面向21世纪课程教材

Textbook Series for 21st Century

大学物理教程

第四册　第二版

系列化习题·学习指导

孔令达　严燕来　徐志和　编

徐志和　修订

高等教育出版社

HIGHER EDUCATION PRESS

面 向 2 1 世 纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

大学物理教程

第四册 第二版

系列化习题·学习指导

孔令达 严燕来 徐志和 编
徐志和 修订

高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本套书是教育部"高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划"的研究成果，是"面向21世纪课程教材"、普通高等教育"九五"国家教委重点教材和教育部高等学校工科物理课程教学指导委员会"九五"规划教材. 全书分四册，包括第一册：力学和相对论，第二册：热物理学和电磁学，第三册：波动学和量子物理学（以上为主体教材）；第四册：系列化习题和学习指导（辅助教材）. 主辅两者既可彼此独立，亦可相互配套. 本书为第四册，包括8个单元共23章，每章均包括内容提要、解题示例及习题等3个部分，全书还精选了16份阶段测验题，并给出了答案.

本书可作为高等学校工科各专业物理课程的教科书，也可供其他专业选用和社会读者阅读.

图书在版编目(CIP)数据

大学物理教程 第4册 第2版 系列化习题·学习指导/孔令达，严燕来，徐志和编.2版.—北京：高等教育出版社，2002.12

ISBN 7-04-011239-6

Ⅰ.大... Ⅱ.①孔...②严...③徐... Ⅲ.物理学-高等学校-教材 Ⅳ.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第040128号

大学物理教程 第四册 第二版 系列化习题·学习指导
孔令达 严燕来 徐志和 编
徐志和 修订

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社　　址	北京市东城区沙滩后街55号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100009	网　　址	http://www.hep.edu.cn
传　　真	010-64014048		http://www.hep.com.cn
经　　销	新华书店北京发行所		
排　　版	高等教育出版社照排中心		
印　　刷	北京外文印刷厂		
开　　本	787×960　1/16	版　　次	1994年8月第1版 2002年12月第2版
印　　张	31.75	印　　次	2002年12月第1次印刷
字　　数	590 000	定　　价	32.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

责任编辑 胡凯飞
封面设计 张　楠
责任绘图 尹　莉
版式设计 马静如
责任校对 王　雨
责任印制 陈伟光

目　　录

第一单元　质点力学

第1章　质点运动学

内容提要

一、直线运动

质点沿着直线轨道运动,称为直线运动.

1. 运动方程:就是质点运动时,其位置坐标 x 随时间变化的函数关系

$$x = x(t).$$

2. 速度:$v = \frac{dx}{dt}$.

3. 加速度:$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}$.

4. 运动方程曲线、速度曲线、加速度曲线及其相互关系:

图1-1为匀变速直线运动中 x、v、a 与 t 的关系,在图中可以看到:瞬时速度 $v(t)$在量值上等于 $x-t$ 图上相应各点切线的斜率,瞬时加速度 $a(t)$在量值等于 $v-t$ 图上相应各点切线的斜率. $a-t$ 图中 $t \sim t+\Delta t$ 时间内所包围的面积等于该时间内速度 $v(t)$的增量. $v-t$ 图中 $t \sim t+\Delta t$ 时间内所包围的面积等于该时间内的位移.

二、曲线运动

1. 运动方程

(1) 位置矢量 $\boldsymbol{r}$:从坐标原点 O 到运动质点 P 的有向线段 $\overrightarrow{OP} = \boldsymbol{r}$. 在直角坐标系中:　$\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} + z\boldsymbol{k}$.

(2) 运动方程:运动质点的位置矢量随时间变化的函数关系 $\boldsymbol{r}(t)$.

(3) 轨道方程:质点运动轨迹的空间坐标的函数表达式. 要正确区分运动方

程和轨道方程.

2. 位移、速度和加速度

(1) 位移:位置矢量的增量,

$$\Delta \boldsymbol{r}=\boldsymbol{r}(t+\Delta t)-\boldsymbol{r}(t).$$

要正确区分位移和路程,位移 $\Delta \boldsymbol{r}$ 表示质点位置的改变,路程 Δs 是 Δt 时间内质点所走轨迹的长度,是个标量(参阅图1-2).在一般情况下,路程与位移矢量的模是不等的,即:

$$\Delta s \neq |\Delta \boldsymbol{r}|.$$

(2) 速度:位置矢量随时间的变化率,$\boldsymbol{v}=\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}$.

在直角坐标系中:$\boldsymbol{v}=\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{i}+\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{j}+\dfrac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{k}=v_x\boldsymbol{i}+v_y\boldsymbol{j}+v_z\boldsymbol{k}$,

速率:$v=|\boldsymbol{v}|=\sqrt{v_x^2+v_y^2+v_z^2}$.

要正确区分速度与速率,速度是矢量,其方向永远沿着轨道的切线方向;速率是标量,表示速度的大小.瞬时速率与瞬时速度的大小相等,但一般情况下,平均速率与平均速度的大小不一定相等.

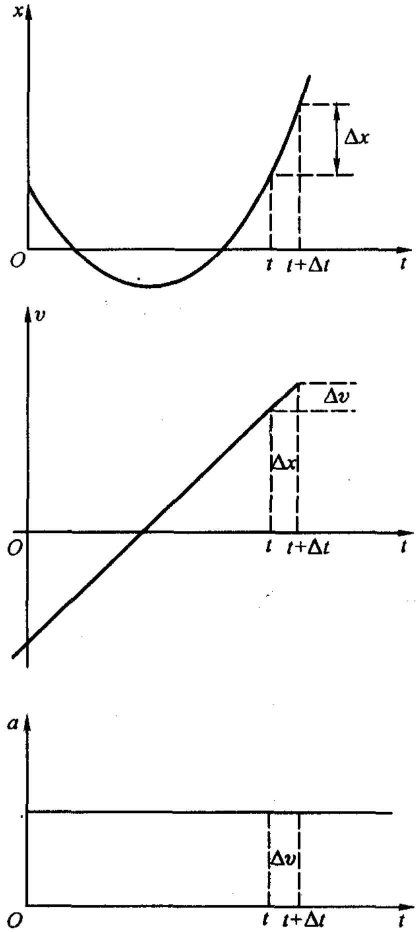


图1-1

(3) 加速度:速度矢量随时间的变化率,$\boldsymbol{a}=\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}$,或位置矢量对时间的二阶微商,$\boldsymbol{a}=\dfrac{\mathrm{d}^2\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t^2}$.

在直角坐标系中:$\boldsymbol{a}=\dfrac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{i}+\dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{j}+\dfrac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{k}=\dfrac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{i}+\dfrac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{j}+\dfrac{\mathrm{d}^2z}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{k}$

$$=a_x\boldsymbol{i}+a_y\boldsymbol{j}+a_z\boldsymbol{k}.$$

(4) 切向加速度和法向加速度

在轨道曲线上任取一点为坐标原点,以质点与原点间的轨道长度来确定质点的位置,此坐标系称为自然坐标系.在自然坐标系中:

$$\boldsymbol{a}=a_t\boldsymbol{e}_t+a_n\boldsymbol{e}_n=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{e}_t+\frac{v^2}{\rho}\boldsymbol{e}_n,$$

其中 a_t 称为切向加速度,反映速率的变化,$a_t>0$,质点作增速率运动,在圆周运动特例中,$a_t=\alpha R$(α 为角加速度);a_n 为法向加速度,反映速度方向的变化,其

方向永远指向轨道曲线的凹向，ρ 为曲率半径，并非质点到坐标原点的距离，在圆周运动特例中，$a_n = R\omega^2$.

*(5) 平面极坐标系中的速度与加速度

位置矢量：$\boldsymbol{r} = r\boldsymbol{e}_r$.

速度：$\boldsymbol{v} = \dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t} = \dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{e}_r + r\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{e}_r}{\mathrm{d}t} = v_r\boldsymbol{e}_r + r\omega\boldsymbol{e}_\theta$,

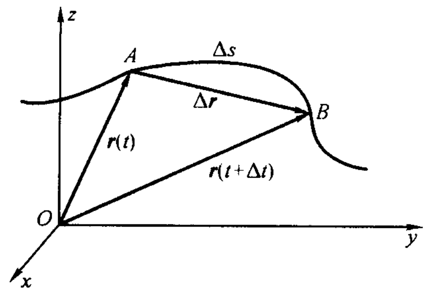


图 1－2

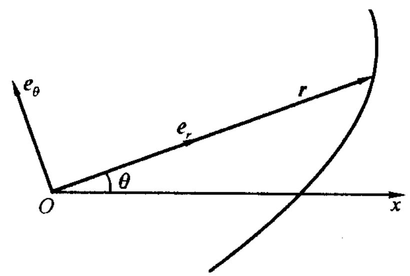


图 1－3

式中 v_r 为径速度，$r\omega$ 为横向速度.

加速度：
$$\boldsymbol{a} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t} = a_r\boldsymbol{e}_r + a_\theta\boldsymbol{e}_\theta,$$

式中 $a_r = \dfrac{\mathrm{d}^2 r}{\mathrm{d}t^2} - r\omega^2$ 为径向加速度，$a_\theta = r\dfrac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2} + 2\dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}\cdot\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}$为横向加速度.

三、运动的叠加性和相对性

1. 运动的叠加原理

要明确运动的叠加原理是从实验事实总结出来的客观规律. 根据叠加原理可把质点的运动看成不同的分运动的叠加. 通常选用的是正交合成和分解.

2. 相对运动

(1) 位置矢量关系

从图中我们可直接得到：$\boldsymbol{r} = \boldsymbol{r}_0 + \boldsymbol{r}'$.

(2) 速度关系(在平动参照系中)

因为$\boldsymbol{v} = \dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}$，我们可得：$\boldsymbol{v} = \boldsymbol{v}_0 + \boldsymbol{v}'$.

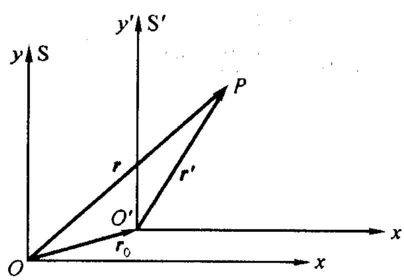


图 1－4

式中$\boldsymbol{v}$为绝对速度，是质点相对于参照系 S 的速度；$\boldsymbol{v}_0$为牵连速度，是参照系 S′相对于参照系 S 的速度；$\boldsymbol{v}'$为相对速度，是质点相对于参照系 S′的速度.

(3) 加速度关系

因为 $\boldsymbol{a}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}$，我们可得：$\boldsymbol{a}=\boldsymbol{a}_0+\boldsymbol{a}'$.

式中 $\boldsymbol{a}$ 为绝对加速度，是质点相对于参照系 S 的加速度；$\boldsymbol{a}_0$ 为牵连加速度，是参照系 S′相对于参照系 S 的加速度；$\boldsymbol{a}'$为相对加速度，是质点相对于参照系 S′的加速度.

解题示例

【例 1－1】 质点在一平面内运动，其位置矢量为 $\boldsymbol{r}$，速度为 $\boldsymbol{v}$，试说出 $\frac{\mathrm{d}|\boldsymbol{r}|}{\mathrm{d}t}$、$\left|\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}\right|$、$\frac{\mathrm{d}|\boldsymbol{v}|}{\mathrm{d}t}$、$\left|\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}\right|$ 的物理意义.并指出它们分别为零时，除了表示静止外，还可表示质点作何种运动？

【解】 $\frac{\mathrm{d}|\boldsymbol{r}|}{\mathrm{d}t}$ 中 $|\boldsymbol{r}|$ 为位置矢量的模(一般可用 r 表示)，它表示质点离原点的距离.$\frac{\mathrm{d}|\boldsymbol{r}|}{\mathrm{d}t}$ 表示质点到原点距离的变化率，即径向速度 v_r.它为零表示质点与原点的距离 r 不变，表示质点的运动轨迹为圆.即当 $r\neq 0$ 时，质点作圆周运动.

$\left|\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}\right|$ 表示质点的速率 v.它为零表示 $\boldsymbol{r}$ 为恒量，所以只能表示质点静止.

$\frac{\mathrm{d}|\boldsymbol{v}|}{\mathrm{d}t}$ 表示质点的速率 v 的变化率，即切向加速度 a_t.它为零表示质点作匀速率运动.

$\left|\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}\right|$ 表示加速度的大小.它为零表示速度 $\boldsymbol{v}$ 为恒量，除了表示质点静止外，还表示质点作匀速直线运动.

【例 1－2】 以初速 $\boldsymbol{v}_0=v_0\boldsymbol{i}$ 平抛一物体，求任意时刻 t，物体的切向加速度和法向加速度.

【解】 任意时刻 t，物体的速度 $v_x=v_0$，$v_y=gt$.它的速率

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

切向加速度　$$a_t=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\frac{g^2t}{\sqrt{v_0^2+g^2t^2}},$$

法向加速度　$$a_n=\sqrt{g^2-a_t^2}=\frac{gv_0}{\sqrt{v_0^2+g^2t^2}}.$$

事实上，抛体运动任意时刻的加速度始终为 g.重力加速度 g 沿着切线方向的分量为切向加速度，g 在法线方向上的分量即为法向加速度.

由图 1－5 直接可得：

切向加速度 $a_t = g\cos\theta = g\dfrac{v_y}{v} = g\dfrac{gt}{\sqrt{v_0^2 + g^2t^2}}$,

法向加速度 $a_n = g\sin\theta = g\dfrac{v_x}{v} = g\dfrac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + g^2t^2}}$.

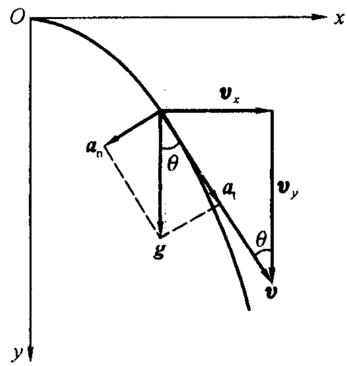


图 1－5

【例 1－3】 长为 l 的梯子上端 A 贴靠在垂直的墙上，梯上有一点 M，与梯子下端 B 的距离为 d，如图 1－6 所示．在 B 点沿水平地面离开墙脚向外滑动的过程中，

(1) 求 M 点的运动轨迹；

(2) 当 B 点在外力作用下以匀速率 v 滑到距墙脚为 x 处时，A 点和 M 点的速度和加速度各为多大？（设 $l=5$ m，$d=2$ m，$x=3$ m，$v=2$ m/s）

【解】 (1) 取如图 1－6 所示的坐标系，A、B 的坐标分别为：$A(0,y)$、$B(x,0)$，可得 M 点的位置坐标为：

$$x_M = |AM|\cos\varphi = (l-d)\cos\varphi, \quad (1)$$

$$y_M = |MB|\sin\varphi = d\sin\varphi. \quad (2)$$

从(1)、(2)式中消去 φ，可得：

$$\frac{x_M^2}{(l-d)^2} + \frac{y_M^2}{d^2} = 1,$$

由于 l、d 已知，故 M 点的运动轨迹为椭圆．

(2) A、B 两点的约束关系为：

$$x^2 + y^2 = l^2, \quad (3)$$

把(3)式两边对时间求一次导数，得：

$$2xv + 2yv_A = 0,$$

代入已知条件，得：

$$v_A = -\frac{x}{y}v = -\frac{3}{4}\times 2\text{ m/s} = -1.5\text{ m/s}.$$

把(3)式两边对时间求二次导数，得：

$$v^2 + v_A^2 + ya_A = 0,$$

代入已知条件，得：

$$a_A = -\frac{v^2 + v_A^2}{y} = -\frac{2^2 + 1.5^2}{4}\text{ m/s}^2 = -1.56\text{ m/s}^2.$$

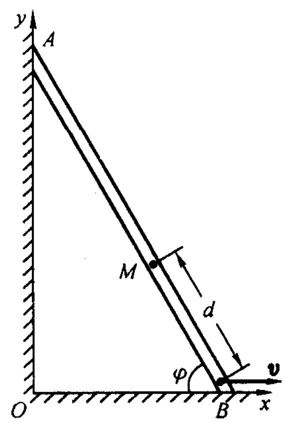


图 1－6

对于 M 点，因为：$\cos\varphi = \dfrac{x}{l}$，$\sin\varphi = \dfrac{y}{l}$，分别代入

(1)、(2)式，得：

$$x_M = (l-d)\cdot\frac{x}{l}, \quad y_M = \frac{d}{l}y. \tag{4}$$

分别把(4)式对时间 t 求一阶、二阶导数，可得：

$$v_{Mx} = \frac{l-d}{l}v, \quad a_{Mx} = \frac{l-d}{l}\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = 0;$$

$$v_{My} = \frac{d}{l}v_A, \qquad a_{My} = \frac{d}{l}a_A.$$

代入已知条件，得：

$$v_{Mx} = \frac{3}{5}\cdot 2\ \mathrm{m/s} = 1.2\ \mathrm{m/s}, \qquad a_{Mx} = 0;$$

$$v_{My} = \frac{2}{5}\cdot(1.5)\mathrm{m/s} = -0.6\ \mathrm{m/s}, \quad a_{My} = \frac{2}{5}(-1.56)\ \mathrm{m/s^2} = -0.62\ \mathrm{m/s^2}.$$

在图 1－7 中可以看到梯子上各点的速度和加速度的分布情况. v_y 的分布与 a 的分布类似，图中省略，未表示出来.

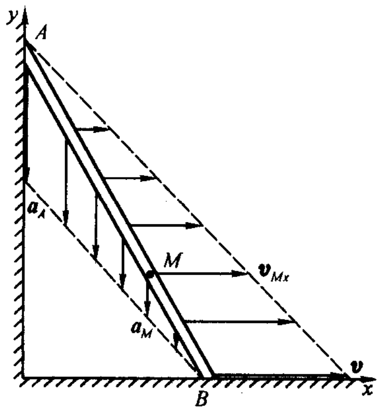


图 1－7

【例 1－4】 汽车静止时看到雨下落的方向偏东 θ_1 角，当汽车以速度 v_0 向东行驶时，测得雨下落方向偏西 θ_2，求雨速.

【解】 方法一：选取如图 1－8(a)所示的坐标系，则雨速

$$\boldsymbol{v} = v\sin\theta_1\boldsymbol{i} + v\cos\theta_1\boldsymbol{j}. \tag{1}$$

车速 $\boldsymbol{v}_0 = v_0\boldsymbol{i}$, (2)

由相对运动速度关系，得雨相对车的速度

$$\boldsymbol{v}' = \boldsymbol{v} - \boldsymbol{v}_0 = (v\sin\theta_1 - v_0)\boldsymbol{i} + v\cos\theta_1\boldsymbol{j}.$$

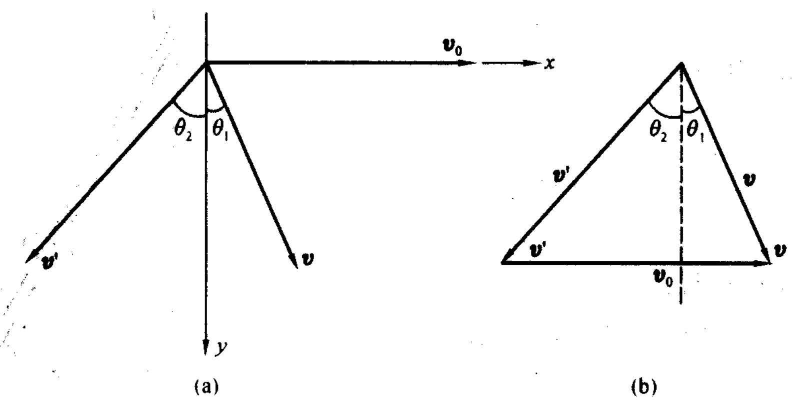


图 1－8

由题意知：$-\tan\theta_2=\dfrac{v'_x}{v'_y}=\dfrac{v\sin\theta_1-v_0}{v\cos\theta_1}$， (3)

式中的负号表示向西偏 θ_2，由(3)式解得：$v=\dfrac{v_0\cos\theta_2}{\sin(\theta_1+\theta_2)}$.

方法二：由绝对速度、相对速度和牵连速度相互关系的矢量图 1－8(b)，得：

$$\boldsymbol{v}=\boldsymbol{v}_0+\boldsymbol{v}'.$$

由正弦定理：
$$\frac{v_0}{\sin(\theta_1+\theta_2)}=\frac{v}{\sin(90^\circ-\theta_2)},$$

可得与方法一相同结果.

【例 1－5】 河宽为 l，靠岸处水流速度为零，河中央水流速为最大，为 v_0，如图 1－9(a)所示，流速从河边到中央再到对岸按二次曲线分布，即 $v_x=ay^2+by+c$.

(1) 试根据题意定出常数 a、b、c；

(2) 如有人以不变的划速 u 垂直于流水方向划去，求船划至对岸时船偏离原航向的距离为多少？(船在 x 方向的速度可近似认为是水流速度.)

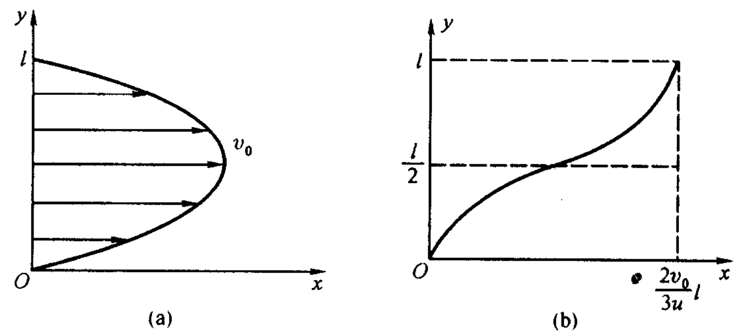


图 1－9

【解】 (1) $v_x=ay^2+by+c$.

当 $y=0$ 时，$v_x=0$，$0=ay^2+by+c$，$c=0$；

当 $y=l$ 时，$v_x=0$，$0=al^2+bl$，$b=-al$；

当 $y=\dfrac{l}{2}$时，$v_x=v_0$，$v_0=a\left(\dfrac{l}{2}\right)^2-al\cdot\dfrac{l}{2}=-\dfrac{1}{4}al^2$；

得
$$a=-\frac{4v_0}{l^2},\ b=\frac{4v_0}{l},\ c=0.$$

所以
$$v_x=-\frac{4v_0}{l^2}y^2+\frac{4v_0}{l}y.$$

(2) $v_x=-\dfrac{4v_0}{l^2}y^2+\dfrac{4v_0}{l}y$.

又 $y=ut$，所以

$$v_x=-\frac{4v_0}{l^2}(ut)^2+\frac{4v_0}{l}ut, \tag{1}$$

$$\begin{aligned} x &= \int_0^t v_x\mathrm{d}t=\int_0^t\left[-\frac{4v_0}{l^2}(ut)^2+\frac{4v_0}{l}ut\right]\mathrm{d}t \\ &= -\frac{4v_0}{3l^2}u^2t^3+\frac{2v_0}{l}ut^2. \end{aligned} \tag{2}$$

在(1)、(2)式中消去 t，得 $x=-\frac{4v_0y^3}{3l^2u}+\frac{2v_0y^2}{lu}$. 此式即为船的轨迹方程，船的航行轨迹如图 1－9(b)所示.

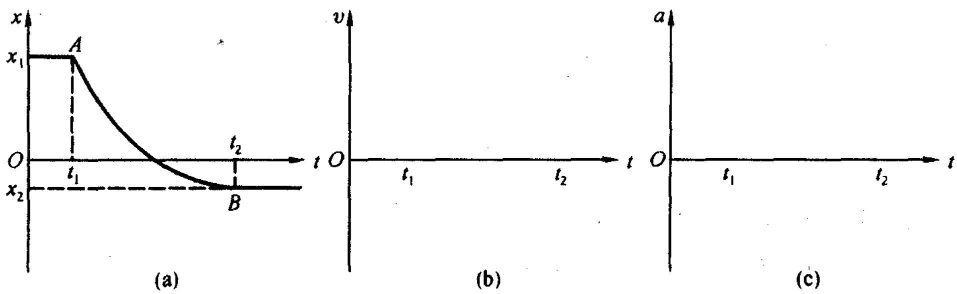
船到达对岸时，

$$y=l,$$

$$x=-\frac{4}{3}\frac{v_0}{l^2}\frac{l^3}{u}+\frac{2v_0l^2}{lu}=\frac{2}{3}\frac{v_0}{u}l.$$

习 题

1.1 某质点的运动方程曲线如图(a)所示，AB 为抛物线的一部分. 试在图(b)、(c)中画出与该运动曲线相应的速度曲线和加速度曲线的大致情况，并扼要地说明该质点的运动情况.



题 1.1 图

1.2 一辆汽车沿着笔直的公路行驶，速度与时间的关系如图中折线 $OABCDEF$ 所示.

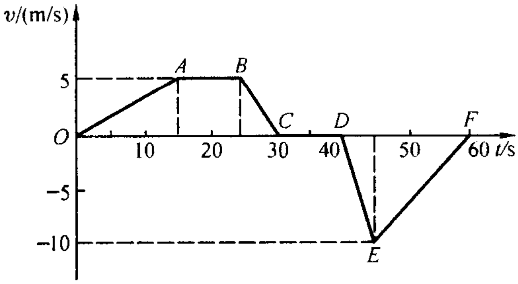
(1) 试画出加速度－时间变化曲线；

(2) 根据速度－时间曲线计算汽车在整个行驶过程中走过的路程和位移.

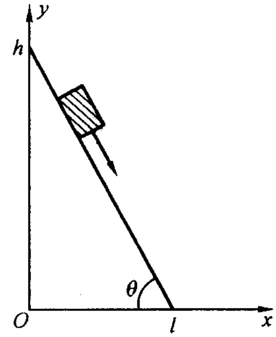
1.3 一物体沿底边为 l，高为 h 的光滑斜面下滑，自顶端静止开始滑至底边，取如图所示直角坐标，

(1) 写出物体的运动方程 $x(t)$ 和 $y(t)$；

(2) 若底边长度固定，物体从什么高度的斜面滑到底边所需的时间最短？

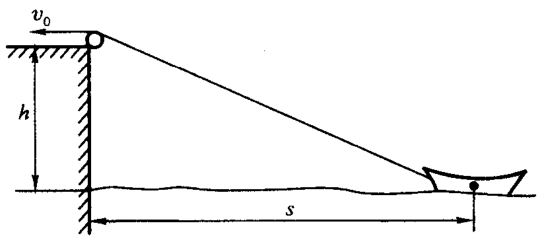


题 1.2 图



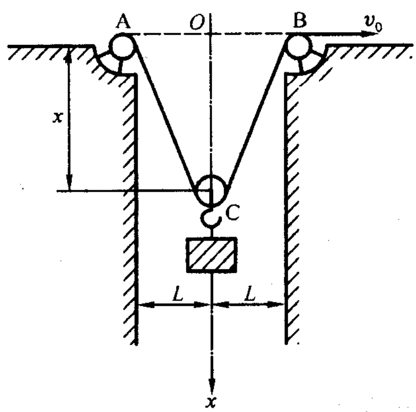
题 1.3 图

1.4　在高为 h 的岸边，有人用绳子拉船靠岸，人以匀速率 v_0 收绳，试求当船拉至距岸边为 s 处时的速度、加速度？



题 1.4 图

1.5　一重物起吊装置如图所示，C 为动滑轮，B 为定滑轮．现以速率 v_0 拉绳子，试求滑轮 C 在 x 位置时重物的速度和加速度．



题 1.5 图

1.6 一质点在 Oxy 平面上运动,运动方程为:

$$x = 2t, y = 19 - 2t^2,$$

其中 x、y 的单位为 m,t 的单位为 s.

(1) 计算并图示质点运动的轨迹;

(2) 写出 $t = 2$ s 时,质点的位置矢量;

(3) 写出 2 s 末的瞬时速度和瞬时加速度;

(4) 什么时候位置矢量与速度矢量垂直,这时它们的 x、y 分量各为多少?

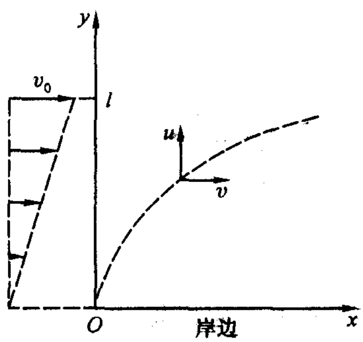
(5) 质点何时离原点最近?求出相应的距离 r.

1.7 在江道中,江水的流速随其到岸边的距离线性增加,且岸边 $y = 0$ 处流速为零,离岸边 $y = l$ 处的流速为 v_0. 设一小船以不变的速度 $\boldsymbol{u}$ 垂直于江边划去.

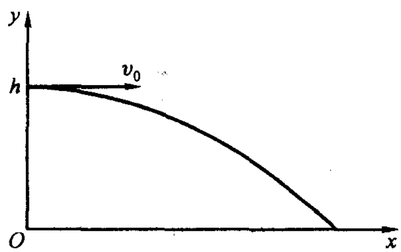
(1) 写出小船的运动方程和运动轨迹(船在 x 方向的运动速度可近似为水流的速度);

(2) 计算小船的加速度 $\boldsymbol{a}$;

(3) 计算小船任一时刻的切向和法向加速度.



题 1.7 图

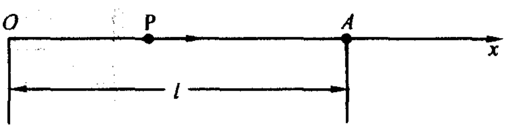


题 1.8 图

1.8 一质点在高度 h 处以初速度 v_0 水平抛出,计算质点轨迹在抛出点和落地点处的曲率半径.

1.9 Oxy 平面内有一运动质点,其运动方程为: $x = t^2$, $y = 2t$. 试求质点在 t 时刻的切向加速度和法向加速度(x、y 的单位为 m,t 的单位为 s).

1.10 质点 P 沿 x 轴正方向运动,已知 $OA = l$. 设 $t = 0$ 时质点位于坐标原点,质点在其间任意时刻的速率正比于它所在位置至 A 点的距离,比例常数为 k. 试求质点位置 x、速率



题 1.10 图

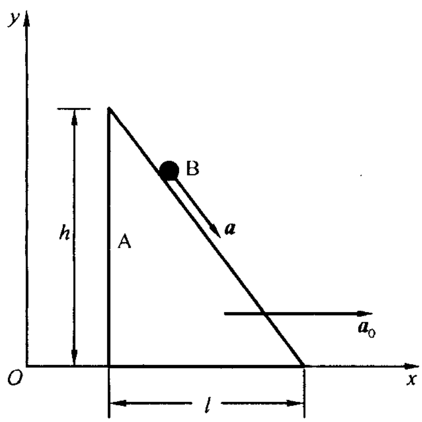
v 和加速度 a 随时间变化的规律.

1.11　一升降机以加速度 1.22 m/s² 上升，当上升速率为 2.44 m/s 时，有一螺帽自升降机的天花板上松落，天花板与升降机的底面相距 2.74 m，分别取下列两种坐标系计算螺帽从天花板落到底面所需的时间以及螺帽相对于升降机外固定柱子的下降距离.

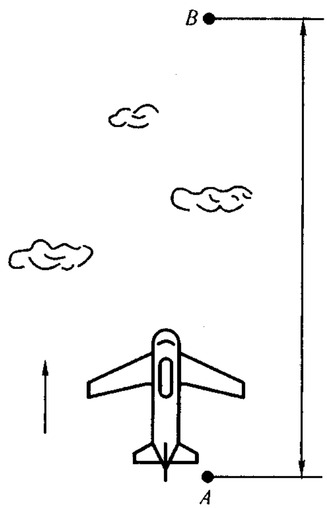
(1) 坐标固定在地面上；

(2) 坐标固定在升降机上.

1.12　如图所示，在水平面上有一直角三棱柱 A，它高 $h=0.4$ m，宽 $l=0.3$ m. 在 A 的顶点有一质点 B. A 和 B 从静止开始同时加速运动，A 的水平加速度 $a_0=0.2$ m/s²，B 相对于 A 的加速度 $a'=0.5$ m/s². 求 B 相对于地面坐标系的加速度、运动方程以及运动轨迹.



题 1.12 图



题 1.13 图

1.13　如图所示，一架飞机从 A 处向北飞到 B 处，然后又向南飞回到 A 处，飞机相对于空气的速率恒为 v，而空气相对于地面的速率为 u，A、B 之间的距离为 l.

(1) 如果空气是静止的(即 $u=0$)，试证飞机来回飞行的时间为 $t_0=2l/v$；

(2) 如果空气的速度由南向北，试证飞机来回飞行的时间为

$$t_1=t_0\Big/\left(1-\frac{u^2}{v^2}\right);$$

(3) 如果空气的速度由东向西，试证飞机来回飞行的时间为

$$t_2=t_0\Big/\sqrt{1-\frac{u^2}{v^2}};$$