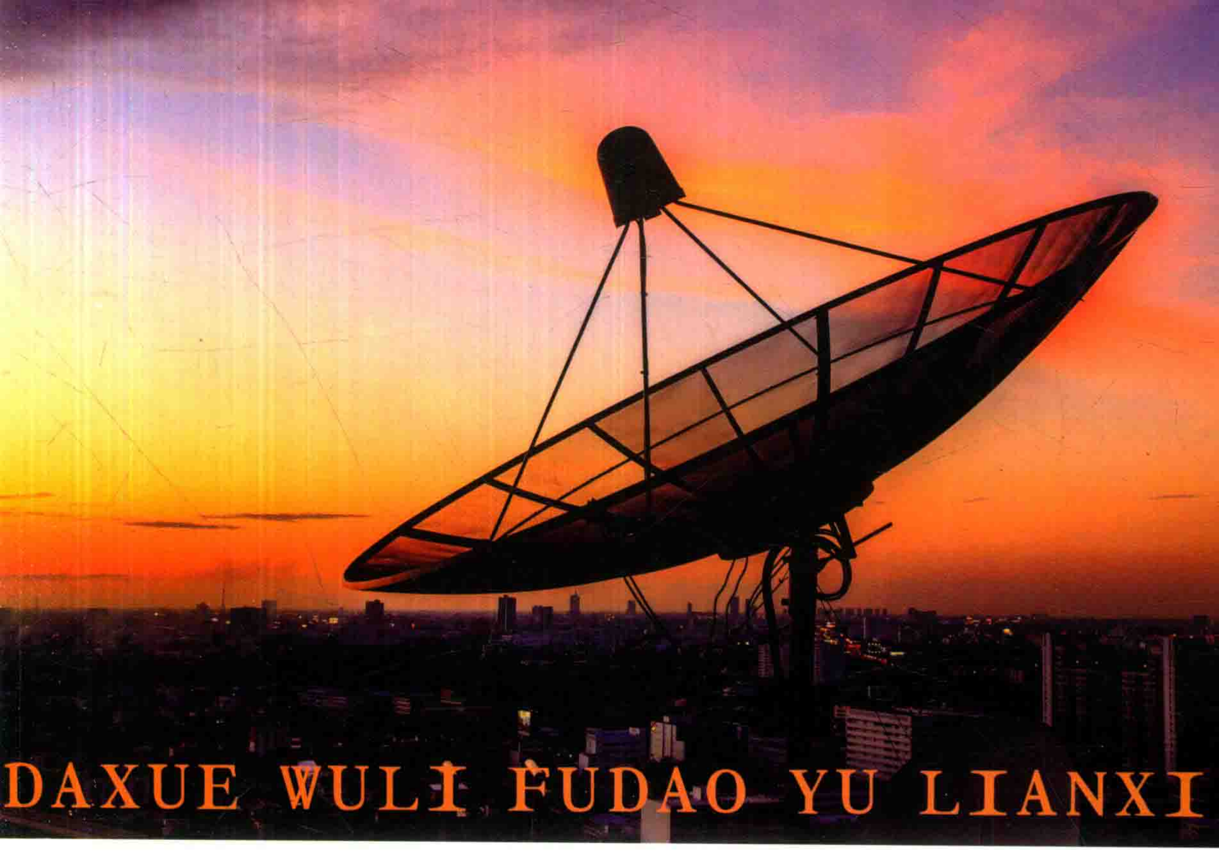

大学物理
辅导与练习

何跃娟 吴亚敏 陈国庆 主编

苏州大学出版社
Soochow University Press

大学物理辅导与练习

何跃娟　吴亚敏　陈国庆　主编

苏州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理辅导与练习 / 何跃娟，吴亚敏，陈国庆主编. —苏州：苏州大学出版社，2015.12
ISBN 978-7-5672-1615-0

Ⅰ.①大… Ⅱ.①何…②吴…③陈… Ⅲ.①物理学—高等学校—教学参考资料 Ⅳ.①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 307500 号

大学物理辅导与练习
何跃娟　吴亚敏　陈国庆　主编
责任编辑　周建兰

苏州大学出版社出版发行
（地址：苏州市十梓街 1 号　邮编：215006）
宜兴市盛世文化印刷有限公司印装
（地址：宜兴市万石镇南漕河滨路 58 号　邮编：214217）

开本 787 mm×960 mm　1/16　印张 15.25　字数 276 千
2015 年 12 月第 1 版　2015 年 12 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-5672-1615-0　定价：28.00 元

苏州大学版图书若有印装错误，本社负责调换
苏州大学出版社营销部　电话：0512-65225020
苏州大学出版社网址　http://www.sudapress.com

前言

大学物理是高等学校理工科各专业的一门重要的基础课，它对于学生科学素质的提高、综合能力的培养、创新意识的形成、探索精神的增强和思维能力的训练等诸方面都起着重要的作用. 对于刚进入大学的学生来说，由于大学物理的难度较大，教学进度较快，在学习过程中往往会遇到一些困难，或一时难以适应. 为了使学生在学习过程中能更深刻地理解物理概念，抓住每章的重点、难点，提高分析问题和解决问题的能力，把握学习的主动性，进而提高教学效率和质量，我们结合多年的教学实践经验，根据教育部教学指导委员会最新颁布的《理工科类大学物理课程教学基本要求》，编写了《大学物理辅导与练习》.

本书作为大学物理课程的教辅用书，紧贴教学实际，注重教学实用性. 全书共分十五章，每一章均包括基本要求、主要内容及例题、习题. 本书把例题和主要内容结合在一起，并且重要的例题都有点评，以便学生更好地领会和掌握. 习题中的选择题和填空题可用做学生课后自我练习，附有答案；计算题部分结合教学要求，并充分考虑实际课时安排，每次课后都有 2～3 题作业，以利于学生进一步理解概念，掌握重点、难点. 同时，考虑到大学物理课程大多分两学期进行教学，本书提供了四份模拟试卷，供学生分期进行自我检测. 书中带“*”号的题目供学有余力的学生选做.

本书由江南大学理学院物理系组织编写，参与本书编写的人员有：张薇（第一、二、三章），何跃娟和祁冬祥（第四、七、八章），吴亚敏和周锡生（第五、六、九、十章），陈国庆和王义翔（第十一章），卞宝安（第十二、十三章），朱云（第十四、十五章），全书由何跃娟、陈国庆进行统稿和审定。

本书中部分插图和习题参考了一些大学物理教材，在此对相关作者表示感谢！

由于编者水平有限，书中定有不当或错误之处，敬请读者不吝指正.

编　者

2015 年 11 月于无锡

目录

第一章 质点运动学 …………………………………………………………（ 1 ）
一、基本要求 ……………………………………………………………（ 1 ）
二、主要内容及例题 ……………………………………………………（ 1 ）
三、习题 …………………………………………………………………（ 4 ）
第二章 牛顿运动定律 ……………………………………………………（ 9 ）
一、基本要求 ……………………………………………………………（ 9 ）
二、主要内容及例题 ……………………………………………………（ 9 ）
三、习题 …………………………………………………………………（ 12 ）
第三章 动量守恒定律和能量守恒定律 …………………………………（ 16 ）
一、基本要求 ……………………………………………………………（ 16 ）
二、主要内容及例题 ……………………………………………………（ 16 ）
三、习题 …………………………………………………………………（ 21 ）
第四章 刚体的定轴转动 …………………………………………………（ 28 ）
一、基本要求 ……………………………………………………………（ 28 ）
二、主要内容及例题 ……………………………………………………（ 28 ）
三、习题 …………………………………………………………………（ 34 ）
第五章 静电场 ……………………………………………………………（ 42 ）
一、基本要求 ……………………………………………………………（ 42 ）
二、主要内容及例题 ……………………………………………………（ 42 ）
三、习题 …………………………………………………………………（ 47 ）

此为试读，需要完整PDF请访问： www.ertongbook.com

第六章　静电场中的导体与电介质 …………………………… (56)

一、基本要求 …………………………………………………… (56)
二、主要内容及例题 …………………………………………… (56)
三、习题 ………………………………………………………… (62)

第七章　恒定磁场 …………………………………………… (68)

一、基本要求 …………………………………………………… (68)
二、主要内容及例题 …………………………………………… (68)
三、习题 ………………………………………………………… (74)

第八章　电磁感应 …………………………………………… (85)

一、基本要求 …………………………………………………… (85)
二、主要内容及例题 …………………………………………… (85)
三、习题 ………………………………………………………… (93)

第九章　振动 ………………………………………………… (104)

一、基本要求 …………………………………………………… (104)
二、主要内容及例题 …………………………………………… (104)
三、习题 ………………………………………………………… (107)

第十章　波动 ………………………………………………… (112)

一、基本要求 …………………………………………………… (112)
二、主要内容及例题 …………………………………………… (112)
三、习题 ………………………………………………………… (115)

第十一章　光学 ……………………………………………… (121)

一、基本要求 …………………………………………………… (121)
二、主要内容及例题 …………………………………………… (121)
三、习题 ………………………………………………………… (130)

第十二章　气体动理论 ……………………………………… (144)

一、基本要求 …………………………………………………… (144)
二、主要内容及例题 …………………………………………… (144)

三、习题 …… (147)

第十三章 热力学基础 …… (151)

一、基本要求 …… (151)
二、主要内容及例题 …… (151)
三、习题 …… (157)

第十四章 相对论 …… (165)

一、基本要求 …… (165)
二、主要内容及例题 …… (165)
三、习题 …… (171)

第十五章 量子物理 …… (175)

一、基本要求 …… (175)
二、主要内容及例题 …… (175)
三、习题 …… (182)

《大学物理(上)》模拟试卷一 …… (189)
《大学物理(上)》模拟试卷二 …… (195)
《大学物理(下)》模拟试卷一 …… (202)
《大学物理(下)》模拟试卷二 …… (208)

参考答案 …… (213)

第一章

质点运动学

一、基本要求

1. 熟练掌握描述质点运动及运动变化的四个物理量——位置矢量、位移、速度和加速度. 理解这些物理量的矢量性、瞬时性和相对性.

2. 理解运动方程的物理意义及作用，能处理质点运动学两类问题：(1) 已知质点运动方程，确定质点的位置、位移、速度和加速度；(2) 已知质点运动的加速度和初始条件，求其速度和运动方程.

3. 熟练掌握曲线运动的自然坐标表示法. 能计算质点在平面内运动时的速度和加速度，以及质点做圆周运动时的角速度、角加速度、切向加速度和法向加速度.

4. 了解伽利略速度变换式.

二、主要内容及例题

（一）描述质点运动的四个物理量

1. 位置矢量 $\boldsymbol{r}$.

物体运动时，位置矢量随时间而改变. 在直角坐标系中，$\boldsymbol{r}=\boldsymbol{r}(t)=x(t)\boldsymbol{i}+y(t)\boldsymbol{j}+z(t)\boldsymbol{k}$，此式称为质点的运动方程，其分量式为

$$x=x(t)$$
$$y=y(t)$$
$$z=z(t)$$

从中消去时间参数 t，可得质点运动的轨迹方程.

2. 位移 $\Delta\boldsymbol{r}$.

$$\Delta\boldsymbol{r}=\boldsymbol{r}(t+\Delta t)-\boldsymbol{r}(t)=\Delta x\boldsymbol{i}+\Delta y\boldsymbol{j}+\Delta z\boldsymbol{k}$$

一般地，$|\Delta\boldsymbol{r}|\neq\Delta r$.

路程和位移不同，路程用 Δs 表示.

3. 速度 v.

平均速度 $\bar{v}=\dfrac{\Delta \boldsymbol{r}}{\Delta t}$；瞬时速度（简称速度）$v=\lim\limits_{\Delta t\to 0}\dfrac{\Delta \boldsymbol{r}}{\Delta t}=\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}$.

速度的大小即速率. 瞬时速率（简称速率）$v=|v|=\left|\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}\right|$，当 $\Delta t\to 0$，$\mathrm{d}r=\mathrm{d}s$，$v=\dfrac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}$.

4. 加速度 $\boldsymbol{a}$.

平均加速度 $\bar{\boldsymbol{a}}=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$；瞬时加速度（简称加速度）$\boldsymbol{a}=\lim\limits_{\Delta t\to 0}\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mathrm{d}^2\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t^2}$.

（二）质点运动学两类问题

1. 已知 $\boldsymbol{r}=\boldsymbol{r}(t)$，求质点的位置矢量、位移、速度和加速度——求导.

2. 已知 $\boldsymbol{a}(t)$ 和初始条件 $\boldsymbol{r}_0$ 和 v_0，求其速度和运动方程——积分.

（三）曲线运动的自然坐标表述、圆周运动

1. 切向加速度和法向加速度.

$$\boldsymbol{a}_t=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\boldsymbol{e}_t=\frac{\mathrm{d}^2 s}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{e}_t,\quad \boldsymbol{a}_n=\frac{v^2}{\rho}\boldsymbol{e}_n$$

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

对圆周运动，有

$$a_t=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t},\quad a_n=\frac{v^2}{R}$$

$$a=|\boldsymbol{a}|=\sqrt{a_n{}^2+a_t{}^2}=\sqrt{\left(\frac{v^2}{R}\right)^2+\left(\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\right)^2},\quad \tan\theta=\frac{a_n}{a_t}$$

2. 圆周运动的角量表示、线量和角量的关系.

角量：θ，$\omega=\dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}$，$\alpha=\dfrac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t}=\dfrac{\mathrm{d}^2\theta}{\mathrm{d}t^2}$.

线量和角量的关系：$v=R\omega$，$a_t=R\alpha$，$a_n=R\omega^2$.

【例 1-1】 已知一质点的运动方程为 $\boldsymbol{r}=at^2\boldsymbol{i}+bt^2\boldsymbol{j}$（其中 a、b 为常数），则该质点做何运动？式中 r 的单位为 m，t 的单位为 s.

解：因为 $v=\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}=2at\boldsymbol{i}+2bt\boldsymbol{j}$，与时间有关，故质点做变速运动；而 $\boldsymbol{a}=\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=2a\boldsymbol{i}+2b\boldsymbol{j}$，与时间无关，故质点做匀变速运动.

由质点的运动方程，可得相应的分量式：

$$x=at^2 \tag{1}$$

$$y=bt^2 \tag{2}$$

从上两式中消去时间 t，可得轨迹方程：$y=\dfrac{b}{a}x$，这表明质点在 xOy 平面上运动的轨迹是直线，故该质点做匀变速直线运动.

【例 1-2】 如图 1-1 所示.

(1) 对于在 xOy 平面内以原点 O 为圆心做匀速圆周运动的质点，试用半径 r、角速度 ω 和单位矢量 $\boldsymbol{i}$、$\boldsymbol{j}$ 表示其在 t 时刻的位置矢量. 已知在 $t=0$ 时，$y=0$，$x=r$，角速度 ω 如图 1-1 所示；

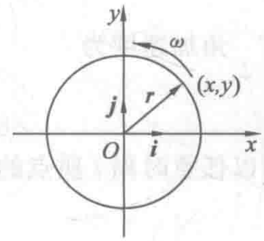

图 1-1

(2) 由(1)导出速度 v 与加速度 $\boldsymbol{a}$ 的矢量表示式；

(3) 试证加速度指向圆心.

解：(1)

$$\boldsymbol{r}=x\boldsymbol{i}+y\boldsymbol{j}=r\cos\omega t\,\boldsymbol{i}+r\sin\omega t\,\boldsymbol{j}$$

(2)

$$v=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}=-r\omega\sin\omega t\,\boldsymbol{i}+r\omega\cos\omega t\,\boldsymbol{j}$$

$$\boldsymbol{a}=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=-r\omega^2\cos\omega t\,\boldsymbol{i}-r\omega^2\sin\omega t\,\boldsymbol{j}$$

(3)

$$\boldsymbol{a}=-\omega^2(r\cos\omega t\,\boldsymbol{i}+r\sin\omega t\,\boldsymbol{j})=-\omega^2\boldsymbol{r}$$

这说明 $\boldsymbol{a}$ 与 $\boldsymbol{r}$ 方向相反，即 $\boldsymbol{a}$ 指向圆心.

【例 1-3】 一物体悬挂在弹簧上做竖直振动，其加速度 $a=-ky$，式中 k 为常量，y 是以平衡位置为原点所测得的坐标. 假定振动的物体在坐标 y_0 处的速度为 v_0，试求速度 v 与坐标 y 的函数关系式.

解：本题已知加速度和位置的关系，而要求速度与坐标的关系.

因此要做变量代换：

$$a=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}y}\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}=v\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}y}$$

又 $a=-ky$，故 $-ky=\dfrac{v\mathrm{d}v}{\mathrm{d}y}$. 分离变量，可得

$$-ky\mathrm{d}y=v\mathrm{d}v$$

对上式积分，并代入初始条件 $y=y_0$，$v=v_0$，有

$$-\int_{y_0}^{y}ky\,\mathrm{d}y=\int_{v_0}^{v}v\mathrm{d}v$$

解得

$$v^2={v_0}^2+k({y_0}^2-y^2)$$

【例 1-4】 一质点做半径 $R=0.1\ \mathrm{m}$ 的圆周运动，其角坐标 $\theta=2+4t^3\ \mathrm{rad}$.

(1) 求 $t=2\ \mathrm{s}$ 时质点的法向加速度和切向加速度；

(2) 当 t 为多少时，法向加速度和切向加速度的数值相等？

解：(1) 质点的角速度为

$$\omega=\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}=12t^2$$

角加速度为

$$\alpha=\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t}=24t$$

所以任意时刻 t 质点的 a_t 和 a_n 分别为

$$a_t=R\alpha=24Rt$$

$$a_n=R\omega^2=144Rt^4$$

当 $t=2$ s 时，切向加速度 $a_t=4.8\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$，法向加速度 $a_n\approx2.3\times10^2\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

(2) 当 $a_n=a_t$ 时，即 $144Rt^4=24Rt$，此时 $t^3=\dfrac{1}{6}$，解得 $t\approx0.55$ s.

三、习　题

(一) 选择题

1. 某质点做直线运动时的运动方程为 $x=3t-5t^3+6$ (SI 制)，则该质点做　　(　　)

(A) 匀加速直线运动，加速度沿 x 轴正方向

(B) 匀加速直线运动，加速度沿 x 轴负方向

(C) 变加速直线运动，加速度沿 x 轴正方向

(D) 变加速直线运动，加速度沿 x 轴负方向

2. 一质点做直线运动，某时刻的瞬时速度 $v=2\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$，瞬时加速度 $a=-2\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$，则 1 s 后质点的速度　　(　　)

(A) 等于零　　(B) 等于 $-2\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

(C) 等于 $2\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$　　(D) 不能确定

3. 如图 1-2 所示，湖中有一小船，有人用绳绕过岸上一定高度处的定滑轮拉湖中的船向岸边运动. 设该人以匀速率 v_0 收绳，设绳不伸长且湖水静止，则小船的运动是　　(　　)

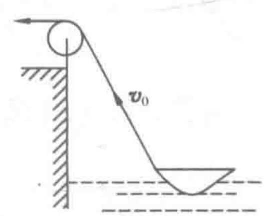

图 1-2

(A) 匀加速运动　　(B) 匀减速运动

(C) 变加速运动　　(D) 变减速运动

(E) 匀速直线运动

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

4. 一运动质点在某瞬时位于矢径 $\boldsymbol{r}(x,y)$的端点处，其速度大小为 (　　)

(A) $\dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}$　　(B) $\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}$

(C) $\dfrac{\mathrm{d}|\boldsymbol{r}|}{\mathrm{d}t}$　　(D) $\sqrt{\left(\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}\right)^2+\left(\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}\right)^2}$

5. 以下五种运动形式中，$\boldsymbol{a}$ 保持不变的运动是 (　　)

(A) 单摆的运动　　(B) 匀速率圆周运动

(C) 行星的椭圆轨道运动　　(D) 抛体运动

(E) 圆锥摆运动

6. 质点做曲线运动，$\boldsymbol{r}$ 表示位置矢量，v 表示速度，$\boldsymbol{a}$ 表示加速度，s 表示路程，a_t 表示切向加速度的大小，下列表达式中：

(1) $\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=a$；(2) $\dfrac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}=v$；(3) $\dfrac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}=v$；(4) $\left|\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{v}}{\mathrm{d}t}\right|=a_t$. (　　)

(A) 只有(1)、(4)是对的　　(B) 只有(2)、(4)是对的

(C) 只有(2)是对的　　(D) 只有(3)是对的

7. 下列说法正确的是 (　　)

(A) 一质点在某时刻的瞬时速度是 $2\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$，说明它在此后 1 s 内一定要经过 2 m 的路程

(B) 斜向上抛的物体，在最高点处的速度最小，加速度最大

(C) 物体做曲线运动时，有可能在某时刻的法向加速度为零

(D) 物体的加速度越大，则速度越大

8. 某物体的运动规律为$\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=-kv^2t$，式中 k 为大于零的常量. 当 $t=0$ 时，初速度为 v_0，则速度 v 与时间 t 的函数关系是 (　　)

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

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

9. 质点沿半径为 R 的圆周做匀速率运动，每间隔时间 T 转一圈，在 $2T$ 时间间隔中，其平均速度大小与平均速率大小分别为 (　　)

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

(C) $0,0$　　(D) $\dfrac{2\pi R}{T},0$

10. 下列说法正确的是 (　　)

(A) 加速度恒定不变时，物体运动方向也不变

(B) 平均速率等于平均速度的大小

(C) 不管加速度如何，平均速率表达式总可以写成（v_1、v_2 分别为初、末速率）$\bar{v}=\frac{v_1+v_2}{2}$

(D) 运动物体速率不变时，速度可以变化

11. 在相对地面静止的坐标系内，A、B 两船都以 2 m・s^{-1} 速率匀速行驶，A 船沿 x 轴正向，B 船沿 y 轴正向. 今在 A 船上设置与静止坐标系方向相同的坐标系（x、y 方向单位矢量用 $\boldsymbol{i}$、$\boldsymbol{j}$ 表示），那么在 A 船上的坐标系中，B 船的速度（以 m・s^{-1}为单位）为　　（　　）

(A) $2\boldsymbol{i}+2\boldsymbol{j}$　　(B) $-2\boldsymbol{i}+2\boldsymbol{j}$

(C) $-2\boldsymbol{i}-2\boldsymbol{j}$　　(D) $2\boldsymbol{i}-2\boldsymbol{j}$

12. 一飞机相对空气的速度大小为 200 km・h^{-1}，风速为 56 km・h^{-1}，方向从西向东. 地面雷达站测得飞机的速度大小为 192 km・h^{-1}，其方向是　　（　　）

(A) 南偏西 16.3°　　(B) 北偏东 16.3°

(C) 向正南或向正北　　(D) 西偏北 16.3°

(E) 东偏南 16.3°

（二）填空题

1. 在表达式 $v=\lim\limits_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta \boldsymbol{r}}{\Delta t}$ 中，位置矢量是________，位移矢量是________.

2. 一质点在 xOy 平面内运动，其运动方程为 $x=2t$ 和 $y=19-2t^2$（SI 制），则在第 2 s 内质点的平均速度大小 $|\bar{\boldsymbol{v}}|=$________，2 s 末的瞬时速度大小 $v_2=$________；该质点的轨迹方程为__________.

3. 一质点沿直线运动，其运动方程为 $x=6t-t^2$（SI 制），则 t 在 0～4 s 的时间间隔内质点的位移大小为__________，质点走过的路程为________.

4. 一质点沿 x 轴方向运动，其加速度随时间的变化关系为 $a=3+2t$（SI 制），如果初始时质点的速率 v_0 为 5 m・s^{-1}，则当 $t=3$ s 时，质点的速度为________.

5. 如图 1-3 所示，一质点从 O 点出发以匀速率 1 cm・s^{-1} 做顺时针转向的圆周运动，圆的半径为 1 m. 当它走过 2/3 圆周时，走过的路程是____________，这段时间内的平均速度大小为____________，方向为____________.

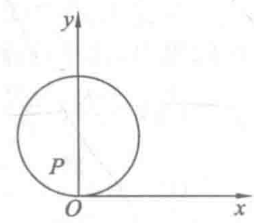

图 1-3

6. 质点在重力场中做斜上抛运动，初速度的大小为 v_0，与水平方向成 α 角. 则质点到达抛出点的同一高度时的切向加速度为______________，法向加速度为

________________，该时刻质点所在处轨迹的曲率半径为________________（忽略空气阻力）.

7. 灯距地面高度为 h_1，一个人身高为 h_2，在灯下以匀速率 v 沿水平直线行走，如图 1-4 所示. 他的头顶在地上的影子 M 点沿地面移动的速度大小为 $v_M=$________.

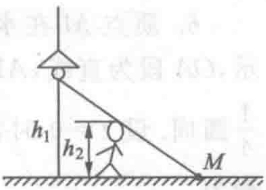

图 1-4

8. 一质点做半径为 0.1 m 的圆周运动，其角位置的运动方程为 $\theta=\frac{\pi}{4}+\frac{1}{2}t^2$（SI 制），则其切向加速度为 $a_t=$______________.

9. 飞轮做加速运动时，轮边缘上一点的运动方程为 $s=0.1t^3$（SI 制）. 飞轮半径为 2 m. 当此点的速率 $v=30\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ 时，其切向加速度为________，法向加速度为________.

（三）计算及证明题

1. 有一质点沿 x 轴做直线运动，t 时刻的坐标为 $x=4.5t^2-2t^3$（SI 制）. 试求：

(1) 第 2 s 内的平均速度；

(2) 第 2 s 末的瞬时速度；

(3) 第 2 s 内的路程.

2. 一质点沿 x 轴运动，其加速度 a 与位置坐标 x 的关系为

$$a=2+6x^2 \quad \text{(SI 制)}$$

如果质点在原点处的速度为零，试求其在任意位置处的速度.

3. 一质点从静止开始做直线运动，开始时加速度为 a_0，此后加速度随时间均匀增加，经过时间 τ 后，加速度为 $2a_0$，经过时间 2τ 后，加速度为 $3a_0$……求经过时间 $n\tau$ 后，该质点的速度和走过的距离.

4. 一艘正在沿直线行驶的电艇，在发动机关闭后，其加速度方向与速度方向相反，大小与速度的平方成正比，即 $\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=-kv^2$，式中 k 为常量. 试证明：电艇在关闭发动机后又行驶了 x 距离时的速度为 $v=v_0\mathrm{e}^{-kx}$，其中 v_0 是发动机关闭时的速度.

5. 一质点沿半径为 R 的圆周运动，质点所经过的弧长与时间的关系为 $s=bt-\frac{1}{2}ct^2$，其中 b、c 是大于零的常量. 求从 $t=0$ 开始到质点的切向加速度与法向加速度大小首次相等时所经历的时间.

6. 质点 M 在水平面内的运动轨迹如图 1-5 所示，OA 段为直线，AB、BC 段分别为不同半径的两个 $\frac{1}{4}$ 圆周. 设 $t=0$ 时，M 在 O 点，已知质点的运动方程为

$$s=30t+5t^2 \quad (\text{SI 制})$$

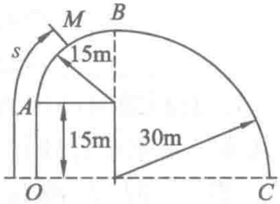

图 1-5

求 $t=2$ s 时刻，质点 M 的切向加速度和法向加速度.

7. 如图 1-6 所示，质点 P 在水平面内沿一半径 $R=2$ m 的圆轨道转动. 转动的角速度 ω 与时间 t 的函数关系为 $\omega=kt^2$（k 为常量）. 已知 $t=2$ s 时质点 P 的速度为 32 m·s^{-1}. 试求 $t=1$ s 时质点 P 的速度与加速度的大小.

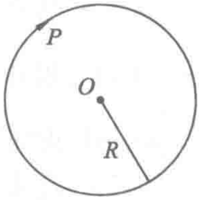

图 1-6

*8. 一张致密光盘（CD）音轨区域的内半径 $R_1=2.2$ cm，外半径 $R_2=5.6$ cm，径向音轨密度 $n=650$ 条/mm. 在 CD 唱机内，光盘每转一圈，激光头沿径向向外移动一条音轨，激光束以 $v=1.3$ m·s^{-1} 的恒定线速度运动. 问：

(1) 这张光盘的全部放音时间是多少？

(2) 激光束到达离盘心 $r=2.6$ cm 处时，光盘转动的角速度和角加速度各是多少？

第二章

牛顿运动定律

一、基本要求

1. 了解几种常见的力:重力、弹性力和摩擦力,掌握力的分析方法.

2. 熟练掌握利用牛顿运动定律分析问题的基本思路和研究方法,能应用微积分知识、牛顿运动定律求解一维变力作用下的简单动力学问题.

3. 了解惯性参照系及非惯性参照系的定义,正确理解力的概念.

二、主要内容及例题

(一) 牛顿运动定律

第一定律:引出了惯性和力的概念以及惯性参照系的定义.如果牛顿第一定律在某个参照系中适用,则这个参照系成为惯性参照系,简称惯性系.

第二定律:

$$\boldsymbol{F}=\frac{\mathrm{d}\boldsymbol{p}}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}(m\boldsymbol{v})}{\mathrm{d}t}$$

当质点低速($v\ll c$)运动时,其质量可看做常量时,上式可写为

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

式中 $\boldsymbol{F}$ 为合外力,$\boldsymbol{a}$ 的方向与 $\boldsymbol{F}$ 的方向一致. $\boldsymbol{F}$ 与 $\boldsymbol{a}$ 的关系为瞬时关系,即当合外力一旦撤去或为零时,加速度也就立即消失.

在直角坐标系中,它在 Ox、Oy、Oz 三个方向上的投影式为

$$F_x=m\frac{\mathrm{d}v_x}{\mathrm{d}t}=ma_x$$

$$F_y=m\frac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}=ma_y$$

$$F_z=m\frac{\mathrm{d}v_z}{\mathrm{d}t}=ma_z$$

在自然坐标系中，它在切线和法线方向的投影式为

$$F_t = ma_t = m\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$$

$$F_n = ma_n = m\frac{v^2}{\rho}$$

第三定律：

$$\boldsymbol{F}_{12} = -\boldsymbol{F}_{21}$$

必须明确：牛顿运动定律只适用于质点或可视为质点的物体，且研究对象的质量不会随着运动而明显变化.

（二）力学中常见的几种力

1. 万有引力（含重力）：

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

2. 弹性力包含以下几类：

压力：物体间相互挤压而引起的弹性力，它垂直于接触面作用.

张力：绳子两端受到力的作用被拉紧后，由于发生拉伸形变所引起的张力.

弹簧的弹力：弹簧被拉伸或压缩时产生的弹性力 $F=-kx$.

3. 摩擦力：包括滑动摩擦力 $f=\mu N$ 和静摩擦力 $f_{\max}=\mu_0 N$.

（三）应用牛顿运动定律解题思路

力学中常见的动力学问题：已知作用于质点的力，求质点的运动. 在这类问题中，已知的作用力可能是恒力，也可能是变力. 当物体受的力为变力时，应利用微积分知识解题.

说明：牛顿运动定律只适用于质点，若涉及两个或两个以上质点的运动时，应采用“隔离体法”对各个物体进行受力分析，而后逐个分别运用牛顿第二定律. 在用“隔离体法”解题时，大致可按下列步骤进行：

a. 根据题意和需求，有目的地选一个或几个物体作为研究对象；

b. 选定可以作为惯性系的参照系，并建立合适的坐标系；

c. 用“隔离体法”分析各物体的受力情况，画受力图，并标示出其运动情况；

d. 按牛顿第二定律列出质点运动方程（矢量式），或写出它沿各坐标轴的分量式；

e. 解出所需结果，必要时对所求结果进行讨论.

【例 2-1】 质量为 m 的雨滴下降时，因受空气阻力作用，在落地前的瞬间做匀速运动，其速率 $v_0=5.0\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$. 设空气阻力的大小与雨滴速率的平方成正比. 问：当雨滴下降速率 $v=4.0\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ 时，其加速度 a 多大？

此为试读，需要完整PDF请访问： www.ertongbook.com