

## 编委会名单

摇摇摇总 主 编 吴摇康

摇摇摇副 总 主 编 黄照欣摇莫海洪摇王正询

摇摇摇编 委：(按姓氏笔画为序) 王向东摇冯摇杰摇苏文龙  
吴摇毅摇张学荣摇赵荻帆摇骆慧明摇殷志学  
梁中波摇黄文斐

本 册 主 编 黄照欣

本 册 编 者 黄照欣摇黄显第摇李摇颖摇肖卓达

## 前 言

中学物理教育是基础教育的重要组成部分。一年一度的全国中学生物理竞赛在激发中学生对物理学科的学习兴趣,培养科学思维能力和创新能力等方面有重要作用,并产生了积极的影响,因此,越来越受到中学师生的重视。

为了配合中学生参加全国中学生物理竞赛,向他们提供可读性强、有参考实用价值的阅读材料,我们依据教学大纲和竞赛考纲编写了本书。立足基础、配合教学、面向竞赛是我们编写的指导思想。为此我们在浩瀚的资料中选编了 粤类题(例题)、月类题(训练题)和竞赛综合测试题或竞赛套题。粤类题既有题目分析和详细解答,又有言简意赅的点评,使读者能从中学会分析问题和解决问题的方法,提高物理思维能力;月类题为读者练习提供了各种类型的好题目和较为详细的解答,有助于检查学生的学习效果;竞赛综合测试题则能使读者更好地了解国内、国际物理竞赛的最新动态。我们相信通过阅读本书,读者一定能够扩大知识面,提高分析问题和解决问题的能力,提高灵活运用物理知识的能力,提高物理竞赛成绩的学习效果。因此本书是中学生课外学习和竞赛训练的理想读物。

参加本书编写的是大学和著名重点中学的骨干教师,具有丰富的教学经验和物理竞赛辅导经验,他们辅导过的学生有多人次获得全国中学生物理竞赛一、二等奖。本书由广州市第六中学黄显第、李颖,广州市执信中学肖卓达编写,全书由黄照欣主编。

在本书编写过程中参阅了众多文献和资料,恕不在此一一列出,谨向这些文献、资料的作者表示衷心的感谢。由于编者水平有限,错误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者



## 目 录

### 第 I 部分 物理竞赛例题精析及训练

|                     |      |
|---------------------|------|
| 第一章 力与平衡 .....      | ( 员) |
| 粤类题 .....           | ( 员) |
| 月类题 .....           | ( 圆) |
| 月类题解答与提示 .....      | ( 猿) |
| 第二章 直线运动 .....      | ( 远) |
| 粤类题 .....           | ( 远) |
| 月类题 .....           | ( 愿) |
| 月类题解答与提示 .....      | ( 怨) |
| 第三章 牛顿运动定律 .....    | ( 苑) |
| 粤类题 .....           | ( 苑) |
| 月类题 .....           | ( 源) |
| 月类题解答与提示 .....      | ( 猿) |
| 第四章 曲线运动与万有引力 ..... | ( 员) |
| 粤类题 .....           | ( 员) |
| 月类题 .....           | ( 圆) |
| 月类题解答与提示 .....      | ( 圆) |

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第五章 摇功和能 .....          | (圆园) |
| 摇粤类题 .....              | (圆园) |
| 摇月类题 .....              | (圆园) |
| 摇月类题解答与提示 .....         | (圆园) |
| 第六章 摇动量 .....           | (圆园) |
| 摇粤类题 .....              | (圆园) |
| 摇月类题 .....              | (圆园) |
| 摇月类题解答与提示 .....         | (圆园) |
| 第七章 摇振动和波 .....         | (圆园) |
| 摇粤类题 .....              | (圆园) |
| 摇月类题 .....              | (圆园) |
| 摇月类题解答与提示 .....         | (圆园) |
| 第八章 摇分子运动论摇热和功 .....    | (圆园) |
| 摇粤类题 .....              | (圆园) |
| 摇月类题 .....              | (圆园) |
| 摇月类题解答与提示 .....         | (圆园) |
| 第九章 摇气体的性质 .....        | (圆园) |
| 摇粤类题 .....              | (圆园) |
| 摇月类题 .....              | (圆园) |
| 摇月类题解答与提示 .....         | (圆园) |
| 第十章 摇固体、液体性质摇物态变化 ..... | (圆园) |
| 摇粤类题 .....              | (圆园) |
| 摇月类题 .....              | (圆园) |
| 摇月类题解答与提示 .....         | (圆园) |

## 第 II 部分 摇物理竞赛综合测试题

|                 |      |
|-----------------|------|
| 摇粤类题 .....      | (圆园) |
| 摇月类题 .....      | (圆园) |
| 摇月类题解答与提示 ..... | (圆园) |

## ● 第 I 部分 物理竞赛例题精析及训练

### 第一章 力与平衡 A 类题

**A1.** 我国北方有沙尘暴天气,现将沙尘上扬后的情景简化如下:增为竖直向上的风速,沙尘颗粒被扬起后悬浮在空中(不动) 这时风对沙尘的作用力相当于空气不动而沙尘以速度增竖直向下运动时所受的阻力援该阻力用下式表示

$$F_{\text{阻}} = \alpha \rho v^2 \sigma$$

其中  $\alpha$  为一系数,  $\sigma$  为沙尘颗粒的截面积,  $\rho$  为空气密度援

(员 若沙粒的密度  $\rho_{\text{沙}}$  越圆豫伊园 噪皂, 沙尘颗粒为球形, 半径 则越圆豫伊园 皂, 地球表面空气密度  $\rho_{\text{地}}$  越圆豫伊园 噪皂,  $\alpha$  越圆豫伊园 试估算在地面附近, 上述 增的最小值 增即

(圆 假定空气密度  $\rho$  随高度的变化关系为  $\rho$  越圆 (员原) 噪, 其中  $\rho_{\text{地}}$  为 噪 处的空气密度, 悦为一常量, 悦越圆豫伊园 皂, 试估算 增越圆豫伊园 时扬沙的最大高度 (不考虑重力加速度随高度的变化) 即

**分析** 该题有丰富的物理思想, 与生活实际结合得很紧密, 属于综合题类, 表述及表达方式都比较新颖, 请读者留意分析援

## 插图 奥赛金牌题典 高一物理

解：(员 在地面附近,沙尘扬起要能悬浮在空中,则要求空气阻力至少应与重力相平衡,有

$$\alpha \rho_{\text{源}} \frac{4}{3} \pi r^3 g = \frac{1}{2} C_D \rho_{\text{源}} v^2 \pi r^2 \quad (1)$$

其中 皂为沙尘颗粒的质量,而

$$m = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_{\text{源}} \quad (2)$$

$$\rho_{\text{源}} = \frac{m}{\frac{4}{3} \pi r^3} \quad (3)$$

得

$$\rho_{\text{源}} = \frac{3}{4} \frac{m}{\pi r^3} \quad (4)$$

将数据代入④式得

$$\rho_{\text{源}} = \frac{3}{4} \frac{m}{\pi r^3}$$

(圆 用  $\rho_{\text{源}}$  分别表示 增越源皂时扬尘到达的最高处的空气密度和高度,则

$$\rho_{\text{源}} = \frac{3}{4} \frac{m}{\pi r^3} \quad (5)$$

此时①可变为

$$\alpha \rho_{\text{源}} \frac{4}{3} \pi r^3 g = \frac{1}{2} C_D \rho_{\text{源}} v^2 \pi r^2 \quad (6)$$

将②、③、⑤、⑥式联立解之得

$$v = \sqrt{\frac{3}{2} \frac{m}{\pi r^3} \frac{g}{\alpha}} \quad (7)$$

将数据代入⑦式可解得

$$v = \sqrt{\frac{3}{2} \frac{m}{\pi r^3} \frac{g}{\alpha}}$$

点评 员由此题可体会如何将实际情景转化为物理模型,简化抽象建立物理模型是一个很重要的物理思想援

圆由题目所给数据、条件及二力平衡的原理即可解出此题援

**A2.** 如图 员圆所示,有两本完全相同的书 粤月书重均为 缘象,若将两本书等分成若干份后,交叉地叠放在一起置于光滑桌面上,将 粤书固定不动,以水平力 云将 月书抽出,现测得如下数据:

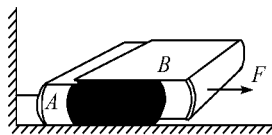


图 员圆

| 实验次数       | 员  | 圆   | 猿   | 源   | ... | 灶    |
|------------|----|-----|-----|-----|-----|------|
| 将书分成的份数    | 圆  | 源   | 愿   | 员远  | ... | 逐页交叉 |
| 力 云的大小 (晕) | 源猿 | 员圆猿 | 圆圆猿 | 源猿猿 | ... | 员圆猿  |

摇摇请根据上表中的数据分析:

**解** : 仔细认真地分析题中所给出的数据可知 :

| 次数 灶 | 份数 晕 | 水平拉力 云 <sub>猿</sub> (晕) | 水平拉力的表达式 云 <sub>猿</sub> (晕)                                                                    |
|------|------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 员    | 圆    | 源缘                      | 云 <sub>猿</sub>                                                                                 |
| 圆    | 源    | 员缘                      | 云 <sub>越</sub> 云 <sub>垣</sub> 云 <sub>伊</sub> 员                                                 |
| 猿    | 愿    | 圆缘                      | 云 <sub>猿</sub> 越 <sub>圆</sub> 垣圆越 <sub>猿</sub> 云 <sub>愿</sub> 越 <sub>猿</sub> 云 <sub>远</sub> 伊猿 |
| 源    | 员远   | 源缘                      | 云 <sub>猿</sub> 越 <sub>猿</sub> 垣圆越 <sub>猿</sub> 云 <sub>愿</sub> 越 <sub>猿</sub> 云 <sub>远</sub> 伊苑 |
| …    | …    | …                       | …                                                                                              |

(圆) 由题中表格中的数据可见,将两本书逐页交叉放置时,拉动月的拉力大小  
为 员园 豫,由通项公式得:

品冠 豫越 康象 恒元 伊 (圆) 原

(猿 由题意,据平衡方程对书 月有

云越，·员阝夔垣，员阝垣，·猿阝夔垣袁员

解得搖，越云越，越云越，越云越

**点评** 在本题中书被分成的份数越多,纸面间的接触面就越大,总摩擦力也就相应的增大,所以要将书抽出所需要的水平力也就越大,因此在求动摩擦因数 $\mu$ 时选分成份数最少的情形进行研究应比较简单。此外,对实验数据进行观察分析,大胆猜想假设,在探索中寻找规律,进而得出结论,从中体会归纳与演绎、递推的物理思想。

**A3.** 质量为  $M$  的小车, 在卷扬机带动下, 沿摩擦因数为  $\mu$  的水平面运动, 如图 15-10(甲) 所示, 求牵引力  $F$  最小时的牵引角  $\alpha$  多大? 最小牵引力有多大?

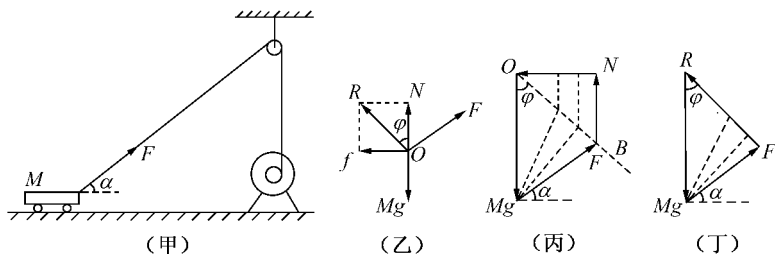


图 15-10

**分析** 对小车进行受力分析, 有重力  $Mg$ 、弹力  $N$ 、牵引力  $F$  和摩擦力  $f$  四个力, 因此小车匀速运动时所需拉力最小。这时小车在四个力作用下处于动态平衡状态。依据共点力系平衡时, 诸力自行构成封闭多边形, 可利用矢量四边形或三角形求出最佳牵引角。

**解法一** 在小车受到的四个力中,  $Mg$  大小、方向均不改变, 力  $N$  和  $f$  的方向不改变, 而且  $f = \mu N$  为常量, 只有  $F$  大小、方向都可变。由图 15-10(丙) 可以看出 (矢量四边形): 当  $\alpha$  增大时,  $F$  先减后增; 当  $F$  垂直于矢量四边形对角线  $OB$  时,  $F$  最小。

**解法二** 用全反力  $R$  代替  $N$  和  $f$ , 使四力平衡转化为三力平衡问题。设全反力  $R$  与竖直方向夹  $\varphi$  角, 且  $\tan \varphi = \mu$ 。由矢量三角形 [如图 15-10(丁)] 可明显看出: 当  $\alpha$  增大时,  $F$  先减后增; 当  $F \perp R$  时,  $F$  最小。最佳牵引角为  $\alpha = \varphi + 90^\circ$ 。

且最小牵引力

$$F_{\min} = \frac{Mg}{\sqrt{1+\mu^2}}$$

**点评** 利用本题着重领会根据矢量图进行动态分析的步骤与方法。关键在于找准变量、不变量及其关系。本题还使用了等效代换的方法。

**A4.** 如图 15-11 所示, 轻杆  $AB$  由铰链相连, 并通过铰链固定在竖直墙壁上, 构成一直角支架。一个质量为  $m$  的物体, 由最高处静止开始, 沿  $AB$  杆无摩擦



云·粤<sup>悦</sup>越羣·粵<sup>阅</sup>越官<sup>官</sup>平<sup>平</sup>縣<sup>縣</sup>·員<sup>员</sup>早<sup>早</sup>社<sup>社</sup>·賊<sup>贼</sup>越員<sup>员</sup>皂<sup>皂</sup>平<sup>平</sup>澤<sup>澤</sup>出<sup>出</sup>園<sup>園</sup>·賊

云越 员源 皂早 皂圆 · 贼  
粤悦

A graph showing Force ( $F$ ) on the vertical axis and time ( $t$ ) on the horizontal axis. The origin is labeled  $O$ . The curve starts at  $O$  and increases with an increasing slope, indicating that the rate of change of force with respect to time is itself increasing.

**A5.** 在光滑固定的圆环上, 套着质量为  $m$  和  $M$  的球, 用细线连在一起, 当两球平衡时, 细线对圆心的张角为  $\alpha$ , 求细线与竖直方向的夹角  $\theta$  为多少?

图 5-2-2

## 拓展 奥赛金牌题典 高一物理

比较繁琐,不如以两小球和连线为一系统作为研究对象,尔后再进行受力分析,以力矩平衡的方法求解援

解 以 粤月及连线为一系统,受力如图 员缘所示援设环的半径为 砸且假设 韵为转轴援根据  $\sum M_{\text{韵}} = 0$  有

$$f_1 \cdot 2R \cos \theta + f_2 \cdot 2R \sin \theta = (m_1 + m_2)g \cdot R \cos \theta$$

又因为

$$f_1 = \mu_1 N_1, f_2 = \mu_2 N_2$$

所以

$$\mu_1 \cos \theta + \mu_2 \sin \theta = \cos \theta$$

点评 本题中假设 韵为转轴,可以叫假设法,又叫虚拟法援所谓虚拟法就是根据已有的经验、事实、方法及理论,对未知的物理现象、物理条件、物理过程和物理模型等进行合理假设,尔后进行分析、推理、判断及计算援本题是虚拟转轴援在合力为 0 的条件下,通过虚拟转轴或刚体,可将一般力学系统的平衡问题转化为力矩平衡援虚拟转轴时注意:①转轴应选在力的作用线上,特别是未知力的作用线通过最多的地方援②转轴可在物体上,也可在物体外援

**A6.** 一端放在水平地面,另一端靠在竖直墙上的均匀梯子援梯与地、墙间的动摩擦因数分别为  $\mu_1, \mu_2$ , 求梯子平衡时与地面所能成的最小夹角援

分析 梯子共受到 重力  $mg$ 、墙的支持力  $N_2$ 、地面的支持力  $N_1$ 、地面的摩擦力  $f_1$ 、墙的摩擦力  $f_2$  五个力作用,如图 员远(甲)所示援当 粤月两处的摩擦力都达到滑动摩擦力时,  $\theta$  就最小援根据一般物体的平衡条件或摩擦角的概念均可求解援

解法一 根据一般物体的平衡条件:

在水平方向上,  $N_2 = f_1$  ①

在竖直方向上,  $N_1 = mg + f_2$  ②

以 月为轴有  $N_1 \cdot AC = (mg + f_2) \cdot BC$  ③

联立①、②、③式解之得  $\theta = \arctan \frac{\mu_1}{\mu_2}$

此即梯子与地面的最小夹角援

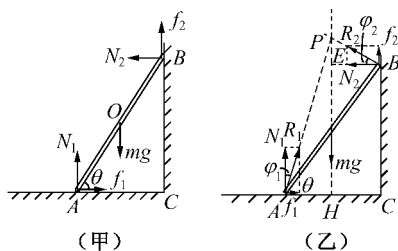


图 员远

**解法二** 设粤月两处的全反力  $\vec{F}_A$ 、 $\vec{F}_B$  方向与该处法线方向的夹角分别为  $\varphi_A$  和  $\varphi_B$ , 那么梯子受到的力  $\vec{F}_A$ 、 $\vec{F}_B$  和  $\vec{G}$  不平行, 必定交于一点, 如图 15-12(乙) 所示援

则有  $\tan \varphi_A = \frac{F_{Ax}}{F_{Ay}}$ ,  $\tan \varphi_B = \frac{F_{Bx}}{F_{By}}$  援由几何关系得

$$\frac{F_{Ax}}{F_{Ay}} = \frac{L \sin \theta}{L \cos \theta} = \tan \theta, \quad \frac{F_{Bx}}{F_{By}} = \frac{L \sin \theta}{L \cos \theta} = \tan \theta$$

所以梯子与地面间的最小夹角

$$\theta = \arctan \frac{F_{Ax}}{F_{Ay}} = \arctan \frac{F_{Bx}}{F_{By}}$$

**点评** 方法 I 注重物理情景, 方法 II 强调几何关系, 都应掌握援

**A7.** 一根均匀的细木杆长为  $L$ , 重力为  $G$ , 密度为  $\rho$ , 为使杆能保持竖直方位, 稳定地悬浮在密度为  $\rho_0$  的某液体中 (上端露出液面), 应在杆下端粘一小铁块援求此铁块的重力须满足的条件援该铁块可视为质点, 如图 15-13 所示援

**分析** 可先考虑极端法讨论铁块的重力范围援然,  $G$  不能够太大, 否则整个杆会沉至水底;  $G$  也不能够太小, 否则, 杆会倾斜, 乃至于浮于水面援杆、铁块为一系统, 它受  $G$ 、 $G_0$  及  $F_{浮}$  作用而平衡,  $F_{浮}$  作用在杆浸于液体部的中心位置, 即“浮心”援假设杆偏离竖直方向一个很小的  $\theta$  角, 根据一般物体的平衡条件即可求解援

**解** 木杆全部没入水中时所受到的浮力为

$$F_{浮} = \rho_0 g V = \rho_0 g \frac{L}{\rho} \rho = \frac{\rho_0}{\rho} G \quad (1)$$

要使木杆上端露出液面, 必须满足条件

$$F_{浮} > G \quad (2)$$

联立①、②式得

$$G < \frac{\rho}{\rho_0} G$$

设浸入液体中的木杆长为  $L_0$ , 则木杆这时受到的浮力为

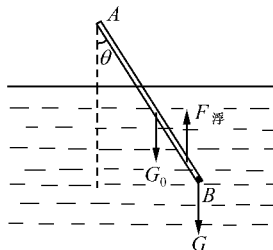


图 15-13

此为试读, 需要完整PDF请访问: [www.ertongbook.com](http://www.ertongbook.com)

$$\frac{G}{\rho_0} = \frac{G_0}{\rho_0} \quad (3)$$

$$\text{其中} \quad \frac{G}{\rho_0} = \frac{G_0}{\rho_0} \quad (4)$$

假设木杆这时受到一个微小的扰动而偏离竖直方向  $\theta$  角,如图 5-15 所示. 以木杆上端  $O$  为轴,当逆时针方向的力矩小于顺时针方向的力矩时,杆可回到竖直位置,属于稳定平衡,因此,

$$\frac{G}{\rho_0} \sin \theta < \frac{G_0}{\rho_0} \sin \theta \quad (5)$$

$$\text{联立④、⑤式得} \quad \frac{G}{\rho_0} < \frac{G_0}{\rho_0} \quad (6)$$

$$\text{联立③、④式得} \quad \frac{G}{\rho_0} = \frac{G_0}{\rho_0} \quad (7)$$

$$\text{将⑦式代入⑥式得} \quad \frac{G}{\rho_0} < \frac{G_0}{\rho_0}$$

综上所述,满足题设条件的铁块重力应是

$$\left( \frac{\rho}{\rho_0} \right) G_0 < \left( \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \right) G_0$$

**点评** 要注意体会本题所体现出来的思维方式,先定性,后定量. 先以极端法分析出铁块的重力范围,尔后再作定量分析. 解题者根据解题需要设定必要的中间过渡性参量,如  $\theta$ 、 $\sin \theta$  等,在后面的解题过程中会自然消掉.

**A8.** 儿童玩具“不倒翁”的高度  $h$ ,质量  $M$ ,质量为  $m$  的对称轴,不倒翁下部是一个半径  $R$  的球的一部分,如图 5-16(甲) 的所示. 若将不倒翁放在一个与水平面成  $\alpha$  角的粗糙斜面上,当对称轴  $OK$  与竖直方向成  $\beta$  角时,不倒翁刚好处于平衡状态,如图 5-16(乙) 所示. 为了使它在水平面上失去稳定平衡,需要在其头顶  $K$  处固定些塑泥,求至少应加多少塑泥?

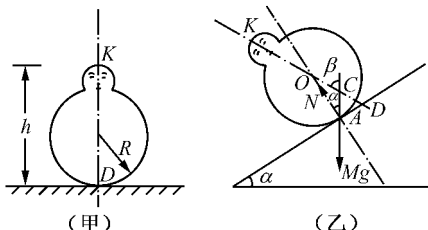


图 5-16

**分析** 因不倒翁相对于轴  $O$  对称分布,所以其重心必在对称轴  $OK$  上. 在斜面上,当  $OK$  与竖直方向夹角  $\beta$  时,它刚好还处于平衡状态,即此时不倒翁的重力作用线刚好通过斜面接触点,由此可求出重心的位置.

解 设不倒翁的重心位置在悦处,韵旋增则在△韵槽中,根据正弦定理得

$$\frac{\text{曾}}{\sin \alpha} = \frac{\text{砸}}{\sin \beta} \quad (\text{图 10-10})$$

解之得

$$\frac{\text{曾}}{\sin \alpha} = \frac{\text{砸}}{\sin \beta} \quad (1)$$

在头顶 运处加上质量为 皂的塑泥后,将塑泥和不倒翁看做一个系统,如果该系统重心上移到球心 韵处,则不倒翁在水平桌面上会失去稳定平衡,由同向平行力的合成规律得

$$\text{皂} \cdot \text{曾} = \text{皂} \cdot \text{韵} \quad (2)$$

联立①、②式得

$$\frac{\text{砸}}{\sin \alpha} = \frac{\text{皂} \cdot \text{韵}}{\sin \beta} \quad \text{皂} \approx \frac{\text{砸} \cdot \sin \beta}{\text{韵} \cdot \sin \alpha}$$

点评 解此题要注意两个临界状态:一是在斜面重力作用线过支点,如重力作用线越过支承面,平衡即被破坏;二是在水平面上,加塑泥后系统重心高过球心韵时(稍有偏离),重心会下降,平衡亦被破坏,球心亦为一临界状态,迅速抓住临界状态是解决此类问题的关键。

**[A9.]** 一根质量为 皂 长为 运 的均匀横梁,需要用两只雪橇在水平雪地上将其保持水平状态运送。简化其过程如图 10-11(甲)所示。雪橇均与横梁固连,下端 月 与雪地接触,假定触地面积很小。一距地 澡 的水平牵引力 云 作用于前方雪橇,前后雪橇与雪地的动摩擦因数分别为  $\mu_1$ 、 $\mu_2$ 。在前后雪橇均与雪地接触时,使横梁沿雪地匀速向前移动,则 澡 应满足什么条件? 云 应多大?(雪橇质量可忽略不计)

分析 系统受力如图 10-11(乙)所示。其中  $N_1$ 、 $N_2$  分别为地对雪橇的支持力,  $f_1$ 、 $f_2$  分别为地对雪橇的摩擦力。由题意易知,云 不能太大,澡 不能太高,否则 皂 将会变为 园 系统将以 孕 为轴翻倒,此为临界状态。在这种情况下,所求问题与  $\mu_1$  无关,由一般物体的平衡条件即可解决。

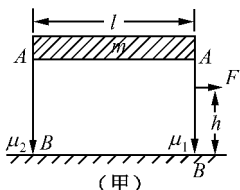
解 根据平衡条件得

$$\text{云} = \mu_1 N_1 + \mu_2 N_2 \quad \text{皂} = N_1 + N_2$$

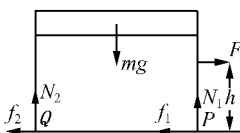
其中

$$\text{云} = \mu_1 N_1 + \mu_2 N_2 \quad \text{皂} = N_1 + N_2$$

以 孕 为轴可得  $\text{云} \cdot \text{澡} = \text{皂} \cdot \text{运}$



(甲)



(乙)

图 10-11

由以上几式联立可得

$$\frac{\mu_{\text{造}}}{\mu_{\text{造}} + \mu_{\text{造}}} \geq \frac{\mu_{\text{造}}}{\mu_{\text{造}} + \mu_{\text{造}}} \quad (1)$$

$$\frac{\mu_{\text{造}}}{\mu_{\text{造}} + \mu_{\text{造}}} \geq \frac{\mu_{\text{造}}}{\mu_{\text{造}} + \mu_{\text{造}}} \quad (2)$$

依照题意,应有

$$\mu_{\text{造}} \geq \mu_{\text{造}}$$

所以由①式得

$$\left( \frac{\mu_{\text{造}}}{\mu_{\text{造}} + \mu_{\text{造}}} \right) \geq \mu_{\text{造}} \quad (3)$$

由②式得

$$\mu_{\text{造}} (\mu_{\text{造}} + \mu_{\text{造}}) \geq \mu_{\text{造}} \quad (4)$$

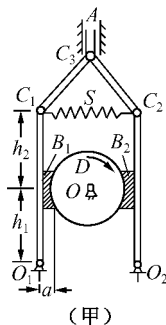
③、④式联立得

$$\mu_{\text{造}} \leq \mu_{\text{造}} \quad (5)$$

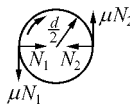
在满足⑤式条件下,所求  $\mu_{\text{造}}$  即为②式结果

点评 由分析可知  $\mu_{\text{造}}$  和  $\mu_{\text{造}}$  的关系应与  $\mu_{\text{造}}$  无关。当  $\mu_{\text{造}} = 0$  时,有  $\mu_{\text{造}} = 0$ 。当  $\mu_{\text{造}} = 1$  时,有  $\mu_{\text{造}} = 1$ 。由此可知,  $\mu_{\text{造}}$  和  $\mu_{\text{造}}$  的关系是线性的。因此定性分析物理情景是很重要的。对于非平行力学系统,要解决一般物体的平衡问题,共点力平衡可列两个方程,力矩平衡可列一个方程,由此可求出三个未知量。本题则着重会对临界状态、临界条件的分析。

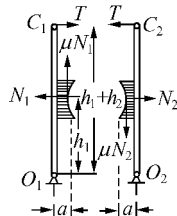
**A10.** 在一些重型机械和起重设备上,常用双快式电磁制动器,它的简化示意图如图 10-10(甲)所示,  $C_1$  和  $C_2$  为固定铰链,在电源接通时,粤杆被往下压,通过铰链  $C_1$ 、 $C_2$  使弹簧  $S$  拉伸,制动块  $B_1$ 、 $B_2$  与制动轮  $D$  脱离接触,机械得以正常运转。当电源被切断后,粤杆不再有向下的压力(粤杆及图中所有连杆及制动块所受重力皆忽略不计),于是弹簧缩回,使制动块产生制动效果,此时  $C_1$ 、 $C_2$  和  $C_3$  处于竖直位置。已知欲使正在转动的制动轮减速,至少需要施加多大的制动力矩,制动块与制动轮之间的动摩擦因数  $\mu$ 。弹簧不发生形变时的长度为  $l_0$ 。制动轮直径  $d$ 。



(甲)



(乙)



(丙)

图 10-10

图 11-10 所示尺寸, 求选用弹簧的劲度系数  $k$  最少要多大?

**分析** 在制动轮转动的情况下, 制动力矩是由制动块  $M_1$  和  $M_2$  对制动轮 的滑动摩擦力产生的, 设弹簧的弹力均为  $F$ ,  $M_1$  和  $M_2$  对 的正压力分别为  $N_1$  和  $N_2$ , 则滑动摩擦力分别为  $f_1 = \mu N_1$ ,  $f_2 = \mu N_2$ , 如图 11-10(乙) 所示, 按照有固定转动轴物体的平衡条件, 分别对两制动杆和制动轮列方程即可求解。

**解** 对制动轮, 以圆心  $O$  为轴, 根据力矩平衡条件可有

$$f_1 \cdot R = f_2 \cdot R \quad (1)$$

对左杆, 以  $O_1$  为轴, 根据力矩平衡条件有

$$F \cdot l_1 = f_1 \cdot l_2 \quad (2)$$

对右杆, 以  $O_2$  为轴, 根据力矩平衡条件有

$$F \cdot l_3 = f_2 \cdot l_4 \quad (3)$$

对弹簧, 根据胡克定律有

$$F = k \Delta x \quad (4)$$

联立①、②、③、④式得

$$\frac{f_1 \cdot R}{(l_1 \cdot l_2)} = \frac{f_2 \cdot R}{(l_3 \cdot l_4)} \Rightarrow \frac{f_1}{l_1 \cdot l_2} = \frac{f_2}{l_3 \cdot l_4} \Rightarrow \frac{\mu N_1}{l_1 \cdot l_2} = \frac{\mu N_2}{l_3 \cdot l_4} \Rightarrow \frac{N_1}{l_1 \cdot l_2} = \frac{N_2}{l_3 \cdot l_4}$$

**点评** 本题从受力角度看, 两杆所受的力并不对称, 是因为两边摩擦力的方向不同导致摩擦力的大小和  $N_1$ 、 $N_2$  大小均不同, 因此须对两杆列方程。这道题较易疏漏的是转轮对制动块的摩擦力矩。

**例 11-1** 半径为  $R$ 、质量为  $M$  的均匀圆球与一个质量为  $m$  的重物分别用细绳  $AD$  和  $ACE$  悬于同一点  $A$ , 并处于平衡状态, 如图 11-11(甲) 所示。已知悬点  $A$  到球心的距离为  $h$ , 不考虑细绳的质量和细绳与球的摩擦, 试求悬挂圆球的细绳  $AD$  与竖直线  $AB$  的夹角  $\theta$ 。

**分析** 选择球为研究对象, 球受重力  $G$ , 绳  $AD$  拉力  $F_1$  和 绳  $AE$  的压力  $F_2$  三个力作用, 如图 11-11(乙) 所示。因不考虑细绳与球的摩擦, 所以  $F_2$  的方向沿半径指向球心, 因为重力过球心, 所以球平衡时三力必定共点,  $F_1$  亦过球心, 可以断定细绳一定沿  $AD$  方向。

**解** 以球和重物组成的系统为对象, 以  $A$  为轴, 根据有固定转动轴的物体的平衡条件可有

$$F_1 \cdot h \sin \theta = mgh \quad (1)$$

由图可知

②

③

将②、③式代入①式解之得

所以

所以

点评 本题也可以分别选取球和重物为

研究对象,对球列出共点力平衡的方程,对重物和细绳则根据力矩平衡列方程,此法较繁援所以在选取研究对象和转动轴上,要以简化解题过程为原则援

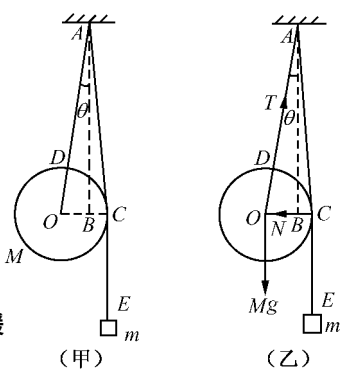


图 15-10

**A12.** 一根长 轻杆,下端 铰用

光滑铰链固定在水平地面上,杆顶有一根水平绳向左方拉杆,裁铁丝将杆垂直固定在地面上援试求:

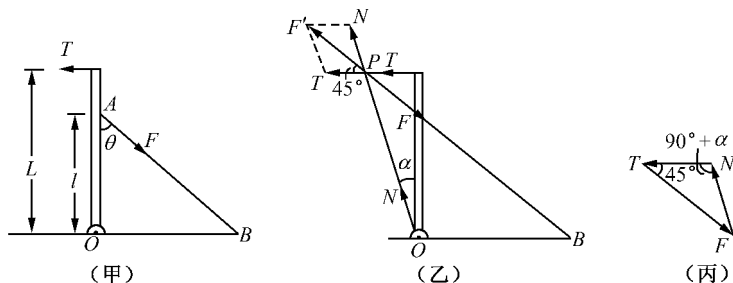


图 15-11

(员 铁丝上端 粤应固定在杆上距地面多高处,铁丝所受的拉力最小?其值为多少?

(圆 此时地面对杆的作用力为多少?方向如何?

分析 取杆为研究对象,杆受到外力 裁铁丝拉力 云地面对杆 韵点的弹力 晕的作用援因杆平衡,故三力共点,根据有固定转动轴的物体的平衡条件列方程即可解出援

摇摇解 杆受力如图 员缘图(甲)所示,设 粤点离地面高为 造铁丝与竖直方向夹  $\theta$  角援



蘇城或云僅社①

造形藝術

身

②

## 越南国号

越原邦彥斎藤健児/圓皂

必共点。如图 5-10(乙) 所示, 三力作用线交于孕  
定理有

③

漢(烈殺) 越

精越越圆

## ✓ 远原圆

曼越觀 / 觀原惠 / 圓曼

越前轉譯

粵為軸有搖栽(蘊原造越羣鍾社)

成  $\frac{\text{圆原}}{\text{圆}}$   
 $\sqrt{\frac{\text{圆原}}{\text{圆}}}$

圆京圆

暈越觀 / 圓原愿 / 圓暈

注意的是转动轴的选取原则是,让尽可能多的力通过转动轴。必要时,还可根据条件转换转矩平衡条件列方程解决的问题有时也可根据共

量相等的球放在一个半球形碗内, 现把第四个球在这三个球的正上方, 要使四球保持平衡, 大? 不考虑各处摩擦

平衡的较典型的问题。如果碗的半径太大,第四互散开,所以,求碗半径的最大值,其实质是要