

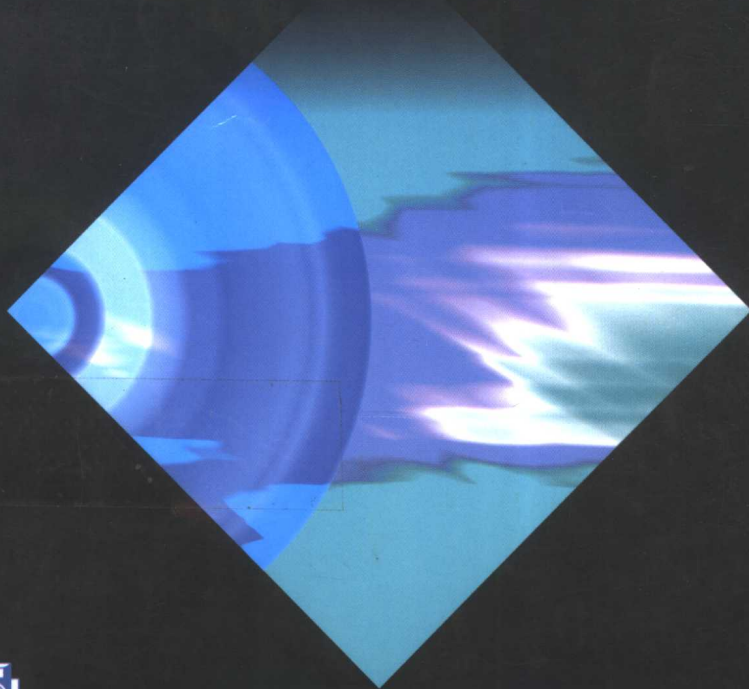
高等学校物理学习辅导教材

大学物理

知识点精析与解题能力训练

余虹 张殿凤 / 主编

知识点归纳 / 重难点辨析 / 典型题剖析 / 拓展题解析 / 综合能力检测



大连理工大学出版社

Dalian University of Technology Press

图书在版编目(CIP)数据

大学物理知识点精析与解题能力训练/余虹,张殿凤主编.
大连:大连理工大学出版社,2000.11(2001.5重印)
ISBN 7-5611-1843-0

I.大… II.①余…②张… III.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(2000)第 57205 号

大连理工大学出版社出版发行

大连市凌水河 邮政编码 116024

电话:0411-4708842 传真:0411-4701466

E-mail:dutp@mail.dlptt.ln.cn

URL:http://www.dutp.com.cn

大连理工大学印刷厂印刷

开本:850毫米×1168毫米 1/32 字数:403千字 印张:15

印数:18001—30000册

2000年11月第1版

2001年5月第3次印刷

责任编辑:韩露

责任校对:徐怀书

封面设计:孙宝福

定价:18.00元

前 言

物理学是研究物质的最基本、最普遍的运动形式以及基本结构的科学。19 世纪、20 世纪物理学曾取得了辉煌的成就,21 世纪物理学仍将是一门充满生机的科学。它将成为当前以及未来的高新科技发展的巨大推动力。因此,21 世纪的工程技术、工程研究人员将面临更为严峻的挑战。学好物理学已成为新世纪人才的基本素养不可缺少的一部分。

理工科大学的学生学习物理,要掌握物理学的基本概念、基本规律和方法,学会科学地思维,学会提出问题、分析问题、解决问题。我们根据国家教育部工科物理课程指导委员会对普通物理课程的基本要求,结合在物理教学中长期积累的经验和近期在面向 21 世纪的教学改革中的体会,编写了这本《大学物理知识点精析与解题能力训练》,把课程各章的重点内容加以归纳;对学习中容易混淆、不易理解的难点问题引导学生辨别分析。考虑到不同层次、不同水平的读者的需求,例题分为一般例题和难度稍大的拓展例题。每一章的综合能力测试题,意在帮助读者巩固该章的基本知识点;四套模拟试题是按中等水平出的,目的是让读者接受本书辅导之后来一个自我评价,并树立起进一步学好物理学的信心。

全书共分 20 章。第一章~第四章由张殿凤编写;第五章、第十六章~第十八章由余虹编写;第六章、第十三章及模拟试题(一)、(二)由李雪春编写;第七章由姜东光编写;第八章~第十章及模拟试题

(三)、(四)由王雪莹编写;第十一章、第十二章由李淑凤编写;第十四章、第十五章由王文春编写;第十九章由郑殊编写;第二十章由马春利编写。

本书的编写并不局限于某一本确定的教材,因此可以作为一本独立的理工科大学的物理学习辅导教材,并可供高等院校的物理教师备课作参考,也可为即将考应用物理专业研究生的学生提供帮助。

由于水平有限,编写时间仓促,书中难免有错误,恳请各位同仁及读者不吝赐教。

编者

2000年11月

目 录

第一篇 力 学

第一章 质点运动学.....	1
【知识点归纳】.....	1
【重难点辨析】.....	2
【典型题剖析】.....	7
【拓展题解析】.....	9
【综合能力检测】	12
第二章 牛顿运动定律	15
【知识点归纳】	15
【重难点辨析】	16
【典型题剖析】	20
【拓展题解析】	24
【综合能力检测】	26
第三章 运动的守恒定律	29
【知识点归纳】	29
【重难点辨析】	31
【典型题剖析】	36
【拓展题解析】	47

【综合能力检测】	52
第四章 刚体的转动	56
【知识点归纳】	56
【重难点辨析】	58
【典型题剖析】	61
【拓展题解析】	69
【综合能力检测】	71
第五章 狭义相对论	75
【知识点归纳】	75
【重难点辨析】	78
【典型题剖析】	87
【拓展题解析】	93
【综合能力检测】	96

第二篇 热 学

第六章 气体动理论	99
【知识点归纳】	99
【重难点辨析】	103
【典型题剖析】	108
【拓展题解析】	115
【综合能力检测】	118
第七章 热力学基础	122
【知识点归纳】	122
【重难点辨析】	127
【典型题剖析】	132
【拓展题解析】	137

【综合能力检测】	142
----------	-----

第三篇 电 磁 学

第八章 真空中的静电场	145
-------------	-----

【知识点归纳】	145
---------	-----

【重难点辨析】	151
---------	-----

【典型题剖析】	153
---------	-----

【拓展题解析】	165
---------	-----

【综合能力检测】	169
----------	-----

第九章 电介质中的静电场	174
--------------	-----

【知识点归纳】	174
---------	-----

【重难点辨析】	176
---------	-----

【典型题剖析】	181
---------	-----

【拓展题解析】	188
---------	-----

【综合能力检测】	190
----------	-----

第十章 电流和稳恒电场	195
-------------	-----

【知识点归纳】	195
---------	-----

【重难点辨析】	198
---------	-----

【典型题剖析】	199
---------	-----

【拓展题解析】	203
---------	-----

【综合能力检测】	205
----------	-----

第十一章 真空中的稳恒磁场	208
---------------	-----

【知识点归纳】	208
---------	-----

【重难点辨析】	212
---------	-----

【典型题剖析】	216
---------	-----

【拓展题解析】	224
---------	-----

【综合能力检测】	232
第十二章 磁介质	237
【知识点归纳】	237
【重难点辨析】	238
【典型题剖析】	240
【拓展题解析】	243
【综合能力检测】	245
第十三章 电磁感应	247
【知识点归纳】	247
【重难点辨析】	250
【典型题剖析】	253
【拓展题解析】	266
【综合能力检测】	270

第四篇 振动、波动与光学

第十四章 机械振动	276
【知识点归纳】	276
【重难点辨析】	283
【典型题剖析】	288
【拓展题解析】	298
【综合能力检测】	304
第十五章 机械波和电磁波	310
【知识点归纳】	310
【重难点辨析】	315
【典型题剖析】	321
【拓展题解析】	331

【综合能力检测】	337
第十六章 光的干涉	345
【知识点归纳】	345
【重难点辨析】	346
【典型题剖析】	349
【拓展题解析】	353
【综合能力检测】	356
第十七章 光的衍射	360
【知识点归纳】	360
【重难点辨析】	361
【典型题剖析】	367
【拓展题解析】	371
【综合能力检测】	374
第十八章 光的偏振	377
【知识点归纳】	377
【重难点辨析】	380
【典型题剖析】	383
【拓展题解析】	387
【综合能力检测】	389

第五篇 量子物理基础

第十九章 量子力学基础	392
【知识点归纳】	392
【重难点辨析】	396
【典型题剖析】	399
【综合能力检测】	404

第二十章 固体和激光简介.....	407
【知识点归纳】.....	407
【重难点辨析】.....	412
【典型题剖析】.....	416
【拓展题解析】.....	419
【综合能力检测】.....	421
模拟试题(一).....	425
模拟试题(二).....	429
模拟试题(三).....	433
模拟试题(四).....	438
综合能力检测参考答案.....	443
模拟试题解答及参考答案.....	454

第一篇 力学

第一章 质点运动学

【知识点归纳】

一、运动的描述

1. 运动函数: 质点位置随时间变化的函数。

位置矢量: $\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k}$

位移矢量: $\Delta\mathbf{r} = \mathbf{r}(t + \Delta t) - \mathbf{r}(t)$

一般地: $|\Delta\mathbf{r}| \neq \Delta r$

2. 速度和加速度: $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}, \mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2}$

速度合成: $\mathbf{v} = \mathbf{v}_x + \mathbf{v}_y + \mathbf{v}_z$

加速度合成: $\mathbf{a} = \mathbf{a}_x + \mathbf{a}_y + \mathbf{a}_z$

3. 匀加速运动:

$$\mathbf{a} = \text{常矢量}, \mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + \mathbf{a}t, \mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \mathbf{v}_0t + \frac{1}{2}\mathbf{a}t^2$$

初始条件: $\mathbf{r}_0, \mathbf{v}_0$

二、几种常见的运动

1. 匀加速直线运动:

$$v = v_0 + at, x = v_0t + \frac{1}{2}at^2, v^2 - v_0^2 = 2ax$$

2. 抛体运动:

$$a_x=0, a_y=-g$$

$$v_x=v_0\cos\theta, v_y=v_0\sin\theta-gt$$

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

3. 圆周运动:

$$\text{角速度: } \omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{v}{R}$$

$$\text{角加速度: } \alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

$$\text{加速度: } a = a_n + a_t$$

$$\text{法向加速度: } a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2 \quad (\text{指向圆心})$$

$$\text{切向加速度: } a_t = \frac{dv}{dt} = R\alpha \quad \text{沿切线方向}$$

【重难点辨析】

问题 1 (1)位移和路程有何区别?

(2)瞬时速度和瞬时速率有何区别?

(3)瞬时速度和平均速度的区别和联系是什么?

(4)有人说:“平均速率等于平均速度的模”,又有人说: $\left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = \frac{dr}{dt}$, 试论述两种说法是否正确?

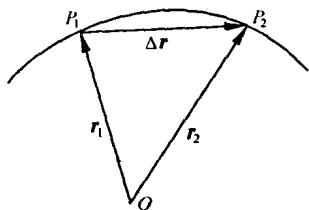


图 1-1

辨析 (1)如图 1-1 所示,质点从 P_1 运动到 P_2 时,路程为 $\widehat{P_1P_2}$,位移为 $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$,两者显然不同,位移是一个矢量,路程是一个标量。只有质点作直线运动而且速度方向不变时,位移的大小才等于路程。

(2)瞬时速度表示质点在某时刻的速度,它是一个矢量,既有大小又有方向。它的表达式为 $v = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ 。瞬时速率表示该时刻速度的大小,它是一个标量。它的表达式为 $v = \frac{dS}{dt}$,即路程对时间的导数。

(3)平均速度的定义式为

$$\bar{v} = \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$

它表示位移 $\Delta \mathbf{r}$ 在 Δt 时间内的平均变化率。它只能粗略地反映运动的快慢程度和运动方向,而瞬时速度能精确描写质点运动的快慢以及运动的方向。瞬时速度是平均速度的极限,即

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

(4)上述说法皆不正确。平均速率 $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$,它表示路程与时间的比值,即平均来看,单位时间内质点走了多少路程。而平均速度的模为 $\left| \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \right|$,它是位移的大小与时间的比值,即平均来看,单位时间内位移的大小。位移和路程是两个概念,故平均速率不等于平均速度的模。

$\left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = v = \frac{dS}{dt}$,它表示速率,而 $\frac{d\mathbf{r}}{dt}$ 只表示径向速率,它是速度 v 的一个分量的大小,一般情况下两者不相等(见图 1-2)。

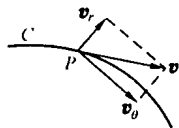


图 1-2

图 1-2 中 C 代表质点运动的轨迹, P 点的径向速度 $v_r = \frac{dr}{dt}$, 与径向垂直的方向称为横向, 横向速度为 v_θ , 速率 v 与 v_r 、 v_θ 的数量关系为

$$v^2 = v_r^2 + v_\theta^2$$

问题 2 行星轨道为椭圆, 已知任一时刻行星的加速度方向都

指向椭圆的一个焦点(太阳所在处)。分析行星在通过图 1-3 中 M 、 N 两位置时,它的速率分别是正在增大还是正在减小?

辨析 在 M 点加速度 a_1 的方向与速度 v_1 之间的夹角 $\theta_1 > \frac{\pi}{2}$, 说明 M 处切向加速度 $a_t = \frac{dv}{dt} < 0$ (即 a_t 与 v_1 方向相反), 速率正在减小。

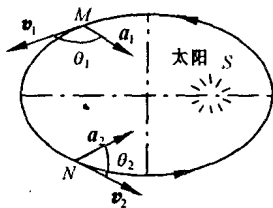


图 1-3

在 N 点加速度 a_2 与速度 v_2 之间夹角 $\theta_2 < \frac{\pi}{2}$, 说明切向加速度 $a_t = \frac{dv}{dt} > 0$, 所以行星通过 N 点的速率正在增大。

问题 3 在湖中有一小船, 岸边有一人用绳子跨过一定滑轮用恒定的速率 v 拉船靠岸, 试分析船运动的速率比 v 大还是比 v 小? 船是否作匀速运动? 加速度多大?

辨析 设船的速率为 u , t 时刻船位于 A 处, 绳长为 l , 船离岸上 O 点的距离为 x , 定滑轮离湖面的高度为 h , 船前进时, 绳长 l 、 x 和 α 角都在改变, 在三角形 ACO 中有

$$l^2 = h^2 + x^2$$

两边求导数得

$$2l \frac{dl}{dt} = 2x \frac{dx}{dt}$$

因为 $v = \frac{dl}{dt}$, $u = \frac{dx}{dt}$, 故

$$\begin{aligned} u &= \frac{l}{x} v = \frac{\sqrt{x^2 + h^2}}{x} v \\ &= \frac{v}{\cos \alpha} \end{aligned}$$

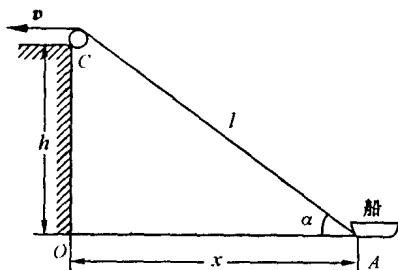


图 1-4

可见船速率 u 大于绳头速率 v , 船前进时 α 增大, v 是恒量, 故船的速率越来越快, 船作加速运动, 设船的加速度为 a

$$a = \frac{du}{dt} = \frac{d}{dt} \left[\frac{\sqrt{x^2 + h^2}}{x} v \right] = -\frac{h^2}{x^3} v^2 \text{ (负号表示 } a \text{ 与 } x \text{ 轴反向)}$$

船作变加速直线运动。

那么为什么不能用 $u = v \cos \alpha$ 来求船速呢? 这是因为虽然绳头的速率为 v , 但由于角 α 也在变化, 所以通过定滑轮后绳上各点的速率并不是 v , 从定滑轮到船头的这段绳上各点速率均不相同, 绳上各点既有平动又有绕定滑轮的转动, 是两种运动的合成, 因此与船相连处绳尾的速率并不是 v , 而是大于 v , 故不能用 $u = v \cos \alpha$ 来求船速。

此题还有下面几种解法。

方法 1 由图 1-4 看出船的位矢为

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + h\mathbf{j}$$

而

$$x = \sqrt{r^2 - h^2}$$

由速度定义有

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dh}{dt}\mathbf{j} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \mathbf{0} = u\mathbf{i}$$

$$u = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \sqrt{r^2 - h^2} = \frac{r}{\sqrt{r^2 - h^2}} \frac{dr}{dt}$$

因绳子变短, 故 $\frac{dr}{dt} = -v$ 代入上式有

$$u = -\frac{r}{\sqrt{r^2 - h^2}} v = -\frac{\sqrt{x^2 + h^2}}{x} v$$

故

$$u = -\frac{\sqrt{x^2 + h^2}}{x} v\mathbf{i}$$

负号表示 u 的方向与正 x 方向相反。

根据加速度定义

$$a_x = \frac{du}{dt} = -v \frac{d}{dt} \left(\frac{\sqrt{x^2 + h^2}}{x} \right) = v \frac{h^2}{x^2 \sqrt{x^2 + h^2}} \frac{dx}{dt} = \frac{-v^2 h^2}{x^3}$$

$$a_y = 0$$

故

$$\mathbf{a} = -\frac{v^2 h^2}{x^3} \mathbf{i}$$

负号表示 a 的方向与 x 正方向相反, 但由于 u 与 a 同向, 所以船是加速靠岸的。

方法 2

因

$$\frac{|\Delta r|}{|\Delta x|} = \cos \alpha$$

则有

$$|\Delta x| = \frac{|\Delta r|}{\cos \alpha}$$

$$\frac{|\mathrm{d}x|}{\mathrm{d}t} = \frac{\frac{|\mathrm{d}r|}{\mathrm{d}t}}{\cos \alpha}$$

即

$$|u| = \frac{|v|}{\cos \alpha}$$

因

$$\cos \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}}$$

考虑到 u 方向

所以

$$u = -\frac{v \sqrt{x^2 + h^2}}{x}$$

a 的解法同上。

方法 3 根据 v 的物理意义

$$v = -\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t} = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t} \sqrt{x^2 + h^2} = -\frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}} \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = -\frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}} u$$

所以有

$$u = -\frac{\sqrt{x^2 + h^2}}{x} v$$

方法 4 用极坐标处理问题

$$\text{径向: } \frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}l}{\mathrm{d}t} = v_{\text{径向}}$$

$$\text{横向: } v' = r \frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}$$

$$\text{而 } \operatorname{tg} \theta = \frac{x}{h}$$

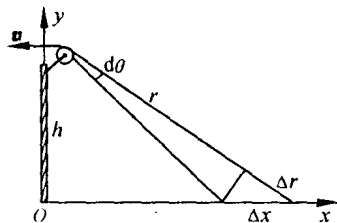


图 1-5

微分

$$\frac{1}{\cos^2\theta} \frac{d\theta}{dt} = \frac{u}{h}$$

所以

$$\begin{aligned} v' &= r \cos^2\theta \frac{u}{h} = \frac{h^2}{r} \frac{u}{h} \\ &= \frac{h}{\sqrt{h^2 + x^2}} u \end{aligned}$$

速度矢量三角形:

$$u^2 = v^2 + \frac{h^2}{h^2 + x^2} u^2$$

$$u^2 \left(1 - \frac{h^2}{h^2 + x^2} \right) = v^2$$

$$u^2 \cdot \frac{x^2}{h^2 + x^2} = v^2$$

所以

$$u = \frac{\sqrt{h^2 + x^2}}{x} v$$

【典型题剖析】

例 1 (1) 对于作匀速圆周运动的质点, 试用直角坐标和单位矢量 i 和 j 表示其位置矢量 r , 并由此导出速度 v 和加速度 a 的矢量表示式。

(2) 试证明加速度 a 的方向指向轨道圆周的中心。

解 (1) 由图 1-6 可知

$$r = xi + yj = r \cos\theta i + r \sin\theta j$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(r \cos\theta) = -r\omega \sin\theta$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d}{dt}(r \sin\theta) = r\omega \cos\theta$$

式中, $\omega = d\theta/dt$, $\theta = \omega t$, 且根据题意 ω 是常数, 所以, 有

$$v = v_x i + v_y j = -r\omega \sin\theta i + r\omega \cos\theta j$$

又因

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = -r\omega^2 \cos\theta$$

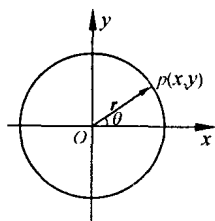


图 1-6