

# 奥林匹克

## 全国中学生**物理**竞赛

### 模拟训练试卷精选

预赛 • 初赛 • 决赛

**命 题 人**

全国著名教练  
国际金牌得主  
国家集训队员

中国青年出版社

# 全国中学生物理竞赛 模拟训练试卷精选

主 编 彭大斌

副主编 黄生训 张继达

中国青年出版社



(京)新登字 083 号

图书在版编目 (CIP) 数据

全国中学生物理竞赛模拟训练试卷精选/彭大斌编. —北京:中国青年出版社, 2003

ISBN 7-5006-4924-X

I. 全... II. 彭... III. 物理课—中学—习题

IV. G634.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 108257 号

\*

中国青年出版社出版发行

社址: 北京东四 12 条 21 号 邮政编码: 100708

网址: [www.cyp.com.cn](http://www.cyp.com.cn)

编辑部电话: (010) 64079077 发行部电话: (010) 64010813

北京市小红门印刷厂印刷 新华书店经销

\*

850×1168 1/32 8.75 印张 1 插页 292 千字

2003 年 1 月北京第 1 版 2003 年 1 月北京第 1 次印刷

印数: 1—15,000 册 定价: 17.00 元

本图书如有任何印装质量问题,请与出版处联系调换

联系电话: (010) 64033570

雄狮书店: (010) 84039659

# 让成功与你同行

## ——写在前面

近 20 年来,省、市、区、国家及国际的奥林匹克数学、物理、化学、信息学、生物学五学科竞赛,为满足中学生的学科兴趣爱好和展示他们的聪明才智提供了宽广的舞台,已成为当代中学生素质教育的一项重要内容。尤其是竞赛活动与高考保送生的选拔制度接轨后,更加受到重点高中、中学教师、中学生及学生家长的高度重视,广大中学生的参与热情空前高涨。近几年来,每年有近 70 万人次参加数学、物理、化学、信息学、生物学五学科竞赛!今天,中学生如何参与这项盛大的赛事活动,沿着“科学选拔人才,提高学科素养”的方向来展示自身价值,已成为竞赛教练员和选手们共同孜孜求索的目标。毫无疑问,搞好赛前模拟训练,是实现这一目标必不可少的步骤。

目前已面世的各类竞赛训练辅导图书林林总总,目不暇接。于此情况下,怎样使竞赛爱好者能在茫茫“书海”中,寻找到自己的阅读需求,便是本书的编写初衷。我们特意邀请了在国际国内竞赛中立下了赫赫战功的教练员、摘取了国际金牌桂冠的佼佼者以及被选拔到国家集训队的优秀选手们,把他们对竞赛的理解和感悟连同他们获得奖牌的实战经验一起融入书中,引领你与成功同行。

本书作者大多来自国内竞赛活动中久负盛名的地区和学校。他们参与竞赛不惟获奖,而是追索着其中的意义;他们坚决反对题海战术,但又大胆尝试求解难题的方法与技巧。众所周知,竞赛教练员和选手的实力与水平最终就体现在一纸试卷上。他们所编排的好题具有较高的探索价值和借鉴价值。本书精选的模拟试卷蕴涵着竞赛健儿们的勤奋与心智,具有**适用、实效、创新、开放**四大亮点。

### 亮点之一——注重适用

由浅入深地精选了一类由预赛难度逐渐过渡到复赛及决赛水平的试题,这与高中学生实际参赛的情况相吻合,对高中生中成绩良好的竞赛爱好者和成绩优秀的竞赛夺魁者都具有适用性。

### 亮点之二——把握实效

遵循竞赛大纲,跟踪历年竞赛好题,较系统地总结了历次竞赛试卷中的热点和难点知识,使读者确实能捕获到竞赛命题的信息,把握住竞赛解题方法和技巧。

### 亮点之三——赋予创新

由获奖选手命竞赛题,在同类竞赛辅导书中绝无仅有。夺得了金牌的选手、国家集训队队员以及训练他们参赛的教练员们,以获得成功的切身经历,多形式、多角度地运用竞赛难点、热点知识命题与解题,使试卷体现了对竞赛命题信息的预测和竞赛成功经验的效仿价值,并且更易被同龄参赛者所接受。

### 亮点之四——立足开放

他山之石可以攻己之玉。国内各地的著名教练与选手云集同一本书中,打破了传统意义上地域的狭隘与封闭,别具一各地进行了竞赛培训交流,这在国内竞赛培训中也属首创,备受业内人士称道。

亲爱的读者,解读这一份份精雕细刻的模拟试卷,其可圈可点之处会让你觉得,这不仅仅是在做竞赛模拟试题,还有更多更多……

我们的祝愿是:**让成功与你同行!**

# 目 录

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 模拟训练试卷①—命题人 张继达           | 1   |
| 模拟训练试卷②—命题人 张伟平           | 9   |
| 模拟训练试卷③—命题人 彭大斌 武建谋       | 17  |
| 模拟训练试卷④—命题人 李亚斯           | 27  |
| 模拟训练试卷⑤—命题人 蔺大桥 马志祥       | 37  |
| 模拟训练试卷⑥—命题人 范小辉           | 47  |
| 模拟训练试卷⑦—命题人 刘 彦           | 59  |
| 模拟训练试卷⑧—命题人 刘旭华           | 65  |
| 模拟训练试卷⑨—命题人 渠学春           | 71  |
| 模拟训练试卷⑩—命题人 陈 曦           | 83  |
| 模拟训练试卷⑪—命题人 黄爱匡           | 89  |
| 模拟训练试卷⑫—命题人 钟小平           | 97  |
| 模拟训练试卷⑬—命题人 雷国富           | 107 |
| 模拟训练试卷⑭—命题人 刘 畅           | 115 |
| 模拟训练试卷⑮—命题人 沈 晨           | 119 |
| 模拟训练试卷⑯—命题人 王来君           | 129 |
| 模拟训练试卷⑰—命题人 刘 彦           | 139 |
| 模拟训练试卷⑱—命题人 徐斌富 龚茂枝 游朴 邹勇 | 145 |

■附录1

第十六届全国中学生物理竞赛预赛试卷.....155

■附录2

第十六届全国中学生物理竞赛复赛试卷.....167

■附录3

第十七届全国中学生物理竞赛预赛试卷.....181

■附录4

第十七届全国中学生物理竞赛复赛试卷.....195

■附录5

第十八届全国中学生物理竞赛预赛试卷.....211

■附录6

第十八届全国中学生物理竞赛复赛试卷.....223

■附录7

第十九届全国中学生物理竞赛预赛试卷.....239

■附录8

第十九届全国中学生物理竞赛复赛试卷.....257

# 模拟训练试卷 ①

总分 140 分 时量 180 分钟

命题人 张继达

北大附中特级教师。长期从事教育部理科试验班物理教学和竞赛训练指导工作。全国中学生(高中)物理竞赛委员会委员。指导的参赛学生中在各级竞赛中多次获奖。



## 第一题 (16 分)

1. 天文学家根据观测宣布了如下研究成果:银河系中心可能存在一个黑洞. 黑洞是一种神秘的天体, 这种天体的密度极大, 其表面的引力如此之强, 以至于包括光在内的所有接近黑洞的物体都不能逃脱其引力的作用. 人们用口径为  $3.5\text{m}$  的天文望远镜对猎户座中位于银河系中心附近的星体, 进行了长达 6 年的观测, 发现距黑洞  $6 \times 10^{12}\text{m}$  的星体以  $2000\text{km/s}$  的速度绕其旋转. 另外, 根据相对论知识, 光子在运动时有质量. 设光子在运动时质量为  $m_0$ , 光子与黑洞间的吸引力同样符合万有引力定律.

由以上知识可以求出黑洞的最大半径  $R = \underline{\hspace{2cm}} \text{m}$ . 已知引力恒量  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$ , 计算结果取 1 位有效数字.

2. 电子电量为  $e$ , 质量为  $m$ , 经过电压为  $U$  的加速电场加速后, 电子具有的德布罗意波的波长表达式是  $\lambda = \underline{\hspace{2cm}}$ . 若  $1e = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ ,  $m = 9.1 \times 10^{-31}\text{kg}$ , 代入数据计算, 当  $U = 150\text{V}$  时,  $\lambda = \underline{\hspace{2cm}} \text{m}$ .

## 第二题 (20 分)

如图 1 所示, 半径为  $r$  的孤立金属球远离其他物体, 通过电阻可以忽略的理想细导线和电阻为  $R$  的电阻器与大地连接. 电子束从远处以速度  $v$  射向金属球面, 若稳定后每

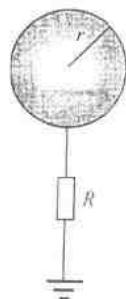


图 1



秒钟落到金属球上的电子数目为  $n$ ，电子质量为  $m$ ，电子电量数值为  $e$ ，不考虑电子的重力势能，试求：

1. 稳定后金属球每秒钟自身释放的热量  $Q$  和金属球所带电量  $q$ ；
2. 稳定后每秒钟落到金属球上的电子数目  $n$  不会超过多少？

### 第三题 (20分)

在水平地面某一固定点用枪射击，射出的子弹在水平地面上落点所能够覆盖的最大面积是  $A$ 。若在这一固定点正上方高度为  $h$  的位置用同一支枪射击，射出的子弹在水平地面上落点所能覆盖的最大面积是多大？不计空气阻力，不计枪支的长度，每次射出的子弹初速度大小相同。

### 第四题 (18分)

如图2所示，固定在竖直平面内的椭圆环，其长轴沿竖直方向。有两个完全相同的小圆环套在椭圆环上，不计质量的轻线将两个小圆环连接在一起，轻线跨过位于椭圆焦点  $F$  的水平轴，小圆环与轻线系统处于平衡状态。不计各处的摩擦，小圆环的大小忽略不计。试分析说明，系统属于哪一种平衡状态？

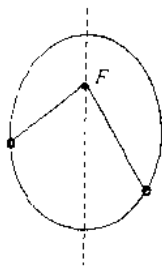


图2

### 第五题 (20分)

摩尔质量是  $\mu$ ，摩尔数是  $n$  的单原子理想气体发生了未知的状态变化（我们称之为  $x$  过程）。状态变化过程中，可以认为气体在每一状态都处于平衡状态。气体的  $x$  过程曲线在  $P-V$  图像中，向下平移  $P_0$  后恰好与温度是  $T_0$  的等温曲线重合，如图3所示。

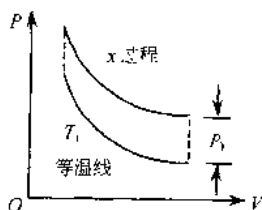


图3

1. 试写出  $x$  过程中气体体积  $V$  随温度  $T$  变化的关系式；

2. 试写出  $x$  过程中气体的比热容  $c$  与压强  $P$  变化的关系式。

### 第六题 (24分)

如图4所示，真空中平行板电容器水平放置，电容器下极板固定不动，上极板用轻弹簧连接在板板中心位置悬挂起来。已知电容器板板面积是  $A$ 。当上极板静止不动时，弹簧伸长量为  $x_0$ ，此时两极板

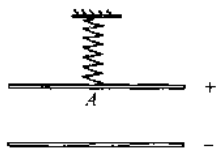


图4

间距为  $d_0$ . 现将电容器与电势差为  $U$  的电源连接, 使两极板充上等量电荷, 上面是正电荷, 下面是负电荷, 上极板会发生小幅度振动. 上极板在振动的平衡位置时两极板间距为  $d_1$ , 不计电容器边缘效应, 不计电源内阻, 试求:

1. 弹簧的劲度系数  $k$ ;
2. 上极板做小幅度振动的周期  $T$ ;
3. 若弹簧的劲度系数  $k$  为某一确定值, 上极板做小幅度振动时, 电容器充电电压不会超过多少?

### 第七题 (22 分)

如图 5 所示, 在焦距  $f = 0.15\text{m}$  的凸透镜  $L$  主轴上有一小光源  $S$ , 凸透镜  $L$  另一侧有两个反射面向相放置的平面镜  $OM_1$  和  $OM_2$ . 平面镜  $OM_1$  和  $OM_2$  彼此垂直, 且

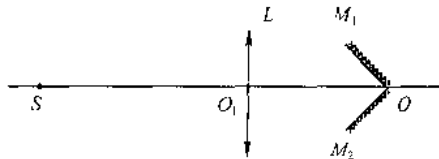


图 5

与透镜  $L$  主轴成  $45^\circ$ , 两平面镜的交线与透镜主轴垂直. 已知小光源中心到两平面镜的交线距离  $SO = 0.9\text{m}$ , 透镜到两平面镜的交线距离  $O_1O = 0.3\text{m}$ , 试求:

1. 小光源  $S$  在透镜主轴上共成多少个像?
  2. 小光源  $S$  在透镜主轴外共成多少个像?
- 分别指出像的虚实、位置及放大率

## 答案与分析

### 第一题 (16 分)

1.  $3 \times 10^8\text{m}$ .
2. 德布罗意波的波长表达式  $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meU}}$ ,  $U = 150\text{V}$  时,  $\lambda = 1.0 \times 10^{-10}\text{m}$ .

### 第二题 (20 分)

1. 稳定后, 流过电阻的电流  $I = ne$  ①
- 电阻消耗的电功率  $P = I^2 R = n^2 e^2 R$  ②
- 电子束中  $n$  个电子在离金属球很远时的总动能为

$$E_k = \frac{1}{2} nmv^2 \quad (3)$$

根据能量关系,金属球每秒钟自身释放的热量  $Q$  是

$$Q = E_k - P = n \left( \frac{1}{2} mv^2 - ne^2 R \right) \quad (4)$$

金属球的电势为  $U = -IR = -neR \quad (5)$

金属球电势与球面电荷的关系是  $U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (6)$

金属球所带电量  $q = -4\pi\epsilon_0 r neR \quad (7)$

2. 电子射向金属球要克服金属球静电斥力做功,当电子的动能足够大才可能落到金属球上,即要满足

$$\frac{1}{2} mv^2 \geq -eU = ne^2 R \quad (8)$$

稳定后每秒钟落到金属球上的电子数目  $n$  的最大值为

$$n_m = \frac{mv^2}{2e^2 R} \quad (9)$$

### 第三题 (20分)

落点所覆盖的最大面积是  $A + 2h \sqrt{\pi A}$ .

将固定点作为坐标原点  $O$ , 建立竖直面内  $xOy$  坐标. 设子弹初速度为  $v_0$ , 与水平地面夹角为  $\theta$ , 则子弹运动轨迹为

$$y = \tan\theta x - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2\theta} \quad (1)$$

对于大小相同的初速度  $v_0$ , 在夹角  $\theta$  不同时, 子弹运动轨迹构成一抛物线族, 该抛物线族的包络线如图 6 中曲线  $C$  所示, 包络线与  $x$  轴交点到原点  $O$  的距离即是在地面上射击时子弹最大水平位移, 包络线方程为

$$y = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gx^2}{2v_0^2} \quad (2)$$

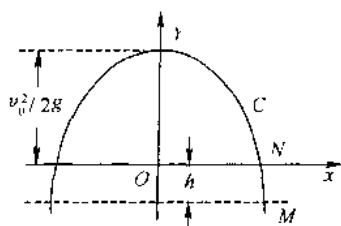


图 6

在地面上射击, 子弹最大水平位移(图中  $ON$ )和最大高度  $OY$  分别是

$$ON = \frac{v_0^2}{g}, \quad OY = \frac{v_0^2}{2g} \quad (3)$$

由题设条件可知,  $A = \pi \left( \frac{v_0^2}{g} \right)^2$ . ④

根据包络线方程可以知道, 在  $y = -h$  时,  $x$  的值(即图 6 中  $OM$ )为在固定点正上方高度为  $h$  的位置射击时, 子弹运动的最大水平距离, 有

$$OM^2 = \frac{2v_0^2}{g} \left( \frac{v_0^2}{2g} + h \right) \quad ⑤$$

在固定点正上方高度为  $h$  的位置射击, 射出的子弹在水平地面上落点所能覆盖的最大面积  $A'$  是

$$\begin{aligned} A' &= \pi OM^2 = \pi \frac{2v_0^2}{g} \left( \frac{v_0^2}{2g} + h \right) = \pi \left( \frac{v_0^2}{g} \right)^2 + \pi h \frac{2v_0^2}{g} \\ &= A + 2h \sqrt{\pi A} \end{aligned} \quad ⑥$$

#### 第四题 (18 分)

设每个小环的质量为  $m$ , 其他数据如图 7 所示. 取椭圆焦点  $F$  所在水平面为重力零势面, 则小圆环与轻线系统势能为

$$E = mg(r_1 \cos \theta_1 + r_2 \cos \theta_2) \quad ①$$

椭圆环的参数方程为

$$r = \frac{p}{1 + e \cos \theta} \quad ②$$

由②式可得

$$r_1 \cos \theta_1 = \frac{p - r_1}{e}, r_2 \cos \theta_2 = \frac{p - r_2}{e} \quad ③$$

代入①式可得

$$E = mg \left( \frac{p - r_1}{e} + \frac{p - r_2}{e} \right) = mg \frac{2p - (r_1 + r_2)}{e} \quad ④$$

对于椭圆,  $r_1 + r_2 = l$  (轻线的长度), 为一常量, 因此有

$$E = mg \frac{2p - l}{e} = \text{常量} \quad ⑤$$

系统势能  $E$  为常量, 故小圆环与轻线系统处于随遇平衡状态.

#### 第五题 (20 分)

1.  $x$  过程曲线向下平移  $P_0$  后与  $T_0$  的等温曲线重合, 有

$$(P - P_0) V = nRT_0 \quad ①$$

而  $x$  过程中, 气体状态变化为

$$PV = nRT \quad ②$$

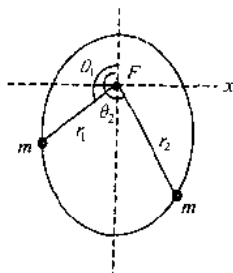


图 7

①、②联立,解得  $x$  过程中气体体积  $V$  随温度变化  $T$  之后的关系式

$$V = \frac{nR}{P_0}(T - T_0) \quad (3)$$

2. 根据③式可以知道,在  $x$  过程中气体体积  $V$  发生微小变化  $\Delta V$  时,有

$$\Delta V = \frac{nR}{P_0} \Delta T \quad (4)$$

根据热力学第一定律和单原子理想气体内能公式,在  $x$  过程中,气体体积  $V$  发生微小变化  $\Delta V$  时,气体吸热

$$\Delta Q = P \Delta V + \frac{3}{2} nR \Delta T \quad (5)$$

将④式代入⑤式,经整理得到

$$\frac{\Delta Q}{\Delta T} = nR \left( \frac{P}{P_0} + \frac{3}{2} \right) \quad (6)$$

由于  $\Delta Q = cm \Delta T$ ,  $x$  过程中气体的比热容  $c$  与压强  $P$  的关系式为

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T} = \frac{R}{\mu} \left( \frac{P}{P_0} + \frac{3}{2} \right) \quad (7)$$

### 第六题 (24分)

1. 设电容器上极板质量为  $m$ , 未充电时有  $kx_0 = mg$ . 充电后, 上极板电荷受到电场力  $F_{\text{电}}$  作用, 设平行板间场强为  $E$ , 极板电量为  $q$ , 平行板间距为  $d$  时, 有

$$F_{\text{电}} = \frac{1}{2} Eq = \frac{qU}{2d} \quad (1)$$

充电后在平衡位置, 上极板所受合力为零, 有

$$k(x_0 + d_0 - d_1) = F_{\text{电}} + mg = \frac{qU}{2d_1} + mg \quad (2)$$

电容器电量  $q = CU = \frac{\epsilon_0 A}{d_1} U$ , 考虑到  $kx_0 = mg$ , 弹簧的劲度系数  $k$  为

$$k = \frac{\epsilon_0 AU^2}{2(d_0 - d_1)d_1^2} \quad (3)$$

2. 考虑上极板偏离平衡位置  $x$  时受力情况, 有

$$F = -k[x_0 + (d_0 - d_1) + x] + F'_{\text{电}} + mg \quad (4)$$

此时上极板电荷受到电场力作用

$$F'_{\text{电}} = \frac{q'U}{2(d_1 - x)} = \frac{\epsilon_0 AU^2}{2(d_1 - x)^2} \quad (5)$$

将⑤式及  $k, kx_0 = mg$  代入④式, 有

$$F = -kx - \frac{\epsilon_0 AU^2}{2d_1^2} + \frac{\epsilon_0 AU^2}{2(d_1 - x)^2} \quad (6)$$

考虑题设条件, 有  $x \ll d_1$ , 因此  $\frac{1}{(d_1 - x)^2} = \frac{1}{d_1^2} \left(1 - \frac{x}{d_1}\right)^{-2} \approx \frac{1}{d_1^2} \left(1 + \frac{2x}{d_1}\right)$ , 代入⑥式, 有

$$F = -kx - \frac{\epsilon_0 AU^2}{d_1^3} x = -\left(k + \frac{\epsilon_0 AU^2}{d_1^3}\right)x = -k'x \quad (7)$$

在小幅度振动时, 上极板做简谐振动, 振动周期为

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k'}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k} \cdot \frac{d_1^3}{3d_1 - 2d_0}} = 2\pi\sqrt{\frac{x_0}{g} \cdot \frac{d_1^3}{3d_1 - 2d_0}} \quad (8)$$

3. 由③式可知, 
$$U^2 = \frac{2k(d_0 - d_1)d_1^2}{\epsilon_0 A} \quad (9)$$

由⑧式可知, 上极板做小幅度振动时应满足  $d_1 > \frac{2}{3}d_0$ , 则电容器充电电压不会超过

$$U_m = \frac{2}{3}d_0\sqrt{\frac{2d_0k}{3\epsilon_0 A}} \quad (10)$$

### 第七题 (22分)

1. 如图8所示, 小光源  $S$  发出的光经过透镜  $L$  第1次折射成像于主轴  $S_1$ , 根据透镜成像公式  $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ ,  $u_1 = SO_1 = 0.6\text{m}$ ,  $f = 0.15\text{m}$ , 解得  $S_1$  到透镜距离

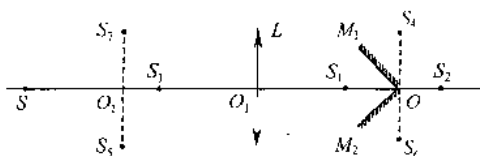


图8

$$v_1 = O_1 S_1 = 0.2\text{m} \quad (1)$$

$$S_1 \text{ 为实像, 像的放大率 } m_1 = \frac{v_1}{u_1} = \frac{1}{3} \quad (2)$$

根据反射规律知道,  $S_1$  经过彼此垂直的平面镜  $OM_1$  和  $OM_2$  两次反射, 成像于透镜主轴上  $S_2$  位置, 且  $S_2$  与  $S_1$  关于  $O$  点对称, 即

$$OS_1 = OS_2 = 0.3\text{m} - 0.2\text{m} = 0.1\text{m} \quad (3)$$

$S_2$  为虚像,  $S_2$  与  $S_1$  等大, 因此  $S_2$  像的放大率(相对于原物  $S$ , 下同)

$$m_2 = m_1 = \frac{1}{3} \quad (4)$$

$S_2$  经过透镜  $L$  第 2 次折射在原物  $S$  同侧成像于主轴上  $S_3$  位置, 根据透镜成像公式  $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ ,  $u_3 = S_2O_1 = 0.4\text{m}$ ,  $f = 0.15\text{m}$ , 解得  $S_3$  到透镜距离

$$v_3 = O_1S_3 = 0.24\text{m} \quad (5)$$

$S_3$  为实像,  $S_3$  相对  $S_2$  的放大率

$$m'_3 = \frac{v_3}{u_3} = \frac{0.24}{0.4} = 0.6 \quad (6)$$

$S_3$  相对  $S$  的放大率

$$m_3 = \frac{1}{3} \times 0.6 = 0.2 \quad (7)$$

由以上分析可知, 小光源  $S$  在透镜主轴上共成 3 个像.

2. 小光源  $S$  在透镜主轴上所成的像  $S_1$ , 分别经过平面镜  $OM_1$  和  $OM_2$  一次反射, 成像于透镜主轴外  $S_4$  和  $S_6$  的位置,  $S_4$  和  $S_1$  以及  $S_6$  和  $S_1$  分别关于平面镜  $OM_1$  和  $OM_2$  对称, 且  $S_4$  与  $S_6$  关于透镜主轴对称. 像  $S_4$  和  $S_6$  为虚像. 像  $S_4$  和  $S_6$  与  $S_1$  等大, 因此  $S_4$  和  $S_6$  的像放大率

$$m_4 = m_6 = m_1 = \frac{1}{3} \quad (9)$$

由于平面镜  $OM_1$  和  $OM_2$  彼此垂直, 且与透镜  $L$  主轴成  $45^\circ$ , 两平面镜的交线与透镜主轴垂直, 因此  $S_4$  和  $S_6$  到透镜的距离相同, 即

$$v_4 = O_1O = 0.3\text{m} \quad (10)$$

像  $S_4$  和  $S_6$  到透镜主轴的距离为

$$OS_4 = OS_6 = OS_1 = 0.1\text{m} \quad (11)$$

像  $S_4$  和  $S_6$  发出的光线经过透镜  $L$  第二次折射在原物  $S$  同侧, 成像于主轴外  $S_5$  和  $S_7$ , 由于  $u_4 = O_1O = 0.3\text{m} = 2f$ , 因此像  $S_5$  和  $S_7$  到透镜的距离

$$v_5 = v_7 = 0.3\text{m} \quad (12)$$

像  $S_5$  和  $S_7$  到透镜主轴的距离

$$O_2S_5 = O_2S_7 = OS_1 = 0.1\text{m} \quad (13)$$

像  $S_5$  和  $S_7$  为实像.  $S_5$  和  $S_7$  与  $S_4$  与  $S_6$  等大,  $S_5$  和  $S_7$  的像放大率

$$m_5 = m_7 = m_1 = \frac{1}{3} \quad (14) \quad \text{物 理}$$

由以上分析可知, 小光源  $S$  在透镜主轴外共成 4 个像.

## 模拟训练试卷 ②

总分 100 分 时量 180 分钟

命题人 张伟平



华东师大二附中高级教师。指导的学生中有 10 余人参加全国中学生物理竞赛决赛；有 2

人分别获得 26 届、33 届国际物理奥林匹克竞赛金牌；有 2 人获得亚洲杯奥林匹克竞赛金牌，其中 1 人获得个人总分第一名。

### 第一题 (15 分)

电荷  $Q_1$  均匀分布在 1 个半径为  $R$  的球面上，无数个带电量均为  $Q_2$  的点电荷位于通过球心的轴线上，且在半球面的下部。第  $k$  个电荷与球心的距离为  $2^{k-1}R$ ，其中  $k=1, 2, 3, \dots$ ，设球心处的电势恰好为零，周围空间均为自由空间。若已知  $Q_1$ ，求  $Q_2$ 。

### 第二题 (15 分)

由于地球内部的放射性元素以及太空中宇宙射线的影响，使地球大气中存在自由的正负离子。已知大气中正负离子在某一区域的密度分别为  $n_+ = 620 \times 10^6 \text{ m}^{-3}$ ， $n_- = 550 \times 10^6 \text{ m}^{-3}$ ，该区域存在场强为  $120 \text{ V/m}$  的匀强电场，使大气中有电流存在。又知这一电流是由正负离子共同运动产生的，且正负离子运动的速度大小相等。已知电流密度  $j = \gamma E$ ，其中  $\gamma$  为大气电导率，其大小  $\gamma = 2.7 \times 10^{-14} \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ，试求该区域正负离子运动的速度大小。

### 第三题 (18 分)

1 个匀质细导线圆环，总电阻为  $R$ ，半径为  $a$ ，圆环内充满方向垂直于环面的匀强磁场，磁场以速率  $K$  均匀地随时间增强，环上的  $A$ 、 $D$ 、 $C$  3 点位置对称。电流计  $G$  连接  $A$ 、 $C$  两点，如图 1 所示。若电流计内阻为  $R_G$ ，求通过电流计

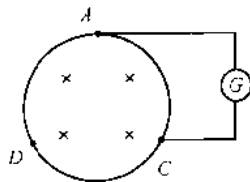


图 1



的电流大小.

#### 第四题 (18分)

1 根盛有水银的长直玻璃管, 上端封闭, 下端竖插入水银中, 露出水银面的玻璃管长为 76cm. 玻璃管的上端封闭有 0.001mol 的空气, 如图 2 所示. 已知外界大气压强为 76cmHg, 空气的定容摩尔热容量为  $C_V = 20.5 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ . 当玻璃管与管内空气的温度均降低  $10^\circ\text{C}$  时, 试问管内空气放出多少热量?

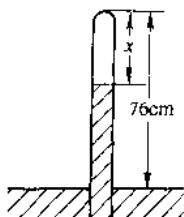


图 2

#### 第五题 (25分)

如图 3 所示, 质量为  $M$  的长滑块静止放在光滑水平面上, 左侧固定在 1 个劲度系数为  $K$  且足够长的水平轻质弹簧上, 右侧用 1 根不可伸长的轻细线连接在竖直墙上, 细线所能承受的最大拉力为  $T$ . 现让 1 个质量为  $m$ 、初速度为  $v_0$  的小物体在滑块上无摩擦地向左运动, 而后压缩弹簧.

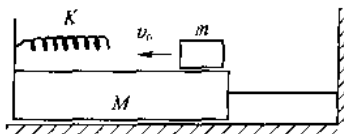


图 3

1. 细线被拉断的条件是什么?
2. 滑块在细线拉断后被加速的过程中, 所能获得的最大向左加速度为多大?
3. 物体最后离开滑块时相对于地面速度恰好为零的条件是什么?

#### 第六题 (24分)

如图 4 所示, 折射率  $n = 1.5$  的全反射棱镜上方 0.06m 处放置 1 个物体 AB, 棱镜直角边长为 0.06m, 棱镜右侧 0.10m 处放置 1 个焦距  $f_1 = 0.10\text{m}$  的凸透镜, 透镜右侧 0.15m 处再放置 1 个焦距  $f_2 = -0.10\text{m}$  的凹透镜, 求该光学系统最终成像的位置和像放大率.

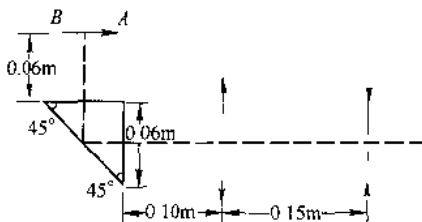


图 4

#### 第七题 (25分)

质量为  $m$  的飞船在半径为  $R$  的某行星表面上空高  $R$  处绕行星作圆周