

# 高中物理题解

中学物理教学参考资料

上册

四川省南充师范学院物理系



## 说 明

本书上册（力学、热学部分）选出了 265 道典型的习题进行了必要的分析和解答。所选题目注意到中学物理各部分知识的灵活运用，可供中学物理教师、中学生、师范学院理科低年级学生参考。

本书最后脱稿于七九年六月。由曾松林老师（负责），奉孝寿老师（参加力学部分）、冯文广老师（参加热学部分）选编。脱稿后，冯文广老师进行了必要的文字性整理工作。代世伟老师、廖恩贵老师审查了力学部分，李继铭老师审查了热学部分，文映梓老师校阅了全书。插图由李文清、潘伦理、杨树政三位老师绘制。

由于时间仓促，水平有限，以及我们的经验不足，书中缺点错误难免，诚恳希望读者批评指正。

四川南充师院物理系

《高中物理题解》编写组

一九八〇年四月

# 目 录

## 力 学

1. 压力和张力..... ( 1 )
2. 摩擦力..... ( 17 )
3. 浮力及其反作用力..... ( 32 )
4. 物体的平衡..... ( 39 )
5. 质心的求法..... ( 56 )
6. 运动学中的位移..... ( 61 )
7. 相对速度..... ( 66 )
8. 根据图线解决的问题..... ( 71 )
9. 平均量的求法和应用..... ( 81 )
10. 冲力和冲量..... ( 90 )
11. 动量守恒..... ( 96 )
12. 弹性势能..... ( 117 )
13. 功和能、功能关系..... ( 126 )
14. 流体力学中的各类习题..... ( 145 )
15. 曲线运动..... ( 158 )
16. 万有引力..... ( 179 )
17. 振动..... ( 184 )
18. 其他..... ( 206 )

## 分子物理学和热学

19. 热学..... (213)
20. 气态方程..... (233)

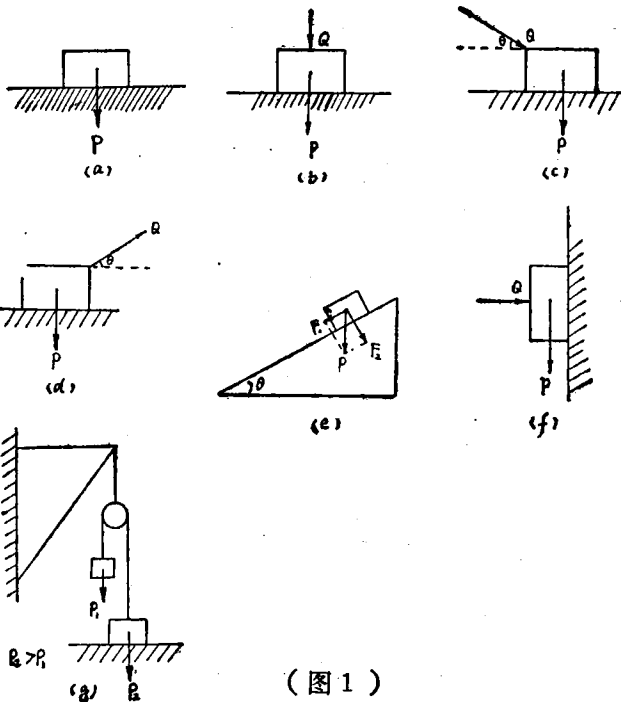
### 附录

1. 一九七九年湖南省中学物理竞赛试题题解..... (257)
2. 一九七九年河北省中学物理拟赛题选..... (264)
3. 一九七七年日本统一高考预考物理试题选解... (267)
4. 一九七八年日本高考物理试题..... (272)
5. 其他..... (279)

# 力 学

## 一、压力和张力

1. 在下列各图所示的情况下，正压力的大小各等于什么？与物体的重量有何关系？



解：设正压力为  $N$ ，则：

(a)  $N=P$

(b)  $N=P+Q$

(c)  $N=P+Q \cdot \sin Q$

(d)  $N=P-Q \cdot \sin \theta$

(e)  $N=F_2=P \cdot \cos \theta$

(f)  $N=Q$ ，与重力  $P$  无关

(g) 对地面的压力  $N_1=P_2-P_1$

对滑轮的压力  $N_2=2P_1$

对A点铅直向下的压力  $N_3=N_2=2P_1$  (忽略滑轮重量)

注：正压力(通常用  $N$  来表示)是指垂直于接触面的力，它是两接触物体间的相互作用力，而不一定等于重力。同时还与物体间的运动状态有关。参看2题(2)、3题。

2. 在光滑的桌面上放一个质量为  $M$  的光滑斜面  $A$ ，斜面上又放一个质量为  $m$  的光滑物体  $B$ 。求证：

(1) 斜面  $M$  对地的加速度

$$a = \frac{m \sin \theta \cdot \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta} \cdot g$$

(2) 物体  $m$  对斜面的正压力

$$N = \frac{M \cdot m \cdot \cos \theta}{M + m \cdot \sin^2 \theta} \cdot g$$

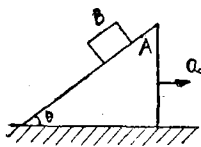


图2

解：如图2 作用在  $B$  上的力有：

- ①它所受到的重力  $mg$
- ②斜面的压力  $N$ 。作用在  $A$  上的力有：①重力  $Mg$  ②  $B$  对  $A$  的压力  $N'$
- ③桌面对  $A$  的压力  $Q$

由于重物  $B$  的压力  $N'$  的水平分力的作用，斜面向右相对于桌面以某一水平加速度  $a$  运动，由牛顿第二定律，有

$$Ma = N' \cdot \sin \theta \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

在竖直方向上，斜面没有加速度，

$$\therefore Mg - Q + N' \cdot \cos \theta = 0 \dots\dots\dots ②$$

用  $a'$  表示重物B相对于斜面的水平分加速度，

$a''$  表示重物B相对于斜面的竖直分加速度；

那么：B相对于桌面的水平分加速度将是  $a' - a$

B相对于桌面的竖直分加速度仍将是  $a''$

由牛顿第二定律：

$$m(a' - a) = N \cdot \sin \theta \dots\dots\dots ③$$

$$ma'' = mg - N \cdot \cos \theta \dots\dots\dots ④$$

显然  $N' = N$  (数值上)

$$a'' = a' \operatorname{tg} \theta \dots\dots\dots ⑤$$

联立⑤④③①，我们得到：

$$N = \frac{m \cdot Mg \cdot \cos \theta}{M + m \cdot \sin^2 \theta}$$

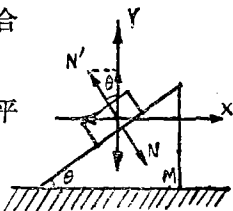
将N值代入①得：

$$a = \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot \sin \theta}{M + m \cdot \sin^2 \theta}$$

3. 有一楔形物M，以加速度a在水平向左的方向上运动，如图。它的斜面是光滑的，质量为m的物体恰能相对于M静止，求m对M的压力及m所受的合力。

解：如图3。以m为究研对象，在水平和竖直方向上建立坐标系；

m受有M对它的弹力  $N'$  和重力  $mg$  的作用



(图3)

$\therefore$  m恰能相对于M静止，故m在水平向左的方向上的加速度必为a

故有:  $N' \cdot \cos \theta + (-mg) = 0$

$$-N' \cdot \sin \theta = m \cdot (-a)$$

即  $N' \cdot \cos \theta = mg \dots\dots\dots \textcircled{1}$

$$N' \cdot \sin \theta = ma \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1}^2 + \textcircled{2}^2 \quad N'^2 = m^2 (g^2 + a^2)$$

$$\therefore N' = m\sqrt{g^2 + a^2}$$

m对M的压力为N, 与N'为一对作用力和反作用力

故  $N = m\sqrt{g^2 + a^2}$

由于m所受的合力的方向与a的方向一致

故m所受的合力为:

$$\Sigma F = m \cdot a$$

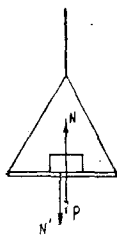
注: 关于重力与正压力的关系, 还决定于运动状态的其他典型例子, 例举如后, 只作简要说明, 不详解。

(1) 在匀速上升, 匀速下降, 静止的情况下  $N' = P = N$

(2) 以加速度a上升  $N' = P + ma = N$

(3) 以加速度a下降  $N' = P - ma = N$

(当a=g时,  $N' = 0$ , 完全“失重”)

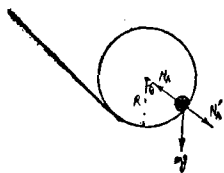


小球在A点对轨道的压力:

(图4)  $N_A' = N_A = mg \cdot \cos \theta$

$$+ m \frac{V_A^2}{R}$$

(注意: 小球在圆周上各点处的速度是不等的, 若不计摩擦力, 在圆周上各点满足机械能守恒。)



(图5)



另注：

关于绳的张力和重力的关系，也有类似的情况，要注意超重和失重的讨论。

4. 把0.5公斤的水，盛于栓在60厘米长的绳子一端的小桶内，使盛水小桶在竖直平面内以3米/秒的速度作匀速圆周运动，求水桶在最高位置和最低位置时，水对桶底的压力是多大？欲使水桶在最高点时水不致流出，它运动的最小速度应是多少？

解：设桶底对水的压力为 $N$ ，水对桶底的压力为 $N'$

依牛顿第三定律，在数值上有： $N=N'$

在最高点时： $N+P=m\cdot\frac{V^2}{R}$ （ $m$ 为水的质量）

$$\therefore N = m \cdot \frac{V^2}{R} - P$$

$$\text{故 } N = 0.5 \cdot \frac{3^2}{0.6} - 0.5 \times 9.8 = 2.6 \text{ (牛顿)}$$

$\therefore N' = N = 2.6$  牛顿（方向竖直向上）

$$\text{在最底点： } N - P = m \cdot \frac{V^2}{R}$$

$$\therefore N = m \cdot \frac{V^2}{R} + P$$

$$= 0.5 \times \frac{3^2}{0.6} + 0.5 \times 9.8 = 12.4 \text{ (牛顿)}$$

故  $N' = N = 12.4$  牛顿（ $N'$ 与 $N$ 反向，即铅直向下）

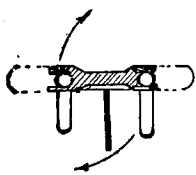
欲使水桶在最高点时，水不致流出，当 $N=0$ ，即此时水所受的重力恰好供给水作圆周运动的向心力

$$\text{故 } mg = m \cdot \frac{V^2}{R}$$

$$\therefore V = \sqrt{gR} = \sqrt{9.8 \times 0.6} = 2.45 \text{ (米/秒)}$$

注：题解中的 $R$ 为水作圆周运动的圆半径，这里忽略了水本身盛在桶内还有一定高度，当不能忽略这个高度时，作圆周运动的半径应为 $R = l + \frac{h}{2}$ ，即取水的质心所在位置到转动中心的距离，请注意下题关于 $R$ 的取法。

5. 如图6，是一离心机的筒图，其上的试管内注有6厘米高的液体，液体的密度为1.1克/厘米<sup>3</sup>，当离心机旋转时，



试管几乎是水平的，若管底距转轴10厘米，离心机每秒转20转，求液体施于管底的压强。

解：设管底的截面积为 $S$ 厘米<sup>2</sup>，管内的液体的质量为 $m = 6 \times S \times 1.1$ 克，这质量为 $m$ 克的液体，可以看成是集中于离转轴的距离为：

$$R = (10 - 6) + \frac{6}{2} = 7 \text{ (厘米) 的质心上}$$

设管底施于液体上的力为 $F$ ，液体施于管底的力为 $F'$

$$\therefore F = F' \text{ (数值上)}$$

$\therefore$  管子水平， $F$ 即为液体作圆周运动的向心力

$$\therefore F = m \omega^2 R$$

$$= 6 \times S \times 1.1 \cdot (2\pi n)^2 \cdot 7$$

$$= 6 \times S \times 1.1 \times 1600 \times \pi^2 \times 7$$

故液体施于管底的压强为：

$$P = \frac{F'}{S} = \frac{F}{S} = 6 \times 1.1 \times 1600 \times \pi^2 \times 7$$

$$= 7.3 \times 10^5 \text{ (达因/厘米}^2\text{)}$$

6. 如图7, 斜梁和横梁之间的夹角都是 $30^\circ$ , 在屋顶 C 处受到200千克重的压力, 求斜梁、横梁所受到的力和墙壁所受到的力。

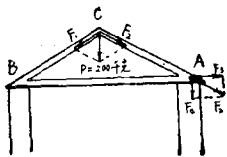


图 7

解: 把P分解为 $F_1$ 和 $F_2$

显然,  $\angle F_1CP = \angle PCF_2 = 60^\circ$

故:  $F_1 = F_2 = P = 200$  (千克重)

因为 $F_2$ 通过斜梁AC的传递, 作用于A点, 所以, 可以把它分解为使横梁AB伸长的力 $F_3$ 及向下压墙壁的力 $F_4$ 。

于是:  $F_3 = F_2 \cdot \cos 30^\circ = 200 \times 0.87 = 174$  (千克重)

$F_4 = F_2 \cdot \sin 30^\circ = 200 \times 0.5 = 100$  (千克重)

B点的受力情况与A点相同。

7. 一个质量为2公斤的球, 放在两块光滑的相交成 $60^\circ$ 角的木板之间(图8)。当一板在竖直方向时, 球对两板的压力各是多少? 当两板和地面交角相同时, 球对两板的压力各是多少?

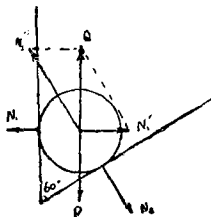


图8-1

$N_2$

则两板对小球的反作用力分别为 $N_1'$ ,  $N_2'$

根据牛顿第三定律, 在数值上有:  $N_1 = N_1'$

$N_2 = N_2'$

以小球为研究对象，小球受有三力而平衡。

故 $N_1'$ 和 $N_2'$ 的合力 $Q$ 必是 $P$ 的平衡力：

由图可知：

$$\begin{aligned} N_1' &= \text{ctg}60^\circ \times Q = \text{ctg}60^\circ \times P \\ &= 0.5774 \times 2 \approx 1.155 \text{ (公斤)} \end{aligned}$$

$$N_2' = \frac{Q}{\cos 30^\circ} = \frac{P}{\cos 30^\circ} = \frac{2}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{4}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{4}{3} \sqrt{3} \approx 2.309 \text{ (公斤)}$$

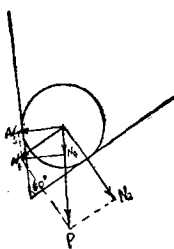
故球对竖直板的压力 $N_1 = N_1' = 1.155$ 公斤

球对倾斜板的压力 $N_2 = N_2' = 2.309$ 公斤

另解：（错误的）将 $P$ 分解为 $N_1 N_2$

对倾斜板的压力即为 $N_2 = P \cdot \sin 60^\circ$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} P$$

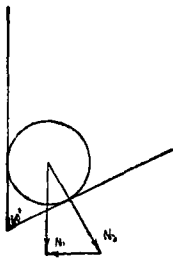


将 $N_1$ 分解为 $N_3$ 、 $N_4$ ，

$N_3$ 即为对竖直板的压力

$$\begin{aligned} N_3 &= N_1 \cdot \cos 30^\circ = P \cdot \cos 60^\circ \cdot \cos 30^\circ \\ &= \frac{\sqrt{3}}{4} P \end{aligned}$$

图8-2 注：上述错误解法错在还有个 $N_4$ 被忽略了， $N_4$ 还可在 $N_2$ 和 $N_1$ 的方向上分解，如此继续以致无穷，这种想用分解的办法求解并不是不可行的。如图8-3所示就是正确的解法。



其中 $N_2$ 为对倾斜板的压力， $N_1$ 为对竖直板的压力。

（有的中学生对 $N_2$ 的数值大于 $P$ 的数值感到迷惑不解，教师应适时从本质上予以解决）

图 8-3

8. 如图所示，将各重 $P=10$ 公斤的完全相同的球放在一光滑的槽内，设两球的连心线与水平线成 $30^\circ$ 角，试求槽上与小球相接触的点A、B、C所受的力和两球相接触的点D的相互作用力。

解：将O、O'二球隔离。

- (a) 对于O'球而言，受到 $F_C$ 、 $F_D$ 、 $P_{O'}$ 的作用而平衡，其中 $F_C$ 为槽壁C点对球O'的作用， $F_D$ 为球O对球O'的作用， $P_{O'}$ 为球O'的重力。

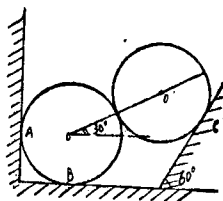


图 9-1

根据几何知识，不难得到 $F_C$ 、 $F_D$ 、 $P_{O'}$ 三力间相互的夹角为 $120^\circ$

故  $F_C = F_D = P_{O'} = 10$ 公斤 (数值上)

- (b) 对于球O来说：

受有球O'的压力 $F_{D'}$  ( $F_{D'} = -F_D$ )，壁上作用于A、B的压力 $F_A$ 、 $F_B$ 和重力 $P_O$ 而平衡。以球心O为坐标原点，建立坐标系。

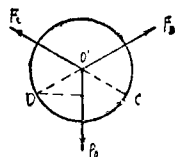


图 9-2

在x轴方向  $F_A - F_{D'} \cdot \cos 30^\circ = 0$

在y轴方向  $F_B - F_{D'} \cdot \sin 30^\circ$

$$-P_O = 0.$$

$$\therefore F_A = F_{D'} \cdot \cos 30^\circ = 5\sqrt{3} \text{ (公斤)}$$

$$F_B = F_{D'} \cdot \sin 30^\circ + P_O$$

$$= 15 \text{ (公斤)}$$

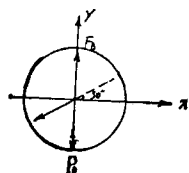
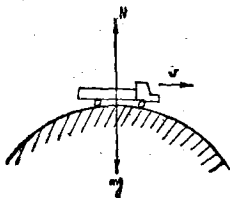


图 9-3

9. 分析汽车在以速度 $V$ 驶过凸形桥最高点时的情况。

解：对凸桥，因为这时轨迹园中心在下面，所以向心加速度向下，向心力也向下，向心力乃是 $mg$ 和 $N$ 的合力。



$$\text{故 } mg - N = m \cdot \frac{V^2}{R}$$

$$\therefore N = mg - m \frac{V^2}{R}$$

图10

上式说明，这时汽车对地的压力 $N' = -N$ ，小于汽车的重量，汽车的速度越大压力越小。

当  $m \cdot \frac{V^2}{R} = mg$  也就是  $V = \sqrt{Rg}$  时  $N = 0$ ，这时汽车对凸桥的压力 $N'$ 也为0。

当  $m \frac{V^2}{R} > mg$  即  $V > \sqrt{Rg}$  时， $N < 0$ ，好象桥给汽车一个向下的力（引力），事实上这是不可能的，这时汽车会离开桥，“飞”起来（这种运动相当于平抛运动）

注：对于凹桥的情况，也要会讨论。

10. 如图11所示，小球从斜面顶上滑下后，又沿园形轨道上升，到A点，设到A时的速度为 $V$ ，求这时轨道和小球之间的压力。小球这时的速度是多少，才不致离开轨道？

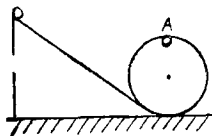


图 11 解：经过A点时，轨迹园的园心在下面，所以向心加速度向下，向心力也向下，小球受重力 $mg$ 和向下的压力 $N$ ，则

$$mg + N = m \cdot \frac{V^2}{R}$$

$$N = m \cdot \frac{V^2}{R} - mg = m \left( \frac{V^2}{R} - g \right)$$

上式说明：小球的速度越大，小球和圆形轨道间的压力越大。

当  $m \frac{V^2}{R} = mg$ ，也就是  $V = \sqrt{Rg}$  时  $N = 0$

当  $m \frac{V^2}{R} < mg$  也就是  $V < \sqrt{Rg}$  时， $N < 0$ ，实际上轨道不可能给小球向上的作用力，这时小球就会离开轨道，所以要小球不离开轨道，速度  $V \geq \sqrt{Rg}$

注解：与这类似的题目，如“用绳长  $l$  系住一盛水水桶，使桶在竖直平面内作匀速圆周运动，求水对桶底的压力”等，可用类似的方法去处理。

11. 如图12，长30厘米的细绳一端栓一个重100克的砝码，另一端握于手中，使砝码在竖直平面内以2转/秒的角速度做匀速圆周运动，求砝码运动到图中所示各点时，绳所承担的力？

解：设砝码运动到最高点A时，绳所受的拉力是  $F_1$ ，则它在这点受到的向心力是绳的向下的拉力  $F_1$  和重力  $mg$  的合力。即：

$$F_1 + mg = m \omega^2 R \quad (R \text{ 是绳长})$$

$$\text{又} \because \omega = 2\pi n$$

$$\therefore F_1 = m 4\pi^2 n^2 R - mg$$

代入数值后，解得  $F_1 = 382.9$  克

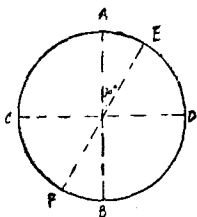


图 12

当砝码运动到处于水平线上的D点时，（C点与之相同），设绳所受到的拉力为 $F_2$

则重力对向心力无贡献。

$$\therefore F_2 = m\omega^2 R = m4\pi^2 n^2 R \quad \text{解之得 } F_2 = 482.9 \text{克}$$

当砝码运动到最低点B时，有：

$$F_3 - mg = m\omega^2 R \quad \therefore F_3 = m4\pi^2 n^2 R + mg$$

$$\text{故 } F_3 = 582.9 \text{克}$$

当砝码运动到E点时，重力对向心力的贡献为沿线的方向的分力。

$$\therefore F_E + mg \cdot \cos 30^\circ = m\omega^2 R$$

$$\therefore F_E = m4\pi^2 n^2 R - mg \cdot \cos 30^\circ = 396.3 \text{克}$$

在F点的情况，考虑的方法与在E点的相似。

12. 为了测量机车的负载，在机车与车厢间置一测力计，在2分钟内测力计的平均示数为100.8吨，在这段时间内列车由静止到以57.6公里/小时的速度运动。设车厢所受阻力为它本身重量的2%，求车厢的重量。

解：在2分钟内，列车的平均加速度为

$$\begin{aligned} \bar{a} &= \frac{57.6 \text{公里/小时} - 0}{2 \times 60 \text{秒}} \\ &= \frac{16 \text{米/秒}}{120 \text{秒}} \\ &= \frac{2}{15} \text{米/秒}^2 \end{aligned}$$

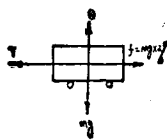


图 13

测力计的示数，即为车厢受到的牵引力，设车厢本身的重量为 $mg$ ，那么依牛顿第二定律，有：

$$T - mg \times 2\% = m\bar{a}$$



$$\therefore m(g \times 0.02 + a) = T$$

$$\text{故 } m = \frac{T}{g \times 0.02 + a}$$

代入数据，注意单位的统一

$$\therefore m = \frac{100.8 \times 10^3 \times 9.8}{9.8 \times 0.02 + \frac{2}{15}} = \frac{100.8 \times 10^3 \times 9.8}{0.329} \text{ (牛顿)}$$

$$\approx 3.0025 \times 10^8 \text{ (公斤)} \approx 3002.5 \text{ (吨)}$$

即车厢的重量是3002.5吨。

13. 如图所示，有两个质量都是M的重物，用一根跨过定滑轮的绳子把它们连接起来，在其中一个重物上放上一个质量是m的附加重物C。问：

- (1) 它们将以多大的加速度运动？
- (2) 绳子的张力是多大？
- (3) 附加重物m加在M上的力是多大？（设滑轮和绳子的质量、空气的阻力都可以不计。）

解：A物体受有重力 $M_A g$ 和绳子张力T

B物体受有重力 $M_B g$ ，绳子的张力 $T'$ 和C物体对它的压力 $N_C$

C物体受有重力 $m_C \cdot g$ 和B物体对它的弹力 $N'_B$

根据牛顿第三定律  $T = T'$   $N_C = N'_B$ ，并注意到  $M_A = M_B$ ，设它们运动的共同加速度是a，则依牛顿第二定律

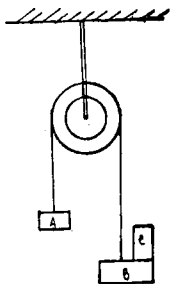


图 14-1

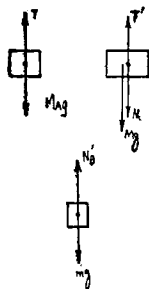


图 14-2