普通物理解题指导400例

袁春玶　编

大连海运学院出版社

内 容 提 要

本书从马文蔚、柯景风改编的《物理学》（人民教育出版社1981年第二版），程守洙、江之永编的《普通物理学》（高等教育出版社1982年修订本）中，选取了近400道题（包括力学、热学、电磁学和光学几部分内容）．逐道都作了详细提示，并给出[illegible]案，有的作为典型例题进行分析解答．另外还从其[illegible]了40多道例题，以启发、引导读者分析问题和解决[illegible]的提高，加深对基本概念及规律的理解和掌握．

本书可作为高等院校普通物理教学参考书，尤其对非物理专业的学生和电大、职大、函大等自学人员有直接指导作用．

普通物理解题指导400例

袁春珰 编

大连海运学院出版社出版（大连凌水桥）

辽宁师范大学书稿出版编辑室供稿、发行

大连海运学院出版社印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：12.625 字数：272千

1988年3月第一版 1988年3月第一次印刷

责任编辑：刘 欣 鲁振厚 封面设计：达 野

前　　言

普通物理是理、工、农、医各专业的一门重要的必修基础课。但是，学好物理并非容易，编者在多年教学实践中了解到，多数学生学习中深感困难的，是如何正确地运用物理概念和规律去解决问题。特别是对于一些较难的习题，往往不知从何入手。教师在答疑时，要反复解答同一道难题；然而对于那些电大、职大、函大等自学人员，由于他们工作比较忙，学习时间短，又缺乏面对面的辅导机会，其困难自然更大。

为帮助高等学校非物理专业的学生和广大自学人员克服学习中的困难，故编写了这本《普通物理解题指导400例》，全书共十六章，包括力学、热学、电磁学和波动光学等几部分内容。

本书的主要特点是：

1．根据教学大纲的基本要求，对各章的基本规律和解题要领都作了扼要的阐述，并精选了典型例题，以使读者加深对基本规律的理解，掌握解题的基本步骤和方法。

2．书中习题部分选题集中，针对性强。根据多数学校使用教材的情况，书中所选取的题都是来自马文蔚、柯景风改编《物理学》及程守洙、江之永编的《普通物理学》（1982年修订本）．以使读者能及时解决问题。

3．书中对所选习题逐道都作了提示，有的提示得很详细。这既可以使读者做题遇到困难时，能得到必要的启示，

但又不包办代替，避免抄袭，有利于读者分析问题和解决问题能力的提高。

本书在编写过程中，得到了辽宁师范大学物理系主任喻身启副教授的支持和鼓励，王爱仁副教授审阅了原稿，并提出了宝贵的意见。在出版过程中，得到了辽宁师范大学书稿出版编辑室和大连海运学院出版社的大力协助，王法生等同志也为本书的出版给予了热情帮助，在此一并向他们表示感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，不妥或错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

袁春瑁

1988年1月于辽宁师范大学

目　　录

力　　学

电　磁　学

力　学

第一章 质点运动学

一　基本要求

1．掌握描述质点运动的基本物理量——位移、速度、加速度等概念，加深对速度和加速度的瞬时性、矢量性和相对性等特性的理解．

2．明确运动方程和轨迹方程的意义，掌握用求导法由已知的运动方程求瞬时速度、瞬时加速度和简单的轨迹方程．

3．熟练掌握匀速、匀变速直线运动、抛体运动和匀速圆周运动的规律，并能用建立坐标的方法解有关问题．

二　基本规律及公式

1．运动方程　　$\mathbf{r}=\mathbf{r}(t)$　　(1.1)

即位置矢量跟时间的函数关系，叫做运动方程．在平面直角坐标系内的分量式为：

$$x=x(t)\quad,\quad y=y(t)\tag{1.2}$$

2．位移　　$\Delta\mathbf{r}=\mathbf{r}_2-\mathbf{r}_1=\Delta x\mathbf{i}+\Delta y\mathbf{j}$　　(1.3)

位移的大小　　$|\Delta\mathbf{r}|=\sqrt{\Delta x^2+\Delta y^2}$

位移的方向：由起始位置指向终止位置。

3．速度 是描述质点运动状态的物理量。

平均速度 $\mathbf{v}=\frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$，平均速率： $v=\frac{\Delta s}{\Delta t}$

Δs 是 Δt 时间内通过的路程。

瞬时速度 $$\mathbf{v}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}=\frac{d\mathbf{r}}{dt}$$

$$=\frac{dx}{dt}\mathbf{i}+\frac{dy}{dt}\mathbf{j} \qquad (1.4)$$

$$v=\sqrt{v_x^2+v_y^2}=\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2+\left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$$

在直线运动中，用正负来表示运动的方向，$v>0$ 表示速度方向与所选取的坐标轴正方向一致，反之亦然。

变换参照系时，速度变换法则是

$$\mathbf{v}_{A对C}=\mathbf{v}_{A对B}+\mathbf{v}_{B对C} \qquad (1.5)$$

4．加速度 是描述质点运动状态变化的物理量。

平均加速度 $$\mathbf{a}=\frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}=\frac{\mathbf{v}_2-\mathbf{v}_1}{\Delta t}$$

瞬时加速度 $$\mathbf{a}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}=\frac{d\mathbf{v}}{dt} \qquad (1.6)$$

$$|\mathbf{a}|=\sqrt{a_x^2+a_y^2}=\sqrt{\left(\frac{dv_x}{dt}\right)^2+\left(\frac{dv_y}{dt}\right)^2} \qquad (1.7)$$

加速度的方向是速度变化的方向，不代表运动方向。当加速度方向与速度方向一致时，表示加速运动，相反时为减

速运动。

曲线运动情况下 $\mathbf{a}=\mathbf{a}_t+\mathbf{a}_n$ (1.8)

其中 $a_t=dv/dt$ 是切向加速度的大小，方向沿曲线的切线方向；而 $a_n=\dfrac{v^2}{\rho}$（ρ为曲线上某点处的曲率半径）是法向加速度的大小，其方向与 $\mathbf{v}$ 垂直。

$$|\mathbf{a}|=\sqrt{a_t^2+a_n^2} \tag{1.9}$$

加速度的方向

$$\theta=\mathrm{tg}^{-1}\frac{a_n}{a_t} \tag{1.10}$$

θ 是 $\mathbf{a}$ 的方向与曲线的切线方向间的夹角。

5. 运动迭加原理

任何一种运动可以看成是在两个或三个正交方向上各自独立进行的运动的迭加，叫做运动迭加原理或运动的独立性原理。应用这个原理，可把任一曲线运动分解成若干个互相正交的直线运动，以使问题简化。

但应注意：运动的迭加原理并非普遍适用。仅当质点所受外力在某 x 方向上的分力 F_x，与质点在 x 轴的垂直方向的运动（如与 v_y）无关而完全独立的情况下才能使用。

6. 抛体运动（忽略空气阻力）

（1）运动方程，

$$v_{0x}=v_0\cos\theta\ ,\qquad v_{0y}=v_0\sin\theta \tag{1.11}$$

$$v_x=v_{0x}=v_0\cos\theta\ ,\qquad v_y=v_{0y}-gt$$

$$x=v_{0x}t\ ,\qquad y=v_{0y}t-\frac{1}{2}gt^2 \tag{1.12}$$

（2）轨道方程式 $y=\mathrm{tg}\theta x-\dfrac{g}{2v_0{}^2\cos^2\theta}x^2$ （1.13）

7. 圆周运动

匀速率圆周运动 $a_t=0$ ，$a_n=\dfrac{v^2}{R}$

变速率圆周运动 $a_t=\dfrac{dv}{dt}$ ， $a_n=v^2/R$

角速度 $\omega=\dfrac{d\theta}{dt}$ 角加速度：$\beta=d\omega/dt$

运动方程：$\theta=\omega_0t+\dfrac{1}{2}\beta t^2$

线量与角量的关系：$S=R\theta$， $v=R\dot{\omega}$，$a_t=R\beta$，$a_n=R\omega^2$。

三 典 型 例 题

例1 作上抛运动的物体上升到高 h 处所用的时间为 t_1，自抛出到升至最高点再回到同一高度 h 处所用的时间为 t_2。求证： $h=\dfrac{1}{2}gt_1t_2$

证明 取物体抛出点为坐标原点，x 轴正方向向上。设物体抛出时的速度（即初速度）为 v_0，则物体上升到 h 时（t_1 时间内发生的位移）运动方程为

$$h=v_0t_1-\frac{1}{2}gt_1^2 \qquad (1)$$

回到同一高度 h 时（t_2 时间内所发生的位移）运动的方程为

$$h=v_0t_2-\frac{1}{2}gt_2^2 \qquad (2)$$

将（1）（2）两式相加得：

$$2h=v_0(t_1+t_2)-\frac{1}{2}g(t_1^2+t_2^2)$$

$$=v_0(t_1+t_2)-\frac{1}{2}g(t_1+t_2)^2+gt_1t_2 \qquad (3)$$

而 (t_1+t_2) 是物体自抛出又回到原点所用的时间。

显然有 $$v_0(t_1+t_2)-\frac{1}{2}g(t_1+t_2)^2=0$$

因而 $$h=\frac{1}{2}gt_1t_2$$ 证毕。

例2 一船在平静的海面上以 $v_1=20\text{km/h}$ 的速率向正北航行，问在遇到流速 $v_2=5\ \text{km/h}$ 的向东潮流的冲击时，船相对于岸的速度 $\mathbf{v}_3$ 如何？若保持航行速率 v_1 不变，问驾驶员应将航向如何调整才能到达正北方向的岛上？及船向岛接近的速率是多大？

解 将船、水、岸之间的运动看作是一种相对运动，根据相对运动公式，有

$$\mathbf{v}_3=\mathbf{v}_1+\mathbf{v}_2 \qquad (1)$$

其矢量图如图 1-1 (*a*) 所示。

根据矢量合成方法，可求出$\mathbf{v}_3$的大小和方向。由图可知，$\mathbf{v}_1\perp\mathbf{v}_2$，所以

$$v_3=\sqrt{v_1^2+v_2^2}$$
$$=20.6\ (\text{km/h})$$

船航行方向：$\theta=\text{tg}^{-1}\dfrac{v_2}{v_1}=14°$

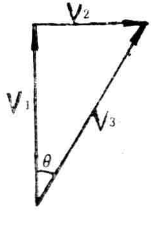

图 1-1 (*a*)

即正北偏东14°.

若保持 v_1 和 v_2 之值不变，而要 $\mathbf{v}_3$ 的方向为正北，则速度矢量图如图 1-1(b) 所示，这时

$$v_3=\sqrt{v_1^2-v_2^2}=19.4\ \mathrm{km/h}$$

船航行方向需要调整到

$$\alpha=\sin^{-1}\frac{v_2}{v_1}=14.5°$$

即正北偏西14.5°.

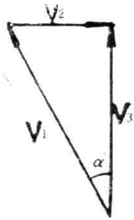

图 1-2（b）

例3 如图 1-2（a)，物体作抛体运动，初速度为 $\mathbf{v}_0$，抛射角为 α.（1）求证：物体落地速度 $\mathbf{v}$ 与水平方向夹角等于 α；（2）求抛出点 O，最高点 A 及落地点 B 的法向加速度 a_n 和切向加速度 a_t.

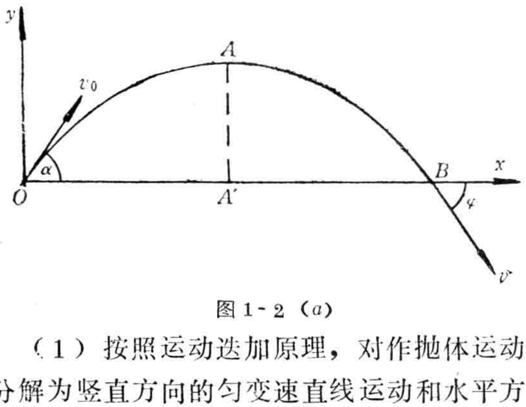

图 1-2（a）

解 （1）按照运动迭加原理，对作抛体运动的物体，可将它分解为竖直方向的匀变速直线运动和水平方向的匀速直线运动. 如图 1-2(a)直角坐标系，物体落地时，$y=0$.

代入抛体运动公式，有

$$0 = v_0 \sin\alpha t - \frac{1}{2} g t^2$$

可解得 $$t_1 = 0 \ , \quad t_2 = \frac{2v_0 \sin\alpha}{g}$$

$t_1 = 0$ 为物体刚抛出时所对应的时间，$t_2 = \dfrac{2v_0 \sin\alpha}{g}$ 是物体落地时对应的时间。将 t_2 代入速度公式

得 $$v_y = v_0 \sin\alpha - g \frac{2v_0 \sin\alpha}{g} = -v_0 \sin\alpha$$

而 $$v_x = v_0 \cos\alpha$$

由此二式可求出物体落地时的速率为

$$v = \sqrt{v_y^2 + v_x^2} = v_0$$

说明落地时的速率等于抛出时的速率。

设落地速度 **v** 与水平方向夹角为 φ，则

$$\mathrm{tg}\varphi = \left|\frac{v_y}{v_x}\right| = \left|\frac{-v_0 \sin\alpha}{v_0 \cos\alpha}\right| = \mathrm{tg}\alpha$$

因而 $$\varphi = \alpha$$ 证毕。

△（2）求图中 O、A、B 各点的法向加速度和切向加速度。由于 $\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_t$，而物体作抛体运动时，$\mathbf{a} = \mathbf{g}$，因而

$$\mathbf{g} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_t = a_n \mathbf{n} + a_t \mathbf{t}$$

t 和 **n** 分别表示 $\mathbf{a}_t$ 和 $\mathbf{a}_n$ 的单位向量。由图 1-2（b）知：

O 点：$\mathbf{a}_n = (g\cos\alpha)\mathbf{n}$，$\mathbf{a}_t = (-g\sin\alpha)\mathbf{t}$

A 点：$\mathbf{a}_n = g\mathbf{n}$，$\mathbf{a}_t = 0$

B 点：$\mathbf{a}_n = (g\cos\alpha)\mathbf{n}$，$\mathbf{a}_t = (g\sin\alpha)\mathbf{t}$

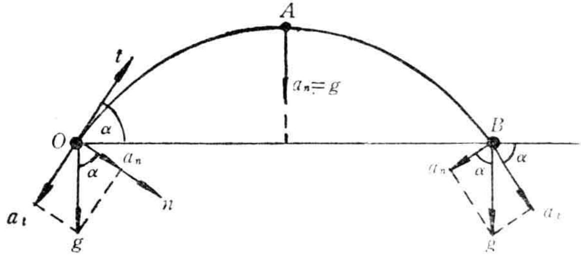

图 1-2 (b)

四 习题及提示

1-1 物体按照 $x=4.9\,t^2$ 的规律运动. x 的单位为 m, t 的单位为 s. (1) 计算下列各时间内的平均速度: 1s 到 1.1s, 1s 到 1.01s, 1s 到 1.001s; (2) 求 1s 末的瞬时速度.

提示: (1) 求出各时刻物体的位置 x, 再根据平均速度的定义式 $\bar{v}=\Delta x/\Delta t$ 即可求出各段时间内的平均速度.

答案: $\bar{v}_{1-1.1}=10.29\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, $\bar{v}_{1-1.01}=9.849\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$, $\bar{v}_{1-1.001}=9.8049\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

(2) $v=dx/dt=9.8t$, $\therefore\ v_{t=1}=9.8\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

1-2 一质点以 $10\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ 的恒定速率向东运动. 当它刚刚到达距出发点为 d 的一点时, 立即以 $20\mathrm{m\cdot s^{-1}}$ 的恒定速率往回运动, 并返回原处. 问在全过程中的平均速度和平均速率为多少?

提示: ① 依题意知 $\Delta x=0$, $\therefore\ \bar{v}=0$;

② $\Delta s = 2d$ ， $\Delta t = \dfrac{d}{10} + \dfrac{d}{20}$

∴ $\bar{v} = \Delta s / \Delta t = 13.3\ (\mathrm{m \cdot s^{-1}})$.

1-3 矿井里升降机，在井底从静止开始匀加速上升，经过 3s，速度达到 $3\mathrm{m \cdot s^{-1}}$，然后以这个速度匀速上升 6s，最后减速上升经过 3s 到达井口时，刚好停止。（1）求矿井深度。（2）绘出 x-t 图，v-t 图和 a-t 图。

提示：（1）依题意，有 $a_1 = 1\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$，$a_2 = 0$，$a_3 = -1\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$，设井深为 s，有

$$s = \frac{1}{2} \times 1 \times 3^2 + 3 \times 6 + \frac{1}{2} \times 3^2 = 27\ (\mathrm{m})\ .$$

1-4 一人的左右手掌相距 0.5 m，它们以 $4\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ 和 $-4\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ 的速度相向运动。设有一昆虫原先在左手掌上，以 $10\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ 的速率飞向右手掌。当它碰到右手掌后，立刻又以相同的速率飞回左手掌。于是昆虫连续地飞行在两手掌之间。试求在两手掌碰到一起之前，昆虫飞行的总路程。

提示：① 求出两手相碰所需时间 $t = \dfrac{5}{2 \times 4}$ s

② 昆虫在这段时间内飞行的总路程为 $s = vt$

答案： $s = 0.625$ m

1-5 湖中有一小船，岸上有人用绳跨定滑轮拉船靠岸，如题 1-5 图所示。当人以匀速 v 拉绳，船运动速度 v' 为多少？设滑轮距水面高度为 h，滑轮到原船位置的绳长为 l。

提示：① 设任意时刻 t 船的位置（船至岸的水平距离）为 x，绳长（及滑轮到船的距离）为 l，绳收缩时，l、x 都将发生变化。显然，