

物理竞赛指导点滴谈

窦瑾



指导物理学科竞赛是目前许多中学尤其是重点中学的一项常

抓不懈的工作，它在体现新的教育理念、执行新的课程标准、实施新的教科书、推动教学方式改革、落实新的课改精神等方面都起着相当重要的作用。下面仅就指导学生参加全国中学生物理竞赛谈一点我们的体会。

一、建精良的教练队伍

由于全国中学生物理竞赛不是一项普及性的活动，所以任何一所学校都不可能在指导学生参赛中投入很多的人力。许多学校采取的主教练（有的称首席教练）负责制不失为一种合理、有效的做法。在这一机制下，除了主教练全面负责全校物理学科的竞赛组织、指导工作外，另有 1~2 位教师协助并分担部分内容的竞赛课程的教学和辅导工作。自然，为了使竞赛指导工作取得好的成效，主教练、教练的综合素养非常重要，事实也证明，学生之所以优秀，很大程度上是因为其老师的优秀。首先，担当主教练和教练重任的教师必须具有实事求是、严谨治学的作风和善于吃苦、乐于奉献的精神，必须具有既能独当一面、又能团结协作的能力。其次，竞赛指导教师必须具有坚实的学科基础。看一下《全国高中物理竞赛大纲》和《全国中学物理竞赛实验大纲》摘录的条目：《全国高中物理竞赛大纲》第一部分力学之运动学：参照系、质点运动的位移和路程、速度、加速度、相对速度；向量和标量、向量的合成和分解；匀速及匀变速直线运动及其图像、运动的合成、抛体运动、圆周运动；刚体的平动和绕定轴的转动；质心、质心运动定理。《全国高中物理竞赛大纲》第七部分数学基础：中学阶段全部初等数学（包括解析几何）；向量的合成和分解、极限、无限大和无限小的初步概念；不要求用复杂的积分进行推导和运算。《全国中学物理竞赛实验大纲》第二部分热学：测水的溶解热；测材料的导热系数。不难发现，竞赛指导教师要既精通高中物理教科书、熟悉大学物理教科书，又要具备较强的运用数学工

具的能力。第三，指导教师必须具有较强的教学能力。这里主要包括两个方面，一是能吃透学生、善于因材施教。二是熟练掌握基本的解题方法，如对称法、等效替代法、叠加法、微元法、割补法、类比法、解析法、归纳法等。另外，随着竞赛指导工作的不断深入，指导教师“师”的角色成分将越来越被遮掩，相反地，“友”的角色成分将越来越凸现。所以，除了上述三点外，指导教师还应该勇于面对和接受学生的“围攻”，具有坦荡的胸怀。

二、选智、情、意兼优的竞赛苗子

竞赛对学生智、情、意的要求较高，所以在选择竞赛苗子时一定要注意考查学生的综合素质和发展潜力。首先，必须有对物理的强烈兴趣。一般来讲，从高中入学到参加竞赛差不多有两年的时间准备，在这两年中，学生不仅要完成初中到高中的跨越式适应，还要在完成正常的学业之外，学习竞赛大纲规定的大学物理相关内容、练习相当数量和难度的习题。可以想象，学生如果缺乏对物理的强烈兴趣，上述学习任务是无法完成的。其次，必须有出众的智力。简单地讲，智力是一种综合的能力，是人类对客观事物的认识能力，是获得知识的能力，是认识、理解事物和运用知识与经验解决问题的能力。竞赛本身的特点决定了接受竞赛指导、成为竞赛选手的学生必须具有出众的智力，这包括出众的观察力、判断力、记忆力、想象力、推理力等。第三，必须有坚定的意志。在准备竞赛的两年时间里，学生很容易受到外界各种因素的干扰和诱惑，如果抵制不住种种干扰和诱惑，那将半途而废、前功尽弃。所以除了指导教师的动之以情、晓之以理、循循善诱外，学生自身的抗干扰能力、拒诱惑意志十分需要。第四，必须具有扎实的数学功底。解竞赛题目和解普通的高中物理题不同，通常在弄清物理情境、建立物理模型后，选择什么数学方法便成为了得出正确结果的关键。参赛选手常常抱怨说：过程分析合理，布列方程也正确，可结果就是拿不出来。其实这恰恰是数学功底不扎实造成的。如第 15 届全国中学生物理竞赛有这样一道题目：1mol 理想气体缓慢地经历了一个循环过程。在 $P-V$ 图中，这

一过程表示为一个椭圆，如图 1 所示。已知此气体若处在与椭圆中心 O 点所对应的状态时，其温度为 $T_0=300\text{K}$ ，求在整个循环过程中气体的最高温度 T_1 和最低温度 T_2 各是多少。

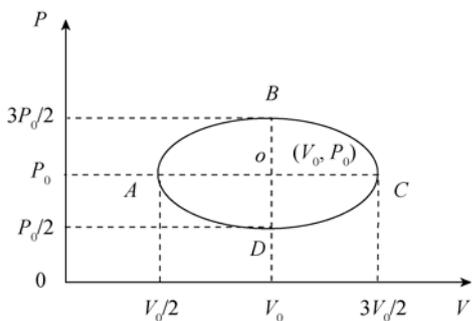


图 1

有不少参赛学生列出了下面两个相对独立的方程，即气体循环过程的椭圆方程和理想气体的状态方程：

$$(V-V_0)^2/(V_0/2)^2+(P-P_0)^2/(P_0/2)^2=1 \quad (1)$$

$$PV=RT \quad (2)$$

这两个方程中含三个未知量 P 、 V 、 T 。直接对以上两式进行演算，求出循环过程中的最高温度 T_1 和最低温度 T_2 在理论上是完全可行的，但实际相当困难。如果在这里能灵活地运用数学知识中的参数方程将上面的 (1) 式表示为： $V=V_0+(V_0/2)\cos\alpha$ 、 $P=P_0+(P_0/2)\sin\alpha$ 的形式，结合 (2) 式并考虑到 $P_0V_0=RT_0$ 即可较方便地得出最高温度 $T_1=549\text{K}$ 和最低温度 $T_2=125\text{K}$ 。

三、培出色的参赛选手

1. 帮助学生健全知识体系

对照《全国高中物理竞赛大纲》要求，通过学校正常的课堂教学、课后学生自学、定期教师辅导等形式帮助学生全面、系统地掌握竞赛所必备的知识体系。这里尤其要注意两点：一是要高度重视高中物理知识教学，绝不能避“轻”就“重”，否则于竞赛、于高考均不利。二是注意补充必要的跨学科知识和理论联系实际的知识。请看第十七届全国中学生物理竞赛（预赛）试题第二大题：

一半径 $R=1.00\text{m}$ 的水平光滑圆桌面，圆心为 O ，有一竖直的立柱固定在桌面上的圆心附近，立柱与桌面的交线是一条凸的平滑的封闭曲线 C ，如图 2 所示。一根不可伸长的柔软的细轻绳，一端固定在封闭曲线上的某一点，另一端系一质量为 $m=$

$7.5\times 10^{-2}\text{kg}$ 的小物块。将小物块放在桌面上并把绳拉直，再给小物块一个方向与绳垂直、大小为 $v_0=4.0\text{m/s}$ 的初速度。物块在桌面上运动时，绳将缠绕在立柱上。已知当绳上的张力为 $T_0=2.0\text{N}$ 时，绳即断开，

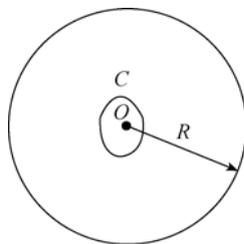


图 2

在绳断开前物块始终在桌面上运动。(1) 问绳刚要断开时，绳的伸直部分的长度为多少？(2) 若绳刚要断开时，桌面圆心 O 到绳的伸直部分与封闭曲线的接触点的连线正好与绳的伸直部分垂直，问物块的落地点到桌面圆心 O 的水平距离为多少？已知桌面高度 $H=0.80\text{m}$ 。物块在桌面上运动时未与立柱相碰。取重力加速度大小为 10m/s^2

这是一则较为简单的考查圆周运动、平抛运动知识的题目，物理新课教学或高考复习时均可选用。

(1) 绳断开前，物块在沿桌面运动的过程中，其速度始终与绳垂直，绳的张力对物块不做功，故物块速度的大小保持不变。设在绳刚要断开时绳的伸直部分的长度为 x ，若此时物块速度的大小为 v_x ，则有 $v_x=v_0$ 。绳对物块的拉力提供物块向心力，故有 $T_0 = \frac{mv_x^2}{x} = \frac{mv_0^2}{x}$ 。由此得 $x = \frac{mv_0^2}{T_0}$ ，代入数据得 $x=0.60\text{m}$ 。

(2) 设在绳刚要断开时，物块位于桌面上的 P 点， BP 是绳的伸直部分，物块速度 v_0 的方向如图 3 所示。由题意可知， $OB \perp BP$ 。因物块离开桌面时的速度仍为 v_0 ，物块离开桌面后便做初速度为 v_0 的平抛运动，设平抛运动经历的时间为 t ，则 $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ 。物块做平抛运动的水平射程为 $s_1=v_0t$ 。由几何关系知，物块落地点与桌面圆心 O 的水平距离

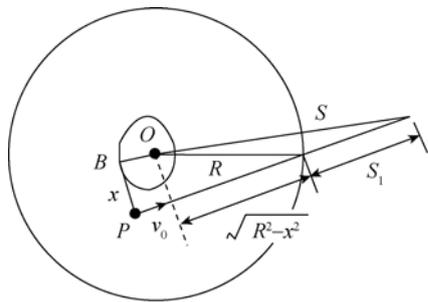


图 3

为 $s = \sqrt{(s_1 + \sqrt{R^2 - x^2})^2 + x^2}$ 。

$$s = \sqrt{(s_1 + \sqrt{R^2 - x^2})^2 + x^2}。$$

由以上各式并代入数据得：

$$s = \sqrt{\left(v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}} + \sqrt{R^2 - x^2} \right)^2 + x^2} = 2.5m。$$

2. 加强科学训练, 培养解题能力

能力是由多方面因素构成的。通过科学训练、培养解题能力是提升学生竞赛所需要的综合能力的极佳途径。一方面, 教师在课堂教学和定期辅导中要有意识地渗透思维方式和研究方法教育, 要重视培养学生从生产和生活中提取物理问题、将物理问题转化数学问题、运用数学知识解决问题等能力。另一方面, 教师要启发学生积极尝试“一题多法”、“多题一法”训练, 实现知识、方法和能力的融会贯通、主动迁移和拓展创新。请看第二十二届全国中学生物理竞赛预赛最后一题:

如图4所示, 水平放置的金属细圆环半径为 a , 竖直放置的金属细圆柱(半径比 a 小得多)的端面与金属圆环的上表面在同一水平面内, 圆柱的细轴通过圆环的中心 O 。一质量为

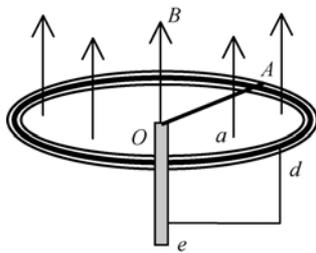


图4

m 、电阻为 R 的均匀导体细棒被圆环和细圆柱端面支撑, 棒的一端有一小孔套在细轴 O 上, 另一端 A 可绕轴线沿圆环作圆周运动, 棒与圆环的动摩擦因素为 μ 。圆环处在磁感应强度大小 $B=Kr$ 、方向竖直向上的恒定磁场中, 式中 K 为大于零的常量, r 为场点到轴线的距离。金属细圆柱和圆环用导线 ed 连接。不计棒与轴及与细圆柱端面的摩擦, 也不计细圆柱、圆环及导线的电阻和感应电流产生的磁场。问沿垂直于棒的方向以多大的水平外力作用于棒的 A 端才能使棒以角速度 ω 匀速转动。

这里, 用“微元法”(当然也可以用“积分法”)求得均匀导体细棒作切割磁感线运动时, 通过导体棒的感应电流和作用在导体棒上的安培力矩(对轴 O)分别为 $I = \frac{K\omega a^3}{3R}$ 和 $M = \frac{K^2\omega a^6}{9R}$ 。当导体棒匀速转动时, 由平衡条件或能量转化和守恒定律得:

$$fa = M + \frac{1}{2}\mu m g a \text{ 或 } f\omega a = I^2 R + \frac{1}{2}\mu m g \omega a。$$

据此都可以求出水平外力

$$f = \frac{1}{2}\mu m g + \frac{K^2\omega a^5}{9R}。$$

3. 狠抓实验环节

实验历来是学生的弱项。竞赛的实验题大多为设计性实验, 它一方面要求学生不仅具备实验的理论知识, 而且能自觉地将理论知识用于对实验进程的指导。另一方面, 它要求学生在弄清实验目的的前提下, 正确地选择和使用实验仪器、观察和记录自己不熟悉的实验现象、分析和处理实验数据、得出和解释实验结论等。所有这一切能力非平时教师嘴上讲实验和黑板上画实验所能获得, 非平时科学、规范地亲历训练不可获得。

4. 重视心理教育

其实, 心理教育应该贯穿于整个一届的竞赛指导工作全过程。从确定“苗子”到确定参赛选手, 通常要经历一个层层筛选的过程(通常在参加全国初赛前已经经历了班级、学校的选拔和县(市)、区的选拔)。既然有人出现在“阳光”下, 那肯定会有人置身于“阴影”下。所以, 培养竞赛苗子也好、指导参赛选手也好, 都不能忽视对他(她)们进行经常性的心理教育。要通过提供成功机会, 帮助他(她)们树立自信; 要通过提供榜样力量, 教育他(她)们重视学习过程, 学会欣赏成功中的精彩; 要对他(她)们进行挫折教育, 引导他(她)们发现失败中的美丽, 使他(她)们能正视挫折、及时从挫折的阴影中走出来。总之, 指导教师要从学习、生活、工作等方面全面关心每一位学生, 让他(她)们在和谐的环境中, 生动活泼地展开学习上的竞争和合作, 形成良好的物理素养, 最终取得好的参赛成绩、积累坚实的发展后劲。

最后需要指出的是, 组织开展物理竞赛活动要正确处理好竞赛指导和正常教学、物理竞赛活动和其他学科竞赛活动、竞赛指导教师和本学科教师、师生付出和回报等方面关系, 只有这样, 才能真正体现培养优秀学生、实现教师专业发展、提升学校办学品位这一开展物理竞赛活动的宗旨。

(南京晓庄学院物理与电子工程学院 211171)