

JP Olympic

金牌之路

奥赛讲座

● 编著 张大同

高中物理
(一年级)

陕西师范大学出版社

通向金牌之路

王淦昌



作者简介

张大同，特级教师。华东师范大学第二附中物理教师，兼任上海市物理学会理事。1991年破格晋升为上海市高级教师，1994年被评为上海市物理特级教师。

长期从事培养物理尖子人才的工作，经验丰富，成绩卓著。1991年至今，他辅导的学生总计获得国际中学生物理奥林匹克金牌8枚（第22届2枚，第25、26、27、31、32、33届各1枚），银牌1枚（第32届）；先后有20人进入过国家集训队；14人次获全国中学生物理竞赛一等奖，100多人获上海市物理竞赛一等奖。

ISBN 7-5613-2602-5



9 787561 326022 >

ISBN7-5613-2602-5

G · 1849 定价：7.40元

金牌之路

奥赛讲座

高中物理

一年级

编 著：张大同

陕西师范大学出版社

图书代号:JF3N0198

图书在版编目(CIP)数据

高中物理奥赛讲座. 一年级/张大同编著. - 西安:陕西师范大学出版社,
2003.6(金牌之路丛书)

ISBN 7-5613-2602-5

I. 高... II. 张... 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 036092 号

责任编辑	李亚莉
责任校对	姜景春
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	蓝田立新印务有限公司
开 本	850×1168 1/32
印 张	6.75
插 页	2
字 数	159 千
版 次	2003 年 7 月第 1 版
印 次	2003 年 7 月第 1 次
定 价	7.40 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



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,起到双向互补互动的作用,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。

奥数讲座将伴随您走向金牌之路,上名牌学校,圆金牌梦。



第一讲	运动学 I	
	趣题引路	(1)
	知识延伸	(2)
	好题妙解	(5)
	全能训练	(13)
第二讲	运动学 II	
	趣题引路	(17)
	知识延伸	(18)
	好题妙解	(20)
	全能训练	(25)
第三讲	静力学 I	
	趣题引路	(27)
	知识延伸	(28)
	好题妙解	(32)
	全能训练	(37)
第四讲	静力学 II	
	趣题引路	(43)
	知识延伸	(44)
	好题妙解	(47)
	全能训练	(54)
第五讲	牛顿运动定律 I	
	趣题引路	(61)



	知识延伸	(63)
	好题妙解	(66)
	全能训练	(73)
第六讲	牛顿运动定律Ⅱ	
	趣题引路	(78)
	知识延伸	(78)
	好题妙解	(82)
	全能训练	(88)
第七讲	曲线运动	
	趣题引路	(92)
	知识延伸	(93)
	好题妙解	(100)
	全能训练	(107)
第八讲	机械能	
	趣题引路	(112)
	知识延伸	(113)
	好题妙解	(122)
	全能训练	(128)
第九讲	动量	
	趣题引路	(132)
	知识延伸	(134)
	好题妙解	(142)



物理



	全能训练	(148)
第十讲	万有引力和天体运动	
	趣题引路	(155)
	知识延伸	(156)
	好题妙解	(162)
	全能训练	(171)
第十一讲	机械振动和机械波	
	趣题引路	(176)
	知识延伸	(178)
	好题妙解	(188)
	全能训练	(194)
参考答案		(199)

第1讲

运动学 I

趣题引路

一只蟑螂和两只甲虫在一水平桌面上爬行,两只甲虫的速度都是 1m/s . 开始时三只虫子位于一个等边三角形的三个顶点上,同时开始爬行. 问: 蟑螂至少有多大的速度,才能确保和两只甲虫位于一个等边三角形的三个顶点上?

本题的关键是不清楚两只甲虫爬行的方向,而且两只甲虫同时爬行,蟑螂要同时注意和两只甲虫的相对位置.

为了解决第二个问题,可先假设甲虫 A_1 不动, A_2 在短时间 Δt 内走了 $s_2 = v_2 \cdot \Delta t$ (只要 Δt 取得足够短,即可认为 A_2 做直线运动). 那么蟑螂 B 必须由 B 爬到 B' ,才能使 $B'A_2'A_1$ 保持为正三角形(图 1-1). 然后再假设 A_2 不动, A_1 在 Δt 时间内运动到了 A_1' , B 必须运动到 B'' ,才能使 $A_2'A_1'B''$ 保持为正三角形. 这样,将两个过程叠加, B 的位移应该是 $\vec{BB'} + \vec{B'B''}$, 因为 A_1 和 A_2

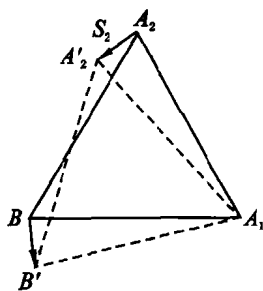


图 1-1



可能向任何方向运动,因此考虑 $\overrightarrow{BB'}$ 和 $\overrightarrow{B'B''}$ 同向的情况, $BB'' = (v_1 + v_2) \cdot \Delta t$, $v_B = v_1 + v_2 = 2v = 2\text{m/s}$.

这是一个运动的合成的问题.本讲我们将研究各类物体相对地面运动的问题(也叫绝对运动).



一、运动的合成和分解

描写运动的一些特征量,比如位移 $\vec{s}$,速度 $\vec{v}$,加速度 $\vec{a}$ 等都是矢量,因此都可以用平行四边形法则来合成或分解.

有一条宽 30m 的河,河水流速为 $v_0 = 2\text{m/s}$,有一人要在 A 处下水游到对岸去,但在 A 处下游 40m 外有一危险区域(图 1-2).问:人至少以多大的速度(相对水)游泳,才能确保不进入危险区域?在这里,人的运动是由水相对地的运动和人相对水的运动合成的,合运动的方向与河岸的夹角不能小于 α ,

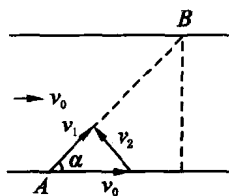


图 1-2

因此人游泳的最小速度应为 v_2 (垂直于 AB),不难看出

$$v_2 = v_0 \cdot \sin \alpha = 2 \times \frac{3}{5} \text{ m/s} = 1.2 \text{ m/s}$$

二、相关的速度

当绳端在做既不沿绳方向,又不垂直于绳方向的运动时,一般要将绳端的运动分解为沿绳方向和垂直于绳方向的两个分运动.如图 1-3 所示的情况,绳 AB 拉着物体 m 在水平面上运动, A 端以速度 v 做匀速运动,问 m 做什么运动?有的同学会将绳的速度 v 分解成

竖直分速度 $v \sin \alpha$ 和水平分速度 $v \cos \alpha$, 以为木块的速度 $u = v \cos \alpha$ ($u < v$). 这是错误的, 因为实际上木块并没有一个向上的分速度. 应该将绳端 B 实际上的水平速度 v_B 分解成沿绳方向的分速度 $v_{//} = v_B \cos \alpha$ 和垂直于绳的分速度 $v_{\perp} = v_B \sin \alpha$, $v_{//}$ 使绳子缩短, 所以 $v_{//} = v$, $v_{\perp}$ 使绳子围绕滑轮转动. 因此 $v_B = \frac{v}{\cos \alpha}$ ($v_B > v$), 而且 v_B 随着 α 的增大而越来越大.

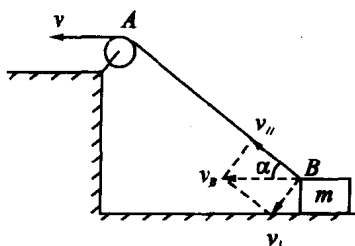


图 1-3

如图 1-4 所示, 杆 AB 沿墙滑下, A 、 B 两端的的速度 v_A 和 v_B 也是两个相关的速度. 将 v_A 分解成沿杆方向的分速度 v_{A1} 和垂直于杆的分速度 v_{A2} . 将 v_B 也分解成沿杆的分速度 v_{B1} 和垂直于杆的分速度 v_{B2} . 由于杆的长度不会发生变化, 所以 $v_{A1} = v_{B1}$, 即 $v_A \cos \alpha = v_B \sin \alpha$, 即

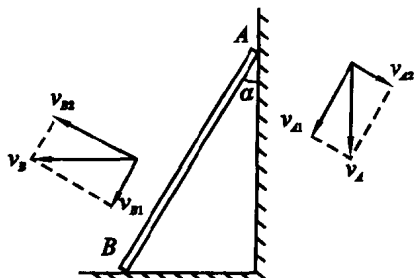


图 1-4



$$v_A = \tan \alpha \cdot v_B$$

三、微元法

所谓微元法,就是研究很短的一段时间内的运动.请看下例:

一平面内有两根细杆 l_1 和 l_2 ,各自以垂直于自己的速度 $\vec{v}_1$ 和 $\vec{v}_2$ 在该平面内运动,试求交点相对于纸平面的速度及交点相对于每根杆的速率.

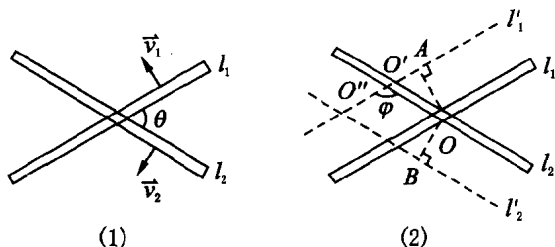


图 1-5

如图 1-5(1),经过时间 Δt 之后, l_1 移动到了 l_1' 的位置, l_2 移动到了 l_2' 的位置, l_1' 和 l_2 的原位置交于 O' 点, l_1' 和 l_2' 交于 O'' 点.

$$\overline{OO'} = \frac{v_1 \Delta t}{\sin \theta}$$

$$\overline{O'O''} = \frac{v_2 \Delta t}{\sin \theta}$$

在 $\triangle OO'O''$ 中:

$$\overline{O'O''}^2 = \overline{OO'}^2 + \overline{O'O''}^2 - 2 \overline{OO'} \cdot \overline{O'O''} \cos \varphi$$

因为 φ 角和 θ 角互补,所以

$$\cos \varphi = -\cos \theta$$

$$\overline{OO''} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1 v_2 \cos \theta} \frac{\Delta t}{\sin \theta}$$

因此两杆交点相对于纸平面的速度

$$v_0 = \frac{\overline{OO''}}{\Delta t} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1 v_2 \cos \theta} \frac{1}{\sin \theta}$$



不难看出,经过 Δt 时间后,原交点在 l_1 上的位置移动到了 A 位置,因此交点相对 l_1 的位移就是 $\overline{AO'}$,交点相对 l_1 的速度就是

$$\begin{aligned} v_1' &= \frac{(\overline{AO'} + \overline{O'O''})}{\Delta t} \\ &= \frac{\left(v_1 \Delta t \cdot \cot \theta + \frac{v_2 \Delta t}{\sin \theta} \right)}{\Delta t} \\ &= \frac{(v_1 \cos \theta + v_2)}{\sin \theta} \end{aligned}$$

用同样的方法可以求出交点相对 l_2 的速度

$$v_2' = \frac{(v_1 + v_2 \cos \theta)}{\sin \theta}$$

因为 Δt 可以取得无限小,因此上述讨论与 v_1 、 v_2 是否为常量无关. 如果 v_1 、 v_2 是变量,上述表达式仍然可以表达两杆交点某一时刻的瞬时速度.

如果 v_1 和 v_2 的方向不是与杆垂直,这个问题应该如何解决? 读者可以进行进一步的讨论.



例 1 设湖岸 MN 为一直线,有一小船自岸边的 A 点沿与河岸成 15° 角的方向向湖中匀速驶去. 有一人自 A 点同时出发,他先沿岸走一段时间再立即跳入水中游向小船. 已知该人在岸上走的速度为 4m/s ,在水中游泳的速度为 2m/s . 问:如人要能追上船,船速不

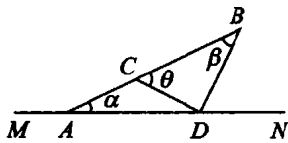


图 1-6



能大于多少?

解析

解法 1: 如图 1-6, 设人在岸上走到 D 处时下水, 此时船到 C 处. 在 $\triangle ACD$ 中用正弦定理

$$\frac{\sin(\pi - \theta)}{\sin(\theta - \alpha)} = \frac{AD}{AC}$$

设人由 A 到 D 的时间为 t , 船速为 v , 则 $AD = vt$, $AC = vt$, 代入上式

$$\frac{\sin \theta}{\sin(\theta - \alpha)} = \frac{4t}{vt} = \frac{4}{v} \quad (1)$$

在 $\triangle CDB$ 中用正弦定理

$$\frac{\sin \theta}{\sin(\pi - \theta - \beta)} = \frac{BD}{CB} = \frac{2}{v} \quad (2)$$

由①②式可得

$$\sin(\theta + \beta) = 2 \cdot \sin(\theta - \alpha) \quad (3)$$

在 $\triangle ACD$ 中, v 越大, AC/AD 越大, θ 越大, $\theta - \alpha$ 也越大. 在③式中, 当 $\sin(\theta + \beta) = 1$ 时, $\sin(\theta - \alpha)$ 有极大值 0.5, 此时 $\theta = 45^\circ$, β 也为 45° , $\triangle CDB$ 为等腰直角三角形, 则有

$$\frac{v}{2} = \frac{CB}{DB} = \sqrt{2}$$

所以 v 的极大值为 $2\sqrt{2}\text{m/s}$.

也可以用矢量三角形来求极值. 设船行 t 时间后被人追上, 其间人在岸上走的时间是 kt , 在水中游的时间是 $(1-k)t$, 由此可构成图 1-7 所示的矢量三角形. 由余弦定理

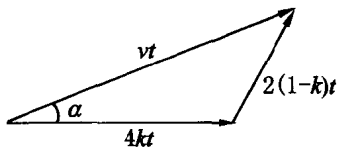


图 1-7

$$\begin{aligned} [2(1-k)t]^2 &= (vt)^2 + (4kt)^2 - 2(vt)(4kt)\cos\alpha \\ 4(1-k)^2 &= 16k^2 + v^2 - 8kv\cos 15^\circ \end{aligned}$$

$$\text{因为 } \cos 15^\circ = \sqrt{\frac{1 + \cos 30^\circ}{2}} = \sqrt{\frac{2 + \sqrt{3}}{4}} = \frac{\sqrt{3} + 1}{2\sqrt{2}}$$

$$\text{所以有 } 12k^2 - [2(\sqrt{6} + \sqrt{2})v - 8]k + (v^2 - 4) = 0$$

以上关于 k 的一元二次方程要有实数解, 必须有

$$\Delta = [(2\sqrt{6} + \sqrt{2})v - 8]^2 - 48(v^2 - 4) \geq 0$$



解此不等式可有合理的解: $v \leq 2\sqrt{2}\text{m/s}$.

解法 2: 如图 1-8 所示, 设人经过 ADB 途径追上船耗时最少, 那么在 D 点左、右两侧一定存在着 C 、 E 两点, 人走 ACB 和 AEB 耗时相同. 取 $BF = BE$, 则人游 CF 段和走 CE 段耗时相同, 即 $CE/4 = CF/2$. 当 C 、 E 两点无限靠近 D 点时, 有 $\cos\theta = CF/CE = 1/2$, $\theta = 60^\circ$. 即 $\angle BDN = 60^\circ$. 这就是说人沿途径 ADB 刚好能追上船时, 此时的船速就是船的最大允许速度 v .

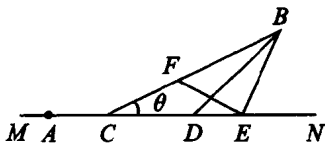


图 1-8

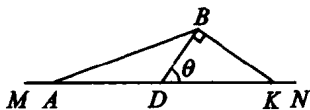


图 1-9

如图 1-9, 过 B 点作 BK 垂直于 BD 与 MN 交于点 K . 因为 $\theta = 60^\circ$, 所以 $DK = 2DB$, 即人走 DK 和游 DB 耗时相同, 应有 $AB/v = AK/4$. 在 $\triangle ABK$ 中由正弦定理有

$$\frac{AB}{AK} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 135^\circ} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\text{所以 } v = \frac{4}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}\text{m/s}$$

点评 解法 1 用两种求极值的方法得到结果, 对学生的数学能力要求较高. 解法 2 主要先用物理思维求出了人游的途径和河岸的夹角, 然后用等效的思路求出了船允许的最大速度, 用的大多是物理的方法.

例 2 如图 1-10 所示的系统中, A_1 、 A_2 两物体均有向下的速度 v_A , 吊住 B 物体的两根绳与竖直方向的夹角都是 α , 试求 B 物体上升的速度 v_B .

解法 1: 用微小变量法来解决问题. 因装置左右对称, 所以只要考虑 B 与 A_1 的速度关系即可. 如图 1-11 所示, 设 B 物体原来在 O 点, 过 P 点作 OQ 的垂线 PR , 因为 OP 很短, 所以可认为 $QP = QR$. 图中 $\Delta L = OR$ 是 A_1 物体在 Δt 时间内下降的距离, $\Delta H = OP$ 是 B 物体在 Δt 时间内上升的距离. 因



为 A_1 下降的速度 $v_A = \Delta L / \Delta t$, B 上升的速度 $v_B = \Delta H / \Delta t$, 而 $\Delta H = \Delta L / \cos \alpha$, 所以 $v_B = v_A / \cos \alpha$.

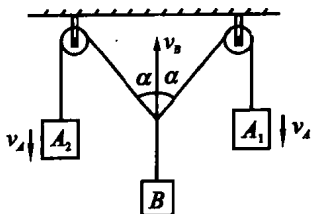


图 1-10

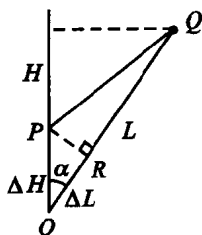


图 1-11

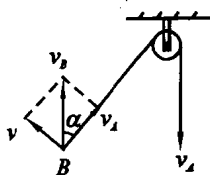


图 1-12

解法 2: 用绳端速度分解法来解决问题. 吊住 B 物体的绳端有一个竖直向上的速度 v_B (图 1-12), 将 v_B 分解成沿绳子方向的速度 v_B (这个速度就是 A_1 物体下降的速度) 和垂直于绳子方向的分速度 v (这个速度使绳子以右边滑轮为中心发生转动), 即可直接看出 $v_B = v_A / \cos \alpha$.

点评 这也是一个典型的相关速度的问题. 在寻找 A 和 B 的速度的关系时, 要紧扣两者速度的沿绳分量相同这一关键要素, 而不能误以为 B 的速度是由 A_1 和 A_2 的速度合成的, 从而得出 $v_B = 2v_A \cdot \cos \alpha$ 的错误结论.

例 3 如图 1-13 所示, 有两条位于同一竖直平面内的水平轨道, 相距为 h . 轨道上有两个物体 A 和 B , 它们通过一根绕过定滑轮 O 的不可伸长的轻绳相连接. 物体 A 在下面的轨道上以匀速率 v 运