

大学自学辅导丛书

物理

贺心仪 王晋德编

湖南科学技术出版社



大学自学辅导丛书

物 理

贺心仪 王晋德编

湖南科学技术出版社

大学自学辅导丛书

物 理

贺心仪 王晋德编

责任编辑：胡海清

*

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路8号)

湖南省新华书店经销 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1988年8月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：19.375 字数：445,000

印数：1—3,600

ISBN 7—5357—0248—1

O·31 定价：4.65元

湘目 87—40

前 言

国家四化建设需要大批受过高等教育的人才。但是高等院校有限，大多数的人要通过自学的道路或其他学习途径逐步成才。广大自学人员和电视大学、职工大学、函授大学的学员，在学习中会遇到比较多的困难。为了帮助这些人员及时解决疑难，及时检查学习效果，及时完成学习任务，我们编写了这本辅导读物。我们希望它能成为读者学习物理学的“一位好朋友”，对大家理解、掌握、巩固所学的知识起到指导作用，以期达到事半功倍的效果。

物理学是自然科学和工程技术的基础，是高等学校理工科的必修课。一些读者反映，物理学难学，解题也难。这主要是由于对物理概念较难理解及应用所至。基于这样一个原因，本书根据教学大纲的要求，着重阐述物理学的基本概念、基本原理、基本方法，以便帮助读者正确理解，并应用所学的知识去解决物理问题。特别是对于解题思路和方法，我们通过大量的例题予以说明。

某些例题，我们还作了多种解法，并阐述解题技巧，以便学员们对比参照，加深对物理概念的领会，从而达到启迪思想、开阔眼界的目的，使自学能顺利地进行下去。

为了使自学人员掌握物理的基本要求，我们收集了历届电视大学的试题，并作了较详细的解答。此外，每章末附有自测题，便于学员学习时进行自我检查。对于每章的基本公式和重要定义，常用常数，都汇总于每章之前，便于使用时查找，可起到手册之效。

本书第一、二篇由贺心仪编写，第三篇由王晋德编写，第四篇由李炳虎编写，第五篇由黎申五编写。全书经张庆营和李炳虎两同志审阅，特此致谢！

由于编者经验不足，水平有限，误陋之处，在所难免，敬希读者批评指正。

编 者

一九八五年七月

目 录

第一篇 力学	(1)
第一章 运动学	(1)
一 基本公式	1
二 基本内容	4
三 解题方法及指导	8
四 历届试题及解答	16
五 自测题及解答	20
第二章 动力学	(24)
一 基本公式	24
二 基本内容	26
三 解题方法及指导	48
四 历届试题及解答	64
五 自测题及解答	103
第三章 振动学基础	(109)
一 基本公式	109
二 基本内容	111
三 解题方法及指导	117
四 历届试题及解答	129
五 自测题及解答	135

第二篇 分子物理与热力学.....(143)

第四章 分子物理与热力学.....(143)

- 一 基本公式 144
- 二 基本内容 149
- 三 解题方法及指导 172
- 四 历届试题及解答 190
- 五 自测题及解答 214

第三篇 电磁学.....(219)

第五章 静电学.....(220)

- 一 基本公式 220
- 二 基本内容 223
- 三 解题方法及指导 243
- 四 历届试题及解答 296
- 五 自测题及解答 304

第六章 稳恒电流.....(308)

- 一 基本公式 308
- 二 基本内容 309
- 三 解题方法及指导 317
- 四 历届试题及解答 323
- 五 自测题及解答 329

第七章 稳恒磁场.....(332)

- 一 基本公式 333
- 二 基本内容 337
- 三 解题方法及指导 353
- 四 历届试题及解答 392
- 五 自测题及解答 402

第八章 电磁感应和电磁场.....(405)

- 一 基本公式 405
- 二 基本内容 407

三	解题方法及指导	418
四	历届试题及解答	454
五	自测题及解答	462
第四篇	波动及波动光学	(467)
第九章	波动学基础	(467)
一	基本公式	467
二	基本内容	469
三	解题方法及指导	478
四	历届试题及解答	495
五	自测题及解答	498
第十章	波动光学	(501)
一	基本公式	501
二	基本内容	504
三	解题方法及指导	518
四	历届试题及解答	539
五	自测题及解答	557
第五篇	量子物理	(561)
第十一章	量子物理	(561)
一	基本公式	561
二	基本内容	564
三	解题方法及指导	585
四	历届试题及解答	600
五	自测题及解答	

第一篇 力学

第一章 运动学

运动学只研究物体的位置随时间变化的规律，但不涉及引起变化的原因。本章的基本内容有：描写质点运动和刚体定轴转动的四个基本物理量、运动方程、运动的迭加原理、相对运动等。

一 基本公式

(一) 平动和转动公式对照

平 动 (平面运动)	转 动	角量与线量联系式
坐标 位矢 $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j}$	θ	
位移 $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$	$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$	$S = R \cdot \theta$
大小 $\Delta r = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 $	转向 逆时针转动为正	
方向 由 $\vec{r}_1$ 的端点指向 $\vec{r}_2$ 的端点	顺时针转动为负	

续表

平 动 (平面运动)	转 动	角量与线 量联系式
速度 $\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j}$ 大小 $v = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$ 方向 $\lg \alpha = \frac{U_y}{U_x}$	$\omega = \frac{d\theta}{dt}$ 大小 $\omega = \frac{d\theta}{dt}$ 方向 右手螺旋法则	$\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{R}$
加速度 $\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \mathbf{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \mathbf{j}$ 大小 $a = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2}$ 方向 $\lg \alpha = \frac{a_y}{a_x}$ 在自然坐标系中 $a_r = \frac{dv}{dt}$ $a_n = \frac{v^2}{\rho}$ $\mathbf{a} = \mathbf{a}_r + \mathbf{a}_n$ $a = \sqrt{a_r^2 + a_n^2}$ $\lg \alpha = \frac{a_n}{a_r}$	$\beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$ 大小 $\beta = \frac{d\omega}{dt}$ 方向 转动加快时, β 和 ω 方向相同; 转动减慢时, β 与 ω 方向相反	$a_r = R\beta$
积分关系式 $\mathbf{r} = \int v_x dt \mathbf{i} + \int v_y dt \mathbf{j}$ $\mathbf{v} = \int a_x dt \mathbf{i} + \int a_y dt \mathbf{j}$	$\theta = \int \omega dt$ $\omega = \int \beta dt$	
运动方程 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$ 匀速直线运动 $x = vt$ 匀变速直线运动 $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ $v = v_0 + at$ $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$	$\theta = \theta(t)$ 匀速圆周运动 $\theta = \omega t$ 匀变速圆周运动 $\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \beta t^2$ $\omega = \omega_0 + \beta t$ $\omega^2 = \omega_0^2 + 2\beta(\theta - \theta_0)$	

(二) 平面曲线运动特例

1 匀速圆周运动

$$a_r = 0, \quad a_n = \frac{U^2}{R} = a.$$

2 匀变速直线运动

$$a_n = 0, \quad a = a_r = \frac{dv}{dt}.$$

3 抛体运动 = 自由落体 + 速度为 v_0 方向的匀速直线运动.

自由落体 $a = g$ (坐标向下为正),

$$v_0 = 0.$$

竖直上抛 v_0 与 g 夹角为 π (v_0 竖直向上).

竖直下抛 v_0 与 g 夹角为零 (v_0 竖直向下).

平抛 v_0 与水平夹角为零.

斜上抛 v_0 与水平夹角 θ 在 $0 \sim \frac{\pi}{2}$ 之间,

$$\text{有} \quad v_{0x} = v_0 \cos \theta, \quad v_{0y} = v_0 \sin \theta,$$

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

$$\text{运动方程} \quad x = v_0 \cos \theta \cdot t, \quad y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2.$$

$$\text{轨道方程} \quad y = \tan \theta \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \theta} x^2.$$

飞行的总时间

$$T = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} \quad (y = 0).$$

$$\text{射程} \quad R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}.$$

$$\text{最大射程} \quad \text{即} \theta = \frac{\pi}{4} \text{ 时, } R_{\max} = \frac{v_0^2}{g}.$$

达到最高点的时间

$$t_H = \frac{v_0 \sin \theta}{g} = \frac{T}{2} (v_r = 0).$$

最高点的高度

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}.$$

最大的高度

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

(三) 相对运动公式

1 相对位移

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{A \text{ 对 } C} &= -\mathbf{x}_{C \text{ 对 } A} \quad \mathbf{x}_{A \text{ 对 } C} = \mathbf{x}_{A \text{ 对 } B} + \mathbf{x}_{B \text{ 对 } C} \\ &= \mathbf{x}_{A \text{ 对 } B} + (-\mathbf{x}_{C \text{ 对 } B}). \end{aligned}$$

2 相对速度

$$\begin{aligned} \mathbf{v}_{A \text{ 对 } B} &= -\mathbf{v}_{B \text{ 对 } A}, \\ \mathbf{v}_{A \text{ 对 } C} &= \mathbf{v}_{A \text{ 对 } B} + \mathbf{v}_{B \text{ 对 } C} = \mathbf{v}_{A \text{ 对 } B} + (-\mathbf{v}_{C \text{ 对 } B}). \end{aligned}$$

3 相对加速度

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_{A \text{ 对 } B} &= -\mathbf{a}_{B \text{ 对 } A}, \\ \mathbf{a}_{A \text{ 对 } C} &= \mathbf{a}_{A \text{ 对 } B} + \mathbf{a}_{B \text{ 对 } C} = \mathbf{a}_{A \text{ 对 } B} + (-\mathbf{a}_{C \text{ 对 } B}). \end{aligned}$$

二 基本内容

(一) 参照系和坐标系

参照系 在描写物体运动时, 必须选择另一个运动物体或几个虽在运动而相互间相对静止的物体作为参考, 被选作参考的物体称为参照系。如不加声明, 一般选地球作为参考系。

坐标系 为了定量地确定物体相对参照系的位置, 需要在参照系上选用一个固定的坐标系, 所以坐标系是参照系的数学

抽象。在普通物理学中，常用直角坐标系、自然坐标系。它们都属正交坐标系。

(二) 描写运动的四个基本物理量

描写物体运动的四个基本量是坐标、位移、速度、加速度。物体沿直线或曲线作平移运动时，我们常用线量来描述，即坐标、位移、速度、加速度。而质点作圆周运动或刚体绕定轴转动时，又常采用角量来描述，即角坐标、角位移、角速度、角加速度。

1 坐标 是描写物体空间位置的物理量在直角坐标系中，用位置矢径 $\mathbf{r}$ 表示，即

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

矢径的大小

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

角坐标 θ 如图(1—1)所示，质点在 xOy 平面内绕原点 O 作圆周运动，质点在 A 点，半径 OA 与固定于平面的某一参考直线 Ox 的夹角 θ ，称为角位置或角坐标。

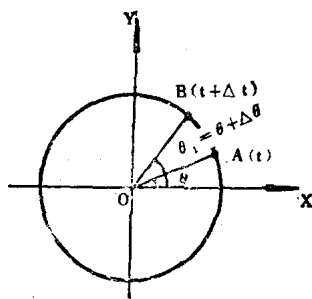


图1—1

2 位移 描写物体空间位置变化的物理量。是矢量。

位移 $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$,

方向 从 $\mathbf{r}_1$ 的端点指向 $\mathbf{r}_2$ 的端点。

大小 $\Delta r = |\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1|$ 。

角位移 $\Delta \theta = \theta_1 - \theta$ 如图1—1中，质点在 Δt 时间内由 A 到达 B 点所转过的角度。

转向 右手四指从 θ 抓向 θ_1 时，大拇指所指的方向为角位移的方向，一般定逆时针转向为正值，顺时针转向为负值。

3 速度 描写物体运动快慢和运动方向的物理量。速度是

矢量，也是瞬时量，即表示某一时刻的量。

$$\text{速度 } \mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k}.$$

$\mathbf{v}$ 的方向是物体运动的方向，即运动轨迹的正切线方向，用方向角表示，在平面曲线运动中， $\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_y}{v_x}$ 。

$$\mathbf{v} \text{ 的大小为 } v = |\mathbf{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2},$$

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

$\boldsymbol{\omega}$ 的方向为角位移 $\Delta\theta$ 的极限方向，按右手螺旋法，大拇指的指向为 $\boldsymbol{\omega}$ 的正方向。在定轴转动中， $\boldsymbol{\omega}$ 的方向沿转轴。

角速度 $\boldsymbol{\omega}$ 与线速度 $\mathbf{v}$ 的关系为

$$\mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}$$

或
$$\boldsymbol{\omega} = \mathbf{r} \times \mathbf{v}.$$

4 加速度 是描写物体运动速度大小和方向变化的物理量。它是矢量，具有瞬时性。

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2}\mathbf{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\mathbf{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\mathbf{k}.$$

$\mathbf{a}$ 的方向为速度变化 $\Delta\mathbf{v}$ 的极限方向。常用方向角表示，在平面曲线运动中

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_y}{a_x}.$$

$\mathbf{a}$ 的大小

$$\begin{aligned} |\mathbf{a}| &= \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{dt^2}\right)^2} \\ &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}. \end{aligned}$$

在自然坐标系中

$$a_t = \frac{dv}{dt}, \quad a_n = \frac{v^2}{\rho} \quad (\rho \text{ 为曲率半径}).$$

a_t 的方向为运动轨迹上对应点的切线方向, a_n 的方向总是指向曲率中心。

a_t 反映了速度大小的改变。

a_n 反映了速度方向的改变。

总加速度 $a = a_t + a_n$,

大小 $a = |a| = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$,

方向 $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_n}{a_t}$ 。

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

β 的方向为角速度变化 $\Delta\omega$ 的方向, 在定轴转动中, 也是沿转轴方向。当角速度增加, β 与 ω 方向相同, β 为正值, 当转动减慢, 即角速度减小时, β 与 ω 方向相反, β 为负值。

线量与角量的关系

$$a_t \approx R\beta.$$

(三) 运动方程

表示物体的空间位置与时间 t 的函数关系式, 典型的运动方程详见本章公式表。

要注意的是运动方程与位移公式的区别, 表中给出的是运动方程, 而不是位移公式, 如匀变速直线运动的位移公式应为

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2.$$

在解题时 利用位移公式, 要特别注意它的矢量性。

轨道方程 是物体运动位置 x 、 y 、 z 之间的关系式, 即轨迹的数学方程式, 具体地说, 将运动方程中的 t 消去剩下坐标, 变成坐标的方程即轨道方程。

(四) 运动的迭加原理

又称运动的独立性原理: 质点的运动, 均可视为由两个或

三个正交方向的各自独立运动的迭加而成。根据这个原理，可将空间任一运动分解成相互垂直的三个各自独立的运动来研究，这对解决某些复杂问题带来了方便，所以，在解题时必须建立正交坐标系，将矢量进行正交分解，变矢量运算为代数运算。如斜抛运动，可分解为竖直方向与水平方向两种运动的迭加。运动的迭加原理，在物理学中占有十分重要的地位，如在动力学中，必须对力进行正交分解，用力学规律去研究各自独立的运动，然后进行合成，为解决动力学问题提供了理论依据。

(五) 相对运动

又称变换参照系运动，如A物体相对于B物体运动，B物体又相对于C物体运动，则有。

$$\mathbf{v}_{A对B} = -\mathbf{v}_{B对A}$$

和
$$\mathbf{v}_{A对C} = \mathbf{v}_{A对B} + \mathbf{v}_{B对C} = \mathbf{v}_{A对B} + (-\mathbf{v}_{C对B})。$$

同理，相对位移与相对加速度有类似规律，其公式见本章公式表。

三 解题方法及指导

(一) 区分下列概念

1 时间与时刻 时间是与物体运动某一段路程相对应的，为某一段时间。如“两秒内”表示任何两个时间之差为2秒的时间间隔，记 $\Delta t = 2$ 秒，又如“i秒内”表示从0秒到第i秒末的时间间隔，记为 $\Delta t = i$ 秒。

时刻 表示时间的瞬时性，与质点所在某一位置相对应的，为某一时刻。如“第三秒初”表示第二秒末的瞬时时间，记 $t = 2$ 秒。

2 位移与路程 位移表示物体位置变化的有向线段，所

以，位移是矢量。路程是物体运动路径的总长度，所以，路程是标量。在一般情况下，路程不等于位移的模（即位移的大小）。

3 速度与速率 速度是矢量，而速率是标量。速率等于质点在单位时间内所行经的路程，而不考虑质点运动的方向。瞬时速率 v 等于瞬时速度 $\mathbf{v}$ 的绝对值，即 $v = |\mathbf{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ 。而平均速率 $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ ，一般不等于平均速度 $\bar{\mathbf{v}}$ 的大小（ $\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ ）。

4 明确加速度 a 是速度 $\mathbf{v}$ 对时间 t 的变化率，而不是 v 的本身。 v 表示物体运动的快慢程度，而 a 表示运动变化的快慢程度，它们是两个不同的物理量，不可混为一谈。如在竖直上抛运动的顶点处， $v=0$ 而 $a=g$ ，在振动的平衡位置，速度 v 最大，而加速度 $a=0$ 。它们的方向也各自遵循自己的规律，如在斜上抛运动的顶点处，物体有水平速度 v 和竖直向下的加速度 g 。从动力学观点看，速度 $\mathbf{v}$ 与物体的受力无关，而加速度 $\mathbf{a}$ 却与物体受力紧紧相连，有力作用物体才有加速度 $\mathbf{a}$ 。

5 加速度 a 的方向与运动方向 $\mathbf{v}$ 的关系。当 $\mathbf{a}$ 与 $\mathbf{v}$ 同向，表示物体作加速直线运动，在运动方程中 $a>0$ ；当 $\mathbf{a}$ 与 $\mathbf{v}$ 反向，表示物体作减速直线运动，在运动方程中 $a<0$ 。这时 $a>0$ 或 $a<0$ 只说明 v 的绝对值是增加还是减小。若在坐标系中来描述它们， $\mathbf{v}$ 与 $\mathbf{a}$ 大于零或小于零，只说明它们的方向与坐标正方向一致或相反，不能作为判断加速还是减速运动的唯一标准。

物体作曲线运动时，加速度总是指向曲线凹的一边，若 $\mathbf{a}$ 与 $\mathbf{v}$ 的夹角 $\theta < 90^\circ$ 时为加速运动， $\theta > 90^\circ$ 时为减速运动， $\theta = 90^\circ$ 时为匀速圆周运动。

（二）求 $\mathbf{V}(\omega)$ 、 $\mathbf{a}(\beta)$ 的几种方法

1 物体作匀加速直线（圆周）运动或匀速圆周运动时，可