知识点穷
逻辑推理
解题过程新突破

上海交通大学

黄树森 主编

最新大学物理440典型题

中国建材工业出版社

最新大学物理440典型题

知识点穷

——逻辑推理

——解题过程新突破

黄树森　主编

中国建材工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

最新大学物理440典型题/黄树森主编.—北京:中国建材工业出版社,2002.4

ISBN 7-80159-258-1

Ⅰ.最… Ⅱ.黄… Ⅲ.物理学-高等学校-解题 Ⅳ.04-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第016830号

最新大学物理440典型题

中国建材工业出版社出版

新华书店经销

北京奥隆印刷厂印刷

开本850×1168 1/32 印张22.25 字数752千字

2002年4月第1版 2002年4月第1次印刷

印数1-8000册

ISBN 7-80159-258-1/G·046

定价:23.00元

前　　言

物理学是一门重要的基础科学，是整个自然科学的基础和当代技术发展中最主要的源泉。因此，在高等理工科院校培养高素质人才的过程中，大学物理是一门重要的基础理论课程，在培养学生的创新意识和科学素养中有重要的作用和地位。

要学好大学物理，除了课堂上的学习和训练之外，还需要结合教学要求，做一定数量的练习题。本书力图从分析典型问题的物理模型、条件与结论之间的逻辑关系入手，建立清晰的物理图像，理清解题思路，使学生掌握物理方法和教学方法在解题过程中的灵活运用。通过“**知识点窍**”和“**逻辑推理**”，使学生理解全部解题过程，从而加深对所学基础知识的理解和应用，掌握正确的解题方法和技巧。

“**知识点窍**”和“**逻辑推理**”是本书的精华所在，是由多位著名教授根据对学生答题的弱点分析而研究出来的一种新型的拓展思路的训练方法。“**知识点窍**”提纲挈领地抓住了题目核心知识，让学生清楚彻底地了解出题者的意图，而“**逻辑推理**”则注重引导学生思维，旨在培养学生的科学思维方法，及掌握答题的思维技巧。本书在此基础上，还提供了详细的“**解题过程**”，使学生熟悉整个答题过程，从而全方位突破大学物理。

本书共5个部门17章440典型题，基本覆盖了所有须掌握的基本理论和基本方法。在选材上，既有从生产实际中提练出的

理想模型，又有联系现代科学技术的题目。而且，本书采用**“知识点窍”——“逻辑推理”——“解题过程”**的全新编排模式，相信读者将更能容易地把握题型规律与出题者意图，从而掌握解题技巧与方法，加深对所学知识的理解与应用。

目　　录

第一篇　力学

第二篇　热学

第三篇　电磁学

第四篇　光学

第五篇　量子物理基础

第一篇　力学

第一章　质点运动学

1－1

一质点作直线运动，其运动方程为 $x = 2 + 2t - t^2$，式中 t 以秒计，x 以米计。试计算从时刻 $t = 0$ 到 $t = 4s$ 时间间隔内质点位移的大小和它走过的路程。

Ⅰ　[知识点窍]

位移公式：$\Delta x = x(t + \Delta t) - x(t)$

Ⅱ　[逻辑推理]

由运动方程可以求出位移；在求解路程时，需要分别求出在整个运动过程中运动方向发生变化前和变化后的位移，运动方向发生变化的时刻可以由运动方程的一阶微分为零来确定。

Ⅲ　[解题过程]

【解】　本题需注意在题设时间内运动方向发生了变化。

位移大小为

$$|\Delta x| = |x|_{t=4} - x|_{t=0}| = 8\text{m}$$

对 x 求极值 $\dfrac{dx}{dt} = 2 - 2t = 0$

可得 $t = 1\text{s}$，即质点在 $t = 0$ 到 $t = 1\text{s}$ 内沿 X 正向运动，然后反向运动。

分段计算 $\Delta x_1 = x|_{t=1} - x|_{t=0} = 1\text{m}$

$$|\Delta x_2| = |x|_{t=4} - x|_{t=1}| = 9\text{m}$$

路程为 $\Delta x_1 + |\Delta x_2| = 10\text{m}$

1-2

一质点沿 OY 轴作直线运动，它在 t 时刻的坐标是

$$y = 4.5t^2 - 2t^3$$

式中 y 以米计，t 以秒计。试求：

(1) $t = 1 \sim 2\text{s}, 1 \sim 1.5\text{s}, 1 \sim 1.1\text{s}, 1 \sim 1.01\text{s}$ 内质点的位移和平均速度；

(2) $t = 1\text{s}$ 末和 2s 末的瞬时速度；

(3) 第 2s 内质点所通过的路程；

(4) 第 2s 内质点的平均加速度以及 $t = 1\text{s}$ 末和 2s 末的瞬时加速度；

(5) 解说这质点的运动情况和速率变化情况（在 $0 \sim 3\text{s}$ 内）。

Ⅰ［知识点窍］

位移公式：$\Delta y = y(t + \Delta t) - y(t)$

平均速度公式：$\bar{v} = \dfrac{\Delta y}{\Delta t}$

瞬时速度公式：$v = \dfrac{dy}{dt}$

平均加速度公式：$\bar{a} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

瞬时加速度公式：$a = \dfrac{dv}{dt}$

Ⅱ［逻辑推理］

通过运动方程可以求解位移，进而可以求解平均速度。对运动方程微分

可以得到瞬时速度。求解路程时，需要分别求解运动方向发生变化前和变化后的位移，用运动方程的一阶微分为零确定运动方向发生变化的时刻。通过瞬时速度可求解平均加速度。对瞬时速度微分可得瞬时加速度。

Ⅲ ［解题过程］

【解】 (1) 据题意，质点在 t 时刻与 $t+\Delta t$ 时刻的位置分别为

$$y = 4.5t^2 - 2t^3$$

$$y + \Delta y = 4.5(t+\Delta t)^2 - 2(t+\Delta t)^3$$

所以 $t \sim t+\Delta t$ 时间间隔内的位移为

$$\Delta y = 9t\Delta t + 4.5(\Delta t)^2 - 6t^2\Delta t - 6t(\Delta t)^2 - 2(\Delta t)^3$$

平均速度为

$$\bar{v}_y = \frac{\Delta y}{\Delta t} = 9t + 4.5\Delta t - 6t^2 - 6t\Delta t - 2(\Delta t)^2$$

分别将已知条件代入，得

$1 \sim 2\text{s}$ 内： $\Delta y = -0.5\text{m}$ $\bar{v}_y = -0.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

$1 \sim 1.5\text{s}$ 内： $\Delta y = 0.875\text{m}$ $\bar{v}_y = 1.75\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

$1 \sim 1.1\text{s}$ 内： $\Delta y = 0.283\text{m}$ $\bar{v}_y = 2.83\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

$1 \sim 1.01\text{s}$ 内： $\Delta y = 0.0299\text{m}$ $\bar{v}_y = 2.99\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

(2) 当时间趋近于零时，平均速度的极限值为瞬时速度，据此有

$$v_y = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = 9t - 6t^2$$

代入已知条件得

$$v_y\big|_{t=1} = 3\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \quad v_y\big|_{t=2} = (-6)\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

(3) 令 $v_y = 9t - 6t^2 = 0$

得 $$t = 1.5\text{s}$$

可见在 2s 内速度方向发生变化，即有

$$\begin{aligned} s_{1-2} &= s_{1-1.5} + s_{1.5-2} \\ &= |0.875|\text{m} + |-1.375|\text{m} = 2.25\text{m} \end{aligned}$$

(4) $t \sim t+\Delta t$ 内速度增量为

$$\begin{aligned} \Delta v_y &= [9(t+\Delta t) - 6(t+\Delta t)^2] - (9t - 6t^2) \\ &= 9\Delta t - 12t\cdot\Delta t - 6\Delta t^2 \end{aligned}$$

平均加速度

$$\bar{a}_y = \frac{\Delta v_y}{\Delta t} = 9 - 12t - 6\Delta t$$

第2秒内即 $t = 1\text{s}, \Delta t = (2-1)\text{s} = 1\text{s}$,有 $\bar{a}_y = -9\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

瞬时加速度

$$a_y = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v_y}{\Delta t} = \frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t} = 9 - 12t$$

$$a_y|_{t=1} = -3\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

$$a_y|_{t=2} = -15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

以上负加速度表示加速度沿 Y 轴负方向。

(5) 质点的运动情况为

$$y = 4.5t^2 - 2t^3$$

$$v_y = 9t - 6t^2 \begin{cases} > 0 & (0 < t < 1.5\text{s}) \\ = 0 & (t = 1.5\text{s}) \\ < 0 & (t > 1.5\text{s}) \end{cases}$$

$$a_y = 9 - 12t \begin{cases} > 0 & (0 < t < 0.75\text{s}) \\ = 0 & (t = 0.75\text{s}) \\ < 0 & (t > 0.75\text{s}) \end{cases}$$

可见在 $0 < t < 0.75\text{s}$ 时,$v_y > 0, a_y > 0$,质点向 Y 轴正方向作加速运动,速率增加,但增加得愈来愈慢。在 $t = 0.75\text{s}$ 时,$v_y = 3.375\text{m}\cdot\text{s}^{-1}, a_y = 0$,质点沿 Y 轴正方向运动。在 $0.75\text{s} < t < 1.5\text{s}$ 时,$v_y > 0, a_y < 0$,质点继续沿 Y 轴正方向作减速运动,其速率减得愈来愈快。在 $t = 1.5\text{s}$ 之后,$v_y < 0, a_y < 0$,质点从 $y = 1.875\text{m}$ 沿 Y 轴负方向作加速运动。

1－3

如图所示,一质点从某时刻开始以初速度 v_0 沿曲线运动,经过 Δt 时间后又回到了出发点,其末速度为 v。已知 v_0 与 v 大小相等,夹角为 θ。

(1) 求 Δt 时间内的平均速度;

(2) 在图上画出 Δt 时间内的速度增量;

(3) 求 Δt 时间内的平均加速度。

Ⅰ ［知识点窍］

平均速度公式：$\bar{v} = \dfrac{\Delta r}{\Delta t}$

平均加速度公式：$\bar{a} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

Ⅱ ［逻辑推理］

此题考察对一些基本公式的掌握。应用平均速度公式并注意到质点回到出发点意味着 Δr 为零；Δt 时间内的速度增量可以根据速度合成公式得到；Δt 时间内的平均加速度可以直接由公式求解。

Ⅲ ［解题过程］

【解】 (1) 由题意知 $\Delta r = 0$，故平均速度 $\bar{v} = \dfrac{\Delta r}{\Delta t} = 0$

(2) Δt 时间内速度的增量如图所示，其大小

$$|\Delta v| = 2v_0 \sin\frac{\theta}{2}$$

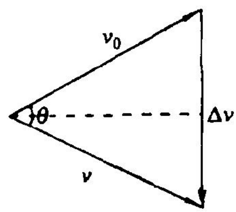

图 1－3

(3) Δt 时间内的平均加速度 $\bar{a} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t}$

其方向与 v_0 成 $\dfrac{\pi + \theta}{2}$ 角，其值

$$|\bar{a}| = \left|\frac{\Delta v}{\Delta t}\right| = \frac{2v_0 \sin\frac{\theta}{2}}{\Delta t}$$

1－4

已知一质点的运动方程为 $r = 2ti + (2 - t^2)j$（SI 制）。

(1) 画出质点的运动轨迹。

(2) 求出 $t = 1\text{s}$，和 $t = 2\text{s}$ 时质点的位矢。

(3) 求出 1s 末和 2s 末的速度。

(4) 求出加速度。

Ⅰ ［知识点窍］

位矢公式：$\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j}$

速度公式：$\boldsymbol{v} = \dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}$

加速度公式：$\boldsymbol{a} = \dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}$

Ⅱ ［逻辑推理］

从运动方程可以得到x,y与t的关系式，从而得到质点的运动轨迹；特定时刻的位矢可以通过运动方程直接求解；特定时刻的速度和加速度可以通过对运动方程微分得到。

Ⅲ ［解题过程］

【解】 (1) 由运动方程得到沿x,y方向的分量

由 $x = 2t$

$y = 2 - t^2$

消去时间t，可得 $y = 2 - \dfrac{1}{4}x^2$，其运动轨迹为一抛物线

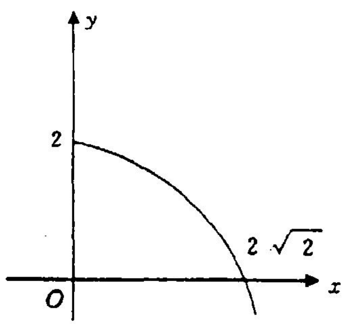

图1－4

(2) $t = 1\mathrm{s}$时 $\boldsymbol{r}_1 = 2\boldsymbol{i} + \boldsymbol{j}$

$t = 2\mathrm{s}$时 $\boldsymbol{r}_2 = 4\boldsymbol{i} - 2\boldsymbol{j}$

(3) 质点运动的速度

$$\boldsymbol{v} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t} = 2\boldsymbol{i} - 2t\boldsymbol{j}$$

$t = 1\mathrm{s}$时 $\boldsymbol{v}_1 = 2\boldsymbol{i} - 2\boldsymbol{j}$

即 $v_1 = 2\sqrt{2}\mathrm{m/s}, \theta_1 = -45°$（$\theta_1$为$v_1$与$x$轴的夹角）

$t = 2\mathrm{s}$时 $\boldsymbol{v}_2 = 2\boldsymbol{i} - 4\boldsymbol{j}$

即 $v_2 = 2\sqrt{5}\mathrm{m/s}, \theta_2 = -63°26'$（$\theta_2$为$v_2$与$x$轴的夹角）

(4) 质点运动的加速度 $\boldsymbol{a} = \dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t} = -2\boldsymbol{j}$

1－5

一质点沿 y 轴作直线运动，其速度大小 $v_y = 8 + 3t^2$，单位为SI制。质点的初始位置在 y 轴正方向10m处，试求：

(1) $t = 2\mathrm{s}$ 时，质点的加速度；

(2) 质点的运动方程；

(3) 第2秒内的平均速度。

Ⅰ ［知识点窍］

加速度公式 $a = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$

速度公式 $v = \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}$

Ⅱ ［逻辑推理］

从给出的速度公式出发，通过微分可以求出加速度的公式，通过积分可以求出位移公式（运动方程），再用平均速度公式求解之。

Ⅲ ［解题过程］

【解】 根据题意可知，$t = 0$ 时，$v_0 = 8\mathrm{ms}^{-1}$，$y_0 = 10\mathrm{m}$

(1) 质点 $t = 2\mathrm{s}$ 时的加速度 a_y 为

$$a_y = \frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t} = 6t = 12\mathrm{ms}^{-2}$$

(2) 质点的运动方程 y 为 $\mathrm{d}y = v_y \mathrm{d}t$

两边积分 $\int_{10}^{y} \mathrm{d}y = \int_0^t (8 + 3t^2)\,\mathrm{d}t$

因此 $y = 10 + 8t + t^3$

(3) 第2秒内的平均速度 v_y 为

$$v_y = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{y_2 - y_1}{t_2 - t_1} = 15\mathrm{ms}^{-1}$$

1-6

某质点在 xy 平面上作加速运动，加速度 $a = 3i + 2j(\mathrm{m/s^2})$。在零时刻的速度为零，位置矢量 $r_0 = 5i\mathrm{m}$。试求：

（1） t 时刻的速度和位矢；

（2） 质点在平面上的轨迹方程，并画出轨迹的示意图。

Ⅰ ［知识点窍］

加速度公式：$a = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$

速度公式：$v = \dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}$

Ⅱ ［逻辑推理］

从给出的加速度公式出发，通过积分可以求得速度和位移的矢量形式；质点在平面上的运动方程则可以通过位移公式的 x、y 分量消去时间 t 得到。

Ⅲ ［解题过程］

【解】 （1） t 时刻的速度 v 为

$$\mathrm{d}v = a\mathrm{d}t = (3i + 2j)\mathrm{d}t$$

积分得 $$\int_0^v \mathrm{d}v = \int_0^t (3i + 2j)\mathrm{d}t$$

因此 $$v = (3ti + 2tj)\mathrm{ms}^{-1}$$

t 时刻的位矢 r 为

$$\mathrm{d}r = v\mathrm{d}t = (3ti + 2tj)\mathrm{d}t$$

积分得 $$\int_{r_0}^r \mathrm{d}r = \int_0^t (3ti + 2tj)\mathrm{d}t$$

因此 $$r = r_0 + \frac{1}{2}(3t^2 i + 2t^2 j) = (5 + \frac{3}{2}t^2)i + t^2 j$$

（2） 由 r 的表达式可得质点的运动方程

$$\begin{cases} x = 5 + \dfrac{3}{2}t^2 \\ y = t^2 \end{cases}$$

消去两式中的 t,便得轨迹方程

$$y = \frac{2}{3}x - \frac{10}{3}$$

由此可见,其轨迹为直线,斜率为$\frac{2}{3}$,倾斜角

$$\alpha = \mathrm{arctg}\,\frac{2}{3} \approx 33°41'。$$

轨迹的示意图如图 1 - 6 所示。

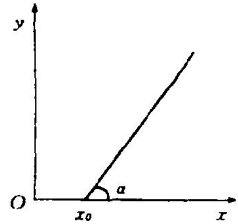

图 1 - 6

1 - 7

一质点由静止开始作直线运动,初始加速度为 a_0,以后加速度均匀增加,每经过 τ 秒增加 a_0,求经过 t 秒后质点的速度和位移。

Ⅰ [知识点窍]

加速度公式:$a = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$

速度公式:$v = \dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$

Ⅱ [逻辑推理]

题目给出的条件是加速度。通过积分方法可以由加速度求得速度进而求得位移。

Ⅲ [解题过程]

【解】 由题意可知,加速度和时间的关系为

$$a = a_0 + \frac{a_0}{\tau}t$$

根据直线运动加速度的定义 $a = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$ 可得

$$v - v_0 = \int_0^t a\mathrm{d}t = \int_0^t \left(a_0 + \frac{a_0}{\tau}t\right)\mathrm{d}t = a_0 t + \frac{a_0}{2\tau}t^2$$

因为 $t = 0$ 时，$v_0 = 0$，故 $v = a_0 t + \dfrac{a_0}{2\tau}t^2$

根据直线运动速度的定义式

$$v = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} \quad 有 \quad v = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$$

$$x - x_0 = \int_0^t v\mathrm{d}t = \int_0^t \left(a_0 t + \frac{a_0}{2\tau}t^2\right)\mathrm{d}t = \frac{1}{2}a_0 t^2 + \frac{a_0}{6\tau}t^3$$

因为 $t = 0$ 时，$x_0 = 0$，则位移为 $x = \dfrac{a_0}{2}t^2 + \dfrac{a_0}{6\tau}t^3$

1－8

某物体从空中由静止落下，其加速度 $a = A - Bv$（A，B 为常量），试求：

① 物体下落的速度；

② 物体的运动方程。

（取竖直向下为 y 轴正向，设 $t = 0$ 时，$y_0 = 0$，$v_0 = 0$）

Ⅰ ［知识点窍］

加速度公式：$a = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$

速度公式：$v = \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}$

Ⅱ ［逻辑推理］

本题也为从加速度公式通过积分求解速度进而求得位移公式（运动方程）。

Ⅲ ［解题过程］

【解】 ① $a = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = A - Bv$