




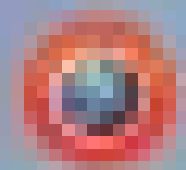
全国高等农业院校教材  
全国高等农业院校教学指导委员会审定

# 大学物理



李士军 主编

 中国农业出版社



清华大学出版社  
Tsinghua University Press

# 大学物理

第五版

清华大学出版社

全国高等农业院校教材  
全国高等农业院校教学指导委员会审定

# 大 学 物 理

李士军 主编

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理 / 李士军主编. —北京: 中国农业出版社,  
2005. 12

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-10494-X

I. 大... II. 李... III. 物理学-高等学校-教材  
IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 140643 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 薛 波

中青印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行  
2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 15.25

字数: 266 千字

定价: 20.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

## 内 容 简 介

本书根据农、林院校的特点及应用型人才培养的要求，以培养创造性人才科学素质为目标，充分展示物理学对生命科学的影响和作用，围绕物理思想和物理方法构建新的内容体系，包括力学、热学、电磁学、光学及近代物理学基础等共十四章。每章后都附有一定数量的习题，以帮助读者检查并巩固所学知识。

本书可作为高等农、林院校生命科学类专业以及工科类少学时专业的物理教材，也可作为师范学院、医学院校等相近专业的教材或参考书。

## 编 审 人 员

**主 编** 李士军 (吉林农业大学)

**副主编** 徐 秋 (河北科技师范学院)

柴春梅 (吉林农业科技学院)

**参 编** (以姓氏笔画为序)

于智才 (吉林农业科技学院)

李春艳 (吉林农业科技学院)

金海兰 (延边大学)

崔 浩 (延边大学)

韩 彪 (吉林农业大学)

**主 审** 刘雅娟 (吉林农业大学)

# 前 言

物理学是研究自然界最基本、最普遍规律的科学。物理学的发展过程就是人类文明进步的发展历程，物理学的每一次新的进展，在改变世界的同时，也改变了人们对世界的看法，直接影响人们的世界观。物理学信息熵的发展直接影响社会科学、信息学的发展。物理学对时间、空间的进一步认识，自然会改变人们基本的认识论，在哲学领域产生最深刻的改变。

物理学为生命科学的研究提供了大量的实验手段，对揭示生命的奥秘起着举足轻重的作用。20世纪50年代由于物理学的X射线衍射结构分析技术被引进了生物学，从而确定了DNA的双螺旋结构。现在，X射线衍射结构分析技术，加上圆二色性技术、旋光色散技术、核磁共振技术、电子自旋共振技术及电子显微镜等技术的结合，使生物大分子的性质和结构功能的研究在分子水平上进行。另外，物理学不断向生物学领域渗透，形成了一系列新兴的边缘学科，物理学的新理论、新技术在推动生物科学的发展中起到的作用将越来越明显。

物理学的发展形成了一整套的科学的思维方法。物理学理论的建立是科学思想与科学方法论相结合的产物，也就是发现、揭示、归纳、总结的认识过程，是培养学生对科学知识的探索精神和素质教育最有效的载体。系统的物理学知识是培养科学素质的基础，在学习这些知识的同时，学生们会被物理学家不断探索未知事物的过程所启迪，被其精神所感染，对能力的培养、科学严谨的行为方法和勇于探索的精神的形成很有帮助。物理学习将使学生受益终生。

根据应用型人才培养的要求，以培养学生的科学素质为目标，本教材充分展示物理学对生命科学的影响和作用，围绕物理思想和物理方法构建新的内容体系。本教材以方法带动知识的学习，注重把握整体的知识结构，提高运用知识解决实际问题的能力；不求大而全，所选部分内容科学严密和连贯统一；用现代的观点审视经典内容，经典向现代适当延伸，突出新发展的理论部分，给读者以新鲜、新颖、新奇的全新面貌。处理方法上运用微积分、矢量运算等数学工具，删掉复杂的数学推导，便于教师的选择讲授和学生自学。

本书的编写，得到了中国农业出版社教材中心的大力支持，刘雅娟老师审阅全书，并提出许多宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。

本教材由李士军负责编写大纲的设计和全书统稿工作。具体编写分工：李士军编写第九章、第十一章、第十二章、第十四章，徐秋编写第一章、第二章、第三章，柴春梅编写第七章、第八章，金海兰编写第四章，于智才编写第五章，李春艳编写第六章，崔浩编写第十章，韩彪编写第十三章。

书中不足和疏漏之处，恳请广大读者和同行批评指正。

编者

2005年10月



# 目 录

## 前言

<b>第一章 力学基本定律</b> .....	1
第一节 质点运动学 .....	1
第二节 质点动力学 .....	9
第三节 功 势能 .....	16
第四节 功能原理 机械能守恒定律 .....	21
第五节 动量与冲量 动量定理 .....	23
第六节 动量守恒定律 .....	25
本章要点 .....	27
习题 .....	27
<b>第二章 刚体力学</b> .....	30
第一节 刚体的定轴转动 .....	30
第二节 转动动能 转动惯量 飞轮 .....	31
第三节 力矩的功 转动定律 .....	34
第四节 角动量 角动量守恒定律 .....	35
本章要点 .....	37
习题 .....	38
<b>第三章 狭义相对论基础</b> .....	39
第一节 经典力学的时空观 相对论的两条基本原理 .....	39
第二节 狭义相对论的时空观 钟慢尺缩效应 .....	40
第三节 高速运动物体的质量与能量 .....	41
本章要点 .....	43
习题 .....	43

<b>第四章 流体的运动和液体表面性质</b> .....	44
第一节 理想流体的稳定流动 .....	44
第二节 伯努利方程及其应用 .....	46
第三节 黏滞流体的运动规律 .....	50
第四节 沉降分离与离心分离 .....	54
第五节 液体的表面张力 .....	57
第六节 弯曲液面的附加压强 .....	60
第七节 毛细现象和气体栓塞现象 .....	62
第八节 表面活性物质与表面吸附 .....	66
本章要点 .....	67
习题 .....	68
<b>第五章 气体动理论</b> .....	70
第一节 气体动理论的基本概念 .....	70
第二节 理想气体压强和温度的统计解释 .....	72
第三节 能量均分定理 理想气体的内能 .....	74
第四节 麦克斯韦统计分布率 .....	76
第五节 气体分子的碰撞 .....	80
本章要点 .....	81
习题 .....	82
<b>第六章 热力学基础</b> .....	83
第一节 热力学第一定律 .....	83
第二节 热力学第一定律的应用 .....	85
第三节 循环过程 卡诺循环 .....	89
第四节 热力学第二定律 .....	93
第五节 熵 熵增加原理 .....	95
本章要点 .....	98
习题 .....	98
<b>第七章 静电场</b> .....	100
第一节 电场强度 .....	100
第二节 真空中的高斯定理 .....	103

第三节 静电场的环路定理 电势 .....	106
第四节 静电场中的电介质 .....	110
阅读材料 静电技术及其应用 .....	112
本章要点 .....	113
习题 .....	113
<b>第八章 磁感应强度</b> .....	<b>115</b>
第一节 磁感应强度 .....	115
第二节 电流磁场 .....	117
第三节 安培环路定理 .....	119
第四节 霍耳效应 .....	122
第五节 磁介质的磁化 .....	124
阅读材料 生物磁效应 .....	126
本章要点 .....	127
习题 .....	127
<b>第九章 非电量电测技术</b> .....	<b>130</b>
第一节 概述 .....	130
第二节 机电转换测量 .....	131
第三节 热电转换测量 .....	136
第四节 湿电转换测量 .....	138
第五节 光电转换测量 .....	141
本章要点 .....	145
习题 .....	145
<b>第十章 机械振动与机械波</b> .....	<b>146</b>
第一节 简谐振动 .....	146
第二节 简谐振动的合成 .....	149
第三节 波的基本概念和波方程 .....	152
第四节 波的能量 能流密度 .....	155
第五节 声波和超声波 .....	157
本章要点 .....	160
习题 .....	161

<b>第十一章 波动光学</b> .....	163
第一节 光的干涉 .....	163
第二节 光的单缝衍射 .....	170
第三节 衍射光栅及其光谱 .....	174
第四节 光的偏振 .....	177
第五节 生物学中常用的显微镜 .....	180
本章要点 .....	185
习题 .....	186
<b>第十二章 量子力学基础</b> .....	188
第一节 黑体辐射 普朗克量子假说 .....	188
第二节 光电效应 爱因斯坦的光量子假说 .....	191
第三节 德布罗意假设 电子衍射 .....	194
第四节 不确定关系 .....	195
第五节 波函数 薛定谔方程 .....	196
第六节 氢原子能级 电子自旋 .....	198
本章要点 .....	203
习题 .....	203
<b>第十三章 光度学基础</b> .....	205
第一节 人眼的视觉和色觉 .....	205
第二节 辐度学基本概念 .....	207
第三节 光度学基本概念 .....	209
第四节 照明光源 .....	212
第五节 光能量的测量 .....	214
本章要点 .....	216
习题 .....	217
<b>第十四章 激光</b> .....	218
第一节 自发辐射 受激吸收 受激辐射 .....	218
第二节 激光的形成 激光器 .....	220
第三节 激光的特性及应用 .....	222
本章要点 .....	226

习题.....	226
附录 向量分析 .....	227
主要参考文献 .....	230

# 第一章 力学基本定律

力学是研究物体机械运动的规律及其应用的学科。力学分为质点力学和刚体力学。本章主要内容包括质点运动学、质点动力学、动量与冲量、功与能四部分内容。

## 第一节 质点运动学

### 一、参照系和坐标系

宇宙中的一切物体，大到天体，小到分子和原子都处于永恒的运动中。运动是绝对的，静止是相对的。因此要描述一个物体的运动，必须选择另一个物体作为参照物。被选作参照的物体，称为参照系。参照系的选择，视问题的方便而定。例如，在研究地面物体的运动时，通常选地球或相对于地球静止不动的物体作参照系。同一物体在不同参照系中运动状态不同。

为了定量地描述物体的位置及其变化，必须在参照系上建立适当的坐标系。一般最常用的是直角坐标系和自然坐标系。

### 二、描述质点运动的物理量

#### 1. 质点的位置矢量 运动方程

为了描述质点的运动，首先要有描述质点位置的数学方法。图 1-1 中，从坐标原点  $O$  画一条指向  $P$  点的有向线段  $OP$ ，此有向线段的长度指出  $P$  点到原点的距离，其箭头指出  $P$  点所在的方向。有向线段  $OP$  是用来确定质点所在位置的矢量，称为位置矢量，简称位矢，又称径矢，记作  $r$ ，如图 1-1 所示。

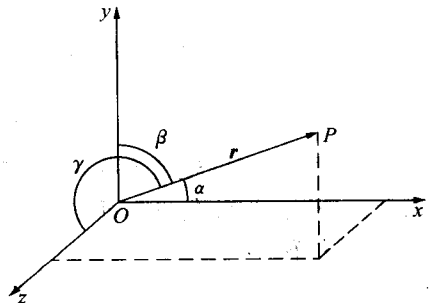


图 1-1 位置矢量

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

式中  $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$  为沿坐标轴  $Ox$ 、 $Oy$  和  $Oz$  的正方向的单位矢量。

位矢  $\mathbf{r}$  的大小

$$r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1-2)$$

位矢  $\mathbf{r}$  的方向由三个方向余弦确定。

$$\cos \alpha = \frac{x}{r}, \cos \beta = \frac{y}{r}, \cos \gamma = \frac{z}{r} \quad (1-3)$$

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  分别是  $\mathbf{r}$  与  $Ox$ 、 $Oy$ 、 $Oz$  轴正方向的夹角。

如果描述图 1-1 中质点  $p$  的运动, 那么, 它的位矢  $\mathbf{r}$  将随时间变化, 即位矢  $\mathbf{r}$  是时间  $t$  的函数

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) \quad (1-4a)$$

式 (1-4a) 称为质点的运动方程的矢量式。显然, 这时质点的坐标  $x$ 、 $y$ 、 $z$  也是时间  $t$  的函数

$$\left. \begin{aligned} x &= x(t) \\ y &= y(t) \\ z &= z(t) \end{aligned} \right\} \quad (1-4b)$$

式 (1-4b) 称为质点的运动方程的分量式。质点运动时在空间连续经过的各点所连成的曲线称为质点运动的轨道。将 (1-4b) 式中的参数  $t$  消去, 可得到质点  $p$  的运动轨道方程

$$f(x, y, z) = 0$$

**例 1-1** 已知质点在一平面上运动, 它的运动方程为  $x = 4\cos \frac{\pi}{3}t$ ,  $y = 3\sin \frac{\pi}{3}t$ , 式中长度以米计, 时间以秒计。试求质点的位矢表示式和运动的轨道方程。

**解** 质点的位矢  $\mathbf{r} = 4\cos \frac{\pi}{3}t\mathbf{i} + 3\sin \frac{\pi}{3}t\mathbf{j}$

消去质点运动方程中的参数  $t$ , 得

$$\frac{x^2}{4^2} + \frac{y^2}{3^2} = 1$$

这就是质点的轨道方程, 是一椭圆运动轨道。因此, 质点的运动方程也可以看作是以  $t$  为参数的轨道方程。

## 2. 位移

如质点从位置  $A$  沿一平面内曲线移动到位置  $B$ , 如图 1-2 所示。建立一平面直角坐标系, 用从  $A$  指向  $B$  的矢量  $\Delta\mathbf{r}$  表示在这段时间内的位移。

设质点在 A 处的位矢为  $r_A$ ，在 B 处的位矢为  $r_B$ ，据矢量合成得

$$\Delta r = r_B - r_A \quad (1-5a)$$

在直角坐标系中，位移

$$\Delta r = \Delta x i + \Delta y j \quad (1-5b)$$

$\Delta x$  和  $\Delta y$  是同一时间质点坐标的增量

位移的大小  $|\Delta r| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (1-6)$

方向可用位移与  $x$  轴的夹角  $\alpha$  表示

$$\tan \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1-7)$$

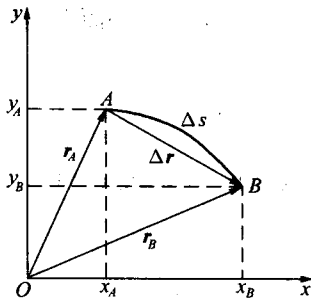


图 1-2 质点的位移和路程

显然，上述有关位移的讨论很容易推广到三维情形。

### 3. 速度

设在时间  $\Delta t$  内，质点的位移为  $\Delta r$ ，将比值  $\frac{\Delta r}{\Delta t}$  称为质点在  $\Delta t$  时间内的平均速度，记作为  $\bar{v}$

$$\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t} \quad (1-8)$$

平均速度是矢量，它的方向与位移  $\Delta r$  的方向相同。

若在  $\Delta t$  时间内，质点经历的路程是  $\Delta s$ ，则比值  $\frac{\Delta s}{\Delta t}$  称为质点在这段时间内的平均速率，记作  $\bar{v}$

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1-9)$$

当  $\Delta t \rightarrow 0$  时，比值  $\frac{\Delta r}{\Delta t}$  的极限  $\frac{dr}{dt}$  和比值  $\frac{\Delta s}{\Delta t}$  的极限  $\frac{ds}{dt}$ ，分别称为瞬时速度和瞬时速率，简称速度和速率。即

$$v = \frac{dr}{dt} \quad (1-10)$$

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (1-11)$$

速度是描述运动质点在某一瞬时位置变化率的物理量。式 (1-10) 表明，速度  $v$  与  $dr$  同方向，当  $\Delta t \rightarrow 0$  时， $|dr| = ds$ ， $\left| \frac{dr}{dt} \right| = \frac{ds}{dt}$ ，即在同一时刻，质点速度的大小与速率相等。

综上所述，质点运动时，其速度的大小与速率相等，方向沿轨道切线指向质点前进方向。



当质点在一个平面上运动时, 速度矢量在平面直角坐标系中表示为

$$\boldsymbol{v} = v_x \boldsymbol{i} + v_y \boldsymbol{j} \quad (1-12)$$

$$\boldsymbol{v} = \frac{dx}{dt} \boldsymbol{i} + \frac{dy}{dt} \boldsymbol{j} \quad (1-13)$$

比较式 (1-12) 和式 (1-13) 有

$$\left. \begin{aligned} v_x &= \frac{dx}{dt} \\ v_y &= \frac{dy}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (1-14)$$

速度  $\boldsymbol{v}$  的大小

$$v = |\boldsymbol{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (1-15)$$

速度  $\boldsymbol{v}$  的方向可用  $\boldsymbol{v}$  与  $Ox$  轴正向的夹角  $\alpha$  表示

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x} \quad (1-16)$$

在国际单位制中, 速度的单位是  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

#### 4. 加速度

如图 1-3, 质点作曲线运动。  $t$  时刻质点位于  $A$  点, 速度为  $\boldsymbol{v}_A$ ; 在  $t + \Delta t$  时刻, 质点位于  $B$  点, 速度为  $\boldsymbol{v}_B$ 。在  $\Delta t$  时间内质点速度的变化量  $\Delta \boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_B - \boldsymbol{v}_A$ 。

比值  $\frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t}$  为质点在这段时间内的平均加速度, 用符号  $\bar{\boldsymbol{a}}$  表示

$$\bar{\boldsymbol{a}} = \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t} \quad (1-17)$$

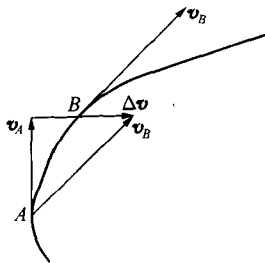


图 1-3 速度的增量

当  $\Delta t \rightarrow 0$  时, 比值  $\frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t}$  的极限  $\frac{d\boldsymbol{v}}{dt}$ , 称为质点在  $t$  时刻的瞬时加速度, 简称加速度, 用符号  $\boldsymbol{a}$  表示

$$\boldsymbol{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} \quad (1-18a)$$

将式 (1-10) 代入上式得:  $\boldsymbol{a} = \frac{d^2 \boldsymbol{r}}{dt^2}$  (1-18b)

将式 (1-12) 和式 (1-13) 代入式 (1-18a) 和式 (1-18b), 即得平面直角坐标系中加速度表示式

$$\boldsymbol{a} = \frac{dv_x}{dt} \boldsymbol{i} + \frac{dv_y}{dt} \boldsymbol{j} = \frac{d^2 x}{dt^2} \boldsymbol{i} + \frac{d^2 y}{dt^2} \boldsymbol{j} \quad (1-19)$$

用符号  $a_x$  和  $a_y$  表示  $x$  轴和  $y$  轴方向的加速度分量, 则