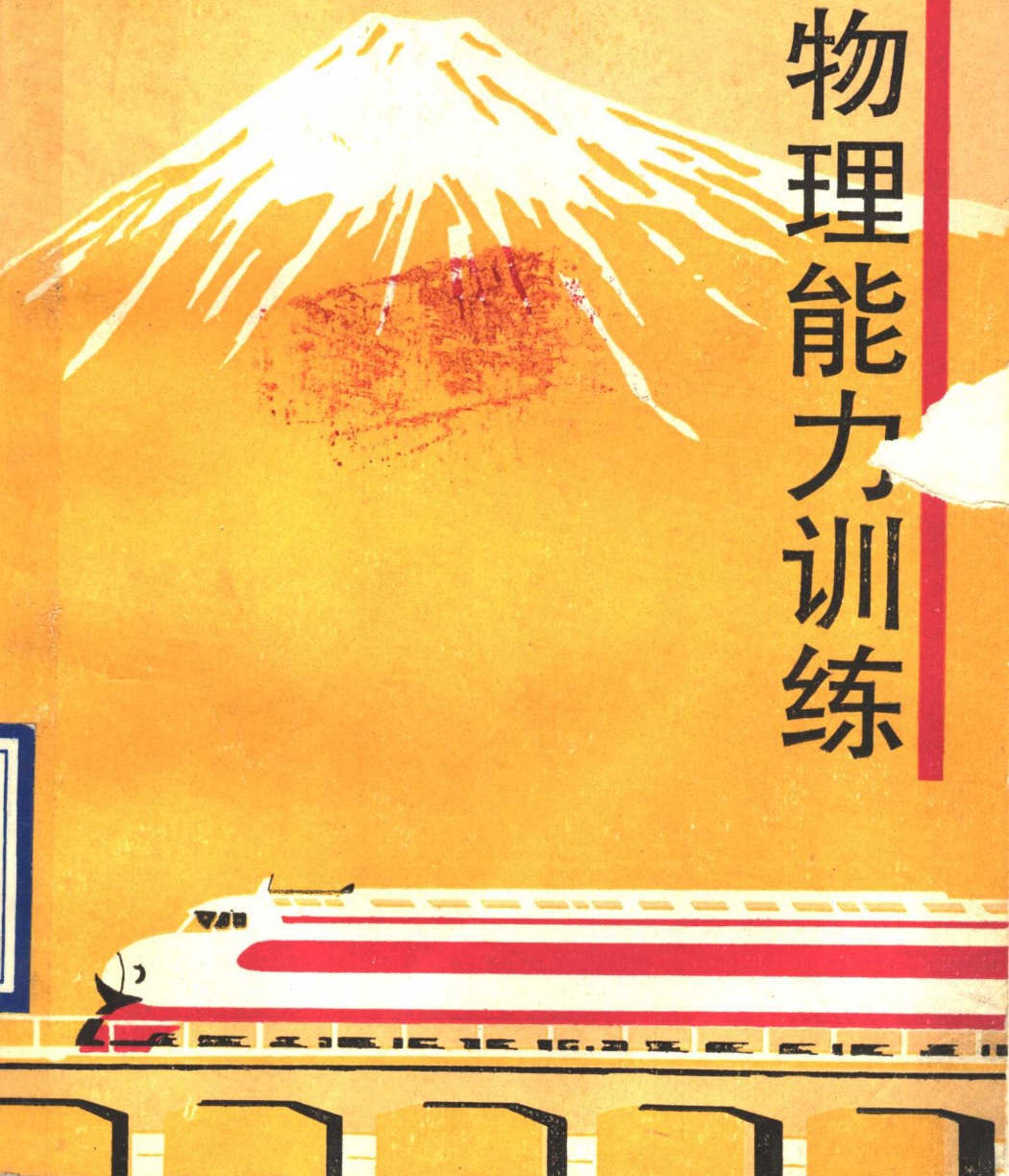


日本大学入学试题选编

王通钦 朱润生 商亚兰 编
王铁桦 张飞霞 刘照胜

上海交通大学出版社

高中物理能力训练



日本大学入学试题选编

高中物理能力训练

王通钦 朱润生 商亚兰
王铁桦 张飞霞 刘照胜 编

上海交通大学出版社

内 容 提 要

《日本大学入学试题选编》丛书包括《高中数学能力训练》、《高中物理能力训练》、《高中化学能力训练》、《高中英语能力训练》等4种,由上海交通大学附属中学等校具有丰富教学经验的高年资教师从1990、1991年的几千道日本大学入学试题中,经翻译、精选、解演、整理、补充而编撰成的。

本书共分15章,主要内容包括:力、物体的平衡,直线运动,运动和力,曲线运动,万有引力,机械能,动量,振动和波,热学,电场,稳恒电流,磁场,电磁感应,交流电、电磁振荡,光学,原子和原子核,各章均分为知识要点、解题指导和练习题三部分,涉及物理高考的各种题型;书末附有全部习题答案和难题的简要提示,力求提高学生在高中物理学习中分析问题和解决问题的能力。

(沪)新登字205号

高中物理能力训练

出版:上海交通大学出版社

(上海市华山路1954号·200030) 字数:315000

发行:新华书店上海发行所

版次:1993年1月 第1版

印刷:常熟市印刷二厂

印次:1993年1月 第1次

开本:850×1168(毫米) 1/32

印数:1—10000

印张:12.25

沪目:300—94

ISBN 7-313-01103-2/G·63 每套定价:32.00元 (一套四册)

编者的话

能力训练所指的能力是分析、综合、判断、推理、解演题目的能力,简称为综合解题能力。全日制中学物理教学大纲规定,在物理教学过程中,应该通过概念的形成,规律的得出,模型的建立,知识的应用……培养学生的分析、概括、抽象、推理、想象等思维能力。全国普通高等学校招生统一考试上海卷考试说明数学科考试目标中明确指出,数学科高考旨在考查中学数学的基础知识、基本技能和逻辑思维能力、运算能力、空间想象能力以及综合运用能力。考试目标还指出,所谓逻辑思维能力就是观察、分析、综合、比较、抽象和概括的能力;运用归纳、演绎和类比的方法进行推理的能力。根据近年来我国高等学校招生考试的情况,我们感到考生应该更加注重提高综合解题的能力。许多考生反映,题目有新意就不知如何分析是好。应考学生迫切要求提高综合解题的能力。

能力是完成一定活动的本领。能力是在人的生理基础上经过教育和培养,并在实践活动中吸取他人的智慧和经验而形成和发展起来的。综合解题能力也不例外,它的形成要有一定的智力基础和知识基础。所以提高综合解题能力必须具备良好的知识基础,并且按照一定计划有序地训练。

日本国有各类大专院校千余所。在日本,各高校招生都是单独进行的,入学试题(日语为入试题)各不相同。近几年来,日本大学入学试题中有很多考查综合分析能力的好题目。为了指导我国学生解题,我们从1990、1991两年的几千道日本大学入学试题中精选了一部分题目,经翻译、解演、整理、补充,编撰成《日本大学入学试题选编》丛书,丛书共分《高中数学能力训练》、《高中物理能力训练》、《高中化学能力训练》和《高中英语能力训练》等四册。

考虑到我国物理教学的特点,《高中物理能力训练》选用日本大学入学试题时,删改了其中的超纲部分,补充了大量有利于综合解题能力训练的好题目。

本书内容分为知识要点、解题指导、练习题三大部份。各章所用到的知识,力求包括全部物理高考内容。解题指导着重阐明解答题目的思想方法。练习题分A、B两组。A组来自于日本大学入学试题,B组来自于国内。书后附有解答。对于A组练习题及B组练习题中稍难的题目,书后附有简要提示。全书共有例题123道,习题454道。

本书的特点是偏重于理顺解题思路,题目有新意,起步高、难度大。用本书训练,可收到事半功倍、高效、速成的效果。

本书的资料翻译工作由朱润生、商亚兰完成。选题、编撰工作由王通钦、朱润生、商亚兰、王铁桦、张飞霞、刘照胜等分工完成。最后的统稿、整理、审核工作由王通钦、张飞霞同志完成。

本书可作为有关教师和教研工作者的教学参考资料,可作为家长的家庭辅导材料,也可作为广大高考考生临考前的自学复习教材。我们衷心祝愿广大青年学生在《日本大学入学试题选编》丛书的指点、帮助下,顺利地跨进高等学府的大门。

目 录

第一章	力、物体的平衡	(1)
第二章	直线运动	(18)
第三章	运动和力	(36)
第四章	曲线运动、万有引力	(55)
第五章	机械能	(72)
第六章	动量	(94)
第七章	振动和波	(124)
第八章	热学	(144)
第九章	电场	(166)
第十章	稳恒电流	(192)
第十一章	磁场	(219)
第十二章	电磁感应	(243)
第十三章	交流电、电磁振荡、电磁波	(270)
第十四章	光学	(286)
第十五章	原子和原子核	(313)
习题答案与提示		(329)

第一章 力、物体的平衡

内 容 要 点

一、力的概念

力是物体间的相互作用，有受力物体必有施力物体。在国际单位制中，力的单位是牛顿(N)。力的三要素是力的大小、方向和作用点。力是矢量，可以用矢量图示法表示力。力可以根据性质分类也可以根据效果分类。

二、常见的三种力

重力 $G = mg$,

弹力 $f = kx$,

摩擦力 $f = \mu N$ 。

三、力的合成和分解

合力产生的效果和各分力同时作用产生的效果相同。共点力合成法则即矢量合成法则——平行四边形法则。

常用正交分解法求共点力的合力。

四、共点力平衡

共点力平衡的条件是合力为零。

五、力矩

力使物体转动的效果取决于力矩： $M = FL$ 。

六、物体的平衡

物体平衡的条件是：

$$\Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0, \Sigma M = 0.$$

七、实验

1. “共点的两个力的合成”，验证力的平行四边形合成法则。
2. “有固定转动轴的物体的平衡”，验证力矩平衡条件。

解 题 指 导

一、分析物体所受的力、画受力图

画受力图是解演力学问题的关键。物体受力情况分析的一般步骤是：

1. 选定受力物体作为隔离体；
2. 按重力、弹力、摩擦力等力的性质，依次分析其它物体对隔离体的作用力；
3. 画出受力图。(1)如果只研究隔离体静止或平动的原因，应画出质点的受力图；(2)如果要研究物体的转动作用，应画出物体的受力图。转动轴对物体的作用力可以不画，物体所受各力的作用点只能沿力的作用线移动。

画受力图要防止以下三点：

1. 防止将其它物体所受的力画入隔离体的受力图；
2. 防止凭空添力。例如将“下滑力”、“向心力”等按效果命名的力添加在隔离体上。又如误认为物体运动必须受力，把速度当作力添加在隔离体上；
3. 防止判错摩擦力方向。

例题 1-1 一降落伞连同跳伞运动员质量为 M ，在无风时匀速下降，当受到自东向西的风影响时（设风速是稳定的），降落伞同

运动员最后沿与水平方向成 60° 角匀速下降, 若将伞连人视为一个整体, 在上述两种匀速下降的情况下, 受力图是怎样的? 有风时伞如何倾斜?

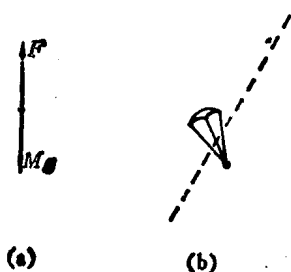


图 1-1

解 无论是无风或有风, 伞和人只受重力和空气对它的作用力。受力图相同, 如图 1-1(a) 所示。图中 F 是空气对它的作用力。

有风时的倾斜情况如图 1-1(b) 所示。

说明 有人认为, 有风时应受到三个力。即重力、水平风力和沿虚线方向的阻力。其实, 风力和阻力都是空气阻碍伞和人运动的力。施力物相同, 力的性质相同应作为一个力。画受力图时, 不应把这个力当作两个力。

例题 1-2 把重力为 4000 牛的卷扬机放在重力为 6000 牛的货物箱上, 通过定滑轮钢索拉箱移动(图 1-2(a))。若箱与地面间的滑动摩擦系数为 0.2, 则卷扬机和货物箱一道向右匀速运动时, 卷扬机与箱子间的静摩擦力是多大?

分析 卷扬机和货物箱是连接体。解演连接体的力学问题, 一般先把整个系统作为一个质点, 画出整体的受力图, 再隔离其中一个物体画出它的受力图。根据受力图, 用正交分解法, 列出力

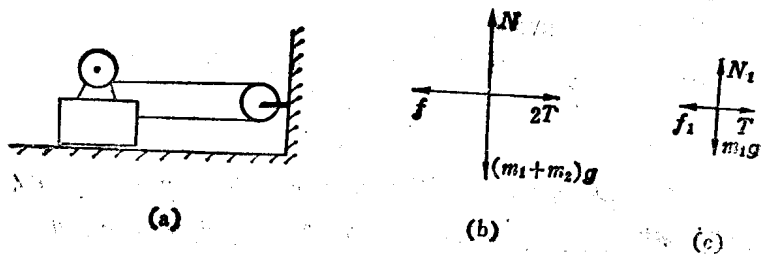


图 1-2

平衡方程。

解 先作总体的受力图(图 1-2(b)), 根据共点力平衡, 得出

$$N = (m_1 + m_2)g,$$

$$2T = f = \mu N = \mu(m_1 + m_2)g,$$

则钢索拉力

$$T = \frac{1}{2}\mu(m_1 + m_2)g = \frac{1}{2} \times 0.2 \times (4000 + 6000) = 1000 \text{ 牛}.$$

再作卷扬机的受力图(图 1-2(c)), 根据共点力平衡解得卷扬机所受静摩擦力

$$f_1 = T = 1000 \text{ 牛}.$$

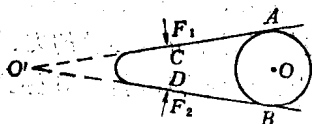


图 1-3

例题 1-3 用食品夹夹取核

桃。如图 1-3 所示, 两臂延长线交于 O' 点。设核桃为球形, 球心在 O 点, 半径为 R 。夹取核桃时, 夹臂与核桃的接触点是 A 和 B , 两夹臂

夹角 $\angle AO'B = \theta$, 外力 $F = F_1 = F_2$ 作用于 C 和 D , C 、 D 分别在 $O'A$ 、 $O'B$ 的中点, 且外力与夹臂垂直。若核桃重力远小于外力 F , 夹取时, 夹具恰未发生弹性形变, 求核桃与夹臂间的静摩擦力。

分析 先由力矩平衡方程式求出夹臂与核桃间的弹力, 然后作核桃的受力图, 根据共点力平衡求出摩擦力。本题的关键是作核桃的受力图。作图时要特别注意各力的方向, 受力图画好以后, 用正交分解法求出摩擦力的大小。

解 作夹臂受力图(图 1-4(a)), 根据力矩平衡解得

$$N_2' = \frac{F_2}{2}.$$

作核桃受力图(图 1-4(b)), 图中 N_1 、 N_2 分别垂直于 $O'A$ 和 $O'B$, 摩擦力 f_1 、 f_2 分别垂直于 N_1 、 N_2 。 f_1 、 f_2 的夹角为 θ 。

建立 xOy 坐标, O' 在 Ox 轴上。则 f_1 、 f_2 与 x 轴夹角的

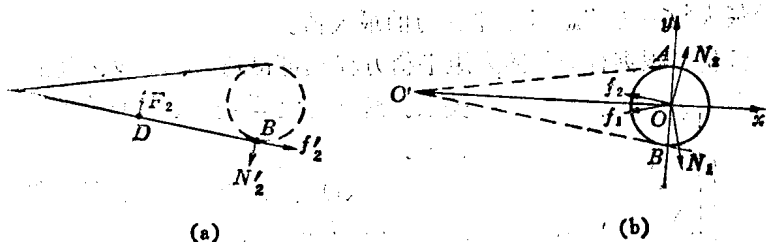


图 1-4

大小为 $\theta/2$, N_1, N_2 与 y 轴夹角的大小为 $\frac{\theta}{2}$. 设 $f = f_1 = f_2$, $N = N_1 = N_2$, 则

$$f \cos \frac{\theta}{2} = N \sin \frac{\theta}{2}, \quad f = N \tan \frac{\theta}{2} = \frac{1}{2} F \tan \frac{\theta}{2}.$$

两夹臂对核桃的静摩擦力大小均为 $\frac{1}{2} F \tan \frac{\theta}{2}$, 方向向着 O' 点.

二、有固定转动轴的物体的平衡

用力矩平衡方程解题时, 应按以下步骤思考:

1. 选定研究对象, 确定转轴;
2. 画受力图;
3. 确定各力的力臂及各转动作用的转向;
4. 列出力矩平衡方程式.

例题 1-4 图 1-5 所示直杆 AB 长 4 米, 顶端受水平拉力 F , 为使直杆能直立地面, 用一根 4 米长的绳系在直杆 C 点, 绳的另一端固定在地面上 D 点的木桩上, 木桩可以左右移动. 设 CB 相距 x , B 处有转轴. (1) 若 F 一定, x 为多大时, 绳的拉力最小, 最小值是多少? (2) 若绳能忍

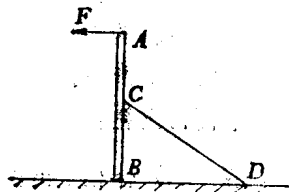


图 1-5

受的最大拉力为 T_m , 求水平拉力的最大值。

分析 根据杆 AB 的力矩平衡方程式可得到 F 、 T 、 x 之间的关系。解答可由 T 与 F 、 x 的关系式得出。

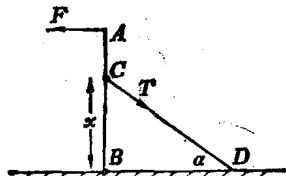


图 1-6

解 (1) 作直杆的受力图(图 1-6), 根据力矩平衡

$$F \cdot \overline{AB} = T \cdot \overline{BD} \sin \alpha,$$

式中 $\overline{BD} = \sqrt{\overline{CD}^2 - x^2}$, $\sin \alpha = \frac{x}{\overline{CD}}$, $\overline{AB} = \overline{CD} = 4$ 米

所以

$$T = \frac{F \cdot \overline{AB} \cdot \overline{CD}}{x \sqrt{\overline{CD}^2 - x^2}} = \frac{16F}{x \sqrt{16 - x^2}}.$$

当 $x = 2\sqrt{2}$ 米时, T 有最小值 $T_{\min} = 2F$ 。

(2) 当 $x = 2\sqrt{2}$ 米时, $T = 2F$, $T \leq T_m$, 所以 $2F \leq T_m$, 水平拉力的最大值为 $F_m = T_m/2$ 。

例题 1-5 用斜劈把重心在 O 点, 长高之比 5:3, 重量为 G 的箱子抬起。斜劈倾角 α (图 1-7)。设箱与地面间有摩擦, 其它摩擦均不计。(1) 要由图示位置继续抬高箱子, 水平推力 F 至少多大? (2) 此时箱与地面间的静摩擦力有多大?

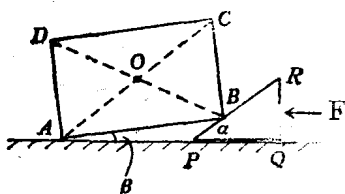


图 1-7

分析 可把箱子看作一个有固定转动轴的物体, 根据力矩平衡得出劈对箱的支持力。可把劈看成是一个平衡质点, 根据共点力平衡得出水平推力。另外, 把箱子和劈看作一个平衡质点根据共点力平衡得出箱在 A 点所受的摩擦力。

解 (1) 作箱子的受力图(图 1-8), 设箱长为 L , 高为 $\frac{3}{5}L$, 根据力矩平衡

$$[N_B \cos(\alpha - \beta)] \cdot L + (G \sin \beta) \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{5} L = (G \cos \beta) \cdot \frac{1}{2} L.$$

劈对箱子的支持力

$$N_B = \frac{G(0.5 \cos \beta - 0.3 \sin \beta)}{\cos(\alpha - \beta)}.$$

作斜劈的受力图, 根据共点力平衡和牛顿第三定律

$$F = N_B \sin \alpha = \frac{G \sin \alpha (0.5 \cos \beta - 0.3 \sin \beta)}{\cos(\alpha - \beta)}.$$

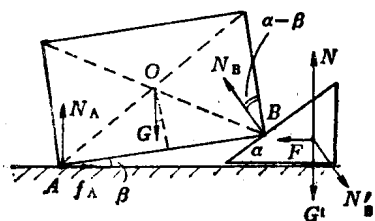


图 1-8

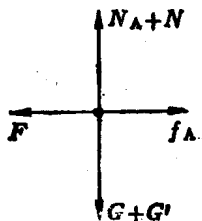


图 1-9

(2) 把箱子和劈作为一个质点, 作受力图(图 1-9) 根据共点力平衡, 地面对箱子的静摩擦力

$$f_A = F = \frac{G \sin \alpha (0.5 \cos \beta - 0.3 \sin \beta)}{\cos(\alpha - \beta)}.$$

说明 (1) 在列出箱子的力矩平衡方程式时, G 和 N_B 都被分解为两个相互垂直的分力. 这样做, 是为了确定力臂方便. 必须注意, 每一个分力的转动作用的方向不能搞错.

(2) 由 F 的表达式可知, 推力 F 随 β 角增大而减小, 斜劈刚插入箱底时, $\beta = 0$, F 有最大值, F 的最大值为 $F_m = \frac{1}{2} G \tan \alpha$.

(3) 由箱子的受力图也可以求出地面对箱子的摩擦力, 即根据箱所受水平方向合力为零, 得出 $f_A = N_B \sin \alpha$ 从而得解. 但从整个系统的受力图上可以更加简捷地获得解答.

例题 1-6 有支架的水平导轨 AB , 其外形如图 1-10 所示.

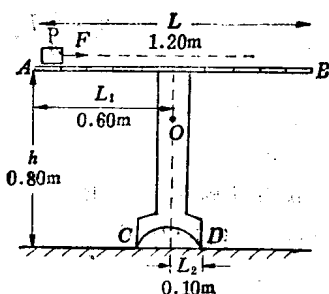


图 1-10

O 点是整个装置 $ABCD$ 的重心，其质量为 $M = 4.0$ 千克。整个装置可绕 D 点顺时针转动，在导轨 AB 上 A 有一个质量为 $m = 2.0$ 千克的物块 P 。物块与导轨间的摩擦系数 $\mu = 0.5$ 。若物块在水平恒力 $F = 12$ 牛作用下，向右运动，则物块在什么范围内运动时，支

架不会翻倒？

分析 支架会不会翻倒是力矩平衡问题。在本题只能选取支架 $ABCD$ 作为研究对象，不能包含物块 P 。因为 P 不是平衡物体 ($F > f$)，在支架的受力图中应画出物块对支架的压力和滑动摩擦力。支架不翻的条件是地面对支架 C 点的支持力 $N_C \geq 0$ 。

解 选取 $ABCD$ (不包括 P) 为研究对象，作有固定转轴 D 的有架导轨的受力图 (图 1-11)，并设 AP 间距离为 x 。支架不翻的条件是：

$$MgL_2 \geq N_P(x - L_1 - L_2) + f_P \cdot h.$$

由物块 P 的受力图 (图 1-12)

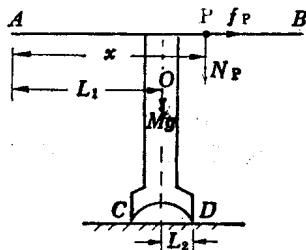


图 1-11

可知

$$N_P' = mg \text{ 且 } f_P = \mu N_P = \mu mg, \text{ 所以}$$

$$MgL_2 \geq mg(x - L_1 - L_2) + \mu mgh,$$

在支架平衡时， AP 间距

$$x \leq \frac{MgL_2 - \mu mgh + mg(L_1 + L_2)}{mg},$$

$$x \leq \frac{M}{m}L_2 - \mu h + L_1 + L_2.$$

代入数据解得

$$x \leq \frac{4}{2} \times 0.10 \text{ 米} - 0.5 \times 0.80 \text{ 米} + 0.60 \text{ 米} + 0.10 \text{ 米} = 0.5 \text{ 米}.$$

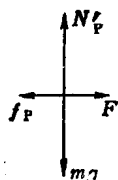


图 1-12

物体从 A 运动到离 A 0.5 米处, 支架不会翻倒。

说明 (1) 怎样选取研究对象, 这个问题往往不被人重视。在选取研究对象时应该注意到, 只能对平衡物体列出共点力平衡方程和力矩平衡方程, 不能把有加速度物体当作平衡物体的一部分; (2) 为什么 x 值估计过大对解答没有影响? 请读者思考。

习 题

A 组

1-1 质量 M 和 m ($M > m$) 的物体 A 和 B 用线连接如图 1-13 所示。线挂在光滑圆柱上, 没有松弛, A 和 B 放在长方形板上, 两线均与板的倾斜边平行。已知 A、B 与板之间的滑动摩擦系数均为 μ , 最大静摩擦力是滑动摩擦力的 1.2 倍, 板与水平地面间的夹角为 θ 。在 θ 角由 0 逐渐增大的过程中, (1) θ 角在什么范围内线的拉力为零? 在此过程中, A、B 所受摩擦力的方向是怎样的? (2) θ 角超出上述范围继续增大, 当物体 A、B 即将开始运动时, A 所受摩擦力大小是多少? (3) θ 角在什么范围内, 物体 B 受到的摩擦力沿斜面向上? (4) θ 角在什么范围内, 物体 B 受到的摩擦力沿斜面向下且 B 仍保持静止? (5) 如果 θ 角超过上述范围, 物体 A、B 作什么运动?

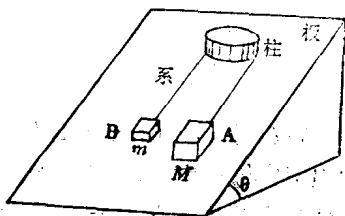


图 1-13

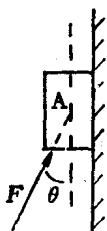


图 1-14

B 组

1-2 竖直墙壁与物块 A 间摩擦系数为 μ 。A 的质量可以任选。对 A 施加一个斜向上的力 F , 使 A 匀速沿墙向上滑, F 与竖直方向的夹角 θ 所允许的最大范围是 _____。(图 1-14)

1-3 质量为 m 的小球系在细绳一端放在倾角为 α 的光滑斜木块上. 用水平力 F 将斜木块在光滑水平桌面上向左推移, 使小球逐渐升高, 细绳与水平面的夹角 β 逐渐减小(图 1-15). 当 $\beta =$ _____ 时, 绳的拉力最小. 此时, 推力 F 至少是 _____.

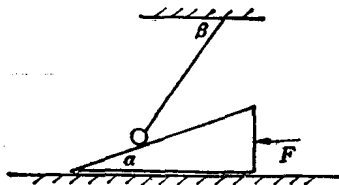


图 1-15

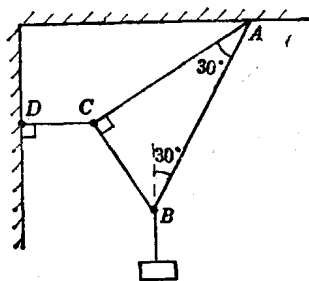


图 1-16

1-4 图 1-16, 细绳 AB 和 CB 下端悬挂着重 300 牛的物体, 细绳 AC 与 CB 垂直, 而细绳 DC 恰位于水平状态. 此时, 四条绳子的拉力分别为 $T_{AB} =$ _____ 牛, $T_{BC} =$ _____ 牛, $T_{CD} =$ _____ 牛, $T_{CA} =$ _____ 牛.

1-5 一位教师做如下实验: 用内外半径分别为 r 和 R 的两个铜半球, 将两半球紧密地合在一起, 然后抽除里面的空气. 再组织学生将两半球拉开. 若当时的大气压强为 p_0 , 要将两半球拉开, 每边学生的拉力至少是 _____. 设半径 $R = 10.0$ 厘米, $r = 8.0$ 厘米, 估算拉力的大小为 _____ 牛. (一位有效数字)

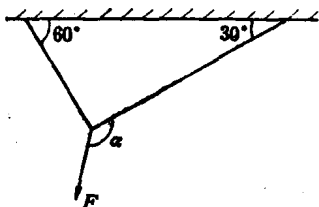


图 1-17

1-6 将均匀的长木箱置于倾角为 θ 的斜面上, 木箱沿斜面方向的长度为 L . 此箱在斜面上匀速下滑而不翻倒的条件是: 滑动摩擦系数 $\mu =$ _____; 箱高不得超过 _____.

1-7 两绳相交, 绳与绳、绳

与天花板之间夹角如图 1-17 所示。如果拉力 F 的方向可以改变，要使两绳都不松弛，图中 α 角的范围是 _____。当 $\alpha =$ _____ 时，两绳拉力大小相等。

1-8 (图 1-18) 匀速运行的水平传送带上有 3 个工件。A 是刚放到传送带上的初速为零的工件；B 是随带匀速运行的工件；C 是已送到终端被挡住而静止的工件。工件 A 受到 _____ 个力，工件 B 受到 _____ 个力；工件 C 受到 _____ 个力。

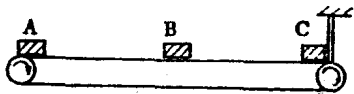


图 1-18

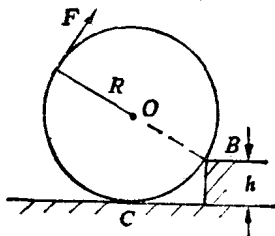


图 1-19

1-9 (图 1-19) 半径为 R 的圆球重量为 G 。若要把它翻过高度 $h = R/2$ 的台阶，至少要用 $F =$ _____。此时(圆球恰离水平地面)，台阶对圆球作用力的大小为 _____，这个作用力与水平面的夹角为 θ ，则 $\tan \theta =$ _____。

1-10 三角形木块放在水平光滑桌面上，其底角为 α_1 和 α_2 ，且 $\alpha_1 < \alpha_2$ ， $\alpha_1 + \alpha_2 = 90^\circ$ 。木块顶端有一个定滑轮，跨过滑轮的绳子两端系有质量为 m_1 和 m_2 的两个小木块，滑轮和斜面的摩擦均不计，当小木块 m_1 在斜面上匀速下滑时，滑轮对三角形木块的作用力大小和方向为：(图 1-20)

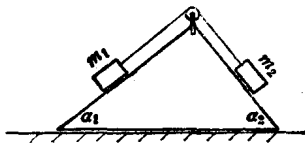


图 1-20

- (A) $(m_1 + m_2)g$ ，竖直向下； (B) $2m_1g \sin \alpha_1$ ，竖直向下；
(C) $\sqrt{2} m_1g \sin \alpha_1$ 向下偏右； (D) $\sqrt{2} m_2g \sin \alpha_2$ ，向下偏左。