# 物理学习题集

〔苏〕A.Г. 切尔托夫　A.A. 沃罗比耶夫　著
田恩瑞　于海鹏
赵世杰　皮名嘉　译

哈尔滨工业大学出版社

# 物 理 学 习 题 集

〔苏〕A.Γ.切尔托夫 A.A. 沃罗比耶夫 著

田恩瑞 于海鹏
赵世杰 皮名嘉 译

哈尔滨工业大学出版社

**物理学习题集**

〔苏〕A.Г. 切尔托夫 A.A. 沃罗比耶夫著

田思瑞 于海鹏 赵世杰 皮名嘉 译

*

哈尔滨工业大学出版社出版

新华书店首都发行所发行

哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张28.25 字数646 000

1988年4月第1版 1988年4月第1次印刷

印数 1—7000

ISBN 7-5603-0058-8/O·14 定价：4.15元

# 译 者 前 言

本书根据苏联《高教》出版社 1981 年出版的《物理学习题集》第四次修订及增订版本译出。该书经苏联高等和中等专业教育部审定为高等工科院校教材，并在 1982 年制定的苏联高等工科院校物理课程教学大纲中，被列为主要教材之一。由我国高等学校工科物理课程教学指导委员会主任洪晶教授推荐翻译出版。

全书分 10 章、51 节，每节都由基本公式、解题示例、习题三部分组成；例题176 个、习题 2008 个，共 2184 题。经典物理内容题目占2/3，近代物理内容题目占1/3。书后附有习题答案。

本习题集选题确保了经典内容，且面宽、量大，如计算熵、几何光学、光度学方面的习题都有所增加；近代物理内容也有所加强，尤其是相对论、统计物理、量子力学以及固体物理等内容。例题、习题与基本公式紧密配合，例题解法典型、分析透彻，确实起到了示例的作用。

本书的写法便于自学，作为教学用书，无论是对有关教师还是对学生来说，都有较大参考价值。

参加本书翻译工作的有田恩瑞（前言、第一、三章）、于海鹏（第二、七、八、九章）、赵世杰（第四、五、六章及附录、习题答案）、皮名嘉（第十章）。全书翻译工作由田恩瑞主持；译稿由田恩瑞、于海鹏校订。译者对原书错误之处都做了改正。

由于译者水平有限，文中难免有不当甚至错误之处，敬请读者批评指正。

译 者

1986 年 5 月于哈尔滨工业大学

# 第四版 前 言

《物理学习题集》第四版做了重要修改。增添了一些新的章节：如第一章中的“相对论力学”和第二章中的“统计物理基础”。由于更新了一大批习题，所以，在多数章节中不能保持习题的原来编号。

本习题集中采用的术语、符号和物理量单位，均符合经互会标准和苏联国家标准。

和上版一样，答案精确到三位有效数字，在习题条件以及参考表中也以同样位数的有效数字表示各量。为简化起见，位于末位的有效数字“零”常被略去。

作者对书稿的评阅者——莫斯科电子机械制造学院普通物理教研室 教授A.H.古勃金，副教授 Г.Ф.叶法什金、Д.В. 库齐明、H.M. 诺维戈瓦娅，讲师 Ю.Д. 戈罗霍瓦特斯基、A.Ф.捷内绍夫表示衷心地感谢。他们的建议使本教学参考书有显著的改进。

作者同样感谢 O.M. 托杰苏教授，他寄来了自己对习题集的意见。

对习题集的批评意见和改进建议，请寄给《高校》出版社，地址是莫斯科，K-15，涅格利娜娅大街 29/14 号。

作 者

# 第三版 前 言

习题集的第三版，增添了大量新的解题示例。内容和号码，除个别外没有变动。

解题示例的计算采用国际单位制。在表示习题条件与答案中物理量的数值时，广泛采用了国际单位制的倍数单位和小数单位。

作者感谢 B.B. 列别捷夫副教授和 M.C. 波诺马列瓦讲师，他们阅读了习题集的手稿，提出了许多有益的建议。

作 者

# 目　　录

# 第一章　力学的物理基础

## §1　运动学

**基本公式**

1. 质点在空间的位置矢径$\vec{r}$

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

其中$\vec{i}$，$\vec{j}$，$\vec{k}$是方向单位矢量；$x$，$y$，$z$ 是点的坐标。

运动的运动学方程（坐标形式）

$$x=f_1(t);\quad y=f_2(t);\quad z=f_3(t)$$

其中 $t$ 是时间。

2. 平均速度

$$\langle\vec{v}\rangle=\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

其中 $\Delta\vec{r}$ 是质点在时间间隔 $\Delta t$ 内的位移。

路程的平均速度*

$$\langle v\rangle=\frac{\Delta s}{\Delta t}$$

其中 $\Delta s$ 是质点在时间间隔 $\Delta t$ 内通过的路程。

瞬时速度

$$\vec{v}=\frac{d\vec{r}}{dt}=\vec{i}v_x+\vec{j}v_y+\vec{k}v_z$$

其中　$v_x=\frac{dx}{dt}$；$v_y=\frac{dy}{dt}$；$v_z=\frac{dz}{dt}$是速度$\vec{v}$在坐标轴上的投影。

速度的绝对值

$$v=\sqrt{v^2{}_x+v^2{}_y+v^2{}_z}$$

3. 加速度

$$\vec{a}=\frac{d\vec{v}}{dt}=\vec{i}a_x+\vec{j}a_y+\vec{k}a_z$$

* 该术语见 A.A. 德姆拉夫等著《物理教程》第一册第 17 页，莫斯科，1973年。

其中 $a_x=\frac{dv_x}{dt}$; $a_y=\frac{dv_y}{dt}$; $a_z=\frac{dv_z}{dt}$是加速度$\vec{a}$在坐标轴上的投影。

加速度的绝对值

$$a=\sqrt{a^2{}_x+a^2{}_y+a^2{}_z}$$

在曲线运动中，加速度可表示为法向加速度$\vec{a}_n$ 和切向加速度 $\vec{a}_\tau$ 的和（图1.1）

$$\vec{a}=\vec{a}_n+\vec{a}_\tau$$

它们的绝对值：

$$a_n=\frac{v^2}{R};$$

$$a_\tau=\frac{dv}{dt};$$

$$a=\sqrt{a_n{}^2+a_\tau{}^2}$$

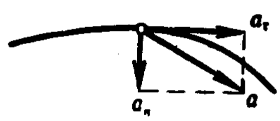


图 1.1

这里 $R$ 是轨迹在给定点的曲率半径。

4．质点沿 $x$ 轴匀速运动的运动学方程

$$x=x_0+vt$$

这里 $x_0$ 是初始坐标，$t$ 是时间。在匀速运动时

$$v=\text{const}\ (\text{常数})\ \text{和}\ a=0$$

5．沿 $x$ 轴匀变速运动的运动学方程（$a=\text{const}$）

$$x=x_0+v_0t+\frac{1}{2}at^2$$

其中 $v_0$ 是初始速度；$t$ 是时间。

质点做匀变速运动时，速度为

$$v=v_0+at$$

6．刚体的位置（在转轴给定时）由转动角（或角位移）$\varphi$ 确定，旋转运动的运动学方程

$$\varphi=f(t)$$

7．平均角速度

$$\langle\omega\rangle=\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

其中 $\Delta\varphi$ 是在时间间隔 $\Delta t$ 内转动角的改变。

瞬时角速度

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

8. 角加速度*

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$$

9. 匀速转动的运动学方程

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t$$

其中 $\varphi_0$ 是初始角位移；$t$ 是时间。在匀速转动时

$$\omega = \text{const} \quad 和 \quad \varepsilon = 0$$

旋转频率

$$n = \frac{N}{t}；或 \quad n = \frac{1}{T}$$

其中 $N$ 是刚体在时间 $t$ 内旋转的转数；$T$ 是转动周期（转动一周的时间）。

10. 匀变速转动的运动学方程（$\varepsilon = \text{const}$）

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\varepsilon t^2$$

其中 $\omega_0$ 是初始角速度；$t$ 是时间。

刚体做匀变速转动时，角速度为

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$$

11. 描述质点转动运动的角量和线量间的关系由下列公式表示

质点沿半径为 $R$ 的圆弧通过的路程长度：　$s = \varphi R$（$\varphi$——刚体的转角）

质点的线速度：　$v = \omega R$，$\vec{v} = [\vec{\omega}\vec{R}]$

质点的加速度：

切向加速度　$a_\tau = \varepsilon R$，$\vec{a}_\tau = [\vec{\varepsilon}\vec{R}]$

法向加速度　$a_n = \omega^2 R$，$\vec{a}_n = -\omega^2\vec{R}$

**解题示例**

1. 质点沿直线（$x$ 轴）运动的运动学方程为

$$x = A + Bt + Ct^3$$

其中 $A = 4$米，$B = 2$米/秒，$C = -0.5$米/秒$^3$。当 $t_1 = 2$秒时，求 1) 质点的坐标$x_1$；2) 瞬时速度 $v_1$；3) 瞬时加速度 $a_1$。

**解** 1. 把给定的时间值 $t_1$ 代入运动方程后，便可得到质点的坐标

$$x_1 = A + Bt_1 + Ct_1^3$$

将 $A$、$B$、$C$、$t_1$ 值代入该式，并进行计算得

$$x_1 = 4米$$

* 角速度和角加速度是共轴向量，它们的方向均与转轴重合。

2. 坐标 $x$ 对时间的微商，即为在任一时刻的瞬时速度 $v=\frac{dx}{dt}=B+3Ct^2$。于是在给定时刻 $t_1$ 的瞬时速度

$$v_1=B+3Ct_1{}^2$$

把 B、$C$、$t_1$ 值代入，并进行计算，得

$$v_1=-4米/秒$$

负号表示在时刻 $t_1=2$秒时，质点沿坐标轴的反（负）方向运动。

3. 取坐标 $x$ 对时间的二阶导数，即得在任一时刻的瞬时加速度 $a=\frac{d^2x}{dt^2}=\frac{dv}{dt}=6Ct$。在给定时刻 $t_1$ 的瞬时加速度等于

$$a_1=6Ct_1$$

把 $C$、$t_1$ 值代入，并进行计算，得

$$a_1=-6米/秒^2$$

负号表示加速度矢量的方向与坐标轴的负方向一致，，并且在本题条件下，这个负号在任何时刻都存在。

2. 质点沿直线（$x$ 轴）运动的运动学方程为

$$x=A+Bt+Ct^2$$

其中 $A=5$米，$B=4$米/秒，$C=-1$米/秒$^2$。1) 试作坐标 $x$ 和路程 $s$ 依赖于时间 $t$ 的关系图。2) 求从 $t_1=1$ 秒到 $t_2=6$ 秒这段时间间隔内的平均速度$\langle v_x\rangle$。3) 求在同样时间间隔内的路程的平均速度$\langle v\rangle$。

**解** 1. 为了作质点坐标依赖于时间的关系图，我们将寻找有代表性的坐标值——初始值和最大值，以及与之相应的时刻和零坐标值的时刻。

初始坐标相应于时刻 $t=0$，它的数值等于

$$x_0=x|_{t=0}=A=5米$$

当质点开始反向运动(即速度符号改变)时，坐标达最大值，该时刻可令坐标对时间的一阶导数等于零求得，即 $v=\frac{dx}{dt}=B+2Ct=0$，由此得

$$t=-\frac{B}{2C}=2秒$$

最大的坐标

$$x_{max}=x|_{t=2}=9米$$

坐标 $x=0$ 的时刻 $t$，可从表达式

$$x=A+Bt+Ct^2=0$$

求得。解上述关于 $t$ 的二次方程，得

$$t=(-B\pm\sqrt{B^2-4AC})/(2C)$$

把 $A$、$B$、$C$ 值代入，并进行计算，得

$$t=(2\pm3)秒$$

这样一来，我们得到两个时间值：$t'=5$ 秒和 $t''=-1$秒。不考虑第二个时间值，

因为它不满足本题条件（$t \geqslant 0$）。

质点坐标依赖于时间的关系图是一条二次曲线。因为二次曲线方程含有五个系数，所以，为了做出这条曲线就必须有五个点。除了上面三个已经计算的有代表性的坐标值外，还需要求与 $t_1=1$ 秒和 $t_2=6$ 秒时相应的两个坐标值。

$$x_1=A+Bt_1+Ct_1^2=8\text{米}$$
$$x_2=A+Bt_2+Ct_2^2=-7\text{米}$$

将所得数据列表：

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 时间（秒） | $t_0=0$ | $t_1=1$ | $t_B=2$ | $t'=5$ | $t_2=6$ |
| 坐标（米） | $x_0=A=5$ | $x_1=8$ | $x_{\max}=9$ | $x=0$ | $x_2=-7$ |

利用该表即可绘制出坐标依赖于时间的关系图（图 1.2）。

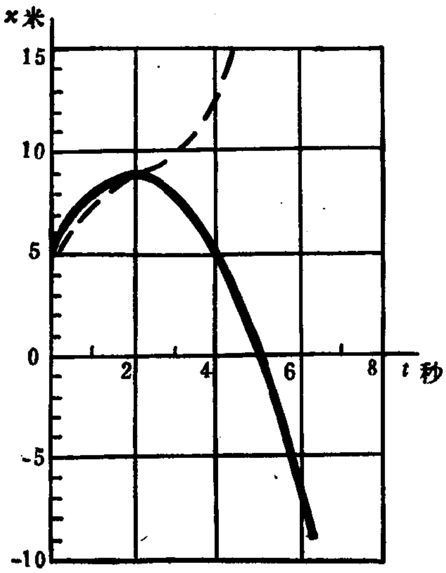

图 1.2

从下述考虑出发，绘制路程依赖时间的关系图：1）在速度改变符号之前，路程和坐标相重合；2）从质点返回的时刻（$t_B$）开始，它向相反方向运动，因此，它的坐标减小，而路程将继续按着坐标减小的规律而增加。

因此，在时刻 $t_B=2$秒以前，路程图与坐标图相重合。而从$t_B$时刻开始，路程图是坐标图的镜像（图1.2）。

2. 在时间间隔 $t_2-t_1$ 内的平均速度 $\langle v_x\rangle$由式

$$\langle v_x\rangle=(x_2-x_1)/(t_2-t_1)$$

决定。将表中的 $x_1$、$x_2$、$t_1$、$t_2$ 值代入，并进行计算，得

$$\langle v_x\rangle=-3\text{米/秒}$$

3. 路程的平均速度$\langle v\rangle$可由式

$$\langle v\rangle=s/(t_2-t_1)$$

求得。其中 $s$ 是质点在时间间隔 $t_2-t_1$ 内所通过的路程。由图 1.2 看出，这个路程是两段路程的相加：一段是质点在 $t_B-t_1$ 时间内所通过的路程 $s_1=x_{\max}-x_1$，另一段是质点在 $t_2-t_B$ 时间内所通过的路程 $s_2=x_{\max}+|x_2|$。这样一来，路程

$$s=s_1+s_2=(x_{\max}-x_1)+(x_{\max}+|x_2|)$$
$$=2x_{\max}+|x_2|-x_1$$

将 $x_1$，$|x_2|$，$x_{\max}$ 值代入此式，并进行计算，得

$$s=17\text{ 米}$$

于是，路程的平均速度

$$\langle v\rangle=s/(t_2-t_1)=3.4\text{米/秒}$$

注意：路程平均速度永远是正的。

3. 汽车沿着曲率半径为 $R=50$ 米的圆形公路运动，汽车的运动方程*为 $\xi=A+$

* 在给定的方程中，$\xi$ 表示在圆周上从某一始点算起的曲线坐标。

$Bt+Ct^2$，其中 $A=10$ 米 $B=10$米/秒，$C=-0.5$米/秒$^2$。求1）在 $t=5$秒时，汽车的速度 $v$，切向加速度 $a_\tau$，法向加速度 $a_n$ 和总加速度 $a$；2）从开始运动时刻算起到 $\tau=10$秒的时间间隔内，汽车走过的路程 $s$ 和位移的模 $|\Delta\vec{r}|$。

**解** 1. 运动方程已知时，取坐标对时间的一阶导数即得速度

$$v=\frac{d\xi}{dt}=B+2Ct$$

把 $B$、$C$、$t$ 值代入该式，并进行计算，得

$$v=5\text{米/秒}$$

取速度对时间的一阶导数，即得切向加速度

$$a_\tau=\frac{dv}{dt}=2C$$

把 $C$ 值代入，得

$$a_\tau=-1\text{米/秒}^2$$

法向加速度由公式 $a_n=v^2/R$ 确定。把求得的速度值和已知的轨道曲率半径值代入，并进行计算，得

$$a_n=0.5\text{米/秒}^2$$

由图 1.1 可见，总加速度是加速度 $a_\tau$和$a_n$ 的几何和，即

$$\vec{a}=\vec{a}_\tau+\vec{a}_n$$

加速度的绝对值

$$a=\sqrt{a_\tau^2+a_n^2}$$

把所求得的 $a_\tau$，$a_n$ 代入此式后，则得

$$a=1.12\ \text{米/秒}^2$$

2. 为了确定汽车所通过的路程$s$，我们考察在同一个方向运动的情况（与本题条件一样），路程 $s$ 的长度等于曲线坐标的改变量，即

$$s=\xi(\tau)-\xi(0)$$

或

$$s=A+B\tau+C\tau^2-A=B\tau+C\tau^2$$

把 $B$、$C$、$\tau$ 值代入该式并进行计算，则得

$$s=50\text{米}$$

由图 1.3 可见，位移的模等于

$$|\Delta\vec{r}|=2R\sin\frac{\alpha}{2}$$

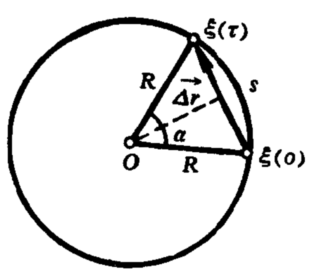

图 1.3

其中 $\alpha$ 是确定汽车在轨道上的起始位置 $\xi(0)$ 和终了位置 $\xi(\tau)$ 的矢径间的夹角。这个角（弧度）为路程 $s$ 与轨道曲率半径$R$之比，即 $\alpha=s/R$。因此

$$|\Delta\vec{r}|=2R\sin\frac{s}{2R}$$

把 $R$、$s$ 值代入，并进行计算，则得

$$|\overrightarrow{\Delta r}| = 47.9\text{米}$$

4. 以固定频率 $n_0 = 10$秒$^{-1}$ 转动的飞轮，在制动情况下做匀减速转动。当制动停止时，飞轮又变为匀速转动，但转动频率为 $n = 6$秒$^{-1}$。求飞轮的角加速度 $\varepsilon$ 和制动持续的时间$t$。假设在匀减速运动时间内，飞轮转了 $N = 50$转。

**解** 飞轮的角加速度与初角速度 $\omega_0$ 和末角速度 $\omega$的关系为

$$\omega^2 - \omega^2{}_0 = 2\varepsilon\varphi$$

由此得

$$\varepsilon = (\omega^2 - \omega^2{}_0)/(2\varphi)$$

又因 $\varphi = 2\pi N$，$\omega = 2\pi n$，则

$$\varepsilon = \frac{\omega^2 - \omega^2{}_0}{2\varphi} = \frac{\pi(n^2 - n^2{}_0)}{N}$$

把 $\pi$、$n$、$n_0$、$N$ 值代入，计算后得

$$\varepsilon = -4.02\text{弧度/秒}^2$$

负号表示飞轮减速转动。

利用转角 $\varphi$ 与转动的平均角速度$\langle\omega\rangle$和时间 $t$ 的关系式 $\varphi = \langle\omega\rangle t$，求制动持续时间。根据本题角速度与时间成线性关系的条件，可以写出$\langle\omega\rangle = (\omega_0 + \omega)/2$，于是

$$\varphi = (\omega_0 + \omega)t/2 = \pi(n_0 + n)t$$

由此得出

$$t = \frac{\varphi}{\pi(n_0 + n)} = \frac{2N}{n_0 + n}$$

将数值代入后，并进行计算，得

$$t = 6.25\text{秒}$$

## 习　　题

### 直线运动

1·1 两条直路以角 $\alpha = 60°$ 相交。两辆汽车沿两条路驶离交叉路口，一辆速度为$v_1 = 60$千米/小时，另一辆速度为 $v_2 = 80$千米/小时。求一辆离开另一辆的速度 $v'$ 和 $v''$。假定两汽车是同时通过交叉路口的。

1·2 一质点在 $t_1 = 15$秒内以速度 $v_1 = 5$米/秒运动；在 $t_2 = 10$秒内以速度 $v_2 = 8$米/秒运动；在 $t_3 = 6$秒内以速度$v_3 = 20$米/秒运动。质点的路程平均速度$\langle v\rangle$是多少？

1·3 一汽车以速度 $v_1 = 60$千米/小时行驶了全程的四分之三，剩下的路程是以速度$v_2 = 80$千米/小时通过的。汽车的路程平均速度$\langle v\rangle$是多少？

1·4 物体以速度 $v_1 = 2$米/秒行驶了一半路程，以速度 $v_2 = 8$米/秒行驶了另一半路程。求路程的平均速度$\langle v\rangle$。

1·5 物体在 $t_1 = 2$秒内通过了一半路程，在 $t_2 = 8$秒内通过了另一半路程。如果路程长为 $s = 20$米，求物体的路程平均速度$\langle v\rangle$。

1.6　某一物体运动的速度与时间的关系表示在图 1.4 中。求在 $t=14$秒内路程的平均速度$\langle v\rangle$。

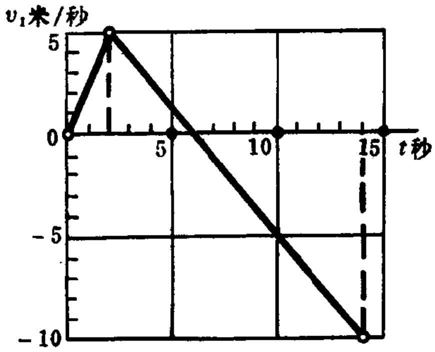


图 1.4

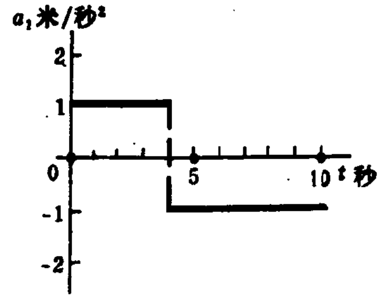


图 1.5

1.7　在物体的某一运动中，加速度与时间的关系表示在图 1.5 中。设初速度$v_0=0$，求在 $t=8$秒内路程的平均速度$\langle v\rangle$。

1.8　直线运动方程具有形式 $x=At+Bt^2$，其中 $A=3$米/秒，$B=-0.25$米/秒²。试画出这个运动的坐标和路程依赖于时间的关系图。

1.9　在图 1.5 中给出了物体某一运动的加速度与时间的关系。如果在初始时刻物体是静止的，试画出这个运动的速度和路程依赖时间的关系图。

1.10　质点的运动由方程 $x=At+Bt^2$给定，其中$A=4$米/秒；$B=-0.05$米/秒²。试确定质点速度 $v$ 等于零的时刻。求出该时刻的坐标和加速度。画出这个运动的坐标、路程和加速度依赖时间的关系图。

1.11　试写出在图 1.6 所示的四种情况下，点运动的运动学方程 $x=f(t)$。在每一种图（а、б、в、г）中都画出了坐标轴 $Ox$，指出了质点 $A$ 的初始位置$x_0$和初速度$\vec{v}_0$，以及它的加速度 $\vec{a}$。

1.12　探照灯$O$（图1.7）安装在离墙$AB$为 $l=100$米处，并向墙投射光点。探照灯绕竖直轴转动，在 $T=20$秒内转一周。求 1）光点沿墙在第一个 $\frac{1}{4}$周期内的运动方程；2）在时刻 $t=2$秒时，光点沿墙的运动速度 $v$。取光线方向与 $OC$ 重合的时刻为计时的起点。

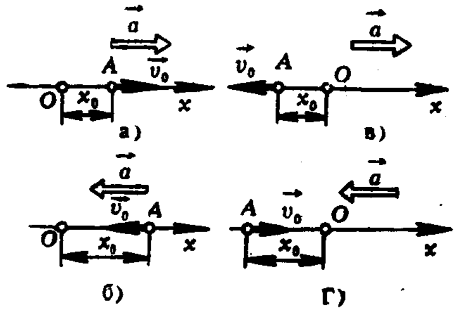


图 1.6

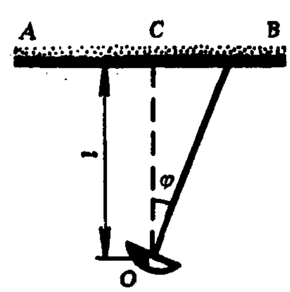


图 1.7

1.13　一人站在一列火车旁，并与机车前面的缓冲器位于同一直线上。当火车以加速度 $a=0.1$米/秒$^2$ 开动时，人也同时在相同方向上以速度 $v=1.5$米/秒开始行走。问火车追赶上人所需的时间 $t$ 是多少？确定该时刻火车的速度 $v_1$ 和在该时间内人所走过的路程。

1.14　两质点由同一地点开始沿同一方向做匀加速运动，并且在第一个质点运动了两秒之后，第二个质点才开始运动。第一个质点以初速度 $v_1=1$ 米/秒和加速度 $a_1=2$ 米/秒$^2$ 运动；第二个质点以初速度 $v_2=10$米/秒和加速度 $a_2=1$米/秒$^2$运动。试问第二个质点追上第一个质点需经过多长时间？离出发点多远？

1.15　两个质点的运动用下面的方程表示

$$x_1=A_1+B_1t+C_1t^2,\qquad x_2=A_2+B_2t+C_2t^2$$

其中 $A_1=20$米，$A_2=2$米，$B_2=B_1=2$米/秒，$C_1=-4$米/秒$^2$，$C_2=0.5$米/秒$^2$。当时刻 $t$ 为何值时，这两个质点将具有相同的速度？并求在该时刻两点的速度 $v_1$、$v_2$ 和加速度 $a_1$、$a_2$。

1.16　两个质点按下面方程运动

$$x_1=A_1t+B_1t^2+C_1t^3,\qquad x_2=A_2t+B_2t^2+C_2t^3$$

其中 $A_1=4$米/秒，$B_1=8$米/秒$^2$，$C_1=-16$米/秒$^3$，$A_2=2$米/秒，$B_2=-4$米/秒$^2$，$C_2=1$米/秒$^3$。问在 $t$ 为何值时，这两质点的加速度相同？并求在该时刻，两质点的速度$v_1$和$v_2$。

1.17　如果下落的物体在时间 $t=0.1$ 秒内通过了路程的最后1米，物体须从什么样的高度$H$下落？

1.18　石头从高度 $h=1200$米落下。在其下落的最后一秒内所通过的路程 $s$为何？

1.19　石头以初速度 $v_0=20$米/秒被竖直上抛。问须经多长时间石头将位于 $h=15$米处？并求石头在这一高度时的速度 $v$。空气阻力忽略不计，取 $g=10$米/秒$^2$。

1.20　石头以初速度 $v_0=20$米/秒被竖直向上抛出。此后经过 $\tau=1$ 秒又以同样速度竖直向上抛出另一石头。问两石头在多高处相遇？

1.21　被竖直上抛的物体，两次处于同一高度 $h=8.6$米的时间间隔为 $\Delta t=3$秒，今忽略空气阻力，试计算被抛物体的初速度。

1.22　从阳台上以速度 $v_0=5$米/秒竖直向上抛出一小球。经 $t=2$ 秒后小球落地。求阳台距地面的高度和小球落地时的速度。

1.23　从阳台上以速度 $v_0=10$米/秒竖直向上抛出一物体。阳台距地面的高度 $h=12.5$米。试写出运动方程，并求从抛出时刻到落地时刻的路程的平均速度$\langle v\rangle$。

1.24　质点沿直线的运动方程为 $x=At+Bt^2$，其中 $A=2$米/秒；$B=-0.5$米/秒$^2$。求质点在由 $t_1=1$秒到 $t_2=3$秒这段时间间隔内的路程平均速度$\langle v\rangle$。

1.25　点沿直线按方程 $x=At+Bt^3$ 运动，这里$A=6$米/秒；$B=-0.125$米/秒$^3$。求点在由 $t_1=2$秒到 $t_2=6$秒这一时间间隔内路程的平均速度$\langle v\rangle$。

**曲线运动**

1.26　质点在平面上按方程 $\vec{r}(t)=\vec{i}At^3+\vec{j}Bt^2$运动。试写出关系式：1) $\vec{v}(t)$；

2) $\vec{a}(t)$。

1·27 质点的运动方程为 $\vec{r}(t)=A(\vec{i}\cos\omega t+\vec{j}\sin\omega t)$ 其中 $A=0.5$米；$\omega=5$弧度/秒。试绘出质点的轨迹。求速度的模$|\vec{v}|$和法向加速度的模$|\vec{a}_n|$。

1·28 质点的运动方程为$\vec{r}(t)=\vec{i}(A+Bt^2)+\vec{j}Ct$。其中 $A=10$米；$B=-5$米/秒$^2$；$C=10$米/秒。绘出质点的轨迹。写出$\vec{v}(t)$和$\vec{a}(t)$的表达式。计算在$t=1$秒时的1）速度模$|\vec{v}|$；2）加速度模$|\vec{a}|$；3）切向加速度模$|\vec{a}_\tau|$；4）法向加速度模$|\vec{a}_n|$。

1·29 质点沿曲线以恒定的切向加速度 $a_\tau=0.5$ 米/秒$^2$运动。求在具有曲率半径$R=3$米的一段曲线上的总加速度 $a$。设质点在该段曲线上以 $v=2$米/秒的速度运动着。

1·30 质点沿半径为 $R=4$米的圆周运动。质点的初速度 $v_0=3$米/秒，切向加速度$a_\tau=1$米/秒$^2$。试求在 $t=2$秒时：1）质点通过的路程 $s$；2）位移的模$|\Delta\vec{r}|$；3）路程平均速度$\langle v\rangle$；4）平均速度矢量模$|\langle\vec{v}\rangle|$。

1·31 质点以速度 $v=5$米/秒，沿半径为 $R=5$米的圆周做匀速运动。试绘出路程$s$和位移模$|\Delta\vec{r}|$依赖于时间 $t$ 的关系图。在初始时刻（即$t=0$），$s(0)$ 和 $|\Delta\vec{r}(0)|$取做零。

1·32 在时间 $t=6$秒内，质点通过的路程等于半径为 $R=0.8$米的圆周长的一半，求在该时间内的路程平均速度$\langle v\rangle$和平均速度矢量的模$|\langle\vec{v}\rangle|$。

1·33 质点沿半径为 $R=4$米的圆周运动，其方程*：为 $\xi=A+Bt+Ct^2$，其中$A=10$米；$B=-2$米/秒；$C=1$米/秒$^2$。求在 $t=2$秒时质点的切向加速度 $a_\tau$，法向加速度 $a_n$ 和总加速度 $a$。

1·34 质点沿半径为$R=10$米的圆弧运动，在某一时刻点的法向加速度 $a_n=4.9$米/秒$^2$，在该时刻总加速度矢量和法向加速度矢量间夹角 $\varphi=60°$。求质点的速度 $v$ 和切向加速度 $a_\tau$。

1·35 质点沿半径为 $R=2$米的圆周按方程* $\xi=At^3$ 运动，其中 $A=2$米/秒$^3$。在何时刻 $t$，点的法向加速度 $a_n$ 等于切向加速度 $a_\tau$？并求该时刻的总加速度 $a$。

1·36 质点沿曲线运动，其方程为 $x=A_1t^3$ 和 $y=A_2t$，这里 $A_1=1$米/秒$^3$，$A_2=2$米/秒，求点的轨迹方程，以及在 $t=0.8$ 秒时的速度 $v$ 和总加速度 $a$。

1·37 点 $A$ 以速度$v$，沿半径为$R$的圆周匀速运动。点的初始位置和运动方向如图1.8 所示。试写出点 $A$ 在 $x$ 轴方向上投影的运动方程。

1·38 点以速度$v$沿半径为$R$的圆周运动。初始时刻（$t=0$）点的位置如图 1.8 所示。试写出点的运动方程：1）在笛卡儿坐标系中，坐标轴如图所示；2）在极坐标系统中，$x$ 轴可认为是极轴。

1·39 对图 1.9 所示的四种情况，试写出：1）运动方程$x=f_1(t)$和$y=f_2(t)$；2）轨迹方程 $y=\varphi(x)$。坐标轴、点的初始位置、初始速度$\vec{v}_0$和加速度$\vec{g}$均已在 a、

* 参看5页中的标注。