高等教育自学参考书

《物理学》

习题和思考题选解

上册

（内部试用本）

大连海运学院函授部

前　　言

严导淦同志所编的高等学校函授教材（高等教育自学通用）《物理学》，已由人民教育出版社出版。为配合该教材的使用，我们编写了此书的习题和思考题选解，共分上下两册，以供内部试用。为便于读者使用，原题同时印出，题号和单位制都与教材相同。

根据各地函授生和广大自学读者的需求，更好地培养和提高分析问题和解决问题的能力，在有限的时间里学到更多的知识，掌握好基础科学，为开创社会主义建设新局面，为“四化”多作贡献，我们选取了教材中的一些典型题和较难的题作了解答。同时为了启发和引导读者的思考，以及培养和提高自学解题的方法和运算能力，在有些习题中，只作了部分的解答，余者给出适当的提示和指导，让读者自入胜境。

读者在使用本书之前，应该在深入钻研教材的基础上独立做习题和思考题，切忌不亲自动手做题而依赖题解。本书试图为读者在解题过程中起辅导和答疑作用，同时也是发展智能和开拓思路的一种自学参考资料，为打开无师自通之门提供一些方便。本书中的解法不一定是最佳解法，读者不必受其约束。愿本书在提高自学解题能力和教学质量方面有所裨益。

本书承蒙同济大学严导淦同志提供有关素材。上册由大连海运学院王金焕同志整编，阜新矿业学院史久根同志审订；下册由史久根同志整编，王金焕同志审订。由大连海运学院朱宝骐、陈群、王金焕等同志校样，大连海运学院印刷厂承印。出书过程得到有关方面以及兄弟院校的关注和大力支持，在此一

并表示谢意。

由于编印时间仓促，书中难免出现差错和不妥之处，敬请读者指正。

编　　者

1983年1月

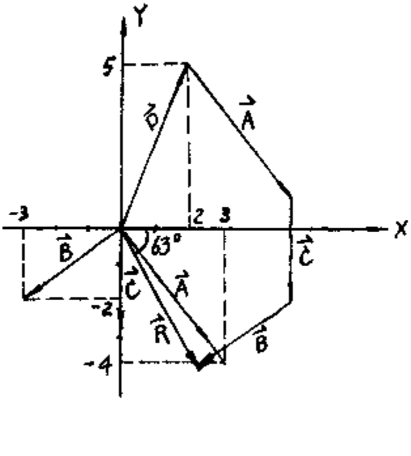
目　　录

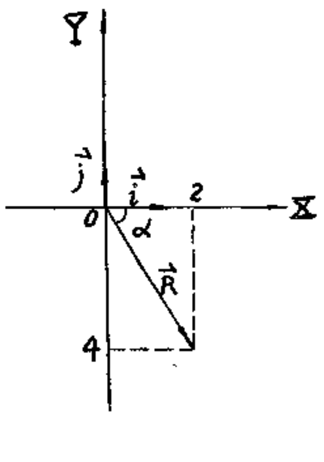
第〇编　预备知识

第〇章　物理学　物理量

0-2　设矢量$\mathbf{A}=3\mathbf{i}-4\mathbf{j}$，$\mathbf{B}=-3\mathbf{i}-2\mathbf{j}$，$\mathbf{C}=-3\mathbf{j}$，$\mathbf{D}=2\mathbf{i}+5\mathbf{j}$。试用几何方法（多边形法则）和解析方法求$\mathbf{A}+\mathbf{B}+\mathbf{C}+\mathbf{D}$。

〔解〕　用几何方法解题如下图：





用解析方法解题如下：

设$\mathbf{A}=3\mathbf{i}-4\mathbf{j}$，$\mathbf{B}=-3\mathbf{i}-2\mathbf{j}$，$\mathbf{C}=-3\mathbf{j}$，$\mathbf{D}=2\mathbf{i}+5\mathbf{j}$，则合矢量$\mathbf{R}$为

$$\mathbf{R}=\mathbf{A}+\mathbf{B}+\mathbf{C}+\mathbf{D}=(3\mathbf{i}-4\mathbf{j})+(-3\mathbf{i}-2\mathbf{j})+(-3\mathbf{j})+(2\mathbf{i}+5\mathbf{j})=2\mathbf{i}-4\mathbf{j}$$

合矢量的大小

$$R=\sqrt{2^2+(-4)^2}=\sqrt{20}=4.47$$

方向如图，即

$$\alpha=\operatorname{arctg}\frac{-4}{2}=-63.4^\circ$$

即与轴成-63.4°角。

0-6　设矢量 $\mathbf{v}$、$\mathbf{v}_1$、$\mathbf{v}_2$ 都是标量 t 的函数，标量 m 为常量，求证下列公式成立：

(1) $d(\mathbf{v}_1+\mathbf{v}_2)/dt=d\mathbf{v}_1/dt+d\mathbf{v}_2/dt$；

(2) $\dfrac{d(m\mathbf{v})}{dt}=m\dfrac{d\mathbf{v}}{dt}$；

(3) $d(\mathbf{v}_1\cdot\mathbf{v}_2)/dt=\mathbf{v}_1\cdot d\mathbf{v}_2/dt+\mathbf{v}_2\cdot d\mathbf{v}_1/dt$；

(4) $d(\mathbf{v}_1\times\mathbf{v}_2)/dt=d\mathbf{v}_1/dt\times\mathbf{v}_2+\mathbf{v}_1\times d\mathbf{v}_2/dt$。

〔证〕　设$\mathbf{v}=\mathbf{v}(t)$，$\mathbf{v}_1=\mathbf{v}_1(t)$，$\mathbf{v}_2=\mathbf{v}_2(t)$。

(1) $$\frac{d}{dt}(\mathbf{v}_1+\mathbf{v}_2)=\frac{d}{dt}[(v_{1x}\mathbf{i}+v_{1y}\mathbf{j}+v_{1z}\mathbf{k})+(v_{2x}\mathbf{i}+v_{2y}\mathbf{j}$$

$$+v_{2z}\mathbf{k})]=\left(\frac{dv_{1x}}{dt}\mathbf{i}+\frac{dv_{1y}}{dt}\mathbf{j}+\frac{dv_{1z}}{dt}\mathbf{k}\right)+\left(\frac{dv_{2x}}{dt}\mathbf{i}\right.$$

$$\left.+\frac{dv_{2y}}{dt}\mathbf{j}+\frac{dv_{2z}}{dt}\mathbf{k}\right)=\frac{d\mathbf{v}_1}{dt}+\frac{d\mathbf{v}_2}{dt}$$

(2) $$\frac{d(m\mathbf{v})}{dt}=\frac{dm}{dt}\mathbf{v}+m\frac{d\mathbf{v}}{dt}=m\frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

$\left(\because m=\text{常量},\ \therefore\dfrac{dm}{dt}=0\right)$

(3) $$\frac{d}{dt}(\mathbf{v}_1\cdot\mathbf{v}_2)=\frac{d}{dt}[v_{1x}v_{2x}+v_{1y}v_{2y}+v_{1z}v_{2z}]$$

$$= v_{1x}\frac{dv_{2x}}{dt} + v_{2x}\frac{dv_{1x}}{dt} + v_{1y}\frac{dv_{2y}}{dt} + v_{2y}\frac{dv_{1y}}{dt} + v_{1z}\frac{dv_{2z}}{dt}$$

$$+ v_{2z}\frac{dv_{1z}}{dt} = \left(v_{1x}\frac{dv_{2x}}{dt} + v_{1y}\frac{dv_{2y}}{dt} + v_{1z}\frac{dv_{2z}}{dt}\right)$$

$$+ \left(v_{2x}\frac{dv_{1x}}{dt} + v_{2y}\frac{dv_{1y}}{dt} + v_{2z}\frac{dv_{1z}}{dt}\right)$$

$$= \mathbf{v}_1 \cdot \frac{d\mathbf{v}_2}{dt} + \mathbf{v}_2 \cdot \frac{d\mathbf{v}_1}{dt}$$

(4) $$\frac{d}{dt}[\mathbf{v}_2 \times \mathbf{v}_2] = \frac{d}{dt}[(v_{1y}v_{2z} - v_{1z}v_{2y})\mathbf{i} + (v_{1z}v_{2x}$$

$$- v_{1x}v_{2z})\mathbf{j} + (v_{1x}v_{2y} - v_{1y}v_{2x})\mathbf{k}] = [(v_{1y}\frac{dv_{2z}}{dt}$$

$$+ v_{2z}\frac{dv_{1y}}{dt}) - (v_{1z}\frac{dv_{2y}}{dt} + v_{2y}\frac{dv_{1z}}{dt})]\mathbf{i} + [(v_{1z}\frac{dv_{2x}}{dt}$$

$$+ v_{2x}\frac{dv_{1z}}{dt}) - (v_{1x}\frac{dv_{2z}}{dt} + v_{2z}\frac{dv_{1x}}{dt})]\mathbf{j} + [(v_{1x}\frac{dv_{2y}}{dt}$$

$$+ v_{2y}\frac{dv_{1x}}{dt}) - (v_{1y}\frac{dv_{2x}}{dt} + v_{2x}\frac{dv_{1y}}{dt})]\mathbf{k}$$

$$= [(v_{1y}\frac{dv_{2z}}{dt} - v_{1z}\frac{dv_{2y}}{dt})\mathbf{i} + (v_{1z}\frac{dv_{2x}}{dt} - v_{1x}\frac{dv_{2z}}{dt})\mathbf{j}$$

$$+ (v_{1x}\frac{dv_{2y}}{dt} - v_{1y}\frac{dv_{2x}}{dt})\mathbf{k}] + [(v_{2z}\frac{dv_{1y}}{dt} - v_{2y}\frac{dv_{1z}}{dt})\mathbf{i}$$

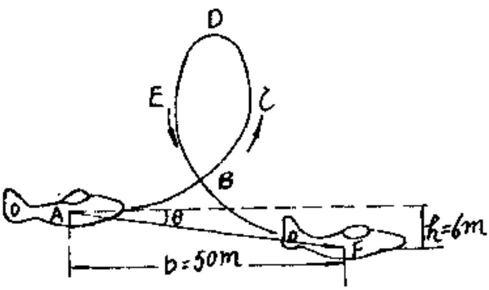
$$+ (v_{2x}\frac{dv_{1z}}{dt} - v_{2z}\frac{dv_{1x}}{dt})\mathbf{j} + [v_{2y}\frac{dv_{1x}}{dt} - v_{2x}\frac{dv_{1y}}{dt})\mathbf{k}]$$

$$= \mathbf{v}_1 \times \frac{d\mathbf{v}_2}{dt} + \frac{d\mathbf{v}_1}{dt} \times \mathbf{v}_2$$

第一编　力学的物理基础

第一章　质点运动学

1-1　飞机在天空翻筋斗，经历的路线如图示的$A\to B\to C\to D\to E\to B\to F$，设始点$A$与终点$F$的水平距离$s=50\text{m}$，垂直距离$h=6\text{m}$，（1）指出飞机的总路程；（2）绘出总位移的矢量，并按图示数据求出位移的大小和方向；（3）若飞机翻筋斗经历了$B\to C\to D\to E\to B$这段路线，求位移的大小，并与这段路程相比较。



〔**解**〕（1）飞机经历的总路程为曲线$ABCDEBF$的弧长。

（2）总位移如图所示为矢量**AF**。按题设$b=50\text{m}$，$h=6\text{m}$，则由图示几何关系得位移大小：

$$\Delta S=|\mathbf{AF}|=\sqrt{b^2+h^2}$$
$$=\sqrt{(50\text{m})^2+(6\text{m})^2}=50.4\text{m}$$

位移方向：以与水平所成的θ角表示，

$$\theta = \text{acrtg}\frac{h}{b} = \text{arctg}\frac{6\text{m}}{50\text{m}} = 6°51'$$

（3）位移为 0 ，相应的路程为曲线$BCDEB$的弧长。

1-6　汽车启动后匀加速前进，在第 9s 这一秒钟内走过了 8.5m，求第9s初及第9s末的速度。

〔解〕　先求加速度 a。按题设 $v_0 = 0$， $t_1 = 8\text{s}$， $t_2 = 9\text{s}$， $\triangle s = s_9 - s_8 = 8.5\text{m}$。

$$s_8 = \frac{1}{2}at_1{}^2, \qquad s_9 = \frac{1}{2}at_2{}^2$$

$$\triangle s = s_9 - s_8 = \frac{1}{2}at_2{}^2 - \frac{1}{2}at_1{}^2 = \frac{1}{2}a(t_2{}^2 - t_1{}^2)$$

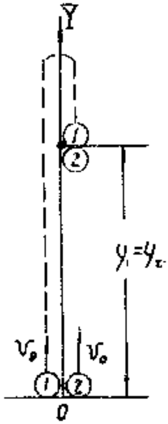
$$\therefore \qquad a = \frac{2\triangle s}{t_2{}^2 - t_1{}^2} = \frac{2\times(8.5\text{m})}{(9\text{s})^2 - (8\text{s})^2} = \frac{17\text{m}}{17\text{s}^2} = 1\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$

第 9 秒初即第 8 秒末的速度

$$v_8 = at_1 = (1\text{m}\cdot\text{s}^{-2})\times(8\text{s}) = 8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

第 9 秒末的速度

$$v_9 = at_2 = (1\text{m}\cdot\text{s}^{-2})\times(9\text{s}) = 9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$



1-7　把两物体用同一初速度$v_0 = 24.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$从同一点铅直地向上抛出，抛出的时刻相隔 $t = 0.5\text{s}$。问第二个物体抛出后多少时间两物体才相遇？相遇时的高度是多少？（从抛出点开始算起）

〔解〕　设第二个物体抛出后t_2秒钟与第一个物体相碰撞，则相遇处两物体的位移y_1、y_2相等，即

$$y_1 = y_2 \qquad (1)$$

而
$$y_1 = v_0(t_2 + t) - \frac{1}{2}g(t_2 + t)^2 \tag{2}$$

$$y_2 = v_0 t_2 - \frac{1}{2}g t_2^2 \tag{3}$$

联立求解方程式（1）、（2）、（3），得

$$t_2 = \frac{v_0}{g} - t/2 = \frac{24.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{9.81\text{m}\cdot\text{s}^{-2}} - \frac{0.50\text{s}}{2} = 2.25\text{s}$$

碰到时的高度

$$H = y_2 = v_0 t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2 = (24.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \times 2.25\text{s}) - \frac{1}{2} \times 9.81\text{m}\cdot\text{s}^{-2} \times (2.25\text{s})^2 = 30.3\text{m}$$

1-8　一质点沿 X 轴作直线运动，其运动方程为 $x = bt - ct^2$，式中 b、c 为正的常量。求：（1）此质点的速度 v 和加速度 a 与时间t的函数关系；（2）以t为横坐标，x、v、a 分别为纵坐标，绘出位移－时间($x-t$)曲线、速度－时间($v-t$)曲线和加速度－时间($a-t$)曲线；（3）试问$x-t$曲线和$v-t$曲线上一点的切线斜率各代表什么意义？（4）在质点运动过程中，时刻t_1到t_2这段区间内，$v-t$曲线和$a-t$曲线与横坐标轴所包围的面积各代表什么物理量？

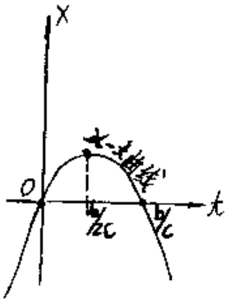
〔**解**〕（1）质点的速度和加速度分别为

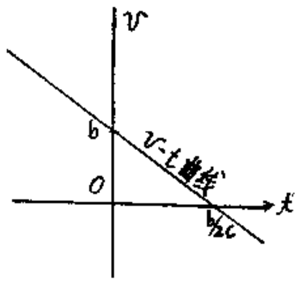
$$v = \frac{dx}{dt} = b - 2ct, \quad a = \frac{dv}{dt} = -2c$$

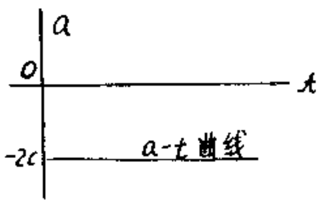
（2）质点运动的 $x-t$ 曲线、$v-t$ 曲线、$a-t$ 曲线如图所示。

（3）$x-t$曲线和$v-t$曲线上一点的斜率分别代表相应时刻的速度 v 和加速度 a。

(4) 在t_1到t_2时刻内，$v-t$曲线、$a-t$曲线与横坐标t所包围的面积分别代表该时间内的位移改变量和速度改变量，即$\int_{t_1}^{t_2} v dt$ 和 $\int_{t_1}^{t_2} a dt$ 。







1-9 已知一质点作直线运动时，其加速度a与时间t的关系为$a=w\ (1-\sin\dfrac{2\pi t}{\tau})$，其中$w$、$\tau$为常量。设$t=0$时，$v=0$，$x=0$，求该质点的运动方程。

〔解〕 质点作直线运动时的加速度为

$$a=w(1-\sin\frac{2\pi t}{\tau})$$

w，τ为常量，由加速度的定义，$a=\frac{dv}{dt}=\frac{d^2x}{dt^2}$得

$$\frac{dv}{dt}=w(1-\sin\frac{2\pi t}{\tau})$$

积分 $$v=\int w dt-w\int\sin\frac{2\pi t}{\tau}dt=wt+\frac{w\tau}{2\pi}\cos\frac{2\pi t}{\tau}+c_1 \quad (1)$$

由 $v=\frac{dx}{dt}$，积分上式得

$$x=\frac{wt^2}{2}+\frac{w\tau^2}{4\pi^2}\sin\frac{2\pi t}{\tau}+c_1t+c_2 \quad (2)$$

式（1）、（2）的c_1、c_2 为积分常数，由初始条件$t=0$，$v=0$，$x=0$代入式（1）、（2），得

$$c_1=-\frac{w\tau}{2\pi}，c_2=0$$

故 $$x=w[t^2/2+\tau/2\pi(\frac{\tau}{2\pi}\sin\frac{2\pi t}{\tau}-t)]$$

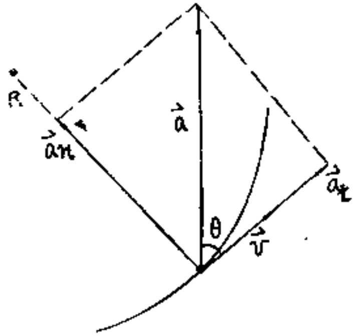
1-11 一火车通过半径 $R=400\text{m}$ 的一段弧形弯曲轨道。已知火车的切向加速度$a_t=0.25\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$，求当火车拐弯时速度大小为$v=36\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$的这一瞬间，它的法向加速度和总加速度。

〔解〕 按题设$R=400\text{m}$，

$$v=36\text{km}\cdot\text{h}^{-1}=\frac{36\times1000\text{m}}{3600\text{s}}=10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}。$$

故法向加速度

$$a_n=\frac{v^2}{R}=\frac{(10\text{m}\cdot\text{s}^{-1})^2}{400\text{m}}=0.25\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$



总加速度 a 的大小 a 和方向 θ 分别为

$$a=\sqrt{a_n{}^2+a_t{}^2}=\sqrt{(0.25\mathrm{m\cdot s^{-2}})^2+(0.25\mathrm{m\cdot s^{-2}})^2}$$
$$=0.35\mathrm{m\cdot s^{-2}}$$

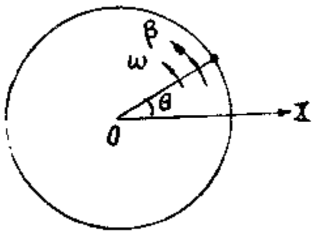
$$\theta=\mathrm{arc\,tg}\frac{a_n}{a_t}=\mathrm{arc\,tg}\frac{0.25\mathrm{m\cdot s^{-2}}}{0.25\mathrm{m\cdot s^{-2}}}=\mathrm{arctg}\,1=45^\circ$$

1-13 一质点作匀变速圆周运动时，对圆心O 的角加速度 β 为一常量。试证：

(1) $\omega=\omega_0+\beta t$；

(2) $\theta=\theta_0+\omega_0 t+\frac{1}{2}\beta t^2$；

(3) $\omega^2=\omega_0{}^2+2\beta(\theta-\theta_0)$。



其中 θ、θ_0、ω、ω_0 分别表示角坐标、初角坐标（即 $t=0$ 时，$\theta=\theta_0$）、角速度、初角速度（即 $t=0$ 时、$\omega=\omega_0$）。

〔证〕 按角加速度 β的定义 $\beta=\frac{d\omega}{dt}$。

（1）按题设，β 为一常量，$\omega = \int \beta dt = \beta t + c$

因 $t=0$ 时，$\omega = \omega_0$，故积分常数 $c = \omega_0$，代入上式得

$$\omega = \omega_0 + \beta t \qquad (1)$$

（2）按角速度 ω 的定义 $\omega = \dfrac{d\theta}{dt}$

由式（1），得

$$\theta = \int \omega dt = \int (\omega_0 + \beta t)\, dt = \omega_0 t + \frac{1}{2}\beta t^2 + c'$$

因 $t=0$ 时，$\theta = \theta_0$，代入上式，得积分常数 $c' = \theta_0$，故上式为

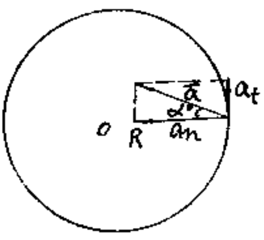
$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\beta t^2 \qquad (2)$$

（3）从式（1）、（2）消去 t，得

$$\omega^2 = \omega_0{}^2 + 2\beta(\theta - \theta_0) \qquad (3)$$

读者还可从 $\beta = \dfrac{d\omega}{dt} = \dfrac{d\omega}{d\theta} \cdot \dfrac{d\theta}{dt} = \omega \dfrac{d\omega}{d\theta}$，由积分求得上式。

1-14　一质点沿半径为 0.1m 的圆周运动，其角位移 θ 随时间 t 的变化关系为 $\theta = 2 + 4t^3$（θ 的单位是rad，t 的单位是s）。求：（1）在 $t = 2$s 时，质点的法向和切向加速度；（2）当 θ 角多大时，质点的加速度和半径成45°角？



〔解〕　质点沿半径 $R = 0.1$m 的圆周运动时，运动方程为

$$\theta = 2 + 4t^3$$

故得质点的角速度 ω 和角加速度 β 分别为

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} = 12t^2 \qquad (1)$$

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} = 24t \qquad (2)$$

(1) 按角量和线量的关系，$t = 2\text{s}$ 时 质点的法向和切向加速度分别为

$$a_n = \frac{v^2}{R} = R\omega^2 = R(12t^2)^2 = 144 \times 0.1 \times 2^4 = 230\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

$$a_t = R\beta = (0.1) \times 24 \times 2 = 4.8\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$$

(2) 设加速度 **a** 与半径成 α 角，则由

$$\text{tg}\,\alpha = a_t/a_n = R\beta/R\omega^2 = \beta/\omega^2 \qquad (3)$$

当$\alpha = 45°$时，$\text{tg}\alpha = \text{tg}45° = 1$，得$\omega^2 = \beta$，

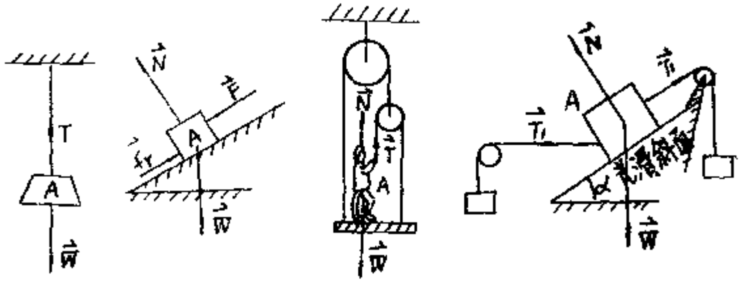
公式(1)、(2)代入，得$t^3 = \frac{1}{6}$ 。

故由运动方程得

$$\theta = 2 + 4t^3 = 2 + 4 \times \frac{1}{6} = 2.67\,\text{rad}$$

第二章　质点动力学

2-2　分析图示的静止物体 A 的受力情况。



(a)　(b)　(c)　(d)

〔解〕(a) 物体 A 受力有二：重力W、绳的拉力 T(图a)

(b) 物体 A 受力有四：重力W、斜面支承力 N、外力 F、摩擦力f，(图b)。

(c) 人 A 受力有三：重力W、底板托力 N、绳的铅直向上拉力 T (图c)。

(d) 物体 A 受力有四：重力W、斜面支承力 N、两侧的绳子拉力 T_1 和 T_2。

2-3　图中物体 A 受六个力作用，试求：

(1) 各力在 X、Y 轴方向的分力；

(2) 物体在 X、Y 轴方向总的分力；

(3) 物体所受的合力。

〔解〕 物体 A 受六个力作用，其中两个10N 的力，等值反向共线且作用于同一物体 A 上，即两力平衡，故相当于只受