物理学习者的"胜经"
WULI XUEXIZHE DE SHENGJING

晓春物理
XIAOCHUN WULI

# 大学物理
# 解题一本通

JIETI YIBENTONG

24

- 结构简明　使用方便
- 紧扣大纲　难度适中
- 详细解答　掌握题型

钟晓春　编

电子科技大学出版社

# 大 学 物 理

# 解题一本通

钟晓春　编

电子科技大学出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

大学物理解题一本通/钟晓春编. —成都:电子科技大学出版社，2004.6

ISBN 7-81094-519-X

Ⅰ.大... Ⅱ.钟... Ⅲ.物理学 — 高等学校—解题
Ⅳ.04-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 050822 号

## 内 容 提 要

本书是大学物理教学同步配套用书(本书为教师参考用书,题卷部分另印分册),训练题套数与授课学时及内容完全匹配,共24套(上、下二学期),每套精选含有重要概念、规律及方法的代表型题目,覆盖各知识点及考点,题型由三部分常考的基本题型组成:选择、填空、计算。每一道题均有详细解答,有利于学习中分清主次、抓住要点、有的放矢、高效率地掌握物理知识。

本书可作为高等院校物理课程的作业题、单元测验题,亦可作为学生课后同步练习,适用于本科生、专科生、自考生、函授生及网络教育学员等使用,还可用作考研参考书。

# 大 学 物 理
# 解题一本通
钟晓春 编

出　　版：电子科技大学出版社　（成都建设北路二段四号，邮编：610054）
策划编辑：郭　庆
责任编辑：周元勋
发　　行：新华书店
印　　刷：电子科技大学出版社印刷厂
开　　本：787mm×1092mm　1/16　　印张　9.125　　字数　222 千字
版　　次：2004 年 6 月第一版
印　　次：2004 年 6 月第一次印刷
书　　号：ISBN 7-81094-519-X/O·23
印　　数：1—4000 册
定　　价：12.00 元

# 前　言

大学物理是理工科学生的一门基础课，大学物理教学进度快、重复少，课后练习是对知识的吸收、消化的重要环节，面对大量的书籍及厚厚的习题集，许多学生无所适从，滋生强烈的畏难情绪，物理课因此成了许多学生完成学业的重要障碍。

作者在长期的大学物理教学中，融合多年积累的教学经验，针对各部分内容的重要概念、规律及典型方法，精选出这本物理练习题，共24套（上、下二学期），每套均含三个基本常见题型：选择题、填空题、计算题。

本书为教师参考用书（含题解），题卷部分有另印分册。

作者编写本书的几点指导思想为：

(1)按基本要求将含有重要概念、规律、方法，易错、易混淆及易考的问题精选出来，覆盖各类知识点及考点，并对每一问题做出了详细解答。使学习中少走弯路、节约时间、提高学习效率，事半功倍地掌握好物理知识。

(2)突出大学物理的要求，如矢量运算、微积分思想等，不再大力训练高中练习较强的部分，如牛顿运动定律等。以便训练学生的高级思维及实际科研能力。

(3)按每学期行课16周计，使用12套同步练习题在教学进度编排上份量适中、易于完成。每部分教学内容的练习题套数与实际教学学时相配合，即授课学时越多的章节，对应的练习题套数相应越多。从而使练习题与教学时间、教学内容完全同步。

(4)“*”号题较困难一些，自考、大专、函授及网络教育学员可不做。

介于上述指导思想，本书有广泛的使用价值，既可为老师用作作业来布置或用作单元测验等，也可为学习本课程的本科生、自考生、大专生、函授生及网络教育学员等使用。

学生通过练习不多的题目，掌握知识的重点、难点、考点以及解题方法等等，最终顺利完成大学物理课程的学习任务。

在本书的编写过程中，得到了张世昌教授的大力支持，本校物理系老师荣健教授、张星辉、梁晓萍、刘运林等副教授参加了本书的基础性工作，在此表示衷心感谢！

本书中不妥之处，还望使用本书的读者批评指正。

编　者

2004年3月

# 目　　录

# No. 1　　质点运动学与牛顿运动定律

## 一、选择题

[　]1. 一小球沿斜面向上运动，其运动方程为 $S=5+4t-t^2$ (SI)，则小球运动到最高点的时刻是：

(A) $t=4\text{s}$；　(B) $t=2\text{s}$；　(C) $t=8\text{s}$；　(D) $t=5\text{s}$。

**解：** $v=\dfrac{\mathrm{d}S}{\mathrm{d}t}=4-2t$。当小球运动到最高点时 $v=0$，即 $4-2t=0$，$t=2\text{s}$。

故选(B)。

[　]2. 质点作半径为 $R$ 的变速圆周运动时的加速度大小为($v$ 表示任一时刻质点的速率)：

(A) $\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$；　(B) $\dfrac{v^2}{R}$；

(C) $\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}+\dfrac{v^2}{R}$；　(D) $\left[\left(\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\right)^2+\left(\dfrac{v^4}{R^2}\right)\right]^{1/2}$。

**解：** $a_t=\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$，$a_n=\dfrac{v^2}{R}$

$$\therefore\quad a=\sqrt{a_t^2+a_n^2}=\left[\left(\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\right)^2+\left(\frac{v^4}{R^2}\right)\right]^{1/2}$$

故选(D)。

[　]3. 一质点在平面上作一般曲线运动，其瞬时速度为$\boldsymbol{v}$，瞬时速率为 $v$，某一段时间内的平均速度为 $\bar{\boldsymbol{u}}$，平均速率为 $\bar{u}$，它们之间的关系必定有：

(A) $|\boldsymbol{v}|=v, |\bar{\boldsymbol{u}}|=\bar{u}$；　(B) $|\boldsymbol{v}|\neq v, |\bar{\boldsymbol{u}}|=\bar{u}$；

(C) $|\boldsymbol{v}|\neq v, |\bar{\boldsymbol{u}}|\neq\bar{u}$；　(D) $|\boldsymbol{v}|=v, |\bar{\boldsymbol{u}}|\neq\bar{u}$。

**解：** $\because\quad \boldsymbol{v}=\dfrac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t}, v=\dfrac{\mathrm{d}S}{\mathrm{d}t}$　且 $|\mathrm{d}\boldsymbol{r}|=\mathrm{d}S$

$\therefore\quad |\boldsymbol{v}|=v$

$\because\quad \bar{\boldsymbol{u}}=\dfrac{\Delta\boldsymbol{r}}{\Delta t}, \bar{u}=\dfrac{\Delta S}{\Delta t}$　且 $|\Delta\boldsymbol{r}|\neq\Delta S$

$\therefore\quad |\bar{\boldsymbol{u}}|\neq\bar{u}$

故选(D)。

[ ]4. 某物体的运动规律为 $dv/dt = -kv^2t$,式中的 $k$ 为大于零的常数,当 $t=0$ 时,初速为 $v_0$,则速度 $v$ 与时间 $t$ 的函数关系是:

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

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

**解:** $\because \quad \frac{dv}{dt}=-kv^2t$,分离变量

$$\therefore \quad \int_{v_0}^{v}-\frac{dv}{v^2}=\int_0^t kt\,dt$$

$$\therefore \quad \frac{1}{v}-\frac{1}{v_0}=\frac{1}{2}kt^2,\ \frac{1}{v}=\frac{1}{2}kt^2+\frac{1}{v_0}。$$

故选(C)。

[ ]5. 在相对地面静止的坐标系内,$A$、$B$ 二船都以 2m/s 的速率匀速行驶,$A$ 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 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) $2\boldsymbol{i}-2\boldsymbol{j}$。

**解:** $\because \quad \boldsymbol{v}_{A地}=2\boldsymbol{i},\boldsymbol{v}_{B地}=2\boldsymbol{j}$

$$\therefore \quad \boldsymbol{v}_{BA}=\boldsymbol{v}_{B地}+\boldsymbol{v}_{地A}=\boldsymbol{v}_{B地}-\boldsymbol{v}_{A地}$$
$$=2\boldsymbol{j}-2\boldsymbol{i}=-2\boldsymbol{i}+2\boldsymbol{j}$$

故选(B)。

[ ]6. 下列说法哪一条正确?

(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:

$\bar{v}=(v_1+v_2)/2$

(D) 运动物体速率不变时,速度可以变化。

**解:** $\boldsymbol{a}$ 恒定不变时,运动方向可能改变(如抛体运动),∴(A)错。

$\because \bar{v}=\frac{\Delta S}{\Delta t},\bar{\boldsymbol{v}}=\frac{\Delta \boldsymbol{r}}{\Delta t},|\Delta \boldsymbol{r}|\neq \Delta S$,∴(B)错。

$\bar{v}=\frac{v_1+v_2}{2}$ 只有在匀变速直线运动中成立,∴(C)错。

$\boldsymbol{v}$ 是矢量,大小不变时,方向仍可变化,∴(D)正确。

故选(D)。

## 二、填空题

1. 一质点在 $xy$ 平面上运动,运动函数为 $x=2t, y=19-2t^2$。则 $t=2\text{s}$ 时质点的加速度为 $\boldsymbol{a}=$ ________。

**解**: $\boldsymbol{a}=\dfrac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{i}+\dfrac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}t^2}\boldsymbol{j}=-4\boldsymbol{j}$

2. 一质点从静止出发,沿半径 $R=3.0\text{m}$ 的圆作圆周运动,切向加速度大小始终为 $a_\tau=3.0\ \text{m/s}^2$,当总加速度与半径成 45°角时,所经过的时间为 ________ s,在上述时间内质点经过的路程为 ________ m。

**解**: 当 $\theta=45°$时, $a_n=a_\tau=\dfrac{v^2}{R}$ $\quad\therefore v=3\text{m/s}$,

$\because a_\tau=$常数, $\therefore v=a_\tau t$ $\quad$ 得 $t=1\text{s}$

$\because v=\dfrac{\mathrm{d}S}{\mathrm{d}t}=a_\tau t$, $\quad\therefore S=\dfrac{1}{2}a_\tau t^2=1.5\text{m}$

3. 在下列曲线运动中,已标出了初、末位置矢量 $\boldsymbol{r}(t)$、$\boldsymbol{r}(t+\Delta t)$ 及速度矢量 $\boldsymbol{v}(t)$、$\boldsymbol{v}(t+\Delta t)$,试在图 1.1 中分别标明 $\Delta\boldsymbol{r}$、$\Delta r$ 及 $\Delta\boldsymbol{v}$、$\Delta v$。

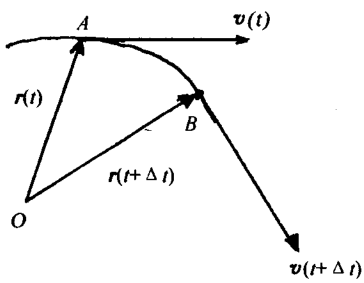
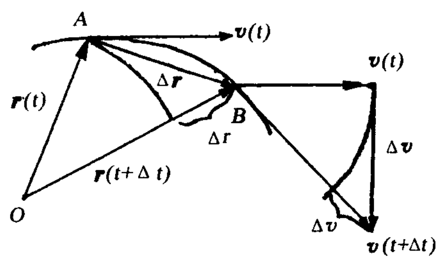



图 1.1

**解**:




题解图 1.1

4. 飞机 $A$ 以 $v_A=1\,000\text{km/h}$ 的速率(相对地面)向南飞行,同时另一架飞机 $B$ 以 $v_B=800\text{km/h}$ 的速率(相对地面)向东偏南 30°角方向飞行。则 $A$ 机相对于 $B$ 机的速度为 ______。

**解**: 从矢量图(图 1.2)看出:

$$v_{AB}=\sqrt{v_A^2+v_B^2-2v_Av_B\cos60°}$$
$$=\sqrt{(1\,000)^2+(800)^2-2\times1\,000\times800\times\cos60°}$$
$$=917\ \text{km/h}$$

$$\beta=\arccos\frac{v_B\cos\alpha}{v_{AB}}=\arccos\frac{800\times0.866}{917}=40°56'\text{(西偏南)}$$

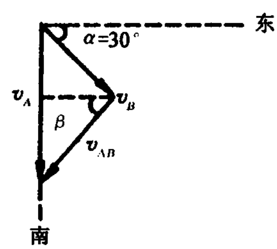



图 1.2

5. 如图 1.3 所示,路灯离地面高度为 $H$,一个身高为 $h$ 的人,在灯下水平路面上以匀速度 $v_0$ 步行。当人与灯的水平距离为 $x$ 时,他的头顶在地面上的影子移动的速度大小为

________。

**解**：以过灯的垂线与水平面的交点为原点建立坐标，如图 1.3 所示，设头顶影子的速度为 $v$，按速度定义有：

$$v=\frac{\mathrm{d}(x+x')}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}+\frac{\mathrm{d}x'}{\mathrm{d}t}=v_0+\frac{\mathrm{d}x'}{\mathrm{d}t}$$

由 $\frac{H}{x+x'}=\frac{h}{x'}$ 得：

$$x'=\frac{hx}{H-h}$$

于是 $\frac{\mathrm{d}x'}{\mathrm{d}t}=\frac{h}{H-h}\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}=\frac{h}{H-h}v_0$，故

$$v=v_0+\frac{hv_0}{H-h}=\frac{H}{H-h}v_0$$

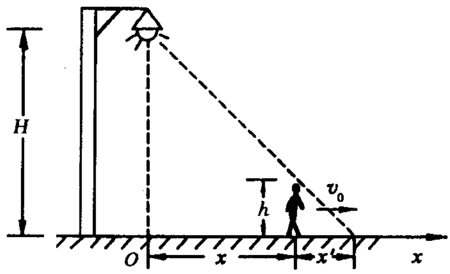



图 1.3

## 三、计算题

1. 一飞机驾驶员想往正北方向航行，而风以 60km/h 的速度由东向西刮来，如果飞机的航速（在静止空气中的速度）为 180km/h，请问驾驶员应取什么航向？飞机相对于地面的速率为多少？试用矢量图说明。

**解**：设下标 $A$ 指飞机，$F$ 指空气，$E$ 指地面，由题可知：

$v_{FE}=60\text{km/h}$　正西方向

$v_{AF}=180\text{km/h}$　方向未知

$v_{AE}$大小未知，正北方向

由速度合成定理有：

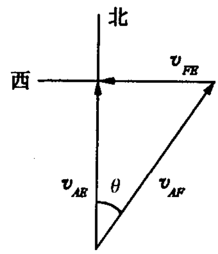
$\boldsymbol{v}_{AE}=\boldsymbol{v}_{AF}+\boldsymbol{v}_{FE}$

$\boldsymbol{v}_{AE}$、$\boldsymbol{v}_{AF}$、$\boldsymbol{v}_{FE}$构成直角三角形（见题解图 1.2），可得：

$|\boldsymbol{v}_{AE}|=\sqrt{(\boldsymbol{v}_{AF})^2-(\boldsymbol{v}_{FE})^2}=170\text{km/h}$

$\theta=\arctan\left(\frac{v_{FE}}{v_{AE}}\right)=19.4°$

（飞机应取北偏东 19.4°的航向）。




题解图 1.2

2. 如图 1.4 所示，在离水面高度为 $h$ 的岸边上，有人用绳子拉船靠岸，收绳的速度恒为 $v_0$，求船在离岸边的距离为 $S$ 时的速度和加速度。

**解**：以 $l$ 表示从船到定滑轮的绳长，则 $v_0=-\mathrm{d}l/\mathrm{d}t$，由图 1.4 可知：

$$S=\sqrt{l^2-h^2}$$

于是得船的速度为：

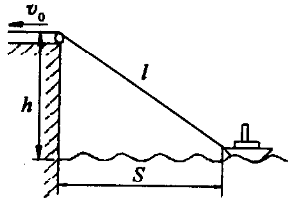



图 1.4

$$v=\frac{\mathrm{d}S}{\mathrm{d}t}=\frac{1}{\sqrt{l^2-h^2}}\frac{\mathrm{d}l}{\mathrm{d}t}=-\frac{\sqrt{S^2+h^2}}{S}v_0$$

负号表示船在水面上向岸靠近。

船的加速度为：

$$a=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}=-\left[\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}l}\left(\frac{l}{\sqrt{l^2-h^2}}\right)v_0\right]\frac{\mathrm{d}l}{\mathrm{d}t}=-\frac{h^2v_0^2}{S^3}$$

负号表示 $a$ 的方向指向岸边，因而船向岸边加速运动。

*3. 一张致密光盘(CD)音轨区域的内半径 $R_1=2.2\mathrm{cm}$，外半径为 $R_2=5.6\mathrm{cm}$(如图 1.5所示)，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，激光束相对光盘是以 $v=1.3\mathrm{m/s}$ 的恒定线速度运动的。

(1) 这张光盘的全部放音时间是多少？

(2) 激光束到达离盘心 $R=5.0\mathrm{cm}$ 处时，光盘转动的角速度和角加速度各是多少？

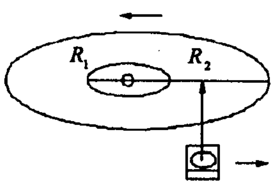
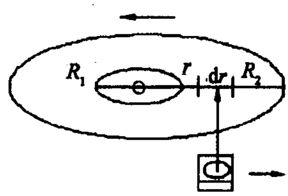



图 1.5




题解图 1.3

**解：** (1) 以 $r$ 表示激光束打到音轨上的点对光盘中心的矢径大小(如题解图 1.3 所示)，则在 $\mathrm{d}r$ 宽度内的音轨长度为 $2\pi rN\mathrm{d}r$。激光束划过这样长的音轨所用的时间为 $\mathrm{d}t=2\pi rN\mathrm{d}r/v$。由此得光盘的全部放音时间为：

$$T=\int\mathrm{d}t=\int_{R_1}^{R_2}\frac{2\pi rN\mathrm{d}r}{v}=\frac{\pi N}{v}(R_2^2-R_1^2)$$

$$=\frac{\pi\times650\times10^3\times(0.056^2-0.022^2)}{1.3}$$

$$=4.16\times10^3\mathrm{s}=69.4\ \mathrm{min}$$

(2) 所求角速度为：

$$\omega=\frac{v}{r}=\frac{1.3}{0.05}=26\ \mathrm{rad/s}$$

所求角加速度为：

$$\beta=\frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}t}=-\frac{v}{r^2}\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}=-\frac{v}{r^2}\frac{v}{2\pi rN}=-\frac{v^2}{2\pi Nr^3}$$

$$=-\frac{1.3^2}{2\pi\times650\times10^3\times0.05^3}=-3.31\times10^{-3}\ \mathrm{rad/s^2}$$

4. 如图 1.6 所示，一条轻绳跨过摩擦可被忽略的轻滑轮，在绳的一端挂一质量为 $m_1$ 的物体，在另一侧有一质量为 $m_2$ 的环，求当环相对于绳以恒定的加速度 $a_2$ 沿绳向下滑动时，

物体和环相对地面的加速度各是多少？环与绳间的摩擦力有多大？

**解：** 因绳子质量不计，所以环受到的摩擦力在数值上等于绳子张力 $T$。设 $m_2$ 相对地面的加速度为 $a'_2$，取向上为正；$m_1$ 相对地面的加速度为 $a_1$（即绳子的加速度），取向下为正。

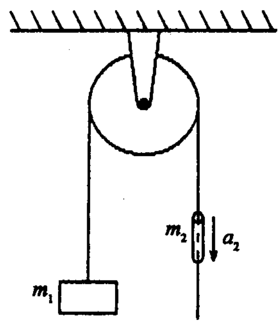


图 1.6

$$m_1g - T = m_1a_1$$
$$T - m_2g = m_2a'_2$$
$$a'_2 = a_1 - a_2$$

解得：

$$a_1 = \frac{(m_1 - m_2)g + m_2a_2}{m_1 + m_2}$$
$$T = \frac{(2g - a_2)m_1m_2}{m_1 + m_2}$$
$$a'_2 = \frac{(m_1 - m_2)g - m_1a_2}{m_1 + m_2}$$

# No. 2　　动量与角动量

## 一、选择题

[　]1. $A$、$B$ 两木块质量分别为 $m_A$ 和 $m_B$，且 $m_B=2m_A$，两者用一轻弹簧连接后静止于光滑水平桌面上，如图 2.1 所示，若用外力将两木块压近使弹簧被压缩，然后将外力撤去，则此后两木块运动动能之比 $E_{KA}/E_{KB}$ 为：

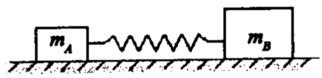



图　2.1

(A) $\frac{1}{2}$;　　(B) 2;

(C) $\sqrt{2}$;　　(D) $\frac{\sqrt{2}}{2}$。

**解**：以 $m_A$、$m_B$ 及弹簧为研究对象，系统所受合外力为零，由动量守恒有：

$$m_A\boldsymbol{v}_A + m_B\boldsymbol{v}_B = 0$$

分量式为 $m_Av_A - m_Bv_B = 0$

$$\therefore \quad \frac{v_A}{v_B}=\frac{m_B}{m_A}=2$$

$$\therefore \quad \frac{E_{KA}}{E_{KB}}=\frac{\frac{1}{2}m_Av_A^2}{\frac{1}{2}m_Bv_B^2}=\frac{m_A}{m_B}\left(\frac{v_A}{v_B}\right)^2=\frac{1}{2}\times 2^2=2$$

故选(B)。

[　] 2. 粒子 $B$ 的质量是粒子 $A$ 的质量的 4 倍，开始时粒子 $A$ 的速度为 $(3\boldsymbol{i}+4\boldsymbol{j})$，粒子 $B$ 的速度为 $(2\boldsymbol{i}-7\boldsymbol{j})$，由于两者的相互作用，粒子 $A$ 的速度变为 $(7\boldsymbol{i}-4\boldsymbol{j})$，此时粒子 $B$ 的速度等于

(A) $\boldsymbol{i}-5\boldsymbol{j}$;　　(B) $2\boldsymbol{i}-7\boldsymbol{j}$;

(C) 0;　　(D) $5\boldsymbol{i}-3\boldsymbol{j}$。

**解**：以两个粒子为研究对象，无外力作用，动量守恒，即：

$$m_A(3\boldsymbol{i}+4\boldsymbol{j}) + m_B(2\boldsymbol{i}-7\boldsymbol{j}) = m_A(7\boldsymbol{i}-4\boldsymbol{j}) + m_B\boldsymbol{v}_B$$

$$\therefore \quad 3\boldsymbol{i}+4\boldsymbol{j}+\frac{m_B}{m_A}(2\boldsymbol{i}-7\boldsymbol{j})=7\boldsymbol{i}-4\boldsymbol{j}+\frac{m_B}{m_A}\boldsymbol{v}_B$$

将 $\frac{m_B}{m_A}=4$ 代入，得 $\boldsymbol{v}_B=\boldsymbol{i}-5\boldsymbol{j}$。

故选(A)。

[　] 3. 质量为 20g 的子弹，以 400m/s 的速率沿图 2.2 所示方向射入一原来静止的质量为 980g 的摆球中，摆线长度不可伸缩。子弹射入后与摆球一起运动的速率为：

(A) 4m/s;　　　(B) 8m/s;

(C) 2m/s;　　　(D) 7m/s。

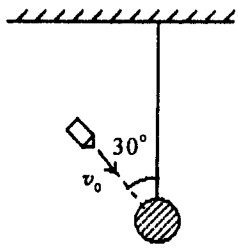



图 2.2

**解**：以子弹和摆球为系统，水平方向所受合外力为零。由水平方向的动量守恒得：

$$mv_0\sin30° = (m+M)v$$

$$v = \frac{mv_0\sin30°}{m+M} = \frac{0.02\times400\times0.5}{0.02+0.98} = 4\ \mathrm{m/s}$$

故选(A)。

[　] 4. 如图 2.3 所示，圆锥摆的摆球质量为 $m$，速率为 $v$，圆半径为 $R$，当摆球在轨道上运动半周时，摆球所受重力冲量的大小为：

(A) $2mv$;

(B) $\sqrt{(2mv)^2+(mg\pi R/v)^2}$;

(C) $\frac{\pi Rmg}{v}$;

(D) 0。

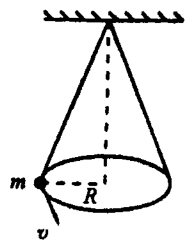



图 2.3

**解**：重力为一恒力，根据冲量的定义，重力在 $\Delta t = t_2 - t_1$ 时间内的冲量为：

$$\boldsymbol{I} = \int_{t_1}^{t_2}\boldsymbol{P}\mathrm{d}t = mg\Delta t$$

摆球以速率 $v$ 在轨道上运动半周，所需时间为：

$$\Delta t = \frac{\pi R}{v}$$

所以，在这段时间内，重力冲量的大小为：

$$I = mg\Delta t = \frac{mg\pi R}{v}$$

故选(C)。

[　] 5. 一质点作匀速率圆周运动时：

(A) 它的动量不变，对圆心的角动量也不变；

(B) 它的动量不变，对圆心的角动量不断改变；

(C) 它的动量不断改变，对圆心的角动量不变；

(D) 它的动量不断改变，对圆心的角动量也不断改变。

**解**：∵ 动量是矢量，质点作匀速率圆周运动时，速度方向不断变化。

∴ 动量在不断变化。

又∵ 角动量为 $\boldsymbol{r}\times m\boldsymbol{v}$，由叉乘定义可知，角动量的大小、方向均不变。

故选(C)。

[　] 6. 已知地球的质量为 $m$，太阳的质量为 $M$，地心与日心的距离为 $R$，引力常数为 $G$，则地球绕太阳作圆周运动的轨道角动量为：

(A) $m\sqrt{GMR}$；　(B) $\sqrt{\dfrac{GMm}{R}}$；　(C) $Mm\sqrt{\dfrac{G}{R}}$；　(D) $\sqrt{\dfrac{GMm}{2R}}$。

**解**：设地球绕日运动的速率为 $v$，由万有引力定律及牛顿运动定律：

$$G\frac{mM}{R^2} = m\frac{v^2}{R}$$

可得：

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}},\quad mvR = m\sqrt{GMR}$$

故选(A)。

## 二、填空题

1. 一小球在弹簧的作用下做振动(如图 2.4 所示)，弹力 $F = -kx$，而位移 $x = A\cos\omega t$，其中，$k$、$A$、$\omega$ 都是常量。则在 $t=0$ 到 $t=\pi/(2\omega)$ 的时间间隔内弹力施于小球的冲量为________。

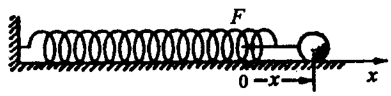



图 2.4

**解**：所求冲量为：

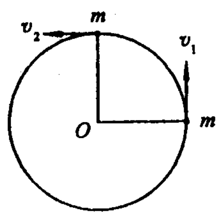
$$I = \int_0^{\pi/(2\omega)} F\mathrm{d}t = -k\int_0^{\pi/(2\omega)} A\cos\omega t\mathrm{d}t = -\frac{kA}{\omega}$$

负号表示此冲量的方向与 $x$ 轴方向相反。

2. 一个质量 $m=50\text{g}$，以速率 $v=20\text{m/s}$ 作匀速圆周运动的小球，在1/4周期内向心力加给它的冲量为________。

**解**：如题解图 2.1 所示，$v_1=v_2=v$，则：

$$I = |mv_2 - mv_1| = \sqrt{2}mv$$
$$= \sqrt{2}\times 0.05\times 20 = 1.41\ \text{N}\cdot\text{s}$$




题解图 2.1

3. 自动步枪连发时每分钟射出 120 发子弹，每颗子弹的质量为 $m=7.90\text{g}$，出口速率为 $735\text{m/s}$。射击时(以分钟计)枪托对肩部的平均压力为________。

**解**：$F = \dfrac{|\Delta m\boldsymbol{v}|}{\Delta t} = \dfrac{120\times 7.9\times 10^{-3}\times 735}{60} = 11.6\ \text{N}$

4. 用绳系一小物块使之在光滑水平面上作圆周运动(如图 2.5 所示)，圆半径为 $r_0$，速率为 $v_0$。今缓慢地拉下绳的另一端，使圆半径逐渐减小，则圆半径缩短至 $r$ 时，小物块的速率 $v$ 为________。

**解**：绳缩短时，物块受的拉力指向圆心。此力对圆心的力矩为零，因而物块运动的角动

量守恒。以 $m$ 表示物块的质量，应有：

$$mr_0v_0 = mrv$$

由此可得：

$$v = v_0\frac{r_0}{r}$$

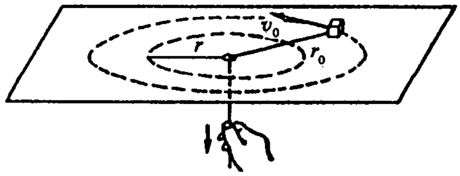



图 2.5

## 三、计算题

1. 矿砂从传送带 $A$ 落到另一传送带 $B$（如图2.6所示），其速度的大小 $v_1 = 4\text{m/s}$，速度方向与竖直方向成30°角，而传送带 $B$ 与水平成15°角，其速度的大小 $v_2 = 2\text{m/s}$。如果传送带的运送量恒定，设为 $q_m = 2\ 000\text{kg/h}$，求矿砂作用在传送带 $B$ 上的力的大小和方向。

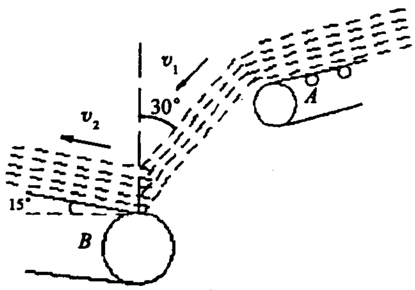


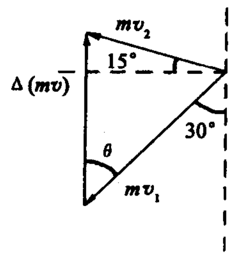

图 2.6

**解**：设在某极短的时间 $\Delta t$ 内落在传送带 $B$ 上矿砂的质量为 $m$，即 $m = q_m\Delta t$，这时矿砂动量的增量为：

$$\Delta(m\boldsymbol{v}) = m\boldsymbol{v}_2 - m\boldsymbol{v}_1$$

由题解图2.2可得：

$$|\Delta(m\boldsymbol{v})| = m\sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2\cos 75°}$$
$$= 3.98q_m\Delta t\ \text{kg}\cdot\text{m/s}$$




题解图 2.2

设传送带作用在矿砂上的力为 $\boldsymbol{F}$，根据动量定理：

$$\boldsymbol{F}\Delta t = \Delta(m\boldsymbol{v})$$

于是 $|\boldsymbol{F}| = |\Delta(m\boldsymbol{v})|/\Delta t = 3.98q_m = 2.21\ \text{N}$

方向：$\dfrac{|\Delta(m\boldsymbol{v})|}{\sin 75°} = \dfrac{|m\boldsymbol{v}_2|}{\sin\theta}, \theta = 29°$

由牛顿第三定律，矿砂作用在传送带 $B$ 上的（撞击）力与 $\boldsymbol{F}$ 大小相等方向相反，即等于2.21N，偏离竖直方向1°，指向前下方。

2. 如图2.7所示，质量为 $M$ 的滑块正沿着光滑水平地面向右滑动，一质量为 $m$ 的小球水平向右飞行，以速度 $\boldsymbol{v}_1$（相对地面）与滑块斜面相碰，碰后竖直向上弹起，速度为 $\boldsymbol{v}_2$（相对地面），若碰撞时间为 $\Delta t$，试计算此过程中滑块对地的平均作用力和滑块速度增量的大小。

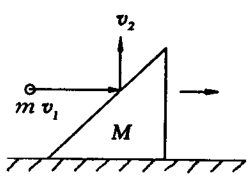



图 2.7

**解**：(1) 小球 $m$ 在与 $M$ 碰撞过程中给 $M$ 的竖直方向冲力在数值上应等于 $M$ 对小球的竖直冲力，而此冲力应等于小球在竖直方向的动量变化率，即：

$$f = \frac{mv_2}{\Delta t}$$

由牛顿第三定律，小球以此力作用于 $M$，其方向向下。

对 $M$,由牛顿第二定律,在竖直方向上

$$N - Mg - f = 0$$

$$N = Mg + f$$

又由牛顿第三定律,$M$ 给地面的平均作用力也为:

$$F = f + Mg = \frac{mv_2}{\Delta t} + Mg$$

方向竖直向下。

(2) 同理,$M$ 受到小球的水平方向冲力大小应为 $f' = \frac{mv_1}{\Delta t}$,方向与 $m$ 原运动方向一致。

根据牛顿第二定律,对 $M$ 有:

$$f' = M\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

利用上式的 $f'$,即可得 $\Delta v = mv_1/M$。

3. 质量为 $M = 1.5\text{kg}$ 的物体,用一根长为 $l = 1.25\text{m}$ 的细绳悬挂在天花板上(如图 2.8 所示),今有一质量为 $m = 10\text{g}$ 的子弹以 $v_0 = 500\text{m/s}$ 的水平速度射穿物体,刚穿出物体时子弹的速度大小 $v = 30\text{m/s}$,设穿透时间极短。求:

(1) 子弹刚穿出时绳中张力的大小;

(2) 子弹在穿透过程中所受的冲量。

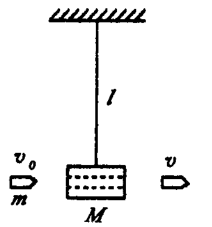



图 2.8

**解:** (1) 因穿透时间极短,故可认为物体未离开平衡位置。因此,作用于子弹、物体系统上的外力均在铅直方向,故系统在水平方向动量守恒。令子弹穿出时物体的水平速度为 $v'$,则:

$$mv_0 = mv + Mv'$$

$$v' = m(v_0 - v)/M = 3.13\ \text{m/s}$$

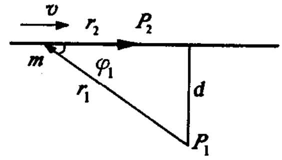
$$T = Mg + Mv'^2/l = 26.5\ \text{N}$$

(2) $f\Delta t = mv - mv_0 = -4.7\ \text{N}\cdot\text{s}$ (设 $v_0$ 方向为正向)

负号表示冲量方向与 $v_0$ 方向相反。

4. 一质量 $m = 2\,200\text{kg}$ 的汽车以 $v = 60\text{km/h}$ 的速度沿一平直公路开行。求汽车对公路一侧距公路 $d = 50\text{m}$ 的一点的角动量是多大?对公路上任一点的角动量又是多大?

**解:** 如题解图 2.3 所示,汽车对公路一侧距公路 $d = 50\text{m}$ 的一点 $P_1$ 的角动量的大小为:




题解图 2.3

$$L_1 = mvr_1\sin(\pi - \varphi_1) = mvd$$

$$= 2200 \times \frac{60 \times 10^3}{3600} \times 50$$

$$= 1.83 \times 10^6\ \text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$$

汽车对公路上任一点 $P_2$ 的角动量的大小为:

$$L_2 = mvr_2\sin\varphi_2 = mvr_2\sin 0 = 0$$

# No. 3 功　和　能

## 一、选择题

[　] 1. 一个质点同时在几个力作用下的位移为：

$$\Delta \boldsymbol{r} = 4\boldsymbol{i} - 5\boldsymbol{j} + 6\boldsymbol{k} \quad \text{(SI)}$$

其中一个力为恒力 $\boldsymbol{F} = -3\boldsymbol{i} - 5\boldsymbol{j} + 9\boldsymbol{k}$ (SI)，则此力在该位移过程中所做的功为：

(A) 67J；　　(B) 91J；　　(C) 17J；　　(D) −67J。

**解**：由功的定义有：

$$A = \boldsymbol{F} \cdot \Delta \boldsymbol{r} = (-3\boldsymbol{i} - 5\boldsymbol{j} + 9\boldsymbol{k}) \cdot (4\boldsymbol{i} - 5\boldsymbol{j} + 6\boldsymbol{k})$$
$$= -12 + 25 + 54 = 67\text{J}$$

故选(A)。

[　] 2. 质量为 $m$ 的质点在外力作用下，其运动方程为：

$$\boldsymbol{r} = A\cos\omega t\,\boldsymbol{i} + B\sin\omega t\boldsymbol{j}$$

式中 $A$、$B$、$\omega$ 都是正的常数，则力在 $t_1 = 0$ 到 $t_2 = \pi/(2\omega)$ 这段时间内所做的功为：

(A) $\frac{1}{2}m\omega^2(A^2 + B^2)$；　　(B) $m\omega^2(A^2 + B^2)$；

(C) $\frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - B^2)$；　　(D) $\frac{1}{2}m\omega^2(B^2 - A^2)$。

**解**：$\boldsymbol{v} = \frac{\mathrm{d}\boldsymbol{r}}{\mathrm{d}t} = -A\omega\sin\omega t\boldsymbol{i} + B\omega\cos\omega t\boldsymbol{j}$

$$\boldsymbol{v}_1 = B\omega\boldsymbol{j} \quad \boldsymbol{v}_2 = -A\sin\left(\omega \times \frac{\pi}{2\omega}\right)\boldsymbol{i} + B\omega\cos\left(\omega \times \frac{\pi}{2\omega}\right)\boldsymbol{j} = -A\omega\boldsymbol{i}$$

由质点动能定理，力所做的功为：

$$A = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - B^2)$$

故选(C)。

[　] 3. 在如图 3.1 所示系统中(滑轮质量不计，轴光滑)，外力 $\boldsymbol{F}$ 通过不可伸长的绳子和一劲度系数 $k = 200\text{N/m}$ 的轻弹簧缓慢地拉地面上的物体，物体的质量 $M = 2\text{kg}$，初始时弹簧为自然长度，在把绳子拉下 20cm 的过程中，$\boldsymbol{F}$ 所做的功为(重力加速度 $g$ 取$10\text{m/s}^2$)：

(A) 2J；　　(B) 1J；　　(C) 3J；

(D) 4J；　　(E) 20J。

**解**：外力刚向下拉时，弹簧伸长，物体 $M$ 未被拉起，直到弹簧伸长 $x_0$ 时，$M$ 被拉起并向