

JP Olympic

金牌之路

奥赛讲座

● 编著 范小辉

高中物理
(二年级)

陕西师范大学出版社

通向金牌之路

王淦昌



作者简介

范小辉，特级教师。曾荣获全国“五一”劳动奖章、省有突出贡献中青年专家和省十大杰出青年、省劳动模范等荣誉称号。多年从事高中物理教学工作，教学效果显著，每年均有10余学生升入北大、清华。自1993年起担任物理竞赛的辅导与培训工作，先后有3个学生在全国物理竞赛的决赛中获第一、第二名，9人进入国家物理奥赛集训队，2个学生获国际物理奥赛金牌，2个学生获亚洲物理奥赛金牌。在各种物理教学杂志上发表论文30多篇，主编物理奥赛参考资料和高考复习用书多种。

ISBN 7-5613-2603-3



9 787561 326039 >

ISBN7-5613-2603-3

G·1850 定价：11.00元

金牌之路

奥赛讲座

高中物理

二年级

主编：张大同
编著：范小辉

图书代号:JF3N0199

图书在版编目(CIP)数据

高中物理奥赛讲座. 二年级/范小辉编著. - 西安:陕西师范大学出版社,
2003.6(金牌之路丛书)

ISBN 7 - 5613 - 2603 - 3

I. 高... II. 范... III. 物理 - 高中 - 教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 036091 号

责任编辑	靳俊竹
责任校对	徐文婷
出版发行	陕西师范大学出版社
社 址	西安市陕西师大 120 信箱(邮政编码:710062)
网 址	http://www.snuph.com
经 销	新华书店
印 制	西安兰翔印刷厂
开 本	850×1168 1/32
印 张	9.875
插 页	2
字 数	233 千
版 次	2003 年 7 月第 1 版
印 次	2003 年 7 月第 1 次
定 价	11.00 元

开户行:光大银行西安南郊支行 账号:0303070-00330004695

读者购书、书店添货或发现印装问题,请与本社营销中心联系、调换。

电 话:(029)5307864 5233753 5251046(传真)

E-mail: if-centre@snuph.com

前言



金牌教练 倾心铸造

《金牌之路》丛书由培养国际金牌获得者的全国一流专家联袂编写,涉及到10个省市20个中学的26位作者。他们培养的学生获得国际及国内奖牌数均在全国名列前茅。

著名金牌教练、特级教师张大同自1991年以来培养的学生获国际物理竞赛金牌8枚、银牌1枚,这在全国是独一无二的;

武钢三中特级教师刘诗雄培养的学生获国际数学竞赛金牌7枚;

湖南师大附中特级教师李安等人培养的学生获国际化学竞赛金牌5枚、银牌2枚;

特级教师高建军培养的学生获国际生物竞赛金牌2枚、银牌3枚;

特级教师江文哉培养的学生获国际计算机竞赛金牌5枚、银牌1枚、铜牌1枚。

他们在长期的教学和竞赛辅导中,积累了丰富的参赛经验,丛书汇集了他们培养金牌得主的良方妙计。

奥赛讲座 同步提升

设计意图:为了夯实基础,吸引更多的学生参与奥赛,在不影响正常学习的前提下,起到双项互补互动的作用,既能锻炼自己的竞争实力,又能按教材同步提高自己理解问题和解决问题的能力。

一、按年级分专题编写

1. 依据竞赛大纲,初、高中按新课标及新教材的要求编写。

2. 专题的排序尽可能与课程的内容顺序一致。以课本的知识内容为起点,延伸、拓宽到竞赛水平。增加趣味性、探索性及个性化。从

提高学生的学习兴趣、拓展视野的角度出发,使学生变得更会学习,更富有创造才能。

二、栏目设置

[**趣题引路**]选取与专题相关的名题、趣题、佳题(选1~2道题,给出思路和解答),或选取与专题有关的轶闻趣事,点明主题,吸引学生,引发学生的好奇心和学习兴趣。

[**知识拓展**]以课本的知识为基础,拓展延伸达到竞赛的要求。在讲解方面,点拨课本上的疑难点,全面介绍竞赛的知识和要求,内容讲解详细、全面、透彻。使学生夯实基础、积累知识、全面提高。

[**好题妙解**]将方法和知识运用进行归类,用例题的方式“献身说法”。

精选例题,收集筛选近年来的新题型,**选**给学生带来更多信息,**帮**学生解疑答惑,**解**体现巧思妙解,能使学生看到新鲜的好题。分中考真题欣赏、竞赛样题展示、生活实际应用、知识探究学习、知识验证实验、科技前沿、环境保护等类型,体现例题的针对性、新颖性。解答中设“解析”、“点评”两个小栏目,用以指导解题,归纳方法,形成能力。

[**全能训练**]将训练题按难易程度分为A级(基础过关)、B级(竞赛演练)。基础过关题难度适中;竞赛演练题体现竞赛大纲要求。

书后附有参考答案,对较难的题目,给出了解答提示。

奥赛讲座将伴随您走向金牌之路,上名牌学校,圆金牌梦。

第一讲	气体的性质	
	趣题引路	(1)
	知识延伸	(3)
	好题妙解	(7)
	全能训练	(15)
第二讲	热力学第一定律	
	趣题引路	(21)
	知识延伸	(23)
	好题妙解	(27)
	全能训练	(36)
第三讲	固体、液体及物态变化	
	趣题引路	(42)
	知识延伸	(43)
	好题妙解	(50)
	全能训练	(58)
第四讲	电场与电场强度	
	趣题引路	(63)
	知识延伸	(64)
	好题妙解	(66)
	全能训练	(71)
第五讲	电 势	
	趣题引路	(75)
	知识延伸	(77)
	好题妙解	(79)
	全能训练	(83)
第六讲	电场中的导体和电介质	
	趣题引路	(88)



	知识延伸	(89)
	好题妙解	(91)
	全能训练	(96)
第七讲	电容器	
	趣题引路	(99)
	知识延伸	(100)
	好题妙解	(102)
	全能训练	(107)
第八讲	闭合电路欧姆定律	
	趣题引路	(110)
	知识延伸	(111)
	好题妙解	(113)
	全能训练	(119)
第九讲	混联电路的处理	
	趣题引路	(123)
	知识延伸	(124)
	好题妙解	(127)
第十讲	电表改装 电桥平衡 电势差计	
	趣题引路	(138)
	知识延伸	(140)
	好题妙解	(142)
	全能训练	(148)
第十一讲	磁场对电流的作用	
	趣题引路	(152)
	知识延伸	(153)
	好题妙解	(155)
	全能训练	(162)

第十二讲	磁场对运动电荷的作用力	
	趣题引路	(166)
	知识延伸	(167)
	好题妙解	(170)
	全能训练	(178)
第十三讲	法拉第电磁感应定律	
	趣题引路	(183)
	知识延伸	(184)
	好题妙解	(187)
	全能训练	(197)
第十四讲	自感与互感	
	趣题引路	(203)
	知识延伸	(204)
	好题妙解	(206)
	全能训练	(211)
第十五讲	交流电 电磁振荡 电磁波	
	趣题引路	(214)
	知识延伸	(215)
	好题妙解	(218)
	全能训练	(224)
第十六讲	光的反射与折射	
	趣题引路	(227)
	知识延伸	(228)
	好题妙解	(231)
	全能训练	(235)
第十七讲	光在球面上的反射和折射	
	趣题引路	(238)



目 录

	知识延伸	(239)
	好题妙解	(243)
	全能训练	(249)
第十八讲	光具的组合与光学仪器	
	趣题引路	(252)
	知识延伸	(254)
	好题妙解	(257)
	全能训练	(261)
第十九讲	波动光学	
	趣题引路	(263)
	知识延伸	(264)
	好题妙解	(267)
	全能训练	(272)
第二十讲	原子物理	
	趣题引路	(275)
	知识延伸	(276)
	好题妙解	(279)
	全能训练	(283)
第二十一讲	相对论初步	
	趣题引路	(286)
	知识延伸	(287)
	好题妙解	(290)
	全能训练	(296)
参考答案	(299)

第 1 讲

气体的性质

趣题引路

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 $d=2.0\text{ m}$. 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 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 $p_{h_0}=1.000\times 10^5\text{ Pa}$,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 $\alpha_p=-9.0\text{ Pa/m}$,温度的变化为 $\alpha_T=-3.0\times 10^{-3}\text{ K/m}$,问该气球上升到多高时将破裂?

(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.)



解析 当气球充满气体而球内压强大于球外时,布料即被绷紧,布料各部分之间产生张力,正是这种张力可能使布料被撕裂.设想把气球分成左右两个半球,它们的交线是一个直径为 d 的圆周,周长为 πd ,如果要从这条交线处撕破气球,至少需要的张力为 $f_m \cdot \pi d$.

以左半球面为研究对象,共受到三个力的作用:外面大气的合压力,其大小为 $p_h \cdot \frac{\pi d^2}{4}$,其中 p_h 是 h 高处的大气压强,方向向右;球内气体的合压力,其大小为 $p \cdot \frac{\pi d^2}{4}$,其中 p 为球内气体压强,方向向左;右半球面对它的拉力 F ,方向向右.左半球面在这三个力的作用下平衡.

$$\text{即} \quad \frac{p\pi d^2}{4} = \frac{p_h \pi d^2}{4} + F$$

当 $F > f_m \cdot \pi d$ 时,布料将被撕裂,所以气球破裂的条件是

$$\frac{\pi d^2 (p - p_h)}{4} > f_m \cdot \pi d \quad (1)$$

设气球在 h 高度处破裂,则

$$p_h = p_{h_0} + \alpha_1 h \quad (2)$$

该处温度

$$T = T_0 + \alpha_2 h \quad (3)$$

这个温度就是球破裂时球内气体的温度.气球在上升过程中,容积不变,所以有

$$\frac{p}{T} = \frac{p_0}{T_0}$$

$$\text{即} \quad p = p_0 \frac{T}{T_0} \quad (4)$$

将(2)、(3)、(4)式代入(1)式,可得

$$\frac{d}{4} \left(p_0 \frac{T_0 + \alpha_2 h}{T_0} - p_{h_0} - \alpha_1 h \right) > f_m$$

化简变形后得

$$h > \frac{4f_m}{d} \frac{(p_0 - p_{h_0})}{\frac{p_0}{T_0} \alpha_2 - \alpha_1}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{4 \times 8.5 \times 10^3}{2} - (1.005 \times 10^5 - 10^5) \\ &= \frac{1.005 \times 10^5}{293} (-3 \times 10^{-3}) + 9 \quad \text{m} \\ &= 2.1 \times 10^3 \text{ m}. \end{aligned}$$



一、理想气体的状态方程

理想气体的状态方程表述了一定质量的气体的压强 p 、体积 V 和开氏温度 T 之间的关系

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

将密度公式 $V = m/\rho$ 代入, 可得

$$\frac{p_1}{\rho_1 T_1} = \frac{p_2}{\rho_2 T_2}$$

利用 1 摩尔的理想气体在标准状态下的参量可以得到

$$\rho V = \frac{m}{M} RT$$

式中 M 是理想气体的摩尔质量, R 称为普适气体恒量, 大小为 $R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$

在用气态方程解决问题时, 一般只要把初、末两个状态的参量搞清楚即可. 但有时由于变化过程比较复杂, 还需要注意中间的过程.

一根一端封闭的均匀玻璃管长 96 cm, 内有一段 20 cm 的水银柱封闭着一段空气 (如图 1-1). 当温度为 27°C 时, 空气柱长 60 cm, 外界大气压强为

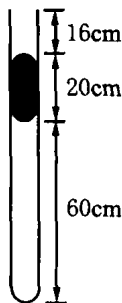


图 1-1



76 cmHg 高. 试问: 为使水银柱从管中全部溢出, 温度至少要达到多少度?

这个问题如果只考虑初状态和水银全部溢出的末状态, 应该是

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{pV}{T}$$

即
$$\frac{96 \times 60}{300} = \frac{76 \times 96}{T}$$

可得
$$T = \frac{76 \times 96 \times 300}{96 \times 60} \text{ K} = 380 \text{ K}$$

但如果要研究一下气体膨胀的整个过程, 就会发现上述讨论是错误的. 可把整个膨胀过程一分为二: 以水银柱上端面与管口齐平为界. 第一阶段:

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

$$\frac{96 \times 60}{300} = \frac{96 \times 76}{T_1}$$

$$T_1 = \frac{300 \times 96 \times 76}{96 \times 60} \text{ K} = 380 \text{ K}$$

第二阶段, 设水银柱长度为 x

$$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{96 \times 60}{300} = \frac{(76 + x)(96 - x)}{T_2}$$

$$x^2 - 20x - 96 \times \left(76 - \frac{T_2}{5}\right) = 0$$

要使 x 有实数解, 必须使判别式

$$\Delta = 400 + 4 \times 96 \times \left(76 - \frac{T_2}{5}\right) \geq 0$$

可解得

$$T_2 \leq 385 \text{ K}$$

$$x = \left[10 \pm \sqrt{100 + 96 \times \left(76 - \frac{T_2}{5} \right)} \right] \text{ cm}$$

这个结果告诉我们,当水银开始溢出后,在 T 为 380 K 和 385 K 之间时,有两个长度的汞柱可能获得平衡.但实际的情况是:当温度达到 385 K(即汞柱长度为 12 cm)后,水银柱将从管中全部溢出.

二、混合的理想气体

对于几种理想气体混合在一起(不会发生化学反应)的情况,一般可用下列两种方法来分析问题:

1. 道尔顿分压定律

当有 n 种气体混合在一个容器中时,它们所产生的总压强等于每一种气体单独充在这个容器中时所产生的压强之和.即

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

2. 混合气体的状态方程

如果有 n 种理想气体,分开时的状态分别为 (p_1, V_1, T_1) 、 (p_2, V_2, T_2) , ..., (p_n, V_n, T_n) ,将它们混合起来后的状态为 p, V, T ,那么,有

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} + \frac{p_2 V_2}{T_2} + \dots + \frac{p_n V_n}{T_n} = \frac{pV}{T}$$

如果是两部分气体混合后再分成两部分,则有

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} + \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_1' V_1'}{T_1'} + \frac{p_2' V_2'}{T_2'}$$

(具体推导见例题 1)

有了这两个定律,就可以比较顺利地解决一些问题.例如有甲、乙两个体积不变的容器,容积之比为 $V_{\text{甲}}:V_{\text{乙}}=3:1$,它们分别处在温度为 300 K 和 400 K 的两个恒温槽中.甲容器内装有 15 atm 的氦气,乙容器内装有 30 atm 的氦气,如用毛细管将两容器连通起来,求气体混合后的压强.

由于氦气是惰性气体,因此不会和氢发生化学反应.



先用道尔顿分压定律来解决这个问题. 假设乙容器原先为真空, 甲容器中有 15 atm 的氢气, 将甲乙两容器连通后, 甲容器中的氢气跑到乙容器中, 变为 $T = 400 \text{ K}$, $V = V_{\text{乙}}$, $p = p_1$. 原先氢气都在甲容器中时有

$$\frac{p_{\text{H}} V_{\text{甲}}}{T_{\text{甲}}} = \frac{m_{\text{H}}}{M_{\text{H}}} R \quad (1)$$

现在甲容器中有

$$\frac{p_1 V_{\text{甲}}}{T_{\text{甲}}} = \frac{m_{\text{H}} - m_{\text{H}}'}{M_{\text{H}}} R \quad (2)$$

乙容器中有

$$\frac{p_1 V_{\text{乙}}}{T_{\text{乙}}} = \frac{m_{\text{H}}'}{M_{\text{H}}} R \quad (3)$$

$$(2) + (3) \quad \frac{p_1 V_{\text{甲}}}{T_{\text{甲}}} + \frac{p_1 V_{\text{乙}}}{T_{\text{乙}}} = \frac{m_{\text{H}}}{M_{\text{H}}} R \quad (4)$$

由①、④式可得

$$\frac{p_{\text{H}} V_{\text{甲}}}{T_{\text{甲}}} = \frac{p_1 V_{\text{甲}}}{T_{\text{甲}}} + \frac{p_1 V_{\text{乙}}}{T_{\text{乙}}}$$

代入数据
$$\frac{15 \times 3}{300} = \frac{p_1 \times 3}{300} + \frac{p_1 \times 1}{400}$$

可得
$$p_1 = 12(\text{atm})$$

再假设甲容器中原先为真空, 乙容器中有 30 atm 的氢气. 用上述同样的方法可得将甲、乙连通后的压强

$$p_2 = 6(\text{atm})$$

因此如果两容器内原先分别有 15 atm 的氢和 30 atm 的氢, 连通后的压强是

$$p = (12 + 6) \text{ atm} = 18 \text{ atm}$$

也可以直接用混合气体的状态方程来解决这个问题. 设甲乙连通后的压强为 p ,

$$\frac{p_{\text{甲}} V_{\text{甲}}}{T_{\text{甲}}} + \frac{p_{\text{乙}} V_{\text{乙}}}{T_{\text{乙}}} = \frac{p V_{\text{甲}}}{T_{\text{甲}}} + \frac{p V_{\text{乙}}}{T_{\text{乙}}}$$



$$\frac{15 \times 3}{300} + \frac{30 \times 1}{400} = \frac{p \times 3}{300} + \frac{p \times 1}{400}$$

可解得 $p = 18 \text{ atm}$

显然,第二种解法比第一种解法要简便得多.



例 1 图 1-2 是一种测量低温用的气体温度计. 下端是测温泡 A, 上端是压力计 B, 两者通过绝热毛细管相连, 毛细管容积不计. 先把测温计在室温 T_0 下充气到压强 p_0 , 然后加以密封. 将 A 浸入待测液体中, 当 A 和液体达到热平衡后 B 的读数为 p , A 和 B 的容积分别为 V_A 和 V_B . 求待测液体的温度.

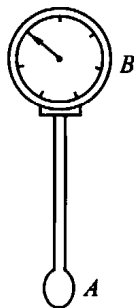


图 1-2

解析 对 A、B 的初末状态分别用克拉珀龙方程.

$$A \text{ 的初状态: } p_0 V_A = \frac{m_1 RT_0}{M}$$

$$A \text{ 的末状态: } p V_A = \frac{m_2 RT}{M}$$

$$B \text{ 的初状态: } p_0 V_B = \frac{m_3 RT_0}{M}$$

$$B \text{ 的末状态: } p V_B = \frac{m_4 RT}{M}$$

因为整个装置是密封的, 所以有

$$m_1 + m_3 = m_2 + m_4$$

$$\frac{p_0 V_A M}{RT_0} + \frac{p_0 V_B M}{RT_0} = \frac{p V_A M}{RT} + \frac{p V_B M}{RT_0}$$