高等学校辅导教材

普通物理学

（第五版）

习题全解

主编　李晓北

学 苑 出 版 社

O4-44
L300:1

普通物理学（第五版）

习题全解

主编　李晓北

学 苑 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学(第五版)习题全解/李晓北主编. -北京:学苑出版社,2000.8

ISBN 7-5077-1546-9

Ⅰ.普… Ⅱ.李… Ⅲ.物理学—高等学校—教学参考资料 Ⅳ.H30

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 00981 号

【内容简介】 本书是根据程守洙、江之永主编的教材《普通物理学》(第五版)一书的习题而作的习题解答,书中对教材中的全部习题进行了详细解答。

本书对教材中各章的重点、难点做了较深刻地分析,对各章习题做了全面解析。本书可供以《普通物理学》(第五版)作为教材的师生作教学参考书使用,也可供综合性大学、高等师范院校非物理专业以及各类成人高校、职工大学选用。

普通物理学(第五版)习题全解

主编 李晓北

出版发行:学苑出版社

地　　址:北京万寿路西街 11 号

邮　　编:100036

经　　销:全国各地新华书店

印　　刷:北京理工大学印刷厂

开　　本:850mm×1168mm　1/32

印　　张:19.75

字　　数:412 千字

版　　次:2004 年 2 月第 1 版

印　　次:2004 年 2 月第 1 次印刷

印　　数:1~6000 册

书　　号:ISBN 7-5077-1546-9

定　　价:20.00 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现代技术发展最主要的源泉。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，就要透彻的理解所学的课本。本书就是根据程守洙、江之永主编的教材《普通物理学》（第五版）一书的习题而作的习题解答，本书除了有传统习题集的解题过程外，还有以下特点：

1. 知识点窍：运用公式、定理及定义来点明知识点；

2. 逻辑推理：阐述习题的解题过程；

3. 解题过程：概念清晰、步骤完整、数据准确、附图齐全。

把**知识点窍**——**逻辑推理**——**解题过程**串起来，做到融会贯通，最后给出教材课后习题的答案，在解题思路和解题技巧上进行精练分析和引导，巩固所学，达到举一反三的效果。

“**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学生答题的弱点进行分析进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，旨在培养学生科学的思维方法，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。

由于编者水平有限及编写时间仓促，不妥之处在所难免，希望广大读者不吝批评、指正。

编者

2004 年 2 月

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　录

第一章　质点的运动

1－1　质点按一定规律沿 x 轴作直线运动，在不同时刻的位置如下：

t/s	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
x/m	3.00	3.14	3.29	3.42	3.57

（1）画出位置对时间的曲线；

（2）求质点在整个 3s 中的平均速度；

（3）求质点在 $t = 0$ 时的位置。

知识点窍　速度公式　$v = \dfrac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$

逻辑推理　通过 $x - t$ 图及速度公式可直接求解。

解题过程　（1）以 t 为横坐标，x 为纵坐标，用描点法作出 $x - t$ 图，如图 1－1

（2）因为　$x|_{t=3} = 3.57\text{m}, x|_{t=1} = 3.00\text{m}$

由平均速度定义得

$$\bar{v} = \frac{3.57 - 3.00}{3 - 1} = \frac{0.57}{2.0} = 0.285\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

（3）由图知当 $t = 0$ 时　$x = 2.71\text{m}$

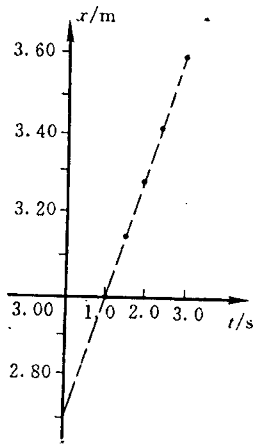


图 1－1

1－2　一质点沿 x 轴运动，坐标与时间的变化关系为 $x = 4t - 2t^3$，式中 x、t 分别以 m、s 为单位，试计算

(1) 在最初 2s 内的平均速度,2s 末的瞬时速度;

(2)1s 末到 3s 末的位移、平均速度;

(3)1s 末到 3s 末的平均加速度;此平均加速度是否可用 $\bar{a} = \frac{a_1 + a_2}{2}$ 计算?

知识点窍 速度公式 $v = \frac{ds}{dt}$;加速度公式 $a = \frac{d^2s}{dt^2} = \frac{dv}{dt}$

逻辑推理 使用速度,加速度和位移公式直接求解;注意平均加速度的表达式。

解题过程 由 $x = 4t - 2 + 3$ 得 $v = 4 - 6t$

(1) 因为 $x\Big|_{t=0} = 0$; $x\Big|_{t=2} = -8$,由平均速度定义得

$$\bar{v}_1 = \frac{-8-0}{2-0} = -4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

2s 末的瞬时速度 $v\,|_{t=2} = 4 - 6 \times 2^2 = -20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

(2) 当 $t = 1\text{s}$ 时 $x_1 = 4 \times 1 - 2 \times 1 = 2\text{m}$

当 $t = 3\text{s}$ 时 $x_3 = 4 \times 3 - 2 \times 3^3 = -42\text{m}$

所以在 1s 末到 3s 末的位移为 $\Delta x = x_3 - x_1 = -44\text{m}$

由平均速度定义得:$\bar{v}_2 = \frac{-44}{3-1} = -22\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

(3) 由 $v = 4 - 6t$ 得

$t = 1\text{s}$ 时 $v_1 = 4 - 6 \times 1 = -2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

$t = 3\text{s}$ 时 $v_3 = 4 - 6 \times 3^2 = -50\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

得平均加速度为 $\bar{a} = \frac{v_3 - v_1}{\Delta t} = \frac{-50-(-2)}{3-1} = -24\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

从平均加速度与瞬时加速度的定义看,平均加速度是不能用 $\frac{a_1 + a_3}{2}$ 计算的。但本题中由 $\bar{a} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$ 与 $\frac{a_1 + a_2}{2}$ 的计算结果相同,因此具有迷惑性。

(4) 由 $x = 4t - 2t^3$ 得　$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -12t$

当 $t = 3s$ 时　$a = -12 \times 3 = -36m \cdot s^{-2}$

1-3　一辆汽车沿着笔直的公路行驶，速度和时间的关系如图 1-2 中折线 *OABCDEF* 所示。

(1) 试说明图中 *OA*、*AB*、*BC*、*CD*、*DE*、*EF* 等线段各表示什么运动?

(2) 根据图中的曲线与数据，求汽车在整个行驶过程中所走过的路程、位移和平均速度。

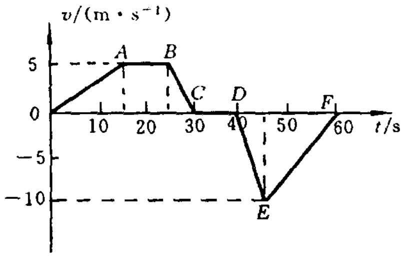


图 1-2

知识点窍　路程公式：$l = vt$，加速度公式：$\boldsymbol{a} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt}$

速度公式：$\boldsymbol{v} = \frac{d\boldsymbol{s}}{dt}$

逻辑推理　根据 0-t 图观察质点的运动情况，直接使用公式求解。注意斜率正负代表加速度的方向；并注意路程和位移的区别。只有当质点作直线运动而且运动的方向不改变时，位移和路程才相等。

解题过程　由 $v-t$ 图知：

(1) *OA* 段：斜率为正的恒定值，质点作匀加速直线运动；

AB 段：斜率为零，质点作匀速直线运动；

BC 段：斜率为负值，质点作匀减速直线运动；

CD 段:速率为零,质点静止;

DE 段:速率为负值,斜率为负值,质点作反向匀加速直线运动;

EF 段:速率为负值,斜率为正值,质点作反向匀减速直线运动。

(2) 根据路程的定义:$l = vt$,由 $v - t$ 图知道,质点在 t 时间内所走过的路程就是曲线和 t 轴所围成的面积。所以有:

$$l = \text{面积}(OABC) + \text{面积}(DEF)$$
$$= (30 + 10) \times 5/2 + 20 \times 10/2$$
$$= 100 + 100 = 200\text{m}$$

根据位移的定义 $s = vt$ 知,在 t 时间内质点的位移就是速度的平均值与时间的乘积。

由图知速度的平均值为:

$$\bar{v} = 5/2 + 5 + 5/2 - 10/2 - 10/2 = 0$$

所以,位移为:$s = 0$

1 - 4 在图 1 - 3 中,直线 1 与圆弧 2 分别表示两质点 A、B 从同一地点出发,沿同一方向作直线运动的 v - t 图。已知 B 的初速度 $v_0 = b\text{m/s}$,它的速率由 v_0 变为 0 所花时间为 $t_1 = 2b\text{s}$。

(1) 试求 B 在任意时刻 t 的加速度。

(2) 设在 B 停止时,A 恰好追上 B,求 A 的加速度。

(3) 在什么时候,A、B 的速度相同?

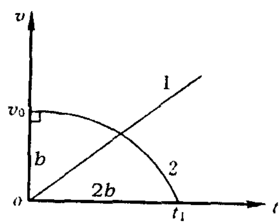


图 1 - 3

知识点窍 速度公式:$\boldsymbol{v} = \dfrac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$

加速度公式:$\boldsymbol{a} = \dfrac{\mathrm{d}^2 s}{\mathrm{d}t^2}$

逻辑推理　本题考察加速度和速度之间的关系。由 $\boldsymbol{a}=\frac{d\boldsymbol{v}}{dt}$ 知道，只要求出速度的表达式，加速度就可计算。

解题过程　B 的 $v_B \sim t$ 图为一圆弧，方程为：

$$(v_B+c)^2+t^2=R^2 \tag{1}$$

由图得 $\begin{cases} R=c+b \\ R^2=c^2+(2b)^2 \end{cases}$

解得　$c=\frac{3b}{2}, R=\frac{5}{2}b$

代入式(1)：

$$(v_B+\frac{3b}{2})^2+t^2=\frac{25}{4}b^2 \tag{2}$$

等式两边对 t 求导

$$2(v_B+\frac{3}{2}b)\frac{dv_B}{dt}+2t=0$$

B 的加速度为

$$a_B=\frac{dv_B}{dt}=-\frac{t}{v_B+\frac{3}{2}b} \tag{3}$$

由式(2)得　$v_B=\frac{-3b\pm\sqrt{25b^2-4t^2}}{2}$

因 A,B 相遇，根号前只取正号，代入(3)得

$$a_B=-\frac{2t}{\sqrt{25b^2-4t^2}}$$

(2) 由图知，A 是作匀加速直线运动

当 $v_B=0$ 时 $t=2b$，A 与 B 相遇，设

$$x_A=\frac{1}{2}a_At^2$$

相遇时：

$$x_A=x_B=\frac{1}{2}a_A(2b)^2=2a_Ab^2 \tag{4}$$

根据　$v_B=\frac{dx_B}{dt}$ 得

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

$$x_B = \int_0^{2b} v_B \mathrm{d}t = \int_0^{2b} \left(\frac{\sqrt{25b^2 - 4t^2}}{2} - \frac{3}{2}b\right)\mathrm{d}t$$

$$= \int_0^{2b} \left(\sqrt{\left(\frac{5}{2}b\right)^2 - t^2} - \frac{3}{2}b\right)\mathrm{d}t$$

$$= \frac{1}{2}\left[t\sqrt{\left(\frac{5}{2}b\right)^2 - t^2} + \left(\frac{5}{2}b\right)^2 \arcsin\left(\frac{t}{\frac{5}{2}b}\right)\right]\Bigg|_0^{2b}$$

$$- \frac{3}{2}bt\Bigg|_0^{2b}$$

$$= \frac{25}{8}b^2\arcsin(0.8) - \frac{3}{2}b^2$$

由④、⑤解得 $a_A = \frac{25}{8}\arcsin(0.8) - \frac{3}{4} = 0.7\mathrm{m\cdot s^{-2}}$

(3) 当 A、B 速度相等时 $v_A = v_B$,因 $v_A = At = 0.7t$;而 $v_B = \frac{1}{2}\sqrt{25b^2 - 4t^2} - \frac{3}{2}b$

由上面关系得:$a_A t = \sqrt{\left(\frac{5}{2}b\right)^2 - t^2} - \frac{3}{2}b$

$$(a_A^2 + 1)t^2 + 3a_A bt - 4b^2 = 0$$

$$t = \frac{-3a_A b \pm \sqrt{9a_A^2 b^2 + 16b^2(a_A^2 + 1)}}{2(a_A^2 + 1)}$$

$$= \frac{-3a_A b \pm b\sqrt{25a_A^2 + 16}}{2(a_A^2 + 1)}$$

$$= \frac{-3 \times 0.7b + b\sqrt{25 \times 0.7^2 + 16}}{2(0.7^2 + 1)} \quad (负值舍去)$$

$$= 1.08b\mathrm{s}$$

1-5 路灯距地面的高度为 h,一个身高为 l 的人在路上匀速运动,速度为 v_0,如图 1-4 所示,求:

(1) 人影中头顶的移动速度;(2) 影子长度增长的速率。

知识点窍　速度公式

$$v = \frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$$

逻辑推理　速度定义的应用。

解题过程　设 t 时刻人所在位置为 x，头顶影子所在位置为 x_1，影子的长度为 x_2，如图 1－5 所示

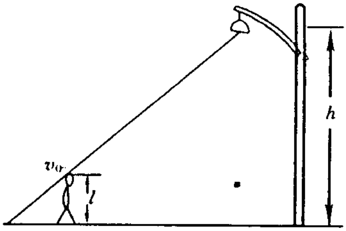


图 1－4

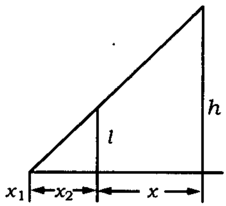


图 1－5

(1) 由关几何系得

$$\frac{x_1 - x}{x_1} = \frac{l}{h}$$

即　$$x_1 = \frac{h}{h-l}x$$

两边对 t 求导：

$$v_1 = \frac{\mathrm{d}x_1}{\mathrm{d}t} = v_1 = \frac{h}{h-l}v_0$$

v_1 即为头顶的移动速度

(2) 因为　$$\frac{x_2}{x_2 + x} = \frac{l}{h}$$

得　$$x_2 = \frac{l}{h-l}x$$

两边求导：$$v_2 = \frac{\mathrm{d}x_2}{\mathrm{d}t} = \frac{l}{h-l}v_0$$

v_2 即为影子长度增长的速率

1－6　一长为 5m 的梯子，顶端斜靠在竖直的墙上，设 $t = 0$ 时，顶端离地面 4m，当顶端以 2m/s 的速度沿墙面匀速下滑时，求

(1) 梯子下端的运动方程和速度；并画出 $x-t$ 和 $v-t$ 图（设梯子下端与上端离墙角的距离分别为 x 和 y）。

(2) 在 $t = 3$s 时，下端的速度。

知识点窍　速度公式:$v = \frac{ds}{dt}$

逻辑推理　本题涉及运动学中关于约束问题的求解。由于梯子的长度是一定的,这就构成了约束关系 $x^2 + y^2 = l^2$,通过 x 和 y 的关系,即可求出 x 方向即下端速度。

解题过程　(1) 如图 1－6 所示,梯子斜靠在墙上,设梯子的长度为 l,由于梯子的长度不变,所以有约束关系:

$$x^2 + y^2 = l^2 \qquad (1)$$

两边分别对 t 求导

$$2x\frac{dx}{dt} + 2y\frac{dy}{dt} = 0 \qquad (2)$$

即: $$v_x = -\frac{y}{x}v_y \qquad (3)$$

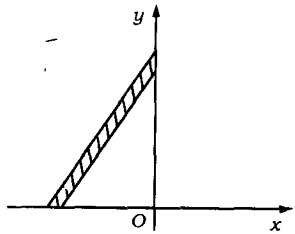


图 1－6

由于梯子作匀速下滑,即在 y 方向梯子是作匀速运动的,且有 $v_y = -2$。因 $t = 0$ 时,$y_0 = 0$,所以在时间为 t 时有:$y - 4 = 2t$

即: $$y = 2t + 4 \qquad (4)$$

将(4)代入(1)得:

$$x = \sqrt{9 - 4t^2 + 16t} \qquad (5)$$

将(4)、(5)代入(3)得:

$$v_x = \frac{8 - 4t}{\sqrt{9 + 16t - 4t^2}} \qquad (6)$$

根据 $x - t$ 的关系和 $v_x - t$ 的关系选择几个特殊的点作图,如图 1－7 所示。在 0 ~ 2s 内按上述表达式求解;$t = 2$s 时,$y = 0$,$x = 5$m,$v = 0$.

(2) 当 $t = 3$s 时,$v_x = 0$。

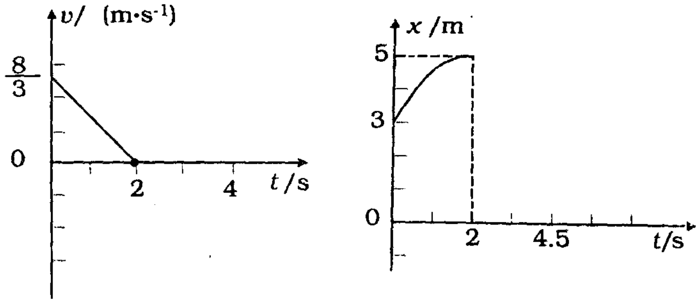
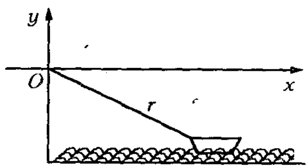


图 1 - 7

1 - 7　在离水面高度为 h 的岸边，有人用绳子拉船靠岸，船在离岸边 s 距离处。当人以 v_0 的速度收绳时，试求船的速率与加速度各有多大。



1 - 8 图

知识点窍　速度公式：$\boldsymbol{v} = \dfrac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$

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

逻辑推理　选择船为研究的对象，那么船移动的速度和人拉绳子的速度是一样的，但绳子各点的速度是不一样的。

解题过程　建立如图 1 - 8 所示的坐标系，任一时刻船的运动方程为

$$r^2 = s^2 + h^2 \tag{1}$$

两边求导：$2r\dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t} = 2s\dfrac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$　(2)

由于绳子的速率为：$v_{绳} = -\mathrm{d}r/\mathrm{d}t$　(3)

所以船的速率大小为：$v_{船} = -\dfrac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t} = -\dfrac{r}{s}\dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}$　(4)

将(1) 和(3) 代入(4) 得：

$$v_{船} = \frac{(h^2 + s^2)^{1/2}}{s} v_{绳} \tag{5}$$

由加速度定义：$a = \dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$

对(5)式两边对 t 求导得船的加速度为：$a = h^2 v_{绳}^2 / s^3$

1-8 在质点运动中，已知 $x = ae^{kt}, \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = -bke^{-kt}, y\Big|_{t=0} = b$。求质点的加速度和它的轨道方程。

知识点窍 加速度定义：$\boldsymbol{a} = \dfrac{\mathrm{d}^2\boldsymbol{s}}{\mathrm{d}t^2}$，

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

逻辑推理 利用加速度分量的矢量合成求得加速度，据题设条件及初始条件求得轨道方程。

解题过程 根据加速度的定义

$$\boldsymbol{a} = \frac{\mathrm{d}^2 s}{\mathrm{d}t^2} \text{得}: \boldsymbol{a} = \frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{i} + \frac{\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{j} + \frac{\mathrm{d}^2 z}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{k} \tag{1}$$

由题意知
$$\begin{cases} x = ae^{kt} & (2) \\ \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} = -bke^{-kt} & (3) \\ z = 0 & (4) \end{cases}$$

对式(2)、式(4)两边分别对 t 求二次导得

$$\frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2} = ak^2e^{kt}; \quad \frac{\mathrm{d}^2 z}{\mathrm{d}t^2} = 0 \tag{5}$$

(3)两边分别对 t 求一次导数得

$$\frac{\mathrm{d}^2 y}{\mathrm{d}t^2} = bk^2e^{-kt} \tag{6}$$

将式(5)、式(6)代入(1)得

$$\boldsymbol{a} = ak^2e^{kt}\boldsymbol{i} + bk^2e^{-kt}\boldsymbol{j}$$

由(3)式得 $\mathrm{d}y = -bke^{-kt}\mathrm{d}t$

两边对时间积分 $\int \mathrm{d}y = \int -bke^{-kt}\mathrm{d}t$

得　$y = be^{-kt} + c$　(7)

由初始条件　$y\Big|_{t=0} = b$　(8)

将(8)代入(1)式得　$c = 0$

所以　$y = be^{-kt}$　(9)

由(2)、(9)两式联合消 t 后得质点的轨道方程为

$$xy = ab$$

1－9　一质点的运动方程为 $\boldsymbol{r}(t) = \boldsymbol{i} + 4t^2\boldsymbol{j} + t\boldsymbol{k}$,式中 r、t 分别以 m、s 为单位。试求:(1) 它的速度为加速度;(2) 它的轨迹方程。

知识点窍　速度定义　$\boldsymbol{v} = \dfrac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$,加速度定义　$\boldsymbol{a} = \dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}$

逻辑推理　据速度、加速度定义,直接求解或者可分别计算其分量再合成。

解题过程　(1) 根据速度,加速度和质点的位置的关系

$$\boldsymbol{v} = \frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t} = (8 + \boldsymbol{j} + \boldsymbol{k})\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-1}$$

$$\boldsymbol{a} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t} = 8\boldsymbol{j}\mathrm{m} \cdot \mathrm{s}^{-22}$$

(2) 由运动方程得　$x = 1, y = 4t^2, z = t$

由上式联合消 t 得

轨迹方程:$x = 1, y = 4z^2$

1－10　一质点的运动方程为 $x = 3t + 5, y = \dfrac{1}{2}t^2 + 3t - 4$。(1) 以 t 为变量,写出位矢的表达式;(2) 描绘它的轨迹;(3) 式中 t 以 s 为单位,x、y 以 m 为单位,求质点在 $t = 4$ 时速度的大小和方向。

知识点窍　质点位矢的表达式　$\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} + z\boldsymbol{k}$

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com