

click gold medal

高中物理



奥林匹克竞赛

解题方法

主编 陈海鸿

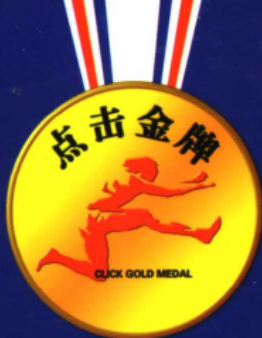
大全



掌握一个解题方法 比做一百道题更重要

山西教育出版社

选题策划 王宇鸿 孙 轶
责任编辑 景爱香
特约编辑 李玉萍
复 审 孙 轶
终 审 张沛泓
装帧设计 王耀斌
印装监制 贾永胜



click gold medal

点击金牌·初中英语奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·初中数学奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·初中物理奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·初中化学奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·初中生物学竞赛解题方法大全
点击金牌·高中英语奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·高中数学奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·高中物理奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·高中化学奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·高中生物奥林匹克竞赛解题方法大全

点击金牌·初一英语奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·初二英语奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·初三英语奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·初一数学奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·初二数学奥林匹克竞赛解题方法大全
点击金牌·初三数学奥林匹克竞赛解题方法大全

ISBN 7-5440-2318-4



9 787544 023184 >

ISBN 7-5440-2318-4
G·2044 定价:15.00元

click gold medal

掌握一个解题方法 比做一百道题更重要

高中物理 奥林匹克竞赛 解题方法

大全

主编 陈海鸿
编著 李新华 陈海鸿
孙粉香 李学军
曹小青 杜晋太



山西教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

高中物理奥林匹克竞赛解题方法大全/陈海鸿主编. 太原:山西教育出版社,2004.7

(点击金牌)

ISBN 7-5440-2318-4

I. 高… II. 陈… III. 物理课-高中-解题

IV. G634.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 023851 号

山西教育出版社出版发行

(太原市迎泽园小区 2 号楼)

山西新华印业有限公司人民印刷分公司印刷

2004 年第 2 版山西第 9 次印刷

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:14.625

字数:579 千字 印数:86 001—96 000 册

定价:15.00 元

出版宣言

我们常常会看到这样一种现象：不少同学整天忙着做作业，什么“竞赛辅导”、“升学练兵”，手头资料一大堆，习题做了好几本，但学习成绩就是提不高，竞赛成绩不理想，这是为什么？



掌握一个解题方法 比做一百道题更重要

究其原因，就是没有吃透教材的基本原理，没有掌握解题的科学方法。吃透原理，是学好各门功课的根本保证；掌握方法，是攻克奥赛难题的有力武器。只有弄清原理，才能思路清晰，从容对答；只有掌握方法，才能触类旁通，举一反三。不管遇到什么难题，都能得心应手，迎刃而解；不管参加何种竞赛，都能超水平发挥，一举夺标！

我们精心策划出版的这套《点击金牌·中学生奥林匹克竞赛解题方法大全》就是期望为同学们提供最全面、最系

统、最实用、最完备的奥赛解题方法。

——我们以新课标为指导，以“突出素质教育、激发创新思维、增强实践应用、培养解题技能”为宗旨，按照新教材的全部知识点和奥赛的测试范围分类编写。书中既有方法点拨，思维开拓；又有例题分析，针对性的训练。方法灵活巧妙，题型系统全面，思路清晰顺畅，点评恰到好处。所讲所练虽源于教材，但高于教材，能使你在通向奥赛的道路上取得成功。

——我们时刻关注奥赛前沿动态，收集了大量最新的奥赛信息，为同学们增补了当前最具实战意义的试题；使之成为迄今最为系统、最为实用、最为完整的奥赛解题“教材”。


——我们奉行以学生为本的原则，恳切听取参赛同学的心声，使该书遴选的赛题更具前沿性、针对性和新颖性。

——我们吸收了最新的奥赛教学科研成果，在例题解析中为同学们提供了更多的解题方法，恳望有效激发同学们的创新思维，提高同学们的解题技能。

一分耕耘，一分收获。希望的种子已经播下，让我们共同期待开花结果的时刻吧！

编者

2004年6月

第一部分 基础知识 

一、物体的平衡	1
知识点拨	1
赛题精讲	2
针对训练	6
二、运动的连接体问题	10
知识点拨	10
赛题精讲	10
针对训练	13
三、天体运动问题	15
知识点拨	15
赛题精讲	16
针对训练	19
四、有关守恒的问题	21
知识点拨	21
赛题精讲	21
针对训练	26
五、质心运动问题	30
知识点拨	30
赛题精讲	30
针对训练	36
六、非惯性系问题	38
知识点拨	38
赛题精讲	38
针对训练	41
七、静电场问题	42
知识点拨	42
赛题精讲	43
针对训练	56
八、电路计算问题	57



知识点拨	57
赛题精讲	57
针对训练	63
九、磁场及电磁感应	64
知识点拨	64
赛题精讲	65
针对训练	79
十、光的反射、折射问题	81
知识点拨	81
赛题精讲	81
针对训练	88
十一、透镜成像问题	90
知识点拨	90
赛题精讲	90
针对训练	104
十二、光的波动性问题	107
知识点拨	107
赛题精讲	107
针对训练	110
十三、量子论初步问题	114
知识点拨	114
赛题精讲	114
针对训练	120
第一部分参考答案	125

第二部分 解题方法

一、整体法	130
知识点拨	130
赛题精讲	130
针对训练	141
二、隔离法	145
知识点拨	145
赛题精讲	146



针对训练	154
三、微元法	160
知识点拨	160
赛题精讲	160
针对训练	173
四、等效法	176
知识点拨	176
赛题精讲	176
针对训练	185
五、极限法	189
知识点拨	189
赛题精讲	189
针对训练	199
六、递推法	203
知识点拨	203
赛题精讲	203
针对训练	217
七、对称法	220
知识点拨	220
赛题精讲	220
针对训练	231
八、作图法	233
知识点拨	233
赛题精讲	233
针对训练	238
九、估算法	241
知识点拨	241
赛题精讲	241
针对训练	244
十、假设法	245
知识点拨	245
赛题精讲	245
针对训练	255
十一、图像法	257
知识点拨	257
赛题精讲	258



针对训练	263
十二、类比法	265
知识点拨	265
赛题精讲	265
针对训练	272
十三、降维法	274
知识点拨	274
赛题精讲	274
针对训练	286
十四、近似法	287
知识点拨	287
赛题精讲	287
针对训练	296
第二部分参考答案	298

第三部分 实战训练



第十六届全国中学生物理竞赛预赛试题	304
第十七届全国中学生物理竞赛预赛试题	307
第十八届全国中学生物理竞赛预赛试题	310
第十九届全国中学生物理竞赛预赛试题	313
第二十届全国中学生物理竞赛预赛试题	315
第十七届全国中学生物理竞赛复赛试题	317
第十八届全国中学生物理竞赛复赛试题	320
第十九届全国中学生物理竞赛复赛试题	323
第二十届全国中学生物理竞赛复赛试题	326
第十七届全国中学生物理竞赛决赛试题	328
第十八届全国中学生物理竞赛决赛试题	333
第十九届全国中学生物理竞赛决赛试题	337
第三部分参考解答	343



第一部分



基础知识



一、物体的平衡

知识点拨

物体相对于地面处于静止、匀速直线运动或匀速转动的状态,称为物体的平衡状态,简称物体的平衡.物体的平衡包括共点力作用下物体的平衡、具有固定转动轴的物体的平衡和一般物体的平衡.

当物体受到的力或力的作用线交于同一点时,称这几个力为共点力.物体在共点力作用下,相对于地面处于静止或做匀速直线运动时,称为共点力作用下物体的平衡.当物体在外力的作用下相对于地面处于静止或可绕某一固定转动轴匀速转动时,称具有固定转动轴物体的平衡.当物体在非共点力的作用下处于平衡状态,称一般物体的平衡.

解决共点力作用下物体的平衡问题,或具有固定转动轴物体的平衡问题,或一般物体的平衡问题,首先把平衡物体隔离出来,进行受力分析,然后根据共点力作用下物体的平衡条件:物体所受的合外力为零,即 $\sum \boldsymbol{F} = 0$ (如果将力正交分解,平衡的条件为: $\sum F_x = 0$ 、 $\sum F_y = 0$);或具有固定转动轴的物体的平衡条件:物体所受的合力矩为零,即 $\sum M = 0$;或一般物体的平衡条件: $\begin{cases} \sum M = 0 \\ \sum \boldsymbol{F} = 0 \end{cases}$ 列方程,再结合具体问题,利用数学工具和有关问题的方法进行求解.

物体的平衡又分为随遇平衡、稳定平衡和不稳定平衡三种.



赛题精讲

例 1 如图 1-1-1 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 $1/4$, 各处的摩擦都不计, 则挡板对圆柱体的作用力等于_____.

解析 要求挡板对圆柱体的作用力, 根据已知条件, 先分析圆柱体的受力情况, 然后再研究均匀细杆, 从而求解. 以圆柱体为研究对象, 受力如图 1-1-1-甲所示, 由平衡条件得:

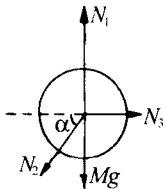


图 1-1-1-甲

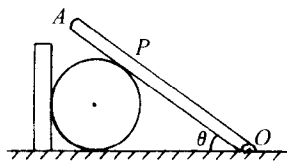


图 1-1-1

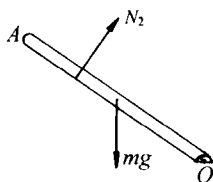


图 1-1-1-乙

$$N_2 \cos \alpha = N_3 \quad \text{因为 } \alpha = 90^\circ - \theta$$

$$\text{所以 } N_2 \sin \theta = N_3 \quad \text{①}$$

以均匀细杆 AO 为研究对象, 受力如图 1-1-1-乙所示, 以 O 点为轴, 由平衡条件, 得:

$$mg \cdot \frac{L}{2} \cdot \cos \theta = N_2 \cdot \frac{3}{4} L \quad (L \text{ 为杆长}) \quad \text{②}$$

解①、②两式得:

$$N_3 = \frac{1}{3} mg \sin 2\theta$$

即挡板对圆柱体的作用力等于 $\frac{1}{3} mg \sin 2\theta$.

例 2 如图 1-1-2 所示, 是一半径为 R 的圆球, 其重心不在球心 O 上, 现将它置于水平地面上, 则平衡时球与地面的接触点为 A , 若将它置于倾角为 30° 的粗糙斜面上, 则平衡时

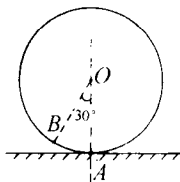


图 1-1-2

(静摩擦力足够大)球与斜面的接触点为 B , 已知 \widehat{AB} 的圆心角为 30° , 则圆球的重心离球心 O 的距离是_____。

解析 球放在水平地面上平衡时, 重力的作用线一定沿竖直线 OA , 因此重心一定在 OA 或 OA 的延长线上。球放在斜面上有两种放法, 如图 1-1-2-甲所示, 不论哪种放法球都只受重力 G 、斜面的支持力 N 、斜面对球的摩擦力 f 。当球平衡时, 若以 B 点为转轴, 根据有固定转动轴物体的平衡条件, 其所受合力矩为零。现在力 N 、 f 均过 B 点, 其力矩为零, 剩下一个重力, 要使其对 B 点的力矩为零, 重力作用线也应过 B 点, 因此按图(a)放置的球不可能平衡。若按图(b)放置, 由于 OA 线不在竖直方向, 过 B 点引竖直线交 OA 于 M 点, 因重心也应在 BM 连线上, 可见 M 点即为所求重心的位置。由几何知识不难验证 $\triangle BOM$ 是一底角为 30° 的等腰三角形, 所以重心到球心的距离为:

$$OM = \frac{1}{2} \cdot \frac{R}{\cos 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{3} R$$

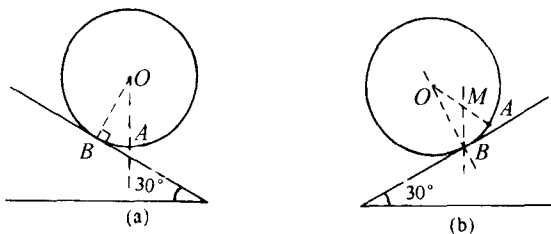


图 1-1-2-甲

例 3 半径为 R 、质量为 M_1 的均匀圆球与一质量为 M_2 的重物 E 分别用细绳 AD 和 ACE 悬于同一点 A , 并处于平衡状态, 如图 1-1-3 所示。已知悬点 A 到球心 O 的距离为 L , 不考虑绳的质量和绳与球的摩擦, 试求悬挂圆球的绳 AD 与竖直方向 AB 间的夹角 θ 。

解析 如图 1-1-3-甲所示, 设 AD 绳上的拉力为 T_1 、 AC 绳上的拉力为 T_2 。因为 AD 绳上的拉力 T_1 沿 AD 的方向, 所以求 θ 其实是求拉力 T_1 的方向。

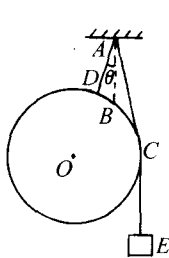


图 1-1-3

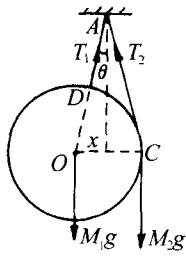


图 1-1-3-甲

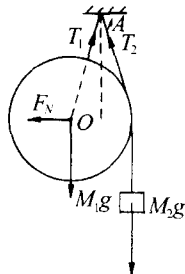


图 1-1-3-乙



以圆球和重物整体为研究对象.如图 1-1-3-乙所示,整体受到重力 M_1g 、 M_2g 和拉力 T_1 、 T_2 .因这四个力不共点,所以用力矩平衡条件求解.

以 A 点为转轴,拉力 T_1 、 T_2 的作用线经过轴 A,故不产生力矩, M_1g 、 M_2g 的力矩平衡.

设 O 到竖直线的距离为 x ,则

$$M_1gx = M_2g(R-x) \text{ 得:}$$

$$x = \frac{M_2R}{(M_1 + M_2)}$$

$$OA \text{ 绳与竖直方向之间的夹角 } \theta = \arcsin \frac{x}{L} = \arcsin \frac{M_2R}{(M_1 + M_2)L}$$

例 4 质量为 $m = 2\text{kg}$ 的小铁块静止于水平导轨 AB 的 A 端,导轨及支架 ABCD 的形状如图 1-1-4 所示,其重心在图中的 O 点,质量 $M = 4\text{kg}$,可绕通过支架 D 点的垂直于纸面的水平轴自由转动.一个沿导轨方向的恒力 F 通过细线作用于铁块, $F = 12\text{N}$,铁块和导轨之间的摩擦因数 $\mu = 0.50$.在保持导轨及支架平衡的条件下,力 F 拉动铁块滑行的最远距离是多少?

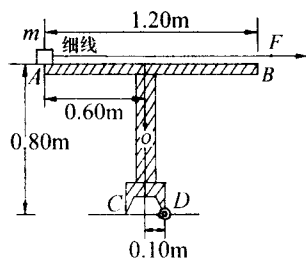


图 1-1-4

解析 以导轨及支架为研究对象.这是具有固定转动轴物体的平衡问题.

设小铁块拉动的最远距离为 s ,铁块拉到 s 处时,支架 C 点受到的地面支持力恰为零.导轨受重力 Mg 、铁块对它的压力 $N = mg$ 和摩擦力 $f = \mu mg$ 对转轴 D 的力矩作用,并处于平衡状态,由平衡条件得:

$$Mg \times 0.1 - \mu mg \times 0.8 - mg \times (s - 0.7) = 0$$

$$\text{解得 } s = 0.5\text{m}$$

即当把小铁块拉到离 A 端 0.5m 处时,支架即将倾倒.

例 5 如图 1-1-5 所示,一根细棒 AB,上端 A 处用铰链与天花板相连,下端 B 用铰链与另一细棒 BC 相连,两棒的长度相等.两棒限于图示的竖直面内运动,且不计铰链处的摩擦.当在 C 端加一个适当的外力(在纸面内)可使两棒平衡在图示的位置处,即两棒间夹角为 90° ,且 C 端正处在 A 端的正下方.

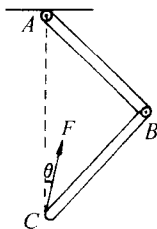


图 1-1-5

(1) 不管两棒的质量如何,此外力只可能在哪个方向范围内? 试说明道理(不要求推算);

(2) 如果 AB 棒的质量 $m_1 = 1.0\text{kg}$, BC 棒的质量 $m_2 = 2.0\text{kg}$.求此外力的大小和方向.



解析 要使系统平衡在图示位置, 不论以哪一点为转轴, 系统或其中任一根棒所受的合外力矩都应为零。

(1) 从两棒整体看, 它们受重力 m_1g 和 m_2g , 它们对 A 轴都有顺时针方向的力矩, 因此, 在 C 端施加力 F 的方向不可能指向 AC 竖直线的左上方。就 BC 棒而言, 同理可知, 以 B 为转轴, m_2g 已是逆时针方向力矩, 故 F 的方向不可能指向 BC 棒的右下方, 故 F 的方向只可能在 $\angle ACB$ 的范围内斜向右上方, 棒才有可能平衡, 即 $0^\circ < \theta < 45^\circ$ 。

(2) 设 F 的方向与 AC 间夹角为 θ , 每根棒长 L , 根据力矩平衡; 以 A 为转轴, 对两棒整体有:

$$(m_1 + m_2)g \frac{L}{2} \cos \frac{\pi}{4} = F\sqrt{2}L\sin\theta \quad (1)$$

以 B 为转轴, 对 BC 棒有:

$$m_2g \frac{L}{2} \cos \frac{\pi}{4} = FL\sin(\frac{\pi}{4} - \theta) \quad (2)$$

由①、②两式可解得:

$$\text{外力的大小: } F = \frac{1}{4}g \sqrt{2m_1^2 + 10m_2^2 + 8m_1m_2}$$

$$\sin\theta = \frac{m_1 + m_2}{\sqrt{2m_1^2 + 10m_2^2 + 8m_1m_2}}$$

其方向与 AC 的夹角

$$\theta = \arcsin \frac{m_1 + m_2}{\sqrt{2m_1^2 + 10m_2^2 + 8m_1m_2}}$$

例 6 有一长为 l 、重为 W_0 的均匀木杆 AB , A 端顶在竖直的粗糙墙壁上, 杆端与墙面间的静摩擦系数为 μ , B 端用一强度足够而不可伸长的绳悬挂, 绳的另一端固定在墙壁上的 C 点, 木杆呈水平状态, 绳与杆的夹角为 θ , 如图 1-1-6 所示。

(1) 求杆能保持平衡时, μ 与 θ 应满足的条件。

(2) 木杆保持平衡时, 杆上有一点 P 存在, 若在 A 点与 P 点间任一点悬挂一重物, 则当重物的重量 W 足够大时总可以使平衡破坏; 而在 P 点与 B 点之间任一点悬挂任意重量的重物, 都不能使平衡破坏。求出这一点 P 与 A 点的距离。

解析 杆的受力情况如图 1-1-6-甲所示, 杆受绳子张力 T , 墙对杆的弹力 N , 摩擦力 f , 杆上所挂重物的拉力 W , 以及杆本身的重力 W_0 , 应用一般物体的平衡条件列方程求解, 注意摩擦力应小于等于 μN 。

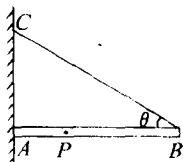


图 1-1-6

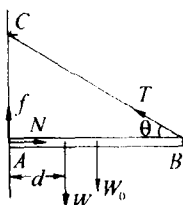


图 1-1-6-甲



由一般物体的平衡条件得:

$$f + T \sin \theta = W_0 + W \quad \text{①}$$

$$N = T \cos \theta \quad \text{②}$$

设以 B 点为转轴, 有

$$fl = W_0 \frac{l}{2} + W(l-d) \quad \text{③}$$

$$f \leq \mu N \quad \text{④}$$

由以上四式消去 f, N 得:

$$\frac{1}{2} W_0 + \left(1 - \frac{d}{l}\right) W \leq \mu \cot \theta \left(\frac{1}{2} W_0 + \frac{d}{l} W\right)$$

$$\frac{1}{2} (\mu \cot \theta - 1) W_0 \geq \left[1 - \frac{d}{l} (\mu \cot \theta + 1)\right] W \quad \text{⑤}$$

讨论: (1) 当不挂重物时, $W = 0$

$$\frac{1}{2} (\mu \cot \theta - 1) W_0 \geq 0$$

解得 $\mu \geq \tan \theta$

(2) 当挂上重物 W 时, $(\mu \cot \theta - 1) \geq 0$, 对任意 W , ⑤式均成立, 要求 W 的系数小于或等于零, 否则 W 足够大时, ⑤式不能成立. 所以平衡条件为:

$$1 - \frac{d}{l} (1 + \mu \cot \theta) \leq 0 \quad d \geq \frac{l}{1 + \mu \cot \theta}$$

所以, 为保持杆平衡, 重物的悬点 P 到 A 点的最短距离:

$$\overline{AP} = d_{\min} = \frac{l}{1 + \mu \cot \theta}$$

针对训练

1. 如图 1-1-7 所示, 将一带电小球 A , 用绝缘棒固定于水平地面上的某处, 在它的正上方 l 处有一悬点 O , 通过长度为 l 的绝缘细线吊一个与 A 球带同性电的小球 B , 于是悬线与竖直方向成某一夹角 θ , 现设法增大 A 球的带电量, 则悬线 OB 对 B 球的拉力 T 的大小将 ()

- A. 变大 B. 变小 C. 不变 D. 不能确定

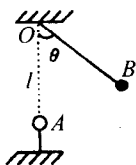


图 1-1-7

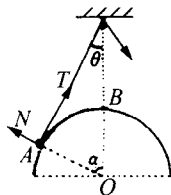


图 1-1-8

2. 固定在水平面上的光滑半球, 球心 O 的正上方固定一个定滑轮, 细线的一端拴一小球, 置于半球面上的 A 点, 另一端通过定滑轮用力拉, 如图 1-1-8 所示, 今缓慢地将小球从 A 点拉到 B 点, 则在此过程中, 小球对半球面的压力大小 N 、细线的拉力大小 T 的变化是 ()

- A. N 变大、 T 变小 B. N 变小、 T 变小
C. N 不变、 T 变小 D. N 变小、 T 不变

3. 如图 1-1-9 所示, 质量为 m 的均匀细杆, 静止在光滑的半球形容器中, 设杆与水平方向的夹角为 θ , 则容器在 A 点和 B 点给杆的支持力各多大?

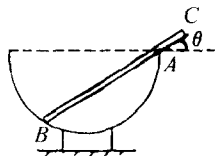


图 1-1-9

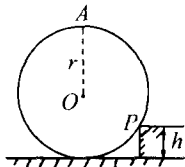


图 1-1-10

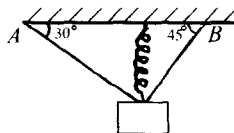


图 1-1-11

4. 一个质量为 $m = 50\text{kg}$ 的均匀圆柱体, 放在台阶的旁边, 台阶的高度 h 是圆柱体半径 r 的一半, 如图 1-1-10 所示(圆为其横截面), 圆柱体与台阶接触处(图中 P 点所示)是粗糙的, 现要在图中圆柱体的最上方 A 处施一最小的力使圆柱体刚能开始以 P 为轴向台阶上滚, 求: (1) 所施力的大小; (2) 台阶对圆柱体的作用力的大小.

5. 用细线及轻弹簧吊起一个 10kg 的物体, 平衡后如图 1-1-11 所示. 设弹簧原长为 1.5cm , 劲度系数为 7840N/m , 较长的那根细线长度为 4cm , 则这根细线的拉力多大?

6. 如图 1-1-12 所示, 劲度系数为 k_2 的轻质弹簧竖直放在桌面上, 上面压一质量为 m 的物块, 另一根劲度系数为 k_1 的轻质弹簧竖直放在物块上面, 其下端与物块上表面连接在一起, 要想使物块在静止时下面弹簧只承受物重的 $2/3$, 应将上面弹簧的上端 A 竖直向上提高一段距离 $d =$ _____.

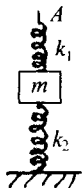


图 1-1-12

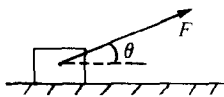


图 1-1-13

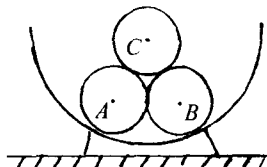


图 1-1-14

7. 如图 1-1-13 所示, 重 G 的物体放在水平面上, 物体与水平面间的摩擦因数为 $\mu = 1/\sqrt{3}$, 物体做匀速直线运动. 求牵引力 F 的最小值和方向.

