大学物理解题一本通

(再版)

钟晓春 编

电子科技大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

大学物理解题一本通(再版)/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**　9.25　**字数**　225千字
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

■版权所有　侵权必究■

◆邮购本书请与本社发行科联系。电话:(028)83201495　邮编:610054
◆本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

目　　录

No.1　质点运动学与牛顿运动定律 …… (1)
No.2　动量与角动量 …… (7)
No.3　功和能 …… (12)
No.4　刚体的定轴转动 …… (20)
No.5　狭义相对论 …… (27)
No.6　气体动理论 …… (32)
No.7　热力学第一定律 …… (37)
No.8　热力学第二定律 …… (43)
No.9　静止电荷的电场 …… (49)
No.10　电势 …… (55)
No.11　静电场中的导体 …… (60)
No.12　静电场中的电介质 …… (66)
No.13　稳恒电流的磁场 …… (71)
No.14　磁力和磁介质 …… (78)
No.15　电磁感应 …… (84)
No.16　振动 …… (91)
No.17　波动 …… (98)
No.18　光的干涉 …… (104)
No.19　光的衍射 …… (109)
No.20　光的偏振 …… (114)
No.21　波动与光学综合 …… (119)
No.22　波粒二象性 …… (126)
No.23　*薛定谔方程 …… (131)
No.24　*原子中的电子、固体中的电子 …… (135)

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) $t=4$s;　(B) $t=2$s;　(C) $t=8$s;　(D) $t=5$s。

解: $v=\frac{\mathrm{d}S}{\mathrm{d}t}=4-2t$。当小球运动到最高点时 $v=0$,即 $4-2t=0$,$t=2$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) $\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$;　(B) $\frac{v^2}{R}$;

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

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

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

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

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

$\because\quad \bar{\boldsymbol{u}}=\frac{\Delta\boldsymbol{r}}{\Delta t}$, $\bar{u}=\frac{\Delta S}{\Delta t}$　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 $\mathrm{d}v/\mathrm{d}t=-kv^2t$,式中的 k 为大于零的常数,当 $t=0$ 时,初速为

需要全本请访问 www.ertongbook.com

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

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

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

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：$\because$ $v_{A地}=2\boldsymbol{i}$，$v_{B地}=2\boldsymbol{j}$

$\therefore$ $v_{BA}=v_{B地}+v_{地A}=v_{B地}-v_{A地}$

$=2\boldsymbol{j}-2\boldsymbol{i}=-2\boldsymbol{i}+2\boldsymbol{j}$

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)，$\therefore$(A)错。

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

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

v 是矢量，大小不变时，方向仍可变化，$\therefore$(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 $t=2$s 时质点的加速度为 $\boldsymbol{a}=$_____。

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

2. 一质点从静止出发，沿半径 $R=3.0\mathrm{m}$ 的圆作圆周运动，切向加速度大小始终为 $a_\tau=3.0\ \mathrm{m/s^2}$，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，$a_n=a_\tau=\frac{v^2}{R}$　　$\therefore v=3\mathrm{m/s}$，

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

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

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$v\ (t)$、$v\ (t+\Delta t)$，试在图 1.1 中分别标明 $\Delta\boldsymbol{r}$、Δr 及 Δv 、Δv。

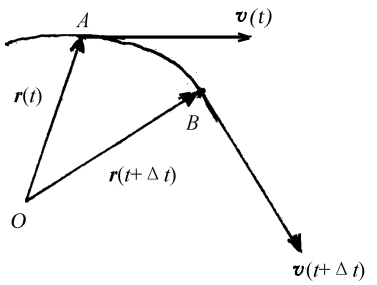
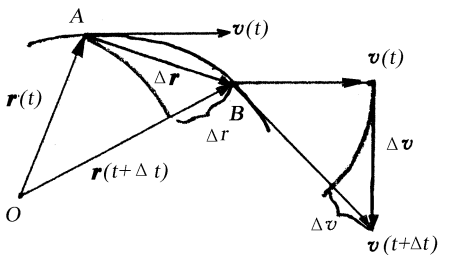


图　1.1

解：



题解图　1.1

4. 飞机 A 以 $v_A=1\ 000\mathrm{km/h}$ 的速率(相对地面)向南飞行，同时另一架飞机 B 以 $v_B=800\mathrm{km/h}$ 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_____。

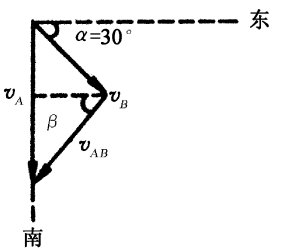


图　1.2

解： 从矢量图(图 1.2)看出：

$$v_{AB}=\sqrt{v_A^2+v_B^2-2v_Av_B\cos 60°}$$
$$=\sqrt{(1\ 000)^2+(800)^2-2\times 1\ 000\times 800\times\cos 60°}$$
$$=917\ \mathrm{km/h}$$

$$\beta=\arccos\frac{v_B\cos\alpha}{v_{AB}}=\arccos\frac{800\times 0.866}{917}=40°56'(\text{西偏南})$$

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

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

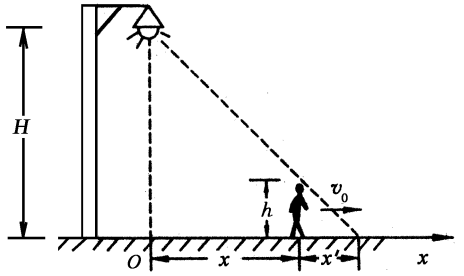


图 1.3

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：

$v_{FE}=60\mathrm{km/h}$　正西方向

$v_{AF}=180\mathrm{km/h}$　方向未知

v_{AE}大小未知，正北方向

由速度合成定理有：

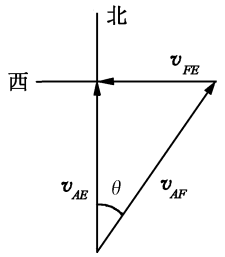
$v_{AE}=v_{AF}+v_{FE}$

v_{AE}、v_{AF}、v_{FE}构成直角三角形(见题解图1.2)，可得：

$|v_{AE}|=\sqrt{(v_{AF})^2-(v_{FE})^2}=170\mathrm{km/h}$

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

(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：

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

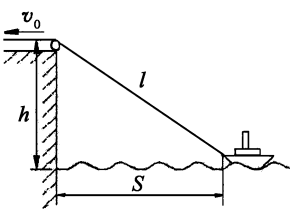


图 1.4

于是得船的速度为：

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

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 $R_1=2.2\text{cm}$,外半径为 $R_2=5.6\text{cm}$(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 $v=1.3\text{m/s}$ 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 $R=5.0\text{cm}$ 处时,光盘转动的角速度和角加速度各是多少?

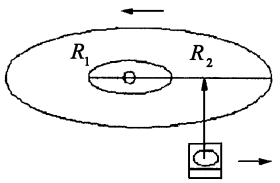
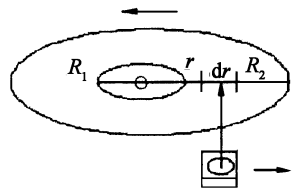


图 1.5



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:

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

$$=\frac{\pi\times 650\times 10^3\times(0.056^2-0.022^2)}{1.3}$$

$$=4.16\times 10^3\,\text{s}=69.4\ \text{min}$$

(2) 所求角速度为:

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

所求角加速度为:

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

$$=-\frac{1.3^2}{2\pi\times 650\times 10^3\times 0.05^3}=-3.31\times 10^{-3}\ \text{rad/s}^2$$

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。

$$m_1g-T=m_1a_1$$

$$T-m_2g=m_2a'_2$$

$$a'_2=a_1-a_2$$

解得:

$$a_1=\frac{(m_1-m_2)g+m_2a_2}{m_1+m_2}$$

$$T=\frac{(2g-a_2)m_1m_2}{m_1+m_2}$$

$$a'_2=\frac{(m_1-m_2)g-m_1a_2}{m_1+m_2}$$

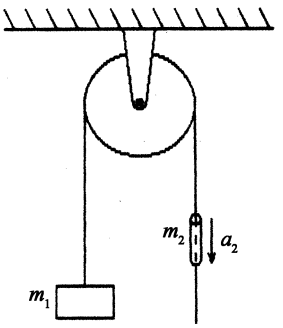


图 1.6

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：

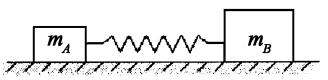


图　2.1

(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：

$$m_A v_A + m_B v_B = 0$$

分量式为 $m_A v_A - m_B v_B = 0$

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

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

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：

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

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

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

故选(A)。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

[　]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。

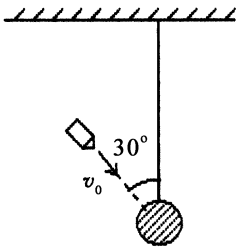


图　2.2

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:

$$mv_0\sin30^\circ=(m+M)v$$

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

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) $\dfrac{\pi Rmg}{v}$;

(D) 0。

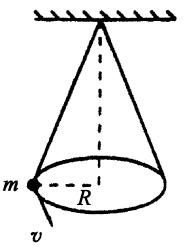


图　2.3

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:

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

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) $\sqrt{\frac{GMm}{R}}$;　(C) $Mm\sqrt{\frac{G}{R}}$;　(D) $\sqrt{\frac{GMm}{2R}}$。

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、ω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_____。

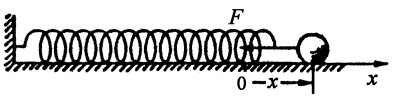


图　2.4

解:所求冲量为:

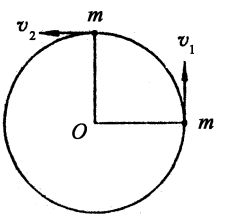
$$I=\int_0^{\pi/(2\omega)}F\mathrm{d}t=-k\int_0^{\pi/(2\omega)}A\cos\omega t\mathrm{d}t=-\frac{kA}{\omega}$$

负号表示此冲量的方向与 x 轴方向相反。

2. 一个质量 $m=50\mathrm{g}$,以速率 $v=20\mathrm{m/s}$ 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:

$$I=|mv_2-mv_1|=\sqrt{2}mv$$
$$=\sqrt{2}\times0.05\times20=1.41\ \mathrm{N\cdot s}$$



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 $m=7.90\mathrm{g}$,出口速率为 735m/s。射击时(以分钟计)枪托对肩部的平均压力为_____。

解:$F=\frac{|\Delta mv|}{\Delta t}=\frac{120\times7.9\times10^{-3}\times735}{60}=11.6\ \mathrm{N}$

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:

$$mr_0 v_0 = mrv$$

由此可得：

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

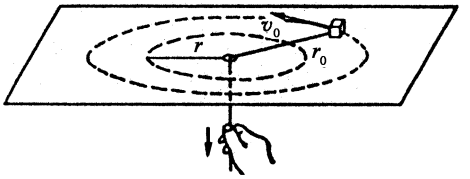


图 2.5

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。

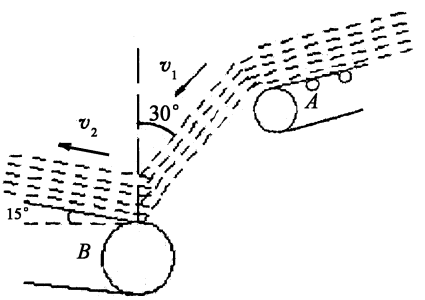


图 2.6

解：设在某极短的时间 Δt 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：

$$\Delta(mv) = mv_2 - mv_1$$

由题解图 2.2 可得：

$$|\Delta(mv)| = m\sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1 v_2 \cos 75°}$$

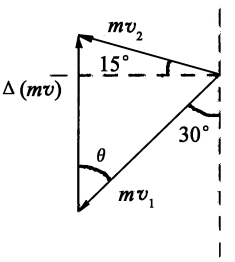
$$= 3.98 q_m \Delta t \ \text{kg} \cdot \text{m/s}$$

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

$$\boldsymbol{F}\Delta t = \Delta(mv)$$

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

方向：$\dfrac{|\Delta(mv)|}{\sin 75°} = \dfrac{|mv_2|}{\sin\theta}$，$\theta = 29°$



题解图 2.2

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 v_1（相对地面）与滑块斜面相碰，碰后竖直向上弹起，速度为 v_2（相对地面），若碰撞时间为 Δt，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。

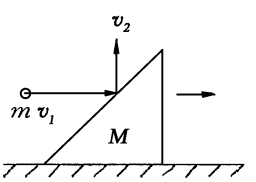


图 2.7

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。

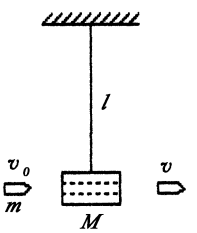


图 2.8

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：

$$mv_0 = mv + Mv'$$
$$v' = m(v_0 - v)/M = 3.13\ \text{m/s}$$
$$T = Mg + Mv'^2/l = 26.5\ \text{N}$$

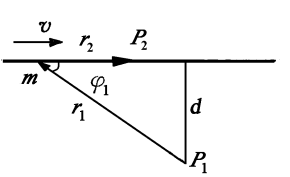
(2) $f\Delta t = mv - mv_0 = -4.7\ \text{N}\cdot\text{s}$　　(设 v_0 方向为正向)

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：

$$L_1 = mvr_1\sin(\pi - \varphi) = mvd$$
$$= 2200 \times \frac{60 \times 10^3}{3600} \times 50$$
$$= 1.83 \times 10^6\ \text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$$



题解图 2.3

汽车对公路上任一点 P_2 的角动量的大小为：

$$L_2 = mvr_2\sin\varphi = mvr_2\sin 0 = 0$$

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：

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

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：

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

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

$$v_1=B\omega\boldsymbol{j}\quad v_2=-A\sin\left(\omega\times\frac{\pi}{2\omega}\right)\boldsymbol{i}+B\omega\cos\left(\omega\times\frac{\pi}{2\omega}\right)\boldsymbol{j}=-A\omega\boldsymbol{i}$$

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 $k=200\mathrm{N/m}$ 的轻弹簧缓慢地拉地面上的物体，物体的质量 $M=2\mathrm{kg}$，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 $10\mathrm{m/s^2}$)：

(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

上匀速运动

$$x_0 = \frac{Mg}{k} = \frac{2\times 10}{200} = 0.1\text{m}$$

物体的受力函数为：

$$f = \begin{cases} kx & 0 \leqslant x \leqslant 0.1 \\ Mg = 20 & 0.1 \leqslant x \leqslant 0.2 \end{cases}$$

因物体缓慢上升，外力 F 所做的功等于物体受力 f 所做的功，即：

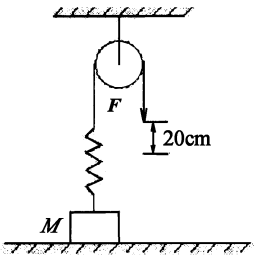


图 3.1

$$A = \int_0^{0.2} f\mathrm{d}x = \int_0^{0.1} kx\mathrm{d}x + \int_{0.1}^{0.2} mg\mathrm{d}x = 1 + 2 = 3\text{ J}$$

故选(C)。

[ ]4. 一质量为 M 的弹簧振子，水平放置且静止在平衡位置，如图 3.2 所示，一质量为 m 的子弹以水平速度 v 射入振子中，并随之一起运动。如果水平面光滑，此后弹簧的最大势能为：

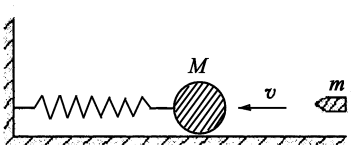


图 3.2

(A) $\frac{1}{2}mv^2$；　(B) $\frac{m^2v^2}{2(M+m)}$；

(C) $(M+m)\frac{m^2}{2M^2}v^2$；　(D) $\frac{m^2}{2M}v^2$。

解：以 m 和 M 为研究对象，忽略碰撞中因弹簧形变而产生的力，则系统动量守恒，设碰后共同运动速率为 u，即：

$$mv = (m+M)u \qquad u = \frac{m}{m+M}v$$

再以 m、M 及弹簧为研究对象，$A_{外}=0$，$A_{非保内}=0$，系统机械能守恒，最大势能等于初动能，即：

$$E_{p\max} = \frac{1}{2}(m+M)u^2 = \frac{1}{2}\frac{m^2v^2}{m+M}$$

故选(B)。

[ ]5. 质点系的内力可以改变

(A) 系统的总质量；　(B) 系统的总动量；

(C) 系统的总动能；　(D) 系统的总角动量。

解：由质点系的动能定理 $A_{外}+A_{内}=\Delta E_K$ 可知，内力可以改变质点系的动能。由质量守恒，系统的总质量不会改变。由系统的动量定理和角动量定理可知，内力也不可能改变系统的总动量和总角动量。

故选(C)。

[ ]6. 如图 3.3 所示，有一个小块物体，置于一个光滑的水平桌面上，有一细绳其一端连结此物体，另一端穿过桌面中心的小孔，该物体原以角速度 ω 在距孔为 R 的圆周上转动，今

需要全本请访问 www.ertongbook.com