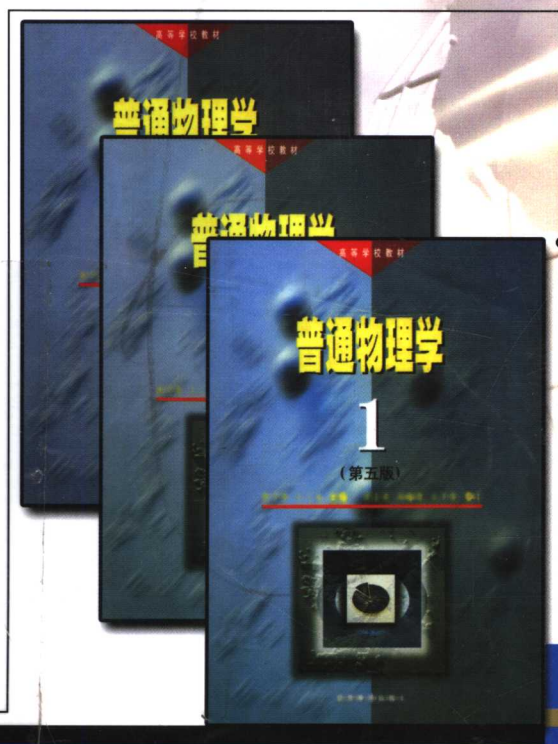




成功笔记系列丛书

普通物理学 成功笔记

成功笔记系列丛书编写委员会◎编



NOTES TO SUCCESS

哈尔滨工程大学出版社

04/10=5C6

2007

成功笔记系列丛书

普通物理学成功笔记

(配程守洙、江之永第五版教材·高教版)

成功笔记系列丛书编写委员会 编

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是配合程守洙、江之水主编的《普通物理学》一书而编写的辅导书。全书按教材的章节顺序编排,对教材中的重点、难点进行了细致的总结和讲解,并给学生留下了自己进行总结的空间,旨在帮助学生掌握《普通物理学》的基本知识,达到将书读薄、读透的目的。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学成功笔记/《成功笔记系列丛书》编写委员会编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2007.11
(成功笔记系列丛书)
ISBN 978-7-81133-123-3

I. 普… II. 成… III. 普通物理学-高等学校-教学参考资料 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 166861 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 11.75
字 数 130 千字
版 次 2007 年 11 月第 1 版
印 次 2007 年 11 月第 1 次印刷
定 价 16.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

经过精心的策划和组织,与高等学校优秀教材相配套的成功笔记系列丛书出版面世了。

一直以来,课堂上“老师讲、学生记”已经成为学校教学约定俗成的习惯。但是,很多学生因为忙于记录而忽略了对知识的理解和吸收,影响了课堂听课效果。而且近几年来教学方法和手段也在不断地发展和变化,多媒体教学和双语教学等也越来越广泛,而在这些过程中学生也根本来不及记录笔记。

本套丛书的编辑出版正是为了解决学生遇到的以上问题。丛书以大学课程的教学大纲为依据,以国内通用的权威教材为基础,收集、整理了部分课程的笔记,总结和归纳了相关知识点,帮助学生从机械记录老师板书或教案的工作中解脱出来,有更多的时间和精力、更大的自由来灵活掌握老师讲解的内容,汲取更多的知识。本套丛书有如下特点:

1. 优秀教师编写。笔记与教材内容紧密结合,而更强调知识体系的连贯性和完整性,对教材中的主要内容进行细致讲解,知识结构清晰明了。丛书是集中了多位在教学第一线的优秀教师多年教学过程中对知识的总结和概括,而不是书本的简单重复,帮助学生真正做到将书“读薄,读透”。

2. 随文安排加宽的空白处(即 Margin 部分),给学生以听课过程中随堂补充记录对知识的补充、说明、理解、例题、习题的空间,这样一方面便于学生课上结合笔记学习,提高学习效率,另一方面,也便于学生课后对老师讲授的内容进行有效、有序的复习,方便学生进行自我总结和自我归纳,加深理解。

3. 版本小巧,携带方便。

希望本套丛书的出版能够真正地帮助同学们的课堂和课后的学习,使其摆脱临摹老师的板书和教案的负担,有更多的时间扎实、认真地对课堂知识进行理解和吸收,从而走向成功之路。

由于时间仓促,本书还有很多的不足之处,欢迎读者提出宝贵的意见和建议,来信请寄哈尔滨工程大学出版社。

E-mail: cbs_shil@hrbeu.edu.cn

第一编 力学

第1章 质点的运动	1
1.1 质点 参考系 运动方程	1
1.2 位移 速度 加速度	2
1.3 圆周运动及其描述	4
1.4 曲线运动方程的矢量形式	5
1.5 运动描述的相对性 伽利略坐标变换	6
第2章 牛顿运动定律	8
2.1 牛顿第一定律和第三定律	8
2.2 常见力和基本力	8
2.3 牛顿第二定律及其微分形式	11
2.4 牛顿运动定律应用举例	11
2.5 牛顿第二定律积分形式之一:动量定理	12
2.6 牛顿第二定律积分形式之二:动能定理	13
2.7 非惯性系 惯性力	14
第3章 运动的守恒定律	15
3.1 保守力 成对力做功 势能	15
3.2 功能原理	18
3.3 机械能守恒定律 能量守恒定律	19
3.4 质心 质心运动定理 动量守恒定律 火箭飞行	20
3.5 碰撞	23
3.6 质点的角动量和角动量守恒定律	23
第4章 刚体的转动	25
4.1 刚体的平动、转动和定轴转动	25
4.2 刚体的角动量 转动动能 转动惯量	26
4.3 力矩 刚体定轴转动定律	28
4.4 定轴转动的动能定理	29
4.5 刚体的自由度 刚体的平面平行运动	31

Contents

4.6 定轴转动刚体的角动量定理和 角动量守恒定律	31
4.7 进动	32
第5章 相对论基础	33
5.1 伽利略相对性原理 经典力学的时空观	33
5.2 狭义相对论基本原理 洛伦兹坐标变换式	33
5.3 相对论速度变换公式	35
5.4 狭义相对论时空观	35
5.5 狭义相对论动力学基础	36

第二编 热 学

第6章 气体动理论	38
6.1 状态 过程 理想气体	38
6.2 分子热运动和统计规律	39
6.3 气体动理论的压强公式	40
6.4 理想气体的温度公式	41
6.5 能量均分定理 理想气体的内能	42
6.6 麦克斯韦速率分布律	43
6.7 玻尔兹曼分布律 重力场中粒子 按高度的分布	45
6.8 分子的平均碰撞次数及平均自由程	45
6.9 气体内的迁移现象	46
6.10 真实气体 范德瓦耳斯方程	47
6.11 物态和相变	49
第7章 热力学基础	51
7.1 热力学第一定律	51
7.2 热力学第一定律对于理想气体 等值过程的应用	52
7.3 绝热过程 多方过程	55
7.4 焦耳-汤姆孙实验 真实气体的内能	56

7.5 循环过程 卡诺循环	57
7.6 热力学第二定律	58
7.7 可逆过程与不可逆过程 卡诺定理	58
7.8 熵	60
7.9 熵增加原理 热力学第二定律的统计意义	61

第三编 电场和磁场

第 8 章 真空中的静电场	63
8.1 电荷 库仑定律	63
8.2 电场 电场强度	64
8.3 高斯定理	66
8.4 静电场的环路定理 电势	67
8.5 等势面 电场强度与电势梯度的关系	68
8.6 带电粒子在静电场中的运动	69
第 9 章 导体和电介质中的静电场	71
9.1 静电场中的导体	71
9.2 空腔导体内外的静电场	72
9.3 电容器的电容	72
9.4 电介质及其极化	74
9.5 电介质中的静电场	75
9.6 有电介质时的高斯定理 电位移	75
9.7 * 电场的边值关系	76
9.8 电荷间的相互作用能 静电场的能量	76
9.9 铁电体 压电体 永电体	77
第 10 章 恒定电流和恒定电场	79
10.1 电流密度 电流连续性方程	79
10.2 恒定电流和恒定电场 电动势	80
10.3 欧姆定律 焦耳 - 楞次定律	80
10.4 一段含源电路的欧姆定律	
* 基尔霍夫定律	81

第 11 章 真空中的恒定磁场	83
11.1 磁感应强度 磁场的高斯定理	83
11.2 毕奥 - 萨伐尔定律	84
11.3 毕奥 - 萨伐尔定律的应用	85
11.4 安培环路定理	86
11.5 安培环路定理的应用	87
11.6 带电粒子在磁场中所受作用及其运动	88
11.7 带电粒子在电场和磁场中运动的应用	89
11.8 磁场对载流导线的作用	90
11.9 平行载流导线间的相互作用力 电流单位“安培”的定义	92
11.10 磁力的功	92
第 12 章 磁介质中的磁场	93
12.1 磁介质 顺磁质和抗磁质的磁化	93
12.2 磁化强度 磁化电流	94
12.3 磁介质中的磁场 磁场强度	95
12.4 磁场的边值关系	96
12.5 铁磁质	96
第 13 章 电磁感应和暂态过程	99
13.1 电磁感应定律	99
13.2 动生电动势	100
13.3 感生电动势 有旋电场	101
13.4 涡电流	102
13.5 自感和互感	102
13.6 电感和电容电路的暂态过程	103
13.7 磁场的能量	104
第 14 章 麦克斯韦方程组 电磁场	105
14.1 位移电流	105
14.2 麦克斯韦方程组	105
14.3 电磁场的物质性	107

14.4 电磁场的统一性 电磁场量的相对性	107
-----------------------------	-----

第四编 振动和波动

第 15 章 机械振动和电磁振荡	108
15.1 简谐振动	108
15.2 阻尼振动	111
15.3 受迫振动 共振	112
15.4 电磁振荡	113
15.5 同方向的简谐振动的合成	115
15.6 相互垂直的简谐振动的合成	116
第 16 章 机械波和电磁波	118
16.1 机械波的产生和传播	118
16.2 平面简谐波 波动方程	121
16.3 波的能量 波的强度	123
16.4 声波	125
16.5 电磁波	126
16.6 惠更斯原理 波的衍射、反射和折射	128
16.7 波的叠加原理 波的干涉 驻波	130
16.8 多普勒效应	132
第 17 章 波动光学	134
一、光的干涉	134
17.1 光源 单色光 相干光	134
17.2 双缝干涉	135
17.3 光程和光程差	136
17.4 薄膜干涉——等倾条纹	137
17.5 薄膜干涉——等厚条纹	138
17.6 迈克耳孙干涉仪	140
17.7 干涉条纹的可见度	140
二、光的衍射	140
17.8 光的衍射现象 惠更斯 - 菲涅耳原理	140
17.9 单缝的夫琅禾费衍射	141

17.10 圆孔的夫琅禾费衍射	
光学仪器的分辨本领	142
17.11 光栅衍射	143
17.12 X射线的衍射	145
三、光的偏振	145
17.13 自然光和偏振光	146
17.14 起偏和检偏 马吕斯定律	146
17.15 反射和折射时光的偏振	147
17.16 光的双折射	147
17.17 椭圆偏振光和圆偏振光 偏振光的干涉	149
17.18 人为双折射	151

第五编 量子物理

第 18 章 早期量子论和量子力学基础	153
18.1 热辐射 普朗克的量子假设	153
18.2 光电效应 爱因斯坦的光子理论	155
18.3 康普顿效应	157
18.4 氢原子光谱 玻尔的氢原子理论	158
18.5 德布罗意波 波 - 粒二象性	160
18.6 不确定度关系	161
18.7 波函数 薛定谔方程	161
18.8 势阱中的粒子 势垒 谐振子	162
18.9 量子力学中的氢原子问题	163
18.10 电子的自旋 原子的电子壳层结构	165
第 19 章 激光和固体的量子理论	167
19.1 激光	167
19.2 固体的能带结构	169
19.3 半导体的导电机构	170
19.4 超导电性	171

第一编 力学

第1章 质点的运动

1.1 质点 参考系 运动方程

1. 质点

质点:近似地把物体看作是一个具有质量而没有大小和形状的理想物体,称为质点。

质点运动学:描述质点(或物体)的位置随时间而变化的情况。

2. 参考系和坐标系

在研究物体的运动时,首先要选择另一个物体或几个彼此之间相对静止的物体作为参考,然后研究这个物体相对于这些物体是如何运动的,被选作参考的物体就叫做参考系。

同一个物体的运动,因为参考系不同,对它的运动的描述也会不同。

在不同的参考系中,对于同一个物体,它的运动具有不同的描述,这一事实叫做运动描述的相对性。

3. 空间和时间

空间反映物质的广延性,是与物体的体积和位置的变化联系在一起。

时间反映物理事件的顺序性和持续性。

4. 运动方程

质点 P 的位置 $P(x, y, z)$ 按一定规律随时刻 t 而变化, 因此 $P(x, y, z)$ 为 t 的函数, 它可表示为

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

此即为质点 P 的运动方程。

从质点 P 的运动方程中消去时间 t , 就可以得到质点的轨迹方程。

1.2 位移 速度 加速度

1. 位矢

位矢: 在坐标系中, 质点的位置矢量(简称位矢)是从原点指向质点所在位置的有向线段, 用 $\mathbf{r}$ 表示, 且可写成

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

位矢的方向余弦为

$$\cos\alpha = \frac{x}{r}, \cos\beta = \frac{y}{r}, \cos\gamma = \frac{z}{r}$$

2. 位移

位移: 用来描述物体位置改变的物理量, 它是由初位置指向末位置的有向线段。

位移是矢量, 是按三角形法则或平行四边形法则来合成的, 与运动路径无关, 只由初、末位置决定。

路程: 质点运动轨迹的长度, 是标量, 与运动路径有关。

3. 速度

平均速度: 在相应的时间里, 位移对时间的比值叫做平均速度, 即

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$

平均速度是有方向的, 其方向同位移的方向。



平均速率:在一段时间内,路程对时间的比值叫做平均速率,它是标量,没有方向,即

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

在某一段时间内,如果质点运动的轨迹是一个闭合路径,则其平均速度为零,但是平均速率却不为零。

瞬时速度:表示质点在某一时刻 t 附近无限短的时间内,位移对时间的比值,即

$$\boldsymbol{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\boldsymbol{r}(t + \Delta t) - \boldsymbol{r}(t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \boldsymbol{r}}{\Delta t} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt}$$

在直角坐标系下,速度 $\boldsymbol{v}$ 的三个分量分别为

$$v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, v_z = \frac{dz}{dt}$$

$$\boldsymbol{v} = v_x \boldsymbol{i} + v_y \boldsymbol{j} + v_z \boldsymbol{k}$$

速度的量值为

$$v = |\boldsymbol{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

4. 加速度

平均加速度为

$$\bar{\boldsymbol{a}} = \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t}$$

瞬时加速度为

$$\boldsymbol{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \frac{d^2 \boldsymbol{r}}{dt^2}$$

在直角坐标系中,加速度的三个分量为

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}, a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2}, a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2 z}{dt^2}$$

加速度的量值为

$$a = |\boldsymbol{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

当 Δt 趋于零时,速度增量 $\Delta \boldsymbol{v}$ 的极限方向即为加速度方向。一般情况下,加速度的方向与该时刻的速度方向不一致。

作曲线运动的质点,加速度指向运动轨迹曲线凹进去的一边。

1.3 圆周运动及其描述

处理圆周运动一类的平面运动时,使用直角坐标系并不方便,这时广泛采用的是自然坐标系。

1. 切向加速度和法向加速度

作圆周运动的质点的速度方向是沿着轨迹的切线方向,因此有

$$\boldsymbol{v} = v \boldsymbol{e}_t$$

加速度为

$$\boldsymbol{a} = \frac{d}{dt}(v \boldsymbol{e}_t) = \frac{dv}{dt} \boldsymbol{e}_t + v \frac{d\boldsymbol{e}_t}{dt}$$

可将圆周运动的加速度分解为相互正交的切向分量 a_t 和法向分量 a_n , 即

$$a_t = \frac{dv}{dt}, a_n = \frac{v^2}{R}$$

式中, a_t 表示质点速率变化的快慢, a_n 表示质点速度方向变化的快慢。

总加速度 $\boldsymbol{a}$ 为

$$\boldsymbol{a} = \frac{dv}{dt} \boldsymbol{e}_t + \frac{v^2}{R} \boldsymbol{e}_n$$

即总加速度 a 的大小为

$$a = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}$$

质点作匀速圆周运动: $a_t = 0, a_n \neq 0$ 。

质点作变速直线运动: $a_n = 0, a_t \neq 0$ 。

2. 圆周运动的角量描述

描述质点的圆周运动,也可以用角位移、角速度和角加速度等角量来描述。

角位移 $\Delta\theta$: 在一段时间 Δt 内,质点转过角度 $\Delta\theta$, 这个角度即为质点对 O 点的角位移。一般规定沿反时针转向的角位移



为正,反之为负,角位移的单位是 rad。

平均角速度 $\bar{\omega}$ 为

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

瞬时角速度(角速度) ω 为

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt} \quad (\text{单位为 } 1/s \text{ 或 } \text{rad/s})$$

平均角加速度 $\bar{\alpha}$ 为

$$\bar{\alpha} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$

瞬时角加速度(角加速度) α 为

$$\alpha = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} \quad (\text{单位为 } 1/s^2 \text{ 或 } \text{rad/s}^2)$$

匀速圆周运动: $\omega = \text{常量}, \alpha = 0$ 。

匀变速圆周运动: $\alpha = \text{常量}$ 。

变速圆周运动: $\omega \neq \text{常量}, \alpha \neq \text{常量}$ 。

3. 线量和角量之间的关系

线速度和角速度之间的关系式为

$$v = R\omega$$

切向加速度与角加速度之间的关系式为

$$a_t = R\alpha$$

向心加速度与角速度之间的关系式为

$$a_n = \frac{v^2}{R} = v\omega = R\omega^2$$

1.4 曲线运动方程的矢量形式

1. 圆周运动方程的矢量形式

对于运动方程 $x^2 + y^2 = R^2$

其矢量形式为

$$\mathbf{r} = R(\sin\omega t \mathbf{i} + \cos\omega t \mathbf{j})$$

速度的矢量形式为

$$\boldsymbol{v} = (R\omega \cos \omega t) \boldsymbol{i} - (R\omega \sin \omega t) \boldsymbol{j}$$

加速度的矢量形式为

$$\boldsymbol{a} = (-R\omega^2 \sin \omega t) \boldsymbol{i} + (-R\omega^2 \cos \omega t) \boldsymbol{j} = -\omega^2 \boldsymbol{r}$$

2. 抛体运动方程的矢量形式

在直角坐标系中加速度的矢量形式为

$$\boldsymbol{a} = \boldsymbol{g} = -g\boldsymbol{j}$$

速度的矢量形式为

$$\boldsymbol{v} = (v_0 \cos \theta) \boldsymbol{i} + (v_0 \sin \theta - gt) \boldsymbol{j}$$

运动方程的矢量形式为

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

按运动类型分解, 运动方程的矢量形式为

$$\boldsymbol{r} = (v_0 t \cos \theta) \boldsymbol{i} + (v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2}gt^2) \boldsymbol{j} = \boldsymbol{v}_0 t + \frac{1}{2}\boldsymbol{g}t^2$$

1.5 运动描述的相对性 伽利略坐标变换

1. 伽利略坐标变换式

空间测量的绝对性与时间测量的绝对性构成经典力学的绝对时空观。

$t = t'$ 时, 两个坐标系重合, K' 系相当于 K 系以 v 平动, 两坐标系之间的关系为

$$\begin{cases} \boldsymbol{r}' = \boldsymbol{r} - \boldsymbol{v}t \\ t' = t \end{cases} \quad \text{或} \quad \begin{cases} x' = x - vt \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

2. 速度变换和加速度的变换

可从伽利略变换来求得 v_k 与 $v_{k'}$ 的关系, 即

$$v_{Kx} = v_{K'x} - v$$

$$v_{Ky} = v_{K'y}$$



$$v_{K'z} = v_{Kz}$$

即

$$\boldsymbol{v}_K = \boldsymbol{v}_{K'} + \boldsymbol{v}$$

由此可得加速度变换公式为

$$\frac{d\boldsymbol{v}_K}{dt} = \frac{d\boldsymbol{v}_{K'}}{dt} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt}$$

即

$$\boldsymbol{a}_K = \boldsymbol{a}_{K'} + \boldsymbol{a}_0$$