

北京名校精典

北京四中

培训中心

主编

高中 ★ 物理

• 最新修订 •



wuli



海洋出版社

北京名校精典

高中物理

北京四中培训中心 主编

本册主编 金书通 吕奇恩

海洋出版社

2001年·北京

图书在版编目(CIP)数据

北京名校精典:高中物理/北京四中培训中心主编. - 北京:海洋出版社,
1999.1

ISBN 7-5027-4641-2

I.北… II.北… III.物理课-高中-习题 IV.G633

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 24420 号

2001/03

责任校对:张丽萍

责任印制:严国晋

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京市燕山印刷厂印刷 新华书店发行所经销

1999 年 1 月第 1 版 2001 年 7 月北京第 4 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:19.25

字数:484 千字 印数:28000~35000 册

定价:20.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

修 订 说 明

《北京名校精典》丛书问世 2 年多的时间里,在目前教学辅导材料品种多样、竞争激烈的市场中,以后来居上的势头独占教辅市场一片领地,连续再版,大有风景这边独好之势。

这套丛书之所以受到广大读者,特别是在教育第一线从事教学的工作者和广大学子的欢迎,其主要原因是它出自于有近百年教育历史的北京四中这块教育沃土之上。它的作者多是几十年或终身从事于教育事业,在她的历史上出现了张子鄂、刘景琨等一代名师。正是由于它严格的工作作风、教风、学风,加之近百年的辛勤耕耘,使之桃李芬芳,闻名于世。

此次再版进行了较大篇幅的修订,除留其精华、去其不当之外,特别又针对 2002 年中、高考的新动向、新题型,及新的命题趋势,对原文进行了全面的修改、校订,内容上进行了更新、删减及增加。改动的目的在于使其题材更新、知识量更大、针对性更强。并强调了基础知识、基本技能、基本规律的掌握与应用,更加突出了实用性与规律性。在中、高考前帮助学生全面系统地总结知识,这省去了学生查找大量资料的过程和复习时间,使学生的知识系统化,并力求完美,使学生在考试中能达到其应有的水准。

一年一度的中、高考牵动着千百万学子、家长和教师们的心,为了使那些志在振兴中华的孩子们能顺利进入其理想的学校深造,我们教育第一线的工作者真心希望能助他们一臂之力,希望他们能像雄鹰,鹏程万里;像鲜花,开遍科学知识的各个领域。

作 者

2001 年 6 月

本册修订人员

金书通	吕奇恩	孙春国
孙 昕	李建宁	金 萍
赵文立	周春明	张 欣

前 言

为了帮助和指导初中、高中学生全面掌握各学科基础知识,充分理解知识要点,突破难点,便于学生参加升学考试、毕业会考以及面向高考进行全面并有针对性的复习,同时也为了培养学生分析问题、解决问题的能力,全面提高学生素质,我们北京四中培训中心根据九年义务教育的新大纲和新教材以及考试说明,精心组织编写了这套丛书:《北京名校精典》,全套书共22册。丛书分初中、高中两部分,学科包括:语文、数学、英语、物理、化学、历史六个学科,每学科两册,一册为复习指导,一册为配套的习题集,其中内容涵盖了知识概要、复习要点、例题解析、练习测试和参考答案这些基本内容。考虑每学科各有特点,故各分册并未强求完全统一。

编写中我们既注意了知识的系统性,又结合了各种考试的具体要求。其特点:一是力求强化各科知识的基本概念和基本规律,突出重点、覆盖全面;二是力求通过典型例题分析,开拓思路、突破难点,培养学生的学习能力、解题能力、应试能力和应变能力。

本书为《北京名校精典》高中物理分册。本书特点是对高中物理知识点按教学要求尽量做了详细说明,所使用的例题,本着有易有难、从易到难、力求强化高中物理基本概念和基本规律的原则选用。在例题解析中采用正误辨析的方法,不但对选用例题做了较详细的解答,而且还注意了解题思路的点拨,并且对容易出现的错误及原因做了分析。

参加编写的教师倾其几十年的教学经验和积累完成此套丛书。可以说这套丛书是教师们多年来教学成果的结晶,是名校教学精华的典型反映。望本书会对初、高中广大学生及家长有较高的参考价值,阅读本书的朋友能从中得到启示和帮助。

由于编写时间所限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请教育界同行及读者指正。

作者

目 次

第一编 力学	(1)
第一章 力、物体的平衡	(1)
第二章 物体的运动	(15)
第三章 牛顿运动定律	(33)
第四章 圆周运动、引力定律	(49)
第五章 动量	(66)
第六章 机械能	(87)
第七章 机械振动、机械波	(112)
第二编 热学	(136)
第一章 分子运动论、热和功	(136)
第二章 气体的性质	(147)
第三编 电磁学	(165)
第一章 电场	(165)
第二章 稳恒电流	(183)
第三章 磁场	(205)
第四章 电磁感应	(225)
第五章 交流电、电磁振荡和电磁波	(242)
第四编 光学	(255)
第五编 原子和原子核	(275)
第六编 物理实验	(288)

第一编 力 学

第一章 力、物体的平衡

(一) 知识点与高考要求

知 识 点	要 求 程 度
力是物体间的相互作用,是物体发生形变和物体运动状态变化的原因.力是矢量.力的合成与分解	B
重力是物体在地球表面附近受到地球对它的吸引而产生的力.重心	B
形变和弹力.胡克定律	B
静摩擦,最大静摩擦力	A(B) *
滑动摩擦,滑动摩擦定律	B
力矩	B

(二) 知识复习要点

1. 力的概念

力是物体对物体的作用.任何一个力都要在两个物体之间发生,力是不能离开物体而单独存在的.在谈到某一个力时,必须明确是哪个物体对哪个物体的作用,谁是受力者,谁是施力者.

力是物体发生形变和物体运动状态变化的原因.力是矢量,既有大小又有方向.力的三要素:大小、方向、作用点.

2. 常见的几种力

(1)重力:重力是由于地球对物体的吸引而产生的(泛指任何天体吸引其他物体的力),其作用的方向是竖直向下的.在地面附近一定质量的物体的重力 $G = mg$ (g 为重力加速度,在粗略情况下可看作恒量).它不随物体运动状态的改变而改变.重心指物体各部分所受重力的合力作用点.质量均匀分布的物体的重心位置只与物体形状有关,形状规则、质量分布均匀物体的重心,在它的几何中心处.质量分布不均匀的物体重心,除与物体形状有关外,尚与物体内部质量分布有关.物体重心不一定在物体上,有可能在物体之外.

(2)弹力:发生弹性形变的物体,会对使它发生形变的物体产生力的作用,这种力称为弹力,即物体发生形变时产生的使物体恢复原状的作用力.弹力的产生必须具备两个条件:一是相互接触;二是发生弹性形变.弹力的方向总是与形变物体发生形变的方向相反.弹力的大小遵从胡克定律:在弹性限度以内,弹力的大小跟弹簧伸长(或缩短)的长度成正比,其公式为

$$F = k \Delta L, k = 1 \text{ N/m}.$$

(3)摩擦力:两个相互接触的物体,当有相对运动或者有相对运动趋势时在接触面上产生的

阻碍运动的作用力.摩擦力的方向,永远沿着接触面的切线方向,与物体相对运动方向相反,或者跟物体间的相对运动趋势方向相反,阻碍物体做相对运动.要正确理解“相对”两字的意义.

摩擦力分静摩擦力和滑动摩擦力.两个相互接触的物体,没有相对运动,但有相对运动趋势时,接触面之间产生的摩擦力称为静摩擦力.静摩擦力的大小,可为零与最大静摩擦力之间任一值.物体静止时,可能受到静摩擦力的作用,也可能没有受到静摩擦力的作用.静摩擦力的有无、大小及方向必须根据物体运动状态和受力情况用物体的平衡条件或牛顿运动定律加以判定.滑动物体受到的摩擦力称为滑动摩擦力.滑动摩擦力大小与两个物体接触面间的正压力大小成正比,即 $f = \mu N$, 式中 μ 称为滑动摩擦因数.不管是静摩擦力还是滑动摩擦力,它既可以是阻力,也可以是动力.

3. 力的合成和分解

由于力是矢量,所以共点力的合成和分解要遵从平行四边形法则.解力的合成和分解的题常用两种方法,一是图解法(按平行四边形法则作图);二是计算法.有直角三角形关系的,可用勾股定理或三角函数求解,有相似三角形关系的,可用对应边成比例求解,还可用正交分解法求解.

4. 共点力的平衡

物体在几个共点力的作用下,如果保持静止状态或匀速直线运动状态称为共点力的平衡.若物体处于静止或匀速直线运动的状态,称为物体处于平衡态.

共点力的平衡条件是合力等于0,即 $F_{\text{合}} = 0$ (或写 $\sum F = 0$).

5. 力矩

力和力臂的乘积称为力矩.力矩用 M 表示,单位($\text{N} \cdot \text{m}$).

6. 有固定转动轴的物体平衡

当有固定转动轴的物体处于静止状态或匀速转动状态时称为物体平衡状态.处于有固定转动轴的物体平衡应满足条件 $\sum M = 0$.

(三) 例题解析

[例1] 如图1-1-1所示,长为5m的细绳两端分别系于竖直在地面上相距4m的两杆顶端A、B,绳上挂一光滑的轻质挂钩,其下连一重为12N的物体,平衡时绳中的张力 $T =$ _____.

[答案] $T = 10\text{N}$.

[解析] 如图1-1-2所示,以挂钩O为研究对象,此时挂钩相当一滑轮,两边绳的张力相等.将重力 G 分解为沿绳方向的 T_A 、 T_B .根据牛顿第三定律可知绳的张力大小为 T_A 、 T_B ,则 $T_A = T_B$.又设 $OB = x$,与水平方向夹角为 α , $OA = 5 - x$,与水平方向夹角为 β , $OD = y$, $OC = 4 - y$.由于平行四边形 $OT_A CT_B$ 是菱形,可推知 $\alpha = \beta$.根据相似三角形知识得 $\frac{y}{x} = \frac{4-y}{5-x}$,于是可导出 $\cos \alpha = \frac{4}{5}$,则 $\sin \alpha = \frac{3}{5}$.在菱形中 $2T_B \sin \alpha = G$,所以 $T = T_B = \frac{G}{2} \times \frac{1}{\sin \alpha} = 10\text{N}$.

[评注] (1)此题“光滑挂钩”使得绳子两端张力相等,识破这一隐含条件是解决此题的关键.它不同于结点使两段绳子的张力不等.

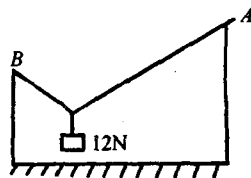


图 1-1-1

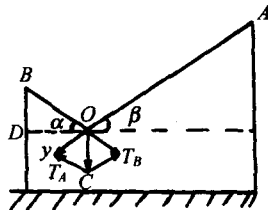


图 1-1-2

另外,解决此类问题还应正确的找出几何关系.

(2)本题还可以将 AO 延长与 B 杆相交,直接利用相似三角形知识求解.

[例 2] 两个重都是 G 且半径都是 r 的光滑重球放在半径为 R ($R < 2r$) 的光滑的圆筒容器内,如图 1-1-3 所示.求筒壁对球的压力.

[答案] $\frac{R-r}{\sqrt{R(2r-R)}}G$.

[解析] 利用隔离法和相似三角形对应边成比例求解.取上边球为研究对象,受力为 G 、 N_1 和 N .根据共点力平衡条件 $\Sigma F = 0$,得 N_1 与 N 的合力大小等于 G ,由图 1-1-4 知

$$AB = 2r,$$

$$BC = 2(R-r),$$

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{AB^2 - BC^2} \\ &= \sqrt{4r^2 - 4(R-r)^2} \\ &= 2\sqrt{R(2r-R)}. \end{aligned}$$

因为三角形相似,所以对应边成比例,则有

$$\frac{G}{AC} = \frac{N_1}{BC},$$

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{BC}{AC}G = \frac{2(R-r)}{2\sqrt{R(2r-R)}}G \\ &= \frac{R-r}{\sqrt{R(2r-R)}}G. \end{aligned}$$

然后再取整体为研究对象,如图 1-1-5 所示受力为重力 $2G$,水平向右方向,受力为 N_1 ,水平向左方向受力为 N_2 ,地面对球支持力为 N .根据平衡条件:

$$N = 2G, N_1 = N_2.$$

[例 3] 如图 1-1-6 所示,小船通过定滑轮被绳子牵引.设水中阻不变,小船匀速靠岸,则

- ()
- A. 绳子的张力不断增大 B. 绳子的张力不变
C. 船受到的浮力减小 D. 船的重力减小

[答案] A, C.

[解析] 取船为研究对象,进行受力分析,船共受四个力作用,如图 1-1-7 所示,即重力 mg 、拉力 T 、浮力 F 、阻力 f .小船匀速靠岸,即处于平衡状态.根据平衡方程得:

$$F + T \cdot \sin \alpha = mg$$

$$f = T \cdot \cos \alpha$$

小船匀速靠岸, α 角增大,故 $\cos \alpha$ 减小, T 增大.

所以, F 减小.船的重力不变.

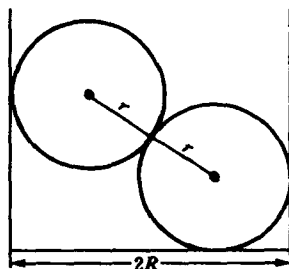


图 1-1-3

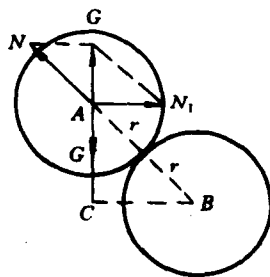


图 1-1-4

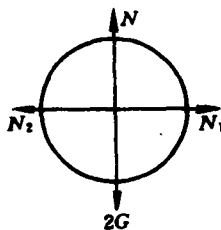


图 1-1-5

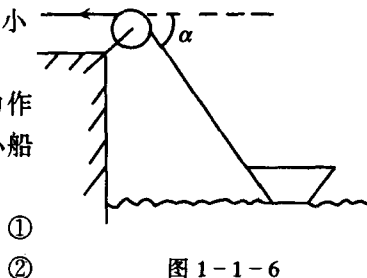


图 1-1-6

【例4】如图1-1-8, C 是水平地面, A 、 B 是两个长方形块, F 是作用在物块 B 上沿水平方向的力, 物块 A 和 B 以相同的速度做匀速直线运动. 由此可知, A 、 B 间的滑动摩擦因数 μ_1 和 B 、 C 间的滑动摩擦因数 μ_2 有可能是

- A. $\mu_1 = 0, \mu_2 = 0$
- B. $\mu_1 = 0, \mu_2 \neq 0$
- C. $\mu_1 \neq 0, \mu_2 = 0$
- D. $\mu_1 \neq 0, \mu_2 \neq 0$

(1994 年全国试题)

【答案】 B, D.

【解析】 取 A 、 B 整体为研究对象. 因为是作匀速直线运动, 所以在水平方向应满足 $\sum F = 0$. 又因为有 F 向右的作用力作用于整体上, 所以地面必须有一个给整体并与 F 大小相等、方向相反的摩擦力作用, B 与 C 之间摩擦因数 μ_2 不能等于 0, 故 A、C 错. 然后再取 A 为研究对象. 因为 A 在水平方向上也作匀速直线运动, 也应满足 $\sum F = 0$, 此时 A 在水平方向上不受摩擦力的作用(因为 A 、 B 相对静止), 没有相对运动趋势, μ_1 可能等于 0, 也可能不等于 0. 所以 A 、 B 之间可能是光滑的. 如果不光滑, $\mu_1 \neq 0$, 但 A 、 B 间没有相对运动, 则摩擦力也可以为 0, 所以 B、D 对.

【例5】如图1-1-9 位于斜面上的物块 M 在沿斜面向上的力 F 作用下处于静止状态, 则斜面作用于物块的静摩擦力

- A. 方向可能沿斜面向上
- B. 方向可能沿斜面向下
- C. 大小可能等于 0
- D. 大小可能等于 F

(1992 年全国试题)

【答案】 A, B, C, D 都正确.

【解析】 由于物体所受重力 Mg 的大小、方向不变, 对物体而言, 其受力为 Mg , 方向竖直向下, 弹力 N 垂直于斜面向上和静摩擦力. 静摩擦力方向、大小取决于 Mg 沿斜面向下的分力 $Mg\sin\theta$ 与 F 的关系. 若 $F > Mg\sin\theta$ 时, 物体有沿斜面向上运动的趋势, 则静摩擦力方向沿斜面向下; 若 $F < Mg\sin\theta$ 时, 物体有沿斜面向下运动趋势, 则静摩擦力方向沿斜面向上; 若 $F = Mg\sin\theta$ 时, 物体无滑动趋势, 静摩擦力为 0; 若 $Mg\sin\theta$ 与 F 差值等于 F 时, 静摩擦力等于 F .

【例6】如图1-1-10 所示, A 、 B 是两块相同的均匀长方形砖块, 长为 L , 叠放在一起, A 块相对于 B 块右端伸出 $\frac{L}{4}$ 的长度, B 块放在水平桌面上, 砖的端面与桌边平行, 为保持两块都不翻倒, B 块伸出桌边的长度 x 的最大值是

- A. $\frac{L}{8}$
- B. $\frac{L}{4}$
- C. $\frac{3}{8}L$
- D. $\frac{1}{2}L$

图 1-1-10

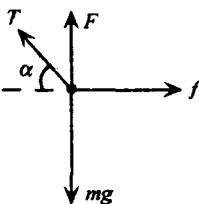


图 1-1-7

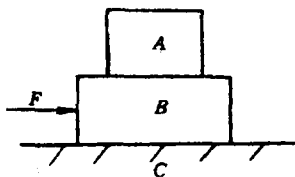


图 1-1-8

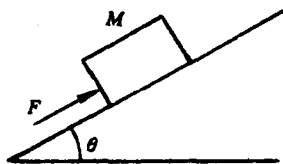
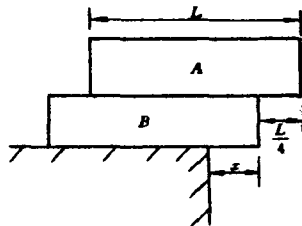


图 1-1-9



【答案】 C.

【解析】 由物体平衡条件可知, 物体的重力作用线通过支撑面内, 则物体可处于平衡状态, 即物体的重心在支撑面内. 对于 A 块与 B 块的接触面为 B 对 A 的支撑面, 而 A 只伸出 $\frac{L}{4}$ 的长度, 而其重心在 $\frac{1}{2}L$ 处, 还在支撑面内, 所以 A 不会翻倒. 若两块都不会翻倒, 那么两块砖的合重心应在支撑面内. 而要求伸出 x 的最大量, 即为临界状态, 那么两块砖的合重心应在桌边. 由于两砖都是均匀的, 其合重心在两块砖重心的中间位置上, 如图 1-1-11 所示. 因为 $\frac{L}{2} - \frac{L}{4} = \frac{L}{4} = \frac{2L}{8}$, $\frac{2}{8}L \times \frac{1}{2} = \frac{L}{8}$, 所以 $x = \frac{2L}{8} + \frac{L}{8} = \frac{3L}{8}$.

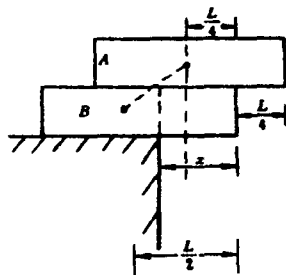
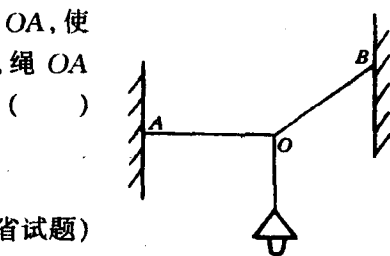


图 1-1-11

【例 7】 图 1-1-12 表示电灯悬挂于两墙之间, 更换绳 OA, 使连接点 A 向上移, 但保持 O 点位置不变, 则 A 点向上移时, 绳 OA 的拉力



- A. 逐渐增大 B. 逐渐减小
C. 先增大后减小 D. 先减小后增大

(1987 年广东省试题)

【答案】 D.

【分析】 此题为共点力平衡问题. 取 O 点为研究对象, 其受力为 mg 、 T_1 、 T_2 . 设 OB 拉力为 T_1 , OA 拉力为 T_2 , 因为 O 点处于平衡状态, 应满足平衡条件 $\Sigma F = 0$, 则其中任意两个力的合力应与第三个力大小相等而方向相反, 所以 T_1 与 T_2 的合力等于 mg . 在 A 点上移时, mg 的大小不变, T_1 的方向不变, 改变 T_2 的方向, 则 T_1 和 T_2 将变为 T'_1 和 T'_2 . 在 A 点上移时 O 点处于平衡状态, 应满足 $\Sigma F = 0$ 的条件, 所以根据力的平行四边形法由图 1-1-13 可知 T_2 的变化是 T_2 变为 T'_2 , T'_2 变为 T''_2 , 而 T_1 变为 T'_1 , T'_1 变为 T''_1 . 在这种变化中, 绳 OA 的拉力是先减小后增大, 而绳 OB 的拉力则一直减小.

图 1-1-12

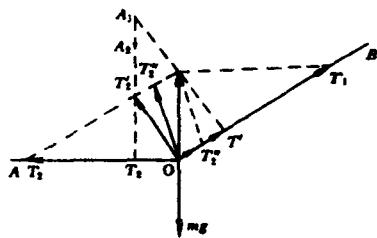


图 1-1-13

【例 8】 如图 1-1-14 所示, 一木块放在水平桌面上, 在水平方向共受到三个力, 即 F_1 、 F_2 和摩擦力作用, 木块处于静止状态, 其中 $F_1 = 10\text{N}$, $F_2 = 2\text{N}$. 若撤去力 F_1 , 则木块在水平方向受到的合力为

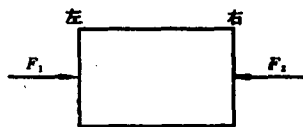


图 1-1-14

- A. 10N, 方向向左 B. 6N, 方向向右
C. 2N, 方向向左 D. 0

(1992 年全国试题)

【答案】 D.

【解析】 从题意出发, 对物体而言, 当木块受 F_1 、 F_2 和摩擦力作用处于静止状态时, 应满足共点力平衡条件 $\Sigma F = 0$, 所以木块受到静摩擦力 $f = F_1 - F_2 = 10 - 2 = 8(\text{N})$. 当撤去 F_1 后, 由于 $F_2 = 2\text{N}$ (小于 8N) 是引起物体有向左运动趋势的外力. 而物体此时受到摩擦力的方

向是向右的,应为静摩擦力,其大小应与引起物体向左运动趋势的外力相等,也为2N,所以物体受到的合力为0,仍然处于静止状态.此题容易出现的错误是选C.若选C则在分析物体受力时,当撤去 F_1 后,只剩下 $F_2=2\text{N}$,方向向左,忽略对静摩擦力的分析导致出现错误.本题A、B两选项显然是错误.

【例9】如图1-1-15所示,一三角形木块静止放在水平粗糙地面上,一物体A正沿斜面匀速滑上.则粗糙水平面对三角形木块.

()

- A. 有摩擦力作用,方向水平向右
- B. 有摩擦力作用,方向水平向左
- C. 因为物体A匀速上滑,故没受摩擦力作用
- D. 由于未给出所需数据,故无法判断是否受摩擦力作用

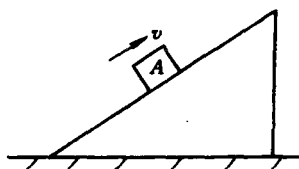


图1-1-15

【答案】 B.

【解析】 取A与三角形木块整体为研究对象,其所受力为重力,方向竖直向下,弹力方向竖直向上.因为A是匀速向上滑动,而物体在没有外力作用下,是不可能匀速上滑的,如自由上滑至少是减速的,可见还有一个隐蔽条件,那就是A还受一个偏向右的外力作用.

综上所述可知,整个系统在水平方向合外力为0的条件下,水平地面必对三角形木块产生向左的摩擦力,而此力为静摩擦力.

【例10】 有一架托盘天平,设有砝码,最小砝码为100mg.用这架天平称量一个物体,当右盘中加上36.20g砝码时,天平指针向左偏1.0格,如图1-1-16中的实箭头所示.如果在右盘中再加上100mg的砝码,天平指针则向右偏1.5小格,如图虚线箭头所示,则这个物体的质量可读_____g.

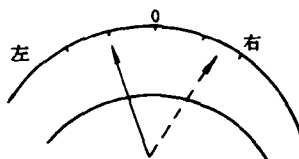


图1-1-16

(1988年全国试题)

【答案】 36.24g.

【解析】 在左盘放物,右盘放砝码,当右盘中的砝码为36.20g时,天平指针向左偏1.0格,说明左边物的质量比36.20g多,其多的量值为1格表示的数值.当在右盘再加上100mg砝码时,天平指针则在原来位置向右偏了2.5小格,那么100mg用2.5格表示,则每小格表示量值为40mg.如果在右盘中不加100mg,而加40mg砝码,则指针应当指示中间0位置,说明砝码质量与左盘物的质量相等.综上所述,左边这个物体的质量实际为 $36.20\text{g} + 0.04\text{g} = 36.24\text{g}$.

【例11】 如图1-1-17所示.两只不计重量的弹簧,原长都是80 mm,劲度系数 $K=9.8\text{ N/m}$.P、Q是两个质量相等的小球,测得悬挂后弹簧总长为190 cm,则每个小球质量为

()

- A. 0.2kg
- B. 10kg
- C. 0.5kg
- D. 0.1kg

【答案】 D.

【解析】 设上面弹簧的形变量为 x_1 ,下面弹簧的形变量为 x_2 .

由题意可知: $kx_1=2mg$

$$kx_2=mg$$

$$x_1+x_2=(190-2\times 80)\times 10^{-2}\text{ m}$$

由式①、②、③求得: $m=0.1(\text{kg})$.

- ①
- ②
- ③

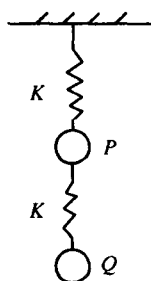


图1-1-17

【例 12】如图 1-1-18 所示,两根原长相同的轻弹簧竖直悬挂,其下端用一根跨过动滑轮的细绳连在一起,不计绳及滑轮质量,不计滑轮摩擦,两弹簧保持原长.若在动滑轮下面拴一个质量为 m 的重物后,动滑轮下降的高度多大? 已知两弹簧的劲度系数分别为 k_1 和 k_2 . 细绳均沿竖直方向.

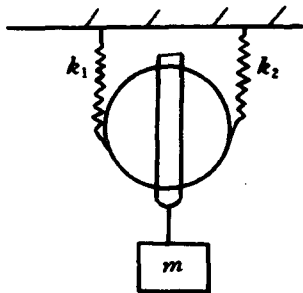


图 1-1-18

【答案】 动滑轮下降的高度为 $\frac{k_1 + k_2}{4k_1k_2} mg$.

【解析】 由于两根弹簧的劲度系数不同,所以当挂上重物后,它们的伸长量是不同的,而动滑轮下降的高度由这两个伸长量决定.

设两弹簧分别伸长 ΔL_1 和 ΔL_2 , 每根弹簧受到的拉力均为 $T = \frac{1}{2} mg$, 弹簧的弹力 $T' = \frac{1}{2} mg$.

根据胡克定律 $k_1 \Delta L_1 = \frac{1}{2} mg$, $k_2 \Delta L_2 = \frac{1}{2} mg$,

所以

$$\Delta L_1 = \frac{mg}{2k_1}, \quad \Delta L_2 = \frac{mg}{2k_2}.$$

$$\begin{aligned} \text{动滑轮下降的高度 } h &= \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2}{2} = \frac{\frac{mg}{2k_1} + \frac{mg}{2k_2}}{2} = \frac{mg}{4k_1} + \frac{mg}{4k_2} \\ &= \frac{k_2 mg + k_1 mg}{4k_1 k_2} = \frac{k_1 + k_2}{4k_1 k_2} mg. \end{aligned}$$

【例 13】如图 1-1-19 所示,绳子 AB 能承受的最大拉力为 1 000 N,杆 AC 能承受的最大压力为 2 000 N.问 A 点最多能挂多重物体.(杆、绳的重力不计)($\sin 75^\circ = 0.966$)

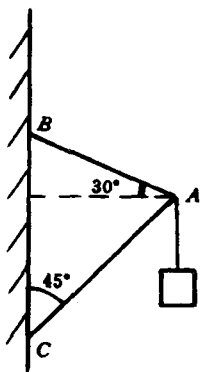


图 1-1-19

【答案】 1 366 N.

【解析】 以结点 A 为研究对象,作出其受力如图 1-1-20 所示. N 是 CA 的支持力, T 是绳子拉力, 还有重力 G . 由平衡条件 $\Sigma F = 0$ 可知, 其中任意两个力的合力应与第三个力大小相等而方向相反, 所以 T 和 N 两个力的合力大小等于 G . 在受力图三角形中, 由正弦定理得

$$\frac{N}{\sin 60^\circ} = \frac{G}{\sin 75^\circ}, \quad \frac{T}{\sin 45^\circ} = \frac{G}{\sin 75^\circ},$$

当 $T_m = 2 000 \text{ N}$ 时, $G_{m_1} = \frac{\sin 75^\circ}{\sin 60^\circ} N = \frac{0.966}{0.866} \times 2 000 = 2 230 \text{ (N)}$;

当 $T_m = 1 000 \text{ N}$ 时, 则 $G_{m_2} = \frac{\sin 75^\circ}{\sin 45^\circ} T = \frac{0.966}{0.707} \times 1 000 = 1 366 \text{ (N)}$. 由

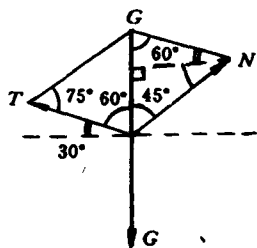


图 1-1-20

以上分析可知, 当 T 最大时, 只能挂 1 366 N 的重物, 若挂 2 230 N 的

重物, 则 AB 绳受力就会大于 1 000 N, 绳会被拉断, 所以 A 点最多只能挂 1 366 N 的重物.

小结: 这是一道利用临界条件为突破口求解其他物理量的问题. 此题虽然存在两个临界条件, 但是实际只需要一个临界条件. 利用临界条件求出最大重物重力值, 再进行比较, 从而找出合理答案.

【例 14】重力为 G 的物体放在倾角为 α 的斜面上, 物体与斜面间的滑动摩擦因数为 μ . 现用外力使物体沿斜面向上匀速运动, 如图 1-1-21 所示. 问外力 F 与斜面夹角 θ 多大时最为省力? 这个力是多大?

[答案] $\frac{(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)G}{\sqrt{1+\mu^2}}$

[解析] 取物体 G 为研究对象. 物体受力为重力 G 、斜面支持力 N 、拉力 F 和摩擦力 f , 如图 1-1-22 所示.

在 x 方向应满足平衡条件 $\Sigma F_x = 0$, 即

$$F\cos\theta = G\sin\alpha + f, \quad ①$$

在 y 方向应满足 $\Sigma F_y = 0$, 即

$$F\sin\theta + N = G\cos\alpha, \quad ②$$

$$f = N\mu. \quad ③$$

由式①、②、③可得

$$F = \frac{(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}{\cos\theta + \mu\sin\theta}G, \quad ④$$

由 G 、 μ 、 α 一定, 所以当 $\cos\theta + \mu\sin\theta$ 最大时, F 最小. 加辅助角 φ , 令 $\text{ctg}\varphi = \mu$, 即 $\sin\varphi$

$$= \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}, \cos\varphi = \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}, \text{关系如图 1-1-23 所示. 将这几个关}$$

$$\text{系代入, 则 } \cos\theta + \mu\sin\theta = \sqrt{1+\mu^2} \left(\frac{\cos\theta}{\sqrt{1+\mu^2}} + \frac{\mu\sin\theta}{\sqrt{1+\mu^2}} \right)$$

$$= \sqrt{1+\mu^2}(\sin\varphi\cos\theta + \cos\varphi\sin\theta) = \sqrt{1+\mu^2}\sin(\varphi + \theta).$$

由此可以看出, 当 $\sin(\varphi + \theta) = 1$ 最大时, 而 F 最小, 即 $\varphi + \theta = 90^\circ$. 这样 $\text{tg}(\varphi + \theta) = \infty$, 根据 $\text{tg}(\varphi + \theta)$

$$= \frac{\text{tg}\varphi + \text{tg}\theta}{1 - \text{tg}\varphi \cdot \text{tg}\theta} \rightarrow \infty, \text{可知 } \text{tg}\varphi \cdot \text{tg}\theta = 1, \text{则 } \text{tg}\theta = \frac{1}{\text{tg}\varphi} = \text{ctg}\varphi = \mu,$$

$$\text{即当 } \theta = \text{arctg}\mu \text{ 时, } F \text{ 最小. 此时的 } F = \frac{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}{\cos\theta + \mu\sin\theta}G$$

$$= \frac{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}{\cos\theta + \text{tg}\theta \cdot \sin\theta}G = \cos\theta(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)G, \text{由 } \text{tg}\theta = \mu, \text{tg}\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\theta}}{\cos\theta} = \mu, \text{得}$$

$$\cos\theta = \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}, \text{所以 } F \text{ 的最小值等于 } \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)G.$$

[例 15] 如图 1-1-24 所示, 一重 100N 的物体放在倾角为 $\theta = 37^\circ$ 的固定斜面上, 物体和斜面间摩擦系数为 $\mu = 0.2$. 要使物体静止在斜面上, 作用于物体上的水平推力 F 应多大. ($\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$)

[答案] $47.8\text{N} \leq F \leq 111.8\text{N}$.

[解析] 取物体为研究对象. 分析物体受力有重力 G 、推力 F 、斜面给的弹力 N , 还要有摩擦力 f , 受力如图 1-1-25 所示. 当 F 最小时, F 在 x 轴的分量小于 G 在 x 轴的分量, 则静摩擦力方向沿斜面向上; 当 F 最大时, F 在 x 轴的分量大于 G 在 x 轴的分量, 则静摩擦力方向沿斜面向下. 由此可知, F 取值应当是在一定范围内.

(1) 当 F 最小时, 根据平衡条件应满足 $\Sigma F_x = 0$, 即

$$F\cos\theta + f = G\sin\theta, \quad ①$$

$$\Sigma F_y = 0, \text{即}$$

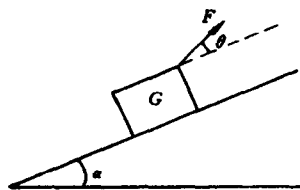


图 1-1-21

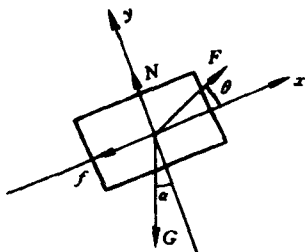


图 1-1-22

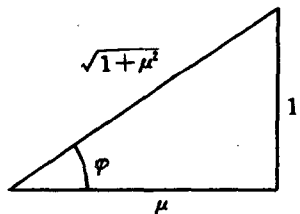


图 1-1-23

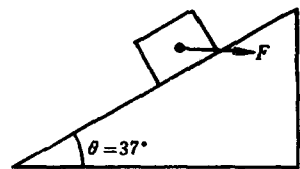


图 1-1-24

$$N = G\cos\theta + F\sin\theta,$$

由式①得 $f = G\sin\theta - F\cos\theta$, 因为 $f \leq N\mu$, 所以

$$G\sin\theta - F\cos\theta \leq N\mu = (G\cos\theta + F\sin\theta)\mu,$$

$$\text{得 } F \geq \frac{G(\sin\theta - \mu\cos\theta)}{\mu\sin\theta + \cos\theta} = \frac{100 \times (0.6 - 0.8 \times 0.2)}{0.2 \times 0.6 + 0.8} = 47.8(\text{N}).$$

(2) 当 F 最大时, 根据平衡条件应满足

$$\Sigma F_x = 0, \text{ 即}$$

$$F\cos\theta = f + G\sin\theta,$$

$$\Sigma F_y = 0, \text{ 即}$$

$$N = G\cos\theta + F\sin\theta,$$

$$f = F\cos\theta - G\sin\theta,$$

由式③得

因为 $f \leq N\mu$, 所以

$$F\cos\theta - G\sin\theta \leq (G\cos\theta + F\sin\theta)\mu,$$

$$F \leq \frac{G(\sin\theta + \mu\cos\theta)}{\cos\theta - \mu\sin\theta} = \frac{100 \times (0.6 + 0.2 \times 0.8)}{0.8 - 0.2 \times 0.6} = 111.8(\text{N}).$$

因此, F 的取值范围是 $47.8\text{N} \leq F \leq 111.8\text{N}$.

小结: 关于摩擦力的问题, 要受其他力的制约, 由于其他力取值不同, 静摩擦力大小和方向有可能不同, 应引起注意.

【例 16】如图 1-1-26a、b 所示, 倾角为 α 的光滑斜面上有一质量为 m 的球. 图 1-1-26a 所示是球被竖直方向的光滑挡板挡住. 静止时球对斜面的压力大小是 N_1 , 球对挡板的压力大小是 N_2 . 图 1-1-26b 所示是将光滑挡板放成与斜面垂直的位置, 静止时

球对斜面压力大小是 N'_1 , 球对挡板的压力大小是 N'_2 , 则 $\frac{N'_1}{N_1} = \frac{N'_2}{N_2} =$ _____.

【答案】 $\frac{N_1}{N_1} = \frac{1}{\cos^2\alpha}, \quad \frac{N_2}{N_2} = \frac{1}{\cos\alpha}.$

【解析】球受到重力产生两个效果, 一个是对斜面的压力, 另一个是对挡板的压力. 题中的两种情况如图 1-1-27 所示.

由图 1-1-27a 知 $N_1 = \frac{G}{\cos\alpha}, N_2 = G\tan\alpha$, 由图 1-1-

27b 知 $N'_1 = G\cos\alpha, N'_2 = G\sin\alpha$, 所以 $\frac{N'_1}{N_1} = \frac{\cos\alpha}{\frac{G}{\cos\alpha}} = \frac{1}{\cos^2\alpha}$, 所以 $\frac{N'_2}{N_2} = \frac{G\tan\alpha}{G\sin\alpha} =$

$\frac{1}{\cos\alpha}$. 以上是根据力的分解方法求解. 另一种方法是利用共点力平衡条件求解. 因为球受三个力的作用, 而这三个力共点, 其合力应为 0, 从而可以求出斜面对球的支持力和挡板对球的弹力作用, 根据牛顿第三定律求出它们的反作用力即可.

【例 17】如图 1-1-28 所示, 小球被轻质的细绳系着, 斜吊着放在光滑的斜面上. 小球质量为 m , 斜面倾角为 θ . 现向右缓慢推动斜面, 在推动过

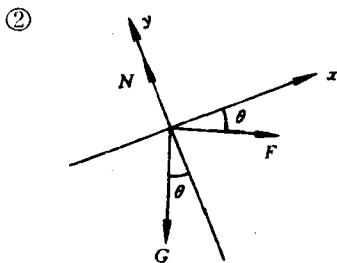


图 1-1-25

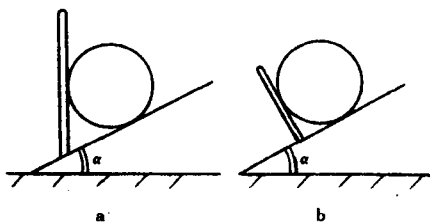


图 1-1-26

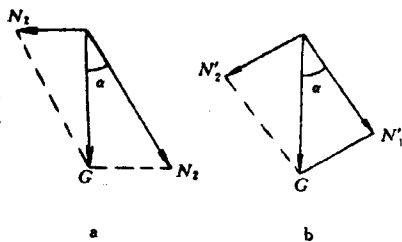


图 1-1-27

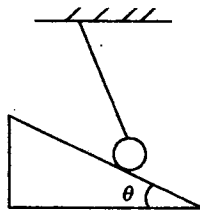


图 1-1-28

程中绳上张力的最小值是_____。

【答案】 $mg\sin\theta$ 。

【解析】 在缓慢推动斜面时,小球处于平衡状态.如图 1-1-29 所示.小球受三个力作用,即竖直向下的重力 mg 、绳的拉力 T 和斜面的支持力 N ,而且其中支持力 N 的方向不变.由于小球平衡,则 T 和 N 的合力 F 和重力 mg 相等.当 T 的方向和 N 垂直时, T 最小,有: $F = mg$

$$T_{\text{小}} = F\sin\theta,$$

所以

$$T_{\text{小}} = mg\sin\theta.$$

【例 18】 如图 1-1-30 所示, AO 是质量为 m 的均匀细杆,可绕 O 轴在竖直平面内自由转动.细杆上的 P 点与放在水平桌面上的圆柱体接触,圆柱体靠在竖直的挡板上而保持平衡.已知杆的倾角为 θ , AP 长度是杆长的 $\frac{1}{4}$,各处的摩擦都不计,则挡板对圆柱体的作用力等于_____。

(1992 年全国试题)

【答案】 $\frac{2}{3}mg\cos\theta\sin\theta$ 或 $\frac{1}{3}mg\sin 2\theta$ 。

【解析】 取 AO 为研究对象,其受力如图 1-1-31 所示.根据有固定转动轴的物体平衡条件 $\sum M = 0$, 设 AO 长为 L , 则

$$mg \frac{L}{2} \cos\theta = N \frac{3}{4}L,$$

所以

$$N = \frac{2mg\cos\theta}{3}.$$

根据牛顿第三定律 AO 杆对圆柱体的弹力大小应等于 $\frac{2}{3}mg\cos\theta$. 再

取圆柱体为研究对象,受力为重力 G ,地面给它的弹力 N' ,竖直板对圆柱体弹力 N_1 和 AO 杆对圆柱体弹力 N ,受力如图 1-1-32 所示.在水平方向的平衡条件应满足 $\sum F_x = 0$ 知, N 在水平方向向左的分量应与 N_1 平衡,所以 $N_1 = N\sin\theta = \frac{2}{3}mg\cos\theta\sin\theta$ 或 $\frac{1}{3}mg\sin 2\theta$ 。

【例 19】 如图 1-1-33 所示,在两块相同的竖直木板之间,有质量均为 m 的 4 块相同的砖.用两个大小均为 F 的水平力压木板,使砖静止不动,则第二块砖对第三块砖的摩擦力大小是 ()

A. 0

B. mg

C. $\frac{mg}{2}$

D. $2mg$

【答案】 A.

【解析】 此类问题,应注意选取研究对象.若分别对 1、2、3、4 块砖进行分析则比较烦琐,这时可从整体出发.取四块砖为研究对象(图 1-1-34),其受力为 $4mg$ 、 f_1 、 f_2 ,由 $f_1 = f_2$,根据 $\sum F = 0$ 得 $2f_1 = 4mg$,所以 $f_1 = 2mg$. 然后再隔离 1 和 2,并取它们两个作为整体研究对象(图 1-1-35),其受

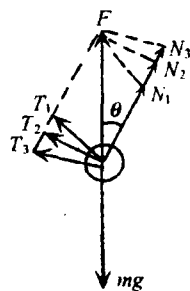


图 1-1-29

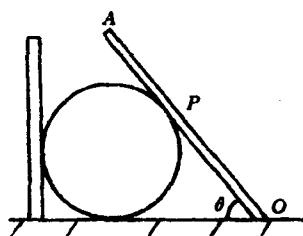


图 1-1-30

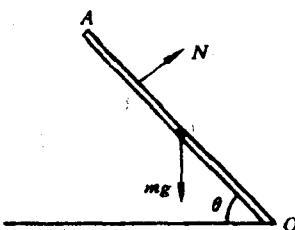


图 1-1-31

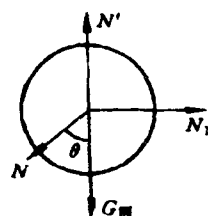


图 1-1-32

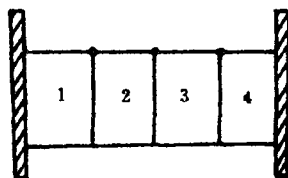


图 1-1-33