21世纪高等学校规划教材

DAXUE WULI XUEXI ZHIDAO YU XUNLIAN

大学物理学习指导与训练

袁艳红 主 编
赵 华 林 璠 金 华 副主编

中国电力出版社
http://jc.cepp.com.cn

21世纪高等学校规划教材

DAXUE WULI XUEXI ZHIDAO YU XUNLIAN

大学物理学习指导与训练

主　编　袁艳红
副主编　赵　华　林　璠　金　华
编　写　王相虎　陈　锐　孙振武
主　审　苗润才

中国电力出版社
http://jc.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是参照原国家教委物理课程指导委员会制定的“高等工业学校大学物理教学基本要求”精神而编写的一本与工科大学物理教学相配套的辅助性教学用书。主要针对工科非物理专业的学生应掌握的物理基础知识，旨在使学生了解本课程的教学基本要求，明确物理基本概念和规律间的联系与区别，帮助学生熟练运用所学的知识去正确地分析问题和解决问题。

本书内容包括力学、热学、电学、磁学、光学和近代物理等。每章均由基本要求、基础知识点、例题分析、单元习题四个部分组成。另外，书中配有大学物理自测试卷及答案。

本书可供工科院校非物理专业的本科学生使用，也可供高等专科和高职学校的学生使用。

图书在版编目（CIP）数据

大学物理学习指导与训练/袁艳红主编．—北京：中国电力出版社，2009

21世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-9088-8

Ⅰ．大… Ⅱ．袁… Ⅲ．物理学—高等学校—教学参考资料 Ⅳ．04

中国版本图书馆CIP数据核字（2009）第112458号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路6号　100044　http：//jc.cepp.com.cn）

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年8月第一版　2009年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米　16开本　13.75印张　332千字

定价 **22.00** 元

前 言

大学物理是一门重要的基础科学，是高等工科院校基础理论课程，物理学的基本理论渗透到自然科学的许多领域，它是自然科学的核心，是新技术的源泉。在培养技术应用型人才的创新意识和科学素养中具有重要的作用和地位。

为了帮助技术应用型工科院校非物理专业的在校学生掌握大学物理基础知识，编者参照原国家教委物理课程指导委员会制定的《高等工业学校大学物理教学基本要求》精神而编写了本书。在内容的选取上，紧扣工科学生应必备的物理基础知识，强化物理观念和规律间的联系，通过对典型例题的分析和讲解使学生能正确运用所学的知识分析问题和解决问题。并且精选了由浅到深与基本要求相符的习题供学生练习。

“基本要求”部分，根据国家教委颁布的高等工业学校大学物理教学基本要求，结合工科物理教学特点而编写。它扼要地指出了每章中哪些基本概念和定律必须掌握和熟练运用，哪些内容必须理解，哪些只需要了解即可。

“基础知识点”部分，为了使学生明了每章主要知识之间的联系，对每一章的重点内容做了概括性、综合性的阐述，对应掌握的基础知识和应用时应该注意的地方作了较为细致地分析。

“例题分析”部分，通过适量的典型例题来阐述基本物理规律、定理、定律的应用和解题方法，以及在应用过程中的注意事项，在解题过程中，力求做到思路清晰、条理清楚。书中不少例题都有一题多解，可以开拓学生的思维，引导学生深入钻研，对每一道题所涉及的物理内容有一个透彻的理解，而不是仅满足于得出一个正确的答案。

“单元习题”部分，精选了由浅到深与基本要求相符的习题，其中包括选择题、填空题和计算题，书后附有每道题的答案。做习题是大学物理学习过程中必不可少的一环，通过必要的解题基本训练，可以使学生巩固所学到的基础知识，加深对物理概念和定律的理解，掌握解题的技巧和方法，培养分析问题、解决问题的能力，提高运用所学的理论解决实际问题的能力，扩大知识面。

“自测试卷”部分由10套自测试卷组成，其中五套包含力学和热学内容，另五套包含电磁学、光学和近代物理的内容，可以供学生在学完内容后进行巩固和自我检测之用。

本书着力于训练和培养学生的科学思维方法，提高学生分析问题和解决问题的能力，帮助学生把大学物理这门基础课学得扎扎实实，有利于学生学习成绩取得长足的进步。

陕西师范大学苗润才教授在百忙之中审阅了全部书稿，提出了许多重要的建议和修改意见，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2009.5

目　录

第1章 质点运动学

1.1 基本要求

（1）掌握描述质点运动状态的方法，建立运动学的基本概念：质点、参考系、位置矢量、位移、路程、速度、加速度等。

（2）熟练掌握质点运动学的两类问题，即用求导法由已知的运动学方程求速度和加速度；用积分法由已知质点的运动速度或加速度求质点的运动学方程。

（3）熟悉和掌握速度、加速度在直角坐标系以及自然坐标系中的表达形式，加深对速度与加速度的瞬时性、矢量性等基本特性的理解。

（4）掌握圆周运动的角量表示及角量与线量之间的关系。

（5）加深对运动相对性的理解，掌握相对运动概念以及相应的速度合成公式。

1.2 基础知识点

1. 质点：当描述一个物体的运动，可以忽略它的大小、内部结构等时，这个物体便可视为质点。一个物体能否看作质点，主要决定于所研究的问题的性质。

2. 参考系：为描述物体的运动而选的标准物。

3. 运动学方程：表示质点位置随时间的变化而变化

$$\vec{r}=\vec{r}(t)$$

用直角坐标表示 $\begin{cases} x=x(t) \\ y=y(t) \\ z=z(t) \end{cases}$

位移 $\Delta\vec{r}=\vec{r}(t+\Delta t)-\vec{r}(t)$

4. 速度和加速度：速度是描述物体运动状态的物理量，表示位置随时间的变化率。加速度是描述物体运动状态变化的物理量，表示速度随时间的变化率。

$$\vec{v}=\frac{\mathrm{d}\vec{r}}{\mathrm{d}t},\vec{a}=\frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}^2\vec{r}}{\mathrm{d}t^2}$$

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

$$\vec{a}=a_x\vec{i}+a_y\vec{j}+a_z\vec{k}=\frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}\vec{i}+\frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}\vec{j}+\frac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}\vec{k}=\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}\vec{i}+\frac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}t^2}\vec{j}+\frac{\mathrm{d}^2z}{\mathrm{d}t^2}\vec{k}$$

在自然坐标系中

$$\vec{v}=v\vec{e}_t=\frac{\mathrm{d}S}{\mathrm{d}t}\vec{e}_t$$

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

5. 圆周运动：

运动学方程（角位置）

$$\theta=\theta(t)$$

角位移

$$\Delta\theta=\theta(t+\Delta t)-\theta(t)$$

角速度

$$\omega=\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}$$

角加速度

$$\alpha=\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2}$$

角量与线量之间的关系

$$v=r\omega,\ a_\mathrm{t}=r\alpha,\ a_\mathrm{n}=r\omega^2$$

6. 相对运动：一质点相对于两个相对平动参照系的速度间的关系为

$$\vec{v}=\vec{v}'+\vec{u}$$

该式称为质点的速度变换关系式，也叫伽利略速度变换式。式中 $\vec{v}$ 为质点相对于绝对坐标系（定坐标系）的运动速度，叫做绝对速度；$\vec{u}$ 为动坐标系相对于定坐标系平动的速度，叫做牵连速度；$\vec{v}'$ 为质点相对于动坐标系的运动速度，叫做相对速度。

1.3 例题分析

例 1. 下列说法不正确的是 (　　)

(A) 加速度恒定不变，物体的运动方向也有可能变化

(B) 加速度恒定不变，物体的运动方向不变

(C) 当物体的速度为零时，加速度可以不为零

(D) 质点做曲线运动时，质点速度大小的变化产生切向加速度，速度的方向的变化发生法向加速度

[答案]：(B)

[解析]：物体做平抛运动时，加速度为重力加速度 $\vec{g}$ 恒定不变，但是物体的运动方向始终在改变，因而选项 (B) 有误。

例 2. 下列四种运动形式中，加速度保持不变的运动是 (　　)

(A) 单摆运动　　(B) 匀速圆周运动

(C) 平抛运动　　(D) 行星的椭圆轨道运动

[答案]：(C)

[解析]：在这四种运动中，只有平抛运动的加速度为重力加速度 $\vec{g}$，保持大小、方向不变。

例 3. 已知质点的直线运动方程为 $x=2+2t-t^2$，则质点在第 2 秒末速度的大小为________。

[答案]：2m/s

[解析]：由公式 $v=\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=2-2t$，当 $t=2$ 时，$v=-2\mathrm{m/s}$，所以 $|v|=2\mathrm{m/s}$。

例4. 质点沿半径为R的圆周运动，运动方程$\theta=3+t^2$(SI,国际单位制的简称)，则t时刻质点的法向加速度$a_n=$________；角加速度$\alpha=$________。

[答案]：$4t^2R\text{m/s}^2$，2m/s^2

[解析]：由于角速度可由圆周运动的方程求导得到，即公式$\omega=\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}=2t$，又由于$a_n=\omega^2R$　所以

$$a_n=4t^2R$$

$$\beta=\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t}=2$$

例5. 一质点做直线运动，其运动方程为$x=2+2t-t^2$，式中t的单位为s，x的单位为m。试求：从$t=0$到$t=4$s时间间隔内质点位移的大小和它走过的路程。

[解]：位移大小为

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

对x求极值

$$\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=2-2t=0$$

可得$t=1$s，即质点在$t=0$到$t=1$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

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

例6. 一质点沿oy轴做直线运动，它在t时刻的坐标是$y=4.5t^2-2t^3$，式中t的单位为s，y的单位为m。试求：

(1) $t=1\sim2$s内质点的位移、平均速度和2s末的瞬时速度；

(2) $t=1\sim2$s内质点平均加速度和2s末的瞬时加速度。

[解]：(1) 位移为

$$\Delta y=y|_{t=2}-y|_{t=1}=2-2.5=-0.5\text{m}$$

平均速度为

$$\bar{v}_y=\frac{\Delta y}{\Delta t}=\frac{-0.5}{1}=-0.5\text{m/s}$$

瞬时速度

$$v_y=\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}=9t-6t^2 \tag{1}$$

将$t=2$s代入式(1)得

$$v_y|_{t=2}=-6\text{m/s}$$

(2) 由式(1)可知

$$\Delta v_y=v_y|_{t=2}-v_y|_{t=1}=-6-3=-9\text{m/s}$$

平均加速度为

$$\bar{a}_y=\frac{\Delta v_y}{\Delta t}=\frac{-9}{1}=-9\text{m/s}^2$$

瞬时加速度为

$$a_y = \frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t} = 9 - 12t \tag{2}$$

将 $t=2\mathrm{s}$ 代入式（2）得

$$a_y\big|_{t=2} = -15\mathrm{m/s^2}$$

例 7. 某质点在 xy 平面上做加速运动，加速度 $\vec{a} = 3\vec{i} + 2\vec{j}\ \mathrm{m/s^2}$。在零时刻的速度为零，位置矢量 $\vec{r}_0 = 5\vec{i}\ \mathrm{m}$。试求：

（1）t 时刻的速度和位移矢量；

（2）质点在平面上的轨迹方程。

[解]：（1）t 时刻的速度 $\vec{v}$ 为

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

积分得

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

因此

$$\vec{v} = 3t\vec{i} + 2t\vec{j}\ \mathrm{m/s}$$

t 时刻的位移矢量 $\vec{r}$ 为

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

$$\int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} \mathrm{d}\vec{r} = \int_0^t (3t\vec{i} + 2t\vec{j})\mathrm{d}t$$

因此

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + (1.5t^2\vec{i} + t^2\vec{j}) = (5 + 1.5t^2)\vec{i} + t^2\vec{j}\ \mathrm{m}$$

（2）由 $\vec{r}$ 的表达式可得

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

消去两式中的 t，便得轨迹方程

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

例 8. 已知一质点由静止出发，它的加速度在 x 轴和 y 轴上的分量分别为 $a_x = 10t$，$a_y = 15t^2$，式中 t 的单位为 s，a_x 和 a_y 的单位为 $\mathrm{m/s^2}$。试求：5s 时质点的速度和位置。

[解]：取质点的出发点为坐标原点。由题意知质点的加速度为

$$a_x = \frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t} = 10t \tag{1}$$

$$a_y = \frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t} = 15t^2 \tag{2}$$

由初始条件 $t=0$ 时，$v_{0x} = v_{0y} = 0$，对式（1）、（2）分别积分，有

$$v_x = \int_0^t 10t\mathrm{d}t = 5t^2 \tag{3}$$

$$v_y = \int_0^t 15t^2\mathrm{d}t = 5t^3 \tag{4}$$

即

$$\vec{v} = 5t^2\vec{i} + 5t^3\vec{j} \tag{5}$$

将 $t=5\text{s}$ 代入式（5）有

$$\vec{v} = 125\vec{i} + 625\vec{j}\,\text{m/s}$$

又由速度的定义及初始条件 $t=0$ 时，$x_0=y_0=0$，对式（3）、式（4）分别积分，有

$$x = \int_0^t 5t^2\,\mathrm{d}t = \frac{5}{3}t^3$$

$$y = \int_0^t 5t^3\,\mathrm{d}t = \frac{5}{4}t^4$$

即

$$\vec{r} = \frac{5}{3}t^3\vec{i} + \frac{5}{4}t^4\vec{j} \tag{6}$$

将 $t=5\text{s}$ 代入式（6）有

$$\vec{r} = \frac{625}{3}\vec{i} + \frac{3125}{4}\vec{j}\,\text{m}$$

例 9. 某一质点以初速度 v_0 做一维运动，所受阻力与其速度成正比，试求当质点速度为 $\frac{v_0}{n}(n>1)$ 时，质点经过的距离与质点所能行经的总距离之比。

[解]： 取一维坐标 ox，原点 $x=0$ 为质点在 $t=0$ 时刻以初速度 v_0 开始运动的位置。

由题意，质点的加速度可表示为

$$a = -kv$$

式中 k 为大于零的常数。

由加速度的定义，做变量替换有

$$a = \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x} = v\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}x} = -kv$$

即

$$\mathrm{d}v = -k\mathrm{d}x$$

由初始条件 $x=0$，$v=v_0$ 有

$$\int_{v_0}^{v}\mathrm{d}v = -k\int_0^x \mathrm{d}x$$

积分得

$$v = v_0 - kx \tag{1}$$

由速度的定义及式（1）有

$$\frac{\mathrm{d}x}{v_0 - kx} = \mathrm{d}t$$

由初始条件 $t=0$，$x=0$ 积分得

$$\ln\frac{v_0 - kx}{v_0} = -kt$$

即

$$x = \frac{v_0}{k}(1 - \mathrm{e}^{-kt}) \tag{2}$$

由式（2）知，质点所能行经的最大距离为

$$x_{\max} = \frac{v_0}{k}$$

由题意及式（1）得

$$x = \frac{1}{k}\left(v_0 - \frac{v_0}{n}\right) = \frac{v_0}{k}\left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

故

$$\frac{x}{x_{\max}} = 1 - \frac{1}{n}$$

例 10. 一质点运动方程为 $\vec{r} = 2t\vec{i} - 3t^2\vec{j}$，式中 t 的单位为 s，$\vec{r}$ 的单位为 m。试求：

（1）$t=2$s 时质点的速度和加速度；

（2）在 $t=1\sim2$s 内质点的平均速度；

（3）$t=1$s 时质点的切向加速度和法向加速度的大小。

[解]：（1）由题意得

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = 2\vec{i} - 6t\vec{j}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = -6\vec{j}$$

故 $t=2$s 时，速度为

$$\vec{v}\big|_{t=2} = 2\vec{i} - 12\vec{j}\ \text{m/s}$$

加速度为

$$\vec{a}\big|_{t=2} = -6\vec{j}\ \text{m/s}^2$$

（2）在 $t=1\sim2$s 内质点的位移为

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}(2) - \vec{r}(1) = 2\vec{i} - 9\vec{j}$$

故平均速度为

$$\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = 2\vec{i} - 9\vec{j}\ \text{m/s}$$

（3）由于速度为

$$\vec{v} = 2\vec{i} - 6t\vec{j}$$

故速率为

$$v = 2\sqrt{1+9t^2}$$

切向加速度的大小

$$a_t = \frac{dv}{dt} = \frac{18t}{\sqrt{1+9t^2}}$$

而加速度

$$\vec{a} = -6\vec{j}$$

加速度大小

$$a = 6$$

所以当 $t=1$s 时质点的切向加速度的大小为

$$a_t = \frac{9}{5}\sqrt{10}\ \text{m/s}^2$$

法向加速度的大小为

$$a_n = \sqrt{a^2 - a_t^2} = \frac{3}{5}\sqrt{10}\text{m/s}^2$$

例 11. 质点做圆周运动，轨道半径 $R=0.2\text{m}$，以角量表示的运动方程为 $\theta = 10\pi t + \frac{1}{2}\pi t^2$，式中 t 的单位为 s，θ 的单位为 rad。试求：

（1）第 3s 末的角速度和角加速度；

（2）第 3s 末的切向加速度和法向加速度的大小。

[解]：（1）

$$\theta = 10\pi t + \frac{1}{2}\pi t^2$$

$$\omega = 10\pi + \pi t \tag{1}$$

$$\alpha = \pi \tag{2}$$

将 $t=3\text{s}$ 代入式（1）、式（2）得

$$\omega = 13\pi\text{rad/s}$$

$$\alpha = \pi\text{rad/s}^2$$

（2）

$$a_t = R\alpha = 0.2\pi\text{m/s}^2$$

$$a_n = R\omega^2 = 33.8\pi^2\text{m/s}^2$$

例 12. 设有一架飞机从 A 处向东飞到 B 处，然后又向西飞回到 A 处，飞机相对空气保持不变的速率 v'，而空气相对于地面的速率为 u，A 与 B 间的距离为 l。在下列两种情况下，试求飞机来回飞行的时间。

（1）空气的速度向东；

（2）空气的速度向北。

[解]：取地面为绝对参照系，空气为相对参照系。

（1）由速度变换定理，飞机由 A 到 B 向东飞行时的速度大小为

$$v_{AB} = v' + u$$

由 B 到 A 向西飞行时的速度大小为

$$v_{BA} = v' - u$$

因此，飞机往返飞行的所需时间为

$$t = t_{AB} + t_{BA} = \frac{l}{v'+u} + \frac{l}{v'-u} = \frac{2l}{v'[1-(u/v')^2]}$$

（2）当空气的速度 $\vec{u}$ 向北时，飞机相对于地面的飞行速度 $\vec{v}$ 及飞机相对空气的速度 $\vec{v}'$ 与 $\vec{u}$ 间相对运动关系有

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}$$

因此，飞机相对地面飞行的速度大小为

$$v = \sqrt{v'^2 - u^2}$$

故，飞机往返飞行所需时间

$$t = t_{AB} + t_{BA} = \frac{2l}{v} = \frac{2l}{\sqrt{v'^2 - u^2}}$$

1.4 单 元 习 题

一、选择题

1. 一运动质点在时刻 t 位于位移矢量 $\vec{r}(x,y)$ 的末端处，其速度大小为 (　　)

(A) $\dfrac{dr}{dt}$　　(B) $\dfrac{d|\vec{r}|}{dt}$　　(C) $\dfrac{d\vec{r}}{dt}$　　(D) $\sqrt{\left(\dfrac{dx}{dt}\right)^2+\left(\dfrac{dy}{dt}\right)^2}$

2. 质点做半径为 R 的匀速率圆周运动，每 T 秒转一圈。在 $3T$ 时间间隔内其平均速度与平均速率分别为 (　　)

(A) $\dfrac{2\pi R}{T}$，$\dfrac{2\pi R}{T}$　　(B) 0，$\dfrac{2\pi R}{T}$　　(C) 0，0　　(D) $\dfrac{2\pi R}{T}$，0

3. 质点做曲线运动，位置矢量 $\vec{r}$，路程 s，a_t 为切向加速度，a 为加速度大小，v 为速率，则有 (　　)

(A) $a=\dfrac{dv}{dt}$　　(B) $v=\dfrac{d\vec{r}}{dt}$　　(C) $v=\dfrac{ds}{dt}$　　(D) $a_t=\left|\dfrac{d\vec{v}}{dt}\right|$

4. 质点运动规律为 $\dfrac{dv}{dt}=-\alpha v^2 t$（常量 $\alpha>0$）。已知当 $t=0$ 时，初速度为 v_0，则 v-t 关系为 (　　)

(A) $v=\dfrac{1}{2}\alpha t^2+v_0$　　(B) $v=-\dfrac{1}{2}\alpha t^2+v_0$

(C) $\dfrac{1}{v}=\dfrac{1}{2}\alpha t^2+\dfrac{1}{v_0}$　　(D) $\dfrac{1}{v}=-\dfrac{1}{2}\alpha t^2+\dfrac{1}{v_0}$

5. 一质点做半径为 R 的圆周运动，其路程 $s=v_0t+at^2$，其中 v_0、a 均为正的常量，则 t 时刻质点的加速度大小为 (　　)

(A) $2a$　　(B) $\dfrac{(v_0+2at)^2}{R}$

(C) $\dfrac{v_0^2}{R}$　　(D) $\sqrt{4a^2+\dfrac{(v_0+2at)^4}{R^2}}$

二、填空题

1. 一质点沿直线运动，其坐标 x 与时间 t 的关系为 $x=Ae^{-\beta t}\cos\omega t$，其中 A、β 均为常数，则任意时刻 t 时，质点的加速度 $a=$________。

2. 一物体沿直线运动，运动方程为 $y=A\sin\omega t$，其中 A、ω 均为常数，则物体的速度与时间的函数关系式为________，物体的速度与坐标的函数关系式为________。

3. 一质点的直线运动方程为 $x=8t-t^2$（SI），则在 $t=0\sim5$s 的时间间隔内，质点的位移为________，在这段时间间隔内质点走过的路程为________。

4. 一质点做平面曲线运动，其速率 v 与路程 s 的关系为 $v=2+2s^2$（SI），则其切向加速度的表达式（以路程 s 表示）为 $a_t=$________。

5. 在 oxy 平面内运动的一质点，其运动方程为 $\vec{r}=5\cos5t\,\vec{i}+5\sin5t\,\vec{j}$（SI），则 t 时刻其速度 $\vec{v}=$________，其切向加速度 $a_t=$________，法向加速度 $a_n=$________。

三、计算题

1. 粒子按规律 $x=t^3-3t^2-9t+5$（SI）沿 x 轴运动，在哪个时间间隔它沿着 x 轴正向

运动？在哪个时间间隔沿着 x 轴负向运动？在哪个时间间隔加速？在哪个时间间隔减速？

2. 一质点的运动学方程 $x=t$，$y=4t^2$（SI），试求：

（1）t 时刻质点的速度和加速度；

（2）轨迹方程。

3. 一质点的加速度 $\vec{a}=2\vec{i}-2t\vec{j}$（SI），$t=0$ 时，$\vec{v}_0=2\vec{j}\,\mathrm{m/s}$，$\vec{r}_0=5\vec{i}\,\mathrm{m}$，求任意时刻质点的速度和运动方程。

4. 一质点沿 y 轴做直线运动，其速度大小 $v_y=8+3t^2$（SI），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 2s 内的平均速度。

5. 一物体沿 x 轴做直线运动，其加速度为 $a=-kv^2$，k 是常数。在 $t=0$ 时，$v=v_0$，$x=0$。试求：

（1）速率随坐标变化的规律；

（2）坐标和速率随时间变化的规律。

6. 一质点的运动学方程 $x=t^2$，$y=(t-1)^2$（SI），试求：

（1）质点的轨迹方程；

（2）在 $t=2\mathrm{s}$ 时，质点的速度和加速度；

（3）t 时刻质点的切向和法向加速度的大小。

7. 一圆盘半径为 3m，它的角速度在 $t=0$ 时为 $3.33\pi\,\mathrm{rad/s}$，以后均匀地减小，到 $t=4\mathrm{s}$ 时角速度变为零。试求：圆盘边缘上一点在 $t=2\mathrm{s}$ 时的切向加速度和法向加速度的大小。

8. 一辆带篷的卡车，雨天在平直公路上行驶，司机发现：车速过小时，雨滴从车后斜向落入车内；车速过大时，雨滴从车前斜向落入车内。已知雨滴相对地面的速度大小为 v，方向与水平面夹角为 α，试求：

（1）车速为多大时，雨滴恰好不能落入车内？

（2）此时雨滴相对车厢的速度为多大？

9. 一质点在半径为 0.10m 的圆周上运动，其角位置为 $\theta=2+4t^3$，式中 θ 的单位为 rad，t 的单位为 s。

（1）求在 $t=2.0\mathrm{s}$ 时质点的法向加速度和切向加速度。

（2）当切向加速度的大小恰等于总加速度大小的一半时，θ 值为多少？

（3）t 为多少时，法向加速度和切向加速度的值相等？

10. 一无风的下雨天，一列火车以 $v_1=20.0\mathrm{m/s}$ 的速度匀速前进，在车内的旅客看见玻璃窗外的雨滴和垂线成 75°角下降，求雨滴下落的速度 v_2（设下降的雨滴做匀速运动）。

第2章 牛 顿 定 律

2.1 基 本 要 求

（1）掌握牛顿运动定律，树立牛顿运动定律是经典力学中的基本原理的观念。

（2）熟练掌握常见的几种力（如万有引力、重力、弹性力、摩擦力等）及其计算方法。

（3）能熟练地应用牛顿运动定律分析和解决基本力学问题，包括涉及弹簧和静摩擦力等的问题。理解牛顿运动定律的适用范围。

2.2 基础知识点

1. 牛顿运动定律。

第一定律：任何物体都要保持其静止或匀速直线运动状态，直到外力迫使它改变运动状态为止。第一定律给出了惯性和力的概念以及惯性系的定义。

第二定律：物体动量随时间的变化率 $\frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t}$ 等于作用于物体的合外力 $\vec{F}$，即

$$\vec{F}=\frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}m\vec{v}}{\mathrm{d}t}$$

当 m 为常量时，上式可写成

$$\vec{F}=m\frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}=m\vec{a}$$

在直角坐标系中

$$\vec{F}=m\frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}\vec{i}+m\frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}\vec{j}+m\frac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}\vec{k}=ma_x\vec{i}+ma_y\vec{j}+ma_z\vec{k}$$

在自然坐标系中

$$\vec{F}=m\vec{a}=m(\vec{a}_\mathrm{t}+\vec{a}_\mathrm{n})=m\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\vec{e}_t+m\frac{v^2}{\rho}\vec{e}_n$$

第三定律：两个物体之间的作用力 $\vec{F}$ 和 $\vec{F}'$，沿同一直线，大小相等，方向相反，分别作用在两个物体上。数学表达式为

$$\vec{F}=-\vec{F}'$$

2. 几种常见的力。

万有引力：$\vec{F}=-G\frac{m_1m_2}{r^2}\vec{e}_r$，式中 $G=6.67\times10^{-11}\mathrm{N\cdot m^2/kg}$，$\vec{F}$ 为由 m_1 施于 m_2 的万有引力，$\vec{e}_r$ 为由 m_1 指向 m_2 的单位矢量。

重力：$\vec{p}=m\vec{g}$，式中 $g=9.8\mathrm{m/s^2}$

弹性力：由物体形变而产生的。由于形变的原因不同，有弹簧中的弹性力、相互接触物体间的压力或支持力、绳中的张力等。

摩擦力：一般可分为静摩擦力、滑动摩擦力、滚动摩擦力。静摩擦力：$F_{f0}\leqslant F_{f0m}=$