# 中学生物理奥林匹克竞赛试题及解答

何熙文 编译

西南师范大学出版社

# 中学生物理
# 奥林匹克竞赛试题及解答

何熙文　编译

西南师范大学出版社

1991年　重庆

## 内 容 提 要

本书系近年来中学生物理奥林匹克竞赛的全部试题及解答．全书分理论部分试题及实验部分试题两部分，各21套试题．

各届竞赛试题的形式多样、内容新颖，解题的技巧精细、方法灵活．

本书适合于中学生、高师物理系学生、中学物理教师，以及对物理竞赛有兴趣的读者阅读，也可作为各级奥林匹克竞赛的培训教材．阅后可一新读者耳目，大大开阔学生的眼界．

**中学生物理奥林匹克竞赛试题及解答**
何熙文　编著

西南师范大学出版社出版发行
（重庆　北碚）
新 华 书 店 重 庆 发 行 所 经 销
四 川 省 隆 昌 县 印 刷 厂 印 刷

开本：787×1092　1/32　印张：7.5　字数：163千
1991年7月第一版　　1991年7月第1次印刷
印数：1—12000

ISBN 7-5621-0511-2/G·346

定价：2.80元

# 前　言

截止1986年，全世界已举行了17届中学生国际物理奥林匹克竞赛，苏联参加了16次，共获得10枚金牌、3枚银牌和2枚铜牌（见附表）。

为了了解苏联中学生物理奥林匹克竞赛的情况和学习他们的经验，作者从外刊（苏）《физика в школе》、《кватъ》中搜集了近年来苏联举行的全国中学生物理奥林匹克竞赛的全部试题，编译成此书，以飨读者。

1936年，我国首次参加第17届中学生国际物理奥林匹克竞赛，并获铜牌，得到了全世界的好评。为使今后在国际中学生物理奥林匹克竞赛中取得更好的成绩，中国物理学会每年将举行一次全国中学生物理竞赛。为了推动这一工作，各省、市、地区在88年已陆续组织了各级奥林匹克学校，专门培训优秀的中学生。本书可作为这些学校的培训教材，也为立志参赛者提供一本较好的复习资料。

此书实验部份由王书乐编译。

由于作者水平有限，编译中若有不妥或错误之处，敬请读者指正。

编译者

1990年5月

# 目　　录

## 上篇　理论试题及解答


第八届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛……………（1）

八年级理论试题及解答……………………………（2）

九年级理论试题及解答……………………………（5）

十年级理论试题及解答……………………………（12）

第十五届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛…………（24）

八年级理论试题及解答……………………………（26）

九年级理论试题及解答……………………………（31）

十年级理论试题及解答……………………………（39）

第十六届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛…………（50）

八年级理论试题及解答……………………………（50）

九年级理论试题及解答……………………………（54）

十年级理论试题及解答……………………………（64）

第十七届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛…………（74）

八年级理论试题及解答……………………………（74）

九年级理论试题及解答……………………………（78）

十年级理论试题及解答……………………………（84）

第十八届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛…………（94）

八年解理论试题及解答……………………………（94）

九年解理论试题及解答……………………………（99）

十年级理论试题及解答……………………（108）
第十九届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛………（119）
八年级理论试题及解答……………………（119）
九年级理论试题及解答……………………（125）
十年级理论试题及解答……………………（133）
第二十届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛………（147）
八年级理论试题及解答……………………（147）
九年级理论试题及解答……………………（153）
十年级理论试题及解答……………………（161）

## 下篇　实验试题及解答

第八届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛…………（175）
各年级实验试题及解答……………………（175）
第十五届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛………（179）
各年级实验试题及解答……………………（179）
第十六届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛………（186）
各年级实验试题及解答……………………（186）
第十七届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛………（196）
各年级实验试题及解答……………………（196）
第十八届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛………（204）
各年级实验试题及解答……………………（204）
第十九届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛………（212）
各年级实验试题及解答……………………（212）
第二十届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛………（222）
各年级实验试题及解答……………………（222）

# 第八届全苏联中学生物理奥林匹克竞赛理论题及解答

## 第八届八年级理论试题

**第1题**　一个长为$2l$的坚硬滑槽$AB$，沿竖直面滑下．在滑槽的中心点安放一个相对滑槽固定不动的小球（$C$），其质量为$m$．$B$端向右以速度$v$匀速运动，如图8—8—1所示．试求，当$\alpha=45°$角时，小球对滑槽的作用力？

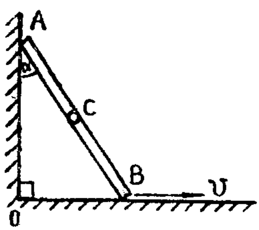



图8—8—1

**第2题**　在公路上空跨过一水道桥．如果沿水道通过一支空船，或者是载重的驳船，作用在桥上的压力如何变化？

**第3题**　一只试管可绕竖直轴旋转，在试管内有一个轻质弹簧．弹簧一端固定在试管底端，弹簧的另一端系一小球，可沿试管自由滑动，如图8—8—2所示．弹簧的弹力$F$与形变之间的依赖关系如图8—8—3所示．

绘出球沿试管内的位置与角速度从零增加到使$F=5$牛顿时的值的函数关系曲线．在角速度减少的时候这个关系曲线将怎样变化？弹簧原长$l_0=2$厘米．

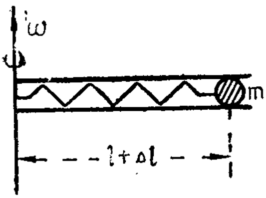



图8—8—2

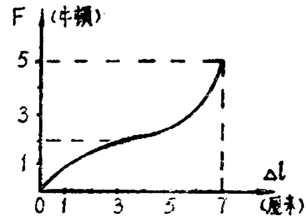



图8—8—3

## 第八届八年级理论试题解答

**第1题**

**解** 当$B$端向右以速度$v$匀速运动时，小球$C$相对于地作以$O$点为圆心、$OC=l$为半径作变速圆周运动．因为$C$为滑槽的中点，所以，小球$C$的线速度$v_c$在任何时候沿水平向右的分速度始终等于$\frac{v}{2}$．当$\alpha=45°$时，小球运动的速度矢量图如图8—8—4所示．

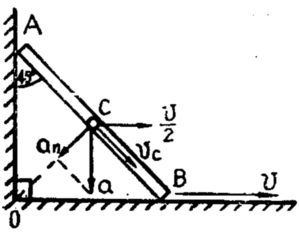



图8—8—4

由矢量图可得它们在大小上有

$$v_c=\frac{v}{\sqrt{2}} \qquad (1)$$

因为小球沿水平向右作匀速运动（速度等于$\frac{v}{2}$），所

以合加速度$\vec{a}$必竖直向下，此合加速度沿$OC$方向上的投影$a_n$（此时刻的向心加速度），在$\alpha=45°$角时，由图 8—8—4 可见，在大小上有

$$a_n=\frac{1}{\sqrt{2}}a \qquad (2)$$

根据圆周运动的规律有

$$a_n=\frac{v_c^{\ 2}}{l} \qquad (3)$$

由以上三式可解得合加速度

$$a=\sqrt{2}\,a_n=\frac{\sqrt{2}\,v_c^{\ 2}}{l}=\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{v^2}{l} \qquad (4)$$

在整个滑动过程中，小球$C$受重力$mg$和滑槽对它的作用力$\vec{Q}$的作用．因为整个过程中小球$C$的加速度方向始终向下，则合外力的方向也始终向下，显然滑槽对小球的作用力当始终向上．根据牛顿第二定律，当$\alpha=45°$时，有

$$mg-Q=ma$$

所以 $$Q=mg-ma=m(g-a)$$

(4)式代入得

$$Q=m\left(g-\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{v^2}{l}\right)$$

由牛顿第三定律，小球$C$在$\alpha=45°$时对滑槽的作用力$\vec{N}$，方向向下，其大小为

$$N=Q=m\left(g-\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{v^2}{l}\right)$$

**第2题**

**解** 首先要明确的是，作用在桥上的压力由水道中的水位确定。从理论上讲，当船通过桥上水道时，水位将有所上升，特别是载重驳船更是如此。而实际上，水道中的水位可以认为并没有变化，一则因为水道中的水的总体积并没有变化，二则驳船排开的水量远远小于水道中水的总体积，可以忽略不计。

**第3题**

**解** 当试管绕竖直轴以角速度ω旋转时，小球将在试管内沿试管向外运动一段距离$\Delta l$。当小球在试管内相对于试管处于静止时，小球可看成是以半径为（$l_0+\Delta l$），角速度也为ω的圆周运动，由弹簧作用于小球的弹力$F$提供向心力。根据牛顿第二定律可得方程：

$$m\omega^2(l_0+\Delta l)=F \tag{1}$$

为了解答此题，必须从方程式（1）找出形变$\Delta l$与ω的关系，或者找出 $l=l_0+\Delta l$与$m\omega^2$的关系就更为方便。

根据（1）式，将图8—8—3的纵轴向左平移$l_0$，则得到弹力$F$与弹簧总长$l$之间的函数图象，如图8—8—5所示。再从坐标原点引出一束直线使直线与曲线相交，并标出全部交点。然后又以$m\omega^2$为横轴，以$l$为纵轴作出对应的函数曲线，并在曲线上标出对应的各点，如图8—8—6所示。

由图8—8—5可得，当$\alpha<\alpha_1$时，也即是当$m\omega^2<\mathrm{tg}\alpha_1$时，每一条直线与曲线只有一个交点，表示每一个$m\omega^2$的值

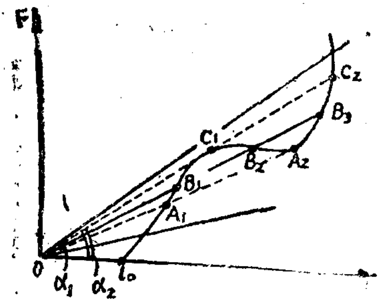



图8—8—5

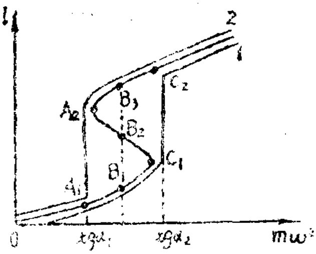



图8—8—6

只有一个相应的$l$的值；当$\alpha_1<\alpha<\alpha_2$时，直线与曲线有三个交点，也即是说，每一个$m\omega^2$的值有三个$l$的值相对，例如图中的$B_1B_2B_3$三点．$B_2$对应于小球的不稳平衡位置，$B_1$、$B_3$对应的位置为球的稳定平衡位置.因此，在$tg\alpha_1<m\omega_2<tg\alpha_2$时，球在试管里所处的位置，相当于试管的$A_1C_1$和$A_2C_2$部分；当$\alpha>\alpha_2$时，也就是在$m\omega^2>tg\alpha_2$时，每一条直线与曲线又只有一个交点，即每一个$m\omega^2$的值与一个$l$的值相对应.

在角速度ω增加的时候，$l$的值要按图8—8—6中曲线1变化（在$m\omega^2=tg\alpha_2$的点，$l$的大小的变化量从$C_1$点对应的值跳跃到与$C_2$点相对应的值）．在角速度ω减少的情况下，$l$的值要按图8—8—6中曲线2变化（在$m\omega^2=tg\alpha_1$的点，$l$的大小从$A_2$点对应的值突变减少到与$A_1$点对应的值）

## 第八届九年级理论试题

**第1题**　容器$A$（图8—9—1）通过一个小孔与周围空间

相连．周围空间气体的温度为$T$，压强为$p_0$．容器内外气体极为稀薄，以至于气体分子在容器内、以及从容器孔中飞越时彼此之间互不相碰．容器内的温度保持为$4T$．试问，容器中气体的压强是多少？

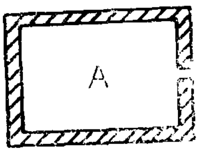


图8—9—1

**第2题** 二个质量相同、带有同种电荷的小球，在相距$l$处无初速度地释放后，$t$秒后它们的距离增加1倍．如果它们从相距$3l$处释放，要经过多少时间小球之间的距离也增加1倍？

**第3题** 与八年级的第3题相同

**第4题** 一根长为$l$的钢质弹性金属丝，将一端固定、另一端加一个扭矩，当绕轴线扭转$\varphi$角时，产生的弹力矩为$M=k\varphi$．将这根钢丝作成半径为$R$的螺旋弹簧，试估算此弹簧的倔强系数（把钢质弹簧当成是完全理想的）．

## 第八届九年级理论试题解答

**第1题**

**解** 设容器中气体压强为$p_1$，有

$$p_1=n_1KT_1=4n_1KT \tag{1}$$

其中$n_1$——为容器中的气体分子浓度（在单位体积内的分子数），$K$——波尔兹曼常数．

容器外面的压强为

$$p=n_2KT \tag{2}$$

其中$n_2$——为周围空气气体分子的浓度．联立（1）、

（2）两式可得

$$p_1 = 4p\frac{n_1}{n_2} \tag{3}$$

为了计算简单起见，我们可以认为在一恒定的温度下，任何气体分子的热运动速度就等于它的方均根速度，这个速度只与温度有关．同时，可以认为，气体分子沿三个相互垂直的方向上运动的几率是相等的，显然，容器内沿垂直于小孔截面方向向外运动的分子数占容器内分子总数的$\frac{1}{6}$．

设容器内分子速度为$v_1$，外部气体分子速度为$v_2$，小孔的横截面积为$\Delta S$，则在 $\Delta t$ 时间里从小孔飞出的分子数为$\frac{1}{6}\cdot n_1\cdot v_1\Delta t\Delta S$，从小孔飞入的分子数为$\frac{1}{6}\cdot n_2\cdot v_2\Delta t\Delta S$．

在气体处于平衡态时，在相等的时间内，从容器小孔飞出与飞入的分子数应相等，所以有

$$\frac{1}{6}\cdot n_1 v_1\Delta t\Delta S = \frac{1}{6}\cdot n_1 v_2\Delta t\Delta S$$

即得

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1} \tag{4}$$

气体分子热运动的方均根速度由气体的热学规律有关系式

$$\frac{1}{2}m\overline{v^2} = \frac{3}{2}KT$$

由此式可得

$$v_1=\sqrt{\frac{12KT}{m}} \qquad v_2=\sqrt{\frac{3KT}{m}} \qquad (5)$$

将（5）、（4）两式代入（3）式可得容器中气体的压强为

$$p_1=2p.$$

第2题

解　在库仑排斥力$F$的作用下，两球间的距离将逐渐增大，在真空中有

$$F=\frac{q^2}{r^2}$$

这里$q$为每一个球带的电量，$r$为两球之间的距离。距离$r$的变化将引起排斥力的变化，$F$的变化又将引起加速度的变化。因此，小球作变加速度运动。为了解答此题，可采用如下的特殊解法。

带电球之间的距离在两种情况下发生的变化，其相对位移应该是一样的。

假设两球在开始时的距离为$2x_0$，而在某一时刻的距离为$2x$。令球的相对位移为$K$，则

$$K=\frac{x}{x_0} \qquad (1)$$

由此得

$$\Delta K=\frac{\Delta x}{x} \qquad (2)$$

在第一种情况下，$2x_0=l$，所以，$\Delta x_1=\Delta K\cdot\frac{l}{2}$

在第二种情况下，$2x_0=3l$，所以，$\Delta x_2=\Delta K\cdot\frac{3}{2}l$ 两式相除得

$$\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1}=3 \qquad (3)$$

下面再从能量守恒定律加以讨论．在初始时刻，两球组成的系统只有相对电势能$W_{p_0}=\frac{q^2}{2x_0}$；在两球之间的距离为$2x$时，系统一方面具有相对电势能$W_p=\frac{q^2}{2x}$，另一方面还具有动能 $E_k=2\cdot\frac{1}{2}mv^2$（$m$为小球的质量）．根据能量守恒有

$$\frac{q^2}{2x_0}=\frac{q^2}{2x}+mv^2$$

解得速度

$$v=\sqrt{\frac{q^2}{2m}\cdot\frac{x-x_0}{x\cdot x_0}}=\sqrt{\frac{q^2}{2x_0m}\cdot\frac{K-1}{K}} \qquad (4)$$

所以，对于同一个相对位移K，球在第一种情况下的速度比球在第二种情况下的速度要大

$$\frac{v_1}{v_2}=\frac{\sqrt{\frac{q^2}{ml}}}{\sqrt{\frac{q^2}{3ml}}}=\sqrt{3} \qquad (倍)$$

由（4）式可见，在K的大小改变ΔK时，球的平均速度同样改

变$\sqrt{3}$倍，也即是有

$$\frac{\overline{v}_1}{\overline{v}_2}=\sqrt{3} \tag{5}$$

对每一个球在第一种情况下发生的位移 $\Delta x_1$和在第二种情况下发生的位移$\Delta x_2$所需的时间分别为

$$\Delta t_1=\frac{\Delta x_1}{\overline{v}_1} \qquad 和 \qquad \Delta t_2=\frac{\Delta x_2}{\overline{v}_2}$$

因而有

$$\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}=\frac{\Delta x_2}{\Delta x_1}\cdot\frac{\overline{v}_1}{\overline{v}_2}=3\sqrt{3} \tag{6}$$

也就是说，对于任意的相对位移$K$大小的改变量，在第二种情况下运动的时间比在第一种情况下运动的时间要大$3\sqrt{3}$倍.

因此，球之间的距离增加一倍时，总时间$t_2$当然也是时间$t_1$的$3\sqrt{3}$倍，即是

$$t_2=3\sqrt{3}\ t_1=3\sqrt{3}\ t.$$

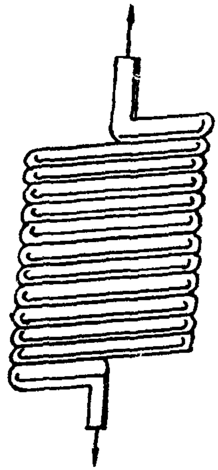
**第3题**

解答参考八年级第3题解答.

**第4题**

**解** 在研究弹簧的形变时，我们可以把它看成是一个只绕它的轴线单纯地扭转的问题来处理．首先研究弹簧中的每一匝的情况，例如图8—9—2中的$ABC$这一圈．当$BC$半圈

倾角为$\alpha$角时，则在$B$点和$C$点处的横截面积也将扭转同样大小的$\alpha$角．当$C$截面沿顺时针方向转过$\alpha$角时，则$B$截面将沿反时针方向转过$\alpha$角，因此，半圈两截面相对就转过了$2\alpha$角．显然，一圈的两截面就相对转过$4\alpha$角．如果弹簧圈数为$n$，则有



$$n=\frac{l}{2\pi R}$$

整个弹簧两个端面相对转过的角度将为

$$\varphi=4\alpha\cdot n=\frac{2l\alpha}{\pi R}$$

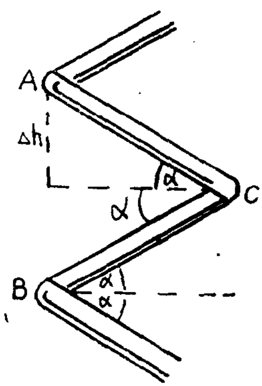



图8—9—2

由图8—9—2可见，一圈弹簧将伸长为

$$2\Delta h=4R\sin\alpha$$

因为$\alpha$角很小，则有$\sin\alpha\doteq\alpha$，所以

$$2\Delta h\doteq 4R\alpha$$

整个弹簧的伸长量为

$$\Delta H=4R\alpha\cdot n$$

设弹簧的倔强系数为$K$，则有

$$F=K\Delta H$$

另一方面，弹力矩$M'=F\cdot R=K\Delta HR$

平衡时，扭力矩应与弹力矩相平衡，有