

中学物理竞赛 辅导讲座

张 载 锡

未 来 出 版 社



中学物理竞赛辅导讲座

张载锡 编

未 来 出 版 社

中学物理竞赛辅导讲座

张载锡 编

未来出版社出版

(西安北大街 131 号)

陕西省新华书店发行 长安县杜曲印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 13.5 字数 287,000

1989 年 6 月第 1 版 1989 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—12,500

ISBN 7-5417-0184-X/G·129

定 价: 3.40 元

前 言

国际物理奥林匹克竞赛始于1967年，第一届在波兰华沙举行，以后每年一次。一个国家如有5年以上的参赛历史，就具备作东道国的资格。

参赛对象为20岁以下的中学学生，每个参赛国代表团由5名学生和2名领队组成。

竞赛题目由组织国提供，1—16届中提出的题目数量和分类情况如下：

	理 论	实 践	总 数	%
力 学	14	4	18	27
热 学	10	2	12	18
光 学	12	2	14	21
电 学	10	9	19	28
其他综合	3	1	4	6

我国1986年开始派代表团参加国际物理奥林匹克竞赛。在国内已组织进行过三次全国中学生物理竞赛，各省市地县相应组织了多次广泛的物理竞赛活动，对激发学生学习兴趣，培养能力，发展智力，起到了有益的作用。

《讲座》以中学物理教学大纲为纲，按知识结构可分三

大部分：首先，以一定的篇幅概括介绍了中学物理的解题技巧；其次，简述了数学在中学物理中的若干应用；最后依力、热、电、光和原子物理的次序，针对重点、难点和容易含混的问题提供了大量的典型例题和练习题，并选编了少量国际奥林匹克竞赛题，供教师和学生参考。

不管是解题技巧的介绍，还是数学工具的应用或难点、疑点的解释，笔者都避免了纯概念化的枯燥赘述，而把它们和能力的培养、思维的训练融化在具体的物理问题之中，并适当地提出了若干“想一想”，使读者能够举一反三，触类旁通。这是《讲座》编写的主要特点。

选题中参阅了《物理通报》、《物理教师》、《物理教学》、《中学生学习报》、《中学物理教学研究》、《中学生数理化》、《全国中学生物理竞赛试题与解析》等书报杂志，借此，仅向上述刊物和作者致以谢意。

在编写过程中，西工大附中裴家量老师进行了认真审阅和局部加工，郭金泉、杨芸等同志对书稿提出了一些宝贵的建议，大荔师范学校物理组的同志们给了很多帮助，在此，一并表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促，编者水平有限，疏漏之处难免，恳请读者指正。

编 者 1989. 1.

目 录

第一讲 解题技巧	(1)
一、巧用极点思维判断法.....	(1)
二、巧用等效概念.....	(4)
三、巧选参照系.....	(7)
四、巧选研究对象.....	(11)
五、巧取坐标原点.....	(13)
六、巧变电路.....	(14)
七、巧用线性原理.....	(18)
八、巧用近似处理.....	(21)
九、善于联想.....	(24)
十、巧作辅助线.....	(26)
十一、巧建坐标系.....	(29)
十二、妙用逻辑思维.....	(32)
第二讲 中学物理中的数学方法	(35)
一、极值的求法.....	(35)
二、图象的应用.....	(50)
三、指数与对数的应用.....	(59)
四、物理学中的正负号.....	(63)
练习题.....	(68)
练习题参考答案.....	(71)
第三讲 力学	(74)

一、例题	(74)
二、练习题	(161)
练习题参考答案	(181)
第四讲 热学	(187)
一、例题	(188)
二、练习题	(234)
练习题参考答案	(241)
第五讲 电磁学	(242)
一、例题	(243)
二、练习题	(332)
练习题参考答案	(352)
第六讲 光学和原子物理学	(357)
一、例题	(358)
二、练习题	(411)
练习题参考答案	(420)

第一讲 解题技巧

一、巧用极限思维判断

如果两个量在某一区间的变化为一单调上升或下降的函数关系，那么，连续地改变其中一个量总可以使另一个量在该区间达到极点或极限。而在极限情况下往往物理模型比较直观，然后由极限状态“调”过头来分析判断题目实际状态。就可以使思维简捷明晰。

例 1—1 如图 1—1 所示，装置处于平衡，如果把 AC 换成一条比较长的绳子，使 C 移到 C' ， AB 杆保持竖直，这个装置仍能保持平衡，那么， AC' 绳所受张力 T 和 AB 杆所受压力 N 与原来相比较有：

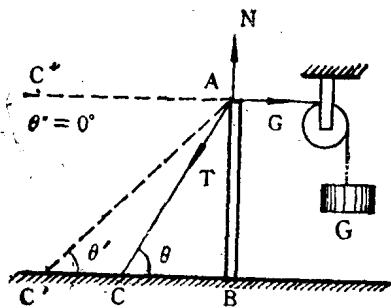


图 1—1

(1) T 增大, N 减小.

(2) T 、 N 均增大.

(3) T 减小, N 增大.

(4) T 、 N 均减小.

【极限思维法】 当 $\theta = 0^\circ$ 时 $N = 0$, 而 $\theta = 90^\circ$ 时, N 很大, $T = N$ 也很大. 所以, 当 θ 减小时, T 、 N 均减小. 即正确答案应为 (4).

【想一想】 如果用常规解法, 此题如何思考?

(1) 分析受力情况.

$$(2) \text{ 列出方程 } G - T' \cos \theta = 0 \dots\dots\dots ①$$

$$N' - T' \sin \theta = 0 \dots\dots\dots ②$$

(3) 由牛顿第三定律知:

$$T' = -T, N' = -N$$

(4) 解联立方程得:

$$\begin{cases} T = \frac{G}{\cos \theta} \dots\dots\dots ③ \\ N = G \sin \theta \dots\dots\dots ④ \end{cases}$$

(5) 由③、④两式讨论出结果.

例 1—2. 质量为 40 克的子弹, 以 200 米/秒的速度水平射入一块质量为 $M = 0.96$ 千克的木块, 并陷入其中, 已知木块由一根长 $l = 1.6$ 米的细绳通过一铁钉悬挂在墙上. 求子弹击中木块后, 绷紧的悬线能向上摆动多大角度? (取 $g = 10$ 米/秒²)

【错解】 设子弹击中木块后, 木块的速度为 v , 则根据动量守恒定律, 得:

$$mv_0 = (m + M)v$$

$$\therefore v = \frac{m}{M+m} v_0 = \frac{0.04 \times 200}{0.96 + 0.04} = 8 \text{ (米/秒)}$$

再根据机械能守恒定律，可求出木块摆动的最大高度

$$H = \frac{\frac{1}{2}(M+m)v^2}{(M+m)g} = 3.2 \text{ (米)}$$

这个高度恰巧是绳长的 2 倍，说明悬线能摆 180° 角。

【想一想】 这个解错在哪里？

仔细分析木块运动过程，不难发现，上述答案的错误所在。事实上，木块在向上运动的过程中，存在着一个由圆周运动向斜上抛运动转变的临界状态，从这个状态开始，木块的运动性质就发生了变化，此后细绳将不再绷直，把它继续当作圆周运动处理就不对了。

【极限思维法】 随着摆角的增加，绳受张力逐渐减小，设张力减小到 $T = 0$ 时，木块速度为 v' ，此时，绳与竖直方向的夹角为 θ （如图 1—2），则根据机械能守恒定律与向心力公式，有

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}(M+m)v^2 &= \frac{1}{2}(M+m)v'^2 \\ &+ (M+m)gl[1 + \cos(\pi - \theta)] \\ &(M+m)g\cos(\pi - \theta) \\ &= (M+m)\frac{v'^2}{l} \end{aligned}$$

由 $v = 8$ 米/秒及以上两式联立
可得摆角为

$$\theta = \arccos\left(-\frac{2}{3}\right) = 132^\circ$$

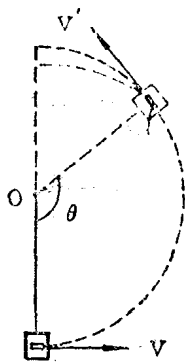


图 1—2

〔注： $T = 0$ 是 T 变化的极限状态。〕

二、巧用等效概念

物理学中对物理过程建立理想过程和等效过程的方法是两个很重要的思想方法，前一方法是大家所熟悉的（如理想气体，质点等），而对于物理过程应用等效概念建立等效过程这一思想方法往往注意不够。

其实，在中学物理中，许多概念是建立在等效概念基础之上的。例如：合运动与分运动，合力与分力，重心，热功当量，电路总电阻，交流电有效值，虚象等等。许多问题，都可采用等效方法解决。

等效方法的实质是什么呢？一种情况是，人们注意到两个不同的物理过程（或不同现象）在某一方面有共同性或相同结果，在解决这一过程中某一方面的问题时，可以用另一物理过程代替它，从而获得较为简单的解决方法。另一种情况是，人为地选择较为简便的方法去处理一些物理过程，以获得某方面相同的结果，但并不涉及物理过程的物理本质。例如，引入参考圆来表征简谐振动的规律。等效，只是某一意义上效果相当而已。“效果相当”为我们提供了用某一较简单的代替复杂的、用直观的代替抽象的、用熟悉的代替生疏的可能，这样一些可贵的可能性，从而使问题的处理过程和方法变得简捷。

例1—8 将密度为 8.9 克/厘米³的铜块 G_1 克置于浮在水面的木块的顶面上时，恰能使木块全部浸入水中，且铜块仍在空气中。如果把 G_2 克铜块挂在木块下面，也恰能使木块全部浸入水中，求 G_1 和 G_2 之比。

【分析与解答】乍一看，此题条件不足，无从下手。或设若干假设，使问题十分繁杂。

其实，细一想， G_1 和 G_2 效果一样，即它们对木块“等效”——施加的力是一样大的，因为它们都是正好使木块浸入水面。

取铜块为研究对象， G_2 受到三个力：重力 G_2 ，木块对它的拉力 T' 和水对它的浮力 Q ，这三力平衡，得

$$T' + Q - G_2 = 0 \dots\dots\dots ①$$

$$\text{又 } T' = G_1, \quad (\because G_1 \text{ 与 } G_2 \text{ “等效”}) \dots\dots ②$$

根据浮力定律得

$$Q = \rho_{\text{水}} \times V_2 \times g = 1 \times \frac{G_2}{\rho_{\text{铜}}} \dots\dots\dots ③$$

将②、③式代入①式得

$$G_1 + \frac{G_2}{\rho_{\text{铜}}} - G_2 = 0$$

$$\therefore G_1 = G_2 \left(1 - \frac{1}{\rho_{\text{铜}}} \right)$$

$$\text{得 } \frac{G_1}{G_2} = \frac{\rho_{\text{铜}} - 1}{\rho_{\text{铜}}} = \frac{8.9 - 1}{8.9} = \frac{79}{89}$$

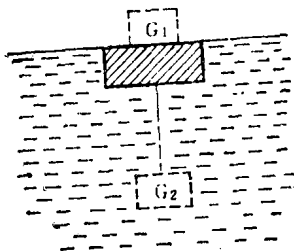


图 1—3

例 1—4 火车用如图 1—4 所示的装置在前进中自动上水，若水管高度为 4 米，那么，火车至少应以多大的速度行驶，池中的水才能沿水管上到火车水箱之中？

(苏联十年制中学竞赛题)

【分析与解答】水池中的水是静止的，没有动能，它怎么可能沿竖直的水管向上运动呢？似乎不可思议。但是，

当水管以速度 v 相对于水向左运动起来以后，不是相当于水管不动，水以速度 v 向右运动吗？当水的动能满足一定条件时，就沿着水管进入火车水箱了——水的运动与管的运动“等效”。水要上升到 4 米高处，由机械能守恒定律得

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$\therefore v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 4} \approx 8.9 \text{ (米/秒)}$$

即火车速度应大于 8.9 米/秒。

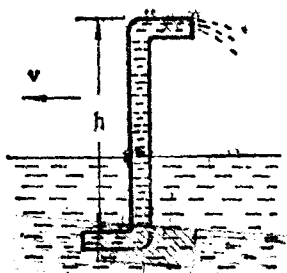


图 1-4

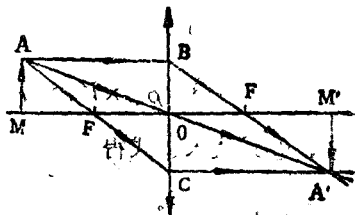


图 1-5

例 1-5 几何光学中的等效概念：

(1) 透镜成像作图时，常选用三条特殊光线作图（见图 1-5），其中 AO 是通过光心的光线， AF 是通过焦点的光线， AB 是平行于主轴的光线。这三条光线，特别是 AB 光线，因为在很多情况下，物体 AM 远大于透镜，不可能有这条光线通过透镜，因此，采用这三条光线来作图不过是一种等效作图法。其实， A 点只要有光线透过透镜的任何部位都能成像。

(2) 虚象的概念，虚象就是人们在感觉上的一个等效

发光体。因此成象作图时要注意，虚象只能在一定意义上等效为一个实际发光体。

三、巧选参照系

物理学中许多概念和过程都具有相对性，对于具有相对性的问题，参照物的选择变得十分重要，有些较为复杂的问题，随着参照系选择得当，变得简单明晰。巧选参照系也是中学生能力训练的重要内容之一。

例 1—6 图 1—6 所示，在一光滑的水平面上静止放一长 $L = 10$ 厘米，质量为 $M = 50$ 克的金属板，在金属板上有一质量为 $m = 50$ 克的小铅块，铅块与金属板间的摩擦系数为 $\mu = 0.03$ 。现让铅块在金属板上由 A 端以初速度 $v_0 = 0.40$ 米/秒（相对于水平面）开始运动，求铅块从开始运动到脱离金属板所经过的时间。（ g 取 10 米/秒²）

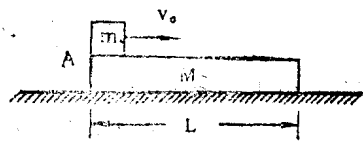


图 1—6

【分析与解答】 当铅块 m 在金属板上前进 L 一段距离时，由于金属板受到铅块施于它的一个向右的滑动摩擦力 $f = \mu mg$ 的作用而向右作匀加速运动，所以，使问题变得复杂起来： m 向右运动由于受到 M 对它的向左的滑动摩擦力（ $f = \mu mg$ ）的作用而作减速运动（向右），同时， M 向右作匀加速运动。所以，如果选地面为参照物就比较麻烦： m 走过的位移（相对于地）还应加上 M 走过的位移（相对于地），如果取 M 为参照系，则 m 相对于 M 的总位移只是 L （不管 M 走了多少位移），从而使问题比较简单明了。

投以金属板M为参照物。

则m相对于M的加速度为

$$a_{12} = a_1 - a_2, \dots\dots\dots ①$$

$$\text{又 } -\mu mg = ma_1 \Rightarrow a_1 = -\mu g \dots\dots\dots ②$$

$$\mu mg = Ma_2 \Rightarrow a_2 = \frac{\mu m}{M} g, \dots\dots\dots ③$$

∴ m相对于M的位移是:

$$\begin{aligned} L &= v_0 t + \frac{1}{2} a_{12} t^2 \\ &= v_0 t + \frac{1}{2} \left(-\mu g - \frac{\mu m}{M} g \right) t^2 \\ &= v_0 t - \frac{1}{2} \left(1 + \frac{m}{M} \right) \mu g t^2, \end{aligned}$$

代入数据化简整理得:

$$0.3t^2 - 0.4t + 0.1 = 0,$$

解得 $t = \frac{4 \pm 2}{6}$

$$t_1 = 1 \text{ 秒 (不合理)}$$

$$t_2 = 0.83 \text{ 秒}$$

即m经0.83秒脱离金属板。

【想一想】 (1)、为什么 $t_1 = 1$ 秒不合理? (2)、若以地面为参照物, 如何解? 试试看。

例1-7 一列队伍长1公里, 正以10公里/小时的速度匀速前进, 一传令兵以15公里/小时的速度由队首跑到队尾共需多少时间?

【分析与解答】 同上例相似, 由于队伍和通讯兵相向

而行，若取地面为参照系，解题过程就比较复杂。现取队伍为参照系，则通讯兵相对于参照系的速度为

$$v_{12} = v_1 + v_2 = 15 + 10 = 25 \text{ (公里/小时)}$$

$$\therefore s = v_{12}t$$

$$t = \frac{s}{v_{12}} = \frac{1}{25} = 0.04 \text{ (小时)}$$

【想一想】 (1) 如果取地球为参照系，解法如何？ (2) 如果通讯兵以相同速度由队尾到队首共需多少时间？

例 1—8 1987年苏联“量子”号太空观测台与“和平”号航天站，在地球高空安全对接

(图 1—7)。这两架质量各约为 $M = 20$ 吨的航天器，均以 $v = 8$ 公里/秒的同样速度环绕地球运行，为什么竟然没有因对接而发生撞击，甚至引起爆炸呢？

当以地球为参照物时，两架航天器相对地球的动能是巨大的，均约为

$$E_K = \frac{1}{2} Mv^2 = 6.4 \times 10^{11} \text{ (焦耳)}$$

但若以航天器为参照物，两者的相对速度为 $v' = v - v = 0$ ，则相应的动能为零，即

$$E_{K'} = \frac{1}{2} Mv'^2 = 0$$

所以，可以安全对接。当然如果两航天器的相对速度不为零，如以同样的速率相向飞行，则动能为

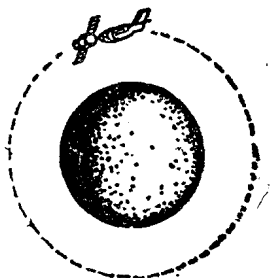
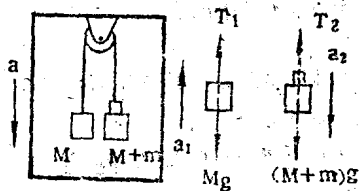


图 1—7

$$E_K = \frac{1}{2} M (v+u)^2 = 2Mu^2$$

那就不可能安全对接了。可见，动能具有相对性，其大小随参照物不同而不同。



(a) 图 1-8

例 1-9 如图 1-8 (a) 所示，在一升降机中挂一轻定滑轮，跨过定滑轮的一条轻绳两端各拴一质量为 M 和 $(M+m)$ 的物体。假如摩擦可以忽略不计，当升降机以加速度 a 下降时，

(1) 求质量为 $(M+m)$ 的物体对地面的加速度。

(2) 是否有可能使轻绳两端所拴的物体，对升降机来说相对静止或匀速直线运动。

【分析与解答】若取升降机为参照系，设 a' 为两物体相对于升降机的加速度。

则对物体 M 有 $a' = a_1 + a$ ，而对 $(M+m)$ 物体有 $a' = a_2 - a$ ，

由上二式得： M 物体对地加速度为

$$a_1 = a' - a$$

$(M+m)$ 对地加速度为

$$a_2 = a' + a$$

由牛顿第二定律得方程：

$$T_1 - Mg = M(a' - a) \dots\dots\dots ①$$

$$(M+m)g - T_2 = (M+m)(a' + a) \dots\dots\dots ②$$

因滑轮很轻， $T_1 = T_2$ ，故①、②联立解得，