

# 物理奥林匹克竞赛大题典

(热学卷)

全响 编著



# 物理奥林匹克竞赛大题典

——(热学卷)——

全响 编著



## 内 容 简 介

针对热学方面的知识精选了 135 道题. 详细介绍了典型的解题方法, 着力于提高学生的能力与科学素养, 培养创新意识, 使之发挥主动性和创造性, 可有效地促进读者对知识的掌握与解题能力的提高. 题目和答案是分开的, 方便读者独立学习.

本书适合于高中学生、中学物理教师和物理竞赛培训人员参考使用.

## 图书在版编目(CIP)数据

物理奥林匹克竞赛大题典. 热学卷/全响编著.

哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2014. 5

ISBN 978 - 7 - 5603 - 4658 - 8

I. ①物… II. ①全… III. ①中学物理课 - 习题集  
IV. ①G634. 75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 058782 号

策划编辑 刘培杰 张永芹

责任编辑 张永芹 杨万鑫

封面设计 孙茵艾

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451 - 86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 787mm × 960mm 1/16 印张 8.25 字数 215 千字

版 次 2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5603 - 4658 - 8

定 价 28.00 元

---

(如因印装质量问题影响阅读, 我社负责调换)

# ◎ 前 言

本书是编者三十年以来不断地广泛收集和精心编创而成的,习题内容新颖、难度较大. 参考资料的来源较广、时间跨度较长. 习题主要来源于以下四个方面:①国外的中学物理习题集、竞赛培训题及竞赛题;②国内的中学物理习题集、竞赛培训题及竞赛题;③国内、外的普通物理习题集和其他的有关大学用书;④编者编创的部分习题.

本书源于高中教材,但高于高中教材,内容紧扣竞赛大纲. 选题以系统性、典型性和启发性为准绳,较为全面地收集了高中物理知识范围内,由浅入深全过程中的各类典型题和难题(但原则上过于偏、怪的习题不收编),而又不超出竞赛大纲所规定的知识范围,并逐题给予规范地解答,可以说是对迄今为止出现的高中物理知识范围内优秀习题的总结.

全书内容系统全面,每一小部分习题的编排则以由浅入深、分门别类为原则,因而有明显的梯度和类聚性.

题解注重原理分析和关键步骤,力求规范、简明和严密. 由于考虑到高中学生使用,所以解题所涉猎的物理和数学知识,均不超出高中学生的知识范围,即横向不拓宽(不超知识范围)、纵向可加深(难度加大).

全书分四卷共 960 道习题,其中:力学卷 350 题、热学卷 135 题、电磁学卷 295 题、光学与近代物理卷 180 题,全书近 100 万字. 书中有部分题目之间是相互关联的,即某题或题解利用(或参与)到另一题的条件或题解的结论,具体见光学与近代物理卷末的“附录:前后相关题序号”. 为便于读者独立思考和查找习题,每卷分两编,第一编为习题、第二编为答案.

本书可供高中学生、中学物理教师和物理竞赛培训人员使用,也可供大学物理专业学生和其他学习普通物理的人员参考.

由于像这样分类详细、类型齐全、难题集中、解法规范的竞赛题解,在国内尚无出版先例,加之工程量较大、时间跨度较长、编者水平有限,所以存在缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正!

全响  
2014.01

## 第一编 习 题

第2章 热 学	3
2.1 分子运动理论	3
2.2 热量 热传递	4
2.3 热膨胀	5
2.4 气体定律和气态方程	7
2.5 热和功 热学定律	17
2.6 表面张力	25

## 第二编 答 案

第2章 热 学	31
2.1 分子运动理论	31
2.2 热量 热传递	34
2.3 热膨胀	38
2.4 气体定律和气态方程	42
2.5 热和功 热学定律	78
2.6 表面张力	104

## 目 录 CONTENTS

# 第一编

# 习题





## 第2章 热 学

### 2.1 分子运动理论

2.1 半径为  $R$  的球形容器内盛有某种理想气体, 已知分子数密度为  $n$ , 每个分子质量为  $m$ , 分子速率平方的平均值为  $\overline{v^2} =$

$$\frac{1}{N}(v_1^2 + v_2^2 + \cdots + v_N^2) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{v_i^2}{N} \right), \text{ 其中 } v_i \text{ 为第 } i \text{ 个分子的速率,}$$

$N = n \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$  为球形容器内的总分子数. 求:

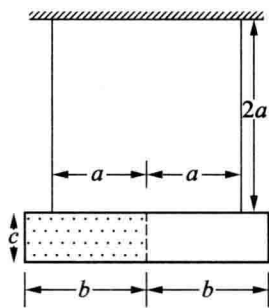
(1) 分子运动时对器壁产生的压强  $p$ .

(2) 分子的平均动能  $\overline{E_k}$ .

2.2 某些双原子分子中原子  $A$ 、 $B$  之间的相互作用力(径向力)与原子中心间距  $r$  的关系为  $F = -\frac{a}{r^2} + \frac{b}{r^3}$ ,  $F$  为正时代表斥力,  $F$  为负时代表引力,  $a$ 、 $b$  均为正量. 设  $A$  的质量远大于  $B$  的质量  $m$ , 在不受其他外力作用的条件下,  $A$  在某惯性系中可近似认为静止不动. 试求  $B$  在力的平衡位置附近作微小振动的周期  $T$ .

2.3 一个密闭容器内盛有一部分的水, 且处于平衡状态. 已知水在  $14^\circ\text{C}$  时的饱和蒸汽压为  $p_{14} = 12 \times 1.33 \times 10^2 \text{ Pa}$ . 设水蒸气分子碰到水面后都进入水内, 气体分子的平均速率与气体的热力学温度  $T$  的平方根成正比. 试近似计算在  $100^\circ\text{C}$  和  $14^\circ\text{C}$  时, 单位时间内通过单位面积水面蒸发变为水蒸气的分子数之比  $n_{100} : n_{14}$ .

2.4 如图所示, 用两根轻质等长的细线将一块平面薄的长方形匀质玻璃板悬挂起来, 玻璃板每一侧面的半个表面对称地涂了一层化学性质活泼的金属, 所有的几何参量均在图中给出. 将整个装置悬挂在空的容器中, 并向容器中通入压强为  $p$  的氯气, 设每一个氯气分子遇金属发生化合反应的几率为  $q < 1$ , 且在考虑的时间范围内  $q$  为恒量. 反应过程中, 氯气压强的减小可忽略不计, 生成的金属氯化物留在玻璃板上. 由于化合反应, 玻璃板将绕它的竖直对称轴转过一个很小角度  $\alpha$ . 已知玻璃的质量为  $m$ , 试求  $\alpha$  角的大小.



2.4 题图



## 2.2 热量 热传递

**2.5** 三种不同的液体  $A, B, C$ , 其温度分别为  $t_{01} = 15\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_{02} = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_{03} = 35\text{ }^\circ\text{C}$  当  $A$  与  $B$  相混合后, 温度为  $t_1 = 21\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $B$  与  $C$  相混合后, 温度为  $t_2 = 32\text{ }^\circ\text{C}$ , 求  $A$  与  $C$  混合的温度  $t_3$ . (液体混合时无化学变化)

**2.6** 有  $n$  个物体, 其比热容、质量、初温分别为  $(c_1, m_1, T_1)$ ,  $(c_2, m_2, T_2)$ ,  $(c_3, m_3, T_3)$ ,  $\dots$ ,  $(c_n, m_n, T_n)$ . 若将这些物体放在一个绝热的容器中, 试求它们混合后的共同末温 (设各物体的形态不变).

**2.7** 在一个容器中, 有  $0\text{ }^\circ\text{C}$  的冰若干克, 若往容器中倒入温度为  $t_1 = 30\text{ }^\circ\text{C}$ 、质量为  $m_1 = 30\text{ g}$  的温水, 则冰融化后, 比预定温度低一半, 如果再添加  $t_1 = 30\text{ }^\circ\text{C}$  质量为  $m_2 = 4\text{ g}$  的温水, 则达到预定的温度, 若容器吸热不计, 试求此预定温度  $t$  和容器中原有冰的质量  $m$ .

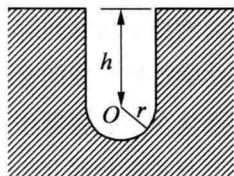
**2.8** 某容器内装有少量  $0\text{ }^\circ\text{C}$  的水, 如果很快将容器中的空气抽走, 由于急剧汽化, 剩下的水全部凝结成冰, 求冰与原来水的比. 已知水在  $0\text{ }^\circ\text{C}$  时的汽化热为  $L = 2.8 \times 10^6\text{ J/kg}$ .

**2.9** 一个铜容器质量为  $m_1 = 200\text{ g}$ , 比热容为  $c_1 = 388\text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ , 它有两个管子对外连通着, 其余部分是封闭的. 先在容器中放入些冰, 待温度平衡后, 倒掉已融出的水, 那时容器还留有  $m_2 = 20\text{ g}$  的冰, 这时把  $100\text{ }^\circ\text{C}$  的水蒸气从一根管子通入, 让另一根管子开着, 经过容器内部的水蒸气与冰混合接触后从开着的管子溢出, 那时溢出的水蒸气还是  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , 经过一段时间, 由于水蒸气的作用, 容器的冰完全融化, 变成  $t = 40\text{ }^\circ\text{C}$  的水, 问容器中共有多少克的水?

**2.10** 质量为  $90\text{ g}$ , 比热容为  $840\text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$  的量热器, 内盛  $10\text{ }^\circ\text{C}$  的水  $500\text{ g}$ , 同时加入  $100\text{ g } 0\text{ }^\circ\text{C}$  的冰和  $50\text{ g } 100\text{ }^\circ\text{C}$  的水蒸气, 混合后温度是多少?

**2.11** 将半径  $r = 1\text{ cm}$  的铁球加热到  $T = 373\text{ K}$  后, 置于  $T_0 = 273\text{ K}$  的大冰块上, 如图所示. 若球放出的热量有  $90\%$  使冰融解, 试问铁球能陷入冰块多少米? 已知铁的比热容为  $c = 470\text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ , 冰的密度  $\rho_0 = 0.9 \times 10^3\text{ kg/m}^3$ .

**2.12** 两个横截面积相同的圆柱形绝热量热器, 一个装有高

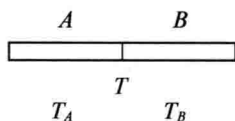


2.11 题图

心得 体会 拓广 疑问

为  $h = 0.25 \text{ m}$  的冰,另一个装有相同高度、温度为  $t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  的水.现在把水倒在冰上并立即标出冰和水总高度界面的位置,过一段时间达到热平衡后,冰和水总高度界面的位置升高了  $\Delta h = 0.005 \text{ m}$ . 试问冰的初始温度  $t_0$  是多少? 已知冰的密度、比热容和溶化热分别为  $\rho_0 = 0.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 $c_0 = 2100 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$  和  $\lambda = 3.4 \times 10^5 \text{ J/kg}$ ,水的比热容为  $c_1 = 4200 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ .

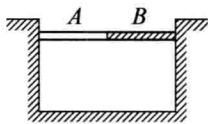
**2.13** 两根同样大小的棍子是由不同的金属做成的,它们的两端焊接在一起,如图所示.  $A$  棍的比热容比  $B$  棍的比热容大一倍,但是  $A$  棍的热导率比  $B$  棍的热导率小一半. 把棍子的两个自由端之一加热,而另一端冷却,并且使每一端都保持着恒定的温度. 那么棍子内的总热量是不是随着两个棍子( $A$  或  $B$ )的自由端中哪一端加热,哪一端冷却而定? (从棍子侧面传出的热量可不加以考虑)



2.13 题图

## 2.3 热膨胀

**2.14** 有两根长度均为  $l = 50 \text{ cm}$  的金属丝  $A$  和  $B$  牢固地焊接在一起,在温度为  $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$  时,使此焊接的金属丝刚好伸直而焊接在固定的支架上,如图所示. 若  $A$ 、 $B$  两金属丝的线胀系数分别为  $\alpha_A = 1.1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ 、 $\alpha_B = 1.9 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ;它们的劲度系数分别为  $k_A = 2 \times 10^6 \text{ N/m}$ 、 $k_B = 1 \times 10^6 \text{ N/m}$ . 金属丝  $A$  受到拉力  $F_1 = 450 \text{ N}$  时就会被拉断,金属丝  $B$  受拉力  $F_2 = 520 \text{ N}$  时就会被拉断. 若不计金属丝的重量和支架的间距随温度的改变量,试问当温度下降至  $t_2 = -20 \text{ }^\circ\text{C}$  时,两金属丝会出现什么现象?

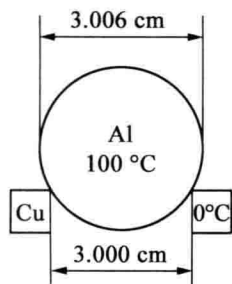


2.14 题图

**2.15** 将宽为  $a = 5 \text{ mm}$ 、厚为  $b = 2 \text{ mm}$  的钢片两端焊接起来而成为一个圆箍,若把它加热到  $t = 300 \text{ }^\circ\text{C}$  时,恰能箍在温度为  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  的水泥柱上. 已知钢的线胀系数和杨氏模量(弹性模量)分别为  $\alpha = 1.1 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  和  $E = 2.2 \times 10^{11} \text{ Pa}$ . 试问当钢箍和水泥柱都为  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  时,钢箍所受的力为多少?

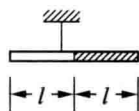
**2.16** 有  $A$  棒和  $B$  棒各一根,它们的线胀系数分别为  $\alpha_1$  和  $\alpha_2$ ,为使在任何温度下  $A$  棒比  $B$  棒长  $\Delta l$ ,试问在  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  时, $A$ 、 $B$  两棒的长度  $l_{01}$  和  $l_{02}$  各为多少?

2.17 一铜环在温度为  $t_1 = 0\text{ }^\circ\text{C}$  时的直径为  $d_1 = 3.000\text{ cm}$ , 一铝球在温度为  $t_2 = 100\text{ }^\circ\text{C}$  时的直径为  $d_2 = 3.006\text{ cm}$ , 这时将铝球放在铜环上, 待它们达到热平衡时, 铝球恰好穿过铜环, 如图所示, 假设没有热量损失, 试求铝球和铜环的质量之比. 已知铜的线胀系数为  $\alpha_1 = 1.7 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ , 比热容为  $c_1 = 390\text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ; 铝的线胀系数为  $\alpha_2 = 2.4 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ , 比热容为  $c_2 = 910\text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ .

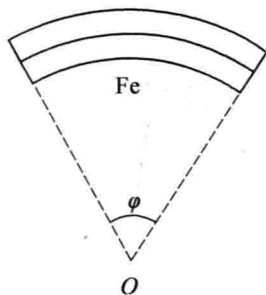


2.17 题图

2.18 有两根均匀的不同金属细棒, 密度分别为  $\rho_1, \rho_2$ ; 线胀系数分别为  $\alpha_1, \alpha_2$ ; 长度都为  $l$ , 一端黏在一起. 温度为  $0\text{ }^\circ\text{C}$  时, 悬挂棒的  $A$  点, 使棒恰成水平静止, 如图所示. 若温度升高至  $t$ , 棒膨胀后, 仍使棒保持水平静止, 需改变悬点, 设位于  $B$  点, 求  $AB$  间的距离.

2.18 题图  
Cu

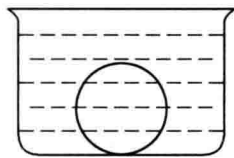
2.19 厚度均为  $a = 0.2\text{ mm}$  的钢片和青铜片, 在  $T_1 = 293\text{ K}$  时, 将它们的端点焊接起来, 成为等长的平面双金属片. 若钢和青铜的线胀系数分别为  $\alpha_1 = 1 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$  和  $\alpha_2 = 2 \times 10^{-5}\text{ K}^{-1}$ , 当把它们的温度升高到  $T_2 = 393\text{ K}$  时, 它们将弯成圆弧形, 如图所示. 试求这圆弧的半径  $r$ .



2.19 题图

2.20 有一容器装满某种液体, 当将容器(包括液体)的温度分别提高  $t_1\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $t_2\text{ }^\circ\text{C}$  时, 排出的液体所受重力分别为  $G_1, G_2$ , 试求该液体的体胀系数  $\beta$ .

2.21 为了测量某个体胀系数很小的容器的体胀系数, 采用如下的办法: 先将容器内装满体胀系数为  $\beta$  的某种液体, 并称出这时容器内液体的所受重力为  $G_0$ , 再将体胀系数为  $\gamma$  的玻璃球放入其中, 如图所示. 然后将温度分别提高  $t_1\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $t_2\text{ }^\circ\text{C}$ , 并称得容器内液体相应所受重力分别为  $G_1, G_2$ , 试求该容器的体胀系数  $\alpha$ .



2.21 题图

2.22 在底面积为  $S = 3 \times 10^{-3}\text{ m}^2$  的热容器中倒入体积为  $V_0 = 2 \times 10^{-5}\text{ m}^3$  的水, 水温为  $T_0 = 308\text{ K}$ ; 再把质量为  $m = 10\text{ g}$ 、温度为  $T_1 = 273\text{ K}$  的冰放在水中. 已知水的体胀系数为  $\beta = 2.6 \times 10^{-4}\text{ K}^{-1}$ , 冰的密度为  $\rho = 0.9 \times 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$ . 假设热量与周围没有交换, 试求待它们的温度平衡时水面上升的高度  $h$ .

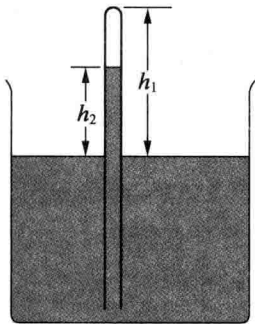
2.23 把体积相等、温度分别为  $T_1 = 273\text{ K}$ 、 $T_2 = 373\text{ K}$  的铜块和铝块叠合在一起, 并使之不与外界交换热量. 若铜和铝的密度分别为  $\rho_1 = 8.5 \times 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$ ,  $\rho_2 = 2.6 \times 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$ , 比热容分别为  $c_1 = 376\text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ,  $c_2 = 920\text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , 试求当它们处于热平衡时, 它们总体积的相对改变量.

2.24 一个杯里装有  $V_1 = 300\text{ cm}^3$ 、温度为  $t_1 = 0\text{ }^\circ\text{C}$  的甲苯, 另一个杯里装有  $V_2 = 110\text{ cm}^3$ 、温度为  $t_2 = 100\text{ }^\circ\text{C}$  的甲苯. 两体积之和为  $410\text{ cm}^3$ , 求两杯甲苯混合以后的最终体积. (甲苯的体胀系数为  $\beta = 0.001\text{ K}^{-1}$ . 忽略热量损失)

心得 体会 拓广 疑问

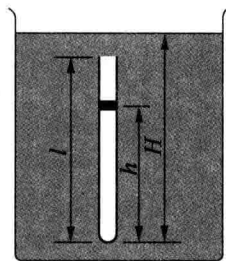
## 2.4 气体定律和气态方程

**2.25** 一端封闭的匀直玻璃管开口向下竖直地插入深水银槽中,如图所示. 大气压强为  $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$  时,  $h_1 = 50 \text{ cm}$ ,  $h_2 = 30 \text{ cm}$ ,求当  $h'_1 = 75 \text{ cm}$  时,  $h'_2$  为多少?



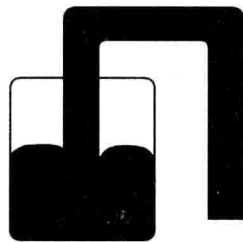
2.25 题图

**2.26** 由于气压计的水银面上混进了少量空气,使得它的读数不准确,当准确气压计指在  $755 \text{ mmHg}$ (毫米汞柱)时,它却指在  $748 \text{ mmHg}$  处;当准确气压计指在  $740 \text{ mmHg}$  时,它却指在  $736 \text{ mmHg}$  处. 试求当它指在  $751.2 \text{ mmHg}$  时,实际气压相当于多少毫米汞柱①? (认为大气的温度是不变的)



2.27 题图

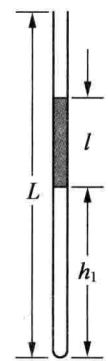
**2.27** 长为  $l$  的试管内,用很轻的活塞封闭着压强为  $p$  的氢气,然后将试管竖直插入水银槽中,管底插入的深度为  $H$ ,从而使活塞下移,管内氢气柱的长度变为  $h$ ,如图所示. 若大气压强为  $p_0$ ,气体的温度不变,试求管内氢气的高度与管长之比,并指出当  $H$  为多深时本题才能有确定的解.



2.28 题图

**2.28** 在高为  $2h = 60 \text{ cm}$  的圆柱形容器中装入半容器水银,然后用盖子紧紧地吧容器口盖好,穿过盖子插进一个虹吸管,虹吸管里预先装满水银,虹吸管的 two 臂长度相同,插在容器中的那个臂靠近容器底部,如图所示. 试问容器中的压强  $p$  为多大时,容器中的水银停止从虹吸管中流出? 这时容器内水银面降低的高度  $\Delta h$  为多少? (外界压强取  $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ )

**2.29** 如图所示,在一长为  $L = 1 \text{ m}$  且一端封闭的均匀直玻璃管内,有一段长为  $l = 0.2 \text{ m}$  的水银柱封住一部分空气. 当管口向上竖直放置时,被封住的空气柱长为  $h_1 = 0.49 \text{ m}$ . 试问当管口向下竖直倒置时空气柱有多长? 这时留在管内的水银柱是否还是  $0.2 \text{ m}$ ? 为什么? (已知大气压强为  $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ )



2.29 题图

**2.30** 水平放置的均匀玻璃管中,有长  $0.25 \text{ m}$  的水银柱恰好和管口相齐,将管内一段  $0.44 \text{ m}$  长的空气封住. 求:

- (1) 开口端竖直向上时,管内气柱多长?
- (2) 开口端向下,玻璃管和水平方向成  $30^\circ$  角时,管内气柱多长? (大气压强为  $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ )

**2.31** 活塞把密闭的汽缸分成左、右两个气室,每室各与 U 形管压强计的一臂相连,压强计的两臂截面处处相同,U 形管内盛有密度为  $\rho = 7.5 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$  的液体. 开始时左、右两气室的体积

① 编校注:毫米汞柱(mmHg)是非法定计量单位,正常应换算为法定计量单位帕(Pa). 但本题计算的就是气压计中的汞,故未更改.

都为  $V_0 = 1.2 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ , 气压都为  $p_0 = 4 \times 10^3 \text{ Pa}$ , 且液体的液面处在同一高度, 如图所示. 现缓慢向左推进活塞, 直到液体在 U 形管中的高度差  $h = 0.4 \text{ m}$ . 求此时左、右气室的体积  $V_1$  和  $V_2$ . (假定两气室的温度保持不变, 不计 U 形管和连接管道中气体的体积, 取  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

**2.32** 两端封闭、截面均匀的 U 形管分别装有两部分气体, 当管竖直放置时, 如图 (a) 所示, 气柱长分别为  $l_1 = 12 \times 10^{-2} \text{ m}$ ,  $l_2 = 18 \times 10^{-2} \text{ m}$ ; 当如图 (b) 竖直向下放置时,  $l'_1 = 6 \times 10^{-2} \text{ m}$ ,  $l'_2 = 24 \times 10^{-2} \text{ m}$ ; 如将管如图 (c) 水平放置, 气柱长  $l_1$ 、 $l_2$  分别为多长? 设气体温度始终不变, U 形管两臂长相等.

**2.33** 一抽气机转速  $n = 400 \text{ rad/min}$ , 抽气机每分钟能抽去气体  $V = 0.05 \text{ L}$ , 容器的容积为  $V_0 = 2 \text{ L}$ , 问经过多少时间才能使容器内压强由  $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$  降到  $p_N = 100 \text{ Pa}$ ?

**2.34** 图中两个活塞  $BB'$ 、 $CC'$  将气缸分成三个容器, 每个容器充有理想气体, 当温度都为  $T_0$  时它们的体积之比为  $V_1 : V_2 : V_3 = 1 : 2 : 3$ . 问:

- (1) 当温度达到  $T$  时各容器体积比是多少?
- (2) 为使各气体体积相等, 它们的温度比为多少?

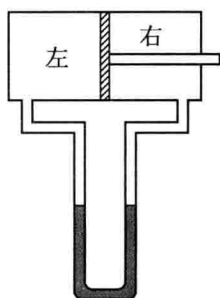
**2.35** 有一根足够长的均匀直管, 其两端敞开着. 若将管竖直插入水池中, 并使管长的  $\frac{9}{10}$  在水面以下, 此时管内水面恰与池内水面相平. 然后将管的上端封闭, 此时水和空气的温度为  $T_1 = 273 \text{ K}$ . 为了使温度升高到  $T_2 = 373 \text{ K}$  时有气体开始从管内跑出, 如图所示. 问管的最大长度应是多少厘米? 取大气压强为  $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 忽略水在  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  时的饱和气压.

**2.36** 热气球是利用气体温度升高, 气体会从内外相通的容器内逸出, 从而获得升力的原理制作而成的. 今有一容积为  $V = 500 \text{ m}^3$  的探空气球, 球壳及所带装置总质量为  $m = 85 \text{ kg}$ , 为了使其从地面处升空, 应将球内空气加热到多少摄氏度? 若该气球上升到温度为  $-23 \text{ }^\circ\text{C}$ , 压强为  $p_2 = 0.4 \times 10^5 \text{ Pa}$  的高空, 要使气球在该处保持平衡, 球内空气的温度应为多少? 已知地面处空气的温度为  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ , 大气压强为  $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 标准状况下空气密度  $\rho_0 = 1.29 \text{ kg/m}^3$ .

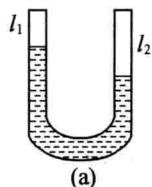
**2.37** 用容积为  $A = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^3$  的打气筒给自行车空胎打气, 若一个轮胎的容积为  $V = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ , 骑车时加在这个轮上的质量为  $m = 35 \text{ kg}$ , 大气压强为  $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ . 试问:

- (1) 当温度不变时, 为了在骑行中使轮胎与路面的接触面积为  $S = 5.7 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ , 问应当打多少次气?

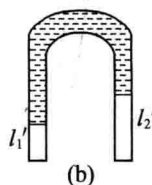
心得体会 拓广疑问



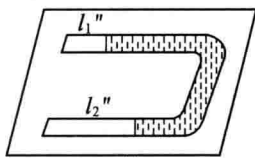
2.31 题图



(a)

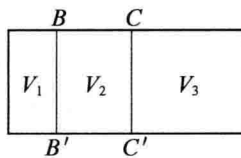


(b)

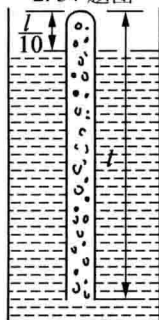


(c)

2.32 题图



2.34 题图

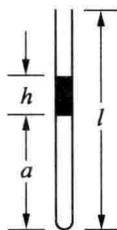


2.35 题图

(2)若骑车行驶时胎内气体的温度由  $T_1 = 290 \text{ K}$  升高到  $T_2 = 310 \text{ K}$ , 而轮胎的容积不变, 试问轮胎与路面的接触面积减少为多少?

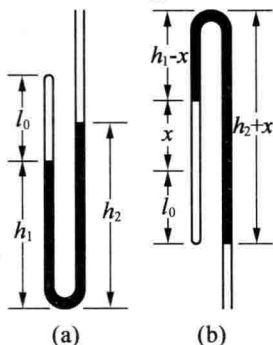
**2.38** 如图所示, 在长为  $l \text{ cm}$  的玻璃管内有一段长为  $h \text{ cm}$  的水银柱, 它封闭着一段长为  $a \text{ cm}$  的空气柱, 玻璃管开口端竖直向上放置. 此时空气柱的温度为  $T_1$ , 大气压强为相当于  $p_0 \text{ cm}$  高水银柱产生的压强. 问温度至少升到多高才能使水银柱全部从管内排出?

心得体会 拓广 疑问



2.38 题图

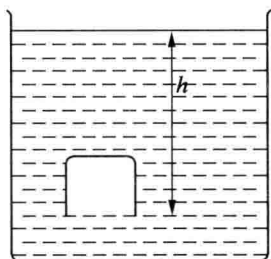
**2.39** 如图(a)所示, 竖直放置的左端封闭、右端足够长且开口的 U 形均匀玻璃管中以水银柱封闭一段长  $l_0 = 0.15 \text{ m}$  的空气柱, 两边管中水银柱长度分别为  $h_1 = 0.225 \text{ m}$ ,  $h_2 = 0.275 \text{ m}$ , 管弯曲部分的长度可忽略不计, 大气压强相当于  $p_0 = 75 \text{ cm}$  高水银柱产生的压强, 今将管缓慢倒转, 使其仍呈竖直而开口向下, 管内空气柱达到新的平衡状态, 如图(b)所示, 试求:



2.39 题图

- (1) 新平衡状态下的空气柱的长度.
- (2) 新平衡状态是稳定平衡还是不稳定平衡? 如为不稳定平衡, 该状态被扰动破坏后的情况如何?

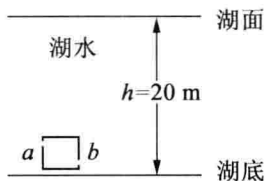
**2.40** 有一玻璃杯重为  $G = 0.2 \text{ kg}$ , 玻璃的密度为  $\rho = 2.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 瓶的容积为  $V_0 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ , 杯内盛满温度为  $T_0 = 283 \text{ K}$ 、气压为  $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$  的空气, 然后将杯口向下推入水池中, 如图所示, 假设池内水的温度恒为  $T = 277 \text{ K}$ . 试问:



2.40 题图

- (1) 杯能否停在水池中? 如果能, 这时杯内水面距池内水面的深度  $h$  为多少? (在  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  时, 水的密度为  $1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 水银密度为  $13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ )
- (2) 杯在这时的平衡是稳定平衡还是不稳定平衡?

**2.41** 壁厚  $1.8 \text{ cm}$  的正方形铁箱, 内部容积为  $1 \text{ m}^3$ , 上下有两个小孔分别为  $a$  和  $b$ . 此箱不慎沉入湖底, 里面灌满了水, 湖深  $20 \text{ m}$ , 如图所示. 今用充气法打捞铁箱, 即用管子与孔  $a$  连通, 再用压气机把湖面上方空气打入箱内, 部分水便会从孔  $b$  排出. 已知湖面上方空气温度为  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ , 湖底温度为  $7 \text{ }^\circ\text{C}$ , 铁的密度为  $7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 试估算需将多少体积的湖面上方空气打入箱内, 水箱方能开始上浮?



2.41 题图

**2.42** 有一个用伸缩性极小且不漏气的布料制作的气球(布的质量可忽略不计), 直径为  $d = 2 \text{ m}$ . 球内充有压强  $p_0 = 1.005 \times 10^5 \text{ Pa}$  的气体. 该布料所能承受的最大不被撕破力为  $f_m = 8.5 \times 10^3 \text{ N/m}$ (即对于一块展平的  $1 \text{ m}$  宽的布料, 沿布面而垂直于布料宽度方向所施加的力超过  $8.5 \times 10^3 \text{ N}$  时, 布料将被撕破). 开始

时,气球被置于地面上,该处的大气压强为  $p_{00} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 温度  $T_0 = 293 \text{ K}$ . 假设空气的压强和温度均随高度而线性地变化, 压强的变化为  $\alpha_p = -9 \text{ Pa/m}$ , 温度的变化为  $\alpha_T = -3 \times 10^{-3} \text{ K/m}$ , 问该气球上升到多少高度时将破裂? 假设气球上升很缓慢, 可认为球内温度随时与周围空气的温度保持一致. 在考虑气球破裂时, 可忽略气球周围各处和底部之间空气压强的差别.

**2.43** 如图所示, 气缸由两个横截面不同的圆筒连接而成. 活塞  $A$ 、 $B$  被轻质刚性细杆连接在一起, 可无摩擦移动.  $A$ 、 $B$  的质量分别为  $m_A = 12 \text{ kg}$ ,  $m_B = 8 \text{ kg}$ , 横截面积分别为  $S_A = 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ ,  $S_B = 2 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ . 定质量的理想气体被封闭在两活塞之间, 活塞外侧大气压强  $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

(1) 气缸水平放置达到如图(a)所示的平衡状态, 求气体的压强;

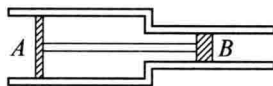
(2) 已知此时气体的体积  $V_1 = 2 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ . 现保持温度不变, 将气缸竖直放置, 达到平衡后如图(b)所示. 与图(a)相比, 活塞在气缸内移动的距离  $l$  为多少? (取重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

**2.44** 如图所示, 有两个截面不同的敞开端口的光滑管组成一个气缸, 被竖直固定着, 管中有两个面积不同并用一不能伸长的细绳连接的活塞, 它们可在自己的管中滑动而不漏气. 在两活塞间装有某种气体, 两活塞总质量为  $M = 4 \text{ kg}$ , 活塞面积之差为  $\Delta S = 20 \text{ cm}^2$ , 当外界大气压为  $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$  时, 两活塞间气体体积为  $V_1 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ , 活塞处于平衡状态, 当在上面活塞上加一个  $m = 1 \text{ kg}$  的砝码后, 活塞移动多少距离后再次处于平衡状态? (设活塞移动过程很慢, 温度不改变, 移动过程结束时活塞不会到达两管连接处. 取重力加速度  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

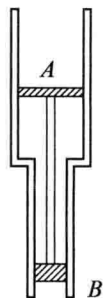
**2.45** 如图所示, 一个上下都与大气相通的直圆筒, 筒内横截面积  $S = 0.01 \text{ m}^2$ , 中间用两个活塞  $A$  与  $B$  封住一定质量的理想气体.  $A$ 、 $B$  都可沿圆筒做无摩擦上下滑动, 但不漏气.  $A$  活塞质量可以不计,  $B$  活塞的质量为  $M$ , 并与一个劲度系数  $k = 5 \times 10^3 \text{ N/m}$  的较长的弹簧相连. 已知大气压强  $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ . 平衡时, 两活塞间的距离  $l_0 = 0.6 \text{ m}$ , 现用力压  $A$  活塞, 使之缓慢向下移动一定距离后, 保持平衡. 此时, 用于压  $A$  活塞的力  $F = 500 \text{ N}$ , 求活塞  $A$  向下移动的距离. 设气体温度保持不变.

**2.46** 在两个带有活塞的水平放置的高压气缸内, 装有压强为  $p_0$  温度为  $T_1$  的压缩空气, 空气体积分别为  $V_1$ 、 $V_2$ , 活塞面积分别为  $S_1$ 、 $S_2$ , 两活塞用安有插销  $K$  的杆  $L$  相连, 如图所示. 外界大气压强忽略不

心得体会 拓广疑问

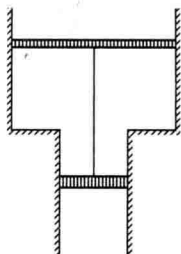


(a)

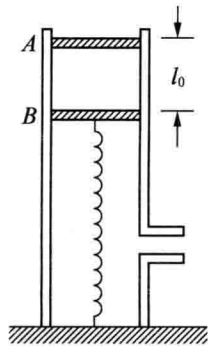


(b)

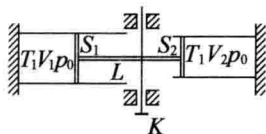
2.43 题图



2.44 题图



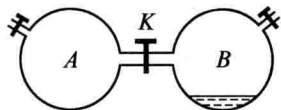
2.45 题图



2.46 题图

计. 现将左边气缸加热到  $T_2$ , 而右边气缸保持  $T_1$  不变, 拔去插销  $K$ , 两活塞一起自由移动, 求当平衡时杆任一端所受的力.

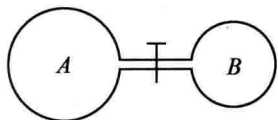
**2.47** 图中是两容积均为  $V_0$  的真空容器, 用体积可以忽略的细管连接, 细管中间有开关  $K$ . 先把开关关闭然后在  $A$  中转入温度为  $T_0$ , 压强为  $p_{0A}$  的气体, 在  $B$  中装入体积可以忽略又不致完全蒸发的液体, 在  $T_0$  时它的饱和气压为  $p_{0B}$ , 在  $T$  时它的饱和气压为  $p_{0B}$ ; 然后打开开关, 经过足够长时间后再关闭开关. 把  $A$ 、 $B$  加热到  $T$ , 求这时两容器内气体压强  $p_A$ .



2.47 题图

**2.48** 压强为  $p_1$ 、温度为  $T_1$  的某种理想气体, 与体积相同而压强为  $p_2$ 、温度为  $T_2$  的同种理想气体相混合, 混合后的总体积等于混合前的总体积, 若在混合的过程中系统与外界无能量交换, 试求混合后气体的压强和温度.

**2.49** 如图所示, 容器  $A$  和  $B$  的容积分别为 22.4 L 和 11.2 L, 用带开关的绝热细管(容积不计)将两者连接. 开关关闭时,  $A$  内充有  $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5$  Pa 的氦气,  $B$  内充有  $0^\circ\text{C}$ 、 $2 \times 1.013 \times 10^5$  Pa 的氢气. 当开关打开后, 使  $A$  保持  $27^\circ\text{C}$ ,  $B$  保持  $0^\circ\text{C}$ , 试求这时气体的压强.



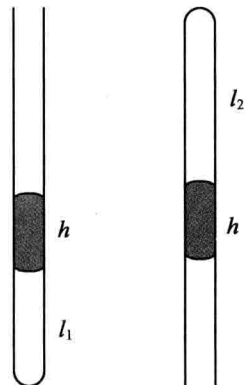
2.49 题图

**2.50** 由导热材料做成的长方体容器, 由隔板分成体积相等的两部分, 分别装有质量相等的干空气和湿空气, 湿空气中水汽质量占 2%.

(1) 若让隔板沿壁自由滑动, 试求平衡时干、湿空气各占体积的比值.

(2) 若不漏气地抽去隔板, 求达到平衡时的压强与未抽去隔板时干、湿空气各自压强三者的比例关系. (干空气的摩尔质量为  $\mu_{\text{空}} = 28.8 \times 10^{-3}$  kg/mol)

**2.51** 如图所示, 一端封闭的粗细均匀直玻璃管中, 有一段长为  $h = 13$  cm 的水银柱, 将一定质量的空气封闭在管内. 当玻璃管直立而管口向上时, 被封的空气柱长为  $l_1 = 20$  cm, 当使管口竖直向下时, 因不慎使被封的气体漏出一些, 此时空气柱长为  $l_2 = 25$  cm. 已知大气压强为  $p_0 = 1 \times 10^5$  Pa, 设室温不变. 求漏出气体的质量是原来的百分之几?



2.51 题图

**2.52** 打气筒每打一次气可将压强  $p_0 = 1 \times 10^5$  Pa、温度  $t_0 = -3^\circ\text{C}$ 、体积  $V_0 = 4$  L 的空气压到容器内. 容器容积  $V = 1.5 \times 10^3$  L. 那么需要打几次才能使原来跟空气相通的容器温度升为  $45^\circ\text{C}$ , 压强升为  $p = 2 \times 10^5$  Pa?

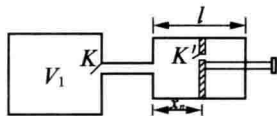
**2.53** 某医院使用的氧气瓶, 容积为 32 L, 在温度为  $27^\circ\text{C}$  时,

心得体会 拓广疑问



瓶内压强为  $1\ 500\ \text{Pa}$ . 按氧气厂规定, 当使用到其压强在  $17\ ^\circ\text{C}$  时降为  $100\ \text{Pa}$ , 便应重新充气, 以免瓶内混入其他气体而降低氧气的质量. 该医院在  $22\ ^\circ\text{C}$  时, 平均每天要用  $10^5\ \text{Pa}$  的氧气  $439\ \text{L}$ . 问一瓶氧气能用多少天?

**2.54** 一容器的容积为  $V_1$ , 内有空气的压强与外界大气压强相同, 今用一容积为  $V_2$ 、长度为  $l$  的圆柱形气筒对其打气, 如图所示, 每次打气, 活塞移动距离约为  $l$ . 设温度始终不变, 问第  $n$  次打气时需要将活塞推到距排气口距离多大时, 气筒里的气体又将冲开单向排气阀门向容器充气? (注: 当活塞向右运动时阀门  $K$  会自动关闭, 气体不会漏出来, 而阀门  $K'$  打开让大气进入; 反之, 活塞若向左运动, 阀门  $K'$  会关闭,  $K$  会打开让气体进入  $V_1$  内).

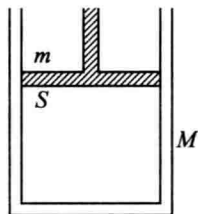


2.54 题图

**2.55** 在  $1\ \text{m}^3$  的贮气柜里, 有压强为  $10 \times 1\ 333\ \text{Pa}$  的某种理想气体, 用它给每个容器都为  $60 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$  的空罐充气. 第 1 罐压强充到相当于  $1\ \text{cm}$  高水银柱所产生的压强, 第 2 罐压强充到相当于  $2\ \text{cm}$  高水银柱所产生的压强, …… , 第  $n$  罐压强充到相当于  $n\ \text{cm}$  高水银柱所产生的压强. 设充气过程中温度不变. 问:

- (1) 充好第 6 罐时, 柜中气体的压强降为多少?
- (2) 若按此要求充气, 最多能充好  $m$  罐, 则  $m$  为多少?
- (3) 充好  $m$  罐后, 柜内剩余气体质量是原来质量的百分之几?

**2.56** 静置在地面上的圆筒形气缸的质量为  $M$ , 活塞(连同手柄)的质量为  $m$ , 面积为  $S$ . 大气压强为  $p_0$ , 平衡时气缸内的容积(气体的体积)为  $V_0$ . 求:

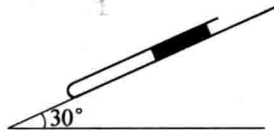


2.56 题图

(1) 用手握着手柄让活塞缓慢上升, 气缸刚离地面时, 活塞上升的距离?

(2) 若手提着手柄向上拉, 使气缸离地以加速度  $a$  为  $\frac{g}{2}$  做匀加速运动时, 活塞上升的距离又是多少? 设气缸足够长, 温度不变, 气缸与活塞的摩擦不计.

**2.57** 在一端开口、粗细均匀的玻璃管中, 有长  $l' = 16\ \text{cm}$  的水银柱将管内的空气与外界隔开. 当玻璃管的开口端竖直向上处于静止时, 空气柱的长为  $8\ \text{cm}$ . 把玻璃管放在倾角为  $30^\circ$  的斜面上加速下滑, 求玻璃管内的空气柱长度以及下滑时的加速度. 已知玻璃管与斜面之间的动摩擦系数为  $\mu = \frac{\sqrt{3}}{6}$ , 大气压为  $p_0 = 1 \times 10^5\ \text{Pa}$ . 玻璃管的质量可忽略不计, 气体的温度假设不变.



2.57 题图

**2.58** 当煤气( $\text{CO}$ )罐的温度  $T = 7\ ^\circ\text{C}$ , 压强为  $p = 4 \times 10^5\ \text{Pa}$  时, 在  $t = 10\ \text{min}$  内能把  $M = 8\ \text{kg}$  的水由  $0\ ^\circ\text{C}$  加热到  $100\ ^\circ\text{C}$ . 煤气

心得 体会 拓广 疑问