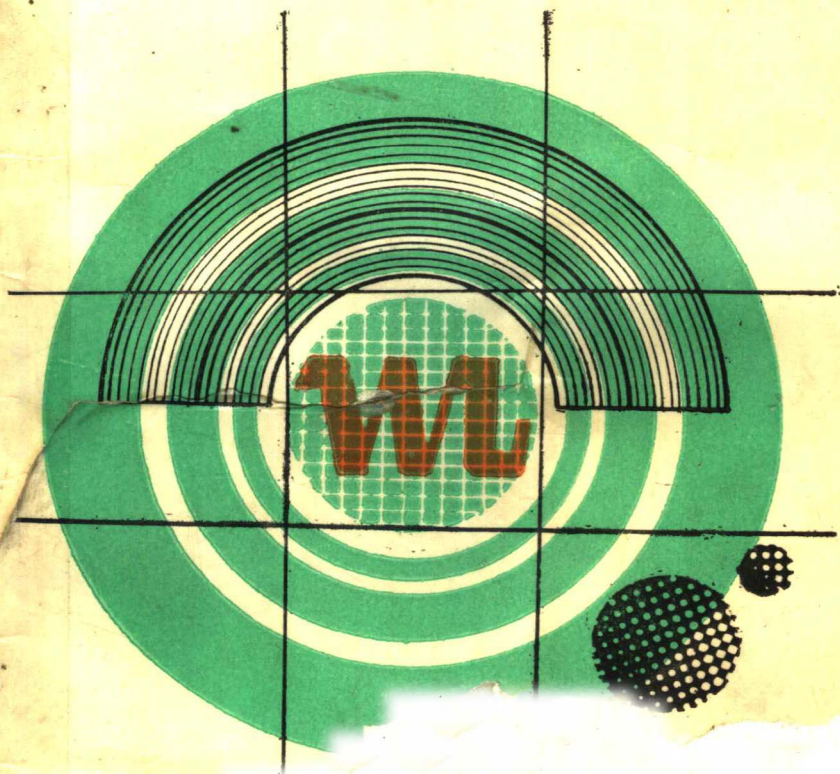




国际奥林匹克物理竞赛

高中物理教材及自测题

附1988年全国预赛第一试试题及解答



国际奥林匹克物理竞赛

高中物理教材及自测题

(附1988年全国预赛第一试试题及解答)

北京市西城物理学会主 编

中国广播电视出版社

前 言

中学生国际奥林匹克物理竞赛 (IPho) 始于 1967 年, 发展到现在已是每年举行一次, 并于每年的 7 月上旬轮流在参赛国举行。

从 1986 年起我国首次参加了在英国伦敦举行的第十七届国际奥林匹克物理竞赛, 1987 年, 1988 年每年都参加, 并均取得了较好的成绩。

参加国际比赛, 必须“从娃娃抓起”, 而且要有一支人数较多的基本队伍, 才能选拔出高层次的优秀青少年物理选手。

北京西城物理学会联合西城教研中心物理教研组、北京教育学院西城分院物理研究室和西城科技馆开办了西城奥林匹克物理学校已近三年。三年中, 西城物理奥校培养出的学生已超过 3000 人, 他们在全国、市、区物理竞赛及参加中学生国际奥林匹克物理竞赛中均获得过名次, 取得了优异成绩。因此, 引起了北京市及全国各省市物理同行们的关注, 纷纷来信或来京询问西城物理奥校的办学情况及讲课内容。现将三年来西城奥林匹克物理学校的讲课内容及自测题, 按章节重点整理编写成书以供参考。讲课内容以高中物理教材为基础, 并加以引申和提高, 可为培养选拔青少年物理优秀人材之用, 也可作高中物理教师教学参考之用。

三年来的教学实践证明，利用这个教材教学使学生对物理起到深入理解、开阔思路、合理分析、反应敏捷和准确判断等方面的良好作用。特别是高中物理实验部分的教学和要求，会对高中师生有一定的启发。

本书主要供高中学生自学之用，对物理教师来说也是很好的参考资料。

最后着重申明：每章的例题和自测题均有一定的深度和难度，不少题目已超出高中物理教学大纲的范围，千万不可作为课堂作业，以免加重学生的学习负担。即使对物理课外活动小组的学生，也要从学生的实际情况出发进行选用。

由于我们的业务水平所限，不足或不妥之处，恳请广大读者批评指正。

本书经北京师范大学第一附属中学特级教师顾长乐老师审校，谨此致谢。

编 者

1989年于北京

目 录

第一章 力和运动

- 一、知识要点.....(1)
- 二、综合应用.....(18)
- 三、自我检测题.....(54)

第二章 力学中的两个定理和两个 守恒定律

- 一、知识要点.....(62)
- 二、综合应用.....(83)
- 三、自我检测题.....(107)

第三章 振动和波

- 一、知识要点.....(112)
- 二、综合应用.....(124)
- 三、自我检测题.....(140)

第四章 热 学

- 一、知识要点.....(145)
- 二、综合应用.....(165)

三、自我检测题	(201)
---------	-------

第五章 电 场

一、知识要点	(212)
二、综合应用	(223)
三、自我检测题	(229)

第六章 稳恒电流

一、知识要点	(233)
二、综合应用	(244)
三、自我检测题	(258)

第七章 磁场与电磁感应

一、知识要点	(262)
二、综合应用	(273)
三、自我检测题	(291)

第八章 几何光学

一、知识要点	(297)
二、综合应用	(305)
三、自我检测题	(328)

第九章 物理光学和原子物理

一、知识要点	(333)
--------	-------

二、综合应用.....	(367)
三、自我检测题.....	(377)

第十章 物理实验

一、实验误差.....	(382)
二、有效数字.....	(385)
三、作图法处理实验数据.....	(387)
四、对某些仪器的说明.....	(390)
五、典型实验.....	(394)
六、实验练习题.....	(437)

自我检测题参考解答	(444)
-----------------	-------

附 1988年全国中学生物理竞赛预赛

第一试试题及解答.....	(472)
---------------	-------

第一章 力和运动

力和运动的关系、功和能的关系以及冲量和动量的关系是力学的主要内容。而力和运动的关系又是基础。

一、知识要点

(一) 力

1. 力是物体对物体的作用。力是矢量。大小、方向和作用点是完整表述一个力的三个要素。

2. 力的种类。从宏观看按产生原因的不同，在力学范畴内，力分重力、弹力和摩擦力。

(1) 重力：重力是地球对地面上物体吸引力的一个分力。地球对物体的吸引力是万有引力。万有引力的一个分力提供物体随地球作匀速圆周运动的向心力，另一个分力就是重力。

但是，由于提供作向心力的分力很小，因此无论从大小和方向看，重力都与万有引力相差无几。故在不特别指明其区别时，都可以认为 $mg = G \frac{mM}{r^2}$ ，可得 $g = \frac{GM}{r^2}$ 。

重力的方向通常说成竖直向下，但也有指向地心的说法，这两种说法当然都对。但应注意到强调“竖直向下”是

指在物体移动的范围内（不能太大），重力的方向都是平行的，忽略它们之间的微小夹角，这样可使问题大大地简化，而与实际相差无几，正如认为太阳光是平行的一样。这样处理正是物理学的重要研究方法——理想化方法的体现。而讨论人造地球卫星的环绕运动时，说重力方向指向地心就更恰当。这里仍不区别重力与万有引力的差异。

(2) 弹力：弹力是由于相互接触的物体间发生形变而产生的力。弹力的方向则垂直于接触面，使形变恢复。

在弹性限度内，弹力(F)的大小跟拉伸或压缩的形变量(Δl)成正比。即扭变、切变除外。

$$F = K \Delta l$$

式中， Δl 等于长 l 与原长 l_0 的差；

K 为倔强系数。

倔强系数 K 的大小与弹性体的原长 l_0 有关吗？例如长 l_0 的弹簧倔强系数为 K ，截去一半后，倔强系数 $K_{\frac{1}{2}}$ 多大？设原弹簧受力 F 时，伸长为 Δl ，则每一半弹簧受力 F ，伸长

$\Delta l/2$ ，则长为 $l_0/2$ 的弹簧的倔强系数 $K_{\frac{1}{2}} = \frac{F}{\Delta l/2} = 2K$ 。故

弹簧的倔强系数不但与其材料和粗细有关，也与原长有关。

(3) 摩擦力：相互挤压的物体之间有相对运动或相对运动趋势时，在其接触面的切线方向上就有摩擦力产生。摩擦力的方向总是阻碍这个相对运动或阻碍此相对运动趋势。

怎样判断摩擦力的方向呢？

△〔例1〕 A 和 B 分别为皮带轮的主动轮和被动轮的边缘上一点。试分析此装置（图1-1）工作时，皮带对 A 、 B 的摩

擦力方向如何。

处理这个问题，首先要弄清 A 、 B 两点相对皮带的运动是什么方向。“假定摩擦力消失”是处理这个问题的重要方法。

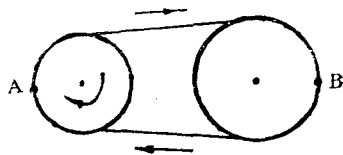


图 1-1

当主动轮如图示方向转动时，则 A 点是相对皮带向上运动的，而皮带施于 A 点的摩擦力方向是竖直向下的。如果被动轮与皮带间的摩擦力消失，则 B 点相对皮带是向上运动，故皮带对 B 点摩擦力的方向是竖直向下的，即 A 点受的摩擦力方向和它的运动方向相反，而 B 点受的摩擦力方向和它的运动方向相同。

摩擦力有动摩擦与静摩擦之分。相互挤压的物体间只要有相对运动，不管是加速、匀速还是减速运动，它们之间的摩擦力 f 都等于摩擦系数 μ 与正压力 N 的乘积，即

$$f = \mu N$$

静摩擦力是相互挤压的物体间因有相对运动趋势而产生的。其值可以从零逐渐增加到某一最大值（最大静摩擦力 f_0 ）。当物体间将要发生相对运动时的摩擦力为这一最大值 f_0 ，它等于静摩擦系数 μ_0 与正压力 N 的乘积，即

$$f_0 = \mu_0 N$$

两个特定的物体间，其静摩擦系数 μ_0 要略大于其滑动摩擦系数 μ 。但是，在许多习题中，不区分 μ 和 μ_0 的差异。

3. 力的合成和分解

(1) 合力与分力：正确认识合力和分力的概念，是掌握

力的合成和分解的关键。

如果一个力作用的效果（使物体改变运动状态）与其它几个力作用的效果相同，这个力就称为那几个力的合力，那几个力就称为这个力的分力。

从合力与分力的定义可以看出，物理学着眼于效果相同。用等效的思想方法解决问题，正是物理学研究的重要方法之一。

(2) 平行四边形法则：实验表明，共点力的合成（或分解）应遵循平行四边形（多边形）法则。

由平行四边形法则可以得出这样的结论。即两个分力与其合力，恰为一个三角形的三个边。图 1-2 就是运用三角形法则，由分力 F_1 和 F_2 来求合力 F 的。若 F_1 与 F_2 的夹角为 α ，则合力 F 有

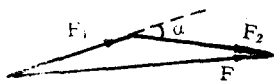


图 1-2

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$$

$$\text{若 } \alpha = 0^\circ, F = F_1 + F_2;$$

$$\text{若 } \alpha = 180^\circ, F = |F_1 - F_2|;$$

$$\text{若 } \alpha = 90^\circ, F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

可见，两力 (F_1 和 F_2) 的合力 (F) 的取值范围是

$$|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$$



力的分解则是合成的逆运算。把一个力分解为两个力，也要依照具体问题，从实际效果出发，运用平行四边形法则进行。

(3) 正交分解法：如果物体受力复杂，求合力时，为了避免繁琐地运用余弦定理，往往采用正交分解法求合力，即建立直角坐标系，把所有的力都分解在坐标轴的方向上，再运用代数法求出在同一坐标轴上的合力，最后再合成一个合力。或参考运动状态分别在坐标方向上进行下一步处理。至于如何选定坐标，如何分解，将在例题中说明。

(4) 同向平行力的合成：实验表明，几个方向相同的力合成，其合力方向与各分力相同，大小等于各分力的和；作用点的位置可以这样确定，即各分力对该点的合力矩为零。

〔例2〕有一个均匀圆盘，以其半径为直径挖去一块（图1-3），求其余部分重心的位置。

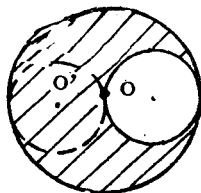


图 1-3

所谓重心就是物体各部分所受重力（同向平行力）的合力的作用点。

设完整的圆盘重力为 G ，半径为 R ，其重心位置是圆心 O 点。则所挖去部分的重力为 $G/4$ ，设想再对称地挖去一块，见图1-3中虚线部分，则剩余部分的重力为 $G/2$ ，重心为 O 点。现在只要求出重力为 $G/4$ ，重心在 O' 点与重力为 $G/2$ ，重心在 O 点的同向平行力的合力作用点即可。设该点距 O 为 x ，则有

$$\frac{G}{2}x = \frac{G}{4}\left(\frac{R}{2} - x\right)$$

$$x = R/6$$

即确定了重心的位置。

(二) 物体的平衡

1. 共点力平衡条件。共点力是指一个物体所受的各个力的力线交于一点，或力线的反向延长线交于一点。

物体受共点力而处于平衡，条件是这些共点力的合力为零，即 $\Sigma \mathbf{F} = 0$ 。

如二力共点平衡，则这两个力大小相等，方向相反，作用于一共直线。

如三力共点平衡，则任意两个力的合力必与第三个力大小相等，方向相反，在一条直线上。即这三个力可构成力的三角形。

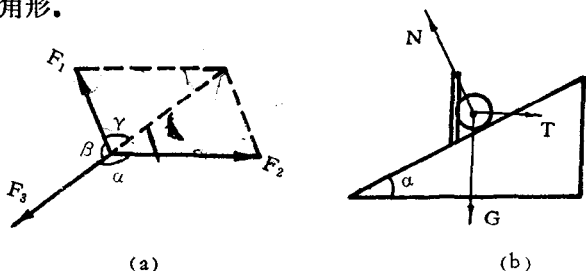


图 1-4

例如图1-4(a)所示三个力 F_1 、 F_2 和 F_3 共同作用于一点平衡。若它们之间的夹角依次是 α 、 β 、 γ ，则由正弦定理可得

$$\frac{F_1}{\sin \alpha} = \frac{F_2}{\sin \beta} = \frac{F_3}{\sin \gamma} \text{ 或 } \left(= \frac{F_3}{\sin(\alpha + \beta)} \right)$$

〔例1〕在光滑斜面上（倾角 α ），放一个重力为 G 的光滑小球，并用竖直挡板挡住图1-4(b)。当挡板向左倾斜直至成水平的过程。斜面对小球的弹力 N 和挡板对小球的弹力 T

都将怎样变化（设 $\alpha < 45^\circ$ ）？

解法一：用正弦定理解（图1-5）。

开始时， $N = G/\cos\alpha$ ， $T = G\tg\alpha$ 。设挡板与斜面的夹角为 β ，依题知 $(90^\circ - \alpha) \leq \beta \leq (180^\circ - \alpha)$ 。由于 α 角小于 90° ，当挡板垂直斜面时， $\beta = 90^\circ$ 。

从图1-5可以看出，在变化中， G 的大小和方向不变， N 的方向不变， T 的方向变化。由正弦定理可得

$$\frac{N}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{T}{\sin\alpha} = \frac{G}{\sin\beta}$$

$$T = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} G$$

当 $\beta = 90^\circ$ 时， T 有最小值 $T_{\min} = G \cdot \sin\alpha$ ；当 $\beta = 180^\circ - \alpha$ 时， T 有最大值 $T_{\max} = G$ 。故其变化规律是由 $T = G \cdot \tg\alpha$ ，逐渐减小到 $T_{\min} = G \cdot \sin\alpha$ ，之后又逐渐增大到 $T_{\max} = G$ 。

$$N = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin\beta} G = (\sin\alpha \tg\beta + \cos\alpha) G$$

随着 β 角的增大， N 逐渐减小，直到 $\beta = 180^\circ - \alpha$ 时， $N = 0$ （若 $\alpha > 45^\circ$ ，读者自己讨论结论的差异）。

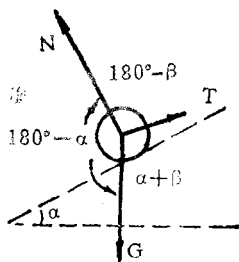


图 1-5

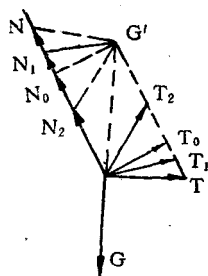


图 1-6

解法二：重力 G 的大小、方向不变；弹力 N 的方向不变。不管 N 、 T 如何变化，而它们的合力 G' 必然与 G 平衡，因而是 G 不变的。作图 1-6，依照平行四边形法则，可以看出弹力 T 先逐渐减小到 T_0 ，再逐渐增大，直到挡板成水平， $T = G$ 为止。

而弹力 N 从 $N = G/\cos\alpha$ 一直减小，直到减小到零为止。

2. 有固定转轴物体的平衡条件。物体所受各个力对转轴的合力矩为零，即

$$\sum M = 0$$

或

$$\sum M_{\text{顺}} = \sum M_{\text{逆}}$$

3. 物体的一般平衡条件。如果物体受力都在同一个平面内，其平衡条件是同时满足 $\sum F = 0$ ， $\sum M = 0$ 。

这里的合力为零，既包含共点力，又包含平行力的合力为零。这里的合力矩为零，是对任意转轴而言的，因而转轴可以任意选定。

〔例 2〕结构均匀的梯子 AB ，靠在光滑竖直墙上，已知梯子长 L ，所受重力为 G ，与地面间的摩擦系数为 μ_0 。

(1) 求梯子不滑动，梯子与水平地面夹角 θ 的最小值 θ_0 。

(2) 若 $\theta = \theta_0$ ，一重力为 P 的人沿梯子缓慢向上，他上到什么位置梯子开始滑动。

解：(1) 梯子受力情况如

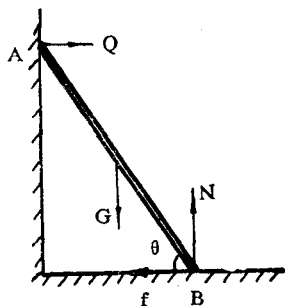


图 1-7

图 1-7 所示。梯子平衡，则有

$$N = G$$

$$Q = f$$

又 f 有最大值 $f_0 = \mu_0 N = \mu_0 G$

故不滑动的条件为 $Q \leq f_0$ ，即

$$Q \leq \mu_0 G \quad (1-1)$$

以 B 为轴，由力矩平衡得

$$QL \sin \theta = G \frac{L}{2} \cos \theta$$

得
$$Q = \frac{G}{2} \operatorname{ctg} \theta \quad (1-2)$$

将(1-2)式代入(1-1)式，得

$$2\mu_0 \geq \operatorname{ctg} \theta$$

故使梯子不滑动， θ 角最小值 θ_0 为

$$\theta_0 = \operatorname{arctg} 2\mu_0$$

(2) 设人上至距 B 为 x 处后，梯子开始滑动，则应有

$$N = G + P$$

$$Q = \mu_0 N = \mu_0 (G + P) = \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \theta_0 (G + P) \quad (1-3)$$

以 B 为轴，由力矩平衡，得

$$QL \sin \theta_0 = G \frac{L}{2} \cos \theta_0 + P_x \cos \theta_0 \quad (1-4)$$

由(1-3)、(1-4)两式, 得

$$\frac{1}{2}(G+P)\operatorname{ctg}\theta_0\sin\theta_0L=\frac{1}{2}GL\cos\theta_0+P_x\cos\theta_0$$

得
$$x=\frac{L}{2}$$

即人上至梯子重心位置以后, 梯子将发生滑动。

4. 物体受力分析。正确对物体进行受力分析, 是解好力学习题的关键和前提。受力分析的步骤和要点如下:

首先, 要确定研究对象——受力物。

然后, 按照重力、弹力和摩擦力的顺序分析受力, 并画出受力图。所分析的每个力都必须有施力物, 否则, 这个力是不存在的。

弹力和摩擦力是接触力, 有时两物体接触但无挤压, 或无相对运动(趋势), 它们不一定存在。确定弹力和摩擦力是否存在, 可参考(1)运动状态; (2)它的反作用力是否存在。参看下面例题。

〔例3〕重力分别为 G_A 、 G_B 和 G_C 的A、B和C三个长方体叠放在一起, 放在水平面上(图1-8)。现用水平力 F 拉B, 但整体仍处于静止状态。试分析物体B所受的力。

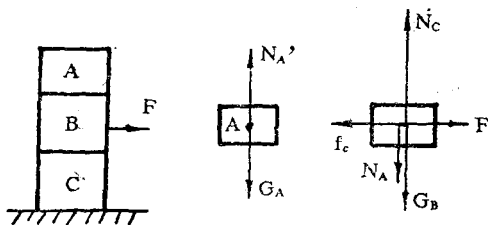


图 1-8