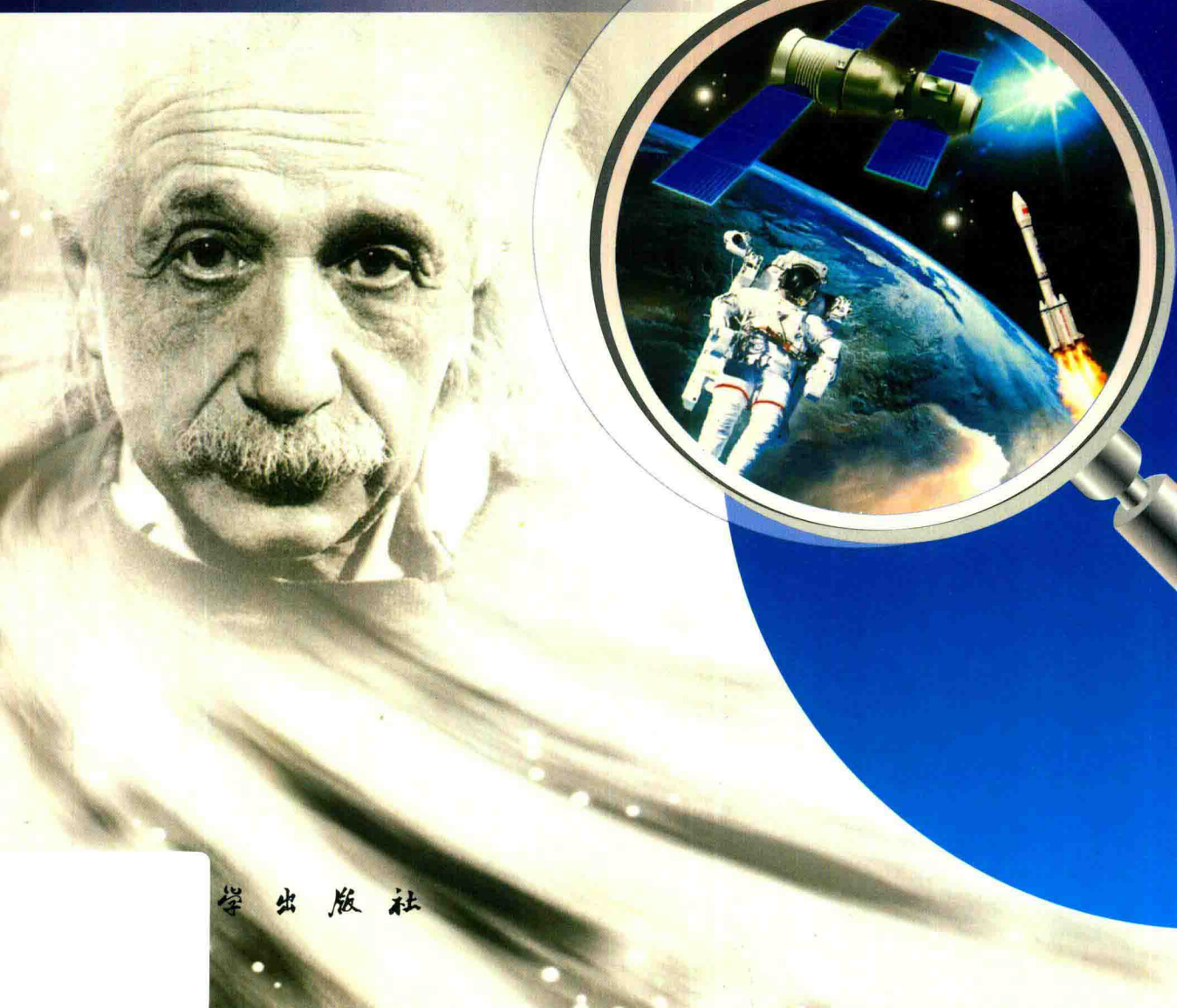


高中物理解题方法与技巧典例分析

熊天信 编著



学出版社

高中物理解题方法与技巧 典 例 分 析

熊天信 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书共二十一章，分别介绍了高中物理解题中重要的二十一种解题方法。每章通过对一定量的典型例题的分析与解答，示例这些解题方法的应用；章末还提供若干习题供读者进行针对训练。

本书内容丰富、技巧性强、涉及知识面广、所选例题和习题题型多样、解题过程详细，是高中生学习物理的好帮手，特别适合高中生进行物理总复习和中学生参加物理竞赛训练使用，也可供中学物理教师作教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

高中物理解题方法与技巧典例分析/熊天信编著. —北京：科学出版社，2012.8

ISBN 978-7-03-035549-2

I. ①高… II. ①熊… III. ①中学物理课—高中—题解 IV. ①G634.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 214654 号

责任编辑：张 展 罗 莉 / 封面设计：陈思思

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

四川煤田地质制图印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年8月第 一 版 开本：787*1092 1/16

2017年2月第十一次印刷 印张：16

字数：350千字

定价：39.00元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

前 言

物理学是一门基础自然科学，它所研究的是物质的基本结构、相互作用、运动规律以及所使用的实验手段和思维方法，是人们对自然界中无生命物质的转变的知识做出规律性的总结。大量事实表明，物理学对人类社会的文明进步起着重要的作用，在整个自然科学中占据着重要的地位。

高中物理课程是普通高中的一门基础课程，与九年义务教育物理或科学课程相衔接。高中物理课程旨在进一步提高学生的科学素养，从知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观三个方面培养学生，为学生终身发展、应对现代社会和未来发展的挑战奠定基础。学习高中物理课程有助于学生继续学习基本的物理知识与技能；体验科学探究过程，了解科学研究方法；提高创新意识和实践能力，增强探索自然、理解自然的兴趣与热情；了解物理学对科技进步以及文化、经济和社会发展的影响；为终身发展，形成科学世界观和科学价值观打下基础。

然而，在中学阶段的学习中，大部分学生反映：“物理太难学，但是又不得不学，所以很痛苦。”当学习成了一种痛苦，学习的效果就可想而知了。中学生学习物理困难表现在学习物理的过程中不能有效地理解和掌握物理知识，不能利用所学物理知识解决问题，学习成绩明显落后于其他学科。消除中学生学习物理的困难，实现人人在物理学习中得到最大的发展，是物理教学追求的目标和高中新课程标准的根本要求。

如何在高中物理的学习中扎实地掌握物理学的基础知识，更好地提高学生的科学素质，推进知识向能力转化，提高课堂教学的效率和质量，消除中学生学习物理的困难？目前，主要要求教师在教学中切实贯彻“新课标”的课改理念，在物理教学中不仅要注重基础知识、基本规律的教学，更应加强对学生进行物理学研究问题和解决问题的科学思维方法的指导与训练，使他们真正掌握物理知识、技能和方法，同时发展他们的智力和个性，提高观察能力、实验能力、思维能力、分析和解决问题能力，以及培养他们辩证唯物主义观点、科学态度和科学方法。从“新课标”的三维目标可以看出，过程与方法在其中具有重要的地位，正如中国古话所说的“授人以鱼不如授人以渔”，即传授给人既有知识，不如传授给人学习知识的方法。道理其实很简单，一条鱼能解一时之饥，却不能解长久之饥，如果想永远有鱼吃，那就要学会钓鱼的方法。学生从老师那里得到的，应该是点石成金的法则，而不是一块金子。可见，掌握物理学科的特点，熟悉物理研究问题和解决问题的方法是至关重要的。学好中学物理，不只是一个肯不肯用功的问题，

它还是一个方法问题，掌握正确的思路和方法往往能起到事半功倍的效果。

对学生来说，学好物理学的关键首先是理解物理学的基本概念、掌握物理学的基本规律和基本方法，基本概念和基本规律是解决物理问题的重要工具和依据。在学习物理的过程中，对物理定理、定律和公式，要准确地理解其物理意义，了解它们的来龙去脉，掌握它们的推导过程和方法，知道它们的适用条件和范围。对于重要的物理概念，还要逐字逐句地进行推敲，弄清每个字和每句话的含义，了解它的内涵和外延。对于物理公式，必要的记忆是不能少的，但切记不可死记硬背，生搬硬套，这样最易出错。在物理学的基本概念、基本知识和基本规律的学习过程中，了解和掌握物理学研究的基本方法。

在掌握了物理学的基本概念、基本规律和基本方法后，做一定量的物理习题是必要的。各种各样的习题把生产技术、科学研究和日常生活中的问题加以集中、简化和抽象，要求我们运用所学的理论知识加以解决。解题能帮助我们运用所学知识解决实际问题，牢固地掌握基础知识的重要环节。解题的过程，是巩固、扩大和加深理解所学知识的过程，也是发展和提高思维能力的过程。

中学物理的习题大致可分为七种类型：选择题，填空题，问答题，计算题，作图题，证明题，实验题。这种划分不一定很准确，因为各类习题之间本来就没有严格的分界线，而且还可以有不同的划分方法，例如还可以划分为概念题、计算题、证明题等。对于不同类型的习题，一般来说，有不同的解答步骤与方法。那么，如何解题呢？我们可以归纳为如下几个步骤：

第一步是要仔细审题，理解题意，明了题目的所求和所给的条件。审题时，着重要弄清题目叙述的物理过程。

第二步是根据题目叙述的物理过程，确定研究对象，对研究对象进行物理状态、物理过程的分析，从而对问题形成鲜明的物理图像，这样才容易排除一些错误观念的干扰，找准解决问题的出发点。尤其是对一些较难的、灵活性较大、情景较新的问题，分析清楚物理过程才容易找到解题的关键条件或问题中的隐蔽条件。

第三步是根据物体的运动过程确定运用的物理规律，根据已知量和待求量之间的关系，应用正确而恰当的定理、定律和公式建立有关方程或方程组。在应用物理公式时要特别注意该公式的适用范围。

第四步是对已建立的方程或方程组进行求解。求解过程中要注意单位制的统一。在解方程时，应该把精力集中于求解题目中需要求出的未知量，只要这些未知量已求出就行，不必硬将方程组解完。对于需要求出数值答案的习题，一般应该先解文字方程，最后才代入数据求出数值解，这样，既可以尽量减少那些不必要的数值运算，减少差错和误差，又便于利用量纲式来检验结果。

第五步是分析结果是否合理。对于正确的结果，一般可以不加说明，对于所得到的不合理的结果，一般要加以说明，有时还要进行讨论。要指出的是：“分析结果”这一步骤，由于并不是每一道题都要求写出来，因而往往容易被忽视，但它却是很重要的一步。养成分析结果的习惯，不仅能避免因计算错误而给工作带来的损失，而且通过对结果的分析，可以使我们进一步明了各物理量之间的内在联系，取得许多我们意想不到的收获。

以上所列的解题步骤，主要是针对计算题而言，对于其他类型的题，其中的一些步

骤是不必要的。

学过高中物理的大部分同学，特别是物理较差的同学，总有这样的疑问：“上课听得懂，听得清，就是在课下做题时不会。”这是个普遍存在的问题，其中一个重要的原因可能是没有掌握解题的方法。毛泽东同志曾经这样说过：“我们不但要提出任务，而且要解决完成任务的方法问题。我们的任务是过河，但是没有桥和船就不能过。不解决桥或船的问题，过河就是一句空话。不解决方法问题，任务也只是瞎说一顿。”解答物理习题也和做其他工作一样，需要有一定的方法和技巧，才能达到预期的效果。掌握一定的解题技巧可以使我们少走弯路，提高学习效率，增强我们解决疑难问题的本领。方法选择得当，可以使解题过程简捷，否则可能使解题过程繁琐，甚至解不出题来。当然，解题技巧的掌握也必须经过反复的解题实践，并在实践中不断提高。不可指望有这样的一种灵丹妙药，使人既能迅速掌握各种解题方法和技巧而又不必下苦功夫。总之，很有必要掌握解题的各种方法和技巧。只有掌握了解题的各种方法，才能从中找到解题的最佳方法。

为了帮助高中学生提高科学的思维能力，掌握和熟练运用各种解题方法，作者在参阅了大量文献的基础上，对高中物理中的重要而常用的解题方法进行归纳和总结，编写了这本书。本书共二十一章，分别对高中物理解题中常用的二十一种解题方法逐一进行讲解。本书在编写过程中力图使读者能站在一定的高度来认识这些方法的意义和理论依据。书中每一章通过一定量的典型例题分析与解答，说明如何运用这些方法，每章最后还提供一些相关习题供读者进行针对训练。所选典型例题覆盖了高中物理的主要知识，由此可见这些方法应用的广泛性。在学习过程中，读者除应注意各种方法是如何用于解决具体问题的，更应注意熟练掌握这些方法并有意识地运用这些方法去解决更多的物理问题。

需要指出的是，任何方法都有其优越性和局限性，把某一种方法绝对化的做法是不可取的。虽然书中分章介绍各种方法，但在解题中，各种方法往往会被综合运用。因此，将不同的方法完全割裂开来的做法也是不可取的。

最后，我们还要再次强调的是，无论用什么方法解题，都必须以掌握好物理概念、定理和定律，理解物理公式和公式中各量的物理意义、应用范围和条件为先决条件，它们是解题的依据和学好物理的根本，否则，空谈解题方法就成了无源之水、无本之木。

本书内容丰富、技巧性强、涉及知识面广、所选例题和习题题型多样、解题过程详细，是高中学生学习物理的好帮手，特别适合高中学生进行物理总复习和中学生参加物理竞赛训练时使用，也可供中学物理教师作教学参考或作为物理课程与教学论专业的硕士研究生、教育硕士的教材。

由于编者水平所限，考虑不周和疏漏之处在所难免，敬请读者不吝指正，谢谢！

目 录

前言

第一章 隔离法	(1)
第二章 整体法	(12)
第三章 程序法	(24)
第四章 比例法	(35)
第五章 图像法	(48)
第六章 作图法	(61)
第七章 转换法	(76)
第八章 等效法	(87)
第九章 补偿法	(99)
第十章 类比法	(108)
第十一章 对称法	(117)
第十二章 假设法	(127)
第十三章 逆向思维法	(140)
第十四章 反证法	(148)
第十五章 近似与估算法	(156)
第十六章 微元法	(169)
第十七章 极限法	(183)
第十八章 递推法	(199)
第十九章 分析法	(212)
第二十章 综合法	(222)

第二十一章 物理模型法 (232)

主要参考文献 (246)

第一章 隔离法

方法点拨

所谓隔离法就是指对物理问题的某些研究对象或某些过程、状态从系统或全过程中隔离出来进行研究的方法。隔离法是从全局到局部的思维过程。通过隔离法分析物理问题，可清楚系统内每个物体的受力情况，弄清物体在每阶段的运动情况（包括运动的具体过程和细节）及多个过程间的相互联系。

隔离法的适用情况：

- (1) 隔离研究对象，求解某个物体的力和运动以及物体间的相互作用。
- (2) 隔离运动的过程，求解某段运动中物体的运动规律。
- (3) 隔离法思想不仅应用于力学中，而且在热学、电磁学中也有应用。

运用隔离法解题的基本步骤：

- (1) 明确研究对象或过程、状态，这是隔离法解题的关键。选择隔离对象的原则是：一是要包含待求量；二是所选隔离对象和所列方程数应尽可能地减少。
- (2) 将研究对象从系统中隔离出来，或将所研究的某段过程、某种状态从运动的全过程中隔离出来。
- (3) 对被隔离的研究对象、过程、状态进行分析研究，画出其在某状态下的受力图和某阶段的运动过程示意图。
- (4) 寻找未知量与已知量之间的关系，选择正确和恰当的物理规律，根据物体的运动规律列方程求解。

典例精讲

【典例 1】如图 1-1 所示，固定的光滑斜面体上放有两个相同的钢球 P 、 Q ， AB 为竖直挡板，初状态系统静止，现将挡板 AB 由竖直方向缓慢转至与斜面垂直的方向，则该过程中 P 、 Q 间的压力变化情况是 []。

- A. 一直增大 B. 一直减小 C. 先增大后减小 D. 一直不变

【解析】本题所需求解的是系统内力，可用隔离法来分析，研究对象可以选 P ，也可以选 Q ，到底选哪个更简单呢？当然选 P 要简单些，因为 P 受力个数少。 P 受到重力、斜面的支持力 N （垂直斜面向上）和 Q 的支持力 N_Q （沿斜面斜向上）共三个力作用，如图 1-2 所示。由平衡条件可知，这三个力的合力为零，即重力沿 N ， N_Q 反方向的分

力分别与 N 、 N_Q 的大小相等, 在转动挡板过程中, 重力的大小及方向都不变, 而 N 、 N_Q 的方向也都不变, 即分解重力的两个方向是不变的, 故分力也不变, 故 D 选项正确.

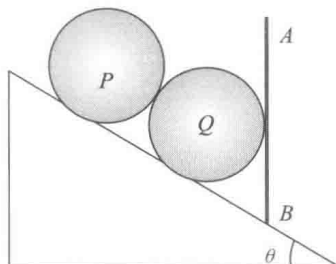


图 1-1

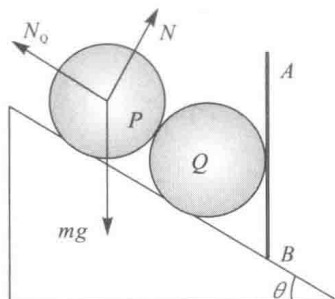


图 1-2

【评注】 此题是一个静力学的问题, 解此题的关键是选准研究对象, 如果选钢球 Q 作为研究对象, 钢球 Q 受 4 个力的作用, 由于挡板 AB 对钢球 Q 的作用力的方向在发生变化, 根本不能判断钢球 P、Q 之间相互作用力的变化情况, 所以, 选准研究对象很重要. 本题中还用到了力的分解和合成的有关知识.

【典例 2】 如图 1-3 所示, 半径为 R 的光滑球, 重为 G_1 , 光滑木块厚为 h , 重为 G_2 . 当对木块施以水平推力 F 后, 球刚好对地面压力为零, 如不计一切摩擦, 求:

- (1) F 的大小.
- (2) 木块对地面的压力.

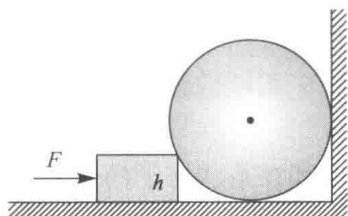


图 1-3

【解析】 应用隔离法, 对球和木块进行受力分析. 球在离开地面前受 4 个力的作用, 它们是重力 G_1 、墙的弹力 N_2 、木块的弹力 N_1 、地面的支持力. 当球恰好离开地面时, 地面的支持力减为零, 此时只受 3 个力的作用, 其受力分析图如图 1-4 所示. 木块的支持力在竖直方向的分力促使球上升. 木块受到 4 个力, 分别是重力 G_2 , 水平推力 F 、地面的支持力 N 、球对木块的弹力 N_1 , 其受力分析图如图 1-4 所示.

由平衡条件知: N_1 和 N_2 的合力与 G_1 等大反向, 由正交分解, 有

$$N_1 \sin \theta = G_1$$

$$N_1 \cos \theta = N_2$$

$$\sin \theta = \frac{R-h}{R}$$

$$\cos \theta = \frac{\sqrt{R^2 - (R-h)^2}}{R}$$

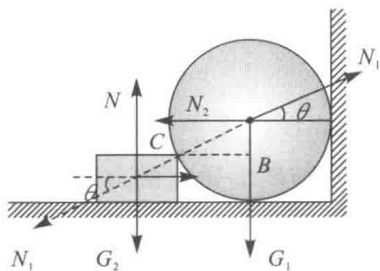


图 1-4

对于木块, 有

$$F = N_1 \cos \theta$$

$$N = G_2 + N_1 \sin \theta$$

由以上各式解得力 F 的大小为

$$F = \frac{\sqrt{2Rh - h^2}}{R - h} G_1$$

木块对地面的压力大小为

$$N' = N = G_1 + G_2$$

【评注】此题也可用整体法进行求解，有关整体法的解题方法请看第二章。

【典例 3】如图 1-5 所示，弹簧 S_1 的上端固定在天花板上，下端连一木块 A，木块 A 与木块 B 之间用线相连，木块 B 与木块 C 之间用弹簧 S_2 相连。A、B、C 的质量分别为 m_A 、 m_B 、 m_C ，弹簧与线的质量均可不计。开始时它们都处在静止状态，现将 A、B 间的线突然剪断，求线刚被剪断时 A、B、C 的加速度。

【解析】线被剪断前，整个系统处于平衡状态。此时弹簧 S_1 的弹力为

$$F_1 = (m_A + m_B + m_C)g$$

弹簧 S_2 的弹力为

$$F_2 = m_C g$$

在线刚被剪断的时刻，各木块未发生位移，弹簧的长度无变化，故 F_1 、 F_2 的大小未变化，但线的拉力消失。设此时球 A、B、C 的加速度的大小分别为 a_A 、 a_B 、 a_C ，则有

$$F_1 - m_A g = m_A a_A$$

$$F_2 + m_B g = m_B a_B$$

$$F_2 - m_C g = m_C a_C$$

解以上有关各式得

$$a_A = \frac{m_B + m_C}{m_A} g \quad (\text{方向竖直向上})$$

$$a_B = \frac{m_B + m_C}{m_B} g \quad (\text{方向竖直向下})$$

$$a_C = 0$$

【评注】解此题的关键是正确分析出在线被剪断时刻，两弹簧的长度均未发生变化，因此，弹簧对其与之相连的物体的拉力不变，找到这一点，则解决此题就比较容易了。



图 1-5

【典例 4】有一个直角支架 AOB，AO 水平放置，表面粗糙，OB 竖直向下，表面光滑，AO 上套有小环 P，OB 上套有小环 Q，两环质量均为 m ，两环间由一根质量可忽略、不可伸展的细绳相连，并在某一位置平衡，如图 1-6。现将 P 环向左移一小段距离，两环再次达到平衡，那么将移动后的平衡状态和原来的平衡状态比较，AO 杆对 P 环的支持力 N 和细绳上的拉力 T 的变化情况是 []。

A. N 不变， T 变大

B. N 不变， T 变小

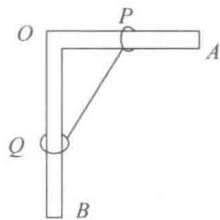


图 1-6

C. N 变大, T 变大D. N 变大, T 变小

【解析】设 PQ 与 OA 的夹角为 α . 采用隔离法, 对 P 进行受力分析, 如图 1-7 (a) 所示, 在 y 方向有

$$mg + T \sin \alpha = N$$

同样, 隔离物体 Q , 对 Q 受力分析, 如图 1-7 (b) 所示, 在 y 方向有

$$T \sin \alpha = mg$$

由以上两式得

$$N = 2mg, \quad T = mg / \sin \alpha$$

故 N 不变, T 变小. 答案为 B 选项.

【评注】在第二章学习了整体法后, 将会看到, 如果选 P 、 Q 作为一个整体进行研究, 会对计算物体 P 所受压力带来方便. 读者可在学习了整体法后再来求解此题.

【典例 5】如图 1-8 所示, 跨过滑轮细绳的两端分别系有 $m_1 = 1 \text{ kg}$ 、 $m_2 = 2 \text{ kg}$ 的物体 A 和 B. 滑轮质量 $m = 0.2 \text{ kg}$, 不计绳与滑轮的摩擦, 要使 B 静止在地面上, 则向上的拉力 F 不能超过多大?

【解析】分别选 A、B 以及滑轮作为研究对象, 进行受力分析, 如图 1-9 所示. 先以 B 为研究对象, 当 B 即将离开地面时, 地面对它的支持力为 0, 它只受到重力 $m_2 g$ 和绳子的拉力 T 的作用, 且有

$$T - m_2 g = 0 \quad (1)$$

再以 A 为研究对象, 在 B 即将离地时, A 受到重力和拉力的作用, 由于 $T = m_2 g > m_1 g$, 所示 A 将加速上升. 有

$$T - m_1 g = m_1 a_1 \quad (2)$$

最后以滑轮为研究对象, 此时滑轮受到四个力作用: 重力 mg 、拉力 F 、两边绳子的两个拉力 T . 有

$$F - mg - 2T = ma \quad (3)$$

这里需要注意的是: 当 A 上升距离 s 时, 滑轮只上升了 $s/2$, 故 A 的加速度为滑轮加速度的 2 倍, 即

$$a_1 = 2a \quad (4)$$

由以上四式联立求解得

$$F = 43 \text{ N}$$

故对滑轮向上的拉力 F 不能超过 43 N.

【评注】在选择隔离体进行受力分析时, 要注意题中所给的条件, 如本题中是要求使物体 B 不离开地面时 F 的最大值. 因此, 此时 B 所受地面的支持力临界状态为零, 不必求有支持力的情况, 这样可简化计算, 当然也可假设有支持力, 进行计算后, 再来判断. 隔离法是力学中最基

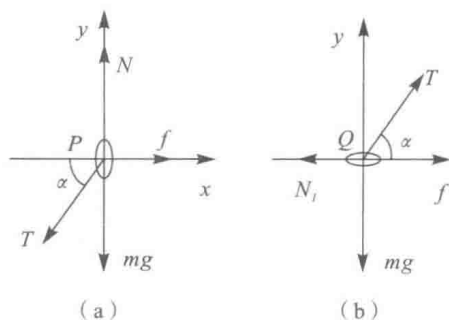


图 1-7

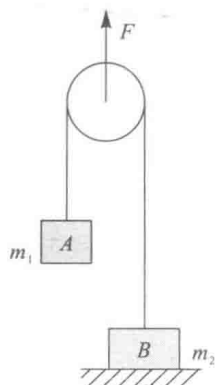


图 1-8

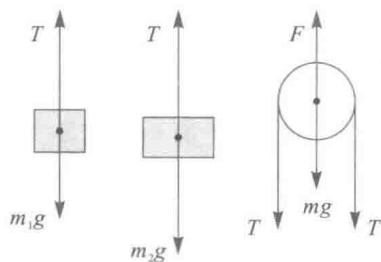


图 1-9

本、最重要的方法，应熟练掌握。

【典例 6】质量分别为 m_1 和 m_2 的两个小物块用轻绳连接，绳跨过位于倾角 $\alpha = 30^\circ$ 的光滑斜面顶端的轻滑轮，滑轮与转轴之间的摩擦不计，斜面固定在水平桌面上。第一次， m_1 悬空， m_2 放在斜面上，用 t 表示 m_2 自斜面底端由静止开始运动至斜面顶端所需的时间，如图 1-10 所示。第二次，将 m_1 和 m_2 位置互换，使 m_2 悬空， m_1 放在斜面上，发现 m_1 自斜面底端由静止开始运动至斜面顶端所需的时间为 $t/3$ 。求 m_1 与 m_2 之比。

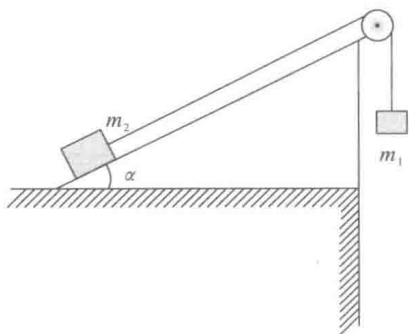


图 1-10

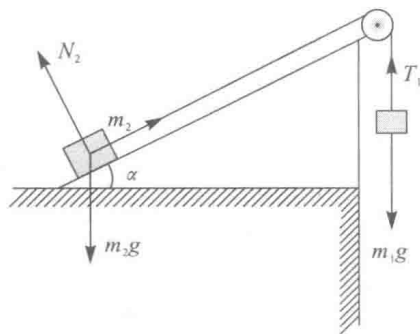


图 1-11

【解析】第一次，采用隔离法对两小物块进行受力分析，如图 1-11 所示，设 T_1 为绳中张力， a_1 为两物块加速度的大小， l 为斜面长，则有

$$m_1 g - T_1 = m_1 a_1 \quad (1)$$

$$T_1 - m_2 g \sin \alpha = m_2 a_1 \quad (2)$$

$$l = \frac{1}{2} a_1 t^2 \quad (3)$$

第二次， m_1 与 m_2 交换位置。设绳中张力为 T_2 ，两物块加速度的大小为 a_2 ，同理有

$$m_2 g - T_2 = m_2 a_2 \quad (4)$$

$$T_2 - m_1 g \sin \alpha = m_1 a_2 \quad (5)$$

$$l = \frac{1}{2} a_2 \left(\frac{t}{3} \right)^2 \quad (6)$$

注意到 $\alpha = 30^\circ$ ，由 (1)、(2)、(3)、(4)、(5) 和 (6) 式解得

$$a_1 = \frac{2m_1 - m_2}{2(m_1 + m_2)} g$$

$$a_2 = \frac{2m_2 - m_1}{2(m_1 + m_2)} g$$

$$a_1 = \frac{a_2}{9}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{11}{19}$$

【评注】上面我们给出了用隔离法求解的方法，实际上此题也可用整体法求解，即将

m_1 与 m_2 看成一个整体, 用牛顿第二定律列方程求解, 这样更简捷. 本题也可用动能定理或动量定理以及运动学知识求解.

【典例 7】 如图 1-12 所示, 质量 $M=10\text{ kg}$ 的木楔 ABC 静置于粗糙水平地面上, 动摩擦因数 $\mu=0.02$. 在木楔的倾角 θ 为 30° 的斜面上, 有一质量为 $m=0.1\text{ kg}$ 的物体由静止开始沿斜面下滑, 当滑行的路程 $s=1.4\text{ m}$ 时, 其速度 $v=1.4\text{ m/s}$, 在这过程中木楔没有动. 求地面对木楔的摩擦力的大小和方向. (g 取 10 m/s^2)

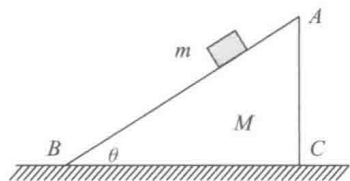


图 1-12

【解析】 由速度位移公式 $v^2=2as$ 得

$$a = \frac{v^2}{2s} = \frac{1.4^2}{2 \times 1.4} = 0.7\text{ m/s}^2$$

而 $a < g \sin \theta = 5\text{ m/s}^2$, 可知木块受到斜面施与的摩擦力 f_1 .

隔离木块 m (如图 1-13 (a)), 由牛顿第二定律与力的平衡得

$$mg \sin \theta - f_1 = ma$$

$$mg \cos \theta - N_1 = 0$$

再隔离木楔 M (如图 1-13 (b)), 它已受四个力, 再设地面对它的摩擦力为 f_2 , 由木楔水平方向受力平衡可知

$$f'_1 \cos \theta + f_2 = N'_1 \sin \theta$$

其中 $f_1 = f'_1$, $N_1 = N'_1$.

由此可得

$$f_2 = ma \cos \theta = 0.06\text{ N}$$

f_2 方向水平向左.

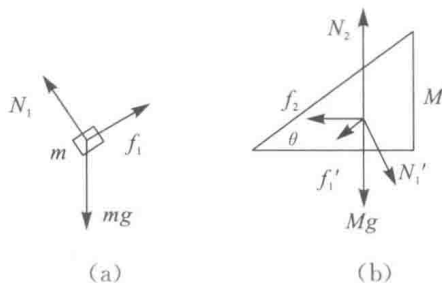


图 1-13

本题可以用整体法来求解. 将小滑块和木楔看成一个整体, 整体中有一部分 (小滑块) 有沿斜面向下的加速度, 将此加速度沿水平方向分解成 $a_x = 0.7 \cos 30^\circ$, 方向水平向左, 此加速度由地面给木楔的水平向左的摩擦力 $f_2 = ma \cos \theta = 0.06\text{ N}$ 产生, 将此加速度沿竖直方向分解成 $a_y = 0.7 \sin 30^\circ$, 方向竖直向下, 表明整体处于失重状态, 地面给木楔的支持力将小于整体的重力, 比整体的重力小 $ma \sin \theta = 0.035\text{ N}$, 易得地面对木楔的支持力.

【评注】 本题使用隔离法解决问题, 需要对物体进行细致的受力分析, 本题中第二步对木楔进行受力分析时, 由于受到的力较多, 故最好建立坐标系解题. 摩擦力的方向通过最后答案中的正负来作判断.

【典例 8】 有一个两端开口、粗细均匀的 U 形玻璃细管, 放置在竖直平面内, 处在压强为 P_0 的大气中, 两个竖直支管的高度均为 h , 水平管的长度为 $2h$, 玻璃细管的半径为 r , $r \ll h$. 今将水平管内灌满密度为 ρ 的水银, 如图 1-14 所示.

(1) 如将 U 形管两个竖直支管的开口分别密封起来, 使其管内空气压强均等于大气

压强, 问当 U 形管向右做匀加速移动时, 加速度应为多大时才能使水平管内水银柱的长度稳定为 $\frac{5}{3}h$?

(2) 如将其中一个竖直支管的开口密封起来, 使其管内气体压强为 1 个大气压. 问当 U 形管绕以另一个竖直支管 (开口的) 为轴做匀速转动时, 每秒钟的转数 n 应为多大才能使水平管内水银柱的长度稳定为 $\frac{5}{3}h$? (U 形管做以上运动时, 均不考虑管内水银液面的倾斜.)

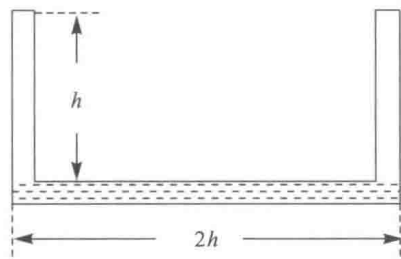


图 1-14

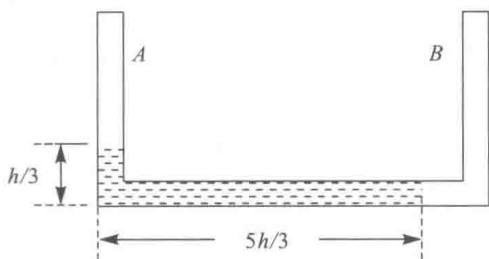


图 1-15

【解析】(1) 如图 1-15 所示, 当 U 形管以加速度 a 向右运动时, 管内水银柱也要以同样加速度运动, 所以 A 管内气体体积减小、压强增大, B 管内气体体积增大、压强减小, 水平管中水银在水平方向受力不平衡即产生加速度.

设水平管中水银受到向右的力为 F_1 , 受到向左的力为 F_2 , 则对水平管中水银柱有 $F_1 - F_2 = ma$, 即

$$\left(P_A + \rho g \frac{h}{3}\right)S - P_B S = \frac{5}{3}hS\rho a \quad (1)$$

对 A 中气体有

$$P_0 h S = P_A \left(h - \frac{h}{3}\right)S$$

解得

$$P_A = \frac{3}{2}P_0 \quad (2)$$

对 B 中气体有

$$P_0 h S = P_B \left(h + \frac{h}{3}\right)S$$

解得

$$P_B = \frac{3}{4}P_0 \quad (3)$$

将 (2)、(3) 式代入 (1) 式可得

$$a = \frac{9P_0 + 4\rho gh}{20h\rho}$$

(2) 若 U 形管以 A 管 (开口) 为轴匀速转动时, 水平部分的水银将向 B 管 (闭口) 流动, 使得水平管中的水银柱长度为 $\frac{5}{3}h$. 其质心距 A 管的距离为 $\frac{7}{6}h$. 水平部分的水银

到水平方向指向 A 管的压力差, 即是水平部分水银所需的向心力. 若每秒转数为 n , 对水平管中水银柱有

$$\left(P'_B + \rho g \frac{h}{3}\right)S - P_0 S = \frac{5}{3}hS\rho \cdot (2\pi n)^2 \frac{7}{6}h \quad (4)$$

对 B 中气体有

$$P_0 h S = P'_B \left(h - \frac{h}{3}\right)S$$

解得

$$P'_B = \frac{3}{2}P_0 \quad (5)$$

将 (5) 式代入 (4) 式可解得每秒转数为

$$n = \frac{1}{\pi h} \sqrt{\frac{9P_0 + 6\rho gh}{140\rho}}$$

【评注】可以看出, 隔离的对象可以是液体和气体, 因此, 隔离法的思想在解决有关热学问题时偶也有应用.

【典例 9】在图 1-16 所示的回路中, 已知三个电源的电动势和内阻分别为 $E_1 = 4 \text{ V}$, $E_2 = E_3 = 2 \text{ V}$, $r_1 = r_2 = r_3 = 1 \Omega$. 定值电阻 $R_1 = 7 \Omega$, $R_2 = 1 \Omega$, $R_3 = 3 \Omega$. 求 AB 间的电压.

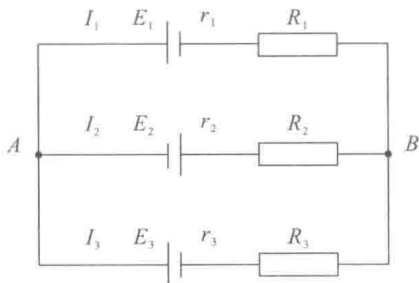


图 1-16

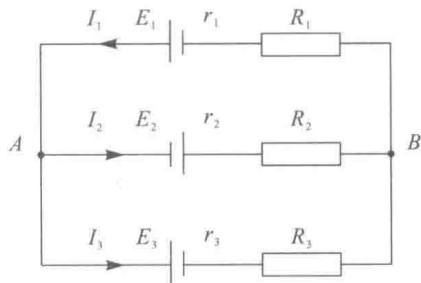


图 1-17

【解析】解此题时, 可采用与力学隔离法相似的解法, 即采用电路隔离法. 先假定电路中各支路电流的流向, 如图 1-17 所示, 由一段含源电路的欧姆定律, 对 AE_1B 支路, 有

$$U_{AB} = E_1 - I_1(r_1 + R_1) \quad (1)$$

对 AE_2B 支路, 有

$$U_{AB} = -E_2 + I_2(r_2 + R_2) \quad (2)$$

对 AE_3B 支路, 有

$$U_{AB} = -E_3 + I_3(r_3 + R_3) \quad (3)$$

对节点 A, 有

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (4)$$

将 (1)、(2) 和 (3) 式代入 (4) 式得

$$\frac{E_1 - U_{AB}}{r_1 + R_1} = \frac{E_2 - U_{AB}}{r_2 + R_2} = \frac{E_3 - U_{AB}}{r_3 + R_3} \quad (5)$$

代入数据得

$$U_{AB} = 0$$

【评注】 隔离法虽然主要应用于解力学题，但隔离法的思想也可用于解电学问题，但解电路问题时，被隔离出的往往是一段电路或一个回路，这段电路或回路中可能包含一个或一个以上的电路元件，在力学中，被隔离出的是单个的物体。

针对练习

1. 如图 1-18 所示，物体系由 A、B、C 三个物体构成，质量分别为 m_A 、 m_B 、 m_C 。用一水平力 F 作用在小车 C 上，小车 C 在 F 的作用下运动时能使物体 A 和 B 相对于小车 C 处于静止状态。求连接 A 和 B 的不可伸长的线的张力 T 和力 F 的大小。（一切摩擦和绳、滑轮的质量都不计。）

2. 如图 1-19 所示，底座 A 上装有一根直立竖杆，其总质量为 M ，杆上套有质量为 m 的环 B，它与杆有摩擦。当环从底座以初速向上飞起时（底座保持静止），环的加速度为 a 。求环在升起的过程中，底座对水平面的压力。

3. 如图 1-20 所示，在光滑的固定斜面上，A、B 两物体用弹簧相连，被一水平外力 F 拉着匀速上滑。某瞬时，突然将 F 撤去，试求此瞬时 A、B 的加速度 a_A 和 a_B （明确大小和方向）。已知斜面倾角 $\theta = 30^\circ$ ，A、B 的质量分别为 $m_A = 1 \text{ kg}$ 和 $m_B = 2 \text{ kg}$ ，重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。

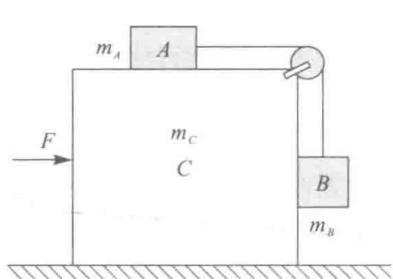


图 1-18

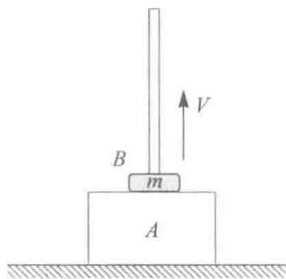


图 1-19

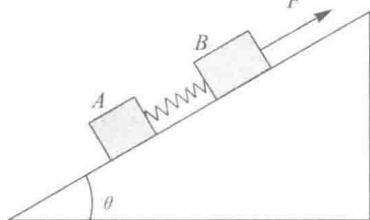


图 1-20

4. 有一半径为 R 的圆柱 A，静止在水平地面上，并与竖直墙面相接触。现有另一质量与 A 相同，半径为 r 的较细圆柱 B，用手扶着圆柱 A，将 B 放在 A 的上面，并使之与墙面相接触，如图 1-21 所示，然后放手。已知圆柱 A 与地面的静摩擦因数为 0.20，两圆柱之间的静摩擦因数为 0.30。若放手后，两圆柱体能保持图示的平衡，问圆柱 B 与墙面间的静摩擦因数和圆柱 B 的半径 r 的值各应满足什么条件？

5. 如图 1-22 示，AB 棒上有一个滑套 C，可以无摩擦的在棒上滑动，棒与水平方向保持 θ 角。当滑套 C 距 A 端为 b 时，使滑套相对于棒静止。若棒开始以加速度 a ($a > g \tan \theta$) 作水平向左匀加速运

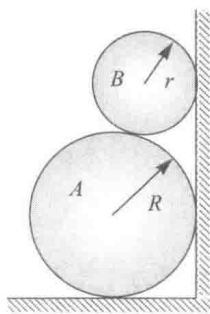


图 1-21