

# 物理奥林匹克竞赛大题典

(光学与近代物理卷)

全响 编著



# 物理奥林匹克竞赛大题典

(光学与近代物理卷)

全响 编著



## 内 容 简 介

本书包括两个部分:第一编是习题,第二编是答案.本书针对光学与近代物理方面的知识精选了180道题.详细介绍了典型的解题方法,着力于提高学生的能力与科学素养,培养创新意识,使之发挥其主动性和创造性.可有效地促进读者对知识的掌握与解题能力的提高.题目和答案是分开的,方便读者独立学习.

本书适合于高中学生、中学物理教师和物理竞赛培训人员参考使用.

## 图书在版编目(CIP)数据

物理奥林匹克竞赛大题典.光学与近代物理卷/全  
响编著. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2014.6  
ISBN 978-7-5603-4660-1

I. ①物… II. ①全… III. ①中学物理课-习题集  
IV. ①G634.75

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第058783号

策划编辑 刘培杰 张永芹  
责任编辑 张永芹 刘家琳  
封面设计 孙茵艾  
出版发行 哈尔滨工业大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006  
传 真 0451-86414749  
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>  
印 刷 哈尔滨市工大节能印刷厂  
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 10.5 字数 275千字  
版 次 2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5603-4660-1  
定 价 28.00元

---

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

# ◎ 前 言

本书是编者三十年以来不断地广泛收集和精心编创而成的,习题内容新颖、难度较大. 参考资料的来源较广、时间跨度较长. 习题主要来源于以下四个方面:①国外的中学物理习题集、竞赛培训题及竞赛题;②国内的中学物理习题集、竞赛培训题及竞赛题;③国内、外的普通物理习题集和其他的有关大学用书;④编者编创的部分习题.

本书源于高中教材,但高于高中教材,内容紧扣竞赛大纲. 选题以系统性、典型性和启发性为准绳,较为全面地收集了高中物理知识范围内,由浅入深全过程中的各类典型题和难题(但原则上过于偏、怪的习题不收编),而又不超出竞赛大纲所规定的知识范围,并逐题给予规范地解答,可以说是对迄今为止出现的高中物理知识范围内优秀习题的总结.

全书内容系统全面,每一小部分习题的编排则以由浅入深、分门别类为原则,因而有明显的梯度和类聚性.

题解注重原理分析和关键步骤,力求规范、简明和严密. 由于考虑到高中学生使用,所以解题所涉猎的物理和数学知识,均不超出高中学生的知识范围,即横向不拓宽(不超知识范围)、纵向可加深(难度加大).

全书分四卷共 960 道习题,其中:力学卷 350 题、热学卷 135 题、电磁学卷 295 题、光学与近代物理卷 180 题,全书近 100 万字. 书中有部分题目之间是相互关联的,即某题或题解利用(或参与)到另一题的条件或题解的结论,具体见本卷末的“附录:前后相关题序号”. 为便于读者独立思考和查找习题,每卷分两编,第一编为习题、第二编为答案.

本书可供高中学生、中学物理教师和物理竞赛培训人员使用,也可供大学物理专业学生和其他学习普通物理的人员参考.

由于像这样分类详细、类型齐全、难题集中、解法规范的竞赛题解,在国内尚无出版先例,加之工程量较大、时间跨度较长、编者水平有限,所以存在缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正!

全响  
2014.01

## 第一编 习 题

第4章 光学	3
4.1 几何光学	3
4.1.1 平面的反射	3
4.1.2 平面的折射和全反射	4
4.1.3 球面镜	6
4.1.4 透镜	10
4.1.5 透镜组	16
4.2 物理光学	19
第5章 近代物理	25
5.1 原子结构	25
5.2 原子核	27
5.3 狭义相对论基础	31

## 第二编 答 案

第4章 光学	35
4.1 几何光学	35
4.1.1 平面的反射	35
4.1.2 平面的折射和全反射	39
4.1.3 球面镜	47
4.1.4 透镜	69
4.1.5 透镜组	90
4.2 物理光学	106
第5章 近代物理	122
5.1 原子结构	122
5.2 原子核	131
5.3 狭义相对论基础	142

## 附录 前后相关题序号

## 目 录 CONTENTS

# 第一编

# 习题





# 第4章 光学

## 4.1 几何光学

### 4.1.1 平面的反射

4.1 在平面镜前有两个物点  $A$  和  $B$ , 如图所示. 试问:

(1) 观察者的眼睛应放在什么位置时, 才能看到两物点的像互相重叠?

(2)  $A$ 、 $B$  两物点如何放置时, 才能使  $AB$  的连线与它们像的连线垂直?

4.2 如图所示, 若想在平面镜子  $MN$  中观察到物体  $AB$  完整的像, 试用作图法定出观察者眼睛所在的位置.

4.3 平面镜  $MN$  前有一点  $A$  和线段  $BC$ , 相对位置如图所示. 要想同时看到点  $A$  和线段  $BC$  的像, 试用作图法定出观察者眼睛应放的位置.

4.4 两个平面镜  $OM$  和  $ON$  相交成一个很小的  $\alpha$  角, 在镜前放一点光源  $S$ , 如图所示. 试指出观察者的眼睛应放在什么位置时, 才能同时看到两个平面镜中的两个虚像?

4.5 在上题中, 如图角度  $\alpha$  较大些或  $S$  离平面镜  $OM$  的距离较小时, 试问在平面镜中能成几个像? 观察者的眼睛放在什么位置时才能同时看到这几个像?

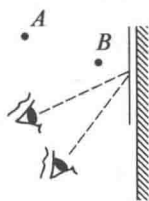
4.6 有三个平面镜, 其相对位置如图所示, 有一点光源  $S$  经该镜组反射后经过  $A$  点, 试画出该光路图.

4.7 两个平面镜之间的夹角为  $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $120^\circ$ , 而物体总是放在两平面镜的角平分线上, 试分别求出像的个数.

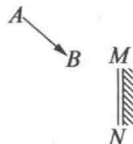
4.8 如图所示的角镜由两块所成夹角为  $\alpha$  的平面镜组成. 光线经该角镜反射后的偏向角为  $\beta$ , 试证  $\beta = 2\alpha$ .

4.9 如图所示, 两块平面镜  $M_1$  和  $M_2$  相互不平行, 在两镜面的延长线间夹一个很小的角  $\theta$ , 当一光线从  $M_1$  的  $A$  点垂直于  $AB$  的方向射到  $M_2$  上的  $C$  点. 如果  $AB = 1 \text{ mm}$ ,  $AC = 5 \text{ cm}$ . 这条光线经 100 次来回反射后仍跑不出两镜面, 试求  $\theta$  的值.

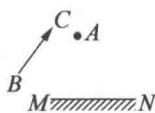
心得体会 拓广疑问



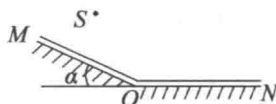
4.1 题图



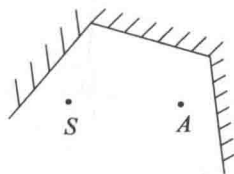
4.2 题图



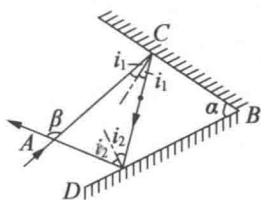
4.3 题图



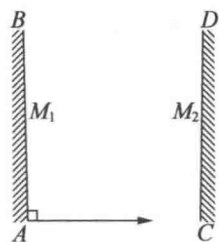
4.4 题图



4.5 题图



4.6 题图



4.9 题图



**4.10** 如图所示,  $ABCD$  是边长为  $a$  的正方形, 边长  $AB$ 、 $BC$  是平面镜,  $AD$  为白屏, 激光器绕  $D$  沿图示方向旋转, 角速度为  $\omega$ . 试确定在  $D$  处射出的激光在屏  $AD$  上形成光斑的移动速度.

### 4.1.2 平面的折射和全反射

**4.11** 如图所示, 水面上有一个半径为  $r$  的圆形木板, 在圆心的正上方高为  $h$  处有一个点光源  $S$ , 光线射入水中后, 在水底平面上形成半径为  $R$  的圆形阴影. 水深为  $H$ , 水的折射率为  $n$ , 若  $h$  可以变化, 试证阴影的最大半径为

$$R_{\max} = r + \frac{H}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

**4.12** 有一实心玻璃半球, 半径为  $R_0 = 0.1$  m, 折射率为  $n = 1.50$ , 将它平的表面放在平台上. 以一束圆柱形的平行光正对球心并垂直于平台射入, 平行光束的半径为  $R_1 = 0.5$  cm, 试求平台上圆形光斑的半径  $R_2$ .

**4.13** 水面上方  $h = 0.75$  m 处有一点光源  $S$ , 水的折射率  $n = \frac{4}{3}$ . 试问游泳者在水面下某处向上看, 则看到光源好像在头顶的正上方且离水面的高度为  $H$ , 试求  $H$  的值.

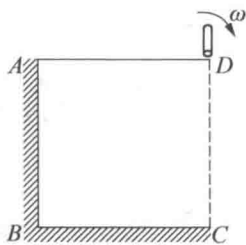
**4.14** 水的上面漂浮着一层乙醚, 若它们的深度分别为  $h_1 = 4$  cm 和  $h_2 = 2$  cm, 折射率分别为  $n_1 = 1.33$  和  $n_2 = 1.36$ , 试求垂直下视时水层的视厚度.

**4.15** 水平台面上放一实心玻璃半球体, 当观察者的眼睛竖直向下看球心时, 看到球心上方有一深色异物点, 它离球面的距离好像为  $h = 2$  cm, 该半球体的半径和折射率分别为  $R = 4$  cm 和  $n = 1.5$ , 试求该异物点到球面的真实距离  $H$  (半球体的平面部分放在水平台面上).

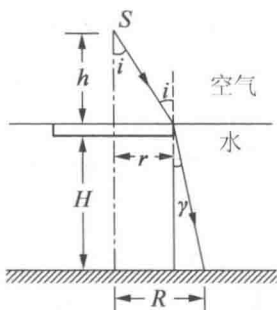
**4.16** 当单色光线射入等腰棱镜的一侧时, 由于折射而使光线发生偏向, 出射线和入射线之间的夹角称为偏向角, 只有当入射角和出射角相等时此偏向角才最小, 为  $\delta_m$ , 若该等腰棱镜的顶角为  $A$ , 试求该棱镜的折射率.

**4.17** 如图所示, 水中有一水平放置的平面镜  $M$  和均匀透明体  $A$ 、 $B$ , 一束光线以与水平成  $\alpha$  角的方向射到  $M$  上, 经  $M$  反射后射入  $A$ , 若不使光束进入  $B$ , 试问  $\alpha$  不应小于多少? 已知透明体  $A$  和  $B$  及水的折射率分别为  $n_A$ 、 $n_B$ 、 $n$ , 且  $n_A > n > n_B$ .

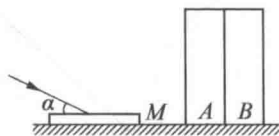
心得体会 拓广 疑问



4.10 题图



4.11 题图



4.17 题图

4.18 容器中水的深度为  $H$ , 在水面上方高  $h$  处有一点光源  $S$ , 容器底部有一水平放置的平面镜, 水的折射率为  $n$ . 若观察者在空气中竖直向下看平面镜, 则看到  $S$  在水中有两个像, 一个是经水面反射成的像, 另一个是经平面镜反射成的像. 试求这两像间的视距离和实际距离.

4.19 如图所示, 用折射率  $n = \sqrt{2}$  的透明物质做成内、外半径分别为  $a$  和  $b$  的空心球, 且  $b \gg a$ , 内表面涂上能完全吸光的物质. 若不考虑透明物质的吸收和外表面的反射.

(1) 试问当一束平行光射向此球时, 被吸收掉的光束的横截面积为多大?

(2) 如果外半径  $b$  趋于  $a$  时, (1) 问中的答案能成立吗? 为什么?

4.20 在图(a)、(b)、(c)中, 虚线框内有光学元件,  $S$  为入射的单色平行光束,  $S'$  和  $S''$  都为出射光束. 入射的单箭号和双箭号分别与出射的单箭号和双箭号对应. 现给定四种光学元件若干个 (不是四只), 试问哪几种应放在(a)、(b)、(c)图的方框中? 并画出元件的位置和简单的光路图. 给定的四种光学元件见图(d).

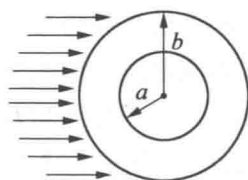
4.21 阿米西棱镜由两个对称放置的相同棱镜和中间一个棱镜组合而成, 其主截面如图所示. 对于  $\alpha_1 = 90^\circ$  的情况, 为使平行底面入射的光向下发生偏折和位移的出射,  $\alpha_2$  应等于多少? 折射率  $n_1$  和  $n_2$  为已知 ( $n_2 > n_1$ ).

4.22 在折射率为 1 的介质中, 有一个光学均匀、折射率为  $n > 1$  的透明球, 球的半径为  $R$ . 有两束相距  $d < 2R$  的光线与球的中心对称地射到球上, 试求:

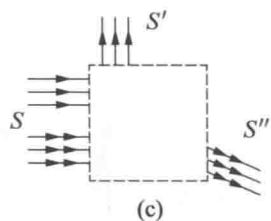
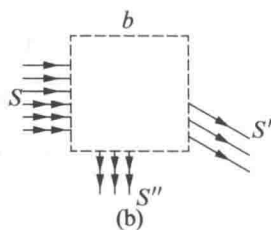
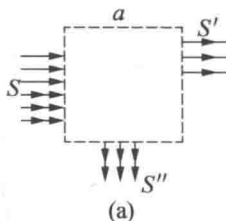
- (1) 若使两束光在球内部相交,  $d$  和  $n$  应满足的条件;
- (2) 若使两束光在球外部相交,  $d$  和  $n$  应满足的条件.

4.23 普通光纤是一种可传输光的圆柱形细丝, 由具有圆形截面的纤芯  $A$  和包层  $B$  组成,  $B$  的折射率小于  $A$  的折射率, 光纤的端面与圆柱体的轴垂直, 由一端面射入的光在很长的光纤中传播时, 在纤芯  $A$  和包层  $B$  的分界面上发生多次全反射, 现在利用普通光纤测量流体  $F$  的折射率. 实验方法如下: 让光纤的一端 (出射端) 浸在流体  $F$  中, 令与光纤轴平行的单色平行光束经凸透镜折射后会聚在光纤入射端面的中心  $O$ , 经端面折射进入光纤, 在光纤中传播. 由  $O$  点发出的光束为圆锥形, 已知其边缘光线和轴的夹角为  $\alpha_0$ , 如图所示. 最后光从另一端面出射进入流体  $F$ , 在距出射

心得 体会 拓广 疑问

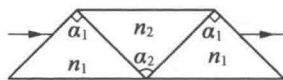


4.19 题图



(d)

4.20 题图

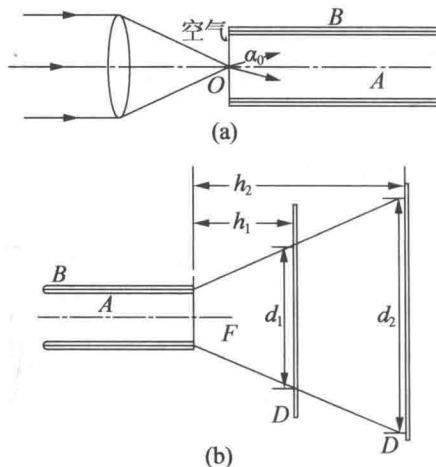


4.21 题图

端面  $h_1$  处放置一垂直于光纤轴的毛玻璃屏  $D$ , 在  $D$  上出现一圆形光斑, 测出其直径为  $d_1$ , 然后移动光屏  $D$  至距光纤出射端面  $h_2$  处, 再测出圆形光斑的直径  $d_2$ , 如图(b)所示.

(1) 若已知  $A$  和  $B$  的折射率分别为  $n_A$  和  $n_B$ , 求被测流体  $F$  的折射率  $n_F$  的表达式.

(2) 若  $n_A$ 、 $n_B$  和  $\alpha_0$  均为未知量, 如何通过进一步的实验以测出  $n_F$  的值?



4.23 题图

### 4.1.3 球面镜

4.24 如图所示, 正方形  $ABCD$  放在凹面镜的主光轴上, 其底边的中点刚好在镜的中心位置, 试作出该正方形的像.

4.25 如图所示,  $MN$  为一球面镜的主光轴,  $A$  和  $A'$  分别为点光源和  $A$  点经球面镜所成的像. 试判别该球面镜是何种球面镜? 并利用作图求出镜的顶点、球心位置和焦点位置.

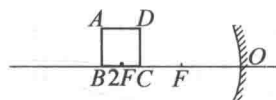
4.26 在球面镜的主光轴上放一高为  $h = 3$  cm 的物体, 经球面镜反射得一正立的像, 像高  $h' = 6$  cm, 若像与物的距离为  $l = 15$  cm, 试问这是何种球面镜? 镜的焦距为多少?

4.27 凹面镜的焦距为  $f = 10$  cm, 点光源在主光轴上距镜的距离为  $u = 30$  cm, 若点光源以  $4$  cm/s 的速度沿垂直于主光轴的方向运动, 试求像的速度.

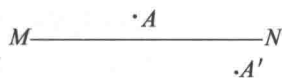
4.28 凹面镜的焦距为  $f$ , 物体和像离焦点的距离分别为  $S_0$  和  $S_i$ , 试证明  $f^2 = S_0 \cdot S_i$ .

4.29 要想约略地确定凹面镜的焦距, 可以应用这样的方法: 在凹面镜的主光轴上分别竖立两根针  $A$  和  $B$ , 如图所示, 然后在针

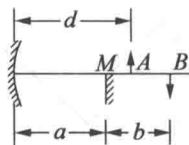
心得体会 拓广疑问



4.24 题图



4.25 题图



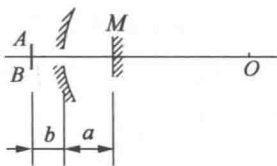
4.29 题图

心得 体会 拓广 疑问

和凹面镜之间的主光轴上立一个平面镜  $M$ . 移动  $M$ , 使  $A$  和  $B$  的两个虚像 ( $A$  通过凹面镜所成的像和  $B$  通过平面镜所成的像) 重合, 这时测得  $M$  离凹面镜、 $B$  离  $M$ 、 $A$  离凹面镜的距离分别为  $a$ 、 $b$ 、 $d$ , 试求该凹面镜的焦距  $f$ , 并问观察者能否同时看到这两个像?

**4.30** 凹面镜的半径为  $R = 40$  cm, 主光轴上有一点光源  $S$ , 距凹面镜的距离为  $u = 30$  cm, 要想使光线经凹面镜反射后再经平面镜反射, 最后会聚在光源所在的点  $S$  上. 那么应把平面镜放在离凹面镜多远的地方? 假如光线是先经平面镜反射再经凹面镜反射, 那么, 会聚点的位置是否改变?

**4.31** 紫外显微镜中牛顿物镜的原理如图所示, 在一个凹面镜的中心开一个小孔, 凹面镜的曲率半径为  $R = 8$  cm, 在主光轴上镜的右侧和左侧分别放一平面镜  $M$  和物体  $AB$ , 它们离凹面镜的距离分别为  $a = 2$  cm 和  $b = 1$  cm,  $AB$  的长为  $l = 0.1$  cm. 试求通过这个系统所成像的位置和大小, 并说明像的性质.

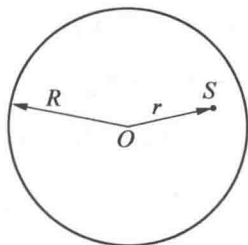


4.31 题图

**4.32**  $M_1$ 、 $M_2$  为两个焦距分别为  $f_1 = 20$  cm 和  $f_2 = 40$  cm 的凹面镜, 镜面相对成共轴系统, 两个镜面顶点间的距离为  $l = 100$  cm. 把一个小物体放在  $M_1$  镜前的距离为  $u_1 = 10$  cm 处, 试求在下列两种情况下像的位置和大小:

- (1) 小物体  $A$  先经  $M_1$  再经  $M_2$  反射后成像.
- (2) 小物体  $A$  先经  $M_2$  再经  $M_1$  反射后成像.

**4.33** 有一球壳, 内壁是镜子, 半径为  $R$ , 球心为  $O$ , 在离心  $r$  ( $\frac{R}{2} < r < R$ ) 处放一点光源  $S$ , 如图所示. 点光源发光的光线有两种情况: 第一种情况是先经较远的球壁反射后再经较近的球壁反射; 第二种情况是先经较近的球壁反射后再经较远的球壁反射.

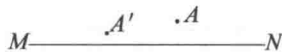


4.33 题图

- (1) 试用作图法分别找出以上两种情况下的最后成像位置.

(2) 试用计算法分别求出以上两种情况下的最后成像位置和成像的放大率.

**4.34** 如图所示,  $A$  是发光点,  $A'$  是经球面镜反射以后所成的像,  $MN$  是这个球面镜的主光轴. 试判断这个球面镜是凹镜还是凸镜, 并利用作图找出该球面镜的顶点、球心和焦点的位置.



4.34 题图

**4.35** 根据凸球面镜对光线的反射规律作出位于镜面前的物体  $AB$  的像  $A'B'$ , 并说明下列三个问题:

- (1) 形成正立缩小的虚像.
- (2) 当物  $AB$  从远处向镜面移动时, 像也向镜子靠拢.

(3) 像离镜面有一极限, 这个极限值有多大?

**4.36** 凸面镜的焦距为  $f=20\text{ cm}$ , 该镜前立一平面镜  $M$ , 两者相距为  $a=5\text{ cm}$ , 平面镜前一点光源  $S$ , 如图所示. 若使  $S$  通过这两镜反射后所成的像重合, 则  $S$  离  $M$  的距离  $b$  为多少? 怎样观察才知两像重合了?

**4.37** 圆形凸面镜的高度(也相当于球冠底面的直径)为  $d=10\text{ cm}$ , 该镜前放一高度为  $h=3\text{ cm}$  的物体  $PK$ , 两者之间又放一屏  $S$ , 如图所示. 屏离  $PK$  和凸面镜的距离分别为  $a=6\text{ cm}$  和  $b=5\text{ cm}$ . 试问, 观察者的眼应放在什么位置时才能看到整个物体的像? 若使观察者能看到整个物体的像, 则物体的最大高度为多少?

**4.38** 小型凸面镜的高度(相当于球冠底面直径)为  $d=5\text{ cm}$ , 焦距为  $f=7.5\text{ cm}$ , 某人脸长为  $l=20\text{ cm}$ , 他想从该凸面镜中看到自己的整个面孔, 试问脸离凸面镜的距离应为多少?

**4.39** 曲率半径都为  $R$  的凸面镜和凹面镜各一个, 两镜面相对放置, 它们之间的距离为  $2R$ . 要想使光线先经凸面镜反射后再经凹面镜反射, 然后会聚在光源  $S$  所在的点上, 那么, 应该把点光源  $S$  放在公共轴的哪一点上? 假如光线是先经凹面镜反射后经凸面镜反射, 那么, 光线会聚在什么地方?

**4.40** 在直立的平面镜前放置一个半径为  $R$  的球形玻璃鱼缸, 缸壁很薄, 球形鱼缸中心距镜面为  $3R$ , 缸内充满水, 远处一观察者通过球心、并以与镜面垂直的方向注视鱼缸. 一条小鱼在离镜面近处以速度  $v_0$  沿鱼缸游动, 求观察者看到鱼的两个像的相对速度, 如图所示. 水的折射率为  $n=\frac{4}{3}$ .

**4.41** 如图所示, 有一个半径为  $R$  的透明材料制成的球,  $AB$  为其一条直线,  $AB$  两点附近的球表面透光, 球表面的其他大部分均涂黑而不透光. 今在球内  $B$  处有一个小发光泡.

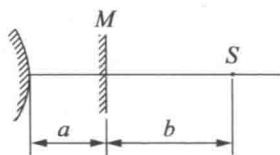
(1) 在球的左侧外部  $AB$  直线上进行观察时, 试讨论像的位置与球折射率  $n$  的关系.

(2) 若球的折射率  $n$  为已知, 像在球的右侧, 则小泡的像距  $B$  点多远?

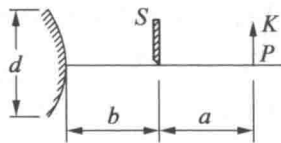
(3) 在(2)中像的垂轴放大率为多少?

(4) 若在球的左侧贴近  $A$  处置一平面镜, 其镜面与  $AB$  垂直, 并与球面相切, 试求  $n$  为何值时, 可使(2)中所成的虚像再经此系统的作用, 最后在球的右侧成实像.

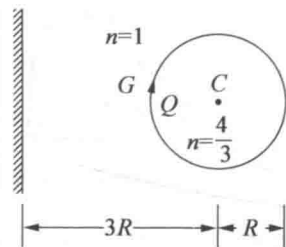
心得体会 拓广疑问



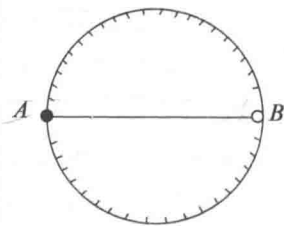
4.36 题图



4.37 题图



4.40 题图



4.41 题图

心得体会 拓广 疑问

4.42 曾经有人建议,让一个水银平盘以角速度  $\omega$  绕垂直于其自身的轴旋转,用它来作为天文望远镜的反射型物镜,问:

(1) 这样得到的反射面方程是什么?

(2) 这个平盘旋转的角速度为多少时,可以得到一个焦距为  $f=0.10\text{ m}$  的透镜?

4.43 如图所示,一抛物反射镜方程为  $y^2 = 2ax$ ,当受到一束平行于  $x$  轴的平行光照射时,其反射光线与  $x$  轴相交于何处?

4.44 证明:若旋转椭球体的折射率  $n = \frac{1}{e}$  (其中  $e$  为椭球体的偏心率),则从空气中与  $x$  轴平行地射到椭球体上的宽光束,将会聚到椭球的左焦点上.

4.45 半径为  $R$  的透明球的折射率为  $n$ ,其外部包有许多层厚为  $d$  的透明介质,由里向外介质层的折射率均匀减小,第  $k$  层介质的折射率为  $n_k = n - akd > 1$ . 在透明球内有一点光源,它发出的光以  $i_1 = 30^\circ$  入射角射向球面时,此光在距球心多远处发生全反射?

4.46 在光导纤维制造过程中,由于拉伸速度不均匀,会使拉出的光纤偏离均匀的圆柱形而呈圆锥状. 现把一段长为  $l$ , 折射率为  $n = 1.5$  的光纤简化为细长圆锥的一部分,其顶角很小,两端截面的半径分别为  $R_1$  和  $R_2$ ,  $R_1$  略大于  $R_2$ . 过光纤轴线的剖面如图所示.

(1) 若将该光纤置于空气中,求在图示平面内从大头入射并能从小头出射光线的最大入射角.

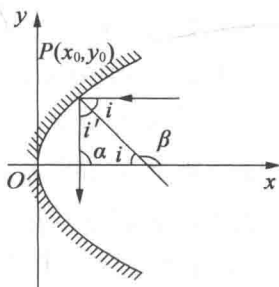
(2) 计算以最大入射角入射的光线在光纤中反射的次数.

4.47 有一根放在空气中的玻璃棒,折射率  $n = 1.5$ ,中心轴长为  $l = 0.45\text{ m}$ ,一端是半径为  $R_1 = 0.1\text{ m}$  的凸球面.

(1) 要使玻璃的作用相当于一架理想天文望远镜(即主光轴上无限远处物成像于主光轴上无限远处的望远系统),取中心轴线为主光轴,则玻璃棒另一端应磨成什么样的球面?

(2) 对于这根玻璃棒,由于无限远物点射来的平行入射光束与玻璃棒的主光轴成小角度  $\varphi_1$  时,从玻璃棒射出的平行光与主光轴成小角度  $\varphi_2$ ,求  $\frac{\varphi_2}{\varphi_1}$  (此比值等于此玻璃棒望远系统的视角放大率).

4.48 如图所示,有一高脚杯内底面为一凸起的球面,球心在



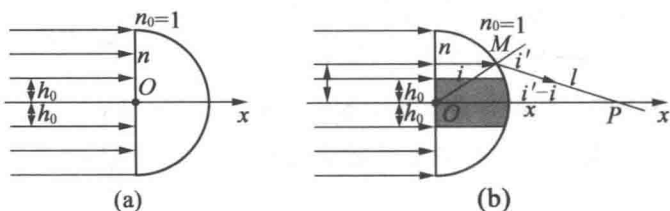
4.43 题图



4.46 题图

顶点  $O$  下方玻璃中的  $C$  点,球面的半径为  $R=0.015\text{ m}$ ,  $O$  到杯口平面的距离为  $0.080\text{ m}$ ,在杯脚底中心处  $P$  点紧贴一张画片, $P$  点距  $O$  点为  $0.063\text{ m}$ . 这个酒杯未斟酒时,若在杯口处向杯底方向观看,看不出画片上的景物;但如果斟满了酒,再在杯口处向杯底方向观看,则能看到画片上的景物. 已知玻璃的折射率为  $n_1=1.56$ ,酒的折射率为  $n_2=1.34$ . 试分析这一现象.

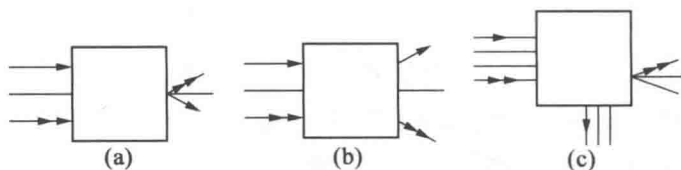
**4.49** 如图所示,一半径为  $R$ 、折射率为  $n$  的玻璃半球放在空气中,平表面中央半径为  $h_0$  的区域被涂黑. 一平行光束垂直入射到此平面上,正好覆盖整个表面.  $Ox$  为以球心  $O$  为原点、与平面垂直的坐标轴. 试求出坐标轴  $Ox$  上玻璃半球右边有光线通过的各点(有光线段)和无光线通过的各点(无光线段)的分界点坐标.



4.49 题图

### 4.1.4 透 镜

**4.50** 如图所示,用单色平行光束从左方射入各个方框,试问方框内应放上什么透镜及其他光学元件,才会产生图中的效果?(出射光中单箭头和双箭头应与入射光中的单箭头和双箭头对应)



4.50 题图

**4.51** 物体  $AB$  被放在一薄凸透镜的焦点  $F$  和光心  $O$  之间,并垂直于透镜的主光轴. 透镜的大小、焦点的位置、物体  $AB$  的长度和位置如图所示. 试问:要想看到物体  $AB$  完整的像,眼睛应放在什么位置?

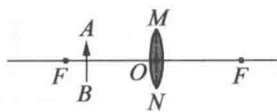
**4.52** 点光源  $S$  分别位于凸透镜和凹透镜前,入射光线  $SA$  及其出射光线  $AB$ 、光心  $O$  的位置均为已知,如图(a)和(b)所示. 试作图找出另一条入射光线  $SC$  经透镜折射后的出射光线.

**4.53** 如图所示, $O$  为凸透镜的光心, $CD$  为物体某一端点发

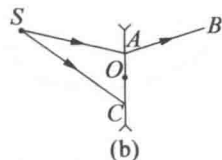
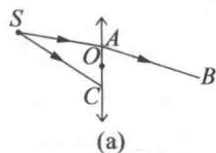
心得 体会 拓广 疑问



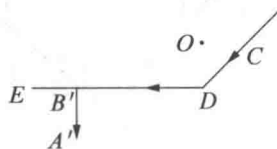
4.48 题图



4.51 题图



4.52 题图



4.53 题图

出的入射到透镜上的光线,水平光线  $DE$  为它的折射光线, $D$  在  $O$  的正下方, $A'B'$  为物体的像, $AB$  与  $DE$  垂直,试用作图法找出物体  $AB$  的位置.

**4.54** 如图所示, $L$  为凹透镜, $F$  和  $F'$  为它的两个焦点,已知点光源  $S$  通过  $L$  的两条折射光线,且其中一条折射光线的反向延长线通过焦点  $F'$ ,试用作图法求出光源  $S$  的位置.

**4.55** 如图所示,光线①平行于主光轴,光线②是射向凸透镜的一条任意光线,而光线④是光线②通过透镜后的折射光线,试画出光线①、③的折射线.

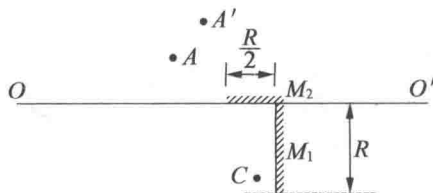
**4.56** 如图所示, $MN$  为通过透镜光心与主光轴垂直的直线,物体经透镜成的像为  $A'B'$ ,物体的一端点  $A$  点的像点为  $A'$ . 试用作图法找出物体的另一端点  $B$ .

**4.57** 已知透镜主光轴  $OO'$ ,发光点  $A$ , $A$  经透镜所成的像  $A'$ ,以及两个互相垂直且几何尺寸、位置都已给定的平面镜  $M_1$  和  $M_2$ ,如图所示:

(1) 在题中给定的图面上,用作图法画出透镜的位置和大小及焦点的位置,已知透镜的直径为  $2R$ .

(2) 图中的物点  $C$  对整个光学系统成几个实像? 几个虚像?

(3) 在题中给定的图面上,再画出  $C$  点所成实像的光路图.



4.57 题图

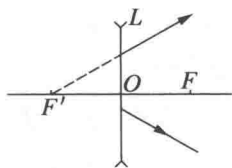
**4.58** 一束会聚光束以  $MN$  为中心线会聚于  $A$  点,如图所示.  $A$  点和  $MN$  上  $O$  点相距为  $d$ ,如果以  $MN$  为主光轴,在  $O$  点放一焦距为  $f$  的凹透镜. 试证明只有当  $d < f$  时,光束才能在透镜的另一侧会聚成一实像,而且  $A$  靠焦点  $F$  越近,光束的会聚点  $A'$  离透镜的光心越远.

**4.59** 在挡光屏上挖一个圆孔,通过圆孔射出一束会聚光束,光束的光锥顶点  $S$  离屏的距离为  $15\text{ cm}$ ,如图所示.

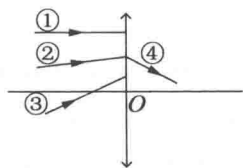
(1) 若在圆孔上放一焦距为  $30\text{ cm}$  的凸透镜,试问该光束的顶点如何改变?

(2) 若在圆孔上放一焦距为  $30\text{ cm}$  的凹透镜,则光束的顶点

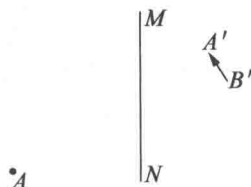
心得体会 拓广 疑问



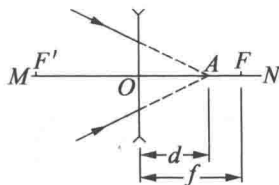
4.54 题图



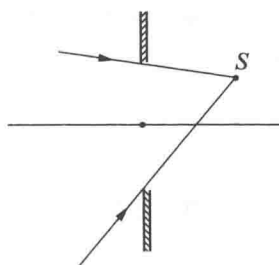
4.55 题图



4.56 题图



4.58 题图



4.59 题图



又如何改变?

**4.60** 在镜前 10 cm 处放一物体,经镜子反射后得一缩小的实像,物与像相距 16 cm,问此镜是凸镜还是凹镜?若是透镜,那么是凸透镜还是凹透镜?其焦距是多少?

**4.61** 物和屏间相距  $l$ ,其间可用凸透镜在两个位置上使物体两次在光屏上成清晰的像,如果两次像宽分别为  $l_1$  和  $l_2$ ,试证明:物高  $l = \sqrt{l_1 l_2}$ .

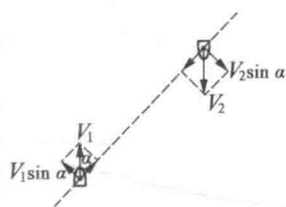
**4.62** 点光源以 4 cm/s 的速度向与凸透镜主光轴垂直的方向运动,透镜的焦距为 20 cm,点光源在主光轴上的投影距透镜光心为 30 cm,试求点光源像的运动速度.

**4.63** 在焦距  $f = 10$  cm 的凸透镜的主光轴上,沿轴放一粗细均匀的细棒  $AB$ ,  $AB$  长为  $l = 5$  cm,  $A$  端到透镜光心的距离为  $OA = 20$  cm. 试用作图法找出端点  $A$  和  $B$  的像,并问像的哪端较粗?

**4.64** 凸透镜的焦距为  $f = 5$  cm,有一个发光点位于主光轴上,物距为  $u = 6$  cm,如果将透镜从光心处剖开成上、下两块,这两块分别向原点光轴的上方和下方移动距离均为  $d = 0.2$  cm,试问发光点的成像在何处?

**4.65** 摄影师想拍摄一辆以速度  $V = 72$  km/h 行驶的汽车,照相机镜头的焦距为  $f = 13$  mm,汽车离相机为  $u = 26$  m,要求底片上汽车轮廓移动不超过  $l = 0.05$  mm,试求曝光的时间  $t$ .

**4.66** 甲、乙两船相对行驶速度分别为  $V_1 = 5$  m/s 和  $V_2 = 10$  m/s. 在两船连线与速度方向成  $45^\circ$  角、两船相距为  $u = 150$  m 时,甲船上的摄影师拍摄乙船的照片,如图所示. 要使底片上像移动的距离不超过  $\Delta r = 0.03$  mm,试问曝光的时间  $\Delta t$  不应大于多少?相机的镜头焦距为  $f = 5$  cm.

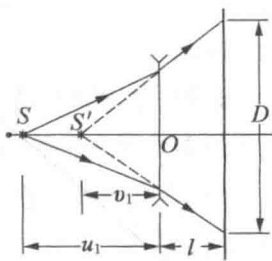


4.66 题图

**4.67** 物体和光屏平行相距为  $l = 90$  cm,要使物体在光屏上得到面积放大 64 倍的像,试问应选用何种透镜?其焦距  $f$  为多大?透镜应放在什么地方?

**4.68** 凸透镜的焦距和直径分别为  $f = 10$  cm 和  $D = 4$  cm,在透镜一侧的主光轴上放一点光源  $S$ ,另一侧放一光屏.当  $S$  的物距为  $u_1 = 30$  cm 时, $S$  在光屏上成清晰的像,若使  $S$  的物距为  $u_2 = 20$  cm,试问光屏上光斑的直径  $d$  为多大?

**4.69** 如图所示,凹透镜的焦距和直径分别为  $f$  和  $D_0$ .点光源离透镜的距离为  $u_1$  ( $u_1 > f$ ),并在主光轴上,光屏离透镜的距离为  $l$ ,点光源经过透镜折射后在光屏上得到直径为  $D$  的光斑.如将点



4.69 题图

心得体会 拓广疑问