

周玉仁 吴育杭 杨承久 编

# 高中物理 难题巧解

兰州大学出版社

# 高中物理难题巧解

周玉仁 吴育杭 杨承久 编

兰州大学出版社

## 内 容 提 要

本书依据现行高中物理课本和高考考试说明,在研究和掌握近几年高考试题的发展变化的基础上,根据不同知识块中各考点的变化过程和冷热状况,选择百余道具有典型代表性的题目作为题例,通过对题例的分析、解答和评注,使读者对高考物理试题中的中、高档各类问题的处理都有章可循、思路明确。全书在构思上十分注意知识内容的系统性和专题性、解题方法的基本性和技巧性的关系,同时更重视思维方法的渗透,以使读者思维活跃、多向,能应付各种情况。本书选材精练,说理透彻,实用性强。可供高中毕业班学生复习使用,也可供高中教师教学参考、高中学生伴读。

本书在每道题例之后,配有相应的思考性强、新颖灵活、难易适当的练习,并附有答案或提示。

### 高中物理难题巧解

周玉仁 吴育杭 杨承久 编

兰州大学出版社出版

兰州市天水路216号 电话:8883156 邮编:730000

---

江苏省丹徒县印刷厂印刷 江苏省新华书店发行  
开本:787×1092毫米 1/32 印张:11.5

---

1996年1月第1版 1996年12月第2次印刷  
字数:260千字 印数:20001—30000册

---

ISBN 7-311-00952-9/G·341 定价:10.20元

# 目 录

|     |                                         |       |
|-----|-----------------------------------------|-------|
| 第一章 | 物体的平衡(题 1—题 9,练习 1—27) .....            | (1)   |
| 第二章 | 物体的运动(题 10—题 27,练习 28—78)<br>.....      | (26)  |
| 第三章 | 机械能和动量(题 28—题 51,练习 79—155)<br>.....    | (74)  |
| 第四章 | 热现象(题 52—题 62,练习 156—199)<br>.....      | (149) |
| 第五章 | 电场和磁场(题 63—题 82,练习 200—261)<br>.....    | (176) |
| 第六章 | 电路和电磁感应(题 83—题 105,练习<br>262—351) ..... | (230) |
| 第七章 | 光现象(题 106—题 118,练习 352—389)<br>.....    | (297) |
| 第八章 | 物理实验(题 119—题 125,练习 390—419)<br>.....   | (332) |
| 附录  | 练习参考答案.....                             | (354) |

# 第一章 物体的平衡

## 概述

中学物理中的物体的平衡是指两类：一类是在共点力作用下的物体的平衡，其平衡条件是物体所受的合外力为零，即  $F_{\text{合}}=0$ ；另一类是有固定转动轴的物体的平衡，其平衡条件是物体所受的合力矩为零，即  $M_{\text{合}}=0$  或  $M_{\text{顺}}=M_{\text{逆}}$ 。

题1 质量为  $m$  的圆球，放在倾角为  $\alpha$  的光滑斜面上，如图 1-1 所示，求球对挡板和球对斜面的压力。

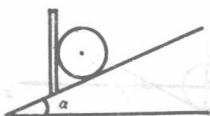


图 1-1

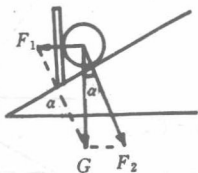


图 1-2

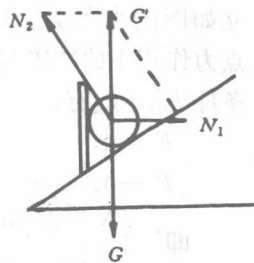


图 1-3

〔思路〕 本题是球受重力、挡板对球的弹力和斜面对球的弹力三个力作用下的物体平衡问题。本题的解法思路有两种：一种是利用力的分解；另一种是利用共点力作用下的物体的平衡条件。

解法1：如图 1-2 所示，按重力  $G$  的两个作用效果分解，一是压紧挡板的力  $F_1$ ，其大小等于球对挡板的压力；二是压

紧斜面的力  $F_2$ , 其大小等于球对斜面的压力。

由图可知:

$$F_1 = G \tan \alpha,$$

$$F_2 = G / \cos \alpha.$$

因此, 球对挡板的压力为  $G \tan \alpha$ , 球对斜面的压力为  $G / \cos \alpha$ 。

**解法 2:** 选取球为研究对象, 受力分析如图 1-3 所示。根据共点力作用下物体的平衡条件是合外力为零可知:  $N_1$  和  $N_2$  的合力  $G'$  与  $G$  大小相等, 方向相反。

由图可知:

$$N_1 = G' \tan \alpha = G \tan \alpha,$$

$$N_2 = G' / \cos \alpha = G / \cos \alpha.$$

**解法 3:** 选取球为研究对象, 受力分析如图 1-4 所示, 建立如图的直角坐标系, 据共点力作用下的物体的平衡的条件  $F_{\text{合}} = 0$ , 有:

$$\begin{cases} F_x = 0, \\ F_y = 0, \end{cases}$$

$$\text{即} \begin{cases} N_1 - N_2 \sin \alpha = 0, \\ N_2 \cos \alpha - G = 0. \end{cases}$$

由此解得:

$$N_1 = G \tan \alpha,$$

$$N_2 = G / \cos \alpha.$$

因此, 球对挡板和斜面的压力分别为  $G \tan \alpha$  和  $G / \cos \alpha$ 。

**[评注]** (1) 受力分析是求解力学题的关键。它的主要步骤是: 首先确定研究对象, 然后依次分析重力、弹力、摩擦力, 在分析重力时要注意三个问题: 一是重力是由于地球的吸

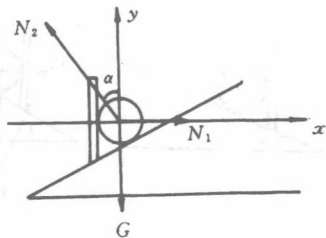


图 1-4

引而产生的,但重力不就是万有引力,因为万有引力还要提供物体随地球自转时所需的向心力;二是重力的方向是竖直向下,它不一定垂直于接触面;三是重力的作用点即重心,一个物体的重心是随着它形状、质量分布的不同而改变的,重心可以在物体上,也可以在物体外,例如一根直铁丝的重心在铁丝上,当把它弯成圆时重心就到铁丝外了。

(2) 本题的三种解法实际上就是力的三种处理方法:分解法、合成法和正交分解法。一般情况下,物体受三个以内的力作用,用分解法和合成法较简便。应用正交分解法时要注意坐标轴的选择,一般原则是在坐标轴上的力越多越好。

(3) 本题中挡板放置的方向不同,结论也不同。例如,挡板垂直斜面放置时,  $N_1 = G \sin \alpha$ ,  $N_2 = G \cos \alpha$ ; 挡板水平放置时  $N_1 = G$ ,  $N_2 = 0$ 。

## 练习

1. 质量都是  $m$ , 半径都是  $R$  的两个光滑圆柱体  $A$  和  $B$ , 放在一个宽  $3R$  的光滑槽内, 如图 1-5 所示, 则  $A$  圆柱体对槽壁和对  $B$  圆柱体的压力分别是 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。



图 1-5

2. 如图 1-6 所示, 在一细绳  $C$  点系住一重物  $P$ , 细绳两端  $A$ 、 $B$  分别固定在墙面上, 使  $AC$  保持水平,  $BC$  与水平方向成  $30^\circ$  角。已知细绳最大只能承受 200 牛的拉力, 那末  $C$  点悬挂物的重力最多为 \_\_\_\_\_ 牛。这时细绳的 \_\_\_\_\_ 段即将断裂。

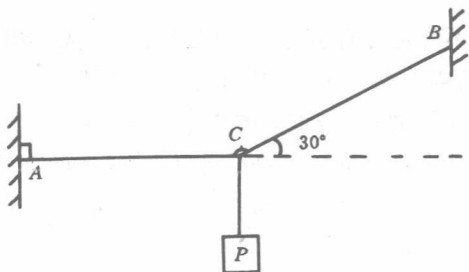


图 1-6

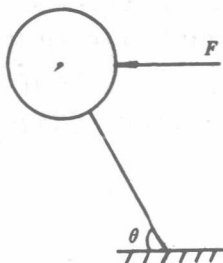


图 1-7

3. 氢气球重 10 牛, 空气对其浮力 16 牛, 由于受水平风力的作用, 使系氢气球的绳子和地面的夹角  $\theta = 60^\circ$ , 如图 1-7 所示, 由此可知, 绳子拉力为\_\_\_\_牛, 水平风力为\_\_\_\_牛。

**题 2** 如图 1-8 所示, 一个箱子放在水平地面上, 箱内有一固定的竖直杆。在杆上套着一个环, 箱和杆的质量为  $M$ , 环的质量为  $m$ 。已知环沿着杆加速下滑。环和杆的摩擦力的大小为  $f$ , 则此时箱对地面的压力( )。

- (A) 等于  $Mg$ ; (B) 等于  $(M+m)g$  (C) 等于  $Mg+f$   
(D) 等于  $(M+m)g-f$  (E) 无法确定

**[思路]** 本题是相互作用的两个物体的平衡问题, 首先取箱为研究对象, 根据力的平衡得出地面对箱的支持力, 再由牛顿第三定律得出箱对地面的压力。

**解:** 取箱为研究对象, 受力分析如图 1-9 所示, 据力的平衡有:

$$N = Mg + f.$$

根据牛顿第三定律, 箱对地面的压力大小为  $N' = N = Mg + f$ , 方向向下。

因此, 本题的答案应选(C)。

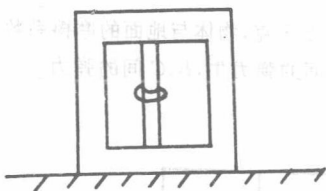


图 1-8

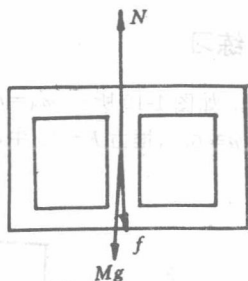


图 1-9

【评注】 (1) 箱对地面的压力属弹力。弹力总是出现在两个物体的接触处，有几个接触处的物体就可能有几个弹力，这里讲的“可能有”，是还要看接触处物体间有无因挤压作用而产生的形变，有形变才有弹力。具体判断接触处有无弹力可以应用“假设法”。所谓假设法就是假设接触处有(或无)弹力，看物体的运动状态是否改变，若物体的运动状态改变，则假设不成立，反之成立。

(2) 弹力的方向总是垂直于它们的接触面的。具体来说：如果接触处的一方是平面(另一方是平面、曲面、点都可以)，则弹力方向一定垂直于这个平面；如果接触处的一方是曲面(另一方是曲面、点都可以)，则弹力方向一定垂直于曲面在接触点的切面。如果接触处是质量不计的细绳或轻杆与物体连接，则弹力的方向总是与绳或杆在同一直线上。

(3) 在有两个研究对象的题目中，如果两个研究对象之间有相对加速度，则这两个研究对象不能看成一个整体。如果两个研究对象相对静止或作匀速直线运动，即没有相对加速度，两个研究对象可以看成是一个整体。例如本题中，环改作匀速运动，即  $f = mg$ ，压力等于  $Mg + mg$ ，这和将两个物体看成一个整体的结论相同。

# 练习

4. 如图 1-10 所示,  $m_A = m_B = m_C = 2$  千克, 物体与地面的摩擦系数均为  $\mu = 0.5$ , 推力  $F = 15$  牛, 则 A、B 间的弹力牛, B、C 间的弹力 \_\_\_\_\_ 牛。

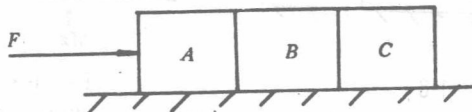


图 1-10

5. 如图 1-11 所示, 放置在地面上的直角劈质量为  $M$ , 上有一质量为  $m$  的物体, 若  $m$  在其上匀速下滑而直角劈仍保持静止, 则直角劈对地面的压力为 \_\_\_\_\_, 地面对直角劈的摩擦力为 \_\_\_\_\_。

6. 如图 1-12 所示, 滑轮与绳子的质量和摩擦均不计, 人的重为  $G_1$ , 平板的重为  $G_2$ , 当人和平板一起匀速下滑时, 人对绳的拉力为 \_\_\_\_\_, 人对平板的压力为 \_\_\_\_\_。

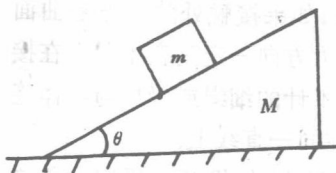


图 1-11

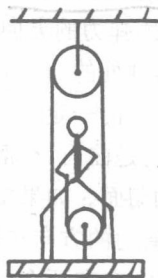


图 1-12

**题 3** 如图 1-13 所示, 质量为  $m$  的滑块, 放在倾角的  $\alpha$  的传送带上, 随带一起向上作匀速运动, 试分析滑块所受的摩擦力。

[思路] 本题是关于摩擦力的大小和方向确定的问题。

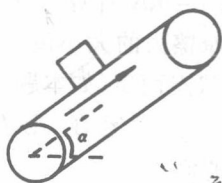


图 1-13

注意物体运动

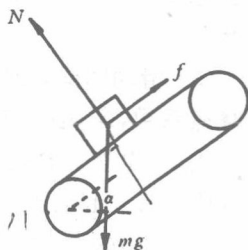


图 1-14

首先对滑块进行受力分析,然后根据共点力作用下的物体的平衡条件确定摩擦力的大小和方向。

**解:** 对滑块的受力分析如图1-14 所示。根据力的平衡有:

$$f = mgsin\alpha,$$

因此,滑块所受的摩擦力为静摩擦力,大小为  $mgsin\alpha$ ,方向沿皮带向上。

[评注] (1) 摩擦力的产生有三个条件:一是接触处有弹力;二是接触处粗糙;三是有相对运动趋势或相对运动。摩擦力的方向与相对运动或相对运动趋势方向相反,但与物体的运动方向无关,如本题物体的运动方向向上,摩擦力的方向可能向上也可能向下。

(2) 摩擦力可以分为两大类:一类是静摩擦力,它指接触处没有发生相对运动,但不是指物体处于静止状态。静摩擦力也可以作用在运动的物体上,如本题滑块受到的摩擦力就是静摩擦力。另一类是滑动摩擦力,它指接触处有相对运动,但不是指物体处于运动状态。滑动摩擦力也可以作用在静止物体上,如图 1-15 所示,当用力

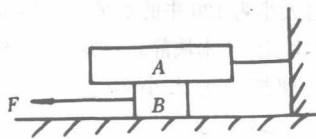


图 1-15

将  $B$  从  $A$  下拉出的过程中,物体  $A$  受到的摩擦力就是滑动摩擦力。

(3) 滑动摩擦力的大小可以由公式  $f = \mu N$  计算,式中  $\mu$  是摩擦系数,  $N$  是接触面间的弹力;静摩擦力的大小没有计算公式,它由外力的大小和物体的运动状态而定,如本题中,若滑块随带一起向上作加速度为  $a$  的匀加速运动,则  $f = m(a + g \sin \alpha)$  的大小就决定于加速度  $a$  的值。

(4) 摩擦力不一定是阻力,它可以是动力。 $f$  的方向沿斜面向上,与物体的运动方向相同, $f$  是动力。

### 练习

7. 下列关于物体受静摩擦力作用的叙述中,正确的是( )。

- (A) 静摩擦力的方向一定与物体的运动方向相反
- (B) 静摩擦力的方向不可能与物体的运动方向相同
- (C) 静摩擦力的方向可能与物体的运动方向垂直
- (D) 静止物体所受静摩擦力一定为零

8. 绕过轻滑轮的细绳,两端系有  $A$  和  $B$  两个物体,如图 1-16 所示, $A$  的重为 5 牛, $\theta$  等于  $37^\circ$ ,摩擦系数为 0.4,若要使  $A$  在斜面上做匀速运动, $B$  的重为\_\_\_\_\_牛。

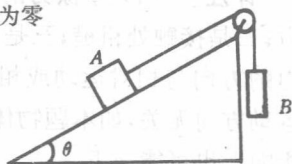


图 1-16

9. 如图 1-17 所示,一重为 100 牛的木块放在倾角  $53^\circ$  的斜面上,现用大小为 120 牛的水平力  $F$  作用在木块上,若木块静止,则斜面对木块的摩擦力的大小为\_\_\_\_\_牛,方向\_\_\_\_\_。

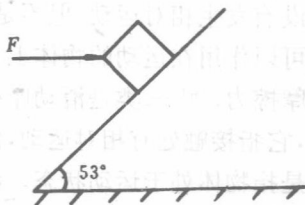


图 1-17

**题4** 如图 1-18 所示,质量为  $m$  的均匀细杆  $AB$  静止在光滑的半球形容器中,设杆与水平成  $\alpha$  的夹角,则在  $A$  点给杆的支持力为多大? 容器上  $C$  点给杆的支持力为多少?

**[思路]** 本题是杆在三个力的作用下的平衡问题。此题的关键是抓住这三个力必定是共点力。

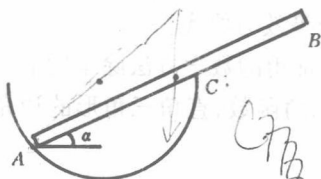


图 1-18

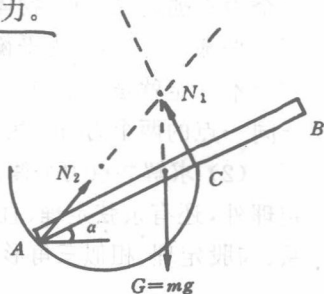


图 1-19

**解:** 对杆的受力分析如图 1-19 所示,由于杆在三个非平行力的作用下处于平衡状态,所以这三个力必定共点。根据力的平衡有:  $A$  点和  $C$  点对杆的支持力  $N_2$ 、 $N_1$  的合力  $F$  与重力  $G$  大小相等,方向相反,如图 1-20 所示。

由图 1-20 所示,据正弦定理有:

$$\frac{mg}{\sin(90^\circ + \alpha)} = \frac{N_2}{\sin \alpha},$$

$$\frac{mg}{\sin(90^\circ + \alpha)} = \frac{N_1}{\sin(90^\circ - 2\alpha)}.$$

由此可得:

$$N_1 = \frac{mg \cos 2\alpha}{\cos \alpha},$$

$$N_2 = mg \tan \alpha.$$

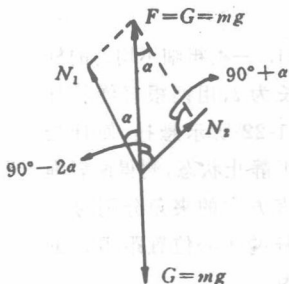


图 1-20

〔评注〕 (1) 一个物体如果受三个非平行力作用而处于平衡状态,这三个力的作用线一定共点。因为任何两个力的作用线都有一个交点,以这个交点为轴,如果第三个力通过这一点,物体所受外力的合力矩为零,物体处于平衡状态,如果第三个力不通过这一点,物体所受外力的合力矩不为零,物体就不能平衡。因此,三力平衡必共点。必须指出:三力平衡中的三力不一定就是三个力,而是具有三个力的作用点。某些作用于同一点的两个力可以用一个等效力取代。

(2) 求解共点力平衡问题常用的数学方法除本题的正弦定理外,还有余弦定理、直角三角函数、直角三角形的边角关系、勾股定理、相似三角形等。

### 练习

10. 重力为  $G$  的匀质杆一端放在粗糙的水平面上,另一端栓在一条水平的绳子上,杆与水平面成  $\alpha$  角,如图 1-21 所示,已知水平绳中的拉力大小为  $T$ ,则地对杆下端  $O$  点的作用力为多少? 方向如何?

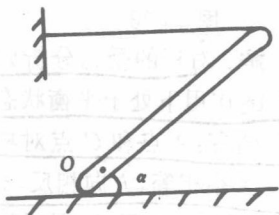


图 1-21

11. 一根粗细不均匀的杆  $AB$ , 长为  $l$ , 用两根轻绳将杆如图 1-22 所示悬挂, 使杆处于水平静止状态, 测得两轻绳与竖直方向的夹角分别为  $\alpha$ 、 $\beta$ , 则杆的重心位置距  $B$  端的距离为\_\_\_\_\_。

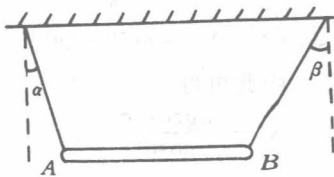


图 1-22

12. 光滑均匀直棒 AB 长为 0.4 米, 重为 1 牛, 静止在容器中, 如图 1-23 所示, 棒与水平夹角为  $37^\circ$ , 伸出容器口外的棒长为 0.1 米, 则棒下端 B 点受到的力大小、方向如何?

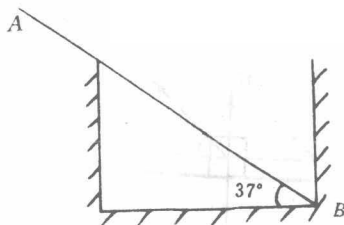


图 1-23

**题 5** 一物体质量为  $m$ , 与水平地面间的滑动摩擦系数为  $\mu$ , 用力拉物体在水平面上匀速滑动, 求最小拉力。

**[思路]** 本题是关于力的平衡的极值大小的计算问题。拉力在水平方向上的分力应等于摩擦力, 摩擦力的大小与正压力有关, 拉力在竖直方向上的分力越大, 正压力越小, 摩擦力越小, 因此, 拉力与水平方向的夹角取一合适值时, 拉力有最小值。

**解法 1:** 对物体的受力分析如图 1-24 所示。根据力的平衡有:

$$F \cos \alpha = \mu N,$$

$$F \sin \alpha + N = mg.$$

$$\text{消去 } N \text{ 后得: } F = \frac{\mu mg}{\mu \sin \alpha + \cos \alpha}.$$

$$\text{令 } \mu = \tan \theta, \text{ 则}$$

$$F = \frac{mg \sin \theta}{\sin \theta \sin \alpha + \cos \theta \cos \alpha} = \frac{\sin \theta}{\cos(\theta - \alpha)} mg.$$

当  $\alpha = \theta$  时,  $\cos(\theta - \alpha) = 1$  为最大,  $F$  有最小值, 即:

$$F_{\min} = mg \sin \theta = \frac{\mu}{\sqrt{\mu^2 + 1}} mg,$$

$$\alpha = \tan^{-1} \mu.$$

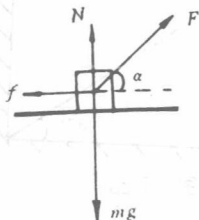


图 1-24

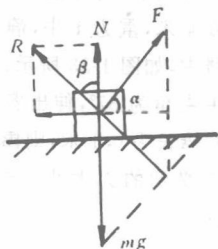


图 1-25

**解法 2:** 采用作图解析法。首先将支持力  $N$  和摩擦力  $\mu N$  合成为合力  $R$ 。  $R = N \sqrt{\mu^2 + 1}$ ,  $\tan \beta = \frac{\mu N}{N} = \mu$  ( $\beta$  为  $R$  和竖直方向的夹角), 如图 1-25 所示。

物体在  $R$ 、 $F$ 、 $mg$  三力作用下处于平衡状态, 则三个力的合力应为零, 即  $F$ 、 $mg$  二力的合力应与  $R$  大小相等, 方向相反, 如图 1-25 所示。从图中可知, 要使  $F$  最小,  $F$  必须与  $R$  垂直, 即:

$$F_{\min} = mg \sin \beta = \frac{\mu}{\sqrt{\mu^2 + 1}} mg,$$

$$\alpha = \beta = \tan^{-1} \mu.$$

因此, 最小的拉力为  $\frac{\mu}{\sqrt{\mu^2 + 1}} mg$ , 方向与水平成  $\alpha = \tan^{-1} \mu$  的夹角。

**[评注]** (1) 解法 1 是分析极值问题的普遍方法, 但有时数学过程较繁。运用时注意以下几点: ① 函数式中只能存在一个自变量; ② 函数表达式有无极值存在; ③ 自变量的变化范围。解法 2 是应用图解的方法求解极值问题的, 这种方法直观, 并能看出力的变化趋势。如本题, 当  $\alpha$  角增大时,  $F$  先减小后增大,  $R$  一直减小。但这种方法一般只能用于物体受三个

共点力作用的情况,并要已知三个力中一个力的大小、方向和另一个力的方向。应用时注意以下几点:① 正确判断某一分力的方向变化;② 注意某一分力方向变化的空间范围。

(2) 如将题中的  $F$  改为推力,如图 1-26 所示,则:  $F\cos\alpha = \mu N$ ,  $N = F\sin\alpha + mg$ , 所以  $F =$

$$\frac{\mu mg}{\cos\alpha - \mu\sin\alpha}.$$

当  $\cos\alpha = \mu\sin\alpha$ , 即  $\tan\alpha = \mu$  时,  $F$  无穷大。它的物理意义是:

当  $\tan\alpha = \mu$  时,无论  $F$  多大也不能使物体做匀速运动。

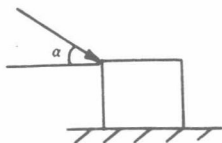


图 1-26

### 练习

13. 如图 1-27 所示,一个重为  $G$  的匀质球放在光滑的斜面上,斜面倾角为  $\alpha$ ,在斜面上有一光滑的不计厚度的木板挡球,使之处于静止状态,现将板与斜面夹角  $\beta$  缓慢增大,则在此过程中,当  $\beta$  等于\_\_\_\_\_时,球对板的弹力最小,最小值是\_\_\_\_\_。

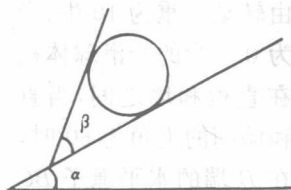


图 1-27

14. 用两根绳子系住一重物,如图 1-28 所示,绳  $OA$  与天花板夹角  $\theta$  不变,当用手拉住绳  $OB$  的  $B$  端使绳由水平缓慢向竖直方向移动的过程中,  $OB$  绳所受拉力的情况是\_\_\_\_\_。

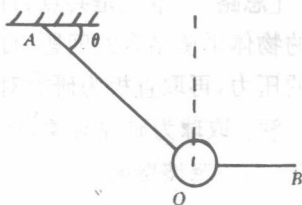


图 1-28