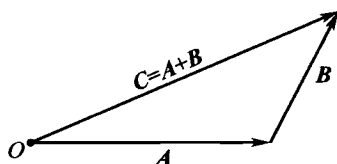


图 0-3 矢量加法三角形法

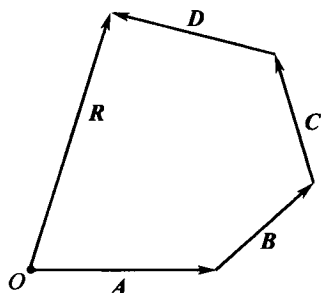


图 0-4 求合矢量多边形封闭边法

把矢量 B 平移, 使 B 的“起点”与 A 的“终点”相接, 则从 A 的“起点”引向 B 的“终点”的矢量就是合矢量 C 。

用三角形法求多个矢量的合矢量比较方便。把相加的矢量逐个平移, 使它们起点、终点相接, 则从第一个矢量的起点引向最后一个矢量的终点的矢量就是合矢量 R (如图 0-4 所示)。即

$$R = A + B + C + D$$

2. 矢量相减

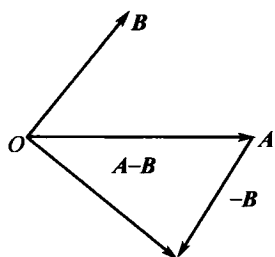


图 0-5 矢量减法

矢量减法可用负矢量变换成矢量相加, 矢量 C 为矢量 A 与 B 之差, 即

$$C = A - B = A + (-B)$$

如图 0-5 所示。

三、矢量合成的解析法

1. 矢量在直角坐标轴上的分矢量和分量

如图 0-6 所示, 一矢量 A 在直角坐标系中, 那么它在 x 、 y 、 z 轴上的分矢量分别为 A_x 、 A_y 、 A_z , 于是有

$$A = A_x + A_y + A_z$$

另外, 矢量 A 在 x 、 y 、 z 轴的分量 (即投影) 分别为 A_x 、 A_y 、 A_z , 如以 i 、 j 、 k 分别表示 x 、 y 和 z 轴上的单位矢量, 则有

$$A = A_x i + A_y j + A_z k$$

矢量 A 的模为

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

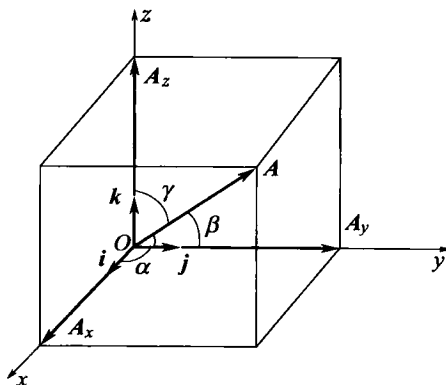
A 的方向由矢量 A 与 x 、 y 、 z 轴的夹角 α 、 β 和 γ 来确定

$$\cos \alpha = \frac{A_x}{A}, \quad \cos \beta = \frac{A_y}{A}, \quad \cos \gamma = \frac{A_z}{A}$$

2. 矢量合成的解析法

矢量运算的解析法是先把各个矢量进行正交分解, 然后用它们的分量进行运算。

【例】 已知 A 、 B 二矢量, 在直角坐标系中分解:

图 0-6 矢量 A 在直角坐标轴上分量

$$\mathbf{A} = A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}$$

$$\mathbf{B} = B_x \mathbf{i} + B_y \mathbf{j} + B_z \mathbf{k}$$

求合矢量 $\mathbf{C} = \mathbf{A} + \mathbf{B}$ 。

解 $\mathbf{C} = \mathbf{A} + \mathbf{B} = (A_x + B_x)\mathbf{i} + (A_y + B_y)\mathbf{j} + (A_z + B_z)\mathbf{k} = C_x \mathbf{i} + C_y \mathbf{j} + C_z \mathbf{k}$

由此得

$$C_x = A_x + B_x; C_y = A_y + B_y; C_z = A_z + B_z$$

合矢量 $\mathbf{C}$ 的大小为

$$C = \sqrt{C_x^2 + C_y^2 + C_z^2} = \sqrt{(A_x + B_x)^2 + (A_y + B_y)^2 + (A_z + B_z)^2}$$

方向 $\cos \alpha = \frac{C_x}{C}; \cos \beta = \frac{C_y}{C}; \cos \gamma = \frac{C_z}{C}$ 。

3. 矢量相减的解析法

两个矢量 $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{B}$ 的差为

$$\mathbf{C} = \mathbf{A} - \mathbf{B} = (A_x - B_x)\mathbf{i} + (A_y - B_y)\mathbf{j} + (A_z - B_z)\mathbf{k}$$

四、矢量的乘法

在物理学中，经常遇到矢量的乘积。第一种是数乘矢量，第二种是矢量与矢量的点积（点乘），第三种是矢量与矢量的矢积（叉积叉乘）。

1. 矢量与标量相乘

设矢量 $\mathbf{A}$ 与一个标量 m 相乘，得到矢量 $\mathbf{L}$ ，

$$\mathbf{L} = m\mathbf{A}$$

例如牛顿定律 $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ 、电场力 $\mathbf{F} = q\mathbf{E}$ ，都是矢量与标量的乘积。 $\mathbf{L}$ 的大小，即 $L = |m\mathbf{A}|$ 。方向：当 $m > 0$ 时， $\mathbf{L}$ 与 $\mathbf{A}$ 同向；当 $m < 0$ 时， $\mathbf{L}$ 与 $\mathbf{A}$ 反向。

2. 矢量的标积

设两矢量 $\mathbf{A}$ 和 $\mathbf{B}$ 之间的夹角 α 小于 π ，矢量 $\mathbf{A}$ 和 $\mathbf{B}$ 的标积用符号 $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$ 表示，并定义

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = AB \cos \alpha$$

如图 0-7 所示， $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$ 也相当于 $\mathbf{A}$ 的大小与 $\mathbf{B}$ 沿 $\mathbf{A}$ 方向分量的乘积。

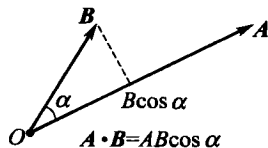


图 0-7 矢量标积

从标积的定义可以得到标积的性质：

① $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = AB \cos \alpha = BA \cos \alpha = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A}$ （满足交换律）；

② $(\mathbf{A} + \mathbf{B}) \cdot \mathbf{C} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{C} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{C}$ （满足分配律）。

在平面直角坐标系中，有两个矢量 $\mathbf{A}$ 和 $\mathbf{B}$ ，它们分别为

$$\mathbf{A} = A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}, \mathbf{B} = B_x \mathbf{i} + B_y \mathbf{j} + B_z \mathbf{k}$$

利用 $\mathbf{i} \cdot \mathbf{i} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{j} = \mathbf{k} \cdot \mathbf{k} = 1; \mathbf{i} \cdot \mathbf{j} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{i} = \mathbf{i} \cdot \mathbf{k} = \mathbf{k} \cdot \mathbf{i} = \mathbf{j} \cdot \mathbf{k} = \mathbf{k} \cdot \mathbf{j} = 0$

可得 $\mathbf{A}$ 、 $\mathbf{B}$ 的标积为

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

在物理中，力所做的功 $W = \mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{r}$ ，它就是力 $\mathbf{F}$ 与位移 $\Delta \mathbf{r}$ 的标积。

3. 矢量的矢积

设两矢量 $\mathbf{A}$ 与 $\mathbf{B}$ 之间小于 180° 的夹角为 θ ， $\mathbf{A}$ 和 $\mathbf{B}$ 的矢积用符号 $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ 表示，并定义它为另一矢量 $\mathbf{C}$ ，即

$$\mathbf{C} = \mathbf{A} \times \mathbf{B}$$

矢量 $\mathbf{C}$ 的大小为

$$C = AB \sin \theta$$

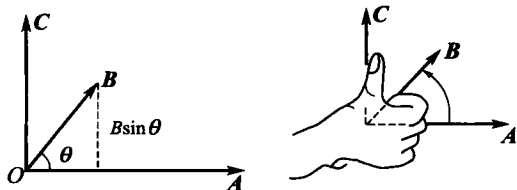


图 0-8 矢量 $\mathbf{A}$ 和 $\mathbf{B}$ 的矢积

矢量 $\mathbf{C}$ 的方向垂直于 $\mathbf{A}$ 和 $\mathbf{B}$ 所在平面，其方向可用右手螺旋法则确定，如图 0-8 所示，当右手四指从 $\mathbf{A}$ 经小于 180° 的角转向 $\mathbf{B}$ 时，右手拇指的指向就是 $\mathbf{C}$ 的方向。

利用矢积的定义，可以得到矢积具有如下性质：

- ① $\mathbf{A} \times \mathbf{B} = -\mathbf{B} \times \mathbf{A}$ ，不服从交换律；
- ② $\mathbf{B} \times \mathbf{A} = 0$ 或 $\mathbf{A} \times \mathbf{B} = 0$ ，表示 $\mathbf{A}$ 与 $\mathbf{B}$ 平行；
- ③ $\mathbf{C} \times (\mathbf{A} + \mathbf{B}) = \mathbf{C} \times \mathbf{A} + \mathbf{C} \times \mathbf{B}$ ，服从分配律。

$$\begin{aligned} \mathbf{A} \times \mathbf{B} &= (A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}) \times (B_x \mathbf{i} + B_y \mathbf{j} + B_z \mathbf{k}) \\ &= (A_y B_z - A_z B_y) \mathbf{i} + (A_z B_x - A_x B_z) \mathbf{j} + (A_x B_y - A_y B_x) \mathbf{k} \end{aligned}$$

上式还可写成行列式

$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

在力学中的力矩 $\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$ ，角动量 $\mathbf{L} = \mathbf{r} \times \mathbf{P}$ ，安培力 $d\mathbf{F} = I d\mathbf{l} \times \mathbf{B}$ 都是矢量的矢积。

五、矢量的导数

设矢量 $\mathbf{A}$ 是时间 t 的函数，则在 Δt 时间间隔内，它的增量为

$$\Delta \mathbf{A} = \mathbf{A}(t + \Delta t) - \mathbf{A}(t)$$

当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时， $\Delta \mathbf{A} / \Delta t$ 的极限值为

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{A}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{A}}{dt}$$

式中， $\frac{d\mathbf{A}}{dt}$ 为矢量 $\mathbf{A}$ 对时间 t 的导数。

例如速度矢量是位置矢量对时间的导数， $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ 。

矢量对时间的导数可以用解析法表示：

$$\frac{d\mathbf{A}}{dt} = \frac{d}{dt} [A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}] = \frac{dA_x}{dt} \mathbf{i} + \frac{dA_y}{dt} \mathbf{j} + \frac{dA_z}{dt} \mathbf{k}$$

矢量函数的求导法则：

- (1) $\frac{d}{dt}(\mathbf{A} + \mathbf{B}) = \frac{d\mathbf{A}}{dt} + \frac{d\mathbf{B}}{dt}$;
- (2) $\frac{d(m\mathbf{A})}{dt} = m \frac{d\mathbf{A}}{dt}$ (m 为常数)；
- (3) $\frac{d(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})}{dt} = \frac{d\mathbf{A}}{dt} \cdot \mathbf{B} + \mathbf{A} \cdot \frac{d\mathbf{B}}{dt}$ ；
- (4) $\frac{d(\mathbf{A} \times \mathbf{B})}{dt} = \mathbf{A} \times \frac{d\mathbf{B}}{dt} + \frac{d\mathbf{A}}{dt} \times \mathbf{B}$ 。

六、矢量的积分

1. 矢量对时间的积分

如果
$$\mathbf{A} = \frac{d\mathbf{B}}{dt}$$

则求 $\mathbf{B}$ 时, 就需要 $\mathbf{A}$ 对时间积分。

例如, 已知牛顿第二定律
$$\mathbf{F} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt}$$

得
$$\int_{t_1}^{t_2} \mathbf{F} \cdot dt = \int_{m\mathbf{v}_1}^{m\mathbf{v}_2} d(m\mathbf{v}) = m\mathbf{v}_2 - m\mathbf{v}_1$$

表示力对时间的积累等于该质点的动量的增大。

2. 矢量对空间的积分

(1) 矢量的一般线积分为

$$\int \mathbf{A} d\mathbf{l}$$

例如, 在静电学中, 带电体是线分布, 求空间某一点的电场强度为

$$\mathbf{E} = \int_L \frac{\lambda \mathbf{r} d\mathbf{l}}{4\pi\epsilon_0 r^3} = \int \frac{\lambda x}{4\pi\epsilon_0 r^3} d\mathbf{l}i + \int \frac{\lambda y}{4\pi\epsilon_0 r^3} d\mathbf{l}j + \int \frac{\lambda z}{4\pi\epsilon_0 r^3} d\mathbf{l}k$$

(2) 矢量的标积线积分

$$\int \mathbf{A} \cdot d\mathbf{l} = \int A_x dx + \int A_y dy + \int A_z dz$$

例如, 力所做的功是力对位移的标积线积分

$$W = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{l}$$

积分路径沿质点的轨道。

(3) 矢量的矢积分

$$\int \mathbf{A} \times d\mathbf{l}$$

例如, 电磁学中的安培力

$$\mathbf{F} = \int I d\mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

线电流元在空间产生的磁感应强度

$$\mathbf{B} = \int \frac{\mu I d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{4\pi r^3}$$

第一篇 力学

物理学是研究物质的基本结构、相互作用和物质运动最基本最普遍的形式（包括机械运动、热运动、电磁运动、微观粒子运动等）及其相互转化规律的科学。物体之间或同一物体各部分之间相对位置的变动称为机械运动。物理学中讨论机械运动的规律及其应用的科学称为力学。

第一章 质点运动学

本章主要讨论质点运动学，其主要内容为描述质点运动的基本量有位置矢量、位移、速度和加速度、切向加速度、法向加速度、相对运动等。总之，研究物体的位置随时间而变的规律称运动学。

第一节 参照系 质点

1. 参照系

自然界中所有的物体都处在不停地运动，绝对静止不动的物体是没有的。当我们观察一个物体的位置及位置的变化时，总要选取其他物体作为标准，选取的标准物不同，对物体运动情况的描述也就不同，这就是运动描述的相对性。

运动的相对性，在日常生活中常常可以体会到。例如，骑自行车在马路上行驶时觉得逆风，等到回来时往往觉得还是逆风。这并不是因为风向改变了。这只不过是：以行驶中的自行车为参照系，将自行车当作“静止”的，则所有物体具有向后的速度（路旁房屋、树木都向后闪过），空气同样参与这种相对于自行车的向后运动，这就使骑车人常常感受到逆风。

为描述物体的运动而选的标准物叫做参照系。参照系的选择是任意的，而选择不同的参照系，以同一物体运动情况的描述是不同的。例如竖直落下的雨点，在行驶着的火车车窗上留下的痕迹并不竖直，而向后倾斜，这也是因为雨滴具有相对于火车的向后速度。因此，描述物体运动情况时，必须指明对什么参照系而言的。在讨论地面附近物体的运动时，通常选地面作为参照系。

2. 质点

如果物体的大小远远小于所研究的问题中的有关距离，问题又不涉及物体的转动，就可以忽略实际物体的体积，用一个没有体积大小，因而也谈不上有什么形状的“点”来代替实际物体。但在物体的机械运动中，质量起很重要的作用，因此这个“点”还应该保留有质量。这就是质点。这将使所研究的问题大大简化。所以说，质点是力学中一个极其重要的理想模型。

例如，研究地球绕太阳的运行而不涉及地球的自转时，由于地球的半径远远小于太阳到地球的距离，完全可以将地球这个庞然大物当作质点。又例如研究传动机构时涉及转动，这时哪怕是最小的齿轮也不能当作质点。

应当指出,把物体视为质点这种抽象的研究方法,在实践上和理论上都是有重要意义的。当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。所以,研究质点的运动是研究物体运动的基础。

第二节 描述质点运动的基本量

一、位置矢量 运动方程

1. 位置矢量

在参照系选定之后,为了定量地描述质点的位置,有时需在参照系上选择一个坐标系。

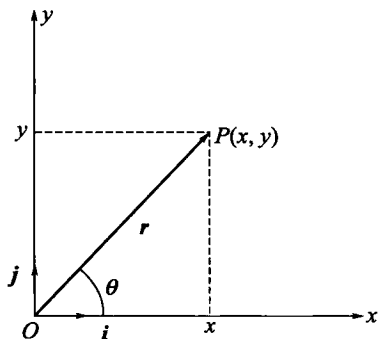


图 1-1 位置矢量

如图 1-1 所示的平面直角坐标系中,在时刻 t 、质点 P 在坐标系里的位置可用位置矢量 $\mathbf{r}(t)$ 来表示。位置矢量简称位矢,它是一个有向线段,其始端位于坐标系的原点 O ,终端则与质点 P 在时刻 t 的位置相重合。由图 1-1 可知,位矢 $\mathbf{r}$ 在 Ox 轴、 Oy 轴上的投影分别为 x 、 y 。所以,质点 P 在 Oxy 的直角坐标系中的位置,既可用位矢 $\mathbf{r}$ 来表示,也可用坐标 x 、 y 来表示。如取 $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 分别为沿 Ox 轴、 Oy 轴的单位矢量,则位移可表示为

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} \text{ (m)}$$

其值为

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

位移 $\mathbf{r}$ 的方向确定,为

$$\tan\theta = \frac{y}{x}$$

2. 运动方程

当质点运动时,它相对坐标原点 O 的位矢量随时间而变化,因此, $\mathbf{r}$ 是时间的函数,即

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} \text{ (m)}$$

此式叫做质点的运动方程。若将 $x(t)$ 、 $y(t)$ 在 Ox 轴、 Oy 轴的分量,从中消去参数 t ,便得到了质点运动的轨道方程。

【例 1】 已知一物体作斜抛运动,其位矢

$$\mathbf{r} = v_0 \cos\theta_0 \cdot t \mathbf{i} + (v_0 \sin\theta_0 \cdot t - \frac{1}{2}gt^2) \mathbf{j}$$

求轨道方程。

解 $x = v_0 \cos\theta_0 \cdot t, y = v_0 \sin\theta_0 \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$

消去时间 t , 有

$$y = x \tan\theta_0 - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2\theta_0} x^2$$

这就是斜抛物体的轨道方程。