



普通物理学题解

(力学部分)

陕西科学技术出版社



普通物理学题解

(力 热 部 分)

侯建文 王瑞桦

王希平 杜民声

JY11179/21

陕西科学技术出版社

内 容 简 介

《普通物理学题解》分两册出版，（力热部分）包括：力学的物理基础、机械振动和机械波、分子物理学和热力学三篇；（电光部分）包括：电学、光学、近代物理学基础三篇。

本题解（力热部分）共选编题目 745 道，思考题占总题数的一半。在解题过程中，特别注重基本概念的正确运用。凡选入的题目，均做出了完满答案，并附有详细的解题步骤，有的题还用多种方法解答，以启发读者思考。

在每一章题目之前，都安排了提要，概括了这一章的概念、定理、公式，有利于读者全面复习巩固，以及在解题时参考。

本题解（力热部分）共有近 300 幅图，题目和插图的目标号都是一致的，便于读者查阅。

本题解可供普通中学、中等专业学校的物理教师参考，也可帮助工科院校、综合大学和师范学院非物理系的学生学习普通物理学。

前 言

作练习题，是学习普通物理学过程中十分重要的实践活动。通过作题，可以帮助学生深入巩固基本概念和规律、培养分析问题的能力和提高解决问题的本领。

如何确切地回答一个思考题，往往是学生最感困难的事。因为这不仅需要学生很好地掌握有关的基本概念和规律，而且还需要一些分析、归纳、假设、论证等逻辑思维和综合运用能力。为了帮助学生克服这些困难，尽快提高分析问题和解决问题的能力，我们回答了大量的思考题，思考题都编在各章练习题的前半部分。

对使用本题解的同志，我们要求在认真学习过有关的基本原理之后，再来作练习题；并在作练习的过程中，进一步掌握基本原理，提高作题能力。我们不主张在认真思考与解答习题之前，先看题解，更不可以抄袭题解。

为此，我们在每章之前编写了“提要”。

为了便于读者阅读，我们使图号与题号完全对应，在文中不再注明图号。

在编写过程中，张庆嵩、巩祥耀、王永瑜、门甫等同志曾对本题解提出宝贵意见，对此我们表示衷心感谢。

编 者

1979年1月

目 录

第一篇 力学的物理基础

- 第一章 质点运动学 (题 1—1—1 ~
题 1—1—99) (3)
- 第二章 质点动力学 (题 1—2—1 ~
题 1—2—236) (77)
- 第三章 刚体的转动 (题 1—3—1 ~
题 1—3—52) (236)

第二篇 机械振动和机械波

- 第一章 振动学基础 (题 2—1—1 ~
题 2—1—85) (277)
- 第二章 波动学基础 (题 2—2—1 ~
题 2—2—53) (357)
- 第三章 声波和超声波 (题 2—3—1 ~
题 2—3—15) (400)

第三篇 分子物理学和热力学

- 第一章 气体分子运动论 (题 3—1—1 ~
题 3—1—86) (415)
- 第二章 热力学的物理基础 (题 3—2—1 ~
题 3—2—89) (471)
- 第三章 真实气体和液体 (题 3—3—1 ~
题 3—3—30) (532)

我 看 本

第一篇

力学的物理基础

第一章 质点运动学

〔提 要〕

一 总的要求

在掌握描述机械运动的几个主要物理量的基础上，对质点的几种基本机械运动的特点和规律有深入的认识，并具有解决此类问题的能力。

二 具体任务

1. 正确建立位移、时间、速度和加速度的概念，掌握这些运动描述量之间的内在联系。加深对加速度的理解。

2. 注意机械运动、机械运动描述中的辩证关系，即绝对性和相对性的关系，瞬时性和平均性的关系、矢量性和标量性的关系。

3. 掌握直线运动（匀速、匀变速）的特点和规律。

4. 掌握运动的叠加原理。

5. 掌握抛体运动和圆周运动的特点和规律。

三 基本概念和规律

1. 运动的基本描述量。

（1）位移，

$$\Delta \vec{r}, \quad \Delta r = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}.$$

（2）速度，

平均速度 $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}。$

瞬时速度 $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}。$

速度分量式 $v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, v_z = \frac{dz}{dt},$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}。$$

速度矢量式 $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y + \vec{v}_z$

$$= \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k}。$$

(3) 加速度,

平均加速度 $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}。$

瞬时加速度 $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}。$

加速度分量式 $a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2},$

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2},$$

$$a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2 z}{dt^2},$$

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

$$\text{加速度矢量式 } \vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y + \vec{a}_z = \frac{dv_x}{dt} \vec{i} +$$

$$\frac{dv_y}{dt} \vec{j} + \frac{dv_z}{dt} \vec{k}。$$

一般曲线运动中的加速度 (见图 1—1—01)

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t。$$

$\vec{a}_n$: 法向加速度, 描

述速度方向变化快慢的物理量。

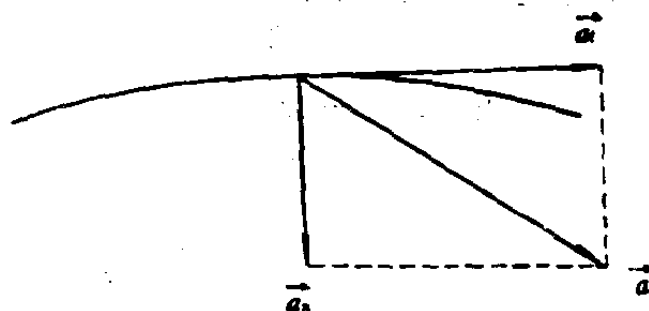


图 1—1—01

$$a_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_n}{\Delta t} = \frac{v^2}{\rho},$$

$$\vec{a}_n = \frac{v^2}{\rho} \vec{n} \quad (v \text{—线速度, } \rho \text{—曲率半径。})$$

如为圆运动则 ρ 为圆半径, $\vec{n}$ ——法向单位矢量)。

$\vec{a}_t$: 切向加速度, 描述速度量值变化快慢的物理量。

$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v_t}{\Delta t} = \frac{dv}{dt},$$

$$\vec{a}_t = \frac{dv}{dt} \vec{\tau} \quad (\vec{\tau} \text{——切向单位矢量})$$

2. 矢量的合成与分解

(1) 平行四边形法则 (见图 1—1—02)

$$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B},$$

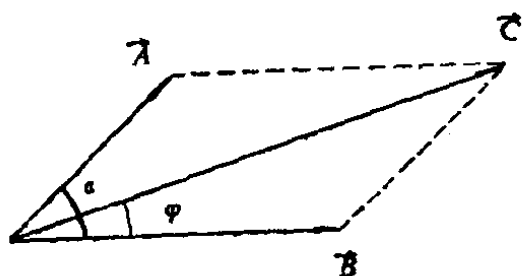


图 1-1-02

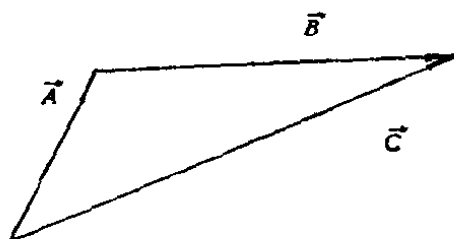


图 1-1-03

$$\vec{A} = \vec{C} - \vec{B},$$

$$\vec{B} = \vec{C} - \vec{A},$$

$$\varphi = \arctg \frac{A \sin \alpha}{B + A \cos \alpha}.$$

(2) 三角形法则 (见图 1-1-03)

$$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B},$$

$$|C| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha}.$$

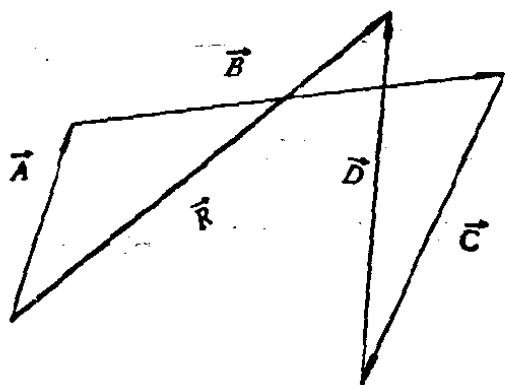


图1-1-04

(3) 多边形法则

(见图 1-1-04)

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \vec{D}.$$

3. 直线运动的基本规律

律

(1) 运动方程

匀速运动 $S = vt$

$v = \text{恒量}$

匀变速运动

$$\left\{ \begin{array}{l} v_t = v_0 + at \\ S = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \\ v^2 = v_0^2 + 2aS \end{array} \right\} \begin{array}{l} a = \text{恒量} \\ \text{为“+”} \\ \text{为“-”} \end{array} \begin{array}{l} (a \text{ 为代数值,} \\ \text{时表示加速,} \\ \text{时表示减速}) \end{array}$$

变加速运动 $a \neq \text{恒量}$

(2) 运动的图示 (见图 1—1—05)

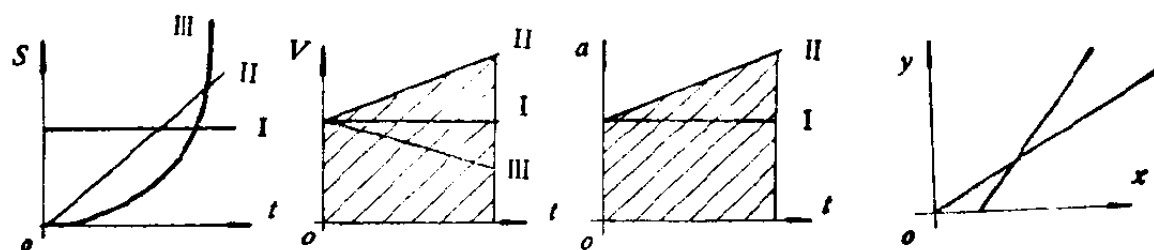


图 1—1—05

图 1—1—06

(a) $s-t$ 图

(b) $v-t$ 图

(a) $a-t$ 图

I — 静止

I — 匀速

I — 匀加速

II — 匀速运动

II — 匀加速

II — 非匀变速

III — 变速运动

III — 匀减速

面积 = 速度值

面积 = 位移值

(3) 轨道方程 (见图 1—1—06)

$y = f(x)$ 一次函数, 轨道为直线,

4. 运动的叠加原理 (或独立性原理) 合成运动为各分运动之迭加 (矢量合)。或任何一方向的运动不受任何另一方向的运动是否存在之影响。

5. 抛体运动 (见图 1—1—07) (忽略空气阻力)

(1) 运动方程

$$v_{0x} = v_0 \cos \theta_0, \quad v_{0y} = v_0 \sin \theta_0$$

$$\begin{cases} v_x = v_{0x} = v_0 \cos \theta_0, & v_y = v_{0y} - gt = v_0 \sin \theta_0 - gt \\ x = v_{0x} t = v_0 \cos \theta_0 t, \\ y = v_{0y} t - \frac{1}{2} gt^2 = v_0 \sin \theta_0 t - \frac{1}{2} gt^2 \end{cases}$$

(2) 轨道方程式 $y = \tan \theta_0 x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta_0} x^2$

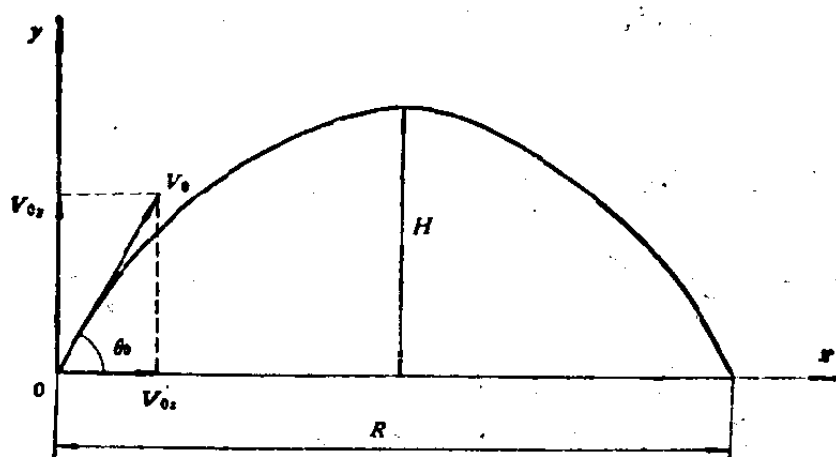


图 1—1—07

(3) 飞行总时间 $T = \frac{2v_0 \sin \theta_0}{g}$ 。

(4) 射程 $R = v_{0x} T = \frac{v_0^2 \sin 2\theta_0}{g}$ ，

最大射程 $R_m = \frac{v_0^2}{g} \quad (\theta_0 = \frac{\pi}{4})$ 。

(5) 轨道最高点 $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta_0}{2g}$ 。

v_0 一定时，改变 θ_0 所得之最大高度

$$H_m = \frac{v_0^2}{2g} \quad (\theta = \frac{\pi}{2})。$$

(6) 上述关系如图1—1—08所示。

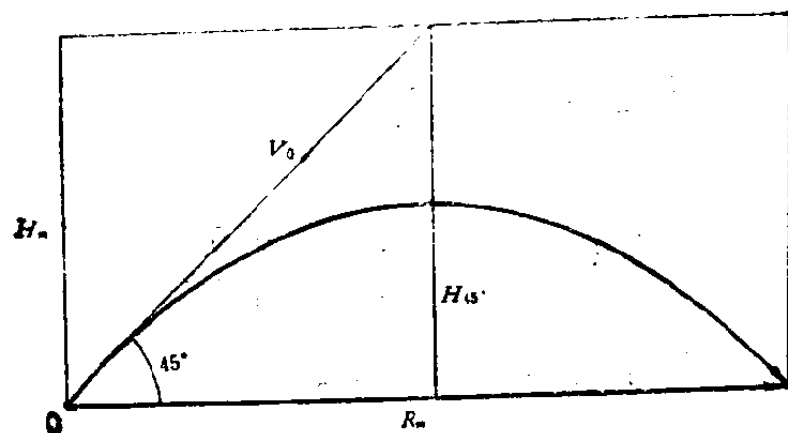


图1-1-08

$$R_m = \frac{v_0^2}{g} \quad H_m = \frac{R_m}{2} = \frac{v_0^2}{2g}$$

$$H_{45^\circ} = \frac{H_m}{2} = \frac{R_m}{4} = \frac{v_0^2}{4g}$$

6. 圆周运动 (见图1-1-09)

(1) 匀速率圆周运动

向心加速度 $a_t = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

(ω —角速度)

(2) 变速率圆周运动

$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n, \quad a_n = \frac{v^2}{R},$$

$$a_t = \frac{dv}{dt},$$

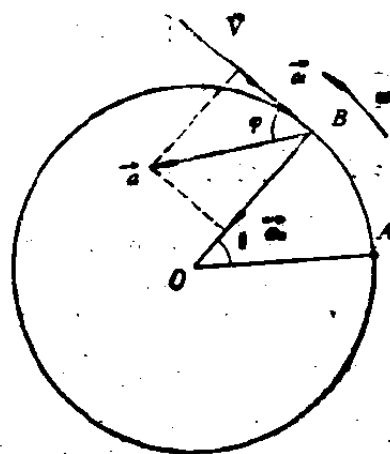


图 1-1-09

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}, \quad \text{tg} \varphi = \frac{a_n}{a_t}.$$

(3) 圆运动的角量描述

角位移 θ

$$\text{角速度 } \omega = \frac{d\theta}{dt}.$$

$$\text{角加速度 } \beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}.$$

$$\text{匀速圆运动 } \theta = \omega t.$$

$$\text{匀变速圆运动 } \omega = \omega_0 + \beta t, \theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \beta t^2,$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\beta\theta.$$

(4) 线量与角量的关系

$$S = R\theta, \quad v = R\omega, \quad a_t = R\beta, \quad a_n = R\omega^2.$$

〔题 解〕

1—1—1/ 甲乙两人同时观察正在飞行的直升飞机，甲看到它匀速地上升，乙却看到它匀加速下降，这样的现象有吗？如何解释？

〔答〕 有。这种现象是由于甲乙两人选择的参照系不同而造成的。假如甲看到这架直升飞机匀速上升是以地球为参照系的话，乙看到它匀加速下降则可能是以一匀加速上升的直升飞机为参照系，这样观察的结果就不同。

1—1—2/ 公路上有两辆汽车，以相同的速度沿着相同的方向行驶。试说明，用什么物体作参照系时，这两辆汽车相对于参照系都是静止的；用什么物体作参照系时，这两辆汽车相对于参照系又是运动着的？

〔答〕 当以两车中任意一辆作参照系时，这两辆汽车相对于参照系都是静止的；当两辆汽车都以地面为参照系时，

它们又都是运动的。

1—1—3 时间和时刻有何不同?

〔答〕 当物体运动时,时间和运动路程对应,时刻和位置相对应。在时间轴 t 上,时刻与轴上一点对应,时间与一区间 $\Delta t(t_2 - t_1)$ 相对应。

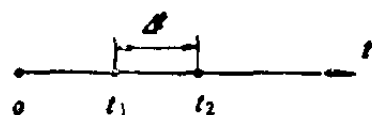


图1—1—3

因此在使用此二概念时应加以区别。

如“第一秒内”指时间,“第一秒末”指时刻。

1—1—4 有人沿着半径为 R 的圆形跑道跑了半圈,它的路程和位移的数值各是多少?

〔答〕 路程: $S = \pi R$; 位移: $x = 2R$ 。

1—1—5 在位移 (S)—时间 (t) 图中表示出三个不同

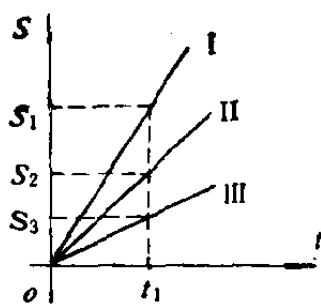


图1—1—5

速度的运动,问它们是属于什么类型的运动?哪一个速度最大?哪一个速度最小?

〔答〕 它们都属于匀速运

动。对每一个运动, $v = \frac{S}{t}$,

在整个运动的过程中是常数。

运动 I 之速度最大;运动 II 之速度最小。因为在相同的

时间 t_1 里, $v_I = \frac{S_1}{t_1} > v_{II} = \frac{S_2}{t_1} > v_{III} = \frac{S_3}{t_1}$ 。

1—1—6 位置矢量和位移矢量之间有何关系?怎样选择坐标原点,才能够使两者一致?

〔答〕 位置矢量表示运动质点的位置,位移矢量表示质

点位置的变化。设质点运动始末两 endpoints A、B 的位置矢量分别用矢径 $\vec{r}_A$ 、 $\vec{r}_B$ 表示，在时间 Δt 内质点位置之变化用 $\Delta \vec{r}$ 表示，由图看出：

$$\vec{r}_B = \vec{r}_A + \Delta \vec{r},$$

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_B - \vec{r}_A.$$

上式说明，位移矢量 $\Delta \vec{r}$ 是由位置矢量 $\vec{r}_B$ 和 $\vec{r}_A$ 的矢量差所决定的。

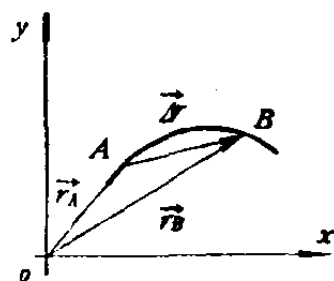


图1—1—6

如将运动的起始位置（即位移之起始点）选为坐标原点，（如图中之 A），则位移矢量 $\Delta \vec{r}$ 即运动质点的位置矢量 $\vec{r}_{AB}$ （即矢径），二者一致。

1—1—7 物体在作怎样的运动时，它的瞬时速度和平均速度总是相等？

〔答〕 物体作匀速直线运动时，它的瞬时速度和平均速度总是相等的。

1—1—8 在某一时刻，物体的速度很大，它的加速度是否也一定很大？反之，如果在某一时刻它的加速度很大，是否在该时刻的速度也一定很大？

〔答〕 不一定。因为速度是说明运动快慢的，加速度则是说明速度变化快慢的。运动快不一定速度变化快，如匀速前进的飞机，速度较大，但加速度却为零。反之，加速度大，速度不一定大，如振动质点达到振幅位置时加速度最大，速度为零。

1—1—9 物体运动的方向和加速度的方向是否恒一致？

〔答〕 物体运动方向（即运动速度 $\vec{v}$ 的方向），并不一