

# 前 言

“奥林匹克”四个字早已超越了体育的界限，而成为一种精神的象征。因此，国际奥林匹克学科竞赛所倡导和弘扬的人文精神以及它背后隐含的对科学人才的成长乃至对科技发展的推动力已日渐为世人所瞩目。我国自1985年首次参加国际中学生数学奥林匹克竞赛以来，相继参加了物理、化学奥林匹克竞赛，连年取得优异的成绩，曾多次获得团体总分第一。它不仅激发了我国中学生的学习兴趣和竞赛热情，对我国学科人才的培养也起到了积极的推动作用。

为了配合我国奥林匹克学科竞赛活动的开展，为了适应广大中学生对奥林匹克竞赛指导教程的需要，以及为了给从事中学奥赛辅导及研究的教育工作者提供有益的参考资料，我们组织全国各地的部分专家、学者主持编写了《奥赛王牌精解》丛书。本丛书的宗旨是为广大的师生提供切实有用的奥赛辅导书，推动奥林匹克学科竞赛的普及。丛书体系以我国现行的初中、高中数学、物理、化学各学科竞赛大纲为依据。合理的将大纲设计的内容划分为若干章，章下又分若干专题。每专题下设“知识要点”、“范例精解”、“巩固练习”三个板块，不但讲述了竞赛所需的知识，并在思维方法和能力训练方面为学生提供了更多的启示和帮助。

本丛书的作者均是来自各省、市重点中学的特、高级教师，博士、硕士，他们或是中国奥林匹克竞赛的（省级）总教练，或是高级教练、一级教练，长期担任中学奥赛的组织、培训工作，有着丰富实用的竞赛教学经验，所培养出的参赛选手多次获得国际奥赛奖牌，为祖国赢得了荣誉。

本丛书编写过程中使用了众多的参考文献，在此向文献的作者致以衷心的感谢。由于时间仓促，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请专家、读者批评指正。

《奥赛王牌精解》编委会

2004年8月

# 目录

# Contents

## 第一章 声现象

- 第一节 声音的产生与传播 ..... (001)
- 第二节 我们是如何听到声音的 ..... (009)
- 第三节 声音的特性 ..... (013)
- 第四节 噪声的危害和控制 ..... (017)
- 第五节 声音的利用 ..... (021)
- 第一章测试题 ..... (023)

## 第二章 光现象

- 第一节 光的传播 颜色 ..... (026)
- 第二节 光的反射 ..... (037)
- 第三节 平面镜 ..... (043)
- 第四节 光的折射 ..... (061)
- 第五节 看不见的光 ..... (069)
- 第二章测试题 ..... (072)

## 第三章 透镜及其应用

- 第一节 透镜 ..... (077)
- 第二节 生活中的透镜 ..... (085)
- 第三节 凸透镜成像规律 ..... (090)
- 第四节 眼睛和眼镜 ..... (116)
- 第五节 显微镜和望远镜 ..... (119)
- 光学“黑盒子”问题 ..... (122)
- 第三章测试题 ..... (124)

## 第四章 物态变化

- 第一节 温度计 ..... (128)
- 第二节 熔化和凝固 ..... (138)
- 第三节 汽化和液化 ..... (144)
- 第四节 升华和凝华 ..... (152)
- 第四章测试题 ..... (155)

## 第五章 电流和电路

- 第一节 电流和电路 ..... (159)
- 第二节 串联和并联 ..... (171)
- 第三节 电流的强弱 ..... (178)

|                    |         |
|--------------------|---------|
| 第四节 探究串、并联电路中电流的规律 | → (184) |
| 第五节 家庭用电           | → (188) |
| 第五章测试题             | → (193) |

## 第六章 欧姆定律

|                  |         |
|------------------|---------|
| 第一节 电压           | → (197) |
| 第二节 探究串联电路中电压的规律 | → (201) |
| 第三节 电阻           | → (205) |
| 第四节 欧姆定律         | → (217) |
| 第五节 测量小灯泡的电阻     | → (231) |
| 第六节 欧姆定律和安全用电    | → (239) |
| 第六章测试题           | → (241) |

## 第七章 电功率

|                  |         |
|------------------|---------|
| 第一节 电能           | → (247) |
| 第二节 电功率          | → (254) |
| 第三节 实验:测量小灯泡的电功率 | → (265) |
| 第四节 电和热          | → (270) |
| 第五节 电功率和安全用电     | → (278) |
| 第七章测试题           | → (283) |

## 第八章 电与磁

|               |         |
|---------------|---------|
| 第一节 磁场        | → (286) |
| 第二节 电生磁       | → (292) |
| 第三节 电磁继电器 扬声器 | → (299) |
| 第四节 电动机       | → (304) |
| 第五节 磁生电       | → (311) |
| 第八章测试题        | → (318) |

## 第九章 信息的传递

|               |         |
|---------------|---------|
| 第一节 现代顺风耳——电话 | → (322) |
| 第二节 电磁波的海洋    | → (327) |
| 第三节 电视和移动通信   | → (331) |
| 第四节 越来越宽的信息之路 | → (336) |
| 第九章测试题        | → (339) |

|        |         |
|--------|---------|
| ● 参考答案 | → (343) |
|--------|---------|

## 第一节 声音的产生与传播

### 重点精讲

#### 1 声音的产生

声音是由于物体的振动而产生的。

物体在某一个位置附近所做的往复运动叫做振动。在物理学中,振动通常是周期性振动,即经过一定时间,物体又恢复原来形状、回到原位置。观察任何一个发声的物体,都能发现它们在振动,不振动的物体是不会发声的。

正在振动的发声物体叫声源。声源可以是固体、液体、也可以是气体。

#### 2 介质

声音的传播需要物质,物理学中把这样的物质叫做介质。

声音靠介质传播。声音传播的具体过程是:振动的物体带动周围的物质运动,产生相应的振动,这些振动的物质,又带动较远的其他物质振动,使振动向外传播。发声物体产生的振动,由近及远的传播形成声波。如果发声体的周围没有物质,不能将振动向外传播,也就无法形成声波。

#### 3 声音产生的条件

(1)声源;(2)介质

#### 4 声波在界面的反射

声波遇到障碍物时,将在界面发生反射。声波在大面积障碍物上的反射叫做回声。如果回声到达人耳比原声晚0.1秒以上,人耳能把回声和原声区分开来;如果不到0.1秒,回声和原声混在一起,加强了原声。

#### 5 声速

声音在单位时间内传播的距离叫做声速。

声音传播速度由介质决定,介质不同声音的传播速度也不相同。声音的传播速度还与温度有关。声音的传播速度称为声速。空气中声音的传播速度约为341米/秒;声音在液体中的传播速度较快,25℃的海水中的声速是1531米/秒,声音在固体中传播的速度最大,钢、铁中的声速约为5000米/秒。通常情况下,声音在





固体中传播速度大于在液体中传播速度,液体中传播速度大于气体中传播速度.



## 范例精解

**例1** 把一个鼓平放后,在上面放一些纸屑,然后用锤敲打鼓面使之发声,这时会看到什么现象?此现象说明了什么?

**解析** 会看到纸屑在鼓面上不停地上下跳动.这是因为鼓面被敲打后会振动,放在鼓面的纸屑受到鼓面的作用力,随鼓面上下运动.鼓面在振动的同时发出声音.此现象说明了振动的物体发出声音,并且能够驱动其他物体跟随一起振动.

**点评** 要求学生有较强的观察能力,并能用所学知识解释实际生活中的问题,注意理论联系实际.

**拓展一** 在敲响寺庙里的大钟后,有同学发现,已停止了对大钟的撞击,大钟仍“余音未绝”分析其原因.

**解析** 声音是物体振动产生的,所以在敲大钟时,大钟由于振动而发声;停止了对大钟的撞击后,物体由于具有惯性,大钟仍在振动,所以还能继续发声,便有了大钟仍“余音未绝”的说法.

**拓展二** 上题中大钟的声音为什么越来越弱?

**解析** 停止了对大钟的撞击后,物体由于具有惯性,大钟仍在振动,但由于空气阻力作用,钟的振幅越来越小,所以声音听起来越来越弱,直到大钟停止振动,也就听不到声音了.

**点评** 本题考察了物体的惯性,任何物体都具有惯性,同时还要求同学们注意观察日常生活中的一些现象,并养成利用所学知识解决实际问题的习惯;培养同学分析问题和观察问题的能力.

**例2** 在狭小的屋子里说话,听起来比在野外宏亮得多,原因是什么?

**解析** 在狭小的屋子里说话,声音被墙壁反射回来再传入人耳,就可以听到回声,但由于屋子较小,回声传到人耳时与原声相差的时间不到0.1秒,这时回声与原声混在一起,使原声加强.在空旷的野外说话,没有回声传入人耳,只有原声,声音得不到加强,因此,在较小的屋子里说话听起来比野外宏亮得多.

点评

人们听到回声的条件是：回声到达人耳的时间比原声音滞后 0.1 秒以上，人们才能区别原声与回声。若在 0.1 秒以内则回声加强了原声，便区别不开原声与回声了。

拓展一 我们要听到回声，离障碍物至少要多远？

解析 这是路程问题，用公式  $s = vt$  来求解时，声音在空气中的传播速度是 340m/s，把原声和回声分辨开至少需要 0.1s 时间，那么是不是障碍物就离我们 有： $340\text{m/s} \times 0.1\text{s} = 34\text{m}$  的距离呢？

从图 1-1 中可以看出，声音从发出到听到回声经过的路程是两个  $s_1$  的长度，在 0.1s 时间内声音传播了  $2s_1$  的距离，所以得出距离应为 17m。

设人距离障碍物  $s_1$ ，根据  $v = \frac{s}{t}$

$$\begin{aligned} s &= v \cdot t \\ &= 340\text{m/s} \times 0.1\text{s} \\ &= 34\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{又} \because s &= 2s_1 \\ \therefore s_1 &= 17\text{m} \end{aligned}$$

答：我们要听到回声，至少要离障碍物 17m。

拓展二 利用超声波可测海洋深度，已知声音在海水中的传播速度是  $1.5 \times 10^3\text{m/s}$ ，若发出信号 8s 秒钟后，收到反射回来的声波，求海洋深度是多少？

解析 解题思路仍如前例，根据题作图 1-2

设海洋深度是  $s_1$ ，

根据  $s = vt$ 。

$$\begin{aligned} \text{有 } s_1 &= 1.5 \times 10^3\text{m/s} \times 8\text{s} \\ &= 12 \times 10^3\text{m} = 1.2 \times 10^4\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{又} \because s &= 2s_1 \\ \therefore s_1 &= 0.6 \times 10^4\text{m} = 6 \times 10^3\text{m} \end{aligned}$$

答：海洋深度为 6000m。

拓展三 有一山峡宽 1200 米，两侧为竖直陡壁，有人在山峡内放了一枪，他听到头两次回声间隔 5 秒，求人离两旁陡壁的距离分别是多少？

解析 该题的关键是要弄清两个问题：一是枪声从放枪地点传到陡壁又反射回放枪处，所以放枪地点到陡壁的距离是声音所走路程的一半；二是人听到两次回声时间间隔是 5 秒，如果声音向较近的陡壁传播并返回的时间是  $t_1$ ，则向另一

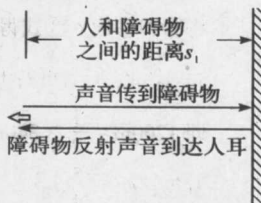


图 1-1

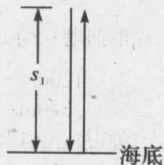


图 1-2

侧较远的陡壁传播并返回的时间  $t_2 = t_1 + 5\text{s}$  (或  $t_2 - t_1 = 5\text{s}$ ) 由题意作图 1-3 所示。

**解法一**

放枪地点距较近一侧陡壁的距离

$$s_1 = \frac{1}{2} v t_1 \quad \text{①}$$

放枪地点距较远一侧陡壁的距离

$$s_2 = \frac{1}{2} v (t_1 + 5\text{s}) \quad \text{②}$$

两陡壁之间的距离为  $s = s_1 + s_2$  ③

将①和②代入③式得:

$$s = \frac{1}{2} v t_1 + \frac{1}{2} v (t_1 + 5\text{s})$$

$$\text{即 } 1200\text{m} = \frac{1}{2} \times 340\text{m/s} \times (2t_1 + 5\text{s})$$

$$\text{解得: } t_1 = \frac{35}{34}\text{s}$$

将  $t_1$  代入①、③分别解得:

$$s_1 = \frac{1}{2} \times 340\text{m/s} \times \frac{35}{34} = 175\text{m}$$

$$s_2 = s - s_1 = 1200\text{m} - 175\text{m} = 1025\text{m}$$

**解法二**

设放枪地点到较近的陡壁距离是  $s_1$ , 则放枪地点到较远的陡壁距离  $s_2 = 1200 - s_1$ , 如果声音向较近的陡壁传播并返回的时间是  $t_1$ , 向另一侧面较远的陡壁传播并返回的时间是  $t_2$ , 则  $t_2 - t_1 = 5\text{s}$ 。

$$\text{根据题意列方程: } \frac{2(1200\text{m} - s_1)}{v} - \frac{2s_1}{v} = t_2 - t_1$$

$$\text{即 } \frac{2(1200\text{m} - s_1)}{340\text{m/s}} - \frac{2s_1}{340\text{m/s}} = 5\text{s}$$

$$\text{解得: } s_1 = 175\text{m}$$

$$s_2 = 1200\text{m} - s_1 = 1200\text{m} - 175\text{m} = 1025\text{m}$$

### 点评

从发声体发出的声音向四面八方立体空间传播。研究声音的传播时, 可以认为声音做匀速直线运动, 因此可用匀速直线运动的规律求解路程(或距离)、时间、速度。运算时注意所用物理量的单位及其单位换算关系。解法一是用了一般分析方法; 而解法二是用了等量关系列方程解题。

**拓展四** 一列匀速行驶的火车, 在距峭壁前 532.5 米处鸣笛, 经过 3 秒钟司机听到回声, 已知声音速度为 340 米/秒, 则火车的行驶速度是多少?

(全国物理知识竞赛长沙赛区复赛)



图 1-3

**解析** 根据题意,火车鸣笛后声音向前传播并在山崖处反射形成回声,回声返回,同时,汽车继续向前匀速运动,图 1-4 为本题的示意图。

设火车在 A 处鸣笛,在 B 处听到回声,在这段时间内,火车运动的距离为 AB,声音通过的距离为 AM + MB;火车速度为  $v_1$ ,声音在空气中的速度为  $v_2$ ,有关系

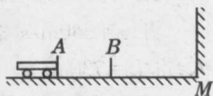


图 1-4

$$AB = v_1 t,$$

$$AM + MB = v_2 t$$

$$\text{得 } v_1 = \frac{2AM}{t} - v_2$$

将火车鸣笛时的距离  $AM = 532.5\text{m}$ ,听到回声所经历的时间  $t = 3\text{s}$ ,声速  $v_2 = 340\text{m/s}$ 代入,可求出汽车行驶速度。

$$v_1 = \frac{2 \times 532.5\text{m}}{3\text{s}} - 340\text{m/s} = 15\text{m/s}$$

**点评**

本题考查对声音传播过程的进一步理解,讨论运动物体与声音的相对运动。要求学生分析清楚物理过程,并做出正确的物理图像,同时要注意运动的方向。解题时养成画简单示意图的良好习惯,能帮助进行分析和讨论。

**拓展五** 有甲、乙二人利用回声测量河岸到峭壁的距离,乙站在岸边,甲站在距峭壁较远处。甲、乙连线与峭壁垂直,相距 50 米。如果甲放一枪,乙测出所听到的两次枪声时间差为 4 秒,求河岸到峭壁的距离。

**解析** 根据题意,画出图 1-5(1)乙所听到的两次枪声,一次是声波到达乙处,另一次是经峭壁反射到达乙处,若河岸(也就是乙所在的位置)与峭壁的距离为  $L$ ,甲与乙的距离为  $s$ ,则回声所通过的距离为  $s' = s + 2L$ ,乙听到的两声枪响的时间差

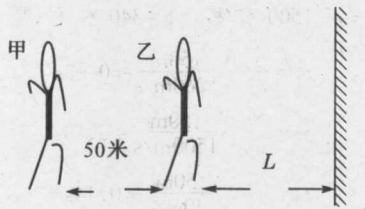


图 1-5(1)

$$\Delta t = \frac{(s+2L)}{v} - \frac{s}{v}$$

$$\text{得 } \Delta t = \frac{2L}{v}, 2L = v\Delta t$$

将  $v = 340\text{m/s}$ ,  $\Delta t = 4\text{s}$  代入,得  $L = 680\text{m}$

若甲站在峭壁较远处,画出图 1-5(2),则解答为

$$\Delta t = \frac{(2L-s)}{v} - \frac{s}{v},$$

$$\text{得 } \Delta t = \frac{2L - 2s}{v}$$

$$2L = (v\Delta t) + 2s$$

将  $v = 340\text{m/s}$ ,  $\Delta t = 4\text{s}$ ,  $s = 50\text{m}$  代

入, 得  $L = 730\text{m}$ .

河岸到峭壁的距离为:

$$L - s = 680\text{m}$$

答: 河岸到峭壁的距离是 680m.

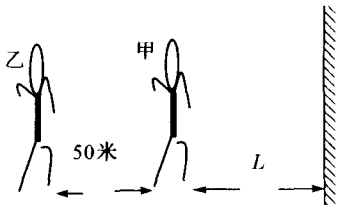


图 1-5(2)

### 点评

声音向四面八方传播, 碰到障碍物会产生回声现象. 画出声音传播图是本题的关键.

**例3** 甲同学把耳朵贴在一根长为 150 米且充满水的钢管一端, 乙同学在钢管的另一端敲一下钢管, 问甲同学能听到几次响声? (声音在钢中传播速度为 5200 米/秒, 在水中传播速度为 1500 米/秒)

**解析** 声音在钢管、水、空气中都能传播, 而且传播速度不同, 因而这三个声音到达人耳的时间也不同, 但不能不加思索地回答: 甲同学能听到三次响声. 这是不对的, 因为人能区分两次声音的时间间隔至少为 0.1 秒, 所以到底能听到几次响声, 需要计算才能知道, 设声音在钢管、水、空气中传播的速度分别为  $v_1$ 、 $v_2$ 、 $v_3$ , 它们到达人耳的时间分别为  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ , 已知:  $s = 150$  米,  $v_1 = 5200$  米/秒,  $v_2 = 1500$  米/秒,  $v_3 = 340$  米/秒, 则  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  分别为:

$$t_1 = \frac{s}{v_1} = \frac{150\text{m}}{5200\text{m/s}} \approx 0.03\text{s}$$

$$t_2 = \frac{s}{v_2} = \frac{150\text{m}}{1500\text{m/s}} = 0.10\text{s}$$

$$t_3 = \frac{s}{v_3} = \frac{150\text{m}}{340\text{m/s}} \approx 0.44\text{s}$$

$$t_2 - t_1 = 0.10\text{s} - 0.03\text{s} = 0.07\text{s} < 0.1\text{s}$$

$$t_3 - t_2 = 0.44\text{s} - 0.10\text{s} = 0.34\text{s} > 0.1\text{s}$$

所以甲同学不能区分第一、第二次声音, 但能区别第二、第三次声音, 所以他只能听到两次响声.

**拓展** 如果要使甲同学能听到三次响声, 则钢管至少要多长呢?

如能区分第一、第二次声音, 钢管长至少应为  $s\text{m}$

$$\text{则有 } t_2 - t_1 = \frac{s}{v_2} - \frac{s}{v_1} = \frac{s(v_1 - v_2)}{v_1 v_2} \geq 0.1\text{s}$$

$$\text{即 } s \geq 0.1\text{s} \times \frac{v_1 v_2}{v_1 - v_2} = 0.1\text{s} \times \frac{5200\text{m/s} \times 1500\text{m/s}}{5200\text{m/s} - 1500\text{m/s}} \approx 210.8\text{m}$$

为能区分第二、第三次声音,钢管长至少为  $s'$  m

$$\text{同理可求得 } s' \geq 0.1\text{s} \times \frac{v_2 v_3}{v_2 - v_3} = 0.1\text{s} \times \frac{1500\text{m/s} \times 340\text{m/s}}{1500\text{m/s} - 340\text{m/s}} \approx 44\text{m}$$

综上所述,甲同学要听到三次声音,钢管至少要长 210.8m

**点评**

这是一道由声学知识和运动知识组成的声学运用综合题.不但要求会计算和区分声音在不同介质中传播的时间(由于声音在介质中传播速度不同,所以传播相同距离所需时间不同),而且还要求熟悉人耳能分辨声音的最短时间.要求同学养成全面、多角度思考问题的良好习惯.



## 巩固练习

### 一、选择题

- 雷声是下列哪一种物质振动发声 ( )  
A. 固体      B. 液体      C. 气体      D. 气体和液体
- 桌子上的鱼缸中有若干条金鱼,敲击桌子,鱼立即受惊,这时鱼收到声波的主要过程是 ( )  
A. 空气—水—鱼      B. 桌子—空气—水—鱼  
C. 桌子—鱼缸—水—鱼      D. 桌子—空气—水—鱼
- 下面叙述中错误的是 ( )  
A. 声音在真空中传播的速度最快  
B. 声音可以在液体中传播  
C. 只要有回声到达人耳,人就能把回声和原声区分开  
D. 声音在不同介质中传播速度不同
- 100 米赛跑时,终点的计时员必须看到发令枪的烟火就开始计时,如果比赛时的空气温度为  $15^\circ\text{C}$ ,计时员听到枪声时才开始计时,所记录的成绩与运动员的实际成绩相比,一定 ( )  
A. 少了 2.94 秒      B. 多了 2.94 秒  
C. 少了 0.294 秒      D. 多了 0.294 秒
- 若声音在空气中的传播速度为  $v_1$ ,在钢轨中的传播速度为  $v_2$ ,已知  $v_2 > v_1$ ,有人用锤子敲了一下钢轨的一端,另一人在另一端听到两次声音的时间间隔为  $t$ ,下列说法正确的是 ( )





A. 钢轨长为  $\frac{v_1 \cdot v_2}{v_2 - v_1} t$

B. 钢轨长为  $(v_2 - v_1)t$

C. 声音沿钢轨从一端传到另一端用的时间为  $\frac{v_1 t}{v_2 - v_1}$

D. 声音沿钢轨从一端传到另一端用的时间为  $t$

6. 在哪些情况下,两个人不用其他设备就不能直接听到对方发出的声音 ( )

A. 在月球上

B. 一个在岸上,一个在水下

C. 在漆黑的房间里

D. 分别坐在两架相向飞行的超音速飞机上

7. 雷雨天,先看到闪电后听到雷声的原因是 ( )

A. 闪电和雷声同时发生,但光速比声速快

B. 闪电发生在前,雷声发生在后

C. 光传播不需要时间

D. 以上都不对

(全国物理知识竞赛广西赛区)

8. 小孩用嘴巴把一个气球吹大,由于小孩用力太大,气球被吹破了,发出“嘭”的一个大响声,这响声是由于 ( )

A. 球皮被吹大时振动发出响声

B. 吹气时球内空气振动发出响声

C. 破裂时球皮振动发出响声

D. 球破裂时引起周围空气振动发出响声

(全国物理知识竞赛福建省赛区复赛)

## 二、填空题

1. 甲同学的耳朵贴在足够长的自来水管(管中有水)的一端,乙同学在管的另一端敲打一下这根管子,在水管足够长的情况下,甲同学能听到\_\_\_\_\_次响声.人可分清两次声音的条件是两次声音到达耳朵的时间间隔在\_\_\_\_\_钟以上.

(全国物理知识竞赛广西赛区复赛)

2. 声音在空气中的传播速度是 340 米/秒,光在空气中的传播速度接近  $3 \times 10^8$  米/秒.雷雨天,小王看见闪电后 5 秒钟听到雷声,打雷处距离小王\_\_\_\_\_千米.

(全国物理知识竞赛广东赛区复赛)

3. 小明测得看到闪电与听到雷声的时间间隔为  $t$ ,如果光速为  $c$ ,声速为  $v$ ,则打雷地点与小明之间的距离  $s =$  \_\_\_\_\_,由于\_\_\_\_\_,所以可取  $s \approx vt$ .

(全国物理知识竞赛福建省赛区复赛)

### 三、计算题

1. 从捕鱼指挥船向某一个方向,定向发出超声波,经过 1.5 秒接收到鱼群的反射波.求鱼群距捕鱼船多远?(声音在水中的传播速度为 1531 米/秒)
2. 在平直的轨道上匀速行驶的一列火车,在快要经过某一小站前鸣笛,6s 后路上的工作人员听到笛声,再经过 62s 火车进站,求站上工作人员听到笛声时,列车距该站多远?(声速 340m/s)
3. 电影“泰坦尼克号”描述的是 1912 年这艘大客轮跟冰山相撞而沉没的悲剧,为了避免这样的悲剧重演,科学家发明了一种叫“回声探测仪”的装置,安装在船上及时发现冰山和暗礁的存在,你能说明这种装置所利用的原理吗?
4. 月球距地球为  $3.84 \times 10^8$ m,如果在月球上发生了一次大爆炸,则月球上的爆炸声经多长时间可以传到地球上来?
5. 夏夜,一个闪电过后 8 秒才传来雷声,雷声隆隆持续了 7 秒才停止,求放电处与你的距离是多少?雷声隆隆的原因是什么?(光的传播时间可忽略)

## 第二节 我们是如何听到声音的

### 重点精讲

#### ① 人类听到声音的基本过程

外界声音引起鼓膜振动,这种振动经听小骨及其他组织传给听觉神经,听觉神经把信号传给大脑,这样人就听到了声音.

#### ② 骨传导

声音通过头骨、颌骨也能传到听觉神经,引起听觉,科学中把声音的这种传导方式叫做骨传导.

#### ③ “双耳效应”

声源到两只耳朵的距离一般不同,声音传到两只耳朵的时候,强弱及其他特征也就不同,这些差异就是判断声源位置的重要基础,这就是双耳效应所以发生的原因.

#### ④ 人是如何利用双耳效应分辨声源方向的

主要有三方面的原因.(1)对同一声音,两只耳朵感受到的强度不同,如声源在左方,则左耳听到的声音比右耳强,这时我们会转动头倾向左方,直到两耳听



到的声音强弱相同为止,此时声源便处在人的正前方或正后方。(2)对同一声音,两只耳朵感觉到的时间有先后,假若声源在左方,左耳比右耳离声源近,声音传来,左耳先听到声音,右耳后听到声音,这个时间上的差别,同样在实践中形成了对声源方向的感觉,这个时间差别越大,就越容易辨别,感觉就越准确。(3)对同一声音,两只耳朵感受到的振动的步调有差别,从而引起两只耳朵的振动步调就不同,这就会引起方向感,进而辨别出声源的方向。

### 5 人是怎样听到声音的

人靠耳朵听取声音,人耳分为外耳、中耳和内耳三部分。如果有声波进入人耳,使得中耳处的耳膜振动,引起内耳处的神经细胞会产生信号,信号传输至大脑形成听觉。

## 范例精解

**例1** 著名的德国音乐家贝多芬晚年耳聋,于是他在一根棒来听钢琴的演奏。具体的做法是:取一根棒,把棒的一端紧贴在钢琴上,用牙齿咬住棒的另一端。请从物理的角度分析。

**解析** 贝多芬耳聋了,无法听到由空气传播的声音,他通过棒把自己和钢琴连在一起,在弹奏钢琴时,琴弦振动带动钢琴振动,与钢琴紧贴在一起的棒和钢琴同频率振动,棒再把振动传给贝多芬的牙齿使内耳振动。通过多个固体物质,声音从琴弦这个发生体传到贝多芬的内耳,使他“听”到了琴声。

**点评** 通常正常人能够听到声音需要四个条件:一是有声波到达人耳,二是人的听觉系统不出故障,三是声响达到一定的强度,四是声音的频率在某一范围内,这四个条件中只要一个条件不满足,人就无法听到声音。在分析人能否听到声音,应从上述四个条件去分析。本题从另一个角度说明了获取声音的途径,也可以通过骨传导。因此我们在思考问题时应全方位、多角度去考虑。

**拓展** 为什么自己的录音听起来不像自己的声音?但听别人的声音,确很像真的。这是什么道理?

**解析** 每个人说话的声音都是独特而难以模仿的。

我们说话或唱歌的时候,是从两个途径听到自己声音:一个是从空气传回耳朵;另一途径是直接由口腔内由头骨传到内耳,这一途径包含较多的低音成分。

别人只听到我们说话时从空气传给他的声音,而听不到从骨传到内耳的声音。录音机收录到的声音也是这样。因此,我们听录音机所放出来自己的声音,就

等于别人所听到的声音,而不是自己一向听惯的声音,故听起来就不像是自己的,但别人的声音却与录音机收录的相同,故听起来很逼真。

**点评** 自然界很多现象可以通过所学物理知识进行解释;生活中所感知的事物,其实往往只是其事物本质的一部份,就像本题所描述的现象一样,因此我们要全面、准确的分析问题。

**例2** 我们总是先看到闪电,后听到雷声,而且是连续不断的雷声,这是连续打雷形成的吗?

**解析** 闪电是云与云之间,或云与大地之间大规模的火花放电现象,云对地面的闪电电流,往往以  $10^5$  米/秒的平均速率沿一条曲折路径向地面接近,当到达离地数十米的地方,就有另一道闪电从地面迎上,与下降的闪电相接。

闪电的电流可达  $10^3$ — $10^5$  安培,闪电的通路只有手指粗细,温度可高达  $30000^\circ\text{C}$ ,比太阳表面的温度( $6000^\circ\text{C}$ )高出许多倍。

由于温度这样高,通路的气柱就发生爆发性膨胀,造成强烈声波,这就是雷声。

一次闪电平均维持时间不足半秒,但我们确听到一段隆隆的雷声,这至少有两个原因:

一是闪电的长度可达几公里,由于声速 340 米/秒,比起闪电的速率小得多,设地上某点有一人,闪电最低点的声波最先传到人耳,然后是中段,最后是最远端,故该人听到较长的雷声。

另一原因,是雷声被云层或远山反射,来来回回,造成较长时间的回声。

**点评** 我们应在日常生活中多注意观察,多积累生活经验,并能利用所学物理知识对日常生活中出现的一些现象加以分析、解释。



## 巩固练习

### 一、选择题

- 下列说法中不正确的是 ( )
  - 在发声的物体不一定在振动
  - 固体、液体、气体都可以成为声源
  - 固体、液体、气体都能传播声音
  - 月球上没有空气,宇航员不能直接交谈
- 不会引起人的听力下降的行为是 ( )

- A. 大声播放随身听                      B. 在迪斯科舞厅的强音乐声中跳舞  
C. 过度燃放爆竹                        D. 轻声朗读课文

3. 宇宙员在月球上谈话,即使离得很近,也必须使用无线电对讲机,这是因为 ( )

- A. 声音不能在真空中传播,无线电波可以在真空中传播  
B. 声音可以在真空中传播,无线电波不能在真空中传播  
C. 声音和无线电波都可以在真空中传播  
D. 声音和无线电波都不能在真空中传播

4. 下列说法正确的是 ( )

- A. 如果在舞台上放一个话筒,将声音放大后通过舞台上左、右两个扬声器播放出来,通过人的两只耳朵便能听到舞台上的立体声  
B. 如果在舞台上左右不同位置放两个话筒,用两条线路分别放大两路声音信号,通过左、右两个扬声器播放出来,通过人的两只耳朵,便能听到舞台上的立体声  
C. 只要在舞台上放两个以上的话筒,用两条以上的线路分通过两个以上的扬声器播放出来,虽然某人有一个耳朵是聋的,也能听到舞台上的立体声  
D. 上述说法均是错误的

5. 下列说法正确的是 ( )

- A. 振动的音叉放在耳朵附近听音叉的声音时,声音是通过耳骨传入耳朵,这种传导方式是骨传导  
B. 振动的音叉放在耳朵附近,用手将耳朵堵住,人也能听到音叉的声音,这种传导方式是骨传导  
C. 某同学用手指将自己的耳朵堵住,把振动的音叉的尾部先后抵前额、耳后的骨头和牙齿上,均能听到音叉的声音,这种传导方式是骨传导  
D. 上述说法均是错误的

## 二、填空题

- 外界传来的声音引起人耳\_\_\_\_\_的振动,这种振动经过\_\_\_\_\_及其他组织传给\_\_\_\_\_,再把信号传给大脑,这样人就听到了声音.
- 声音通过\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_也能传到听觉神经,引起听觉,声音的这种传导方式叫做\_\_\_\_\_.
- 为了检查地下水管是否漏水,工人把一根金属棒一端放在自己的耳边,另一端沿着地面移动.这是因为\_\_\_\_\_.
- 声源到人的两只耳朵的距离一般不同,声音传到两只耳朵的时刻、强弱及其他特征也就不同,这些差异是判断声源方向的重要基础,这就是\_\_\_\_\_.

## 第三节 声音的特性

### 重点精讲

#### 乐音

悦耳动听的声音叫乐音.乐音的声源振动是有周期性的、有规则的.

#### 乐音的三要素

乐音的三要素为:响度、音调和音色

(1)响度:声音的强弱叫响度,又称音量.它是人耳对声音感觉的强弱,是由发声体的振幅决定的.且跟距离声源的远近有关.振幅越大,响度就越大;振幅越小,响度就越小.离发声体越远,声音越分散,响度也就越小.计量声音强弱的单位为分贝,分贝的符号“dB”,分贝数越大,声音越强.

(2)音调:声音的高低叫音调.

音调的高低由声源的振动频率所决定的.而频率就是每秒钟声源振动的次数.频率的单位为赫兹(Hz).频率越高,音调越高;频率越低,音调越低;人耳能够感觉到的声音的频率为20赫兹—20000赫兹之间,低于20赫兹的叫次声波,高于20000赫兹的叫超声波.

(3)音色:又称音品,它反映了声音的品质.

正是因为声音的音色不同,人们才能区分不同的人讲话的声音或者不同的乐器发出的声音.通常声源并不只发出单一频率的纯音,而是由许多个频率和振幅不同的纯音组成.在这些纯音中,有一个振幅最大的音叫做基音,振幅比基音的小、频率是基音整数倍的音叫做泛音.不同的声源发出同一个音调的声音,其基音相同,但泛音的频率、泛音的多少和振幅不同,人们听到的音色也各不相同.

#### 人能听到声音的条件

人耳要听到声音,必须具备:发声体、介质、良好的听觉器官、足够的响度、频率在某一范围.

### 范例精解

例1) 往热水瓶里灌开水的过程中,听声音就能判断瓶里水位的高低,因为

( )

- A. 随着水位的升高,音调逐渐升高
- B. 随着水位的升高,音调逐渐降低
- C. 灌水过程中音调保持不变,音响越来越大
- D. 灌水过程中音调保持不变,音响越来越小

(1996年全国初中物理竞赛)

**解析** 往热水瓶里灌开水,听到的声音是空气柱发出的.灌水过程中水位越来越高,瓶里空气柱长度越来越短,空气柱振动发出的声音的频率越来越大,因此音调就越来越高.故选 A

### 点评

我们应在日常生活中多注意观察身边事物,多积累生活经验,并能利用物理知识对日常生活中出现的现象加以分析.物理其实就在我们身边.

**例2** 音乐厅正在开音乐会,男中音在放声高歌,女高音在轻声伴唱,又有多种乐器伴奏,这时男中音的\_\_\_\_\_比女高音的大,而女高音的\_\_\_\_\_比男中音的高.音乐会的声音我们听起来有丰富的立体感,这主要是由于人的听觉具有\_\_\_\_\_效应.

(第十一届全国初中物理应用知识竞赛)

**解析** 此问题中所提到的放声高歌和轻声伴唱,在音量上有区别,即响度不同,因此可得出男中音的响度比女高音的大.而中音和高音的区别在于声音的频率不同,即音调不同.因此可得出女高音的音调比男中音的高.音乐会的声音听起来有丰富的立体感,这主要是由于人的听觉具有双耳效应.

### 点评

不能把响度和音调混为一谈,日常生活中音调高而响度小和音调低而响度大的例子很多.如牛的叫声则是响度大而音调低.

**拓展** 蜜蜂在我们面前飞过,发出嗡嗡声,而蝴蝶在空中飞行时则悄无声息,这是什么原因?

**解析** 蜜蜂飞行时发出的嗡嗡声,是由于它们的翅膀的振动而产生的,那么,蝴蝶飞行时翅膀也在振动,而我们为什么不能听见声音呢?这是因为它们翅膀振动的频率不一样.蜜蜂翅膀振动的频率为 300—400 赫兹,而蝴蝶翅膀振动的频率只有 5—6 赫兹,从我们观察它们的飞行时可以看出,蝴蝶翅膀一上一下地扇动,而蜜蜂翅膀的振动太快而无法看清.由于人能听见的振动频率范围是 20 赫兹—20000 赫兹之间,所以人们能听见蜜蜂飞行的嗡嗡声,而听不到蝴蝶在空中飞行的声音.

**点评** 不是所有的振动都能使人耳感觉到声音,人耳能听到的声音的频率范围大约是 20 赫兹—20000 赫兹。蝴蝶翅膀振动的频率属于次声波,人耳无法感觉。

**例3** “闻其声而知其人”即对我们熟悉的人只要一听到讲话的声音就知道是谁了。请解释其中的原因。

**解析** 乐音的三个特征是音调、响度和音色,即使音调、响度都相同,仍能从音色的不同来区别声音的不同,人的声音,音色一般不同,因人而异,经常听熟人讲话,便熟悉熟人声音的音色,所以能“闻其声而知其人”。

**点评** 通过比较音色的不同,可以区分不同的乐音,人的声音的音色也因人而异,由于对熟人的声音的音色较熟悉,所以一听到声音就知道是谁。

**例4** 声音在传播过程中,下列说法中正确的是 ( )

A. 音色会逐渐改变                      B. 音调会逐渐改变  
C. 响度会逐渐改变                      D. 声音的音色、音调、响度都不会改变

**解析** 如果说音色、音调会改变的话,那么女高音在传播过程中也许会变成男中音,这实际是不可能的事情。在传播过程中由于声音越来越分散,声音变得越来越弱,响度越来越小,C 正确。

**点评** 音色是由发声体决定的,而振动的频率决定了音调,响度跟振动的振幅有关,还跟距离发声体的距离有关,随着声音向外传播,响度会逐渐变小。

**拓展一** 生活中音调和响度的关系是?

**解析** 日常生活中涉及声音时用“高”、“低”,有时指响度,如“高声大叫”、“低声细语”中的高、低指的是响度,又如女高音歌唱家、男低音歌唱家声音高低中的“高”、“低”指的是音调。

音调和响度是乐音的两个不同的特征,音调是指声音的高低,响度是指声音的大小,有较高音调的声音,响度不一定大,有较大响度的声音,音调不一定高。如牛的叫声,其声调很低,但响度大,而蚊子嗡嗡声,其音调很高,但响度小。

**点评** 本题要求能正确区别音调和响度,特别是日常生活中声音的“高”、“低”,其含义不是唯一的,应当要注意准确使用物理学中的科学用语。

**拓展二** “振幅大的物体振动时,响度一定大”这句话对吗?

**解析** 响度是人耳感觉到声音的大小,除了与声源的振幅有关外,还与听者到发声体的距离有关,如果人离声源远,虽然声源振幅大,感受到的响度也会很小,如远处的爆破声,有时听起来很小,故这种说法是错误的.另外,如物体振动的振幅大,但振动频率很小,不在人耳听觉范围,就更谈不上响度了.

**点评** 响度不仅与发声体振动的振幅有关,还跟距离发声体的远近有关.因此考虑问题时要多方面入手.

## 巩固练习

### 一、选择题

- 一个声源在振动,但人耳却听不到声音,下面说法正确的是 ( )
  - 一定是声源的振幅太小
  - 一定是声源与人耳间没有传播声音的介质
  - 一定是声音的频率过高或者过低
  - 三种原因都有可能
- “那么高的歌我唱不上去”和“引吭高歌”两句话中的“高”的意思是 ( )
  - 音色好,音调高
  - 音调高,响度大
  - 响度大,音调高
  - 音调高,音色好
- 医生常用听诊器听病人的心脏搏动情况.听诊器的主要作用是 ( )
  - 增大响度
  - 提高频率
  - 减小响度
  - 改变音色
- 我们常看到这种情况,人还毫无觉察的时候,猫、狗已经竖起耳朵警觉的谛听,这是因为 ( )
  - 猫、狗比人的听觉频率范围广
  - 人比猫、狗的听觉频率范围广
  - 猫、狗比人的发声频率范围广
  - 人比猫、狗的发声频率范围广
- 用力敲鼓的目的是 ( )
  - 提高音调
  - 提高响度
  - 提高声速
  - 改变音色
- “高声呼叫”和“低声细语”中的“高”和“低”是表示声音的 ( )
  - 音调
  - 响度
  - 音色
  - 音调、响度和音色

7. 下列关于声音的说法, 正确的是 ( )
- 超声波声音太强, 所以人听不见
  - 声音弱到一定程度, 人就听不见了, 叫次声波
  - 发出超声波的物体的振动比发出次声波的物体的振动幅度大
  - 超声波的频率一定比次声波的频率高

## 二、填空题

- 在声音的传播过程中, 三个要素中不会改变的是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
- 声音的三个特征为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
- 音调是由发声体振动的\_\_\_\_\_决定的, \_\_\_\_\_越大音调越高。
- \_\_\_\_\_叫响度, 响度不仅跟\_\_\_\_\_有关, 还跟\_\_\_\_\_有关。

## 三、问答题


- 用录音机录下成年男子说话的声音, 如果我们用比录音速度快的速度放出所录的声音, 发现成年男子说话的声音会像女子说话的声音一样, 这是为什么?
- 笛子的音调是怎样改变的?
- 为什么不同的人说话或唱歌时的音色会不相同?
- 在新年联欢会上, 有人用七个相同的汽水瓶, 装上不同质量的水, 演奏了美妙的乐曲, 你能解释其中的道理吗?

# 第四节 噪声的危害和控制

## 重点精讲

 噪声是指发声体做无规则的杂乱无章的振动时发出的声音。

从环保角度看, 凡是妨碍人们正常休息、学习和工作的声音以及对人们要听的声音起干扰作用的声音, 都属于噪声。

 怎样减弱噪声?

减弱噪声的最终目标是要降低人耳处的声音的响度, 因此, 减弱噪声一般有三条途径

(1) 在声源处减弱。例如: 改造噪声大的机器或换用噪声小的机器, 在内燃机排气管上加消声器等

(2) 在传播过程中减弱。例如: 将有噪声源的厂房门窗背向居民区, 减弱传向居民区的噪声。在马路和住宅区之间设立屏障或植树造林, 使传来的噪声被反射



或部分吸收而减弱。

(3)在人耳处减弱:例如:可以戴上防噪声耳塞,或者在耳孔中塞一小团棉花。

### 3 噪声对人身心的危害?

噪声对人的生理和心理健康有很大的危害,不太强的噪声,会使人注意力分散,感到情绪紧张,影响学习和工作,长期处于较强的噪声环境中,会严重损坏人的听力,引起噪声性耳聋,并能引起神经、消化、循环系统的疾病。极强的噪声,可使人直接受到损害,造成鼓膜破裂、脑振荡、神志不清,甚至直接造成人或动物的死亡。1964年,美国空军 F-104 喷气式飞机在俄克拉荷马市上空做超音速飞行实验,在飞机发出的巨大轰鸣声中,一个农场的 10000 只鸡中大约有 6000 只死亡。

### 4 次声波对人体的危害

人体内脏固有的振动频率和次声波频率相近似(0.01—20 赫兹)倘若外来的次声波频率与身体内脏的振动频率相似或相同,就会引起人体内脏的“共振”,从而使人产生头晕、烦躁、耳鸣、恶心等等一系列症状。特别是当人的腹腔、胸腔等固有的振动频率与外来次声波频率相等时,更易引起人内脏的“共振”,使人体内脏受损而丧命。

## 范例精解

例1 关于噪声和乐音下列叙述不正确的是 ( )

- A. 噪声的声源振动无规则,杂乱无章,乐音的声源振动是规则的。
- B. 噪声使人烦躁不安,有害健康,乐音悦耳动听,使人心情舒畅。
- C. 噪声是机械发出的声音,乐音是乐器发出的声音。
- D. 从环保角度看,凡是妨碍人们正常休息、学习和工作的声音都是噪声。

解析 噪声和乐音是有区别的,从物理角度分,主要是看它们的振动是否有规则,从环保角度看,主要看是否影响人们生活、工作、学习和身体健康。

答案 C

点评 要知道从物理学角度和环境保护的角度去理解噪声。养成从多角度、多方位思考问题的良好习惯。

例2 简述飞机的噪声在阴天和晴天听起来有什么区别?

解析 飞机的噪声在晴天听起来较短促而轻,在阴天较长久而深沉,这是由于阴天云层较多,云层能把向上扩散的噪声反射回地面,因此飞机的噪声就比晴

天较长久。

又由于阴天空气较潮湿,水蒸气传声速度比干空气较快,声音传播时所损失的能量较少,故飞机噪声也传得较远、较清晰。

**点评** 声音传播的速度跟介质有关,声音不但直线传播,遇到障碍物时还会发生反射。

**例3** 墙壁的传音性能与空气相比要好得多,但是把门窗关闭后,外面传入室内的声音却明显减弱了,这是为什么?

**解析** 室外的声音靠空气传播,如果没有遇到什么障碍物,能直线传入室内,当把门窗关闭后,声音在传播过程中遇到障碍,在墙壁和门窗的界面上大部分声音被反射回去了,即使墙壁和门窗的传音性能再好,能通过墙壁门窗传入室内的声音也是很少的一部分了,故室内听到的声音就明显地减弱,这也是利用传播过程中减弱噪声的一个途径。

**点评** 本题考查了减弱噪声的途径,培养学生分析问题时要抓住主要矛盾。

**例4** 噪声有时可用于做一些有益的事情,以下各噪声中有利的是 ( )

- A. 大型乐队中利用锣的噪声烘托演奏效果
- B. 足球比赛时,观众喝彩时的噪声,可以鼓舞运动员的士气
- C. 有经验的工人师傅,凭机器发出的噪声,判断故障的原因及部位
- D. 人发声时声带不振动,利用口腔内气流的磨擦发出的辅音

**解析** 噪声对人体有害,要尽量想办法减弱它,噪声有时对人们有利,要会恰当利用。在A、B、C、D四个例子中,都是人们利用噪声做有益的事情,所以要注意区别有利噪声和有害噪声,从而尽量减小有害噪声,有效利用有利噪声。

**点评** 有同学认为,只要是噪声就是有害的,就尽量想办法减弱它,这种观点是错误的,是必须纠正的。

**例5** 假如你的邻居经常引吭高歌,干扰你的学习或休息,为减少干扰,下列措施无效的是 ( )

- A. 窗打开让空气流通
- B. 用棉花塞住自己的耳朵
- C. 用棉毯挂在分隔的墙壁上



D. 请邻居唱歌放低音量

(全国初中物理知识竞赛河南赛区预赛)

**解析** 从环境角度说,影响别人工作和生活的声音都是噪声,而减少噪声有三条途径,即消声、隔声、吸声。用棉花塞住双耳是从声音的传播途径隔断,是隔声的做法。用棉毯挂在分隔墙上,是吸声的做法,因窗帘、毯子等可以吸声。请邻居放低音量,是属于从声源处消弱。故 B、C、D 均是有效途径。

答案 A

## 巩固练习

### 一、选择题

- 下列措施不能减弱噪声的是 ( )
  - 在内燃机上安装消声器
  - 在人耳处戴上助听器
  - 在声音传播途中植树造林
  - 在人耳处塞上一小团棉花
- 关于噪声,下列说法中错误的是 ( )
  - 0 分贝就是没有声音
  - 雪后的街道上格外寂静,是因为松软的雪可以吸声。
  - 噪声是由于声源的振动频率过高形成的。
  - 城市高速公路两旁放置的隔声板是为了阻隔汽车行驶时发出的噪声。
- 一位同学在听英语录音,下列声音不是噪声是 ( )
  - 有人在周围大声吵闹
  - 窗外高音喇叭发出的声音
  - 录音机里朗读英语的声音
  - 录音机里的“嚓、嚓”声
- 打鼓时,想立即停止鼓声,只要用手按住鼓面,鼓声就消失,这是因为 ( )
  - 手不会传声
  - 手吸收了鼓的声音
  - 鼓面停止了振动
  - 打鼓的锤不振动

### 二、填空题

- 较为理想的安静的环境是\_\_\_\_\_分贝,为了保护听力,应控制噪声不超过\_\_\_\_\_分贝,为了保证工作和学习,应控制噪声不超过\_\_\_\_\_分贝,为了保证休息和睡眠,声音不能超过\_\_\_\_\_分贝。
- 为了保护听力,应控制噪声不超过\_\_\_\_\_;为了保证工作和学习,应控制噪声不超过\_\_\_\_\_;为了保证休息和睡眠,应控制噪声不超过\_\_\_\_\_。

### 三、问答题

1. 无声手枪为什么无声?

## 第五节 声音的利用

### 重点精讲

人耳只能感觉到大约 20Hz—20000Hz 的声波,频率更高的声波就是超声波了,超声波有两个特点,一个是能量大,一个是沿直线传播,它的应用就是按照这两个特点展开的,低于 20 赫兹的叫次声波。

声波传递能量的性质在多方面得到广泛的应用,超声波被广泛地应用在多种技术中。

理论研究表明,在振幅相同的情况下,一个物体振动的能量跟振动频率的二次方成正比,超声波在介质中传播时,介质质点振动的频率很高,因而能量很大。

应用:超声波加湿:在我国北方干燥的冬季,如果把超声波通入水罐中,剧烈的振动会使罐中的水破碎成许多小雾滴,再用小风扇把雾滴吹入室内,就可以增加室内空气的湿度,这就是超声波加湿器的原理。

超声波在医学中的应用:对于咽喉炎、气管炎等疾病,药力很难达到患病的部位,利用加湿器的原理,把药液雾化,让病人吸入,能够增进疗效,利用超声波的巨大能量还可以把人体内的结石击碎,医学中经常利用超声波为病人作检查,也就是平时所说的 B 超等。

超声波在工、农等方面的应用:金属零件、玻璃和陶瓷制品的除垢是件麻烦事,如果在放有这些物品的清洗液中通入超声波,清洗液的剧烈振动冲击物品上的污垢,能够很快清洗干净,超声波基本上是沿直线传播的,可以定向发射,如果渔船载有水下超声波发生器,它旋转着向各个方向发射超声波,超声波遇到鱼群会反射回来,渔船探测到反射波就知道鱼群的位置了,这种仪器叫做声纳,声纳也可以用来探测水中的暗礁、敌人的潜艇,测量海水的深度。

根据同样的道理也可以用超声波探测金属、陶瓷混凝土制品,甚至水库大坝,检查内部是否有气泡、空洞和裂纹。

### 回声的利用

在人民大会堂的建设过程中,建筑师们充分利用了回声的原理,使得观众不仅听不到回声,而且听到了响亮、优美的声音,声音在室内传播时,要被墙壁、天花



板、地板等障碍物反射,每反射一次都被障碍物吸收一些.这样当声源停止发声后,声音在室内要经过多次反射和吸收,最后才消失.因此人们就感觉到声源停止发声后,声音还持续一段时间,这种现象叫“交混回响”,这段时间叫交混回响时间.因此,交混时间的长短是音乐厅、剧场、礼堂等建筑物的重要声学指标.在建筑中是建筑师们要考虑和解决的问题.

噪声污染环境,干扰人们的正常工作和生活,影响人们的身体健康,是现代人类社会的一大公害,必须采取有效的控制措施.噪声控制的研究工作,已经形成了一门新的学科,叫做“噪声控制学”,也叫“噪声工程学”.噪声一向为人们所厌恶.但是,随着现代科学技术的发展,人们也能利用噪声造福人类.

#### 噪声的应用

噪声除草,噪声诊病,有源消声,还有噪声测温、噪声干燥、噪声除尘、噪声增收、噪声克敌、噪声驱雹、噪声发电等等.

#### 奇妙的回音壁和三音石

北京的天坛,不仅以它宏伟庄严的建筑艺术而闻名世界,令人神往的还有天坛的回音壁和三音石,走到那里的人们都会被它奇妙的传声现象所吸引.

### 巩固练习

#### 一、选择题

- 一般来说,大礼堂四周墙壁都做得凹凸不平,这是为了 ( )
  - 提高装饰的效果
  - 增强声音的反射
  - 减小声音的反射
  - 增加声音的响度
- 关于声纳,下列说法正确的是 ( )
  - 靠声波的定向发射工作
  - 利用声纳可探测海洋的深度
  - 利用声纳可获得水中鱼群的信息
  - 利用声波传递能量的性质工作
- 下列说法正确的是 ( )
  - 声波是一种波动
  - 利用超声波可以更准确地获得人体内部疾病的位置
  - 声波可以用来清洗钟表等精细的机械
  - 医生可以利用超声波振动除去人体内的结石

## 二、填空题

1. 驰名中外的北京天坛的回音壁、三音石、圜丘三处建筑的非常美妙的声音现象,它是我国古建筑师利用声音的\_\_\_\_\_造成的音响效果。
2. 声波能传递\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
3. 根据\_\_\_\_\_的原理,科学家发明了声纳。
4. 音叉插入中空共鸣箱上,使声音响度增大的原因是\_\_\_\_\_。
5. 说话时把双手做成喇叭状放在嘴边增加声音响度的原因是\_\_\_\_\_。
6. 手表放在耳朵旁,听到声音很弱,在手表后放一只大口搪瓷碗,声音就清楚了,是因为\_\_\_\_\_。

## 第一章测试题

## 一、选择题

1. 声音在下列介质中传播最慢的是 ( )
  - A. 铁
  - B. 煤油
  - C. 15℃的空气
  - D. 水
2. 下列事例中,利用了回声的是 ( )
  - A. 用传话筒喊话
  - B. 影剧院的内壁装修得凹凸不平
  - C. 利用声纳测海水深度
  - D. 医生用听筒检查病人心音
3. 三只完全相同的玻璃杯,甲杯是空的,乙杯装了一半的水,丙杯装满了水,用一金属小勺敲杯口,听到了发出的声音,则下列说法中正确的是 ( )
  - A. 甲杯的音调高
  - B. 乙杯的音调高
  - C. 丙杯的音调高
  - D. 三只杯子音调一样高
4. “刺耳”的声音是指声音的 ( )
  - A. 响度大,音色美
  - B. 频率高,音色差
  - C. 频率高,响度小
  - D. 频率低,音色差
5. 关于声音的传播,下列说法正确的是 ( )
  - A. 音色会逐渐改变
  - B. 音调会逐渐改变
  - C. 响度会逐渐改变
  - D. 音调、响度和音色都会改变
6. 下面是一些正在振动着的物体:
 

甲:以每秒2次上下挥动的手臂;乙:振动频率为100000Hz的蝙蝠的小嘴;

丙:振动频率为256Hz的音叉

对以上物体的一些说法,正确的是 ( )
 
  - A. 甲、乙、丙都是声源,人耳都能听到它们的声音

- B. 只有乙是声源,人耳能听到它的声音  
 C. 只有丙是声源,人耳能听到它发出的声音  
 D. 甲、乙、丙都是声源,人耳只能听到丙发出的声音
7. 下列说法中正确的是 ( )
- A. 声音在空气中传播的速度比在水中快  
 B. 响度和发声体的振幅有关  
 C. 越使劲拨动琴弦,琴的音调就越高  
 D. 在马路或住宅区设立屏障或植树可以减小噪声
8. 天坛公园的回音壁是我国建筑历史上的一大奇迹,回音壁应用的声学原理是下面的 ( )
- A. 声音的反射  
 B. 声音在墙壁中的传播  
 C. 声音在空气中的传播  
 D. 利用回声增强原声的现象
9. 关于声音,下列说法错误的是 ( )
- A. 气体、液体、固体均可成为声源,且都可以传播声音  
 B. 声音在真空中传播的速度是  $340\text{m/s}$   
 C. 声音在夏天的空气中比在冬天的空气中传播速度快  
 D. “闻其声知其人”,这是各人声音具有不同的音色
10. 下列说法中正确的是 ( )
- A. 正在发声的物体都在振动  
 B. 只要物体振动,就能听到声音  
 C. 声音在各种物质中传播的速度一样  
 D. 声音不能在固体物质中传播

## 二、填空题

1. 锣发声时,用手按住锣面,\_\_\_\_\_停止,锣声消失.月球上没有空气,登上月球的宇航员即使相距很近,也听不到对方讲的声音,这是由于\_\_\_\_\_不能传声.
2. 被称为“绿城”的南宁市,街道两旁种植了大量的树木,它可以使传来的\_\_\_\_\_被部分吸收而减弱,从而使我们的生活环境更安静.
3. 蝙蝠即使在黑暗中飞行,也不会碰到任何东西,因为蝙蝠在飞翔时能发出\_\_\_\_\_,发出后,蝙蝠就用耳朵听着\_\_\_\_\_.这样,蝙蝠就知道了目标的方向和到目标的距离.
4. 将击响的音叉接触水面,会溅起水花,这说明:声音是由于物体\_\_\_\_\_产生的.
5. 人们在挑西瓜时,常用手拍打西瓜,凭经验就能知道西瓜是否成熟.这是因为成熟度不同的西瓜被拍打时发出的声音的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_都不同.

6. 鱼被它们喜欢的声音诱入网内,从物理的角度分析,这表明\_\_\_\_\_.
7. 石块扔到水中引起水的\_\_\_\_\_而发声,这时鱼会被吓跑,主要是因为\_\_\_\_\_能传播声音.
8. “风声、雨声、读书声,声声入耳”,说明\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_、和\_\_\_\_\_都能发声,\_\_\_\_\_能传播声音;人接收声音的感觉器官是\_\_\_\_\_.
9. 滚滚海浪的浪涛声是\_\_\_\_\_的振动.

### 三、计算题

1. 子弹在离人 5m 远处,以 680m/s 的速度离开枪口,若声音在空气中的传播速度是 340m/s,当人听到枪声时子弹已前进了多远?
2. 历史上第一次测定水中的声速是 1827 年在日内瓦湖上进行的,两位测量者分乘在两只船上,两船相距 14km,一只船上在水下放一个钟,当敲响钟时,船上的火药同时发光,另一只船在水下放一个听音器,这只船上的测量者在看到光 10s 后,从听音器听到水上传来的钟声,由此测得水中的声速是多大? (光速  $v_{光} = 3 \times 10^8 \text{ km/s}$ )
3. 有两座山相距 1000m,某人站在两山之间大喊一声,先后听到两次回声的时间间隔是 4s,设空气在空中的速度为 340m/s,求此人发声处离开两座高山的距离各是多少米?



## 第一节 光的传播 颜色

### 重点精讲

#### (一)光的直线传播

##### 1 光源

能够发光的物体叫光源。因温度升高而发光的光源叫热光源,而发光时温度并不升高的光源叫冷光源。如太阳、亮的白炽灯和点燃的蜡烛都是热光源,亮着的日光灯是冷光源。发光物体是一点的叫点光源;发光物体面积较大的叫面光源。

光线:表示光传播路线和方向的带箭头的直线。光线是对光的一种简单、形象的描述。

##### 2 直线传播

光在同一种均匀介质中沿直线传播。小孔成像、日食、月食等都是光沿直线传播的现象,如果介质是不均匀的,或者光在传播时遇到两个介质的交界面,光的传播方向将发生变化。与声音不同,光的传播不需要介质,光可以在真空中沿直线传播。

(1)小孔成像:如图 2-1 所示,在较暗的屋子里,把一支点燃的蜡烛放在一块半透明的塑料薄膜前面,在它们之间放一块钻有小孔的纸板。由于光的

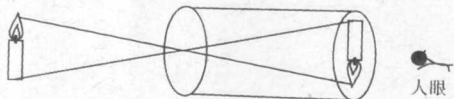


图 2-1

直线传播,塑料薄膜上就出现蜡烛倒立的像,这种现象叫小孔成像。小孔所成的像跟小孔的大小无关。成像的大小跟物体、光屏到小孔的远近有关。物体离小孔越近,光屏离小孔越远,所成的像就越大。成像的清晰度跟孔径、物距、像距的大小有关。孔径较小、物离孔较远、屏离孔较近时,光屏上成的像比较清晰;反之,像会越来越模糊。

(2)本影和半影 光源发出的光照到不透明的物体上,光不能通过,在物体的背光面的后面方形成一个光照不到的黑暗区域,如图 2-2 所示,这就是物体的影。如果用面光源代替点光源,发光面上的每一发光点,都可以看成一个点光源,它们

各自都有在物体的背后形成影区. 完全不被光照射到的共同的阴影区称为本影. 本影的周围还有一个能够被部分光照射到的区叫半影区, 如图 2-3 所示. 本影区的大小, 不仅与光源、遮挡物大小有关, 还与他们之间的距离有关.

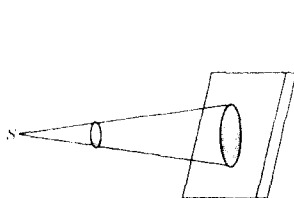


图 2-2

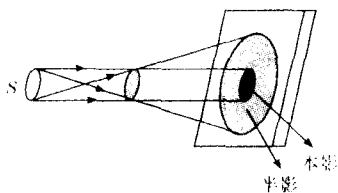


图 2-3

(3)日食 日食是由于太阳发出的光被月球挡住而形成的. 如图 2-4 所示. 当月球运行到太阳和地球之间, 三者一条直线上时, 月球的影子投到地球表面. 地球上部分地区的人完全看不见太阳即日全食, 一些地区的人则能看到被遮去了一部分的太阳, 即日偏食. 还有一种日环食.

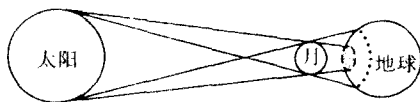


图 2-4

(4)月食 月食是由于太阳发出的光被地球挡住而形成的. 当地球运行到太阳和月亮之间, 三者一条直线上时, 月球进入了地球的阴影中, 受不到太阳光的照射就产生了月食. 如图 2-5 所示, 即此时地球上的人看不到月亮.

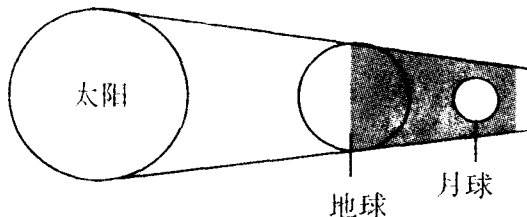


图 2-5

## 光的传播速度

真空中光速是宇宙中最快的速度,物理学中用  $c$  表示.真空中光速为  $c = 2.99792 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,光在其他介质中的速度比在真空中小.空气中的光速大约为  $2.997 \times 10^8 \text{ m/s}$ .计算时真空或空气中的光速取  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .光在水中的速度为真空中的  $3/4$ ;光在玻璃中的速度为真空中的  $2/3$ .

## 光密介质和光疏介质

两种介质相比较,光在其中传播速度较小的介质称为光密介质,光在其中传播速度较大的介质称为光疏介质.光密介质和光疏介质是相对而言的.介质的这种性质由折射率  $n$  描述.

## 光年

光在一年内通过的距离,是天文学中的长度单位.

$$1 \text{ 光年} = 9.46 \times 10^{12} \text{ km}$$

## (二) 物体的颜色

### 光的色散

太阳光是由各种色光组成.太阳光通过三棱镜可以分解成红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫各种色光,这就是光的色散现象.

### 物体的颜色

物体为何有各种不同的颜色?是因为不同物体,对不同色光反射、吸收和透过的情况不同,因此呈现出不同颜色.透明体的颜色是由它透过的色光决定的.透明体如果几乎让各种色光全部通过,它就是无色的.有色的不透明体的颜色是由它的反射光决定的(即反射和它颜色相同的光.不透明体如果几乎使各种色光全部反射,它就是白色,如果几乎使各种色光全部吸收,它就是黑色).

### 色光的三原色

红、绿、蓝是色光的三原色,彩电是利用这三色光组合成多彩的各种色彩.

### 颜料的三原色

颜料的三原色是红、黄、蓝,这三种颜料按不同比例混合,能调出各种不同颜色来.

### 单色光与复色光

复色光和单色光:由多种颜色混合而成的光叫复色光;只有一种颜色组成的光叫单色光.



## 范例精解

**例1** 光在同种均匀介质中沿\_\_\_\_\_传播. 光在真空里的传播速度是\_\_\_\_\_千米/秒. 若天狼星离地球 8.7 光年, 那么它离地球是\_\_\_\_\_千米.

**解析** 光在均匀介质中沿直线传播. 光在真空里的传播速度是

$$v = 3 \times 10^8 \text{ 米/秒} = 3 \times 10^5 \text{ 千米/秒}$$

—光年是光在一年里通过的距离, 所以天狼星与地球的距离

$$s = vt = 3 \times 10^5 \times 8.7 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ 千米} = 8.23 \times 10^{13} \text{ 千米}$$

**答:** 此题应填直线,  $3 \times 10^5$ ,  $8.23 \times 10^{13}$ .

**拓展一** 一台激光发射器朝着月球发出信号, 经 2.56 秒后, 收到从月球返回的信号, 求月球和地球之间的距离.

**分析一** 根据 2.56 秒计算出来的距离是地球与月球距离的 2 倍, 再除以 2 就得地球与月球的距离.



**解法一** 根据时间 2.56 秒计算的距离为

$$s_{\text{总}} = vt = 3 \times 10^8 \times 2.56 = 7.68 \times 10^8 \text{ (米)}$$

所以, 月球和地球之间的距离为  $s_{\text{月球}} = \frac{1}{2} s_{\text{总}} = \frac{1}{2} \times 7.68 \times 10^8 = 3.84 \times 10^8 \text{ (米)}$

**分析二** 2.56 秒是发出信号至收到信号的时间, 而信号从发出到到达月球的时间是 2.56 秒的一半.



**解法二** 月球和地球之间的距离是  $s = vt = 3 \times 10^8 \times \frac{2.56}{2} = 3.84 \times 10^8 \text{ (米)}$

**点评** 解法二抓住信号到达月球的时间来求月球和地球的距离, 物理意义较明确.

**拓展二** 光束在水中传播 1 米所需要的时间内在空气中能传播多远? 设光在水中的传播速度为在空气中的  $\frac{3}{4}$ .

**分析一** 先求出光在水中的传播速度, 再求出光在水中传播 1 米所需要的时间, 而这一段时间内, 光在空气中传播的距离即可根据光在空气中的传播速度求出.



解法一 光在水中的传播速度为

$$v_{\text{水}} = \frac{3}{4} v_{\text{空}} = \frac{3}{4} \times 3 \times 10^8 = \frac{9}{4} \times 10^8 \text{ (米/秒)}$$

光在水中传播 1 米所需的时间为

$$t_{\text{水}} = \frac{s_{\text{水}}}{v_{\text{水}}} = \frac{1}{\frac{9}{4} \times 10^8} = \frac{4}{9} \times 10^{-8} \text{ (秒)}$$

在同样时间内,光在空气中的传播距离为

$$s_{\text{空}} = v_{\text{空}} \cdot t_{\text{水}} = 3 \times 10^8 \times \frac{4}{9} \times 10^{-8} = \frac{4}{3} = 1.33 \text{ (米)}$$

**分析二** 光在空气中传播的时间与在水中传播的时间相同,列出时间等式,即可求出光在空气中的传播距离.

解法二  $\therefore t = \frac{s_{\text{水}}}{v_{\text{水}}} = \frac{s_{\text{空}}}{v_{\text{空}}}$

而  $v_{\text{水}} = \frac{3}{4} v_{\text{空}}$

$\therefore$  光在空气中的传播距离为

$$s_{\text{空}} = \frac{s_{\text{水}}}{v_{\text{水}}} v_{\text{空}} = \frac{s_{\text{水}}}{\frac{3}{4} v_{\text{空}}} v_{\text{空}} = \frac{4}{3} \text{ (米)}$$

**点评** 本题的解题关键在于抓住光在空气中中和在水中传播的时间是相同的,在相同时间里求在不同介质中传播的距离.用解法二较简便.

**例2** 某人身高 1.7m,为了测试路灯的高度,使他从路灯正下方沿平直公路以 1m/s 的速度匀速走开,某时刻他的影子长为 1.3m,再经过 2s,他的影子长为 1.8m,路灯距地面的高度是多少?

(1999 年全国)

**解析** 画出如图 2-6 所示的示意图.图中 A 为路灯的位置,CD 及 C'D' 分别是人先后两次的位置,DE 及 D'E' 是与上述两位置对应的影长.

显然  $FB = CD = C'D' = 1.7\text{m}$ ,  $DD' = v_{\text{人}} t = 1 \times 2\text{m} = 2\text{m}$ , 而  $DE = 1.3\text{m}$ ,  $D'E' = 1.8\text{m}$ . 设路灯高为  $h$ ,  $ED' = DD' - DE = 2\text{m} - 1.3\text{m} = 0.7\text{m}$ ,  $EE' = ED' + D'E' = 0.7\text{m} + 1.8\text{m} = 2.5\text{m}$ .

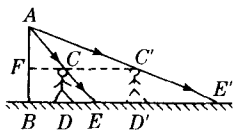


图 2-6

由于  $\triangle ACC' \sim \triangle AEE'$

$$\text{所以 } \frac{CC'}{EE'} = \frac{AC}{AE} \quad (1)$$

又由于  $\triangle AFC \sim \triangle ABE$

$$\text{所以 } \frac{AF}{AB} = \frac{AC}{AE} \quad (2)$$

$$\text{由 } (1)(2), \text{ 知 } \frac{CC'}{EE'} = \frac{AF}{AB}$$

$$\text{即 } \frac{2\text{m}}{2.5\text{m}} = \frac{h - 1.7\text{m}}{h}$$

所以  $h = 8.5\text{m}$

**点评** 画出影子形成的示意图、灵活运用三角形相似的有关数学知识是解题的关键。

**拓展一** 上题中人头部的影子相对于地的运动速度为多少?

**解析** 设灯高  $SO = H$ , 人高  $AO = h$ . 当人从  $S$  正下方向右作匀速直线运动时, 在  $t$  秒末,  $2t$  秒末,  $\dots, nt$  秒末,  $A$  点分别位于  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ ;  $A$  点影子的位置分别移至  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$  如图 2-7 所示,  $AA_1 = A_1A_2 = A_2A_3 = vt$ , 设  $OC_1, C_1C_2, C_2C_3, \dots$  的距离分别为  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$

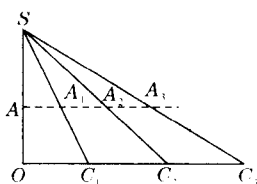


图 2 7

$$\because \triangle SOC_1 \sim \triangle SAA_1$$

$$\therefore \frac{S_1}{vt} = \frac{H}{H-h}$$

$$\text{同理可证得: } \frac{S_1 + S_2}{2vt} = \frac{H}{H-h}, \dots, \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n}{nvt} = \frac{H}{H-h}$$

由以上各式可得:  $S_1 = S_2 = S_3 = \dots = S_n$  即影子也在作匀速直线运动, 其速度为

$$v_s = \frac{S_1}{t} = \frac{Hv}{H-h}$$

**点评** 影(包括日食、月食)的形成是由于光直线传播而形成的. 因此在分析有关影的问题时, 必须画出发光体边界所发出的到障碍物边界的光线进行分析. 有些问题还要画出三角形, 利用相似三角形的性质来进行分析.

**拓展二** 上题中, 若路灯高为  $5\text{m}$ , 一身高  $1.8\text{m}$  的人在灯下的影长为  $3.6\text{m}$ . 经  $t = 1\text{s}$  后, 人在灯下的影长  $2\text{m}$ , 问人的速度为多少?

**解析** 由题意画光路如图 2-8 所示

设  $M$  为灯, 人在  $A$  处时, 影长为  $OA$ , 人在  $A_1$  处时影长为  $O_1A_1 = 2\text{m}$ , 人也可以运动到  $A_2$  处, 同样能使影长为  $O_2A_2 = 2\text{m}$

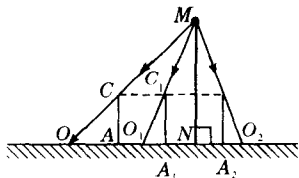


图 2-8

由图可得:  $\triangle OAC \sim \triangle ONM$ ,  $\frac{OA}{ON} = \frac{CA}{MN}$

$$ON = \frac{MN}{CA} OA = \frac{5\text{m}}{1.8\text{m}} \times 3.6\text{m} = 10\text{m}$$

则此时人距  $N$  为

$$AN = ON - OA = 10\text{m} - 3.6\text{m} = 6.4\text{m}$$

当人走到  $A_1$  时有:  $\triangle O_1C_1A_1 \sim \triangle O_1MN$   $\frac{O_1A_1}{O_1N} = \frac{C_1A_1}{MN}$

$$O_1N = \frac{MN}{C_1A_1} O_1A_1 = \frac{5\text{m}}{1.8\text{m}} \times 1.8\text{m} = 5\text{m}$$

此时人距  $N$  点为  $A_1N = O_1N - O_1A_1 = 5\text{m} - 1.8\text{m} = 3.2\text{m}$ , 人行走的距离为  $AA_1 = AN - A_1N = 6.4\text{m} - 3.2\text{m} = 3.2\text{m}$

$$\text{人行走的速度为: } v_1 = \frac{AA_1}{t} = \frac{3.2\text{m}}{1\text{s}} = 3.2\text{m/s}$$

人也可能走到了  $A_2$  点, 同样满足影长为  $1.8\text{m}$

根据对称性原理可得  $O_2N = O_1N = 5\text{m}$

此时人距灯为  $A_2N = O_2N - O_2A_2 = 5\text{m} - 1.8\text{m} = 3.2\text{m}$

人行走的距离为  $AA_2 = AN + NA_2 = 6.4\text{m} + 3.2\text{m} = 9.6\text{m}$

$$\text{人行走的速度为 } v_2 = \frac{AA_2}{t} = \frac{9.6\text{m}}{1\text{s}} = 9.6\text{m/s}$$

所以人行走的速度可能为  $3.2\text{m/s}$ , 也可能为  $9.6\text{m/s}$

### 点评

该题是光的直线传播、匀速直线运动等规律的综合, 要注意弄清物理情景, 确定物体运动状态, 利用运动学公式结合几何知识求解. 同时注意光传播的立体空间性, 距光源距离相等则影长相等.

**例3** 学校操场上, 五星红旗在旗杆上飘扬, 同学们为了测出旗杆的高度, 设计了两种方案, 如图 2-9 所示, 请你任选其中的一种方案.

- (1) 说明其运用的物理知识;
- (2) 利用同学们的实测数据, 计算出旗杆的高度.

解法一

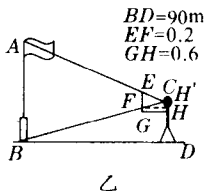
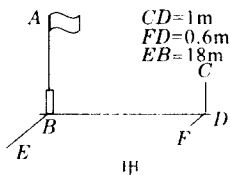


图 2-9

- (1) 运用的是光的直线传播规律. 作图 2-9 甲所示  
 (2) 同时、同地两直立物体的长与它们的影长成正比

$$\text{即有 } \frac{AB}{CD} = \frac{EB}{FD}, AB = \frac{EB}{FD} \cdot CD = \frac{18\text{m}}{0.6\text{m}} \times 1\text{m} = 30\text{m}$$

解法二

- (1) 运用的是光的直线传播规律. 作图 2-9 乙所示

(2)  $\triangle ABC$  与  $\triangle EFC$  相似, 于是有  $\frac{AB}{EF} = \frac{BC}{FC}$  ①

在图中添加辅助线  $FH'$  使  $FH' \parallel GH$

$\triangle BCD$  与  $\triangle FCH'$  相似, 于是有  $\frac{BC'}{FC} = \frac{BD}{FH'}$  ②

而  $FH' = GH$ . 由 ①② 可得到  $\frac{AB}{EF} = \frac{BD}{FH'}$

所以  $AB = \frac{BD}{FH'} \cdot EF = \frac{90\text{m}}{0.6\text{m}} \times 0.2\text{m} = 30\text{m}$ .

点评

这是一道考核同学们运用物理及数学知识解决实际问题能力的开放性习题. 要求有扎实的物理基础, 懂得其测量原理, 然后运用数学知识方能解决.

- 例4 在无其他任何光源的情况下, 如舞台追光灯发出绿光照射到穿白上衣、红裙子的演员身上, 则观众看到她 ( )
- A. 全身呈绿色  
 B. 上衣呈绿色, 裙子呈红色  
 C. 上衣呈绿色, 裙子呈紫色  
 D. 上衣呈绿色, 裙子呈黑色

(全国物理知识竞赛广西赛区复赛(初二组))

解析 因为不透明体的颜色是由它反射的色光决定的. 白色物体可以反射各种色光, 红色物体只能反射红光, 其他颜色的色光被吸收, 所以穿白上衣、红裙子



的演员在绿色灯光照射下,上衣呈绿色,裙子呈黑色.选D.

### 点评

白光反射各种色光,所以绿光照射时反射绿光,上衣绿色;红裙子不反射绿光为黑色.本题关键是物体颜色是由它的反射光决定.

**拓展一** 用不透明的“喜”字贴在未成熟的苹果表面,待苹果红透后掀开所贴的字,可观察到苹果上出现:

- A. 绿色的字    B. 红色的字    C. 黄色的字    D. 白色的字

**解析** 苹果要在阳光的充分照射下才能变红,贴上字后,被贴处不受阳光照射,不会变红,由于果肉略显黄色,且苹果继续生长一段时间后,贴字处绿色退去,故而显淡黄色字迹.选C.

### 点评

生活中充满五颜六色,留心观察就能找到引起颜色变化的因素,同时注意学科之间的联系.

**拓展二** 透过蓝色的玻璃,进行下列观察,结果是:

- A. 观察黄色气球,可以看到绿色  
B. 观察白色气球,可以看到蓝色  
C. 观察红色气球,可以看到黑色  
D. 观察各种颜色的气球,看到的都是蓝色

**解析** 物体分透明体和不透明体两大类,透明体的颜色是由它透过的色光决定.而有色的不透明体反射与它颜色相同的色光.

蓝色的玻璃只能透过蓝光,用它观察黄色气球时,气球反射的黄光无法透过蓝色的玻璃,由于没有光线进入人的眼睛中,因此看到的是黑色的气球.

用蓝玻璃观察白色气球时,气球反射的各种色光只有蓝光能透过蓝色玻璃进入人的眼睛中,因此人看到的是蓝色气球.

用蓝光观察红色气球时,气球反射的红光无法透过蓝色玻璃,由于没有光进入人的眼睛中,因此看到的也是黑色气球.

用蓝色玻璃观察各色气球时,只有白色的气球和蓝色的气球能反射蓝光,并透过蓝玻璃进入人的眼睛,使人看到是蓝气球.

而黄色、红色、绿色等其他颜色的气球,用蓝玻璃观察时,一律是黑色.综上所述应选B、C.

### 点评

本题关键是弄清透明体物体颜色和不透明体物体的颜色.同时,“白色”与“无色”不同,“白色”是不透明的,它能反射各种色光,“无色”是透明体,它能透过各种色光.



### 一、选择题

- 下列不属于光源的物体是 ( )  
A. 太阳            B. 月亮            C. 明火            D. 电灯
- 一棵树在阳光照射下,它的影子从早晨到晚上变化情况是 ( )  
A. 先变长后变短            B. 先变短后变长  
C. 逐渐变短            D. 逐渐变长
- 我们在大树下的地面上看见太阳射出的光线透过树叶间隙照到地面的亮斑,其形状是 ( )  
A. 圆形            B. 月牙形            C. 树叶形状            D. 空隙形状
- 在下列事例中,哪种现象不能用光在同一种均匀介质里沿直线传播的道理来解释的是 ( )  
A. 小孔成像  
B. 日食和月食的形成  
C. 看不到不透明物体后面的物体  
D. 筷子插入水中一半,看上去筷子变弯曲了
- 下列现象中,能说明光是沿直线传播的实例的是 ( )  
A. 在有雾的天气里,看到从汽车头灯里射出的光束  
B. 电影院里放映机射向银幕的光束  
C. 透过云雾缝隙的太阳光束  
D. 早晨太阳还在地平线以下时,就能看见红彤彤的太阳射向地面的光束
- 产生月食现象的成因是 ( )  
A. 太阳光从侧面照到月球上  
B. 月球运转到地球与太阳之间,射向地球的太阳光,途中被月球挡住  
C. 地球运转到月球与太阳之间,射向月球的太阳光,途中被地球挡住  
D. 其他星球转到月球与太阳之间,恰好挡住射向月球的太阳光
- 晚上,当你从路灯的正下方经过并沿地面向前走动,在相同的的时间里 ( )  
A. 人移动的距离大于人头顶影子移动的距离  
B. 人移动的距离小于人头顶影子移动的距离  
C. 人移动的距离等于人头顶影子移动的距离  
D. 人移动的距离先小于人头顶影子移动的距离,后大于人头顶影子移动的距离
- 黑白照片进行暗室加工时,所用温度计的液柱是蓝色的,而不是红色的,以下说

法中不正确的是 ( )

- A. 暗室安全灯是红色的,因而一切物体看来都是红的,温度计的红色液柱在这种环境中不易看清
- B. 温度计的蓝色液柱在红光照射下是黑的
- C. 蓝色液柱在红光下看的更清楚
- D. 红色液柱在红灯照射下反射白光
9. 关于本影和半影,下列说法正确的是 ( )
- A. 点光源发出的光形成的影一定是本影
- B. 面光源发出的光会形成本影和半影
- C. 物体的本影区域总小于半影区域
- D. 物体的本影区域总大于半影区域

## 二、填空题

1. 小孔成像说明光在同一种媒介中是\_\_\_\_\_传播的.
2. 色光的三原色分别是\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_等比例混合后为\_\_\_\_\_色光;颜料的三原色分别是\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_等比例混合后为\_\_\_\_\_色.
3. 太阳光垂直照射到一个很小的正方形小孔上,则在地面上产生光点的形状是\_\_\_\_\_的,这种现象是叫\_\_\_\_\_,是由于\_\_\_\_\_而形成的.
4. 在太阳光下看一张红纸,它呈现\_\_\_\_\_色,原因是\_\_\_\_\_;若将它置于只有绿色光源的屋子中时,它将呈现\_\_\_\_\_色,原因是\_\_\_\_\_.
5. 在医院里使用的无影灯是一个分布区域较大的光源,使用这种灯可以避免手术时出现手及器械的阴影,这是因为\_\_\_\_\_.
6. 透明体的颜色是由它\_\_\_\_\_的色光决定的,七种色光全部透过是\_\_\_\_\_色,仅透过蓝光,是\_\_\_\_\_色.
7. 不透明物体的颜色是由它\_\_\_\_\_的色光决定的,七种色光全部反射是\_\_\_\_\_色,全部吸收是\_\_\_\_\_色,仅反射红光是\_\_\_\_\_色.
8. 在地面上竖起一根竹竿,已知太阳与地面夹角 $45^\circ$ ,竿高2.5米,竿在地上的影长为\_\_\_\_\_米,如果将竿向前移动2米,竿影长将\_\_\_\_\_.(变大、变小和不变)

## 三、计算题

1. 月球到地球的距离是 $3.8 \times 10^5$ 千米,阳光从月球反射到地球上时,所用的时间大概是多少?
2. 一架从1500米远飞来的飞机,人的能见度是足够的,那么看到该处的飞机和听到飞机在该处轰鸣的时间差是多少?
3. 身高1.6m的人夜晚从路灯下通过,当测得他的影长为2m时,他恰好距路灯柱4m,求路灯高?

## 第二节 光的反射

### 重点精讲

#### 光的反射定律

光射到物体表面时,一部分光被反射回去.这种现象叫光的反射.

如图 2-10 所示, $BO$  为入射光线, $NO$  为法线, $OA$  为反射光线, $i$  为入射角, $r$  为反射角.

光的反射定律:反射光线跟入射光线、法线在同一平面内,反射光线和入射光线分居法线两侧,反射角等于入射角.

光的反射中注意三线、一点、二角.

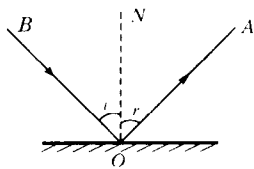


图 2-10

#### 镜面反射

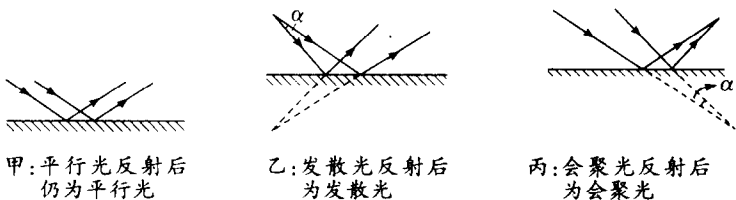
光滑的表面,能使平行的入射光线沿着同一方向反射出去,反射光线仍然平行.镜面反射不改变光的性质.

#### 漫反射

如果表面粗糙不平,即使入射光线平行,反射光线也不平行,而是射向各个方向.这种反射叫漫反射.

#### 光在反射时光路是可逆的

镜面反射不改变光束的聚散性质.如图 2-11 所示.



甲:平行光反射后仍为平行光

乙:发散光反射后为发散光

丙:会聚光反射后为会聚光

图 2-11



## 范例精解

**例1** 晚上在桌面上铺张白纸,把一小块平面镜放在纸上(镜面朝上),让手电筒的光正对着平面镜照射,从侧面观察将会看到什么?

**解析** 手电筒光正对着镜子照射时,由于镜子表面是光滑的,光线射向镜子后要发生镜面反射,所以反射后的光线一律原路返回,当从侧面看去,由于没有反射光进入人眼,所以镜子看起来比较暗.

而白纸表面粗糙,光照在上面发生漫反射,各个方向均有反射光线射出,所以人看到白纸比较亮.

**点评** 由于反射面的构造不同,光线在反射面可以发生镜面反射和漫反射,光射到光滑物体表面,发生镜面反射,光射到粗糙物体表面,发生漫反射.物体明暗是以进入人眼光线的多少而确定的,与发生什么反射无必然联系.

**拓展** 雨后的晚上,天刚放晴,地面虽已干,但仍留有水坑,为了不致踩在水坑里,下面的判断正确的是 ( )

- A. 迎着月光走时,地面上发亮处是水坑
- B. 迎着月光走时,地面上暗处是水坑
- C. 背着月光走时,地面上发亮处是水坑
- D. 背着月光走时,地面上暗处是水坑

**解析** 月光照在地面和水坑的表面上,水面很平,发生镜面反射,地面凹凸不平发生漫反射,当迎着月光时,经水面反射进入人眼的光比经地面漫反射进入人眼的光要多,所以地面上发亮处是水坑.背着月光走时,根据光的反射定律知,经水坑反射的光不能进入人的眼睛,而经地面漫反射的光却有一部分能进入人的眼睛,所以地面上暗处是水坑.选取 A、D.

**点评** 讨论这类问题时,应抓住镜面反射和漫反射的特点,根据反射光线进入人眼的多少来判断亮暗处.

**例2** 如图 2-12 所示,有两块相交成  $60^\circ$  的平面镜,一束光线 AO 射到其中的一块平面镜上,要使最后反射回去的光线与 AO 重合,但方向相反,则 AO 与平面镜 MQ 的夹角应当等于 ( )

- A.  $30^\circ$
- B.  $45^\circ$
- C.  $60^\circ$
- D.  $70^\circ$

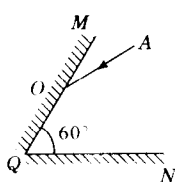


图 2-12

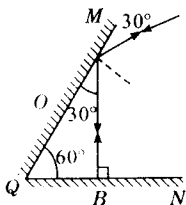


图 2-13

**解析** 光线  $AO$  射到平面镜  $MQ$  上发生反射, 反射光线  $OB$  射到平面镜  $NQ$  上再次发生反射, 要想使两次反射后, 光线恰好照原来的方向返回, 则光线  $OB$  应垂直射到平面镜  $NQ$  上, 这时反射角等于入射角都是  $0^\circ$ , 反射光线跟入射光线方向相反, 根据光路的可逆性, 最后的反射光线与  $AO$  重合但方向相反. 从图 2-13 中可以看出,  $BO$  与平面镜  $MQ$  的夹角为  $30^\circ$ , 所以根据光的反射定律, 我们可知  $AO$  与平面镜  $MQ$  的夹角应当等于  $30^\circ$ .

**点评** 本题关键是灵活应用光路可逆原理和光的反射定律, 抓住入射线与反射线重合的特殊条件, 即入射角 = 反射角 =  $0^\circ$ .

**例3** 图 2-14 所示,  $AB$  是窗口,  $CD$  为窗外的一个景物, 用作图法画出室内可看到  $CD$  整个景物的位置.

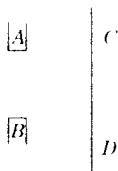


图 2-14

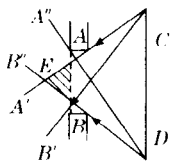


图 2-15

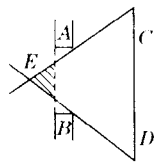


图 2-16

**分析一** 根据光的直线传播原理, 室内能看到景物上方  $C$  的位置在  $CA$  和  $CB$  所夹的范围内, 能看到  $D$  点的位置在  $DA$ 、 $DB$  所夹的范围内, 因此能看到整个景物  $CD$  的位置只能在上述两范围的重叠部分(即划线区域内).



**解法一** 作  $CAA'$  和  $CBB'$  以及  $DAA''$  和  $DBB''$ , 交于  $E$  点, 则  $ABE$  为能看到整个  $CD$  的位置区域(见图 2-15).

**分析二** 根据光路的可逆性原理及光的直线传播原理,可把  $CA$  和  $DB$  的交点  $E$  看做光源,  $ABE$  所围的区域即是可看到整个景物  $CD$  的位置区域.

**解法二** 见图 2-16.

**点评** 利用光的可逆性来解决几何光学作图题,往往事半功倍,光的可逆性原理是光学解题中常用的一个基本原则.

**例4** 一条光线垂直入射到平面镜上时,作图说明:

(1)入射角为多大? 反射角又是多大?

(2)若保持光的传播方向不变,而将平面镜沿逆时针方向转动  $20^\circ$  角,则反射光线与水平面的夹角为多大?

**解析** (1)光路图如图 2-17(a)所示.

(2)光路图如图 2-17(b)所示.

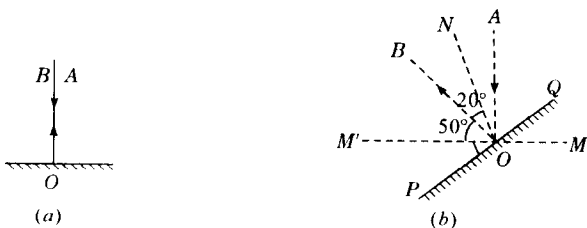


图 2-17

**作法:**①作水平线  $MM'$  和镜面  $PQ$ ,由图可知

$\angle POM' = 20^\circ$ .

②作法线  $ON \perp PQ$ ,法线转过  $20^\circ$ ,则入射角  $\angle AON = 20^\circ$  反射角  $\angle BON = 20^\circ$ ,反射线转过  $40^\circ$ ,所以反射光线与水平面的夹角  $\angle BOM' = 50^\circ$ .

$\therefore$  (1)入射角为  $0^\circ$ ,反射角为  $0^\circ$ . (2)反射线与水平面的夹角是  $50^\circ$ .

**拓展一** 光线以与水平方向成  $40^\circ$  角入射,要使反射光线沿水平方向传播,应把平面镜放在跟水平方向成多大角度的方向上?

**分析一** 根据光的反射定律,若发射光线沿水平方向向右传播,则光路如图2-18所示.



由图中可见

$$\begin{aligned} \because \angle AON &= 1/2 \angle AOB \\ \text{即 } (1/2)(180^\circ - 40^\circ) &= 70^\circ \\ \therefore \text{平面镜与水平方向之间的夹角为} \\ \theta &= 40^\circ - \angle AOM \\ &= 40^\circ - (90^\circ - \angle AON) \\ &= 40^\circ - (90^\circ - 70^\circ) \\ &= 20^\circ \end{aligned}$$

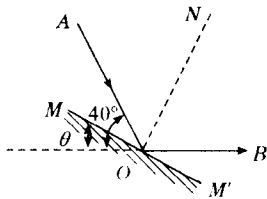


图 2-18

### 分析二

若反射光线沿水平方向向左传播,则光路如图 2-19 所示.利用光的反射定律即可求解.

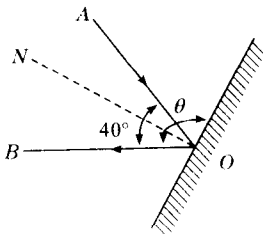


图 2-19

### 解法二

由图中可见

$$\begin{aligned} \because \angle BON &= 1/2 \angle AOB = 20^\circ \\ \therefore \text{平面镜与水平方向之间的夹角为} \\ \theta &= 90^\circ + \angle BON = 90^\circ + 20^\circ = 110^\circ \end{aligned}$$

### 点评

本题的答案不是惟一的,因为题目只要求反射光线沿水平方向传播,而没有明确向哪一个方向,所以两个方向都是可能的,因而两个答案都是可行的.

**拓展二** 如图 2-20 所示,入射光线与平面镜成  $15^\circ$  夹角,要使反射光线与入射光线垂直,则平面镜应 ( )

- A. 顺时针转  $30^\circ$
- B. 顺时针转  $45^\circ$
- C. 顺时针转  $50^\circ$



图 2-20



D. 顺时针转  $75^\circ$

**解析** 要使反射光线与入射光线垂直,入射角应为  $45^\circ$ ,反射角也为  $45^\circ$ ,在不改变入射光线的情况下,只有转动平面镜,即入射光线与平面镜的夹角为  $45^\circ$ ,所以此平面镜应顺时针转动  $30^\circ$ .如图 2-21 所示. A 正确.

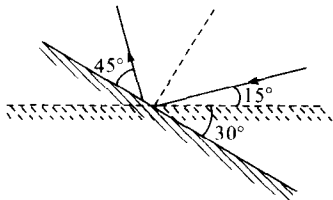


图 2-21

**点评** 改变入射角的方法有两个:一是当平面镜不动时,改变入射光的传播方向,可以改变入射角;二是入射光线不动,转动平面镜的位置,也可以改变入射角.如果入射光线不动且增大入射角,应逆时针转动平面镜;如果入射光线不动且减小入射角,应顺时针转动平面镜.

## 巩固练习

### 一、选择题

- 关于镜面反射和漫反射,下面说法中不正确的是 ( )
  - 无论镜面反射还是漫反射,对应一条入射光线,只有一条反射光线
  - 镜面反射的每一条光线都遵循光的反射定律
  - 漫反射中有些光线不遵循光的反射定律
  - 入射光线彼此平行时,漫反射后的反射光线彼此不平行
- 一束光线以  $30^\circ$  角入射到平面镜上,当入射角增大  $20^\circ$  时,反射光线与入射光线的夹角为 ( )
  - $100^\circ$
  - $120^\circ$
  - $140^\circ$
  - $160^\circ$
- 入射光线和平面镜夹角  $35^\circ$ ,然后转动平面镜使入射角减小  $5^\circ$ ,则入射光线和反射光线之间的夹角为 ( )
  - $100^\circ$
  - $60^\circ$
  - $120^\circ$
  - $50^\circ$
- 入射光线不改变,当把平面镜转过  $15^\circ$  角时,则反射光线与入射光线间的夹角将改变 ( )

- A.  $15^\circ$       B.  $30^\circ$       C.  $45^\circ$       D. 以上答案都不对
5. 反射光线和反射面的夹角是  $25^\circ$  角, 则入射角是 ( )
- A.  $25^\circ$       B.  $35^\circ$       C.  $65^\circ$       D.  $75^\circ$
6. 若入射光线的方向不变, 而将平面镜转过  $\theta$  角, 则反射光线转过的角度应是 ( )
- A.  $\theta$       B.  $2\theta$       C.  $\frac{1}{2}\theta$       D. 无法确定

## 二、填空题

- 光的反射分\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两类, \_\_\_\_\_反射使我们从不同方向都能看到物体.
- 当入射光线向法线靠拢时, 反射角将\_\_\_\_\_; 当反射光线与入射光线垂直时, 反射角为\_\_\_\_\_. 当入射光线与平面镜成  $20^\circ$  时, 反射角为\_\_\_\_\_.
- 如果新的入射光线是原来的反射光线, 新的反射光线将\_\_\_\_\_, 这表明在反射时光路是\_\_\_\_\_的.
- 入射光线垂直镜面入射, 入射角是\_\_\_\_\_, 反射光线的方向是\_\_\_\_\_, 要使反射光线和入射光线互相垂直, 入射角是\_\_\_\_\_, 平面镜应转过\_\_\_\_\_度.

## 三、作图题

1. 完成下列光路图

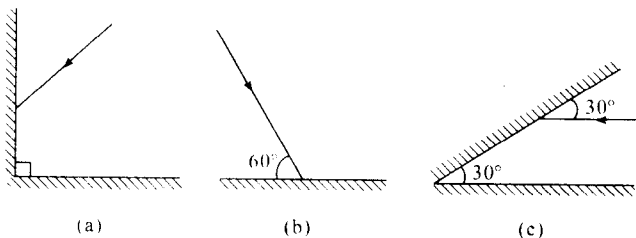


图 2-22

## 第三节 平面镜

### 重点精讲

#### (一) 平面镜

##### 平面镜成像

(1) 平面镜面成像原理: 光的反射定律. 在平面镜前的物体发出的光线, 经镜

面反射后到达人的眼睛,眼睛根据光的直线传播经验,感觉光是从反射光线的反向延长线的交点射出来的,就形成了物体的像.所成的像为虚像.

(2)平面镜成像的特点:物像等大、与镜对称、正立、虚像.

### 2. 平面镜的视场问题

通过平面镜看虚像的情况就象通过与平面镜等大的“窗口”看窗外的物体一样.具体观察范围为像点和平面镜的边缘连线所限定.

如图 2-23 所示, MN 为竖直放置的平面镜,可用作图的方式确定人在 S 处的视场.

(1)根据对称性的特点,作 S 在镜中的像 S'.

(2)从 S' 作两条经过平面镜边缘的射线 S'M 和 S'N,则视场就是两条射线之间的范围.

注意:确定平面镜成像的范围包括两种类型:一种是观察平面镜所成完整的像的范围;另一种是从某一位置观察平面镜成像部分像的范围.

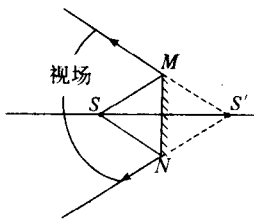


图 2-23

作此类问题的光路图时,首先根据物像关于平面镜的对称性,作出物体所成像的位置,再借助平面镜作出边界光线,从而确定观察范围.

### 3. 两平面镜成像个数

如图 2-24 所示,物体在两个互成角度的平面镜内的成像个数:两平面镜互成  $\theta$  角,为使物体在两平面内成像清晰,  $\frac{180}{\theta}$  应为整数,这时物体在两平面镜内成像的总个数为  $\left(\frac{360}{\theta} - 1\right)$  个.

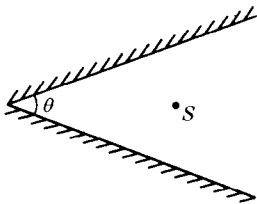


图 2-24

### 4. 实像与虚像

实像是由实际光线会聚而成的,它能够用光屏接收到,也能够用眼睛直接观察;虚像是由实际光线的反向延长线相交而成的,虚像不能在光屏上显示是因为它不是光实际会聚而成,而是人眼睛的错觉所产生的现象,但这感觉也是由实际光线射入人眼睛所产生的.

### 5. 关于平面镜中钟表读数问题

关于读镜中钟表的方法很多,都是利用平面镜成像的物、像对称规律.大致有:(1)翻认法:把题图翻过来从纸的反面迎光读数,即可读出实际时间;(2)对称法:分别找出 12 时和 6 时为对称轴时,时针和分针对称位置,再按通常读表方法读数,即可读出实际时间;(3)计算法:钟表时针转动一周为 12 小时,减去图中镜

像所示时刻,就是当时的真实时间;(4)逆读法:通常读钟表时是顺时针方向读,逆时针方向读即为镜像所显示钟表的真实时间;(5)实验还原法:将图中镜像置于平面镜前,从镜中读出结果即为当时真实时间。

## (二)平面镜和球面镜

### 球面镜

反射面是平的镜子叫平面镜;反射面是球面一部分的镜子叫球面镜,球面镜分凹镜(用球面的内表面作为反射面)和凸镜(用球面的外表面作反射面)两种。

### 球面镜成像原理

光的反射定律。

### 球面镜对光线的作用

凸镜对光有发散作用,凹镜对光有会聚作用。

### 球面镜的三条特殊光线

(A)平行于主光轴的光,经球面镜反射后,反射光线通过焦点;(B)通过焦点的光线经球面镜反射,反射光线平行于主轴;(C)通过球心的光线经球面镜反射,反射光线将沿原路返回。平行光经凹镜反射后会聚一点,该点称为焦点。平行光经凸镜反射后的反射光线,其反向延长线也会聚一点,该点称为凸镜虚焦点。从球面顶点到焦点的距离称为球面镜的焦距,用  $f$  表示。焦距等于从球面顶点到球心距离的二分之一,即  $f = R/2$ 。

### 凹镜成像规律

- (A)当物距大于  $2f$ ,物像在凹镜同侧,像是缩小、倒立的实像。
  - (B)当物距等于  $2f$ ,物像在凹镜同侧,像是等大、倒立的实像。
  - (C)当物距小于  $2f$ ,大于  $f$ ,物像在凹镜同侧,像是放大、倒立的实像。
  - (D)当物距等于  $f$ ,不成像。
  - (E)当物距小于  $f$ ,物像在凹镜异侧,像是放大、正立的虚像。
- (注意有两个分界点: $f$ 是虚、实的分界点; $2f$ 是放大和缩小的分界点。)
- (F)凸镜成像规律:凸镜总是成缩小的正立的虚像;物像分居于凸镜的异侧。

## 范例精解

**例1** 平面镜前一点光源  $S$  射出的光线中有两条经平面镜反射后如图 2-25 所示,请在图上作图找出光源  $S$  所在的位置。

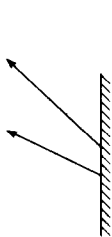


图 2-25

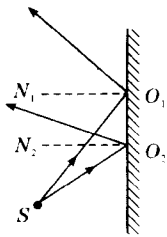


图 2-26

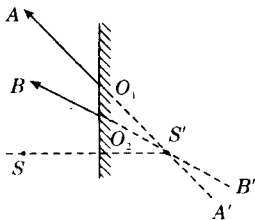


图 2-27

**分析一** 根据光的反射定律可以找出光源  $S$  所在的位置(见图 2-26)。∵ 反射角等于入射角,可作出入射光线  $O_1S$  和  $O_2S$ ,其交点就是光源  $S$  所在的位置。

**分析二** 可根据平面镜的成像规律作图(见图 2-27)。

**解法二** 作出反射光线  $AO_1$  和  $BO_2$  的反向延长线  $O_1A'$  和  $O_2B'$ ,交于  $S'$ ,这就是发光点  $S$  的像点,根据平面镜成像规律的物像对称性,作出  $S'$  关于镜面的对称点  $S$ , $S$  点就是光源所在位置。

**拓展一** 上题中若  $A$ 、 $B$  反射光线改为入射光线,则经平面镜后的情况将如何?

**解析** 可根据平面镜的成像规律作图(见图 2-28)

作出反射光线  $AO_1$  和  $BO_2$  的反向延长线  $O_1A'$  和  $O_2B'$ ,交于  $S'$ ,这就是发光点  $S$  的像点,根据平面镜成像规律的物像对称性,作出  $S'$  关于镜面的对称点  $S$ , $S$  点就是光源所在位置。

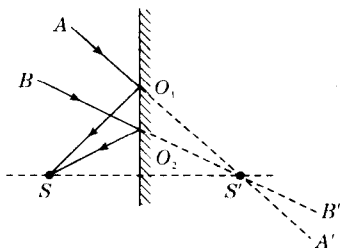


图 2-28

**点评** 利用光的反射定律来作图,需作出反射角等于入射角,利用平面镜成像规律的对称性作图,只需找对称点,因而利用成像规律作图除简便外,也较准确。拓展中在原题的基础上应用了逆向思维。

**拓展二** 如图 2-29 所示,  $M_1$ 、 $M_2$  为互成直角放置的两平面镜,入射光  $AO$  的入射角为  $30^\circ$ 。试证明入射光线经  $M_1$ 、 $M_2$  两平面镜反射后的光线  $BC$  与入射光线  $AO$  平行。

**分析一** 由光的反射定律中“反射角等于入射角”以及几何关系来证明.

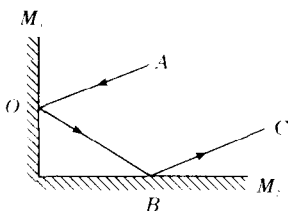


图 2-29

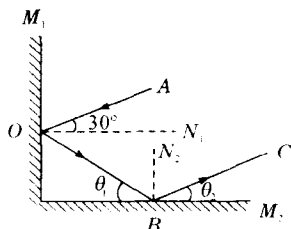


图 2-30

**解法一** 如图 2-30 所示, 分别作出过  $O$  点和  $B$  点的法线  $ON_1$ 、 $BN_2$ .

由图可知, 反射角  $\angle BCON_1 = \angle AON_1 = 30^\circ$

故  $\theta_1 = \angle BCON_1$

而  $\theta_2 = 90^\circ - \angle CBN_2$

$\angle CBN_2 = \angle OBN_2 = 60^\circ$

所以  $\theta_2 = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$

$\therefore \theta_2 = \angle AON_1$

$\therefore BC$  平行  $AO$ .

**分析二** 作出过  $O$  点、 $B$  点的法线交于  $D$  点, 如下图 2-31 所示. 由直角  $\triangle ODB$  以及几何关系来证明.

**解法二** 根据反射定律有

$\angle AOD = \angle DOB = 30^\circ$

在直角  $\triangle BDO$  中,

$\angle DBO = 90^\circ - \angle DOB = 60^\circ$

由反射定律有  $\angle OBN_2 = \angle CBN_2 = 60^\circ$

得  $\theta_2 = \theta_1 = 30^\circ$

$\therefore \theta_2 = \angle AOD$

$\therefore BC$  平行  $AO$ .

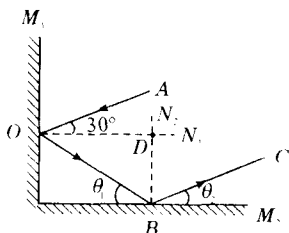


图 2-31

**点评** 平面镜的光路证明题一般都要利用光的反射定律中“反射角等于入射角”和平面几何关系来求证.

**例2** 用两块平面镜做成如图 2-32 所示的潜望镜, 两平面镜中心的距离为  $L$ , 现在用此潜望镜观察正前方一物体  $AB$ , 那么人从潜望镜中看到  $AB$  的像是物体  $AB$  的 ( )

- A. 倒立等大的虚像                      B. 正立等大的虚像  
C. 倒立放大的实像                      D. 正立缩小的实像

(1994 年全国物理知识应用竞赛题)

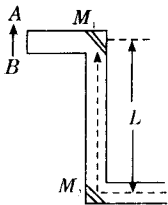


图 2-32

**解析** 平面镜的作用不仅可以成虚像, 而且还可以改变光的传播路线.

在图示的潜望镜中, 有两块镜面相对, 互相平行, 都与与镜面成  $45^\circ$  角的平面镜组成, 由于平面镜可以成等大的虚像, 又可以入射光改变  $90^\circ$  角再传播, 故这个潜望镜应成正立等大的虚像, B 正确.

**拓展一** 如图 2-33(甲)所示的是某同学画的潜望镜的示意图. 使用这样的潜望镜看物体  $AB$  成怎样的像?

**解析** 因为潜望镜由两块平面镜构成, 平面镜成的是等大的虚像, 判定所成像是倒立还是正立有两种方法: 一种是作光路图, 见图乙所示. 从物体上端  $A$  点射出的光线经过平面镜反射后, 从下方进入人眼, 从物体下端  $B$  点

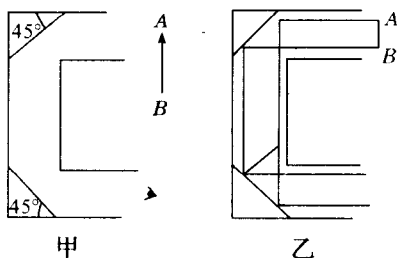


图 2-33

射出的光线经平面镜反射后, 从上方进入人眼, 所以像是倒立的. 还有一种方法是求平面镜的像, 利用平面镜成像特点, 也可以看到成的是等大倒立的虚像.

### 点评

关于潜望镜和几个平面镜多次成像问题, 应根据平面镜成像特点, 逐个作出所成的像.

**例3** 图 2-34 中  $S$  为发光点, 从它发出的两条光线经平面镜反射后的两条反射光线分别与虚线  $a'$ 、 $b'$  重合, 根据平面镜成像规律在图中画出平面镜, 并找出  $S$  在平面镜里的像  $S'$ .

**解析** 平面镜所成的像是反射光线延长线的交点, 且像和物的连线与镜面垂直, 像和物到镜面的距离相等.

如图 2-35 中, 延长  $a'$ 、 $b'$  相交于  $S'$ ,  $S'$  即为  $S$  的像. 连结  $SS'$ , 作  $SS'$  的中垂

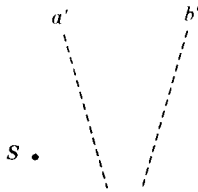


图 2-34

线  $PQ$  即为镜面.

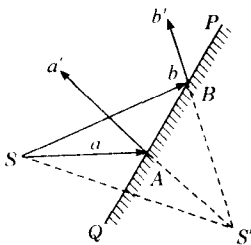


图 2-35

**点评** 灵活应用平面镜成像规律解题会方便快捷.

**拓展一** 如图 2-36 示,如何作一点光源  $S$  发出的一条光线经平面镜反射后经过  $A$  点(画图说明)

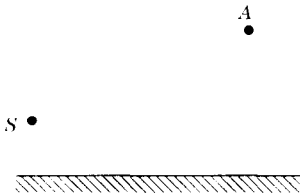


图 2-36

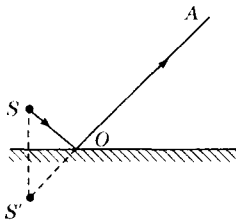


图 2-37

**解析** 此题涉及了光反射的许多知识点,由平面镜成像的原理可知反射光线的反向延长线必经过像点.因此可以用平面镜成像的特点作出点光源的像点  $S'$ ; 然后连接  $S'A$ ,  $S'A$  和平面镜相交于  $O$  点,  $O$  即为入射点,最后完成光路图.见图 2-37 所示.

**拓展二** 人脸部宽为  $L$ , 2 只眼睛相距为  $d$ , 平面镜与脸平行, 人在平面镜前要看到自己脸的全部宽度, 平面镜至少要多宽?

**解法一** 我们把人脸看成一宽为  $L$  的平面, 2 只眼关于脸中心是左右对称的, 相距为  $d$ . 如图 2-38 所示, 平面镜为  $MN$ , 脸宽为  $AB = L$ , 左眼为  $E$ , 右眼为  $F$ ,  $EF = d$ .

左眼通过平面镜上的  $D$  点的反射光线看到脸

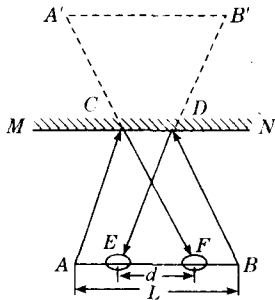


图 2-38



的右边缘  $B$ , 右眼  $F$  通过平面镜上  $C$  点的反射光线看到脸的左边缘  $A$ . 所以, 平面镜的最小宽度为  $CD$ .

· 由图 2-38 知  $CD \parallel FB$ , 由对称性知  $CF \parallel DB$ .

∴ 四边形  $CDBF$  是平行四边形.

由脸左右对称得  $CD = FB = AE = \frac{L-d}{2}$ , 即平面镜的最小宽度为  $\frac{L-d}{2}$ .

**解法二** 根据平面镜成像特点,  $AB$  与其像  $A'B'$  与平面镜对称, 将两个眼睛作为光源, 从两光源发出的光分别照到  $A'B'$ , 则公共部分的长度就为平面镜的最小长度. 如图 2-39 所示.

$\triangle S_1A'B'$  中  $DF$  是中位线, 根据三角形中位线定理,

有  $DF \parallel A'B'$  且  $DF = \frac{1}{2} A'B'$ ,

同理  $EG = \frac{1}{2} A'B'$ ,  $DE = \frac{1}{2} S_1S_2$

$FG = \frac{1}{2} S_1S_2$

∴  $DE + FG = S_1S_2 = d$ ,  $DF + EG = A'B' = L$

于是  $EF = DF - DE = \frac{L}{2} - \frac{d}{2}$ .

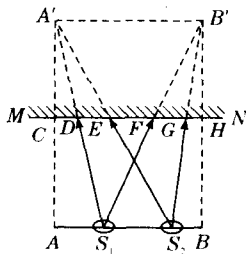


图 2-39

**点评** 利用平面镜视场范围, 只要左眼  $S_1$  能看到脸的右边缘  $B$ , 右眼  $S_2$  能看见脸的左边缘  $A$ , 这样就能看到脸的全部宽度, 然后在此基础上画出光路图, 再利用对称性寻求相关的几何关系就可求出平面镜宽度为  $\frac{L-d}{2}$ . 解法二是用几何证明的方法求解.

**思考** 人站在平面镜前要看全身, 平面镜至少多大, 应如何放置?

分析作图与上相同, 只是要注意头顶、足作为光源, 所有经平面镜反射后的光均要进入人眼. 同理也可用逆向思维的方法来处理. 将眼睛作为光源, 从人眼发出的光经平面镜反射后照到人的头顶和足底.

**例4** 一个点光源  $S$ , 放在平面镜前, 若镜不动, 光源  $S$  以 2 米/秒速度垂直于镜面向右运动, 则光源  $S$  的像  $S'$  相对于镜将做什么运动?

**解析** 根据平面镜成像时物像关于平面镜对称的特点, 作  $S$  的像  $S'$ , 如图 2-40 所示, 并作经过时间  $t$  后光源的位置  $S_1$  及像  $S'_1$ . 由对称性可知  $SS_1 = S'S'_1$ , 所以, 当物以 2 米/秒对镜向右移动时, 像则以 2 米/秒对镜向左运动.

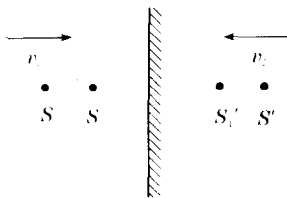


图 2-40

**点评** 人在平面镜中成像与人在平面镜中看到的像是两个不同的概念. 当人走近平面镜时, 由于视角的变化, 虽然人成的像不变, 但人看到的像的视角范围在变大, 因此容易出现错误的理解, 人走近平面镜时, 所成的像变大.

**拓展一** 上题中此时物相对于像的速度是多少?

**解析** 由上面分析知: 物以 2 米/秒向右运动, 像则以 2 米/秒向左运动 (此时镜不动). 假设像不动, 则面镜相对于像以 2 米/秒的速度向右运动, 而物又相对于平面镜以 2 米/秒的速度向右运动, 所以物相对于像以 4 米/秒的速度向右运动.

**拓展二** 若光源沿水平方向运动, 而镜与水平方向成  $60^\circ$  角, 物仍以 2 米/秒的速度沿水平向右运动, 则光源在镜中的像将怎样运动?

**解析** 根据平面镜成像, 物、像相对于平面镜对称的特点, 作  $S$  的像  $S'$ , 如图 2-41 所示, 并作经过时间  $t$  后的位置  $S_1$  及像  $S'_1$ . 由对称性可知  $SS_1 = S'S'_1$ , 所以, 像  $S'$  将沿  $S'O$  以速度 2 米/秒沿直线运动.

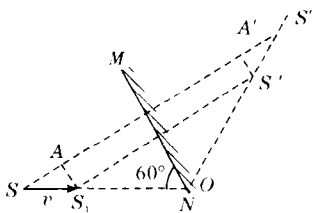


图 2-41

**点评** 综合运用平面镜成像的特点与相对运动的关系, 是处理这类平面镜动态成像问题的关键, 并灵活应用平面镜成像特点.

**拓展三** 如图 2-42 所示,  $S$  为固定光源, 平面镜与水平面成的夹角为  $30^\circ$ , 若平面镜  $M$  沿水平线  $OO'$  向右移动, 那么, 点光源  $S$  在  $M$  中所成的像  $S'$  相对于  $S$  的移动速度为多少?

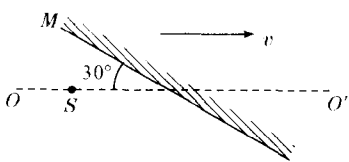


图 2-42

**解析** 根据平面镜成像, 物像相对于平

面镜对称的特点,作  $S$  的像  $S'$ ,并作经过时间  $t$ ,平面镜  $M$  向右移动了距离  $vt$ ,  $S$  成的像移到  $S''$ .  $S'$  和  $S''$  都与  $S$  关于平面镜对称,由图 2-43 可知,  $AB = vt$ ,  $\angle ABC = 30^\circ$ , 所以  $AC = \frac{1}{2} vt$ , 平面镜  $M$  沿与  $S$  垂直的方向移动了  $\frac{1}{2} vt$ ,  $S$  在平面镜中的像  $S'$  移到  $S''$  的距离为  $vt$ , 说明像相对于物移动速度为  $v$ .

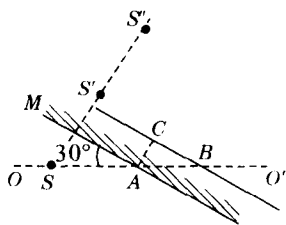


图 2-43

**点评** 这类运动学和光学的综合性问题最好用控制变量法来处理,结合平面镜成像特点便能解决.控制变量法是中学物理中研究问题的一种最常用的方法.望同学们掌握.

**拓展四** 如图 2-44 所示:一发光点  $S$  从  $A$  点沿  $AB$  连线方向作匀速直线运动,速度为  $v = \sqrt{3}\text{m/s}$ ,与发光点  $A$  相距  $L = 3\text{m}$  处有一垂直于纸面的轴  $O$ ,  $OA$  垂直于  $AB$ ,平面镜  $MN$  可绕  $O$  轴转动.为使发光点  $S$  经平面镜成像始终处于与  $AB$  平行的  $PO$  连线上,试求经时间  $t = 1\text{s}$  后平面镜转过的角度?

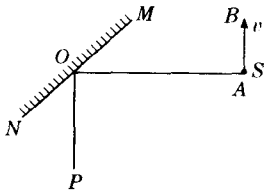


图 2-44

**解析** 由题意分析可知,发光点起始位置在  $A$  点,平面镜  $MN$  与  $OA$  夹角为  $45^\circ$ ,经  $t = 1\text{s}$  后,发光点  $S$  到达  $C$  点,平面镜转过  $\theta_2$  角,像成在  $D$  点,则有  $AC = vt = \sqrt{3}\text{m}$ ,经推测可作出图 2-45,由图可知:

$$OC = \sqrt{(OA)^2 + (AC)^2} = \sqrt{L^2 + (vt)^2} = 2\sqrt{3}\text{m}$$

$$OD = OC = 2\sqrt{3}\text{m}$$

$EF$  为梯形中位线,有:

$$EF = \frac{AC + OD}{2} = \frac{3}{2}\sqrt{3}\text{m}$$

$$OF = \frac{L}{2} = \frac{3}{2}\text{m} = 1.5\text{m}$$

$$\tan(\theta_1 + \theta_2) = \frac{EF}{OF} = \sqrt{3}$$

$$\therefore \theta_1 + \theta_2 = 60^\circ, \theta_2 = 15^\circ$$

故平面镜转过  $15^\circ$ .

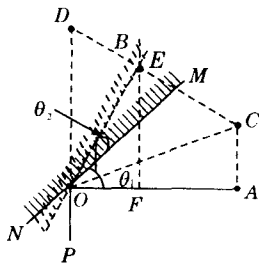


图 2-45

**点评** 该题是平面镜成像,匀速直线运动和数学等知识的综合题,在训练中要理清思路,画好光路图,应用几何知识求解.

**拓展五** 如图 2-46 所示,  $MN$  为竖直悬挂的平面镜,  $CD$  为与  $MN$  平行的光屏. 在  $CD$  与  $MN$  正中位置跟  $N$  端同一水平线处有一激光源  $S$ , 由  $S$  点发出一束光线向镜面投射, 当光线的入射点由  $N$  点单向移动到  $M$  点时, 测得反射光在光屏  $(CD)$  的移动速度是  $3\text{m/s}$ , 求入射点沿镜面的移动速度.

**解析** 根据题意作图 2-47, 入射点在镜面  $MN$  上移动时, 反射光线在光屏上也作同方向移动, 它们的移动时间相同, 移动的距离可由几何关系求出, 这样, 入射点在镜面的移动速度即可由比例关系求出.

在图中作出入射光  $SM$  的反向延长线  $SD$  和法线  $MB$ .

$\because SN = SA, \therefore \text{Rt}\triangle SNM \cong \text{Rt}\triangle SAD, MN = AD$

$\because AB = MN, \therefore BD = 2MN$

据光的反射定律, 有  $CB = BD = 2MN$

$\therefore v_{\text{入}} = \frac{MN}{t}, v_{\text{反}} = \frac{AC}{t}$

$AC = AB + BC = 3MN \quad \frac{v_{\text{入}}}{v_{\text{反}}} = \frac{MN}{AC} = \frac{MN}{3MN} = \frac{1}{3}$

则  $v_{\text{入}} = \frac{1}{3} v_{\text{反}} = \frac{1}{3} \times 3\text{m/s} = 1\text{m/s}$

所以入射点沿镜面的移动速度是  $1\text{m/s}$ .

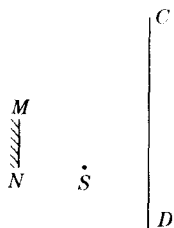


图 2-46

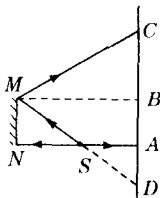


图 2-47

**点评** 本题涉及的知识多, 即要理解光的反射定律, 又要利用几何知识来解决问题; 体现几何知识是帮助我们解决几何光学的基础.

**例5** 如图 2-48 所示, 在相对的两个平面镜  $M$  和  $N$  之间, 有一个点光源  $S$ . 当平面镜  $N$  以水平速率  $v$  向  $S$  靠近时, 最靠近两个平面镜的四个像中, 像速情况为 ( )

- A. 有两个像的像速为  $2v$
- B. 有三个像的像速为  $2v$
- C. 有两个像的像速方向指向  $S$
- D. 有三个像的像速方向指向  $S$

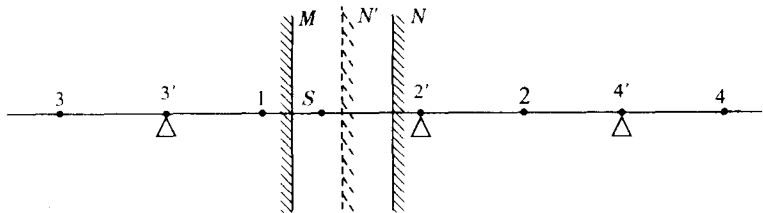


图 2-48

**解析** 如图 2-48 所示,由题意分别作出两个镜中四个最近像的位置,用圆点表示这四个像的原来位置,用 $\triangle$ 符号表示  $N$  镜移动后的四像位置.当  $N$  镜移动到  $N'$  位置时,只有像 1 是  $S$  点光源对平面镜  $M$  形成的像位置不变,像 2,及像 3、4 都移动  $2v$ .像 2 是像 1 在  $N$  平面镜中的像.像 3 是像 2 在  $M$  平面镜中的像,其速度方向都指向  $S$ ,所以选项 B、D 正确.

**拓展** 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等分线上.试分别求出像的个数.

**解析** 由第一面镜生成的像,构成第二面镜的物,这个物由第二面镜所成的像,又成为第一面镜的物,如此反复下去以至无穷.在特定条件下经过有限次循环,两镜所成像重合,像的数目不再增多,就有确定的像的个数.

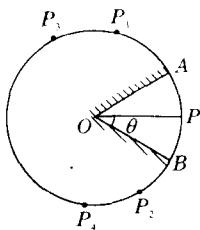


图 2-49

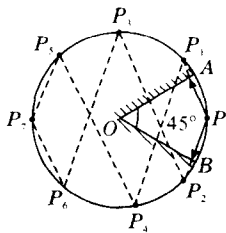


图 2-50

设两平面镜  $A$  和  $B$  的夹角为  $2\theta$ ,物  $P$  处在他们的角等分线上,如图 2-49 所示.以两镜交线经过的  $O$  点为圆心, $OP$  为半径作一辅助圆,所有像点在此圆周上.由平面镜  $A$  成的像用  $P_1, P_3, \dots$  表示,由平面镜  $B$  成的像用  $P_2, P_4, \dots$  表示.由图不难得出: $P_1, P_3, \dots$  在圆弧上的角位置为  $(2k+1)\theta$ ,  $P_2, P_4, \dots$  在圆弧上的角位置为  $2\pi - (2k-1)\theta$ .其中  $k$  的取值为  $k=1, 2, \dots$

若经过  $k$  次反射,  $A$  成的像与  $B$  成的像重合,则  $(2k+1)\theta = 2\pi - (2k-1)\theta$  即  $k = \pi / (2\theta)$

当  $2\theta = 45^\circ = \pi/4$  时,  $k=4$ , 有 7 个像, 如图 2-50 所示;

当  $2\theta = 60^\circ = \pi/3$  时,  $k=3$ , 有 5 个像, 如图 2-51 所示;

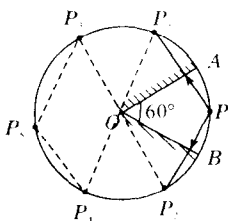


图 2-51

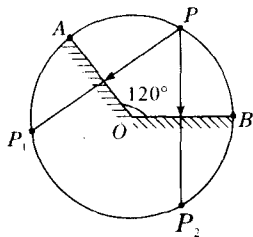


图 2-52

当  $2\theta = 120^\circ = 2\pi/3$  时,  $k=1.5$ , 不是整数, 从图 2-52 可直接看出, 物  $P$  经镜  $A$  成的像在镜  $B$  面上, 经镜  $B$  成的像则在镜  $A$  面上, 所以有两个像.

### 点评

因为像可以作光源再次成像, 对互成夹角的两平面镜成像问题, 可多次成像, 直至最后两平面镜所成像重合; 对相互平行的两平面镜, 将有无穷多个像, 但像的亮度逐渐减弱. 总之, 对多个平面镜成像过程中, 各次成像均遵从平面镜成像规律.

**例6** 图 2-53 所示, 人的眼睛在什么范围内能看到平面镜前发光点  $S$  在镜中的像?

### 分析一

根据光的反射定律, 先作出发光点  $S$  发出的边缘光线  $SO$  和  $SO'$ , 则在其反射光线  $OA$  和  $O'B$  所夹的范围就能看到  $S$  的像  $S'$ .



见图 2-54.



图 2-53

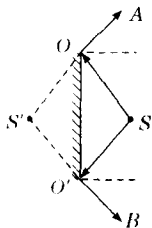


图 2-54

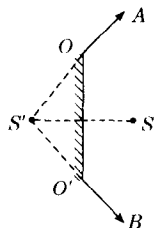


图 2-55

**分析二** 利用平面镜的成像规律,根据对称性作出  $S$  的像点  $S'$ ,在  $S'$  与平面镜边缘的连线  $S'O_A$ 、 $S'O_B$  所夹的范围内即能看到像  $S'$ 。

**解法一** 详见图 2-55。

**点评** 平面镜的成像规律是在光的反射定律的基础上得出来的,因此在解题时直接用成像规律比用反射定律简便很多.人看像范围叫视场,视场范围是通过平面镜各边缘的最后一条反射光线所围范围,在此范围内人能看到像。

**拓展一** 如图 2-56 所示,物点  $S$  位于平面镜右侧,在物点和平面镜之间竖放一块遮光板  $PQ$ ,求像点  $S'$  的视场?

**解析** 如图 2-57 所示,利用对称性作物点  $S$  的像点  $S'$ ,作边界光线  $SA$ 、 $SB$ 、 $SM$  和  $SN$  分别连接  $S'A$ 、 $S'B$ 、 $S'M$  和  $S'N$  并延长可得反射光线  $AA_1$ 、 $BB_1$ 、 $MM_1$  和  $NN_1$ ,显然  $S'$  的视场在光锥  $A_1M_1$  和  $B_1N_1$  之间(图中阴影部分)。

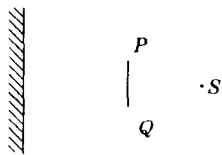


图 2-56

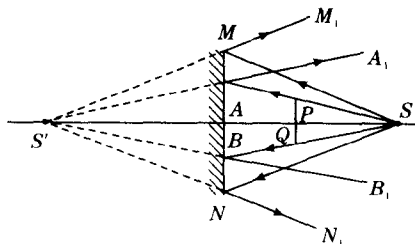


图 2-57

**点评** 应注意与没有放置障碍物时的情况进行对比.从图中可以看出,障碍物离人眼越近,人的视场越小。

**拓展二** 如图 2-58 所示,水平地面上有一障碍物  $ABCD$ ,较大平面镜  $MN$  在某一高度水平放置,试用作图法求出眼睛位于  $O$  点从平面镜中所能看到的障碍物后方地面的范围.如果想在原处看到更大范围的地面,水平放置的镜子的高度应升高还是下降?

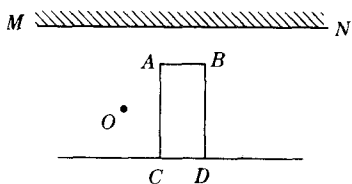


图 2-58

**解析** 若直接由光的反射定律求解,则只能确定边缘光线  $QAO$  的入射光线

QF, 而另一条反射光线 PO 和入射光线 PE 却无法确定, 如图 2-59 所示. 如果进行逆向思维, 利用光路的可逆性, 则会豁然开朗, 易求解.

假定 O 为点光源, 作 O 的像点 O', 则过 A 点光线 OQ 的反射光线 QF 必过像点 O', 由光路可逆性质, 可确定 OP 和 OQ 的反射光线如图 2-59 所示, 图中 EF 所围区域就是眼睛位于 O 点从平面镜 MN 中所能看到障碍物后的范围.

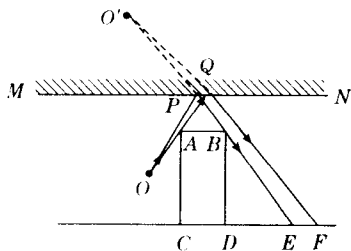


图 2-59

假设水平放置的镜子的高度降低至与障碍物 AB 面接触, 眼睛在原处就看不到障碍物后方的地面. 因此, 如果想在原处看到更大范围的地方, 水平放置的镜子的高度该升高(即向上平移)

**点评** 在平面镜成像、观像问题中, 通常采用逆向思维, 根据光路可逆原理解题, 往往事半功倍.

**例7** 某人从平面镜中看到时钟指针如图 2-60 所示, 则当时的时间是 ( )

- A. 7 点 25 分
- B. 4 点 35 分
- C. 11 点 05 分
- D. 1 点 05 分

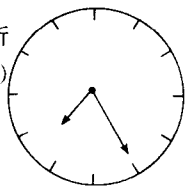


图 2-60

**解析** 根据平面镜成像规律: 像与物关于平面镜对称, 时钟在平面镜中指针的转动方向是按逆时针方向转动的, 所以根据像读数与物读数有所不同, 这里介绍三种读数方法.

方法一: 钟表的像是印在纸上的, 可以从纸的背面按正常方法读数即可. 从图中可知当时的时间为 4 点 35 分, 应选 B. 这是最简单最不容易出错的方法.

方法二: 由于从平面镜中看到的指针是按逆时针方向读数, 时针、分针都一样. 由图可知, 时针指示 4 点多, 分针对准 35 分, 所以应选 B.



方法三:按正常方法读数,如图为7点25分,然后用12点减去刚才的读数,所得结果即为当时的时间.例题中结果为:12时-7时25分=4时35分,所以也应选B.

**答案 B**

注意:利用上面三种方法读数时都需要注意看清时针与分针,以免出错.

**拓展** 如图2-61所示,是一平面镜中观察到的手表的指示情况,此时手表所指示的时刻是 ( )

- A. 6点40分
- B. 5点20分
- C. 2点05分
- D. 8点35分

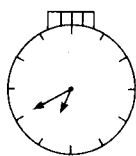


图 2-61

**解析** 此题与前题又有所不同,前例中是钟,这里是手表,上面多了一个零件——发条,它在手表上的位置是固定的,无论手表怎么放,发条都对准3点整.所以这里要注意发条的位置.从背面并顺时针旋转 $90^\circ$ ,即为我们习惯地看表位置,正确读数为8点35分,故选D.

**点评**

关于钟表读数问题,无论是平面镜中读数还是水中的倒影中读数,也不管钟表怎么放,都必须首先找到钟表的正确位置,即12点是在最上面,指针顺时针转动,这样才能正确地读数.

## 巩固练习

### 一、选择题

- 关于球面镜,下列说法正确的是 ( )
  - A. 凹镜对光线具有会聚作用,凸镜对光线具有发散作用
  - B. 凹镜对光线具有发散作用,凸镜对光线具有会聚作用
  - C. 平行光线经过凸镜反射后,一定能形成发散光线
  - D. 发散光线经过凸镜反射后,一定能形成平行光线
- 下列生活中常见物品中,属于凹镜的是 ( )
  - A. 抛光的不锈钢饭勺
  - B. “丁”字路口安装的一面交通镜
  - C. 大衣柜的穿衣镜
  - D. 自行车的铃盖
- 使用太阳灶或用太阳炉加热物体时,需要把被加热的物体放置在凹镜的 ( )

- A. 焦点以内
- B. 焦点以外
- C. 焦点上
- D. 镜前面的任意位置上

4. 医生检查耳道戴的额镜的作用是 ( )

- A. 对光线有会聚作用
- B. 对光线有发散作用
- C. 使光线成为平行光线
- D. 使光线的方向射向任意方向

5. 下列生活中常见的物品中,属于凸面镜的是 ( )

- A. 司机前面的观后镜
- B. 手电筒的“反光镜”
- C. 医生检查耳道戴的额镜
- D. 潜望镜

6. 镜面与水平桌面有一个夹角为  $\theta$ , 有一个小球在镜面前某一高度自由落下, 可看到平面镜里小球的像正沿水平方向运动, 则镜面和桌面的夹角  $\theta$  是 ( )

- A.  $30^\circ$
- B.  $45^\circ$
- C.  $60^\circ$
- D. 任意角度

7. 一个人从远处走向一块竖直挂着的平面镜, 他在镜内的像将 ( )

- A. 逐渐变大, 并且逐渐向镜面靠近
- B. 逐渐变小, 并且逐渐离开镜面
- C. 先变大后变小, 先靠近镜面再离开镜面
- D. 大小不变, 但逐渐向镜面靠近

## 二、填空题

1. 利用平面镜可以改变光路, 要使光线的方向改变  $120^\circ$ , 则光线射到平面镜上时, 应与镜面成 \_\_\_\_\_.
2. 使光线会聚的面镜是 \_\_\_\_\_, 使光线发散的面镜是 \_\_\_\_\_.
3. 凹镜的焦点是 \_\_\_\_\_ 焦点, 凸镜的焦点是 \_\_\_\_\_ 焦点.
4. 平行主光轴入射的光线, 经凹镜反射后, 反射光线会聚于 \_\_\_\_\_, 利用这个性质制成 \_\_\_\_\_.
5. 某人以 1 米/秒的速度向平面镜走近, 则它的像向镜面移动速度是 \_\_\_\_\_, 如果以人为参照物, 像移动速度是 \_\_\_\_\_.
6. 一支铅笔, 与桌面的夹角  $30^\circ$ , 而它在平面镜的像和铅笔的夹角是  $90^\circ$ , 则平面镜与桌面的夹角为 \_\_\_\_\_.
7. 两个平面镜夹角  $90^\circ$ , 在两镜中的中间有一个点光源 S, 这个点光源在两个平面镜中所成的像的个数有 \_\_\_\_\_ 个, 如果两个平面镜互相平行, 在它们的中间有一个点光源 S, 这个点光源在两个平面镜中所成的像的个数有 \_\_\_\_\_ 个.
8. 汽车上使用的反光镜是 \_\_\_\_\_ 镜, 为什么不使用平面镜, 原因是 \_\_\_\_\_.
9. 光从月球照到地球约为 1.28 秒, 月球与地球的距离为 \_\_\_\_\_ 米, 水池深 4 米,

月球在水池中的像离水面距离为\_\_\_\_\_米。

10. 某人从镜中看到车“08—01”，则该车号为\_\_\_\_\_。

11. 我们能从各个方向看见自身不发光的物体，这是因为\_\_\_\_\_。

### 三、作图题

1. 画出下图中的平面镜



图 2-62



图 2-63

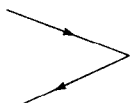


图 2-64

2. 根据平面镜成像规律，在下图中画出物体的像。

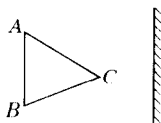


图 2-65

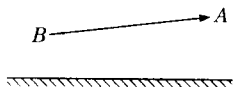


图 2-66

3. 作出物体 AB 通过小孔 O 在光屏 a 上所成的像，见图 2-67。

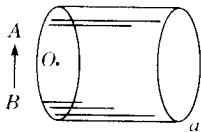


图 2-67

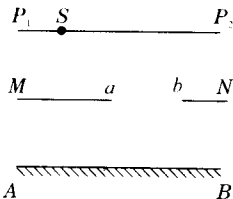


图 2-68

4. 如图 2-68 所示，AB 表示一平面镜， $P_1P_2$  是水平放置的米尺（有刻度的一面朝着平面镜），MN 是屏，三者相互平行，屏 MN 上的 ab 表示一条竖直的缝（即 ab 之间是透光的），某人眼睛紧贴米尺的一部分刻度，试在题图上用三角板作图，求出可看到的部位，并在  $P_1P_2$  上把这部分表示出来。

5. 一束光水平向右射向平面镜 MN 后，正好竖直向下反射到水平地面上的 A 点，如图 2-69 所示，所示已知反射点 O 到 A 点距离  $OA = 1.5\text{m}$ ，若要使反射光线反射到地面上 A 点左侧的 B 点（ $AB = 1.5\text{m}$ ），则平镜应该绕 O 点的什么方向转动多大角度？

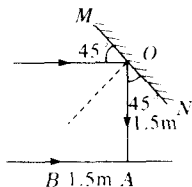


图 2-69

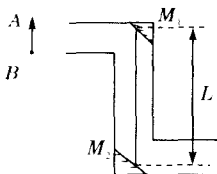


图 2-70

6. 如图 2-70 所示,用两块平面镜做成的潜望镜,如图所示,两平面镜的中心距离为  $L$ .现在用此潜望镜观察正前方一物体  $AB$ ,那么人从潜望镜中看到  $AB$  的像距物体  $AB$  的水平距离是多少?(作图并说明).

#### 四、计算题

1. 甲、乙两墙相对而立,相距 4 米,甲墙上竖直挂一个 0.8 米长的平面镜,人站在离镜 2 米处,如果人眼不动,那么他在镜中看到乙墙的部分有多高?若人的眼睛距地面 1.65 米高,要想看到乙墙的墙根,镜子的下边缘应距地面多高?

## 第四节 光的折射

### 重点精讲

#### (一)光的折射

##### 光的折射现象

光从一种介质斜射入另一种介质时,传播方向一般会发生变化.这种现象叫光的折射.

##### 折射定律

折射光线与入射光线、法线在同一平面内,折射光线和入射光线位于法线两侧;当光从空气射入介质时,折射角小于入射角;折射角随入射角的增大而增大,减小而减小;当光线垂直射入介质表面时,传播方向不发生改变.即入射角和折射角都是  $0^\circ$ .

图 2-71 为光从光密介质射入光疏介质,其中  $AO$  为入射光线,  $OB$  为折射光线,  $O$  为入射点,中间虚线为法线,  $i$  为入射角,  $r$  为折射角.

(1)这是几何光学的基本实验定律之一.

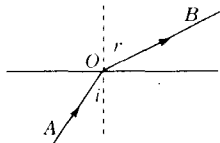


图 2-71

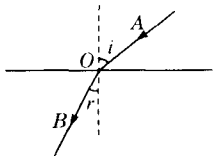


图 2-72

(2) 当光从光疏介质进入光密介质时,入射角大于折射角;当从光密介质进入光疏介质时,入射角小于折射角,如图 2-71、2-72 所示。

### 光的折射现象和光的反射现象一样

光路是可逆的。

光从一种介质射向另一种介质时,将同时发生反射和折射现象,即有一部分光返回原来介质中(反射光线),一部分进入另一种介质中(折射光线),即使是在垂直入射的情况下也是如此,如图 2-73 所示。

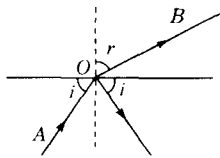


图 2-73

### (二) 如何辨别入射光线、反射光线和折射光线

在光路图中没有给出光线方向的情况下,要辨别入射光线、反射光线和折射光线,判别分界面的哪一侧是空气,哪一侧是透明物质,其过程如下:

#### 确定入射角和折射角

先找法线(无法线时,要添加法线),根据是反射角等于入射角,折射角不等于入射角及折射光线和反射光线与入射光线都分居法线两侧,来确定这三条线。

比较入射角与折射角的大小,然后根据光的折射规律,即可判断分界面两侧的物质情况。

## 范例精解

例1 秋高气爽的夜晚,当我们仰望天空时会觉得星光闪烁不定,这主要是因为 ( )

- A. 星星在运动
- B. 地球在绕太阳公转
- C. 地球在自转
- D. 大气的密度分布不稳定,星光经过大气层后,折射光的方向随大气密度的变化而变化

(2001 年全国物理竞赛)

**解析** 光能在真空中传播,也能在介质中传播,在同种均匀介质中,光沿直线传播,如果介质不均匀,光的传播方向会发生偏折,从密度小的部分传到密度大的部分时,相当于光从空气进入水中或别的介质那样,要向法线方向偏折,因此光在大气中也会发生折射现象,由于大气的密度是不均匀的,从远处恒星发来的光进入大气层后,折射光的方向时时发生变化,使折射光“摇摆不定”,因此,看到的星光不停地闪烁,因此选D。

**点评** 星光闪烁是自然界中常见的现象,它是由光的折射现象引起的,本题关键是弄清光的直线传播和光的折射这两个现象的区别和联系。

**例2** 下列现象中不属于光的折射的是 ( )

- A. 灌满水的游泳池看起来变浅了    B. 海市蜃楼  
C. 部分插入水中的筷子变弯折了    D. 在水面上出现岸上树木的“倒影”

**解析** 光的折射是光从一种介质斜射到另一种介质时或光在不均匀介质中传播,光线发生偏折的现象,所以A、B、C都属于光的折射现象,而D中水面相当于平面镜,水面上出现岸上树木倒影是平面镜成像,属于光的反射。

**点评** 弄清什么是折射现象是本题的关键,理解产生折射现象的两种情况是:光从一种介质斜射入另一介质或光在不均匀介质中传播。

**拓展** 下列说法错误的是 ( )

- A. 折射角、反射角和入射角有时相等  
B. 由光的折射定律可知:折射角总小于入射角  
C. 镜面反射和漫反射遵守光的反射定律  
D. 凸面镜成像也是根据光的反射定律

**解析** 由光的折射定律:当光从空气斜射入水或玻璃中时,折射角小于入射角,当光从水或玻璃射向空气中时,折射角大于入射角;当光垂直介面入射时,传播方向不变,因此说折射角总小于入射角是错误的。

当光垂直介面入射时,折射角、反射角和入射角相等,都等于 $0^\circ$ ,所以A是正确的,C也正确,物体发生反射时在任何情况下均遵守光的反射定律,所以D正确,本题答案是B。

**点评** 在研究光的折射规律时,要注意光的传播方向,光是由光疏介质向光密介质,还是由光密介质向光疏介质,特别是要注意只有斜射时,才能引起角度的变化,以确定折射角与入射角的关系。

例3 无经验人要用鱼叉叉水中不动的鱼靶,他最有可能将鱼叉叉向鱼靶的 ( )

- A. 正上方    B. 正下方    C. 正前方    D. 前下方

解析 “鱼靶”为光源,“鱼靶”发出的光经水进入空气,在水面上发生折射,折射光线远离法线,折射角大于入射角,这些折射光线成像是从它们的反向延长线的交点  $S'$  发出的, $S'$  是  $S$  的虚像,如图 2-74 所示,故人眼看到的是鱼靶的虚像  $S'$ ,它在水中的位置比实际的鱼靶  $S$  浅些,故本题选 A.

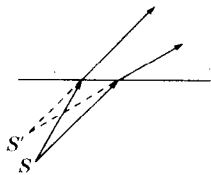


图 2-74

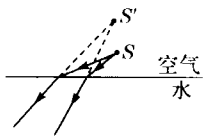


图 2-75

拓展一 潜水员从水中看到空中小鸟的位置比实际位置高一些,还是低一些?

解析 小鸟为光源,小鸟发出的光线在水面发生折射,折射光线进入人眼.如图 2-75 所示,而人眼以为光线是从折射光线的反向延长线交点  $S'$  发出的, $S'$  就是小鸟  $S$  的像.

$S'$  的位置比  $S$  高,所以潜水员从水中看到空中小鸟的位置比实际的高一些.

点评

正确作出光路图是解答问题的关键.物理学中把从空气看水中物体的深度叫视深.视深比物体的实际深度要小.同理,从水中看空中物体的高度叫视高.根据逆向思维和光路可逆性原理,视高比物体的实际高度要高.

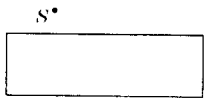


图 2-76

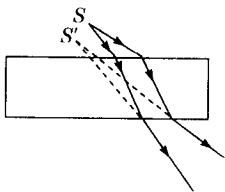


图 2-77

拓展二 如图 2-76 所示,平行玻璃砖一侧有 1 个发光点  $S$ ,试用作图法求出在另一侧看到  $S$  的像  $S'$  的位置.

解析 根据光的折射定律,作出发光点  $S$  的像,如图 2-77 所示.

发光点放在玻璃砖前,在玻璃砖的另一侧可以看到它的虚像.由图可知,它的像离我们近了.

如图 2-78 所示,一束光线  $AO_1$  射向平行玻璃砖,在玻璃砖的上表面发生折射,其中  $AO_1$  为入射光线,  $O_1O_2$  为折射光线,根据折射规律有:  $\angle 1 > \angle 2$ . 当光线进入玻璃砖,到达玻璃砖的下表面时,  $O_1O_2$  为入射光线,  $O_2B$  为折射光线,此时有,  $\angle 4 > \angle 3$ . 根据光路的可逆性可知:  $\angle 2 = \angle 3$ ,  $\angle 1 = \angle 4$ . 光线  $AO_1$  和  $O_2B$  平行,此时光线的传播方向不变,但产生了一段侧位移  $d$ . 玻璃砖越厚,侧位移越大.

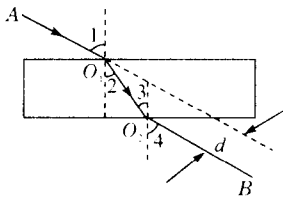


图 2-78

**拓展三** 如图 2-79 所示,一束光线由空气射入球形玻璃,这束光线从球形玻璃射出时,应该是图中的 ( )

- A.  $a$  光线                      B.  $b$  光线  
C.  $c$  光线                      D.  $d$  光线

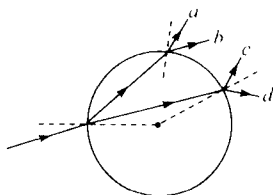


图 2-79

**解析** 根据光的折射规律可知:当光从空气射入玻璃中时,折射角小于入射角, $a$ 、 $b$  两条光线在玻璃中是一条光线,这条光线由空气射向玻璃时,折射角大于入射角,所以是错误的。 $c$ 、 $d$  两条光线在玻璃中也是一条光线,这条光线在由空气射入玻璃时,折射角小于入射角,它是正确的。在这条光线由玻璃中射出时, $c$ 、 $d$  两条光线是折射光线,折射光线应当分居法线两侧,法线是图中的虚线, $c$  光线与入射光线在法线的同一侧,所以是错误的。当光线由空气射入玻璃时,折射角大于入射角,所以选项 D 正确。

**点评** 光经过介质多次折射的情况,应根据光的折射定律逐步画出入射光线和折射光线,并弄清光是由介质到空气,还是由空气到介质,注意法线、入射角与折射角的关系问题。

**拓展四** 头部没在清澈平静的水面下游泳的人,仰起头向上看,会看到极有趣的现象.他看到自己头顶上有一彩色镶边的圆洞,洞里面是水面外的景象,洞的外面确是河底的景象,这是什么缘故?

**解析** 水面外的景象是岸上物体发光经水面折射进入游泳者眼内的结果,彩色镶边是阳光经“水棱镜”产生色散形成的.由于光从水折射入空气时,折射角大于入射角,水中景物发出的光不会全部折射到空气中,当水中光的入射角较大时,



将产生全反射而返回水中.因而游泳者看见圆洞外为水下的景象.

### 点评

光产生折射时,一定伴随着反射现象,白光折射时往往会产生色散,分析现象时应综合考虑各种因素.

**例4** 如图 2-80 所示,光线斜射到空气和玻璃的界面上发生了反射和折射,可以判定图中\_\_\_\_\_是入射光线,\_\_\_\_\_是反射光线,\_\_\_\_\_是折射光线,界面的\_\_\_\_\_侧是空气,\_\_\_\_\_侧是玻璃.

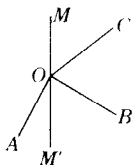


图 2-80

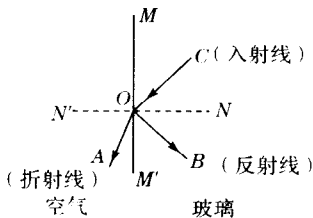


图 2-81

**解析** 本题要用到光的反射和折射规律.因为  $OA$  这条光线跟另两条光线在界面两侧,因此,是可以判定光线  $OA$  是折射光线,作出法线  $NN'$ ,见图 2-81 所示.从光线  $CO$  与  $OA$  在法线的两侧,可进一步判定光线  $CO$  是入射光线, $OB$  则是反射光线.

比较折射角与入射角的大小,得到  $\angle AON' > \angle CON$ ,这是光线从玻璃射向空气的情况,故得知界面左侧是空气,右侧是玻璃.



## 巩固练习

### 一、选择题

- 下列现象中,利用光的折射现象的是 ( )
  - 人在水中的“倒影”
  - 潜水员在水下看到鱼
  - 平面镜成像
  - 放在碗底的硬币看上去变小了
- 下列叙述正确的是 ( )
  - 在两种物质界面上,同时发生反射、折射现象,入射光线、反射光线及折射光线总是在同一平面上

- B. 光由一种介质进入另一种介质时, 光线一定发生偏折  
 C. 正立的一定是虚像, 倒立的一定是实像  
 D. 物体和其所成的实像总分居在镜的两侧
3. 由于光的折射, 岸上的人看到游泳池水下台阶的位置 ( )  
 A. 深一些      B. 浅一些      C. 同样深      D. 无法确定
4. 一束光线由空气斜射入水中, 如果入射角逐渐增大, 则折射角 ( )  
 A. 逐渐增大, 且总小于入射角  
 B. 逐渐增大, 且总大于入射角  
 C. 逐渐减小, 且总大于入射角  
 D. 逐渐减小, 且总小于入射角
5. 游泳池边有一个竖直的标竿, 在水面下的游泳者看到的标竿与实际的标竿相比 ( )  
 A. 一样高      B. 偏矮      C. 偏高      D. 无法判断
6. 下列现象中不是由于光的折射引起的是 ( )  
 A. 在河边看水中的物体比它的实际位置浅些  
 B. 用放大镜看物体得到放大的像  
 C. 照相机的底片上得到缩小的像  
 D. 小孔成像
7. 将筷子竖直插入装水的玻璃杯内, 从俯视图中的  $P$  点沿水平方向看到的应该是下面哪个图中的情形 ( )

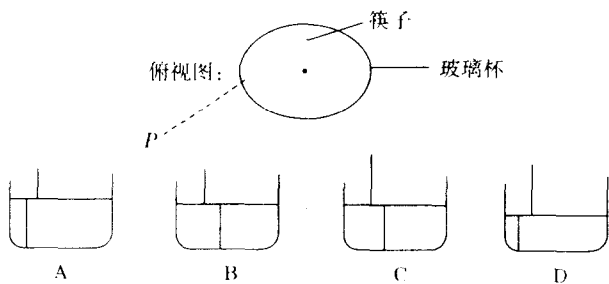


图 2.82

8. 下列情况发生了光的折射的是 ( )  
 A. 晴天在树林的地面出现光亮的圆斑  
 B. 早晨我们能够看到地平线以下的太阳  
 C. 太阳光透过玻璃射进教室里

D. 美丽白塔倒映在平静的水面上.

9. 光线从水中斜射入空气中, 下列光路图中, 正确的是 ( )

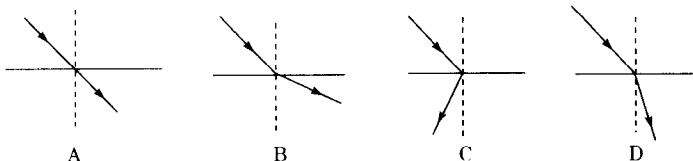


图 2-83

## 二、填空题

- 晚上洗澡时, 将小腿浸入水中, 看上去浸入水中的小腿变\_\_\_\_\_了(填“变长”或“变短”), 这是由于光的\_\_\_\_\_缘故.
- 清澈见底的游泳池, 水看起来比实际浅, 这是因为从池底射向空气中的光线, 在\_\_\_\_\_处发生\_\_\_\_\_的缘故.
- 光由水中斜射到空气, 在水面上发生折射现象, 其中折射角\_\_\_\_\_ (填“小于”“大于”或“等于”)入射角. 若入射光线远离法线, 则入射角将\_\_\_\_\_, 折射角将\_\_\_\_\_ (填“增大”或“减小”).
- 当光线垂直射入湖水中时, 传播方向\_\_\_\_\_ (填“改变”或“不改变”), 当太阳逐渐西斜时, 入射角\_\_\_\_\_, 折射角\_\_\_\_\_ (选填“增大”、“减小”或“不变”).
- 诗句“野旷天低树, 江清月近人”, 其中“江清月近人”这种现象是由于\_\_\_\_\_产生的.
- 我们常说的“海市蜃楼”是\_\_\_\_\_产生的一种现象.
- 雨后出彩虹, 那么彩虹的最上边应是\_\_\_\_\_颜色. 观察彩虹时应\_\_\_\_\_ (填“面”或“背”)朝太阳. 在彩虹形成的过程中, 起着重要作用的是光的\_\_\_\_\_.
- 如图 2-84 所示, 光线通过玻璃三棱镜后, 从 AC 边射出的折射光线会向\_\_\_\_\_边偏折, 凸透镜和凹透镜可以近似看做是三棱镜和玻璃块的不同组合放置, 因此凸透镜对光有\_\_\_\_\_作用, 凹透镜对光有\_\_\_\_\_作用.
- 光从真空中入射到一块平的透明材料上, 入射角是  $40^\circ$ , 反射光线和折射光线之间的夹角的可能范围是\_\_\_\_\_.

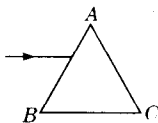


图 2-84

## 第五节 看不见的光

### 重点精讲

#### 光谱

太阳光通过三棱镜可以分解成红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫几种颜色的光,如果把各种颜色的光按上列顺序排列起来,就是光谱。

#### 红外线

光谱上红光以外的部分有一种看不见的能量辐射,温度计可以被感知,这种辐射叫红外线。

太阳可以辐射红外线,任何物体都可以辐射红外线;一个物体,当它的温度升高时,它辐射的红外线会大大加强。

#### 紫外线

在光谱上紫光以外的部分存在有一种看不见的能量辐射,这种辐射叫紫外线。太阳光是天然紫外线最重要的来源。

#### 红外线的热作用

红外线的频率范围是  $10^{12}$  Hz— $10^{14}$  Hz,一切物体都在不停地发射红外线,物体温度越高,辐射的红外线越多,物体在辐射红外线的同时,也在吸收红外线。

热作用强是红外线的主要特征,各种物体吸收了红外线后温度升高。另外红外线穿透云雾的能力比较强,利用灵敏的红外线探测器吸收物体发出的红外线,再用电子仪器对吸收的信号进行处理,可以显示出被测物体的形状和特征,这就是红外遥感,其应用非常广泛。

#### 紫外线的主要特征

紫外线的频率范围在  $7.5 \times 10^{14}$  Hz— $5 \times 10^{16}$  Hz。紫外线的主要特性是化学作用强,很容易使照相底片感光;紫外线还有很强的生理作用,能杀菌、消毒;应用紫外线的荧光效应,进行防伪,用不同物质在紫外线照射下会发出不同颜色荧光的特点,可以鉴别古画,并可用紫外线摄影等。



## 范例精解

**例1** 为什么在商场中只用红外线取暖器,而没有紫外线取暖器?

**解析** 红外线最显助的是热效应,它能带来大量的热量,而紫外线确不能带来热量,过多的紫外线对人体还有伤害.

**例2** 荧光纸为什么比普通纸光亮?

**解析** 荧光纸不会发光,它在黑暗中也是黑的.它看起来比普通纸光亮,是由于对阳光的反射有特殊的性质.

阳光中含有不同波长(或频率)的光线.人眼能够感觉的部分,叫做可见光.例如红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫等色光.此外,阳光还含有波长比红光长的红外线和波长比紫光短的紫外线,都是人眼看不到的.

当阳光照射到普通彩纸上时,纸上颜料除了反射色光之外,还有紫外线也原本本的反射出来.人眼只看到可见的色光,却看不见反射过来的紫外线.

当阳光照射到荧光彩纸上时,荧光粉有这样的特性,它能够利用紫外线的能量,转化为波长较长的可见光反射出来.因此,荧光纸除了反射可见的色光之外,还反射多一份由紫外线转化出来的可见光,因此就比普通彩纸光亮.



## 巩固练习

### 一、选择题

- 冬日,在商店中购买的红外线烤火炉,看起来它发出淡红色的光,这是因为 ( )
  - 红外线本身就是带一种淡红色的光
  - 火炉的电阻丝的温度超过标准,因此在发出红外线的同时还发出少量红色的光
  - 红外线本身是看不见的,看见的淡红色光不是红外线
  - 红外线中有一部分是看得见的,有一部分是看不见的,看得见的那部分只能是淡红色
  - 上述说法都错误
- 医院内杀菌用的紫外线灯看起来发出淡紫色光,其原因是 ( )
  - 其实那灯不是紫外线灯,因为紫外线本身是看不见的
  - 灯管在发出紫外线的同时,还发出少量的紫光和蓝光

- C. 该灯管发出的紫外线与太阳光中的紫外线不同,前者是淡蓝色的,后者是看不见的
- D. 上述说法都是错误的
3. 太阳是天然紫外线的重要来源,如果太阳辐射的紫外线全部到达地球,地球上的植物、动物和人类都不可能生存,地球周围厚厚的大气层上部的臭氧层起了保护人类的作用,阳光中的紫外线大部分被它们吸收,不能到达地面,目前,由于人类的原因,臭氧层正在受到破坏,出现空洞,其原因是 ( )
- A. 火箭的发射,穿过,使臭氧层受到破坏出现空洞
- B. 人造卫星的运行,使臭氧层受到破坏出现空洞
- C. 空调、冰箱内逸出的氟利昂等物质的破坏,使臭氧层出现空洞
- D. 上述说法均是正确的.
4. 关于紫外线的用途,下列说法正确的是 ( )
- A. 电视机的遥控装置
- B. 适当的紫外线照射有助于人体合成维生素 D
- C. 钞票上的防伪措施
- D. 军事设施上的夜视镜
5. 夏天,市场上出售一种“防紫外线遮阳伞”,购买的人很多,这是因为 ( )
- A. 适当的紫外线照射有助于人体合成维生素 D,利用“防紫外线遮阳伞”可以帮助人们吸收紫外线
- B. 因为过多的红外线对人体有害,希望利用“防紫外线遮阳伞”可以帮助人们防止红外线的辐射
- C. 因为过多的紫外线对人体有害,希望利用“防紫外线遮阳伞”可以帮助人们防止紫外线的辐射
- D. 以上说法都不正确

## 二、填空题

1. 紫外线容易被反射红色可见光的物体吸收,因此,经常穿 \_\_\_\_\_ 衣服可防止 \_\_\_\_\_ 的危害,减少皮肤癌的发生.
2. 紫外线可以使荧光物质 \_\_\_\_\_ . 钞票或商标的某些位置用荧光物质印上标志,在紫外线下识别这些标志,是一种有效的防伪措施.

## 第二章测试题

### 一、选择题

1. 小明在听讲座时,想把银幕上用投影仪投影的彩色幻灯片图像用照相机拍摄下来.由于会场比较暗,他使用了闪光灯.这样拍出来的照片 ( )
- A. 反而看不清投影到银幕上的图像,倒是把银幕上的一些污渍拍出来了  
B. 色彩鲜艳,比不用闪光灯清楚多了  
C. 色彩被“闪”掉了,拍到的仅有黑色的字和线条  
D. 与不用闪光灯时效果一样,因为拍摄的是银幕上的像,而不是实际的景物

(第十二届全国初中应用物理知识竞赛试题)

2. 晴天在茂密树荫的地面上,常会看到许多圆形的小亮斑,这些亮斑是 ( )
- A. 太阳的影子                      B. 树叶的影子  
C. 树叶间小孔的像                D. 太阳的像
3. 发生日食的时候,下列说法正确的是 ( )
- A. 月球的影子落在地球上  
B. 太阳、地球、月球在一条直线上,并且月球在中间  
C. 太阳、地球、月球在一条直线上,并且地球在中间  
D. 月球不发光,它背着太阳的一面向着地球,所以地球上的人看不见它
4. 光在空气、水、玻璃中通过相同距离所需时间分别为  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$ ,则  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  的大小关系是 ( )
- A.  $t_1 > t_2 > t_3$     B.  $t_1 < t_2 < t_3$     C.  $t_1 = t_2 = t_3$     D.  $t_1 < t_3 < t_2$
5. 秒针在一个平面镜中转动情况是 ( )
- A. 顺时针转    B. 逆时针转    C. 不转    D. 乱转
6. 在互相平行的两平面镜之间有一蜡烛,它在这两个平面镜中成的虚像有 ( ) 个.
- A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 无数

7. 如图 2-85 所示,与水平方向夹角为  $20^\circ$  的一束平行光线射向地面,若要用一块平面镜使反射光线竖直进入井中,平面镜与水平方向的夹角应为 ( )
- A.  $55^\circ$                       B.  $45^\circ$   
C.  $35^\circ$                       D.  $30^\circ$

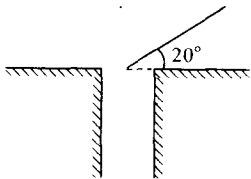


图 2-85

(全国物理知识竞赛广西赛区复赛)

8. 下面关于球面镜的几种说法中,错误的是 ( )
- A. 凸镜对于光有会聚作用,凹镜对于光有发散作用
- B. 太阳灶是利用凹镜会聚太阳光的
- C. 汽车上的观后镜用凸镜是为了扩大视野
- D. 汽车头灯用凹镜作反射面,使光线近似平行的射出

9. 图 2-86 是一张在湖边拍摄的照片,因为湖水平静,岸上景物与湖中倒影在照片上十分相似.下列几种方法中哪一种不能用来正确区分真实景物与它在湖中的倒影? ( )

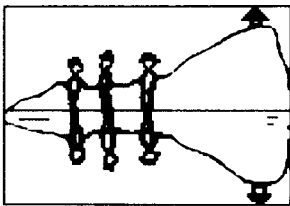


图 2-86

- A. 倒影比真实景物略暗一些.
- B. 倒影比真实景物的清晰度略差一些.
- C. 倒影中人物排列的左右位置与拍照时的真实位置正好相反.
- D. 倒影中人物的身高比真实人物略大一些

(1993 年全国物理知识竞赛)

10. 如图 2-87 所示,水平桌面上斜放着一个平面镜,桌面上有一个小球向镜面滚去.要使平面镜中小球的像沿竖直方向下落,则镜面与桌面间的夹角  $\alpha$  应为 ( )
- A.  $30^\circ$
- B.  $45^\circ$
- C.  $60^\circ$
- D.  $90^\circ$

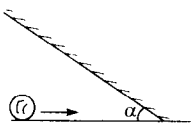


图 2-87

11. 小明的写字台上有一盏台灯.晚上在灯前学习的时候,铺在台面上的玻璃“发出”刺眼的亮光,影响阅读.在下面的解决方法中,最简单、效果最好的是 ( )
- A. 把台灯换为吊灯
- B. 把台灯放到正前方
- C. 把台灯移到左臂外侧
- D. 把台灯移到右臂外侧

(第十二届全国初中应用物理知识竞赛试题)

12. 如图 2-88 所示,在观察平面镜成像的实验中,下列叙述错误的是 ( )

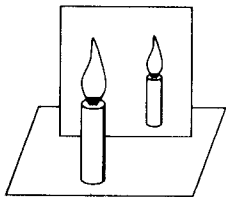


图 2-88

- A. 烛焰在平面镜中成的像是虚像
- B. 若把点燃的蜡烛移近玻璃板,它的像变大
- C. 若把蜡烛的位置和它的像的位置用直线连起来,则连线与镜面垂直
- D. 当点燃的蜡烛远离玻璃板时,它的像也远离玻璃板

## 二、填空题

1. 你能制造彩虹吗? 试写出设计方案\_\_\_\_\_.



2. 汽车驾驶室外面的观后镜是一个凸镜, 是因为\_\_\_\_\_.
3. 汽车头灯里的反射镜是一个凹镜, 是因为\_\_\_\_\_.
4. 用放大镜观看彩色电视机荧光屏上的白色区域, 会发现它是由\_\_\_\_\_种颜色的亮点或亮条组成的.

(1992年全国物理竞赛试题)

5. 检查视力时人与视力表间的距离应为 5 米. 现在由于屋子太小而使用一个平面镜, 视力表到镜子的距离为 3 米(如图 2-89), 那么人到镜子的距离应为\_\_\_\_\_米.

(1992年全国物理知识应用大赛)

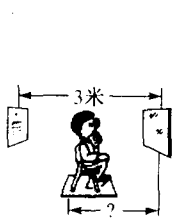


图 2-89

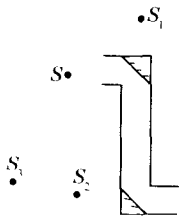


图 2-90



图 2-91

6. 如图 2-90 所示为潜望镜工作原理图. 若现有一军舰位于  $S$  点处, 则潜水艇中的人通过潜望镜看到军舰的像在图中的\_\_\_\_\_点处.
7. 小明从平面镜中看到挂钟的像如图 2-91 所示, 这时的时间是\_\_\_\_\_.

(1997年物理知识应用大赛)

8. 日常生活中梳妆台上的大镜子是\_\_\_\_\_镜, 观察细小东西用的放大镜是\_\_\_\_\_镜, 道路拐弯处立的是\_\_\_\_\_镜.

### 三、作图题

1. 图 2-92 是发生在空气和水两种物质界面的光的反射和光的折射. 在图中画出界面  $MM'$ , 标明光线的传播方向.

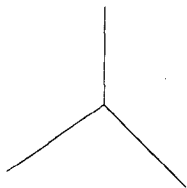


图 2-92

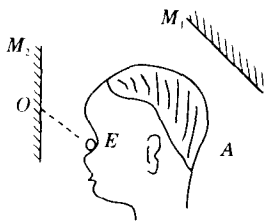


图 2-93

2. 图 2-93 表示某人脑后有一小疙瘩 A, 他用两块平面镜  $M_1$ 、 $M_2$  进行观察。

如视线沿 EO 方向进行观察可以看到, 请在图上画出 A 点的确切位置及其反射光线的光路图。

(全国物理知识竞赛广西赛区复赛(初二组))

3. 如图 2-94 所示,  $x$  轴位于地面的草坪上,  $xy$  所在的平面与地面垂直。一平面镜位于图示位置, 平面镜两端坐标为  $N(-1, 5)$  和  $M(0, 5)$ 。夜间有一个点光源  $H(3, 0)$  将光线射向平面镜, 再由平面镜反射回地面草坪上, 则夜间在  $x$  轴的反方向上哪个区域的草坪上光合作用最强?

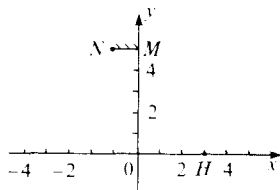


图 2-94

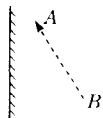


图 2-95

4. 图 2-95 中  $AB$  为平面镜中的像, 试找出物体的位置。

#### 四、计算题

- 每年冬至日, 阳光直射南回归线。在北半球同一地区这一天的正午与平日正午相比, 物体在阳光下的影子最长。在北京地区冬至日的正午, 将 1m 长的直杆竖立在水平地面上, 经阳光照射, 直杆在地面上的是影长大约是 \_\_\_\_\_ m。已知北京的纬度约为北纬 40 度, 南回归线的纬度取南纬 23.5 度。(结果用 1 位数字表达)
- 一辆实验小车可沿水平地面(图 2-96 中纸面)上的长直轨道匀速向右运动, 有一台发出细光束的激光器装在小转台  $M$  上, 小转台  $M$  到轨道的距离  $MN$  为  $d$  10m, 如图 2-96 所示, 转台匀速转动, 使激光束在水平面内扫描, 扫描一周的时间为  $T=60s$ , 光束转动方向如图中箭头所示; 当光束与  $MN$  夹角为  $45^\circ$  时, 光束正好射到小车上, 如果再经过  $\Delta t=2.5s$  光束又射到小车上, 则小车的速度为多少?(结果保留两位有效数字)

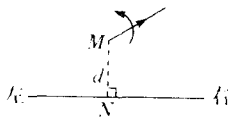


图 2-96

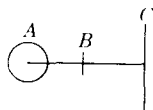


图 2-97

3. 如图 2-97 示,  $A$  是直径为  $10\text{cm}$  的圆形光源,  $B$  是直径为  $5\text{cm}$  的遮光板,  $C$  是光屏, 三者中心共轴,  $AB$  相距  $200\text{cm}$ . 求  $C$  离  $B$  多远时, 屏上的本影恰好消失, 只有半影? 这时半影的半径是多少?
4. 人身高  $1.5\text{m}$ , 站立在离河岸  $3\text{m}$  处, 往水面看去, 恰好看见河对面岸边的一棵树在水中的全部倒影, 已知水面低于两河岸均为  $0.75\text{m}$ , 若已知这棵树高为  $4.5\text{m}$ , 求河宽.

## 第三章 透镜及其应用

### 第一节 透镜

#### 重点精讲

##### (一) 透镜

① 由透明物体(一般是玻璃)制成的两个侧面是球面的一部分(或一个侧面是平面,另一个侧面是球面的一部分)的光学器具叫做透镜.若透镜的厚度远小于球面的半径,这种透镜叫做薄透镜.

② 中央比边缘厚的透镜叫做凸透镜,它对光线有会聚作用,又叫做会聚透镜;中央比边缘薄的透镜叫做凹透镜,它对光线有发散作用,又叫做发散透镜.

##### ③ 主(光)轴

通过两个球面球心的直线叫做透镜的主轴.

##### ④ 光心

主轴上的一个特殊点.凡通过该点的光线传播方向不变.可以认为薄透镜的光心就在透镜的几何中心.

##### ⑤ 焦点

跟主轴平行的光线通过凸透镜后会聚在主轴上的一点,叫凸透镜的焦点,是实焦点;跟主轴平行的光线通过凹透镜后发散,其发散光线的反向延长线交于主轴上的一点,叫做凹透镜的焦点,是虚焦点.

##### ⑥ 焦距( $f$ )

焦点到光心的距离叫做焦距.透镜两侧各有一个焦点,若透镜两侧是同种介质,则两侧的两个焦距相等.

##### ⑦ 凸透镜、凹透镜的异同点

(1)不同点:

(A)构造上的不同,凸透镜,中间“凸”即中间厚边缘薄,凹透镜,中间“凹”即中间薄边缘厚.

(B)对光的作用不同:“凸聚”、“凹散”;

(C)焦点不同,“凸实”即凸透镜是实焦点,“凹虚”即凹透镜是虚焦点.

(2)相同点:都使光发生折射.

### 凸透镜、凹透镜使光线会聚、发散的原因

凸透镜可设想为底面朝透镜中央的许多棱镜的集合,根据光的折射规律,通过棱镜的光线经棱镜折射后偏向底面,所以凸透镜的光线折射后偏向中央,使光线会聚.

凹透镜可设想为底面朝透镜边缘许多棱镜的集合,根据光的折射规律,通过棱镜的光线经棱镜折射后偏向边缘,使光线发散.

### (二)光的色散

(1)三棱镜:横截面为三角形的棱镜叫三棱镜,棱镜用来改变光线的传播方向,当光从三棱镜的一个侧面射入,光在棱镜的两侧面发生折射,从另一个侧面射出时,射出光线的方向跟射入光线的方向相比,向棱镜的底面偏折.(如图 3-1)

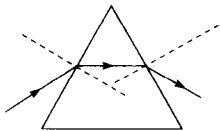


图 3-1

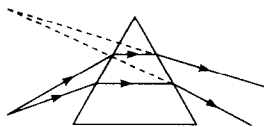


图 3-2

如果我们通过三棱镜去观察一个物体,就可以看到物体的虚像,这个虚像的位置比物体的实际位置稍向顶角方向偏移.(如图 3-2)

### (2)光的色散

一束白光通过三棱镜后不仅改变了传播方向,还能在光屏上形成一条彩带,颜色排列依次为:红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫,其中红光偏折程度最小,紫外线光偏折程度最大,这种现象叫光的色散.物理学中将复色光分解为单色光的现象叫光的色散现象.

发生光色散时,会形成单色光组成的彩色光带,白光通过三棱镜后能够分解成七色光,说明各种色光通过三棱镜时偏折的程度不同.

### (三)透镜成像

#### 透镜的三条特殊光线

凸透镜:(如图 3-3)

- (1)通过光心的光线不改变传播方向.
- (2)平行于主光轴的光线,折射后过对侧焦点
- (3)过焦点的光线,折射后跟主轴平行.

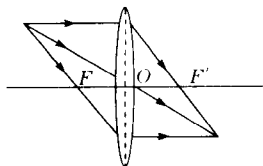


图 3-3

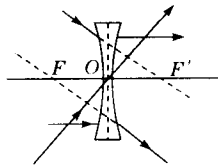


图 3-4

凹透镜:(如图 3-4)

- (1)通过光心的光线不改变传播方向.
- (2)平行于主光轴的光线,折射后,折射光线的反向延长线过同侧的虚焦点.
- (3)延长线过另一侧虚焦点的光线,折射后跟主轴平行.

三条特殊光线中过光心的光线传播方向不变最重要;因为物、像、光心都在这条直线上.其次是与主光轴平行的光线折射后过焦点.因为当物体在主光轴上平移时,所成的像都在这条折射线上(或折射线的反向延长线上)

### 作图的规范性

凡实际光线,包括入射光线和折射光线一定要带有箭头;真实光线、实物和实像要用实线;光线的延长线、虚像及其他辅助线用虚线,光线的延长线不画箭头.(如图 3-5)

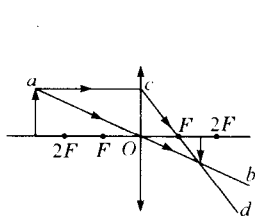


图 3-5

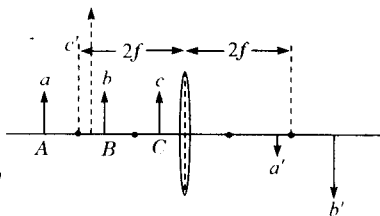


图 3-6

### 凸透镜成像规律

根据凸透镜成像的三条特殊光线,利用作图的方法可作出凸透镜成像的一般规律:(如图 3-6)

- (1) $u > 2f$ 时,成倒立缩小实像,物像异侧
- (2) $u = 2f$ 时,成等大的倒立的实像,物像异侧
- (3) $f < u < 2f$ 时,成倒立的放大的实像,物像异侧
- (4) $u = f$ 时,不成像,为平行光射出
- (5) $u < f$ 时,成正立的,放大的虚像,物像同侧



## 范例精解



**例1** 给你一个透镜,不许用手触它的表面,怎样判定它是凸透镜还是凹透镜?

**解析** 可根据透镜光学性质判断凸透镜对光有会聚作用,凹透镜对光有发散作用.将透镜放在阳光下,使光通过透镜照在白纸上,改变透镜与白纸的距离,若能在纸上找到小亮点(焦点),便是凸透镜;若无论怎样改变距离,都找不到小亮点(焦点)便是凹透镜.

本题还可根据透镜的光学性质、成像特点、构造上的几何特征等等来进行判断.

**方法一** 把透镜靠近小物体,看是否可以得到一个放大、正立虚像,若能则是凸透镜.

**方法二** 把透镜放在眼前适当位置,通过透镜看远处的物体,若能看到远处物体成缩小、倒立的像,则是凸透镜,若能看到远处物体成缩小、正立的像,则是凹透镜.

**方法三** 把透镜平放,将少量水滴在镜面上,若水珠不能在镜面上存留,则是凸透镜.若水珠能存在镜面上,则是凹透镜.

**方法四** 直接用眼睛观察透镜的截面,若中央比边缘厚,则是凸透镜,若边缘比中央厚,则是凹透镜.

**点评** 熟悉透镜的结构和光学性质,并加以灵活应用.观察和实验是物理学中的常用方法,此例题便是很好的例证.

**例2** 有一凸透镜,焦距未知,你如何测出焦距的大小,写出其原理、方法及步骤.



**解法一** 太阳光会聚法(如图 3-7)

使凸透镜正对着太阳光,下面放一张白纸,调节凸透镜到白纸的距离,直到白纸上光斑最小最亮为止.然后用刻度尺量出透镜到纸上光斑中心的距离就是凸透镜的焦距.

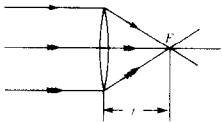


图 3-7

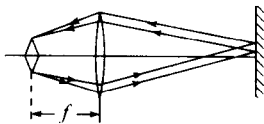


图 3-8



### 解法二 平面镜辅助法(如图 3-8)

(1)把光源箱、凸透镜、平面镜放在光具座上,从三角孔射出的光线经透镜折射和平面镜反射后,又射到光源箱的侧壁上。

(2)调节光源箱到凸透镜之间的距离,直到光源箱的侧壁上出现三角形孔的倒立像,其底边与三角形孔底边重合,并且两个三角形大小相等为止。

(3)量出透镜与三角形孔之间的距离就是凸透镜的焦距。

### 解法三 二倍焦距法(如图 3-9)

原理 当物体在凸透镜的 2 倍焦距时,可以成倒立等大的实像。

将物体放在光具座上,物体和光屏分别放在透镜的两侧,到透镜相等的位置上,同时移动物体和光屏,直到屏上出现物体等大的像,量出物体到光屏距离除以 4 就是透镜的焦距。

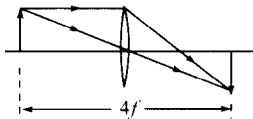


图 3-9

### 解法四 图像法

在实验中测量成清晰像时的物距  $u$  和像距  $v$  如图 3-10 所示,分别在坐标轴上标出它的大小  $OA = u$ ,  $OB = v$ ,作  $\angle AOB$  的平分线交  $AB$  于  $C$ ,则  $C$  点的横坐标值或纵坐标值就是焦距的大小。

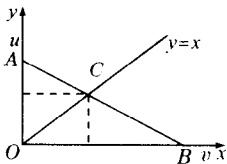


图 3-10

$$\frac{x}{v} + \frac{y}{u} = 1, y = x, \frac{x}{v} + \frac{x}{u} = 1, \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{x}, x = f$$

即  $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$  为透镜成像公式,  $f$  为所测焦距。

### 解法五 几何作图法

如图 3-11 所示,画任意线段  $BC$ ,在  $B$ 、 $C$  两点处,按合适比例作两条垂直线段  $AB$ 、 $CD$ ,使  $AB = u$ ,  $CD = v$ ,连接  $AC$ 、 $BD$  相交于  $E$  点,作  $EF \perp BC$ ,则线段  $EF$  就是凸透镜的焦距。

设  $FC = a$ ,  $BF = b$ ,  $AB = u$ ,  $DC = v$

$$\triangle CEF \sim \triangle CAB$$

$$\frac{EF}{u} = \frac{a}{a+b}$$

(1)

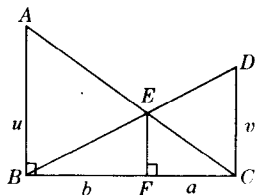


图 3-11



$$\triangle BEF \sim \triangle BIX, \quad \frac{EF}{v} = \frac{b}{a+b} \quad (2)$$

$$(1) + (2) \text{ 得: } \frac{EF}{u} + \frac{EF}{v} = \frac{a+b}{a+b} = 1 \quad \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{EF}$$

由透镜成像公式  $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ ,  $f$  为所测焦距.

$$EF = f$$

### 点评

焦距是凸透镜光学性能的一个重要参数. 题中解法一和解法三是测凸透镜焦距常用的方法; 解法四、解法五是用数学方法来解决物理问题, 此题是一道很好的开放性试题, 有利于培养学生的创造思维能力.

**例3** 如图 3-12 所示, 水中有一空气泡, 现有一平行光束射上去, 问通过空气泡后光的传播方向怎样改变?

**解析** 此题具有一定的迷惑性, 初看起来, 气泡符合凸透镜的特征, 它对光线具有会聚作用. 这个结论似乎正确, 但仔细推敲题目中的条件就可以发现问题, 凸透镜对光的会聚是有条件的: 光从空气进入玻璃(介质), 凸透镜对光有会聚作用. 而本题条件刚好相反, 光从介质进入空气, 根据光路的可逆性, 则对光有发散作用. (如图 3-13)

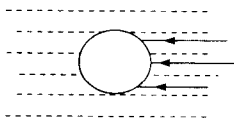


图 3-12

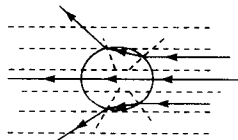


图 3-13

### 点评

在利用光的折射规律作光路图时, 一定要分清是光从光疏介质进入光密介质还是从光密介质进入光疏介质. 本题就是一个很好的例证, 说明我们对问题的看法不能只凭主观意识, 而应弄清问题的真相.

**例4** 在测量凸透镜焦距的实验中, 将光屏放在离物体 60 厘米处时, 发现无论将透镜放于物体和光屏间的什么位置, 都不能在屏上形成物体的像, 你能推断此透镜的焦距范围吗?

**解析** 物体在光屏上成倒立实像的规律是: 当  $u > f$  时, 当  $u = v = 2f$  时, 物、像距离最小  $u + v = 4f$ . 当光屏离物体 60 厘米时, 屏上不成像, 说明  $60 \text{ 厘米} < 4f$ , 所以  $f > 15 \text{ 厘米}$ .

### 点评

由凸透镜成像规律知:当  $u = v = 2f$ , 则  $u + v = 4f$  时是物、像距离的最近点. 要使屏上成像, 物与光屏的距离要大于或等于  $4f$ .

**拓展** 在图 3-14 中, 粗细均匀的圆柱体  $AB$  放置在凸透镜的主光轴上,  $P$  为二倍焦点, 圆柱体所成像的形状和位置应是 ( )

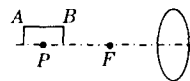


图 3-14

- A. 两头细中间粗, 像到镜的距离都大于焦距
- B. A 端细, B 端粗, B 端的像到镜的距离大于 2 倍焦距
- C. 两头粗中间细, 像到镜的距离都大于 2 倍焦距
- D. A 端粗, B 端细, A 端的像到镜的距离大于 2 倍焦距

**解析** 根据凸透镜成像规律可知,  $A$  点在 2 倍焦距以外, 成倒立缩小的实像, 且物体移动的速度小于像移动的速度, 因此  $A$  端成像细而短.  $B$  点在 1 倍焦距到 2 倍焦距之间, 成倒立放大的实像, 因此,  $B$  端成像粗而长,  $B$  选项正确.

### 点评

关键是凸透镜在 2 倍焦距处这个界点的灵活运用, 并注意  $AB$  成像后  $A'B'$  的长度要大于  $AB$ .



## 巩固练习

### 一、选择题

1. 关于一束光在空气中经凸透镜折射后的光束, 下列判断正确的是 ( )
  - A. 一定是平行光束
  - B. 一定是会聚光束
  - C. 一定是发散光束
  - D. 以上判断都不对
2. 当物体距凸透镜 20cm 时, 在屏上可以得到物体缩小的实像, 那么这个凸透镜的焦距可能是 ( )
  - A. 8cm
  - B. 10cm
  - C. 15cm
  - D. 20cm
3. 一个凸透镜的焦距为 15cm, 蜡烛位于距凸透镜 45cm 处, 当蜡烛逐渐向焦点移近时, 蜡烛所成像的大小变化规律是 ( )
  - A. 逐渐变小
  - B. 逐渐变大
  - C. 先变大后变小
  - D. 先变小后变大
4. 一支蜡烛位于凸透镜前, 调节镜的位置可在屏上成清晰、缩小的像, 若保持透镜的位置不变, 把蜡烛和光屏的位置对调一下, 则 ( )
  - A. 在光屏上不再呈现像
  - B. 隔着透镜可以看到蜡烛的像
  - C. 在光屏上仍呈现缩小的像

- D. 在光屏上呈现放大的像
5. 物体通过凸透镜在光屏上成像,可能是 ( )  
 A. 倒立缩小的像 B. 正立缩小的像 C. 倒立放大的像 D. 正立放大的像
6. 在很远处的电灯光射到凸透镜上,此电灯的像 ( )  
 A. 在透镜两倍焦距外 B. 在透镜的焦点以内  
 C. 在电灯的同侧 D. 在焦点附近
7. 一种手电筒上所用的聚光小电珠如图 3-15 所示,其前端相当于一玻璃制成的凸透镜,灯丝(可看作一个点光源)发出的光通过它出射时出射光束(图 3-15 中实线所示)比无此透镜时的光束(图 3-15 中虚线所示)要窄,即它可以减小光束的发散,在这种小电珠中,灯丝应位于 ( )

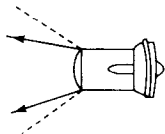


图 3-15

- A. 凸透镜的焦点以内  
 B. 凸透镜的一倍焦距和二倍焦距之间  
 C. 凸透镜的焦点处  
 D. 凸透镜二倍焦距处
8. 下列说法正确的是 ( )  
 A. 实像和虚像都能显示在光屏上  
 B. 实像和虚像都不能显示在光屏上  
 C. 虚像能用眼睛看到,但不能显示在光屏上  
 D. 实像能用眼睛看到,但不能显示在光屏上

## 二、填空题

1. 如图 3-16 所示, $C$  和  $C'$  分别为透镜面的两个球心,直线  $l$  为通过  $O$  的光线.通过  $CC'$  的直线叫做透镜的\_\_\_\_\_, $O$  点叫做透镜的\_\_\_\_\_.
2. 手握盛水的茶杯,隔着茶杯观察指纹可以看到指纹\_\_\_\_\_的像,这是因为茶杯起到了\_\_\_\_\_的作用.
3. 用放大镜观察窗外的树,可以看到树的\_\_\_\_\_像.它是根据\_\_\_\_\_条件成像的.
4. 当物距为 20cm 时,物体通过凸透镜能成倒立、放大的像,当物距为 30cm 时,物体通过凸透镜仍能成倒立放大的像,则凸透镜的焦距应大于\_\_\_\_\_ cm,小于\_\_\_\_\_ cm.
5. 有甲、乙两个焦距不同的凸透镜,当物体距甲 20cm 时,在透镜另一侧得到一个与物体等大的像.当物体离乙 20cm 时,既得不到实像,也得不到虚像.则\_\_\_\_\_镜的焦距大,且大的是小的\_\_\_\_\_倍.

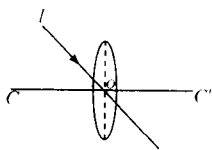


图 3-16

### 三、作图题

1. 在图 3-17 中, 标明凸透镜的光心( $O$ )、焦点( $F$ )、焦距( $f$ )。

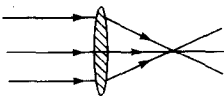


图 3-17

2. 完成图中的光路图:

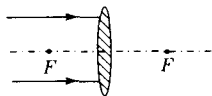


图 3-18

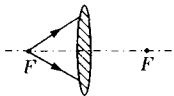


图 3-19

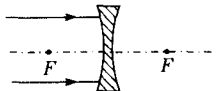


图 3-20

## 第二节 生活中的透镜

### 重点精讲

#### (一) 照相机

##### 照相机的结构

照相机的镜头相当于凸透镜, 胶卷相当于光屏, 机壳相当于暗室. 使用照相机时, 需要成像清晰, 曝光适度.

##### 照相机拍摄与调节

(1) 被摄景物到镜头的距离即物距大于 2 倍焦距.

(2) 旋转调焦环, 调节镜头到镜片的距离. 拍摄近物时, 物距较小, 要增大胶片与镜头的距离, 即增大像距, 镜头前伸; 拍摄远景时, 物距较大, 要减小胶片与镜头的距离, 减小像距, 镜头后缩.

(3) 利用光圈和快门, 控制曝光量和曝光时间, 使曝光适度.

所谓变焦相机, 是指通过改变相机的焦距来改变像的大小. 例如“体育记者在较远处拍摄较大的清晰的像, 则其焦距应如何调整?”对于这类问题先要引导分析其异同点; 如图 3-21 所示, 物体  $ab$  大小相同但焦距不同, 由图可见焦距长的所成的像  $ef$  较大, 故体育记者拍摄远景时一般要使用“大

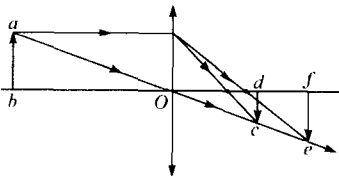


图 3-21

炮筒”。

### 缩小的像与像变小的区别

缩小的像是指物体的像的大小与物体的大小相比较的结果,像比物小称为缩小的像。

像变小是指物体后一次成的像比前一次成的像小,是由前后两次对像大小比较的结果。

同理:放大的像与像变大的区别与此类同。

## (二)幻灯机与放大镜

### 幻灯机原理

根据凸透镜成像原理  $f < u < 2f$  成倒立、放大的实像。

### 幻灯机的放置与调节

镜头相当于一个凸透镜,把幻灯片放在一倍焦距和二倍焦距之间,用强光照射幻灯片,幻灯片便成了“发光的物体”,通过凸透镜形成倒立、放大的实像。把幻灯片倒置,将银幕放在适当的位置接收实像,就可从银幕上看到正立的幻灯像了。(注意物、像的倒正关系。)银幕相当于光屏,幻灯片到镜头的距离为“物距”,镜头到屏幕的距离为“像距”。

### 放大镜

原理是根据凸透镜成像原理  $u < f$  成正立、放大的虚像。放大镜是一个短焦距的凸透镜,放大倍数只有几倍,最大不超过 20 倍,要想进一步提高放大倍数,就要用显微镜。(放大镜不是任何时候都有能使我们看到放大的虚像,只有当放大镜与物体的距离小于焦距时,才能透过放大镜看到物体正立、放大的虚像)

## 范例精解

**例1** 某摄影者用照相机对全班同学拍照,接着想对某个同学拍照,那么,这位摄影者应该怎样移动,照像机镜头又如何旋?

**解析** 拍摄全班时,像的范围虽大,但每个人的像却很小,要单独拍某人时,就需放大人的像,从而,应减小物距,增大像距。也就是说,照相机应靠近人,记者向前移动,同时把镜头向前伸。

### 点评

首先要弄清用照相机照相的范围的大小和成像大小的关系。拍摄范围大,但物体的像小,其次要注意当物距发生变化时,其像距也会发生改变。

**拓展一** 用照相机对着放大镜拍被放大的小字,照好的照片上,下列哪种说法是错误的: ( )

- A. 字可能是放大的
- B. 字可能是缩小的
- C. 字可能是原大的
- D. 根本没有字

**解析** 放大镜已经把小字形成正立放大的虚像,再用照相机像机去拍照,因为虚像可以再次成像,所以相片上一定有字, D说法错误。

由于不知道照像机、放大镜跟字的位置,因此无法判断相片上字的大小,三种情况都有可能,所以 A、B、C 正确。

**点评** 照相机已经把字放大了,再用照相机对其拍照,照出的实像肯定比虚像小,但不一定比物体小,在思考问题时应多方面、多角度去考虑。

**拓展二** 某同学用照相机拍照时,底片上的像与他本人 ( )

- A. 只是上下颠倒,左右不颠倒
- B. 只有左右颠倒,上下不颠倒
- C. 上下、左右都颠倒
- D. 上下、左右都不颠倒

**解析** 由照相机的原理可知:物体在 2 倍焦距以外,成倒立、缩小的实像,因此底片上的像与她本人应是上下颠倒,洗出来的照片可以看到,人衣服上的装饰物左右颠倒,因此 C 正确。

**点评** 凸透镜成实像时,上下、左右都颠倒,凸透镜成虚像时,上下不颠倒,但左右颠倒。注意平面镜成像时,上下不颠倒,但左右颠倒。

**拓展三** 你能用照相机拍平面镜中自己的像吗?试试看,并说明理由?

**解析** 人站在平面镜前,首先要在平面镜中成一个正立等大的虚像。当照相机对准虚像拍摄时,能拍摄出实像。由于平面镜成像时有实际光线反射回来,进入照像机镜头的是实际光线,这些光线经凸透镜再次成像(实像),所以能对着镜子给自己照像。

**点评** 物体可以在镜子里成像(包括所有的平面镜和透镜),像也可以在镜子里再次成像(包括虚像和实像)。

**例2** 放幻灯片时,要想获得更大的像,应该采取 ( )

- A. 使幻灯机向银幕靠近些,幻灯片靠近镜头

- B. 使幻灯机远离银幕,幻灯片也远离镜头
- C. 使幻灯机向银幕靠近些,幻灯片离镜头远些
- D. 使幻灯机离银幕远一些,幻灯片离镜头近一些

(全国物理竞赛长沙赛区试题)

**解析** 根据凸透镜成实像的变化规律,“像大,则像距大,物距小”,所以,要想在银幕上得到更大一些清晰的像,应采取减小物距,增大像距的方法.即把幻灯片更加靠近焦点,这时像变大,同时像离透镜更远些,所以要拉大屏幕与镜头之间的距离,也就是幻灯机要远离屏幕.选D.

**拓展** 老奶奶用放大镜看报时,为了看到更大的清晰的像,她常常这样做

( )

- A. 报与放大镜不动,眼睛离报远一些
- B. 报与眼睛不动,放大镜离报远一些
- C. 报与放大镜不动,眼睛离报近一些
- D. 报与眼睛不动,放大镜离报近一些

(第十二届全国初中应用物理知识竞赛试题)

**解析** 如图所示(图3-22),由于字的大小不变,故反向延长后分别得到虚像 $A'B'$ 和 $C'D'$ ,由图可见字 $AB$ 离透镜远一些,其像 $A'B'$ 也大一些,故选B.

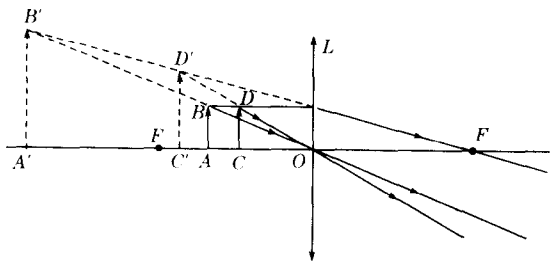


图 3-22

**点评** 注意区别成像大小与看像大小.要使像清晰些,即视角大些,满足视角大的条件即可.

## 巩固练习

### 一、选择题

1. 在凸透镜及其应用的结论中,正确的是

( )

- A. 照相机、幻灯机的镜头都是凸透镜制成的
- B. 物体放在凸透镜前任何位置都能在透镜的另一侧通过透镜看到一个放大的虚像
- C. 照相机镜头的焦距不会大于或等于暗箱的最大长度
- D. 放幻灯片时, 幻灯片总是倒置于幻灯机镜头的焦点之内
2. 一物体放在凸透镜的主轴上距透镜光心 1 倍焦距处, 物体沿主轴移动到 4 倍焦距处, 则物体和它所成的像之间的距离 ( )
- A. 一直是变大的                      B. 一直是减小的
- C. 先变小后变大                      D. 先变大后变小
3. 照相机照相时, 要得到清晰的像必须调节 ( )
- A. 镜头与物体的距离                  B. 镜头与底片的距离
- C. 物体与底片的距离                  D. 以上都不对
4. 与电影放映机成像原理相当的仪器是 ( )
- A. 照相机              B. 放大镜              C. 投影仪              D. 潜望镜
5. 如图 3-23 所示, 纸筒 A 的一端蒙了一层半透明纸, 纸筒 B 的一端嵌了一个凸透镜, 两纸筒套在一起组成了一个模型照相机. 为了在 A 端得到清晰的像, 要调整 A、B 间的距离, 这时 ( )

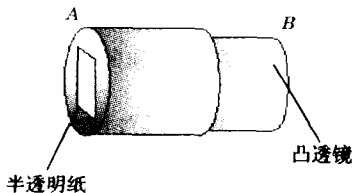


图 3-23

- A. 眼睛应对着 B 端向筒内观察, 看看像是否清楚
- B. 如果看近处的景物时像很清楚, 再看远处的景物时就应该把 B 向外拉, 增加 A、B 间的距离
- C. 应把 A 端朝着明亮的室外, B 筒朝着较暗的室内, 否则看不清楚
- D. 应把 B 端朝着明亮的室外, A 筒朝着较暗的室内, 否则看不清楚
- (第十二届全国初中应用物理知识竞赛试题)
6. 在一些街道拐弯处, 由于有建筑物挡住了汽车司机和行人的视线, 在路边适当的地方安装一个大镜子, 这镜子应是 ( )
- A. 凸透镜              B. 凹透镜              C. 凸镜                  D. 凹镜



## 二、填空题

1. 已知照相机镜头焦距为 7 厘米,则照相机暗箱长度  $L$  应在\_\_\_\_\_范围.
2. 投影仪应用了凸透镜能成\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_像的原理制成的.
3. 用来观察细小物体的放大镜是一个焦距较\_\_\_\_\_的凸透镜,被观察的物体应放在放大镜的\_\_\_\_\_以内,通过放大镜可看到物体成\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_的\_\_\_\_\_像.
4. 已知凸透镜焦距  $f=4.5$  厘米.
  - (1) 当物距  $u=10$  厘米时,能得到\_\_\_\_\_像;
  - (2) 当像距  $|v|=10$  厘米时,这像是\_\_\_\_\_像;
  - (3) 若物距  $u=6$  厘米时,则像距在\_\_\_\_\_范围;
  - (4) 若要得到放大的实像,则像距在\_\_\_\_\_范围;
  - (5) 若要得到实像,则物距在\_\_\_\_\_范围;
  - (6) 若要得到与物在透镜同侧的像,则物距在\_\_\_\_\_范围.
5. 照相机、幻灯机和电影放映机的镜头是利用\_\_\_\_\_做的,在它们的底片或屏幕上所成的像是\_\_\_\_\_.
6. 要使光线会聚应选用\_\_\_\_\_透镜,要使光线发散应选用\_\_\_\_\_透镜. 矫正近视眼时配戴的近视眼镜的镜片是\_\_\_\_\_透镜.
7. 利用照相机拍摄景物时,调节镜头到胶片的距离,胶片上就会出现被拍摄景物的清晰的\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_的\_\_\_\_\_像.
8. 用幻灯机放映幻灯片时,透明的幻灯片到镜头的距离要\_\_\_\_\_镜头的焦距;为了使观众看到正立的像,幻灯片要\_\_\_\_\_插在架上.

## 第三节 凸透镜成像规律

### 重点精讲

#### (一) 凸透镜成像规律

##### 凸透镜成像公式

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

符号法则:(1)物距  $u$  恒为正.(2)成实像时  $v$  为正,成虚像时  $v$  为负.(3)凸透镜焦距为正,凹透镜焦距为负.

##### 放大率

在与主轴垂直的方向上,像的长度跟物的长度的比,叫透镜的放大率,一般用

$m$  表示, 即  $m = \frac{|v|}{u}$  放大率为正值, 所以像距取绝对值

### 巧记凸透镜成像规律

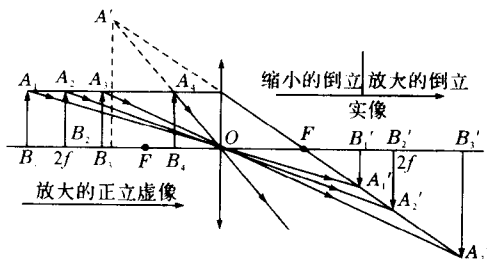


图 3-25

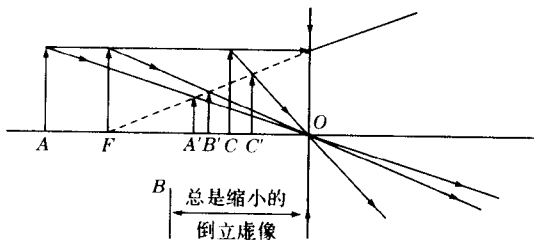


图 3-26

(1)“一焦分虚实,二焦分大小”是指物体在大于一倍焦距处成的像均是实像,在小于一倍焦距处成的像均是虚像.物体在大于两倍焦距处成的像均缩小,在小于两倍焦距处成的像均是放大的.

(2)“近物、像远、像变大”指当凸透镜成像时,像与物是朝同方向移动.当物体从很远逐渐靠近凸透镜的一倍焦距时,另一侧的实像也由一倍焦距逐渐远离凸透镜到大于两倍焦距以外,且像距越来越大,反之亦然.

(3)物与实像间距离.

当  $u = v = 2f$  时,物、像间距离最小,为  $4f$ .

(4)物、像和透镜的相互位置.

若保持透镜不动,像和物总是向同一方向移动.

(5)根据凸透镜成像规律,凸透镜放在一倍焦距范围之内总是成正立、缩小的虚像.

### (二)凸透镜成像作图

#### 透镜成像作图补充说明

(A)通过  $2f$  点的光线,经透镜折射后也通过  $2f$

(B)三点一线:物点、像点、光心在一直线上.应用这一规律在已知物点、像点和主光轴位置,确定透镜的种类、光心和焦点的位置时是极为方便的.

(C)会用辅助手段作图.

### 已知入射光线,求作折射光线

方法:先设物点,再求像点,注意物点和像点的一一对应关系

### 已知折射光线,求作入射光线

方法:有些是先确定像点再确定物点,有些是先确定物点再确定像点.灵活运用“三点一线”结论来分析.

### 作光路图的思维方法总结

(1)正向思维方法:抓住入射光线,依据介质或光学元件的性质,运用反射、折射定律或光学元件对光路的控制等规律进行判断或推理,得到反射光线或者是折射光线的传播方向.

(2)逆向思维方法:依据光路可逆性,沿光传播的反方向,从折射或反射光线去推断入射光线的行径.

(3)发散思维方法:多角度考虑光线行径的可能性和合理性,把光线一一作出.

(4)集中的思维方法:把光线可能集中于所要解答问题的焦点上,在作光路图时,极力寻找哪些光线可以会聚于一点或者向某一条轴线靠近.

### 共轭法测焦距

(1)先粗测出透镜焦距.用平行光,在光屏上粗看一点,则光屏到透镜的距离可粗略的视为焦距.

(2)把蜡烛、透镜和光屏顺次放在光具座上,并使它们在同一直线上.

(3)固定物体和光屏,使它们之间的距离  $L$  大于  $4f$ ,记下  $L$  的数据.

(4)向物体一侧移动透镜,观察到光屏上出现清晰、缩小的像时,记下透镜的位置  $A$ ;再向光屏一侧移动透镜,观察到光屏上出现清晰放大的像时,记下透镜的位置  $B$ ,量出  $A$ 、 $B$  之间的距离  $d$ .

$$(5) \text{利用透镜成像公式 } \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \text{ 和 } \begin{cases} u_1 + v_1 = L \\ u_1 = v_2 \\ u_2 = v_1 \\ u_1 - u_2 = d \end{cases} \text{ 计算出 } f = \frac{L^2 - d^2}{4L} .$$

### 成像公式法

(1)将物体、透镜和光屏顺次放在光具座上,使它们在同一轴线上.

(2) 将物体放到某一位置, 移动光屏, 观察到屏上出现清晰像为止, 记下物距  $u$  和像距  $v$ .

(3) 代入公式  $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$  计算出焦距.

## 范例精解

**例1** 如图 3-27 所示,  $S'$  是光源  $S$  经过透镜成的像, 试用作图法确定光源  $S$  的位置.

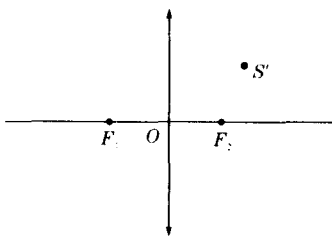


图 3-27

**解析**  $S'$  可能是实像, 也可能是虚像, 故应分两种情况.

(1) 若  $S'$  是实像, 根据“物像互换”即光路可逆性, 设  $S'$  为物点, 作出像点  $S_1$ , 如图 3-28 所示.

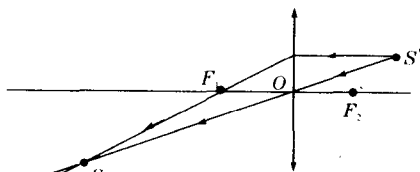


图 3-28

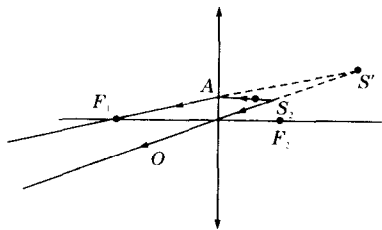


图 3-29

(2)若  $S'$  是虚像,则物点应放在连线  $S'O$  上,又因为平行于主轴的光线经透镜折射后通过焦点.则连接  $S'F_1$ .交透镜于  $A$ ,过  $A$  作平行于主轴的直线  $AS_2$  交于  $S_2$ , $S_2$ 即为点光源的另一可能位置  $S$ ,如图 3-29.

### 点评

此类题要注意两点:(1)作图时要根据像的性质和物、像所处的相对位置逐步推理分析.(2)以经过透镜的特殊光线与物、像、焦点、光心的关系为突破口.利用好过光心的光线、光路不变,即物、像、光心共线.物、像连线与主轴的交点即为光心.

**拓展一** 如图 3-31 所示,发光点  $S$  位于主轴上,用作图法作出  $S$  的像点  $S'$  (用多种方法求解).

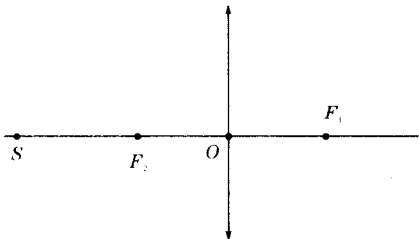


图 3-31

**解析** ①辅助线状物体法:设想一垂直于主轴的线状物体  $AS$ ,这样可选用三条特殊光线的任意两条作出  $A$  点的像  $A'$ ,由  $A'$  向主轴作垂线  $A'S'$  即为物  $AS$  的像, $S'$ 即为物点  $S$  的像.如图 3-32 所示.

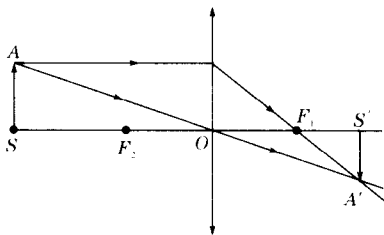


图 3-32

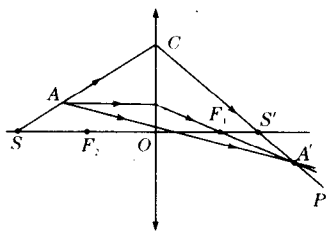


图 3-33

②辅助光点法:过  $S$  点可作任意一条到透镜的入射光线  $SC$ ,在  $SC$  上任取一点  $A$  为辅助光点. $A$  点的像可利用任意两条特殊光线作出图 3-33 中的  $A'$ .故光线  $SC$  的折射线  $CP$  亦必过  $A'$  点,那么  $CP$  与主轴的交点  $S'$  即为所求的  $S$  的像点.

**拓展二** 如图 3-34 所示, $OO'$  为透镜的主光轴, $S$  为发光点, $S'$  为  $S$  的像,用

作图法作出透镜的光心和焦点的位置,并指明透镜的种类.

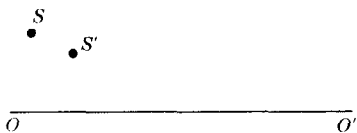


图 3-34

**解析** 连接  $SS'$  并延长交主光轴  $OO'$  于  $O''$  点,  $O''$  即为光心的位置. 由透镜成像特点可知,该透镜一定为凹透镜(缩小虚像).

作平行于光轴的入射光线  $SA$  交透镜于  $A$  点,连  $S'A$  并延长交主轴于  $F$  点,则  $F$  点为此凹透镜的左焦点,  $AB$  为  $SA$  的折射光线.

作  $S'C$  平行于主轴且交透镜于  $C$  点,连  $SC$  并延长交主轴于  $F'$  点,则此  $F'$  点为透镜的右焦点.  $CD$  为  $SC$  的折射光线. 如图 3-35 所示.

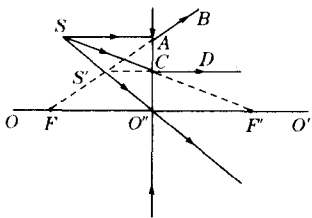


图 3-35

### 点评

若题目要求“用作图法找出焦点的位置”,那么不管是透镜的左焦点还是右焦点,都要用作图的办法找出. 透镜的两个焦点虽然关于光心对称,但如果其中一个焦点是用对称性得出的,一般情况下均视为步骤不完整.

**拓展三** 如图 3-36 所示. 已知物  $AB$  经透镜所成的像  $A'B'$ , 试在图中画出凸透镜的光心位置及透镜方位.

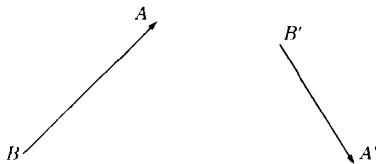


图 3-36

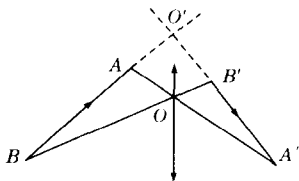


图 3-37

**解析** 通过对物  $AB$  及像  $A'B'$  比较知,  $A'B'$  是  $AB$  的实像. 根据通过光心的光线不改变方向的特点, 可以找到光心位置. 如图 3-37 所示, 连接  $AA'$ 、 $BB'$ , 其交点  $O$  即为光心. 沿  $BA$  方向发出的光线射向透镜(或透镜延长线), 其折射光线必沿  $B'A'$  方向, 故延长  $BA$ 、 $A'B'$  交于  $O'$  点, 连接  $OO'$ 、 $O'O$  方向即为透镜的方位.

**点评** 灵活利用凸透镜成像特点.

**例2** 在图 3-38 中画出入射光线经过凸透镜后的折射光线.

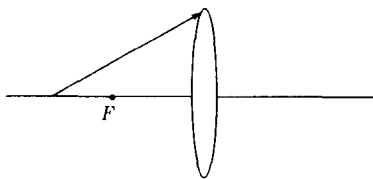


图 3-38

**解析** 图中的入射光线是从主光轴任意一点射向凸透镜的光线, 它不是三条特殊光线之一. 因此, 不能直接画出它的折射光线. 由于凸透镜能把平行光线会聚一点, 结合透镜的三条特殊光线, 可作过焦点的入射光线, 通过光心的入射光线与已知的入射光线平行, 那么它们的折射光线必定会聚一点, 只要画出了过焦点和光心的入射光线的折射光线, 题中已知入射光线的折射光线必定通过另外两条折射光线的交点. 还可以根据三条特殊光线作出入射光线上任意一点的像, 根据像作出已知光线的折射光线.

**解法一**

如图 3-39 所示: (1) 过焦点  $F$  和光心  $O$  分别作平行于  $SA$  的入射光线并作出它们的折射光线, 它们相交于  $C$ ; (2) 连接  $A$ 、 $C$  并延长即为  $SA$  的折射光线.

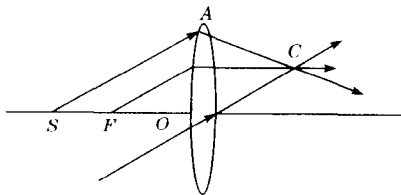


图 3-39

**解法二** 如图 3-40 所示:(1)在入射光线上任意选一点  $S$  作为发光点;(2)从  $S$  点作平行于主轴和通过光心的光线  $SB$ 、 $SO$ ,作出它们的折射光线相交于  $S'$  点;(3)连接  $AS'$  并延长即为入射光线  $SA$  的折射光线。

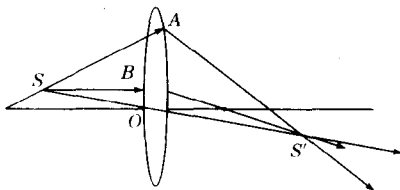


图 3-40

**点评** 两点确定一条直线,已知入射点,只要找出折射光线上的任意一点就可以画出折射光线.寻找这一点是解题的关键.运用透镜的特殊光线是解决这类问题的一般途径.解题时经常利用透镜对光的性质来处理,或假设物点来处理.

**拓展一** 如图 3-41 所示,  $AB$  是一条射向凸透镜的一般光线,试画出  $AB$  经过凸透镜后的折射光线.

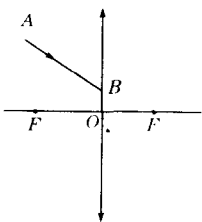


图 3-41

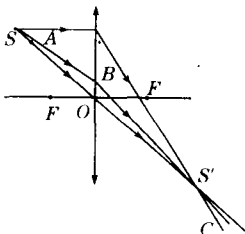


图 3-42

**解析** 反向延长  $AB$  至  $S$  处,假设  $S$  处有一点光源,作出  $S$  发出的两条特殊光线(过光心和平行于主轴),得到像点  $S'$ .由于  $AB$  可认为是  $S$  发出的某一条光线,所以其折射光线一定过  $S'$  点,因此  $BC$  即为  $AB$  的折射光线,如图 3-42 所示.

**点评** 本题作图思路和方法有一点需要特别注意,由于凸透镜的成像特点与凹透镜不同,当  $S$  选的位置不同时,其像  $S'$  可能是实像也可能是虚像,且像距的大小在  $0$  和  $\infty$  之间,可能是任意值.为了便于作图,应将  $S'$  的位置控制在合适的位置.因此,在选物点  $S$  的时候,应使其物距在  $2f$  附近为宜,千万不能使物距接近  $f$  的值.



**拓展二** 图 3-43 所示为一条射向凹透镜的一般光线  $AB$ , 试画出  $AB$  经过透镜后的折射光线.

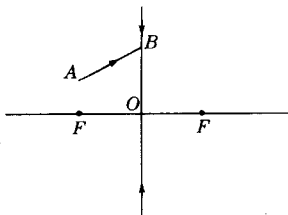


图 3-43

**解析** 设  $A$  点处有一点光源  $S$ , 作发出的两条特殊光线, 确定出物点  $S$  的像点  $S'$ . 依据物点、像点一一对应原理,  $AB$  经凹透镜折射后射出的光线其反向延长线必定经过像点  $S'$ . 图 3-44 中  $BC$  为  $AB$  的折射光线.

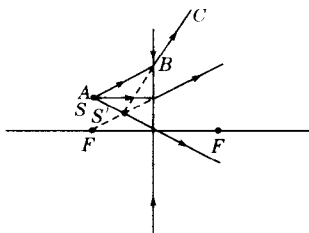


图 3-44

**点评** 解决该问题的基本方法是: 先在入射光线(或折射光线)的适当位置假设一物点(或像点), 然后利用作图法找出其像点(或物点), 最后画出所求光线.

**拓展三** 如图 3-45 所示,  $S$  为点光源,  $P$  为人眼(视为一点), 试用作图法画出  $S$  发出并经透镜  $L$  折射后进入人眼的那条光线.

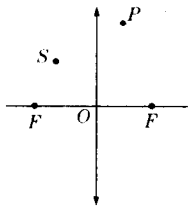


图 3-45

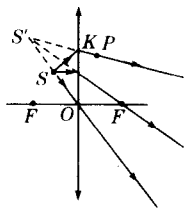


图 3-46

**解析** 如图 3-46 所示, 利用  $S$  发出的两条特殊光线得到它的像点  $S'$ . 根据人眼视物的原理可知  $P$  点和  $S'$  一定在同一条直线上. 因此, 连接  $S'P$  交透镜于  $K$  点, 则入射光线  $SK$  的折射光线  $KP$  一定是满足题目要求的那条光线.

**点评**

在所有作光路图的题目中,一定要养成规范作图的良好习惯,所画的每一条线都要注意它的虚实,光心、焦点位置要标明确,光学组件要用符号表示,箭头方向不能缺少或标错.

**拓展四** 如图 3-47 所示,  $MN$  为主光轴,在  $O$  点放一透镜  $L$ ,入射光线  $AB$  经透镜折射后成为折射光线  $BC$ ,试确定该透镜的性质和焦点的位置.

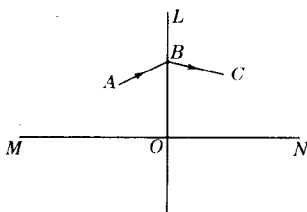


图 3-47

**解析** 从镜前后光线的传播方向看,该透镜为凸透镜,如图 3-48 所示.

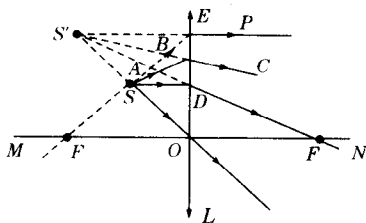


图 3-48

(1)取  $AB$  上的一点  $S$  作物点,连接  $SO$  并反向延长交  $BC$  的反向延长线于  $S'$ ,  $S'$  即为像点.

(2)由物点  $S$  向  $L$  作垂线交于点  $D$ ,连接  $S'D$  并延长之交于主光轴  $F$  点,  $F$  点即为透镜的右焦点.

(3)由像点  $S'$  向  $L$  作垂线交  $L$  于  $E$  点,依据光路可逆原理,连接  $SE$  并反向延长交主光轴于  $F$  即为该透镜的左焦点.

**点评**

在确定透镜的种类时,只看其对光线是会聚还是发散或成像性质即可.在找焦点时,若无特别说明,左、右两个焦点都要通过作图求出.

**例3** 如图 3-49 所示,一个物体位于凸透镜前,当用一黑纸板遮住透镜中间部分后,物体在光屏上所成的像是 ( )

- A. 只有上半部,亮度不变      B. 只有下半部,亮度不变  
 C. 与原来相同,亮度不变      D. 与原来相同,亮度变暗

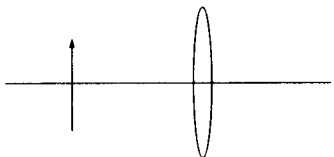


图 3-49

**解析** 根据凸透镜成像原理,由物体发出或反射的光经凸透镜折射后,会聚在凸透镜后面的光屏上,形成物体的实像.无论镜面大小均能成像,镜面小,通过的光线少,透过的光少,亮度差点,也就是说,凸透镜能否成像以及成像是否完整与凸透镜的大小无关.题中虽然挡住一些,仍能成像,不会影响成像的完整性,但会聚在光屏上的光会减少,像变得暗些. D 正确.

**拓展一** 当凸透镜去掉上半部或下半部,能否成像? 像的情况如何?

**解析** 根据上面的分析,只要有两条折射后的光相交,便能成像.去掉上半部或下半部,只是入射光减半,相应的折射光也会减半,主轴不变,焦距不变,物距不变;由于入射光少了,折射光也少了,所成的像的亮度会变暗些,但并不影响像的完整、大小和所成像的位置.所以仍能成完整、清晰的像,只是像变暗.

**拓展二** 将用黑纸遮住的那部分切去,再将上、下相同的两部分粘合在一起后,此时成像情况又如何?

**解析** 若将凸透镜用黑纸遮住的那部分切去,再将上、下相同的两部分粘合在一起,由于上、下两部分的主光轴的位置不同(如图3-50所示,AA'为上面部分残缺凸透镜的主光轴,BB'为下面部分残缺凸透镜的主光轴),所以

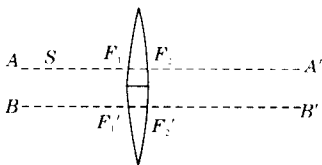


图 3-50

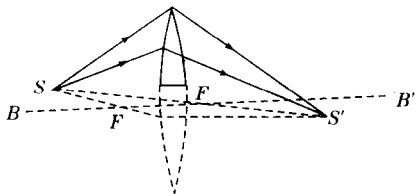


图 3-51

①物  $S$  不再在透镜的主光轴上;(如图3-51所示)

②物  $S$  实际上是对 2 个不同的残缺凸透镜成像.先分析上面部分残缺凸透镜的成像情况.把这残缺凸透镜设想成为 1 个完整的凸透镜(如图 3-51 虚线所示),利用特殊光线可作出物  $S$  的像  $S_1$ .根据光的独立传播特点,物  $S$  发出的、所有经过残缺凸透镜的光线都将经过  $S_1$  点,所以  $S_1$  是物  $S$  关于残缺凸透镜的像.同理,可分析出下面部分残缺凸透镜的成像情况.所以,物  $S$  经过由 2 块残缺凸透镜粘合的装置后,将成 2 个像,成像情况如图 3-52 所示.

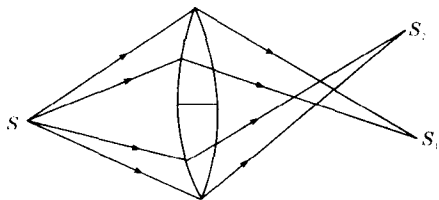


图 3-52

**拓展三** 当把透镜从中间分开,并上、下分开一些,物体成像的情况如何?

**解析** 当透镜上、下分开时,相当于两个不完整的透镜,两透镜的主光轴平行,物体对两个透镜应分别成像,所成像的位置、大小、虚实、是否倒立,均由物距、焦距所确定,此时的物体,不是一个透镜的物,而是两个透镜的物.根据透镜成像规律,便可知成两个对称的、性质、大小完全相同的像.(如图 3-53 所示)

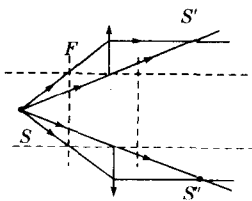


图 3-53

**拓展四** 如果将两凸透镜从中分开,前后移动一定距离,并有共同的主光轴,物体此时又应该成几个像?这些像的情况又如何?

**解析** 当透镜左、右分开时,仍相当于两个不完整的透镜,并有共同的主光轴,物体分别对两透镜成像.这时分别有两个物距,两透镜焦距相同,根据透镜成像作图法,可作出两个像,这两个像的位置、大小、虚实是由物距,焦距共同决定.(如图 3-54 所示)

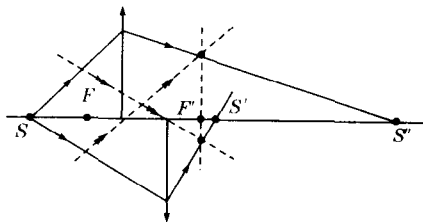


图 3-54

**拓展五** 如图 3-55 所示,上题中若发光点  $S$  放在凸透镜左侧 2 倍焦距处,将透镜绕其光心位置旋转微小角度时,则发光点的像点的位置在那里?

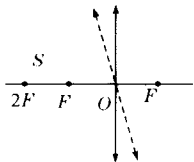


图 3-55

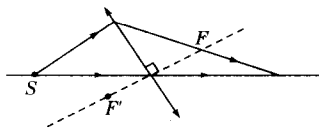


图 3-56

**解析** 由于过光心的光线不改变方向,所以像点仍在原主轴上,但旋转后透镜的主轴也随之发生了变化,再利用透镜成像作图原理作图.从图 3-56 所示的光路图可知,点光源的物距减小,像距将增大,像将沿原主轴远离光心  $O$  移动.

**点评**

这类题的关键是透镜成像的物理过程.只要有两条折射后的光相交,便能成像.像的大小、完整,与透镜面积大小无关,只与物距、焦距有关.当一个物体同时成为几个透镜的物时,应分别根据透镜成像作图,透镜的多少、个数并不影响物体对某透镜进光多少和成像情况.

**拓展六** 如图 3-57 所示,一条激光光线通过凸透镜的主光轴上的焦点  $F$  以外的  $M$  点射向凸透镜,入射光线与主轴的夹角为  $\theta$ .当入射光线仍通过  $M$  点而  $\theta$  角逐渐减小(但不为零)时,折射光线变化的情况是什么?

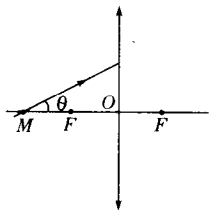


图 3-57

**解析** 对本题的分析很多同学可能感到无从下手,因为物体的位置在何处?入射光线折射后与主轴的夹角如何?这些都不得而知.有些同学可能想到了假设物点的办法,但由于对物点位置的选择不合理,而作的光路图

又不规范,结果得出了错误的结论.其实对本题的分析,只要物点位置假设得合理了,根本不需画光路图,就能很容易得出正确的结论.

假设  $M$  点有一点光源,它经透镜所成的像在  $N$  点,则  $N$  点一定在透镜右侧的主光轴上,当入射光线与主轴的夹角  $\theta$  变化时,虽然折射光线的方向也发生变化,但它与主轴一定交于  $N$  点(过像点).因为  $M$  点不动, $N$  与主光轴的交点位置不变.

**点评**

合理假设物点的位置是解决该类问题的关键,所假设的物点,只要在入射光线所在的这条直线上均可,根据需要可以对题目中所画线段进行延长,但具体设在何处要以解题方便为准.

**例4** 把一个凸透镜固定于薄壁玻璃筒中间,在凸透镜的焦点  $F$  处放一个点光源  $S$ ,然后注入水,水面处于光源和凸透镜之间,如图 3-58 所示,为使经凸透镜折射后的光线是一束平行光,则光源的位置 ( )

- A. 应当适当升高  
 B. 应当适当降低  
 C. 应不动  
 D. 无论怎样变动,均无法实现

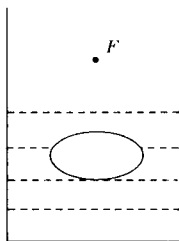


图 3-58

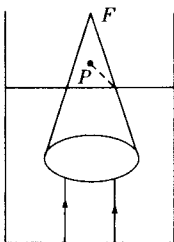


图 3-59

**解析** 若从光源射出的光进入水中发生折射,再经凸透镜折射去思考这个问题,比较困难.若用逆向思维,设想在水中有一束平行光,经凸透镜折射后,到达水面处再发生折射,根据光路的可逆性,一束平行光射向凸透镜时,若无水,它们将交于  $F$  点,有水时,在水面处又发生一次折射,光线将交于  $P$  点, $P$  点的位置比  $F$  点低,则再次根据光路的可逆性原理可知,光源的位置应当适当降低, B 正确. (如图 3-59)

**点评** 逆向思维是物理解题中一种常用方法,望同学们掌握.

**拓展** 一个反射面向上的凹面镜置于容器内,有一束平行光经凹面镜反射后会聚于  $A$ ,如图 3-60 所示,如果在容器内加一些水,将凹面镜恰好浸没在水中,则该光束的会聚点位置将 ( )

- A. 向下移动一些  
 B. 保持不变  
 C. 向上移动一些  
 D. 与水的深度有关,无法判断

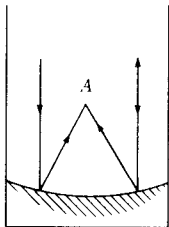


图 3-60

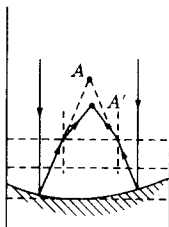


图 3-61

**解析** 如果向容器内加一些水,原来的平行光对水面垂直入射,折射光线方向不变,如图 3-61 所示,射到凹面镜的光线方向与原来没加水时一样,由凹面镜反射到水面的光线也与原不加水时一样,但由水折射到空气中由于折射角大于入射角,如图 3-61 所示;光束会聚点的位置  $A'$  比原来无水时的会聚点  $A$  向下移动一些,  $A$  正确。

**点评**

光经多个光学元件或介质发生作用,应逐一进行分析、作图,光传播的方向先由空气到水发生了一次折射,然后经凹面镜反射,反射光线在水面又发生了一次折射,应按折射反射的规律作图。

**例5** 如何利用两只透镜将一束粗而弱的平行光变成一束细而强的平行光?

(全国物理竞赛)

**解析** 要将较粗的平行光变细,应先将此平行光会聚,因此第一只透镜应选用凸透镜. 光路如图 3-62 所示. 从图 3-62 中可以看出,要使会聚后的光线仍平行射出且变细,可在透镜  $L_1$  的焦点上放置一只凹透镜  $L_2$ ,且使  $L_2$  的主轴与  $L_1$  的主轴重合,  $L_2$  的右焦点与  $L_1$  的右焦点重合,此时两透镜间距为  $f_1 - f_2$ , 光路如图 3-63 所示;也可在透镜  $L_1$  的焦点以外同轴放置一凸透镜  $L_2$ ,且  $L_2$  的左焦点与  $L_1$  的右焦点重合,但  $f_1$  必须大于  $f_2$ ,此时两透镜间的距离为  $f_1 + f_2$ , 光路如图 3-64 所示。

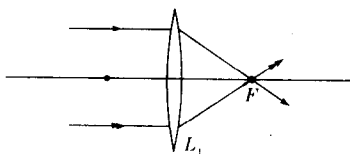


图 3-62

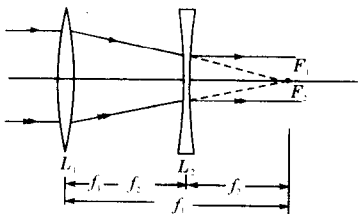


图 3-63

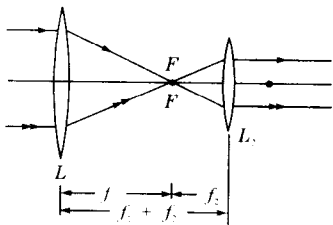


图 3-64

**拓展** 如何利用两只透镜将一束细而强的平行光变成一束粗而弱的平行光?

**解析** 根据光路的可逆性,两只透镜如何放置,同学们自己讨论.光路分别如图 3-65 和图 3-66 所示.

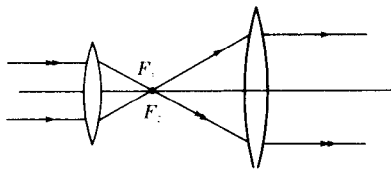


图 3-65

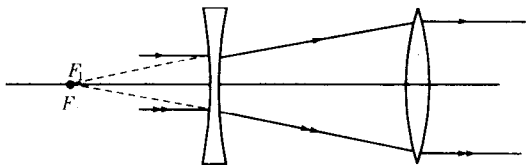


图 3-66

**点评** 当同时应用多个光学组件时,考虑各光学组件对光的特点进行逐步分析作图.多注意三条特殊光线的灵活应用.

**例6** 有一点光源置于透镜主轴上的  $A$  点经透镜成像于  $B$  点,将此点光源放在  $B$  点,经透镜成像于  $C$  点,且  $AB < BC$ ,如图 3-67 所示,则

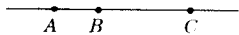


图 3-67

- ( )
- A. 此透镜一定是凸透镜      B. 此透镜可能是凹透镜  
C. 这两次成像一定都是虚像      D. 透镜一定在  $A$  点的左侧

**解析** 光点在  $A$ ,像点在  $B$ ,若是凹透镜,应在  $BC$  之间,这样光点在  $B$ ,就一定不能成像在  $C$ ,应成像在  $B$  和凹透镜之间,所以一定不是凹透镜,若凸透镜在  $AB$  间,光点在  $A$ ,成像在  $B$  一定是实像,这样光点在  $B$ ,一定成像在  $A$ ,所以凸透镜不在  $AB$  间.若凸透镜在  $BC$  间,光点在  $A$ .若像点在  $B$ ,则是缩小的虚像,这是不可能的.同理,凸透镜也不可能在  $C$  点右侧.因此,凸透镜一定在  $A$  点左侧,两次成像一定都是放大的虚像.答案:A、D.

**点评** 灵活、熟练应用透镜成像规律是解本题的关键.

**拓展一** 一个焦距为  $f$  的凸透镜的主光轴与水平的  $x$  轴重合, $x$  轴上有一点位于透镜的左侧,光点到透镜的距离大于  $f$  而小于  $2f$ .若将此透镜沿轴向右平移



$2f$  的距离,则在此过程中,光点经透镜所成的像点将 ( )

- A. 一直向左移动
- B. 一直向右移动
- C. 先向左移动,接着向右移动
- D. 先向右移动,接着向左移动

(1996 年全国高中物理竞赛题)



**解法一** 在凸透镜移动之前,光点到透镜的距离大于  $f$  而小于  $2f$ ,即  $f < u < 2f$ ,在凸透镜沿  $x$  轴向右平移  $2f$  的过程中,物距逐渐增大  $2f$ ,至  $3f < u < 4f$ ,则在凸透镜沿  $x$  轴向右平移  $2f$  的过程中,必有某一时刻,物距  $u = 2f$ ,此时  $v = 2f$ .根据凸透镜成像规律可知,此时物与像之间的距离最短,因此,在凸透镜沿  $x$  轴向右平移  $2f$  的过程中,物像之间的距离先变小后增大,由于光点不动,所以像点应该先向左移动,接着向右移动.所以选项 C 正确.



**解法二** 通过设定符合题意的特殊值进行计算,求得物与像之间的距离来进行判断.在凸透镜移动之前,光点到凸透镜的距离大于  $f$  而小于  $2f$ ,即  $f < u < 2f$ ,设物距  $u_1 = 1.5f$ ,由凸透镜成像公式  $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$  可计算得像距  $v_1 = 3f$ ,此时,物与像之间的距离  $S_1 = u_1 + v_1 = 4.5f$ ;在凸透镜向右平移  $2f$  的过程中,当凸透镜向右移动了  $0.5f$  时,物距  $u_2 = 2f$ ,由凸透镜成像公式  $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$  可计算得像距  $v_2 = 2f$ ,此时,物与像之间的距离为  $S_2 = u_2 + v_2 = 4f$ .因为  $S_2 < S_1$ ,光点不动,所以像点已经向左移动了,当凸透镜继续向右移动  $f$  时,即物距为  $u_3 = 3f$ ,由凸透镜成像公式  $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$  可计算得像距  $v_3 = 1.5f$ ,此时物与像之间的距离为  $S_3 = u_3 + v_3 = 4.5f$ ,因为  $S_2 < S_3$ ,光点不动,所以像点已经向右移动了.综上所述,像点先向左移动,接着向右移动.所以选 C.

**拓展二** 蜡烛离凸透镜 4 倍焦距处沿主光轴以速度  $v$  匀速移动至焦点处,那么它在凸透镜另一侧像的速度 ( )

- A. 小于  $v$
- B. 大于  $v$
- C. 先小于  $v$ ,后大于  $v$
- D. 先大于  $v$ ,后小于  $v$

**解析** 当物体从 4 倍焦距处移至 2 倍焦距处时,物体移动的距离为  $2f$ ,像始终在 1 倍焦距到 2 倍焦距之间移动,物像移动的时间相同,所以像移动的速度小于物体移动的速度  $v$ .当物体从 2 倍焦距处移至焦点时,物体移动的距离为 1 个

焦距,而像从2倍焦距移至无穷远,物、像移动的时间仍相同,所以像移动的速度大于物体移动的速度.应选C.

### 点评

灵活应用凸透镜物、像移动方向以及距离之间的关系是解此类题的关键.

**例7** 如图3-68所示, $L$ 为凸透镜, $OO'$ 为透镜主光轴, $C$ 为光心, $F_1$ 和 $F_2$ 为2个焦点, $AB$ 是垂直于主光轴上的1个物体且物距大于2倍焦距,试用作图法确定可看到 $AB$ 经凸透镜成像的范围.

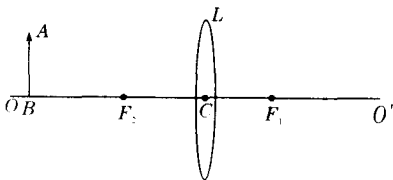


图 3-68

**解析** 物体 $AB$ 位于焦距外,物距大于2倍焦距,在透镜右侧成一缩小的倒立实像.先用2条特殊光线作出 $A$ 点所成的像点 $A'$ ,再作出 $B$ 所成的像点 $B'$ .

应该注意像点 $A'$ 是物点 $A$ 射到透镜上的所有光线经透镜折射后形成的,形成 $A'$ 的全部光线从 $A'$ 射出都在 $A'D$ 和 $A'E$ 的范围内,如图3-69所示,在 $A'D$ 和 $A'E$ 的范围内向 $A'$ 看去能看到像 $A'$ .同理,物点 $B$ 射到透镜上的所有光线形成像 $B'$ .这些光线从 $B'$ 射出都在 $B'G$ 和 $B'H$ 范围内.在这范围内眼睛向 $B'$ 看去都能看到像 $B'$ .

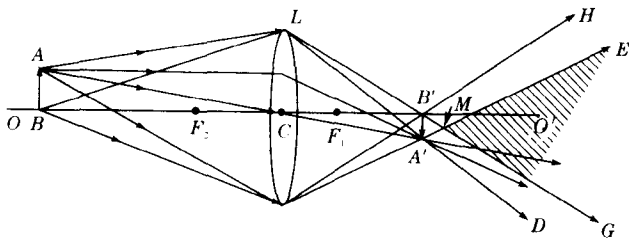


图 3-69

在看到像 $A'$ 的区域与像 $B'$ 的区域的共同区域,即2个区域相交的区域内,我们既能看到 $A'$ ,又能看到 $B'$ ,即能够看到完整的像 $A'B'$ .相交的区域就是 $MG$ 和 $ME$ 所围的区域,如图3-69所示.我们用阴影表示这个相交的区域.

**点评** 要确定  $AB$  的像  $A'B'$  的看像范围, 可先确定像  $A'B'$  的 2 个最远的点  $A'$  和  $B'$  的看像范围. 这是因为能同时看到  $A'$  和  $B'$  点必然能同时看到整个像  $A'B'$ . 确定  $A'$  和  $B'$  的看像范围, 关键是找出形成像  $A'$  或  $B'$  的边缘光线, 就是物点  $A$  和  $B$  射到透镜边缘的光线经透镜折射后构成像  $A'$  或  $B'$  的边缘光线, 在图 3-69 中就是光线  $A'D, A'E$  或  $B'G, B'H$ .

**拓展一** 如图 3-70 所示, 物点  $S$  放在凸透镜焦点之外,  $MN$  为遮光板, 试确定其所成的像点的视场.

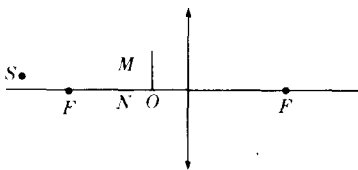


图 3-70

**解析** 先假设没有遮光板, 利用特殊光线作出物点  $S$  的像点  $S'$ . 沿遮光板和透镜下边缘引出两条光线, 其出射光线经过像点  $S'$ , 则像点  $S'$  的视场应在光锥  $a_1a_2$  之间. (如图 3-71 所示)

**拓展二** 把一个点光源  $S$ , 放在水平放置的焦距为  $f$  的凸透镜的左侧主轴上, 距离透镜为  $u$ . 在透镜上方的某些位置用眼直接进行观察, 欲能同时看到点光源  $S$  及其像  $S'$ , 必须满足的条件是

( )

- A.  $u > 2f$       B.  $u < f$       C.  $u = f$       D.  $f < u < 2f$

**解析** 对本题的求解可以采取对四个选项逐一进行作图的办法, 通过对光路图的分析最后确定正确的选项. 也可以先作出符合题目要求的光路图, 然后再分析物距  $u$  的取值范围, 最后确定哪个选项正确. 这两种思路相比较, 前者更常规一些, 难度也低一些.

当  $u > 2f$  时, 点光源  $S$  的像  $S'$  在透镜的一倍焦距和二倍焦距之间, 作出光路如图 3-72 所示. 则图中  $\angle ASA'$  以外的区域可以看到点光源  $S$ , 而在  $\angle BS'B'$  之内的区域为看到像  $S'$  的区域. 欲同时看到  $S$  和  $S'$ , 必须位于两区域的公共部分, 即图中阴影区域. 故选项 A 正确.

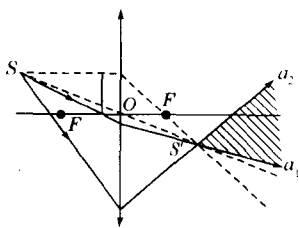


图 3-71

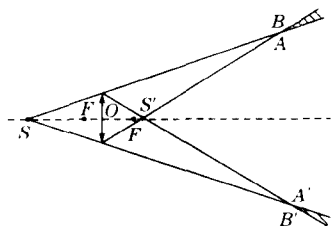


图 3-72

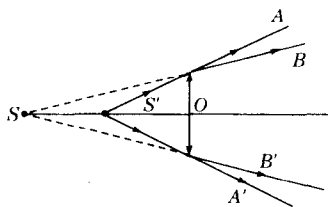


图 3-73

当  $u < f$  时,点光源  $S$  成虚像,且像  $S'$  跟光源  $S$  在透镜的同一侧.其光路如图 3-73 所示.同理可知,在  $\angle ASA'$  之外的区域可以看到光源  $S$ ,而在  $\angle BS'B'$  之内的区域为看到像  $S'$ .由于两者无公共部分,所以无法同时看到  $S$  和  $S'$ .故选项 B 错误.

同样的方法可作出  $u = f$  时的光路如图 3-74 所示, $f < u < 2f$  时的光路图 3-75 所示.从光路图不难看出, $u = f$  时, $S$  不成像; $f < u < 2f$  时, $\angle ASA' > \angle BS'B'$ .亦无公共区域.所以 C、D 选项也不正确.答案为 A.

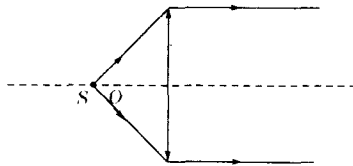


图 3-74

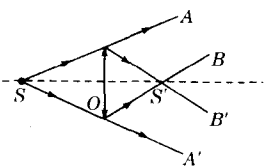


图 3-75

### 点评

本题的特点是物体的具体位置确定后,要找人眼所放的位置——目域.确定该类问题的基本方法是:第一步:确定物体的像的位置.对平面镜可利用对称性直接作出像,对于透镜成像,可用作图法找像.也可根据题目的具体情况,直接给出像的大体位置.第二步:根据物体的边界点和与之对应的像点,作出入射光线的边界光线和反射或折射光线的边界光线.第三步:根据边界光线确定反射光线或折射光线所照到的区域.最后根据题目要求得出所求区域——目域.

**例8** 暗室中有一凸透镜,若在透镜的右侧二倍焦距处垂直于主轴方向放一足够大的光屏.在点光源  $S$  从无穷远处沿主光轴移向光心的过程中,屏上会出现什么样的图景?

**解析** 在光源  $S$  移动的整个过程中,屏上的图景要随  $S$  到光心距离的变化

而不同,具体情况讨论如下:

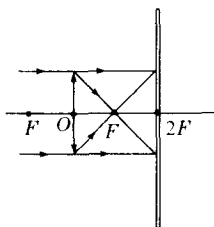


图 3-76

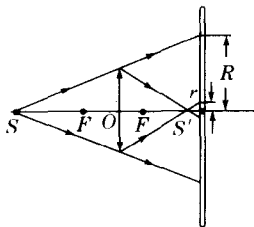


图 3-77

(1)当物距  $u \rightarrow \infty$  时,光路如图 3-76 所示.

此时入射光线平行于主光轴,经透镜折射后的光线会聚于焦点  $F$ .由于光屏位于  $2F$  处,所以折射后的光束与直接照到屏上的光相比强度相同.此时图景为:整个光屏亮度相同.

(2)当物距在  $u > 2f$  的条件下逐渐减小时,光路如图 3-77 所示.

此时直接射到屏上的光线在屏上形成一个圆,其半径为  $R$ .在半径为  $R$  的大圆外侧亮度是相同的,在大圆内侧则只有折射光线.经透镜会聚后的光线将成像于  $S'$  点,由于  $u > 2f$ ,所以像距  $f < v < 2f$ .因此会聚光束在屏上形成一个半径为  $r$  的亮斑,所以此过程的屏上图景为:

内径为  $r$  外径为  $R$  的暗环,且随着  $u$  的减小, $R$  增大, $r$  减小.

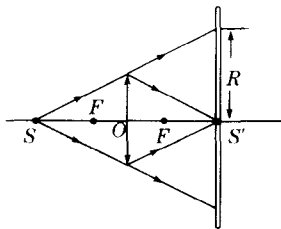


图 3-78

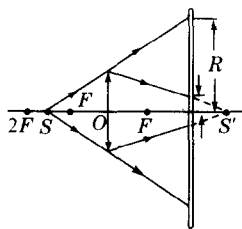


图 3-79

(3)当物距  $u = 2f$  时,由图 3-78 不难看出,暗环的内半径  $r$  变为零.屏上的暗环变成圆心有一亮点的暗斑.

(4)当物距在  $f < u < 2f$  的条件下继续减小时,光路如图 3-79 所示.

此时点光源  $S$  成像是于  $S'$  点,且像距  $v > 2f$ ,所以暗环半径又随物距  $u$  的减小而逐渐增大.

(5)当物距  $u = v$  时,由图 3-80 不难看出,此时暗环的内半径等于透镜的半径,即形成一个半径为  $r$  的暗圆.

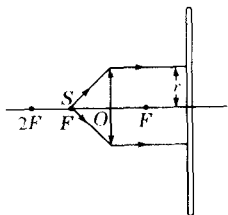


图 3-80

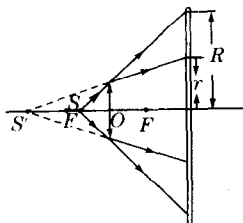


图 3-81

(6) 当物距在  $u < f$  的条件下继续减小, 光路如图 3-81 所示.

此时点光源  $S$  成虚像于  $S'$  点, 随着物距  $u$  的减小, 暗环的内半径  $r$  和外半径  $R$  均增大.

综合上述分析可得, 在点光源从无穷远处沿主光轴移向光心的过程中, 屏上出现一个暗环, 且暗环的外半径  $R$  逐渐增大, 内半径  $r$  先减小至零之后逐渐增大.

**点评** 此题是光直线传播和透镜成像的综合题, 灵活应用透镜成像和光直线传播.

**拓展一** 让太阳光沿主光轴射到凸透镜上, 在镜后面的光屏上看到一个光线较弱的圆形暗环, 而环中间较亮, 已知暗环的内、外半径分别为  $R_1, R_2$ , 光屏与透镜的距离为  $d$ , 则该凸透镜的焦距为多少?

**解析** 如果光屏到凸透镜的距离与透镜的焦距相等, 则在光屏上将出现一个亮点. 现在光屏上出现圆形暗环, 环中间较亮, 这说明光屏与透镜间的距离不等于焦距, 有大于焦距和小于焦距两种情况, 应分别加以分析和讨论.

当光屏与透镜间的距离  $d$  大于透镜的焦距  $f$  时, 光路如图 3-82 所示:

设  $F$  为焦点, 则  $\triangle FAB \sim \triangle FCD$ ,  $AB = 2R_2$ ,  $CD = 2R_1$ ,

因为  $\frac{f}{AB} = \frac{d-f}{CD}$  即  $\frac{f}{R_2} = \frac{d-f}{R_1}$  故有  $f = \frac{R_2 d}{R_1 + R_2}$

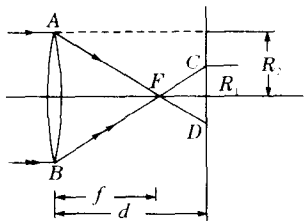


图 3-82

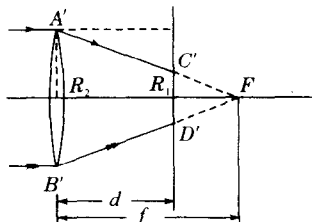


图 3-83

当光屏与透镜间的距离  $d < f$  时, 光路如图 3-83 所示, 此时有  $\triangle FA'B' \sim$

$$\triangle FC'D'. \text{ 故 } \frac{f}{R_2} = \frac{f-d}{R_1}, \text{ 因此 } f = \frac{R_2 d}{R_2 - R_1}.$$

本题有两个解: 当  $d > f$  时,  $f = \frac{R_2 d}{R_1 + R_2}$ ; 而当  $d < f$  时,  $f = \frac{R_2 d}{R_2 - R_1}$ .

### 点评

凡是光斑问题, 要弄清光斑形成的原因. 所成光斑可能是成像前, 也可能是成像后, 因此在讨论时不要出现漏解. 本题中暗环中间亮区是太阳光照射到透镜上被透镜折射到光屏上形成的, 暗环外的亮区是太阳光直接射到光屏上形成的.

**例9** 有一个写着 F 字样的胶片放在教学用的投影仪上, 此时屏幕上刚好形成一个清晰的像, 请在屏幕上画出 F 的像, 如果要得到更大的清晰的像, 应使投影仪\_\_\_\_\_ (填“远离”或“靠近”) 屏幕, 并把透镜向\_\_\_\_\_ (填“上”或“下”) 移动.

**解析** 这道题难度较大, 可这样来分析, 如果不考虑平面镜的话, 投影仪的镜头是一个凸透镜. 胶片通过凸透镜将在凸透镜上方成一倒立放大的实像 (因为  $2f > u > f$ ), 而由于镜头上方有一块平面镜, 它能利用反射改变光线的传播方向. 如果此平面镜与水平方向成  $45^\circ$  角, 将使光线方向改变  $90^\circ$ , 所以这时我们可把凸透镜上方成的实像向下旋转  $90^\circ$ , 则可得到屏幕上的像, 光路图如图 3-84 所示. 由于投影仪是利用凸透镜在  $2f > u > f$  时, 能成倒立放大的实像原理工作的, 要得到更大清晰的像.

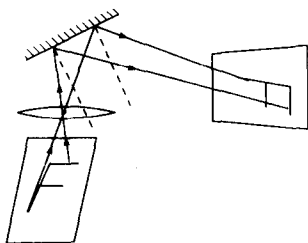


图 3-84

物距  $u$  应减小, 像距  $v$  要增大, 应将投影仪远离屏幕, 而把透镜向下移动, 所以本题答案是: 远离, 下, F 的像可见图 3-84 所示.

### 点评

考虑光学元件组问题, 应根据各元件对光的作用性质逐一进行分析.

## 巩固练习

### 一、选择题

- 一物体放在凸透镜的主轴上距透镜光心 1 倍焦距处, 物体沿主轴移动到 4 倍焦距处, 则物体和它所成的像之间的距离 ( )  
A. 一直是变大的  
B. 一直是减小的

- C. 先变小后变大                                  D. 先变大后变小
2. 凸透镜正对着太阳光, 在离透镜 10cm 处的光屏上得到一个亮点, 那么物体位于该透镜前 30cm 处时, 在透镜的另一侧可以得到 (     )
- A. 倒立放大的实像                                  B. 倒立缩小的实像  
C. 正立放大的虚像                                  D. 正立放大的实像
3. 凸透镜所成实像一定是 (     )
- A. 像比物大    B. 像比物小  
C. 像与物位于凸透镜两侧                          D. 像总是正立的
4. 凸透镜前 25cm 处的物体沿主轴靠近透镜时, 其所成的倒立、放大的实像将 (     )
- A. 由实变虚    B. 由虚变实  
C. 由大变小    D. 不发生变化
5. 在研究凸透镜成像的实验中, 点燃蜡烛后, 无论怎样移动光屏, 在光屏上都不能形成烛焰的像, 其原因可能是 (     )
- A. 蜡烛放在了凸透镜的 2 倍焦距以外  
B. 蜡烛放在了凸透镜的 2 倍焦距处  
C. 蜡烛放在了凸透镜的焦距以外  
D. 蜡烛放在了凸透镜的焦距以内
6. 有四种不同的焦距的凸透镜, 如果要使在距凸透镜 15cm 的物体在光屏上得到放大的像, 那么凸透镜的焦距应为 (     )
- A. 5cm    B. 10cm    C. 15cm    D. 30cm
7. 一滴水滴在水平放着的塑料贺卡的字上, 人看到水滴下面的字是 (     )
- A. 等大的实像    B. 等大的虚像  
C. 缩小的实像    D. 放大的虚像
8. 在凸透镜成像中, 放大实像和缩小实像的转换点在 (     )
- A. 焦点处    B. 一半焦距处    C. 2 倍焦距处    D. 无法确定
9. 已知凸透镜的焦距为 10 厘米, 若将烛焰从距凸透镜 30 厘米处沿主轴移到 15 厘米处, 那么像的大小将 (     )
- A. 变大    B. 变小    C. 不变    D. 先变大再变小
10. 下列光学仪器中, 哪一个成的实像比物体大? (     )
- A. 放大镜    B. 照相机    C. 潜望镜    D. 幻灯机
11. 幻灯片和幻灯机镜头之间的距离可以在 15cm-30cm 之间变动, 为了能在屏上得到清晰的较大的像, 应选用下列何种焦距的镜头 (     )
- A. 5cm    B. 10cm    C. 15cm    D. 30cm



12. 测绘人员绘制地图时,常常需要在飞机上对地面照相,称之为“航空摄影”,若使用的相机的镜头的焦距为 50mm 时,则底片和镜头的距离为 ( )
- A. 100mm 以外                      B. 恰好 50mm  
C. 50mm 以内                        D. 略大于 50mm

## 二、填空题

1. 某同学在做凸透镜成像实验时,先将凸透镜正对太阳光,在透镜的另一侧移动光屏,在距透镜 10 厘米时屏上呈现出最小最高的一点,然后开始在光具座上做实验:

(1) 为了研究凸透镜的成像规律,先将蜡烛、\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 依次放到光具座上,然后调节它们的高度,使它们的中心与烛焰的中心大致在 \_\_\_\_\_,这是为了使像 \_\_\_\_\_.

(2) 实验用的凸透镜焦距约是 \_\_\_\_\_ 厘米.

(3) 当烛焰离凸透镜 30 厘米时,光屏应在透镜另一侧距透镜 \_\_\_\_\_ 移动,光屏在某一位置上会呈现一个清晰、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 像.

(4) 当烛焰离凸透镜 15 厘米时,光屏应在透镜另一侧距透镜 \_\_\_\_\_ 移动,在某一位置上光屏上会呈现一个清晰 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 像. 当蜡烛逐渐消耗而减小,光屏上烛焰的像将随之 \_\_\_\_\_ (选填“上升”、“下降”).

(5) 当烛焰离凸透镜 5 厘米时,光屏上 \_\_\_\_\_,但透过透镜能看到一个 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 像.

2. 当物距为 20cm 时,物体通过凸透镜能成倒立、放大的像,当物距为 30cm 时,物体通过凸透镜仍能成倒立放大的像,则凸透镜的焦距应大于 \_\_\_\_\_ cm,小于 \_\_\_\_\_ cm.

3. 从圆形鱼缸的侧面看鱼缸里的鱼,要比从水面上斜着看去大,这是因为圆形鱼缸的侧面相当于一个 \_\_\_\_\_;从鱼缸侧面看到的鱼是鱼的 \_\_\_\_\_ 像,从水面上斜着看到的鱼是鱼的 \_\_\_\_\_ 像.

## 三、简答题

- 有些居民住宅的房门上装有“猫眼”,这是一个小圆玻璃片,室内的人眼睛贴近“猫眼”,可以看清楚室外人的缩小的像,而从室外却不能清楚地看到室内人和物,做“猫眼”用的玻璃片实际上是什么?
- 某同学做“研究凸透镜成像”的实验时,安装好蜡烛、凸透镜和光屏,点燃蜡烛,移动光屏,只能在光屏的边缘上看到一个残缺的像. 为什么会这种现象? 要在光屏上得到烛焰的完整的像,应采取什么措施?

## 四、作图题

1. 在图 3-85 中,光线  $b$ 、 $d$  在一条直线上,光  $a$ 、 $b$  平行,焦点在  $c$  上,试在方框中



画出透镜,并确定焦点位置.

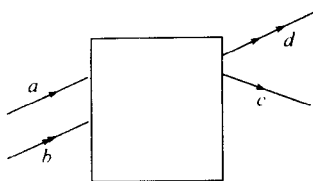


图 3-85

2. 图 3-86 中是蜡烛经凸透镜在光屏上成像的实验,画出给出的两条光线的折射线.

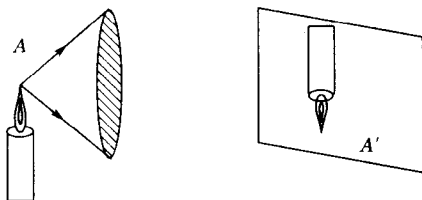


图 3-86

3. 在图 3-87 中的方框内填适当透镜.

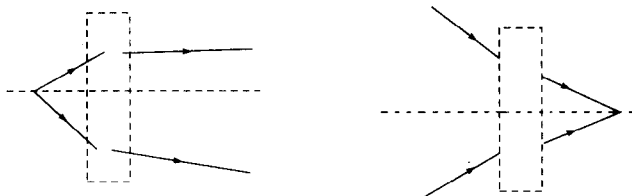


图 3-87

4. 图 3-88 所示,有一光线发生偏折,使其发生偏折的光学器具是什么? 作出光路图.

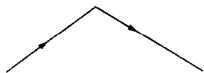


图 3-88

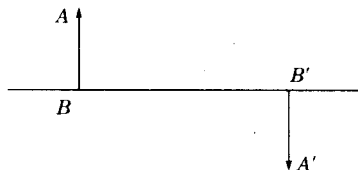


图 3-89

5. 在图 3-89 中,  $A'B'$  是物体  $AB$  经凸透镜所成的像, 横线为主轴, 请在图中标明凸透镜及焦点的大致位置.

## 第四节 眼睛和眼镜

### 重点精讲

#### (一) 眼睛

##### 了解眼睛

人的眼睛近似球体,位于眼眶内,正常成人其前后径平均为 24 毫米,垂直径平均为 23 毫米,最前端突出于眶外 12—14 毫米,受眼睑的保护.眼球包括眼球壁、眼内腔和内容物、神经、血管等组织.

眼球好比一个照相机,晶状体和角膜相当于一个变焦距的凸透镜,当看远处物体时睫状肌放松晶状体变薄,焦距变大,对光的偏折能力变小;当看近物时,睫状肌收缩,晶状体变厚,焦距变小,对光的偏折能力变大.

##### 近视眼

近视眼是因为晶状体太厚,折光能力太强;或者是眼球在前后方向上太长,因此来自远处某点的光会聚在视网膜前面,到达视网膜时是一个模糊的光斑,因而看不清远处的物体,矫正时在眼睛前面放一个凹透镜,就能使远方物体上的光会聚于视网膜上.

#### (二) 眼镜

##### 远视眼

远视眼是因为晶状体太薄,折光能力太弱;或者是眼球在前后方向上太短,因此来自远处某点的光还没有会聚于一点就到达视网膜上了,在视网膜上形成一个模糊的光斑,矫正时在眼睛前面放一个凸透镜,补充眼球的折光能力,使来自近处物体的光会聚在视网膜上.

##### 透镜焦距的倒数叫透镜焦度

视角:从物体的两端向眼的光心所引的两条直线所夹的角,就是视角.

同一个物体离得近时视角大,成在视网膜上的像也大,离得远时视角小,成在视网膜上的像也小,人感觉物体也小,要使两个物体被眼睛区分开,必须使这两个物体对眼睛所张的视角大于某一数值,正常眼的这一数值约为  $1'$ .如人在看书时,两个物体相距 0.1 毫米,对眼睛所张的视角就是  $1'$ .



## 范例精解

**例1** 近视镜的镜片为什么要用凹透镜？解释该原因。

**解析** 眼睛能看到物体，从物理学上讲与凸透镜成像的原理一样。

近视眼的视网膜到晶状体的距离过远，或者晶状体比正常眼睛凸一些，从无限远射来的平行光不能会聚在视网膜上，而会聚在视网膜前，如图 3-90 所示，所以近视眼的远点不在无限远处，不能看清远处的物体，只能看清一定距离内的物体。近点也比正常眼的近。

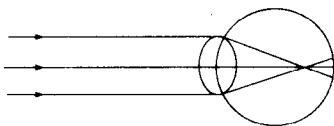


图 3-90

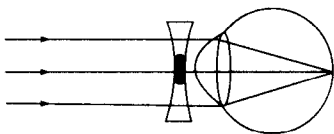


图 3-91

为了矫正近视眼，使它能像正常眼睛一样把无限远处射来的平行光线会聚在视网膜上，应该用凹透镜做眼镜镜片，使入射的平行光先经凹透镜变得发散些，再进入眼睛，会聚点后移到视网膜上了，如图 3-91 所示。

**点评** 与以上讨论相反，远视眼的情况是近视眼的相反情况，因此老花镜的镜片需要用凸透镜制作（请同学们画光路图说明原理）。

**例2** 我们看周围的景物时，总感觉到物体越远越小，越近越大，其原因是什么？

**解析** 眼睛中的晶状体相当于凸透镜，其焦距受睫状肌挤压而改变，晶状体扁平时焦距大，凸起时焦距小。一般看见的景物均在眼睛的 2 倍焦距以外，经晶状体折射后在视网膜上形成倒立、缩小的实像。由凸透镜成像规律可知， $u > 2f$  时，物距越小像越大，所以人们看见放在近处的东西比放在远处的同样的物体大些。

**点评** 患近视眼的眼睛晶状体凸起，焦距短，远处物体发出的光经晶状体折射后成像于视网膜之前，视网膜不能呈现清晰像；只有加凹透镜矫正后才能在视网膜上成像。



## 巩固练习

### 一、选择题

- 关于眼睛的近点和明视距离,下列说法正确的是 ( )
  - 正常眼睛的明视距离大约是 25cm,近点大约是 10cm 处
  - 正常眼睛的明视距离大约是 25cm,近点大约是 20cm 处
  - 远视眼睛的明视距离小于 20cm,近点小于 15cm 处
  - 远视眼睛的明视距离大于 25cm,近点大于 20cm 处
- 下列关于远视眼的说法正确的是 ( )
  - 人患远视眼的主要原因是因为长期看远处的物体造成的
  - 患远视眼的人无法看清近处的任何物体
  - 远视眼应用凸透镜来矫正
  - 远视眼的睫状体一直处于收缩状态
- 下列有关近视眼与正常眼的说法正确的是 ( )
  - 近视眼只能看清近处的物体,看不清远处的物体,是因为远处的物体无法在眼中成像
  - 近视眼的晶状体较薄,折光能力弱,会将来自远处某点的光会聚在视网膜后
  - 近视眼需配以凹透镜进行矫正,因为凹透镜能使光线发散
  - 以上说法均不正确

### 二、填空题

- 眼睛是靠调节\_\_\_\_\_的平凸程度来改变焦距而获得清晰的像。
- 眼睛和照相机不同的是眼睛通过睫状体来改变\_\_\_\_\_,从而使我们能看清不同位置的物体。
- 患远视眼的人,晶状体比正常人的要\_\_\_\_\_,折射能力\_\_\_\_\_,或者眼球在前后方向上太\_\_\_\_\_,因此来自远处某点的光会聚在视网膜\_\_\_\_\_(填前或后)。
- 当人眼所看物体较远时,睫状体\_\_\_\_\_,晶状体变\_\_\_\_\_,当人眼看近处物体时,睫状体\_\_\_\_\_,晶状体变\_\_\_\_\_,对光的偏折能力变\_\_\_\_\_(填大或小)

## 第五节 显微镜和望远镜

### 重点精讲

#### (一) 显微镜的放大原理

显微镜的镜筒两端各有一个凸透镜,靠近眼睛的凸透镜叫目镜,靠近被观察物体的凸透镜叫物镜.物镜的焦距比较短,目镜的焦距比较长.载物台下还有一个凹面镜作为反光镜,是为了会聚光线,照亮载物台上的物体.载物台上的物体在物镜的焦距以外(即  $f < u < 2f$ ),使物体第一次经过物镜成一个放大的实像,成在目镜的焦点以内,又第二次经过目镜成放大的虚像.经过两次放大,提高了放大倍数,使原来看不清楚的物体能够看清楚了.

显微镜成像的光路如图 3-92 所示.观察时,将小物体  $AB$  放在物镜焦距以外附近处,经物镜生成放大倒立的实像  $A'B'$ ,该实像恰在目镜焦距以内附近处,再经目镜放大后,在明视距离  $d$  处成正立虚像  $A''B''$ .

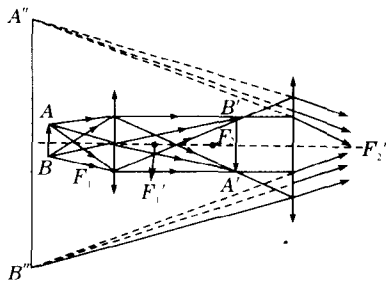


图 3-92

人眼只能看清大小为 0.1 毫米左右的细节,而光学显微镜能放大 11—155 倍,所以可以使人们看清万分之一毫米左右的细微结构.但是要观察更细微的物体,则应采用电子显微镜.

#### (二) 望远镜的放大作用

望远镜是观察远方大物体所用的一种光学仪器.

望远镜因构造的不同,有如下几种.用透镜构成的望远镜由两组透镜组成,一为物镜,一为目镜.物镜的焦距较长,目镜的焦距较短,且物镜的第二焦点与目镜的第一焦点重合.开普勒望远镜的目镜和物镜是凸透镜(如图 3-93 所示);伽利略

望远镜的物镜是凸透镜,目镜是凹透镜(如图 3-94 所示).另外,还有反射式望远镜,它的物镜是口径很大的凸透镜.

望远镜的成像原理由图所示.

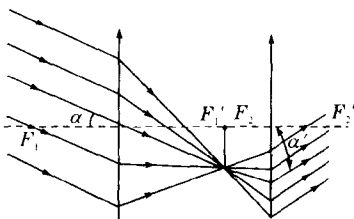


图 3-93

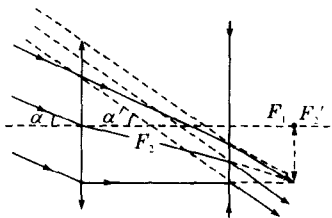


图 3-94

一些难以用光学望远镜观察的天体,可以用射电望远镜(如图 3-95 所示),它可以接收到来自宇宙的无线电波.

## 范例精解

例1) 显微镜能对微小的物体进行高倍放大,它利用两个焦距不同的凸透镜分别作为物镜和目镜被观察物体所成的像是 ( )

- A. 物镜成倒立、放大的实像
- B. 物镜和目镜都成实像
- C. 物镜和目镜都成虚像
- D. 目镜成正立、放大的虚像

解析 显微镜的镜筒两端各有一个凸透镜,靠近眼睛的凸透镜叫目镜,靠近被观察物的凸透镜叫物镜,物体通过物镜成放大的实像,再通过目镜成放大的虚像,所以 A、D 均正确.

### 点评

显微镜通过物镜和目镜的两次放大,大大提高了放大倍数.利用显微镜能看清细菌.显微镜的放大倍数是一定的,当调节物距且物距减小时,所成的实像将增大,放大倍数增大;在目镜中,物距减小,所成的虚像放大倍数减少,相对目镜距离减小,而总放大倍数不变,即所成虚像的大小始终一定,当所成的像距离目镜越近,视角就大,看起来就清楚.

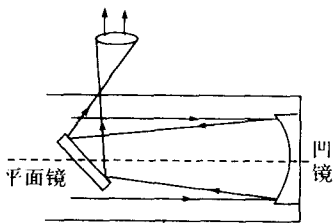


图 3-95



## 巩固练习

- 下面关于显微镜的说法正确的是 ( )
  - 显微镜镜筒的两端各有一组透镜,一组靠近眼睛,叫目镜;另一组靠近物体,叫物镜
  - 显微镜镜筒的两端各有一组透镜,一组靠近眼睛,叫物镜;另一组靠近物体,叫目镜
  - 显微镜的物镜成像相当于投影仪的镜头成像,目镜则相当于一个放大镜
  - 显微镜的物镜成像相当于一个照相机的镜头成像,目镜则相当于一个放大镜
- 下列关于望远镜的说法中,正确的是 ( )
  - 望远镜镜筒的两端各有一组透镜,一组靠近眼睛,叫目镜,另一组靠近物体,叫物镜
  - 望远镜镜筒的两端各有一组透镜,一组靠近眼睛,叫物镜;另一组靠近物体,叫目镜
  - 望远镜的物镜成像相当于一个照相机的镜头成像,目镜则相当于一个放大镜
  - 望远镜的物镜成像相当于投影仪的镜头成像,目镜则相当于一个放大镜
- 从显微镜的结构的光路图可以看出 ( )
  - 目镜的焦距比较长,物镜的焦距比较短
  - 目镜的焦距比较短,物镜的焦距比较长
  - 目镜和物镜的焦距一样长
  - 对目镜和物镜焦距的长度没有明确的要求
- 从望远镜的光路图可以看出 ( )
  - 目镜的焦距比较长,物镜的焦距比较短
  - 目镜的焦距比较短,物镜的焦距比较长
  - 目镜和物镜的焦距一样长
  - 对目镜和物镜焦距的长度没有明确的要求
- 下列关于显微镜和望远镜的说法正确的是 ( )
  - 天文望远镜能看见遥远的星体,是因为星体上的光线通过望远镜后所成的像比星体本身大得多
  - 显微镜可以将来自物体的光线经过两次放大后成一个倒立、放大的实像
  - 望远镜可以用一组凸透镜和一组凹透镜组合而成
  - 显微镜可以用一组凸透镜和一组凹透镜组合而成
- 显微镜下方常用一小镜来做反射镜,这一小镜是 ( )



A. 凸透镜

B. 凹面镜

C. 三棱镜

D. 凸面镜

## 光学“黑盒子”问题

### 重点精讲

黑盒子问题是难度较大,综合性较强的填空题.解决这类问题,要明确以下三点:

1. 根据光线在盒中是反射还是折射,判断其中的光学组件是面镜还是透镜.
2. 入射光线与反射光线或折射光线的交点,就是面镜或透镜所在的位置.
3. 根据面镜或透镜对光线的作用判断面镜或透镜的种类.在初中阶段,只求平面镜、凸透镜和凹透镜三种,平面镜只改变光路,凸透镜使光会聚,凹透镜使光发散.

### 范例精解

例1 在图 3-96 中的虚线框内的适当位置,填入符号要求的面镜或透镜.

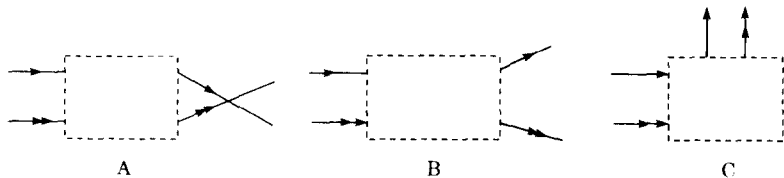


图 3-96

**解析** A、B、C 三图中的入射光相同,均为平行光,图 A 中的出射光为会聚光,图 B 中的出射光为发散光,图 C 中的出射光仍为平行光,进行分析后可知,图 A 中的光线经过黑盒子后会聚,黑盒子内应装有凸透镜;图 B 中的光线经黑盒子后发散,黑盒子内应装有凹透镜.图 C 中的光线经过黑盒子后平行光线改变了方向,黑盒子内应当装有平面镜.

延长各光线,它们的交点为入射点,也为出射点.入射点或出射点都在面镜或透镜上,由此可确定面镜或透镜所在位置.也可从光线的情况分析光学仪器的摆法.图 A、B 中光线是上、下对称的,可以判定图中的透镜应当直立放置.因为图 C 中的出射光线改变了方向,所以可知图 C 中的平面镜是斜向放置的.答案:如图 3-97 所示.

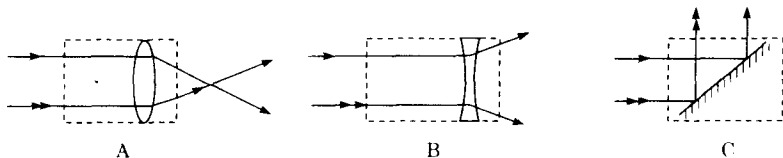


图 3-97

例2) 在下列各图中填入适当的光学组件。

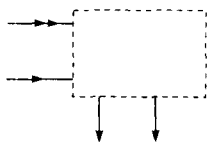


图 3-103

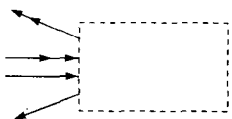


图 3-104

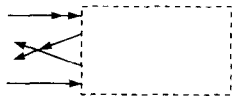


图 3-105



图 3-106

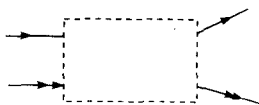


图 3-107

解析 图 3-103、图 3-104、图 3-105 光线没有穿过光学器件,则应填面镜,而图 3-106、图 3-107 中的光线穿过光学器件,则应填透镜。

图 3-103 中,由于两条光线是平行入射,两条出射光线仍然平行,具有这种反射性质的只有平面镜,所以可延长两入射光线和出射光线分别交于一点,然后再过这两点作平面镜,即为平面镜的正确位置。答案见图 3-108。

图 3-104 中,由于两条入射光线并没有穿过光学器件,应填面镜。而对光线有发散作用的面镜是凸面镜。答案见图 3-109。

图 3-105 中,由于两条入射光线并没有穿过光学器件,应填面镜。而对光线有会聚作用的面镜是凹面镜。答案见图 3-110。

图 3-106 中,由于两条入射光线均穿过光学组件,应填透镜,而对光有会聚作用的是凸透镜。答案见图 3-111。

图 3-107 中,由于两条入射光线均穿过光学组件,应填透镜,而对光有发散作用的是凹透镜。答案见图 3-112。

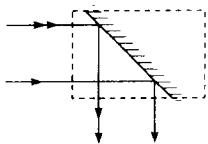


图 3-108

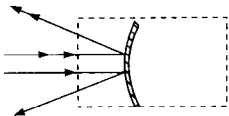


图 3-109

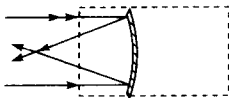


图 3-110

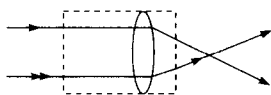


图 3-111

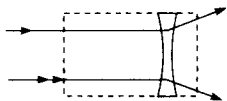


图 3-112

**点评**

光学黑盒子是一类给出了光传播方向,要求填出光学器件的题目.解题时,首先判断是面镜还是透镜.初中常用光学器件有平面镜、凸面镜、凹面镜、凸透镜、凹透镜五种.前三种属于面镜,后二种属于透镜.若题目中光线没有穿过光学组件,则应填面镜;若光线穿过光学组件,应填透镜.若已判断填面镜,则应根据三种面镜的光学性质结合题给的条件确定是哪种面镜.若判断应填透镜,根据透镜的性质结合题给条件确定是哪种透镜

## 第三章测试题

### 一、选择题

- 站在池边往水中看,可以看到水面上漂着的木块,水下的游鱼,池边的树木,天空的白云,那么,由光的折射而成的像是 ( )
  - 木块
  - 游鱼
  - 树木
  - 白云
- 若一物体从距凸透镜 3 倍焦距的地方,沿主光轴移到 1.5 倍焦距的地方,则 ( )
  - 像距变小,像变小
  - 像距不变,像不变
  - 像距变大,像变大
  - 像距变大,像不变
- 若有一物体从距离凸透镜 6 倍焦距的地方,沿主轴移到距离凸透镜 3 倍焦距的地方,则 ( )
  - 像距变大,像变大
  - 像距变大,像变小
  - 像距变小,像变大
  - 像距变小,像变小

4. 一个物体到凸透镜的距离是 30cm 时, 在光屏上得到一个放大的实像, 若把物体沿凸透镜的主轴移到距凸透镜 45cm 处, 则成像的情况是 ( )
- A. 放大的实像                      B. 缩小的实像  
C. 等大的实像                      D. 上述三种情况都有可能
5. 物体放在凸透镜前, 在离透镜 16 厘米的光屏上成物体放大的像, 所使用的凸透镜的焦距可能是下列的哪一个? ( )
- A. 4 厘米                      B. 8 厘米                      C. 12 厘米                      D. 18 厘米
6. 对物体成像的说法正确的是 ( )
- A. 实像或虚像都可能放大、等大、缩小  
B. 实像或虚像都可能正立或倒立  
C. 实像是看得见的, 虚像是看不见的  
D. 实像是光的折射形成的, 虚像是光的反射形成的
7. 患近视眼的人, 他眼睛的近点和远点与正常人眼睛相比 ( )
- A. 近点比正常眼近, 远点比正常眼远  
B. 近点比正常眼远, 远点比正常眼近  
C. 近点和远点都比正常眼近  
D. 近点和远点都比正常眼远
8. 一人站在竖直放置的平面镜前 4m 处, 他以 0.5m/s 的速度匀速走向镜面, 经过 2s, 则人相对于自己虚像的速度和人与虚像间的距离分别是 ( )
- A. 1m/s, 0.4m                      B. 0.25m/s, 5m  
C. 1m/s, 6m                      D. 2m/s, 8m
9. 用镜头焦距一定的照相机时, 要得到清晰的像, 下面说法正确的是 ( )
- A. 拍摄较近的景物时, 照相机的镜头往后缩, 所以景物的像大了一些  
B. 拍摄较近的景物时, 照相机的镜头往前伸, 所以景物的像大了一些  
C. 拍摄较远的景物时, 照相机的镜头往后缩, 所以景物的像大了一些  
D. 拍摄较远的景物时, 照相机的镜头往后缩, 所以景物的像小了一些

## 二、填空题

1. 若表中透镜为凸透镜, 请填充以下表格:

| 物体到透镜的距离 $u$ | 像的大小 | 像的正倒 | 像的虚实 | 像到透镜的距离 $v$ | 应用实例 |
|--------------|------|------|------|-------------|------|
| $u > 2f$     |      |      |      |             |      |
| $2f > u > f$ |      |      |      |             |      |
| $u < f$      |      |      |      |             |      |
| $u = 2f$     |      |      |      |             |      |
| $u = f$      |      |      |      |             |      |

2. 眼睛能看清的最远的地方叫做\_\_\_\_\_点,最近的地方叫做\_\_\_\_\_点,眼睛的明视距离是\_\_\_\_\_厘米.
3. 有  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$  三块凸透镜,在做研究凸透镜成像的实验时,保持烛焰到凸透镜的位置不变,先用凸透镜  $M_1$  做实验时,得到的是正立、放大的虚像,换用  $M_2$  做实验时,得到的是倒立、放大的实像,而换成  $M_3$  做实验时,得到的是倒立、缩小的实像,那么三块凸透镜的焦距大小的排列顺序是\_\_\_\_\_.
4. 生活中梳妆台上的大镜子是\_\_\_\_\_镜,观察细小东西用的放大镜是\_\_\_\_\_镜,道路拐弯处立的是\_\_\_\_\_镜.

(1997 年全国物理知识竞赛)

#### 四、作图题

1. 图 3-113 中  $AB$  为一薄凸透镜,  $OO'$  为其主光轴,带箭头的光线为点光源  $S$  发出的光线中的一条,试用作图法在图中确定  $AB$  左方焦点的位置.

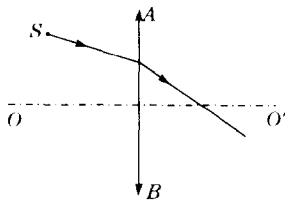


图 3-113

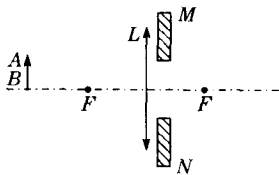


图 3-114

2. 如图 3-114 所示的装置中,  $AB$  为物,  $L$  为凸透镜,  $F$  为透镜的焦点,  $MN$  为不透明的障碍物.
- (1) 是否能用作图法求物  $AB$  的像的位置和大小?
- (2) 若能的话,请说明为什么;若不能的话,也说明为什么.
3. 如图 3-115 所示,凸透镜  $L$  的主光轴为  $MN$ ,  $F_1$  和  $F_2$  是它的两个焦点,  $S$  为一点光源,  $P$  为透镜另一侧的一点.用作图法画出由  $S$  发出的通过  $P$  点的那条光线的光路.

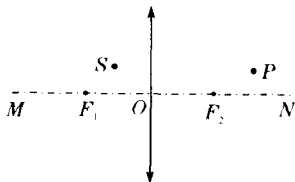


图 3-115

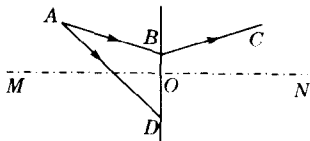


图 3-116

4. 如图 3-116 所示,  $O$  为透镜的光心,  $MN$  为主光轴.  $AB$  和  $AD$  是由点光源  $A$  发出的两条光线,  $BC$  为  $AB$  的透射光线, 由作图法求出透镜焦点, 标明透镜种类, 画出光线  $AD$  的透射光线.
5. 如图 3-117 所示,  $AB$ 、 $CD$  是同一物点发出的光经透镜后的折射光线, 用作图法求它们的人射光线并确定透镜的种类

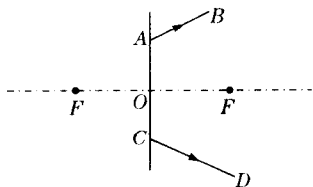


图 3-117

# 第四章 物态变化

## 第一节 温度计

### 重点精讲

#### (一) 温度、温标

##### 1 温度

从宏观上讲,温度表示物体的冷热程度的物理量.物质是由大量分子组成,组成物质的分子在作永不停息的无规则运动.分子运动的快慢与温度有关,温度越高,分子无规则运动越快.从微观上说:温度是分子平均动能的标志.温度标志着物体内部大量分子无规则运动的剧烈程度.

温度计在温标未确定之前,刻度的分法完全是任意的.直到温度计配上温标后,才成为一种全乎科学的具有实用意义的仪器.

##### 2 温标

温度数值表示法叫温标,它是温度的标尺.常用的温标有摄氏温标、热力学温标(绝对温标)、华氏温标,其规定如下:

###### (1) 摄氏温标

用  $t$  表示. 它的温度为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ ). 冰、水二态共存为摄氏零度(表示为  $0^{\circ}\text{C}$ ). 在一个标准大气压下, 水沸腾时为  $100^{\circ}\text{C}$ . 在两个温度之间 100 等分, 每等分为 1 摄氏度.

###### (2) 热力学温标(绝对温标)

用  $T$  表示. 它的单位为开尔文(K), 简称开. 冰、水二态共存为热力学温度的 273 开尔文, 以一个标准大气压下水沸腾时为 373 开尔文. 在两个温度之间 100 等分, 每等分为 1 开尔文. 绝对温标的零度也叫绝对零度. 在国际单位中用热力学温标.

绝对温标每度间隔与摄氏温标每度间隔相同;  $\Delta T = \Delta t$

###### (3) 华氏温标

用  $t_{\text{F}}$  表示. 单位为华氏度( $^{\circ}\text{F}$ ). 它是以一标准大气压下的冰、水混合物的温度为 32 度, 一标准大气压下沸水的温度定为 212 度, 两点之间等分 180 格, 每格为华氏一度.

(4)各温标之间的换算关系:

$$t_{\text{F}}(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5} t(^{\circ}\text{C}) + 32 \quad T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273\text{K}$$

## (二)温度计

### 温度计

测量温度的仪器.

### 温度计的制造原理

常用温度计是利用液体的热胀冷缩的性质制成的.

热胀冷缩的含义:水银、酒精、煤油等液体有一个重要性质,它们受热(温度升高)时,体积膨胀、冷却(温度降低)时,体积缩小,这就是液体的热胀冷缩.

### 常见的三种温度计

(1)实验用温度计:用在实验室测温度,它的刻度范围一般是 $-20^{\circ}\text{C}$ — $110^{\circ}\text{C}$ ,因为做实验时需要测量的温度变化范围比较大,它的最小刻度为 $1^{\circ}\text{C}$ .

(2)体温计:用作测量体温,它的刻度范围是 $35^{\circ}\text{C}$ — $42^{\circ}\text{C}$ ,因为人的体温变化就在 $35^{\circ}\text{C}$ — $42^{\circ}\text{C}$ 之间,低于 $35^{\circ}\text{C}$ 和高于 $42^{\circ}\text{C}$ ,人已无法存活.它的最小刻度是 $0.1^{\circ}\text{C}$ .

(3)寒暑表:用来测气温,它的刻度范围是 $-30^{\circ}\text{C}$ — $50^{\circ}\text{C}$ .因为我国大部分地区冬天室外温度不低於 $-30^{\circ}\text{C}$ ,夏天不高于 $50^{\circ}\text{C}$ .它的最小刻度为 $1^{\circ}\text{C}$ .

### 温度计的基本构造

(1)常用温度计:玻璃外壳、玻璃泡、液体(水银、酒精、煤油等液体)、毛细管、刻度及单位符号.

(2)体温计:它的玻璃泡容积更大,玻璃管内径更细,对于微小的体温变化能显示出较长的水银柱变化,因此测量结果更准确.

体温计盛水银的玻璃泡上方有一段做得非常细的缩口,测体温时水银膨胀能通过缩口升到上面玻璃管里,读体温计时体温计离开人体,水银变冷收缩,水银柱来不及退回玻璃泡,就在缩口处断开,仍指示原来的温度,所以体温表可以离开人体读数,而普通温度计则不能离开被测物体读数,要使体温计中已经升上去的水银再回到玻璃泡里,可以拿着体温计用力向下甩.

### 液体温度计的使用方法

- (1)根据待测温度选用量程适当的温度计
- (2)所测温度不能超过量程
- (3)测水温时,玻璃泡不能与容器壁、底接触



- (4)待温度计内液柱稳定时再读数  
(5)除人体温度计外,其他液体温度计不能用.



## 范例精解

例1 关于温度的概念,下列说法正确的是 ( )

- A. 物体的冷热叫温度  
B. 物体热,说明物体的温度高  
C. 温度是表示物体冷热程度的物理量  
D. 物体冷,说明物体的温度低

解析 温度是表示物体冷热程度的物理量,物体冷或热所达到的程度用温度来表示,它是一个状态量,所谓冷或热,都是相对而言的,物体冷说明温度低、物体热说明物体温度高的说法都不确切.例如:冷水比热水温度低,可冷水却比冰块温度高.因此,只有C是正确的.

点评 为了正确地描述冷、温、热、烫所达到的程度,必须准确地测出物体的温度.冷、热的说法是相对的,而温度是准确的.

拓展一 南极的最低气温可达 $-90^{\circ}\text{C}$ ,科考队员要测量南极的气温,应选用什么温度计?

解析 由于体温计的量程是 $35\sim 42^{\circ}\text{C}$ ,测气温不能用体温计;煤油温度计的量程大约是 $-20\sim 100^{\circ}\text{C}$ ,也不能用煤油温度计;水银的凝固点只有 $-38.8^{\circ}\text{C}$ ,当气温达到 $-90^{\circ}\text{C}$ 时,水银早已凝固了,因此更不能选用水银温度计.酒精的沸点是 $78.5^{\circ}\text{C}$ ,凝固点是 $-117^{\circ}\text{C}$ ,酒精温度计比较适合测低温,而南极的最低气温可达 $-90^{\circ}\text{C}$ ,正好在酒精温度计的测量范围之内,所以,可选用酒精温度计.

答案 C

点评 由于水银的沸点可达到 $357^{\circ}\text{C}$ ,凝固温度为 $-38.8^{\circ}\text{C}$ ,因此,水银温度计比较适合测高温,而酒精的凝固点低,适用于测低温物体.测物体温度时,应该先判断所测温度范围,再根据范围选用温度计.

拓展二 在气温是 $20^{\circ}\text{C}$ 的房间里,用水银温度计测沸水的温度时,当水银面经过 $20^{\circ}\text{C}$ 到 $100^{\circ}\text{C}$ 之间的某一刻度时,温度计的读数表示的是什么温度?

解析 温度计是利用液体的热胀冷缩的性质来测温度的.使用时要让玻璃泡充分和被测物体接触,通过热传递后,使玻璃泡中的液体温度与被测物体的温度

刚好一致时,温度计中的液柱将稳定不动,这时所指示的温度就是被测物体的温度.但由于题中液柱并没有稳定,所以它仅表示此时玻璃泡中水银的温度.

### 点评

用温度计测液体温度时,正确的方法是:(1)温度计的玻璃泡全部浸入被测的液体中,不要碰到容器底或容器壁.(2)温度计玻璃泡浸入被测液体后要稍候一会,待温度计的示数稳定后再读数.(3)读数时玻璃泡要继续留在被测物体中,视线与温度计中液柱的上表面相平.

**拓展三** 两只内径不同、下面玻璃泡内水银量相等的合格的温度计,同时插入一杯热水,过一会儿则会看到 ( )

- A. 两只温度计水银柱上升的高度相同,示数相同
- B. 内径细的温度计水银柱升得较高,示数较大
- C. 内径粗的温度计水银柱升得较高,示数较大
- D. 内径粗的温度计水银柱升得较低,两只温度计示数相同

(1998年全国物理竞赛)

**解析** 两支温度计插入同一杯热水中,温度计玻璃泡中的水银都会受热膨胀,由于两支温度计玻璃泡中的水银量又相等,但玻璃管内径的粗细却不同.因此,细玻璃管中的水银柱较之粗玻璃管中的水银柱要上升得高一些.又由于它们插入同一杯热水中,先后的温度变化是相等的.根据温度计的分度原则可知,虽然两支温度计中水银柱上升的高度不一样,但是它们的示数应相等.

**答案** D

### 点评

本题关键是分清温度计的分度原则:从冰水混合物到沸水之间等分 100 等份.所以这两支温度计只不过是每一等份的间隔不一样罢了.

**例2** 小明有一只温度计,虽然它的玻璃管的内径和刻度都是均匀的,标度却不准确.它在冰水中的读数是  $-0.7^{\circ}\text{C}$ ,在沸水中的读数是  $102.3^{\circ}\text{C}$ .

- (1) 当它指示的气温是  $-6^{\circ}\text{C}$  时,实际的温度是多少?
- (2) 它在什么温度附近误差很小,可以当作刻度正确的温度计使用?

(1997 全国物理竞赛)

**解析** (1) 设温度计的读数为  $t$  时,实际温度为  $t'$ . 由于  $t$  由  $0^{\circ}\rightarrow 100^{\circ}\text{C}$  时,温度计的读数由  $-0.7^{\circ}\rightarrow 102.3^{\circ}$ , 变化范围为  $103^{\circ}$ , 实际温度变化  $1^{\circ}\text{C}$  时,温度计变化  $1.03^{\circ}$ , 所以实际温度与温度计关系为:  $t' = (t \times 1.03) - 0.7^{\circ}$ , 或  $t' = 0.97t + 0.68^{\circ}$ . 当  $t = -6^{\circ}$  时, 有  $t' = -5.1^{\circ}$ .

- (2) 当温度计的读数恰等于实际温度时有  $t = t'$ ,

$$\text{则 } t - 0.97t = 0.68^{\circ}\text{C} \therefore t = 22.7^{\circ}\text{C}.$$

### 点评

从温度的定义以及温度计的刻度去分析,找准测试温度与标准温度的对应关系,是解决本题的关键.

**拓展一** 一支未刻刻度的水银温度计,当玻璃泡浸在冰水混合物中时,水银柱的长度为 4cm;当玻璃泡浸在 1 标准大气压下的沸水中时,水银柱的长度为 24cm.

(1)求当室温为  $22^{\circ}\text{C}$  时,水银柱的长度为多少厘米?

(2)用这支温度计测某液体温度时,水银柱长度为 25.4cm,则该液体的温度是多少?

**解析** 根据摄氏温标的规定,我们可以利用题中的条件算出每 1 摄氏度所对应的水银柱的长度,或单位长度的水银柱所对应的温度,然后解决题中问题.



**解法一** 当温度为  $0^{\circ}\text{C}$  时水银柱长 4cm;当温度为  $100^{\circ}\text{C}$  时水银柱长 24cm,

那么每  $1^{\circ}\text{C}$  所对应的水银柱长度为:  $\frac{(24-4)\text{cm}}{(100-0)^{\circ}\text{C}} = 0.2\text{cm}/^{\circ}\text{C}$  所以温度为  $22^{\circ}\text{C}$  时水银柱长为  $L = 4\text{cm} + 0.2\text{cm}/^{\circ}\text{C} \times 22^{\circ}\text{C} = 8.4\text{cm}$

当水银柱的长度为 25.4cm 时,液体温度为:

$$t = \frac{(25.4-4)\text{cm}}{0.2\text{cm}/^{\circ}\text{C}} = 107^{\circ}\text{C}$$



**解法二** 先求出单位长度所对应的温度为

$$\frac{(100-0)^{\circ}\text{C}}{(24-4)\text{cm}} = 5^{\circ}\text{C}/\text{cm}$$

所以当温度为  $22^{\circ}\text{C}$  时水银柱长应为

$$L = 4\text{cm} + \frac{22^{\circ}\text{C}}{5^{\circ}\text{C}/\text{cm}} = 8.4\text{cm}$$

当水银柱的长度为 25.4cm 时,液体温度

$$t = (25.4-4)\text{cm} \times 5^{\circ}\text{C}/\text{cm} = 107^{\circ}\text{C}$$

以上两种解法没有提出一个基本的公式,是从摄氏温标的规定推理得出的.其实从摄氏温标的规定,我们可以知道水银温度计中水银柱的长度  $L$  和所测温度之间是一个一次函数的关系:  $t = aL + b$

设  $t = 0^{\circ}\text{C}$  时,  $L = L_1$ ;  $t = 100^{\circ}\text{C}$ ,  $L = L_2$ , 则:

$$0 = aL_1 + b \quad 100 = aL_2 + b \text{ 解得:}$$

$$a = \frac{100}{L_2 - L_1} \quad b = \frac{100L_1}{L_2 - L_1}$$

于是水银温度计所表示的温度与水银柱长度的关系可写为:

$$t = \frac{100}{L_s - L_i} L - \frac{100}{L_s - L_i} L_i \text{ 或 } t = \frac{100}{L_s - L_i} (L - L_i)$$

下面我们用这个式子把此例再做一遍:

(1) 当室温  $t_1 = 22^\circ\text{C}$  时, 水银柱长度为  $L_1$ , 则

$$t_1 = \frac{100}{L_s - L_i} (L_1 - L_i)$$

$$L_1 = \frac{L_s - L_i}{100} t_1 + L_i = \frac{24 - 4}{100} \times 22\text{cm} + 4\text{cm} = 8.4\text{cm}$$

(2) 当水银柱长度  $L_2 = 25.4\text{cm}$  时液体的温度为:

$$t_2 = \frac{100}{L_s - L_i} (L_2 - L_i) = \frac{100}{24 - 4} \times (25.4 - 4)^\circ\text{C} = 107^\circ\text{C}$$

### 点评

使用温度计前应观察  $0^\circ\text{C}$  的位置, 每大格、每小格表示多少度及温度计的测温范围。对刻度不准确的温度计, 应先与标准温度计对照, 通过测试任意两个不同温度, 求出其每小格代表多少度, 进行刻度修正后才能使用。

**拓展二** 小红在做实验时发现一支温度计不准确, 把它和标准温度计一同插入水中, 发现当实际温度为  $2^\circ\text{C}$  时它的示数是  $4^\circ\text{C}$ ,  $82^\circ\text{C}$  时为  $80^\circ\text{C}$ , 仔细观察它的刻度是均匀的。

(1) 请以  $X$  表示任意刻度时这支温度计的示数, 以  $Y$  表示这时的实际温度, 导出  $X$  表示  $Y$  的公式;

(2) 这支温度计的示数是  $26^\circ\text{C}$  时, 实际温度是多少?

(3) 在什么温度时, 这支温度计的示数等于实际温度?

(1999 年全国物理知识竞赛复赛)

**解析** 这支温度计从  $4^\circ\text{C}$  到  $80^\circ\text{C}$  之间真实情况应是  $2^\circ\text{C}$  到  $82^\circ\text{C}$ , 因为刻度均匀, 则可从每一小格 ( $1^\circ\text{C}$ ) 的真实值入手, 即可推导出实际温度  $Y$  与示数  $X$  的关系式, 但应注意真实值的起始值为  $2^\circ\text{C}$ , 而只要推导出关系式, 其他问题就迎刃而解。

(1) 设每  $1^\circ\text{C}$  对应一小格, 在温度示数  $4^\circ\text{C}$  与  $80^\circ\text{C}$  之间共有  $76^\circ\text{C}$ , 对应  $76$  小格, 而这  $76$  格对应的实际温度是  $2^\circ\text{C}$  到  $82^\circ\text{C}$ , 则每一小格对应的真实温度是  $(\frac{80}{76})^\circ\text{C}$ 。

温度计的示数为  $X^\circ\text{C}$ , 是对应  $4^\circ\text{C}$  以上的  $(X - 4)$  格, 它对应的温度真实值为  $\frac{80}{76}(X - 4)^\circ\text{C}$ , 考虑到真实值是以  $2^\circ\text{C}$  为起始线, 则  $X$  示数对应的实际温度值为

$Y = 2^\circ\text{C} + \frac{80}{76}(X - 4)^\circ\text{C}$ , 化简得:

$$Y = \left( \frac{20}{19}X - \frac{42}{19} \right) \text{℃}.$$

(2) 当温度计示数为  $26\text{℃}$  时, 令  $X = 26\text{℃}$

$$\text{则 } Y = \left( \frac{20}{19} \times 26 - \frac{42}{19} \right) \text{℃} = 25\text{℃}.$$

故当温度计示数为  $26\text{℃}$  时, 此时的实际温度为  $25\text{℃}$ .

(3) 当温度计示数与实际温度相等时, 令  $X = Y$  得

$$X = \frac{20}{19}X - \frac{42}{19}, \text{解得 } X = 42\text{℃}.$$

所以在温度为  $42\text{℃}$  时, 这支温度计的示数等于实际温度.

### 点评

从温度计每一格去分析, 结合刻度均匀划分的原则, 推导出示数  $X$  与实际值  $Y$  之间的关系式. 从(3)可以看出这支温度计的刻度有一个准确值, 应加以注意.

**例3** 用体温计测得甲的体温为  $37.5\text{℃}$ , 若没有甩, 又用它去依次测量乙和丙的体温, 已知他们实际体温是  $36.9$  和  $38.6$ . 那么, 两次测温后乙和丙应是多少?

**解析** 由于体温计构造特殊, 在玻璃泡的上方有缩口, 当测量甲的体温没有甩, 液柱仍停留在  $37.5\text{℃}$  的位置时, 又去直接测量乙的体温, 而乙的体温比甲低, 可液柱又无法流回玻璃泡一部分, 因此示数仍为  $37.5\text{℃}$ .

当再去直接测量丙的体温时, 由于丙的体温比甲高, 液柱受热膨胀可再次上升, 所以这次的示数应为  $38.6\text{℃}$ .

### 点评

体温计玻璃管内径很细, 管内下端有一极细的缩口, 冷却时管内水银自缩口处断开, 恢复使用前应将管内水银甩回玻璃泡中; 实验室用温度计玻璃管内径较粗, 冷却时液柱会自动收缩回玻璃泡内, 因此不能用来测体温.

**拓展** 在医院的一些医疗操作中常有消毒的过程, 通常消毒的方法是高温消毒, 液体消毒. 现要给体温计消毒, 应采用下列哪种方法 ( )

- A. 在沸水中煮一段时间
- B. 在酒精灯火焰上烧
- C. 用酒精棉球一擦
- D. 用自来水冲洗一下

**解析** 体温计的量程是  $35\text{℃} \sim 42\text{℃}$ , 而高温消毒的温度高于  $42\text{℃}$ , 沸水的温度可达  $100\text{℃}$ , 酒精灯火焰的温度可达数百摄氏度, 都超过了体温计所能测量的

最高温度,所以不能选 A 和 B 的方法给体温计消毒.

自来水可以冲洗掉体温计上的污物,但没有杀菌的功能,也达不到消毒的作用.用酒精棉球擦一擦体温计,即可擦掉体温计上的污物又可以杀掉体温计上的有害细菌,所以选项 C 的方法是可以操作的.

答案 C

**点评** 只要了解体温计的结构,对于它的消毒就不难理解了.

**例4** 一个家用测量气温的温度计,测量范围是  $-30^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ,如果改用热力学温度表示,它的测量范围是多大?

**解析** 热力学温度  $T$  与摄氏温度  $t$ ,二者数值间的关系是  $T = t + 273\text{K}$ .

摄氏温度为  $-30^{\circ}\text{C}$  时的热力学温度为  $T'$

$$T' = t' + 273\text{K} = -30\text{K} + 273\text{K} = 243\text{K}$$

摄氏温度为  $50^{\circ}\text{C}$  时的热力学温度为  $T''$

$$T'' = t'' + 273\text{K} = 50\text{K} + 273\text{K} = 323\text{K}$$

所以,这个温度计的测量范围用热力学温度表示是:  $243\text{K} \sim 323\text{K}$ .

**点评** 了解热力学温度  $T$  与摄氏温度  $t$  的规定,二者的换算关系是:  $T = t + 273\text{K}$ ,  $\Delta T = \Delta t$ . 该类型的题便容易解决了.

**拓展** 在多少摄氏温度下,下列一对温标给出相同的读数:

- (1) 华氏温标 ( $t_{\text{F}}$ ) 和摄氏温标 ( $t$ ).
- (2) 华氏温标 ( $t_{\text{F}}$ ) 和热力学温标 ( $T$ ).
- (3) 摄氏温标 ( $t$ ) 和热力学温标 ( $T$ ).

**解析** 摄氏温标规定:冰、水混合物为  $0^{\circ}\text{C}$ ,一个标准大气压下水沸点为  $100^{\circ}\text{C}$ . 中间 100 等分,每一份为摄氏温度的一个单位  $1^{\circ}\text{C}$ .

华氏温标是这样规定的:把冰水混合物的温度规定为 32 度,把标准大气压下水沸水的温度规定为 212 度,在 32 度和 212 度之间分成 180 等份,每一等份是华氏温度的一个单位,叫做 1 华氏度. 华氏度用符号  $^{\circ}\text{F}$  表示.

热力学温标的规定:冰、水混合物为  $273\text{K}$ ,一个标准大气压下水沸点为  $373\text{K}$ . 中间 100 等分,每一份为热力学温度的一个单位  $1\text{K}$ .

三温标的换算关系如下:

$$t_{\text{F}} = 32 + \frac{9}{5}t \quad T = 273 + t$$

(1) 由题中要求令  $t = t_{\text{F}}$ , 则  $t = 32 + \frac{9}{5}t$ , 解得  $t = -40^{\circ}\text{C}$

即当温度为  $-40^{\circ}\text{C}$  时,摄氏温标和华氏温标给出相同的读数.

$$(2) \text{ 由 } t_{\text{F}} = 32 + \frac{9}{5}t, T = 273 + t, \text{ 得 } T = 273 + (t_{\text{F}} - 32) \times \frac{5}{9}$$

$$\text{由题中要求令 } T = t_{\text{F}}, \text{ 则 } t_{\text{F}} = 273 - (t_{\text{F}} - 32) \times \frac{5}{9}$$

$$\text{解得 } t_{\text{F}} = 574.25^{\circ}\text{F} \quad \text{代入 } t_{\text{F}} = 32 + \frac{9}{5}t$$

$$\text{得 } t = (t_{\text{F}} - 32) \times \frac{5}{9} = (574.25 - 32) \times \frac{5}{9}^{\circ}\text{C} = 301.25^{\circ}\text{C}$$

即当温度为  $301.25^{\circ}\text{C}$  时,华氏温标和热力学温标给出相同的读数.

(3)由题中要求令  $t = T$ , 则  $t = 273 + t$  出现了  $273 = 0$  的不合理现象,就是说不存在摄氏温标和热力学温标读数相同的温度.



## 巩固练习



### 一、选择题

- 某同学使用温度计测量开水的温度时,下列说法正确的是 ( )
  - 选用最大测量值大于  $100^{\circ}\text{C}$  的温度计
  - 用温度计搅动水,使水温均匀后放在宽容器底部
  - 过一会儿,温度计的示数稳定后,便可拿出来读数
  - 读数时,视线与温度计垂直,且与液柱上表面相平
- 一位粗心的护士将两支示数为  $38^{\circ}\text{C}$  的体温计简单消毒后,交给发高烧的患者和伴随患者上医院的家属分别查体温.几分钟后,护士收回体温表,此时体温计上的示数可能为 ( )
  - $39^{\circ}\text{C}$ 、 $38^{\circ}\text{C}$
  - $38^{\circ}\text{C}$ 、 $38^{\circ}\text{C}$
  - $38^{\circ}\text{C}$ 、 $37^{\circ}\text{C}$
  - $37^{\circ}\text{C}$ 、 $37^{\circ}\text{C}$
- 当用“摄氏度”作为温度单位时,下列说法中不正确的是 ( )
  - 把冰水混合物的温度规定为  $0^{\circ}\text{C}$
  - 把 1 标准大气压下沸水的温度规定为  $100^{\circ}\text{C}$
  - $-10^{\circ}\text{C}$  就是零下 10 摄氏度
  - $0^{\circ}\text{C}$  就是没有温度
- 下列关于水结冰时水的温度及水周围温度的判断中,正确的是 ( )
  - 水的温度为  $0^{\circ}\text{C}$
  - 水的温度低于  $0^{\circ}\text{C}$
  - 水周围的温度为  $0^{\circ}\text{C}$
  - 水周围的温度低于  $0^{\circ}\text{C}$

5. 甲、乙、丙三个同学用同一支体温计量自己的体温,甲量过后用酒精消毒后再量乙的体温,乙量过后用酒精消毒再量丙的体温,丙量过后体温计的示数是 ( )
- A. 甲的体温                                      B. 乙的体温  
C. 丙的体温                                      D. 上情况都有可能
6. 放在房间里的甲、乙、丙三只温度计,其中只有一只温度计刻度是正确的.甲放在空气中,乙插在密封于玻璃瓶的酒精中,丙的玻璃泡用浸有酒精的湿棉花包裹后放在空气中,它们的示数都为  $15^{\circ}\text{C}$ ,那么这个房间的实际温度是 ( )
- A. 大于  $15^{\circ}\text{C}$                                       B. 等于  $15^{\circ}\text{C}$   
C. 小于  $15^{\circ}\text{C}$                                       D. 无法判断
7. 下列物质中,让它们吸热,温度一定升高的是 ( )
- A.  $0^{\circ}\text{C}$  的冰;                                      B.  $0^{\circ}\text{C}$  的水  
C.  $-10^{\circ}\text{C}$  的冰;                                      D.  $0^{\circ}\text{C}$  的冰水混合物

## 二、填空题

1. 用温度计测量液体温度时,温度计的玻璃泡要\_\_\_\_\_被测液体中,使温度计的示数\_\_\_\_\_后再读数;读数时,温度计的玻璃泡应\_\_\_\_\_,视线应与温度计液柱的上表面\_\_\_\_\_.
2. 干湿泡温度计是用两个相同的温度计并列制成的,其中一个温度计下端的玻璃泡包着湿布,因为水在蒸发时要\_\_\_\_\_,所以这温度计的读数要比另一个的读数\_\_\_\_\_.在相同室温下,两个读数的差值大,就表明空气中的水蒸气含量\_\_\_\_\_.
3. 物体的\_\_\_\_\_叫做温度;家庭和物理实验室常用的温度计,是利用水银、酒精、煤油等液体的\_\_\_\_\_来测量温度的.
4. 摄氏温度是这样规定的:把\_\_\_\_\_的温度规定为  $0^{\circ}\text{C}$ ,把标准大气压下\_\_\_\_\_的温度规定为  $100^{\circ}\text{C}$ ,它们之间分成 100 等份,每一等份是摄氏温度的一个单位,叫做\_\_\_\_\_.
5. 下面是使用温度计测液体温度的步骤:
- A. 取适当的温度计                                      B. 估测被测液体的温度  
C. 观察温度计上的量程和分度值                      D. 让温度计与被测液体接触一段时间  
E. 取出温度计    F. 观察温度计的示数  
G. 让温度计的玻璃泡全部浸入被测液体中
- 正确的操作顺序应为\_\_\_\_\_.
6. 实验室使用的温度计内液柱为红色,每小格为  $1^{\circ}\text{C}$ ,体温表内液柱为银色,每小格为  $0.1^{\circ}\text{C}$ ,它们的区别产生的原因是\_\_\_\_\_.



### 三、计算题

1. 把一只没有刻度的温度计固定在刻度尺上,用它测量冰水混合物的温度时,水银柱上表面在 18 mm 处;用它来测标准大气压下沸水的温度时,水银柱上表面在 218 mm 处;用它来测热水的温度时,水银上表面在 126 mm 处.热水的温度是多少?
2. 一支温度计刻有 110 个均匀的小格,每格为一标度,若温度计插入正在熔化的冰水中时,水银柱降到 20 标度,放在标准大气压的沸水中时,水银柱升到 70 标度,求此温度计的测量范围?

## 第二节 熔化和凝固



### 重点精讲

#### (一)熔化和凝固



##### 物态变化

通常情况下物质存在的形态有固态、液态和气态,当温度发生变化时,物质状态之间同时发生变化,我们称为物态变化.物态变化时,即要关心温度的变化,又要关心吸收或放出热量的情况.



##### 熔化

物质从固态变为液态的过程称为熔化.

区分熔化和溶解:熔化是指物体由于吸热,温度升高到一定程度时,由固态变为液态的现象;溶解是固体溶在液体里的现象.“溶”与“熔”是不同的.



##### 凝固

物质由液态变成固态叫凝固.熔化和凝固互为逆过程.



##### 熔点和凝固点

固体分晶体和非晶体两类,它们的重要区别之一是:晶体有一定的熔化温度和凝固温度,分别叫熔点和凝固点;非晶体没有一定的凝固点和熔点.晶体不同,熔点不同,同种晶体熔点和凝固点相同.

#### (二)晶体熔化和凝固的特点及规律



##### 晶体熔化和凝固过程的特点

晶体在熔化过程中要吸热,但温度保持不变,直至晶体完全熔化.晶体在熔化

过程中吸收的热量,不是用来升高温度,而是用来完成熔化的.同理,液体在凝固过程中放出的热量,不是用来降低温度,而是用来完成凝固的.

熔点和凝固点是晶体固液共存的温度,在熔点或凝固点的晶体可能是固态,可能是液态,也可能是固态、液态共存.

### 晶体熔化和凝固的条件

熔化条件:A.温度达到熔点;B.能继续吸热.

凝固条件:A.温度达到凝固点;B.能继续放热.

### 晶体和非晶体在熔化过程中的异同点

(1)相同点:A.都是从固态变为液态的过程;B.在熔化过程中都需要吸热.

(2)不同点:A.晶体有熔点,非晶体没有熔点,也就是说晶体的温度升到一定的温度时,才能熔化.非晶体随着温度的升高,逐渐由固态变为液态;B.晶体在熔化过程中,虽然继续吸热,但保持温度不变,直到晶体全部熔化为液态为止.非晶体在熔化过程中也要吸热,但温度不断升高;C.晶体和非晶体熔化图像不同.如图4-1及图4-2所示

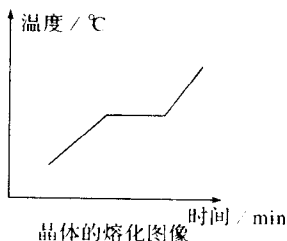


图 4-1

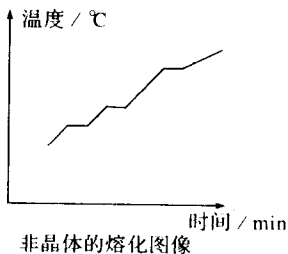


图 4-2

### 熔化和凝固的规律

图4-3为海波加热和冷却时的熔化和凝固图象.图中各段物质状态、温度变化情况:AB为固态吸热升温的过程;B点为固态,B点对应的温度为海波的熔点;BC段是海波的熔化过程,吸热不升温,且固态越来越少,液态越来越多;C点表示熔化结束,海波为液态;CD段是液态吸热升温过程;

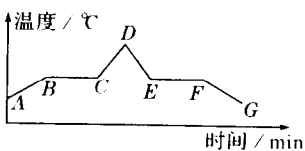


图 4-3

DE段是液体放热降温过程;从E开始凝固,温度不再降低,保持不变,液体越来越少,固体越来越多,到F全部成为固态,于是EF段固液共存;FG段是固态放热降温过程.



## 范例精解

**例1** 海波的熔点和凝固点都是  $48^{\circ}\text{C}$ ，当海波的温度是  $48^{\circ}\text{C}$  时，下列说法中哪个是正确的 ( )

- A. 一定是固态                      B. 一定是液态  
C. 一定是固液共存                D. 以上情况都有可能

**解析** 晶体熔化时，温度达到熔点的时候仍是固态，在具备继续吸热的条件下才能熔化，在熔化过程中，不断吸热，而温度保持不变，此时是固液混合状态。同种物质的凝固点与它的熔点相同，当液态的温度降到凝固点，在具备继续放热的条件下才能凝固，在凝固过程中，温度保持不变，此时是固液共存状态。所以在晶体熔化和凝固的过程中，晶体可能是固态，可能是液态，也可能是固液共存状态。D选项正确。

**点评** 通过晶体熔化和凝固的特点，可知海波在  $48^{\circ}\text{C}$  时，可能正处于熔化过程，也可能正处于凝固过程。

**拓展一** 如图 4-4 所示，是海波的熔化图像，下列对此图像的理解，正确的是 ( )

- A. 海波在 AB 段呈固态，它吸热温度不变  
B. 海波在 BC 段处于熔化过程，它吸热温度不变  
C. 海波在 BC 段处于熔化过程，它吸热温度变  
D. 海波在 CD 段呈液态，它吸热温度不变

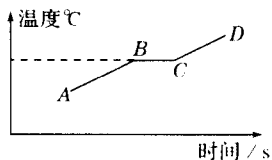


图 4-4

**解析** 海波属晶体，在整个熔化和升温过程中，都要不断吸热，故 C 是错误的。从熔化图像中可以看出：AB 段随着时间的增加，温度不断升高，因此这时海波应呈固态升温过程。所以，A 是错误的。从 BC 段可以看出：海波吸热后，随着时间的增加，温度始终保持不变，因此这是熔化过程。故 B 是正确的。从 CD 段可以看出：海波吸热后，随着时间的增加，温度又不断升高，因此说明海波熔化后，呈液态又继续升温。故 D 也是错误的。

**答案** B

**点评** 晶体在物态变化的过程中，必将有一段温度保持不变的情况，而这种情况在图像中就应该反映出一条水平线。而物态变化的前后都将是吸热升温或放热降温的过程，这时，不论物态如何图像都应始终呈上升趋势或下滑趋势。

**拓展二** 无论外界气温怎样,冰水混合物的温度始终是  $0^{\circ}\text{C}$ ?

**解析** 冰是晶体,所以有固定的熔点.外界气温只可能有三种情况:大于  $0^{\circ}\text{C}$ 、等于  $0^{\circ}\text{C}$  和小于  $0^{\circ}\text{C}$ .当外界气温大于  $0^{\circ}\text{C}$  时,冰就吸热熔化,而熔化过程中温度保持  $0^{\circ}\text{C}$  不变;当外界温度小于  $0^{\circ}\text{C}$  时,水就放热凝固,而凝固过程中温度保持  $0^{\circ}\text{C}$  不变;当外界温度等于  $0^{\circ}\text{C}$  时,冰水混合物与外界不发生热传递,温度仍保持  $0^{\circ}\text{C}$ ,所以冰水混合物的温度总保持  $0^{\circ}\text{C}$ .

**点评** 只有掌握晶体在固液共存时(熔化或凝固),吸热温度不升高或放热温度不降低的特点,才能顺利解决这个问题.

**拓展三** 在做“萘的熔化”实验时,试管中装有萘粉,放在盛水的烧杯中,如图 4-5 所示,用酒精灯在烧杯底部加热一段时间后,萘开始熔化.这时若把酒精灯撤掉,则下列判断正确的是 ( )

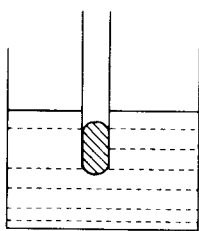


图 4-5

- A. 一定立即停止熔化
- B. 萘的温度一定不会高于  $80^{\circ}\text{C}$
- C. 熔化的萘在凝固过程中,烧杯中的水温一定下降
- D. 熔化的萘在凝固过程中,烧杯中水温一定低于  $80^{\circ}\text{C}$

**解析** 酒精灯撤走前,萘已经开始熔化,这说明萘的温度已达到  $80^{\circ}\text{C}$  的熔点,而萘可以从水中吸收热量用于熔化,说明烧杯中的水的温度高于萘  $80^{\circ}\text{C}$  的温度,当酒精灯撤走后的一段时间内,水温仍然会高于  $80^{\circ}\text{C}$ ,萘还能继续从水中吸收热量继续熔化,所以萘还会继续熔化. A 不正确

酒精灯撤走后,萘继续熔化,水由于放热温度逐渐降低,若水温降至  $80^{\circ}\text{C}$  萘还没有完全熔化,萘的温度显然不会高于  $80^{\circ}\text{C}$ ;若水温降至  $80^{\circ}\text{C}$  前萘已经全部熔化,那么萘还可以从水中吸收热量后升高温度,则萘的温度就高于  $80^{\circ}\text{C}$ ,所以 B 错误.

萘在凝固时会放出热量由水吸收,而水另一方面又向周围环境放出热量,如果水吸收的热量与水向周围放出热量相等,则水温不会发生变化.所以 C 错误.

萘在凝固时,温度保持  $80^{\circ}\text{C}$ ,但凝固要放出热量,若烧杯中水的温度是  $80^{\circ}\text{C}$ ,但凝固要放出热量,若烧杯中水的温度是  $80^{\circ}\text{C}$  或高于  $80^{\circ}\text{C}$  则萘无法实现放热,凝固也就无法进行,因此烧杯中的水温低于  $80^{\circ}\text{C}$ .所以 D 正确.

**点评** 本题的关键是要理解晶体在熔化和凝固过程中的特点,另一个要明确热传递的条件和方向,即是由高温物体向低温物体.

例2 印刷工人用铅水浇铸铅板,图4-6中能正确反映铅的温度随时间变化过程的是 ( )

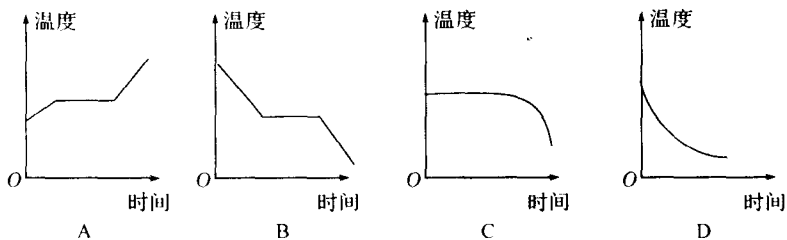


图 4-6

(1998 物理知识竞赛河南赛区试题)

**解析** 首先应明确用铅水浇铸铅板是凝固现象. 铅是金属, 属于晶体, 所以应选 B. 因为只有图 B 才是晶体的凝固图象, 图 A 是晶体熔化图象, 图 D 是非晶体凝固图象, 图 C 这个图像不完整.

**答案** B

**点评** 晶体, 不是指透明固体. 在透明固体中, 如冰、石英、水晶、食盐、明矾等物质均属晶体, 但玻璃属非晶体. 在不透明固体中, 各种金属也属晶体. 晶体与非晶体的主要区别是: 分子结构排列是否规则. 排列规则的是晶体, 排列不规则的是非晶体.

**拓展** 晶体达到熔点就一定能熔化吗?

**解析** 晶体熔化需要满足两个条件: 达到熔点和继续吸热. 晶体首先吸热, 温度不断地升高, 直至达到熔点时, 仍需继续吸热, 只有提供足够的熔解热, 晶体才能逐渐开始熔化.

晶体达到熔点后, 只要能继续吸热, 就一定能熔化. 否则, 不能熔化.

**点评** 本题关键是熔化缺一不可的两个条件: (1) 达到熔点; (2) 继续加热:

## 巩固练习

### 一、选择题

1. 把装有碎冰块的试管插入烧杯里的碎冰块中, 然后对烧杯底部加热. 下列说法中正确的是 ( )

- A. 烧杯和试管里的冰块同时熔化  
 B. 烧杯中熔化的水接触试管后,试管中的冰开始熔化  
 C. 烧杯中的冰熔化一半以后,试管中的冰开始熔化  
 D. 烧杯中的冰全部熔化后,试管中的冰开始熔化
2. 下列说法中正确的是 ( )  
 A. 物体吸收热量后,温度一定升高  
 B. 晶体在吸热过程中,温度不变  
 C. 冰、玻璃、铁都是晶体  
 D. 松香、柏油都没有熔点,它们是非晶体
3. 在标准大气压下,铝的熔点为  $660^{\circ}\text{C}$ ,那么在标准大气压下,当铝的温度 ( )  
 A. 小于  $660^{\circ}\text{C}$ ,铝为固态  
 B. 等于  $660^{\circ}\text{C}$ ,铝为液态  
 C. 大于  $660^{\circ}\text{C}$ ,铝为液态  
 D. 等于  $660^{\circ}\text{C}$ ,固态铝,液态铝同时存在
4. 把一小块  $-10^{\circ}\text{C}$  的冰放入一大盆  $0^{\circ}\text{C}$  的水中(与外界无热传递)则 ( )  
 A. 冰块全部熔化成  $0^{\circ}\text{C}$  的水  
 B. 有部分水结成冰  
 C. 一部分水结成冰,同时一部分冰熔化成水  
 D. 水不结冰,冰也不熔化
5. 北京冬天的气温可达  $-20^{\circ}\text{C}$ ,这时河面结成冰,冰的上表面温度与冰水接触的下表面的温度分别为 ( )  
 A.  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$                       B.  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$   
 C.  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$                               D.  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$
6. 放在室外阳光下的一盆冰水混合物温度为  $t_1$ ,放在冰箱内的一盆冰水混合物温度为  $t_2$  则 ( )  
 A.  $t_1 > t_2$                                   B.  $t_1 < t_2$   
 C.  $t_1 = t_2$                                   D. 无法判断

## 二、填空题

1. 晶体在熔化过程中\_\_\_\_\_不变,但是必须\_\_\_\_\_,熔化过程才能完成;非晶体在凝固过程中\_\_\_\_\_热,温度\_\_\_\_\_.
2. 晶体和非晶体的一个重要区别就是晶体都有一定的\_\_\_\_\_.非晶体没有\_\_\_\_\_;但是晶体和非晶体都是在熔化时\_\_\_\_\_热,在凝固时\_\_\_\_\_热.
3. 冬天,人在雪地里走一段路,鞋底上往往会“粘”一层较厚的雪,雪“粘”上去的原因是\_\_\_\_\_.

## 第三节 汽化和液化

### 重点精讲

#### (一) 汽化

##### 1 汽化

物质从液态变成气态的现象叫汽化. 物质在汽化过程中吸收热量.

##### 2 汽化的两种方式

蒸发和沸腾

##### 3 蒸发

液体内部和表面的分子都在不停地做无规则运动. 处在液体表面附近的动能足够大的液体分子会挣脱液体内部其他分子的束缚飞出液面, 形成蒸气, 这就是蒸发.

(1) 影响蒸发快慢的因素: 液体温度越高, 蒸发越快; 表面积越大, 蒸发越快; 液体上空空气流动越快, 蒸发越快.

(2) 液体蒸发的三个特点:

- 可以在任何温度下进行. 即液体的蒸发不受温度限制
- 只发生在液体表面. 即发生的部位是在液体的表面, 且过程较缓慢
- 蒸发过程中要吸热. 蒸发时要从周围物体吸收热量, 因此有致冷作用.

##### 4 沸腾

沸腾是在一定温度下从液体表面和内部同时进行的一种强烈的汽化现象. 液体沸腾时的温度叫沸点. 不同的液体沸点不同, 同种液体的沸点在不同条件下也不同. 影响液体沸点的因素主要是压强和液体的纯净程度. 一般而言, 压强增大, 沸点升高; 液体含有杂质, 沸点升高.

使液体发生沸腾的两个必要条件:

- (1) 液体的温度达到沸点;
- (2) 保证液体能持续地吸收热量.

## 蒸发与沸腾的异同点

|      | 蒸发                                   | 沸腾                                     |
|------|--------------------------------------|--|
| 相同处  | 都是汽化现象,都要吸收热量                        |  |
| 不同处  | 在任何温度下进行;是一种缓慢的汽化过程;是在液体表面进行的一种汽化现象; | 只在一定温度下进行;是一种剧烈的汽化过程;是液体表面和内部同时发生的汽化现象 |
| 影响因素 | 液体温度的高低,液体表面积的大小,液体表面处气流的快慢          | 液体表面处气压的高低                             |

## (二) 液化

### 液化

物质由气态变成液态的现象叫液化.在液化时要放热

### 使气体液化的两种常用方式

降温和加压.所有的气体在温度降到足够低时都可以液化.气体的液化温度跟压强有关,压强越大,液化温度越高.例如,常用的液化石油气在常温下是气态,利用加压的方法可使其在常温下液化变为液体,贮存在钢罐里.

注意:一切气体只要温度降到足够低都可以液化,但有的气体单靠压缩体积(即增大压强)不能使它液化,必须使它的温度降到一定程度,才能用压缩体积的办法液化.例如:氮气必须低于 $-147^{\circ}\text{C}$ 才能用压缩的办法液化.

### “凝固”与“凝结”的区别

“凝固”是指物质从液态变为固态的过程;而生活中讲的“凝结”是指物质从气态变为液态的过程.例如,水结成冰叫凝固,得到的是固体,而水蒸气遇冷变成水珠叫凝结,得到的是液体.显然不是一回事.

## 范例精解

**例1** 有一种粘木料用的胶,需要在 $100^{\circ}\text{C}$ 左右的温度下熬化后才能使用,温度再高就会熬焦,失去粘性,所以人们设计了如图4-7所示的双层锅,在双层之间盛有水.这样加热时,就可以让胶保持在 $100^{\circ}\text{C}$ 左右,而又不会熬焦.请你说明双层锅的原理.

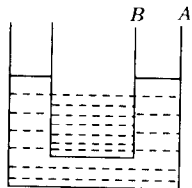


图 4-7

**解析** 给图中的容器A加热时,双层中的水要加热,随温度的升高,容器B中的胶和容器A中的水有了温度差,那么容器B中的胶就从



容器 A 的水中吸热,温度也逐渐升高.当容器 A 中水的温度达到  $100^{\circ}\text{C}$  左右时,水开始沸腾了.由沸腾的知识知:液体沸腾是在一定温度——沸点下进行的,液体在沸点下沸腾时要不断地从外界吸热,但温度保持在沸点不变.所以液体沸腾时对其中的物体有一个“恒温”的作用.只要容器 A 中有水,容器 B 中胶的温度会保持在  $100^{\circ}\text{C}$  左右,不会因温度高于  $100^{\circ}\text{C}$  而熬焦.

**点评** 弄清沸腾的条件是解决本题的基础,热传导是由高温物体传向低温物体.当两物体温度相等时热传导便停止了.

**拓展一** 如图 4-8 所示:容器下部装水,水面上浮有厚厚一层油,油的沸点比水高,当在容器底部加热时,请根据所学知识描述可能出现的情况:

**解析** 蒸发是在任何温度下只在液体表面发生的汽化现象.题中油在水的上面,因此油的表面可以蒸发,而水在油的底部,相当于在液体内部,因此水不会蒸发.并且继续吸热才能沸腾,而且在整个沸腾过程中,液体的温度始终保持不变.

已知水的沸点比油低,当水吸热升温达到水的沸点时便开始沸腾,并且在沸腾过程中,水温保持不变,所以水向油传递热量只能使油的温度升高到水的沸点后,就不再向油传递热了,油的温度达不到油的沸点,所以不能沸腾.

只有当全部水汽化变为水蒸汽跑掉后,再给油加热,油才继续升温.当达到油的沸点时,油才开始沸腾.

**答案** C

**点评** 液体在沸腾时,必须满足沸腾的全部条件,否则将不能发生沸腾现象.

**拓展二** 用高压锅煮粥,熄火后用冷水将锅冷却,拿去限压阀后打开锅盖,到锅内的粥仍在沸腾.普通铝锅却看不到这样的现象,对此,下列说法正确的是

( )

- A. 熄火后,锅内温度迅速降到  $100^{\circ}\text{C}$  以下,但由于打开锅盖后气压降低,所以重新沸腾
- B. 熄火时,锅内温度仍然高于  $100^{\circ}\text{C}$ ,即使不冷却,不拿去限压阀,粥也在沸腾
- C. 熄火时,锅内温度仍然高于  $100^{\circ}\text{C}$ ,冷却后锅内气压比原来降低,所以重新沸腾
- D. 粥的流动性差,不易降温,熄火后即使不浇冷水,不拿去限压阀,粥也要沸腾较长时间

(1998 年全国物理竞赛)

**解析** 高压锅的密封性能好,锅内气体不易跑出,对锅加热,锅内气体压强增

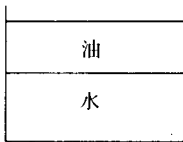


图 4-8

大,使高压锅内的气压高于一个标准大气压(设当时大气压为一个标准大气压),而液体的沸点随着液面气压的升高而升高,使粥在高于  $100^{\circ}\text{C}$  后才沸腾.当熄火后迅速将锅盖冷却打开,由于气压变为一个标准大气压,沸点随之降到  $100^{\circ}\text{C}$ ,但粥的温度仍高于  $100^{\circ}\text{C}$ ,故粥仍会沸腾,直至温度降到  $100^{\circ}\text{C}$  时才停止沸腾,选 C.

### 点评

本题涉及了高压锅的原理,就是利用液体的沸点随着液面气压的增大而升高,减小而降低这一原理.培养学生养成利用所学知识分析、解释生活中的许多现象,达到学以致用目的.

**拓展三** 如图 4-9 所示,取一烧瓶,装上大半瓶水,加热到沸腾后,用橡皮塞塞紧瓶口,倒置在铁架台上,用冷水浇瓶底,会看见已停止沸腾的水又沸腾了起来,试解释原因?

**解析** 烧瓶中大半瓶水加热至沸腾,然后用橡皮塞密封,那么烧瓶中肯定存在一定量的水汽,倒置后用冷水浇烧瓶,可以使烧瓶中的水汽温度降低而液化,减小了烧瓶内气体的压强,水的沸点降低至水温之下,于是已停止沸腾的水可以又沸腾起来.

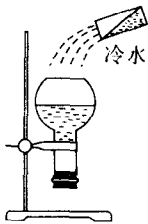


图 4-9

### 点评

液体的沸点是与压强有关,压强越小,沸点越低;反之,压强增大,沸点升高.使物体沸腾的方法不但可以用加热,还可以用降低液面的压强来实现.

**例2** 使用电吹风能把洗湿的头发很快吹干,其正确原因是 ( )

- A. 加快了头发上水面附近空气的流动,从而减小了蒸气压,加快了蒸发
- B. 升高了头发上水的温度,从而加快了蒸发
- C. 增大了头发上水的表面积,从而加快了蒸发
- D. 加快了头发上水与附近空气的流动,减少了蒸气压,提高了水的温度并增大了水的表面积,从而加快了蒸发.

**解析** 加快液体蒸发速度的方法有:提高液体的温度,增大液体的表面积,加快液体空气流动是加快液体蒸发的条件.电吹风在吹动头发的过程中,不仅加快液体表面的空气流动,减少了蒸气压,而且提高了水的温度,并在吹动过程中,头发飘散蓬松,引起头发面积增大,所以 D 正确.

### 点评

该题必须正确理解影响蒸发快慢的三个因素,不能认为液体多就蒸发快,关键在于液体表面积、温度及液体表面空气流动的速度.若把液体封闭在容器内,在温度较低的地方,就大大减小了蒸发的速度.所以一般易蒸发液体都采用此方法保存.

拓展一 下列能使蒸发变慢的措施是

( )

- A. 用瓶子装酒精时要加盖 B. 用塑料袋包装蔬菜并放入冰箱冷藏室里  
C. 夏天,人们使用电风扇扇风 D. 把湿衣服展开晾在通风向阳处

**解析** 影响液体蒸发的因素有三个:其一,液体温度的高低;其二,液体表面积的大小;其三,液体表面上空气流通的快慢.

用瓶子装酒精要加盖.瓶装可以减小表面积,加盖可以防止空气流通,避免从空气中吸热,这些措施都可以使蒸发变慢.用塑料袋包装蔬菜并放入冰箱冷藏室里.用塑料袋包装蔬菜可以减小表面积以及空气流通,放入冰箱冷藏室可降低温度,这些措施也都可以使蒸发变慢.夏天,人们使用电风扇扇风,可加快液体表面的空气流动,使蒸发变快.把湿衣服展开晾在通风向阳处,可增大表面积,加快空气流通和提高温度,这些措施都可以使蒸发变快. A、B 正确.

### 点评

日常生活中很多常见的现象,都能用所学知识去解释.反之,利用所学的知识可以指导和解决实际问题.

拓展二 在  $25^{\circ}\text{C}$  的室内,将一长时间放置于酒精瓶中的温度计迅速抽出后的一段时间内,它的示数将怎样变化?

**解析** 温度计迅速抽出后,温度计上会或多或少附着一些酒精,酒精在空气中蒸发要吸热,有致冷作用,使温度计液泡温度下降,从而使温度示数下降;一旦酒精完全蒸发,由于空气温度高于液泡部分温度,温度计又吸热,示数上升,直到达到  $25^{\circ}\text{C}$  为止.所以整个过程中温度计示数先减小,后回升.

### 点评

应全面分析物理现象发生的整个过程.温度计从酒精中抽出来,玻璃泡表面带有酒精,酒精立即蒸发,带走一部分热,使温度计的温度下降,但不会一直降低.因为酒精蒸发完后,温度计温度又要回到室温.

想想看:上题中若放在酒精中的是体温表,迅速抽出后的一段时间内,它的示数将怎样?

拓展三 在热锅里和烧得温度很高的锅里滴有同样的一滴水,热锅里的水滴先蒸干.为什么?

**解析** 水滴滴入温度高的锅中,接触处的水急剧汽化形成一层水蒸气,这层水蒸气托起尚未汽化完的水滴,减缓了水滴汽化的速度,同时引起了水滴的跳动,跳动过程中,由于水蒸气的散失,水滴受重力作用下落,又将与高温接触,再次形成一层水蒸气而托起水滴.如此反复,水滴不断跳动,并且逐渐减小直至消失,汽化时间当然长一些,所以后蒸干.而水滴在热锅中直接汽化,很快蒸发干.

拓展四 现给你一杯烫的开水和一只空杯,你能尽快使这杯水冷下来吗?应

如何做?

**解析** 要想使这杯水尽快冷却下来,必须采取措施加快水的蒸发速度.具体方法如下:可用两只杯子轮换在倒水,并且举得高一些,这样不但可以增大水的表面积,还可以加快周围空气的流通速度,从而加快水的蒸发.水蒸发要吸收大量的热量,因此烫的开水会尽快冷却下来.两只杯子轮换倒水的次数越多,蒸发的速度越快,水冷却的次数也越快.

**点评** 研究物理现象的基本方法是观察与实验.物理学中许多重大发现都是通过仔细观察实验中的异常现象而发现的.仔细观察看到的各种现象、认真分析其变化规律,得出合理的解释,这就是学习物理的目的.

**拓展五** “扬汤止沸”、“釜底抽薪”这两个成语的物理意义是用两种不同的方法使液体停止沸腾,你认为这两种方法哪种效果更好些?

**解析** 此题考查的重点是沸腾的条件,“扬汤止沸”的意思是把锅里沸腾的水舀出来,再倒回去,使锅里的水不再沸腾;“釜底抽薪”的意思是指从锅里把燃烧着的木柴抽掉,使锅里的水不再沸腾.沸腾必须具备两个条件,一是使液体温度达到沸点,二是保证继续吸热.在“扬汤止沸”过程中,被扬起的汤和空气发生热传递,结果使锅中水的温度降低,由于低于沸点,使沸腾的条件不满足,沸腾现象停止,但由于锅底热源继续加热,使锅中的水又很快达到沸点,沸腾现象继续发生,因此,“扬汤止沸”只是暂时止沸,“釜底抽薪”是把热源抽掉,液体因沸腾的条件被破坏而终止沸腾,因此“抽薪”才能彻底止沸.

**点评** 正确理解液体沸腾的条件,即(1)达到沸点,(2)继续加热,是解此题的关键.“扬汤止沸”只是暂时性,“釜底抽薪”则是永久性.

**拓展六** 已知液态氧气、氮气和二氧化碳,在一个标准大气压下的沸点是 $-183^{\circ}\text{C}$ 、 $-196^{\circ}\text{C}$ 和 $-78.5^{\circ}\text{C}$ .如果在一个标准大气压下用降温的办法,用空气来提取这些气体,那么温度下降时首先液化被分离出来的是 ( )

- A. 氧气  
B. 氮气  
C. 二氧化碳  
D. 整个空气同时液化无法分离

(1997 全国物理竞赛)

**解析** 因二氧化碳的沸点最高,降温时最容易达到其沸点.当温度降到 $-78.5^{\circ}\text{C}$ 再继续降温时,它将首先液化而被分离出来,所以正确的答案应选 C.

**点评** 分析比较这几种气体的沸点是解决本题的关键.

**拓展七** 冬天医生检查牙齿时,常把小镜子放在酒精灯上适当烤一烤,然后

再伸进口腔内,这样做的主要目的是 ( )

- A. 防止接触口腔时病人感到太凉
- B. 进行消毒
- C. 镜面不会产生水雾,可以看清牙齿
- D. 防止镜框受热膨胀,致使镜片脱落

(1998年全国物理竞赛)

**解析** 因为口腔内的温度要高于室温,且湿度也大于周围的空气,如果小镜子直接伸进口腔,那么口腔内的水蒸气就会液化在镜面上,使医生看不清病牙.如果用酒精灯适当的烤一烤,使镜子的温度较高,口腔内的水蒸气就不会在镜面上液化,即不会产生水雾了.所以选C

**点评** 注意观察思考,总能学到不少物理知识.



## 巩固练习

### 一、选择题

1. 在敞开的锅中烧水,水沸腾后继续加热,这时水的温度会 ( )
  - A. 升高
  - B. 降低
  - C. 不变
  - D. 无法判断
2. 下列情况中;属于汽化现象的是 ( )
  - A. 晾在阳光下的湿衣服变干
  - B. 江河水面上出现大雾
  - C. 游泳上岸后的人觉得冷
  - D. 夏天往屋里地面洒水会觉得凉快
3. 要使水的沸点高于  $100^{\circ}\text{C}$ ,下列办法中可行的是 ( )
  - A. 加大火力
  - B. 延长加热时间
  - C. 往容器上加密闭的盖子
  - D. 移到高山上加热
4. 液体在蒸发过程中,如果从外界吸不到热,那么蒸发 ( )
  - A. 将会停止
  - B. 继续进行,液体温度升高
  - C. 继续进行,液体温度降低
  - D. 继续进行,液体温度不变
5. 快下雨的时候,在盛水的水缸的外表面,齐着水面所在位置往下,出现一层均匀分布的小水珠,出现小水珠的原因是 ( )
  - A. 水从水缸的细孔渗到外表面
  - B. 空气中的水蒸气液化形成
  - C. 缸中的水向外蒸发形成

- D. 水缸有裂缝,水向外渗漏
6. 下列事例中,属于对蒸发现象的利用的是 ( )
- A. 在火箭头上涂一层特殊材料
- B. 北方冬天在菜窖里放几桶水
- C. 在中暑患者身上擦酒精
- D. 用管道代替沟渠输水
7. 在日常生活中,将面制品悬放在水中煮,不会发黄、发焦,而悬放在油中炸则会发黄、变焦,甚至炸糊了.请解释这一现象. ( )
- A. 油炸制食品的能力比水强
- B. 油的传热性能比水强
- C. 油的沸点比水高
- D. 油在沸腾时温度继续升高,而水在沸腾时温度则保持不变
8. 炎热的夏天,当你走在晒得发烫的柏油路上时,恰巧来了一辆洒水车,洒湿了路面.这时你会感到更加闷热,产生这种感觉的主要原因是 ( )
- A. 洒水车中的水经过曝晒,内能增加,温度很高
- B. 洒水后空气的湿度增加,身上的汗较难蒸发
- C. 地面上的水反射了阳光,使身体得到更多的热量
- D. 水蒸发时把地面的热带到了人的身上

(11届全国物理知识竞赛)

9. 在制药时,为从溶液中提取抗菌素,要用加热的方法使水沸腾而除去水分,但抗菌素不能在超过 $80^{\circ}\text{C}$ 的温度下提取,应采用的方法是 ( )
- A. 增加容器内气压,使水的沸点低于 $80^{\circ}\text{C}$
- B. 降低容器内气压,使水的沸点低于 $80^{\circ}\text{C}$
- C. 缩短加热沸腾的时间
- D. 用微火加热使其沸腾

(1999年河北竞赛试题)

## 二、填空题

1. 蒸发和沸腾都属于\_\_\_\_\_现象,在发生的过程中都要\_\_\_\_\_.
2. 要加快液体的蒸发,可以提高液体的\_\_\_\_\_,增大液体的\_\_\_\_\_,加快液体表面上的\_\_\_\_\_.
3. 一切液体的沸点,都是气压减小时\_\_\_\_\_,气压增大时\_\_\_\_\_.
4. 气体液化时要\_\_\_\_\_热;采用\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的办法都可以使气体液化.
5. 在干旱地区利用管道代替沟渠输水,好处之一就是减小输水过程中的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_,提高水资源的利用率.

6. 用水煮菜时, 严密地盖上锅盖, 会使菜熟得快一些, 其中的物理道理是\_\_\_\_\_.
7. 游泳后从河里上来, 风一吹更感凉爽, 这是因为\_\_\_\_\_; 晒粮食时, 为了使粮食干得快, 要把粮食放在向阳的地方并且摊开, 是因为\_\_\_\_\_.

(1999年广西物理知识竞赛)

## 第四节 升华和凝华

### 重点精讲

#### ◆ 升华

物质由固态直接变成气态的现象叫升华. 升华过程要吸热.

#### ◆ 凝华

物质由气态直接变成固态的现象叫凝华. 凝华过程要放热.

升华和凝华没有中间状态——液态

#### ◆ “干冰”是什么?

“干冰”并不是通常所说的固态的水, 而是固态的二氧化碳. 它的特点是从固态的二氧化碳直接升华为气态的二氧化碳, 同时吸收大量的热, 所以“干冰”常用来做强致冷剂.

#### ◆ 固、液、气三态转化示意图:(见图 4-10)

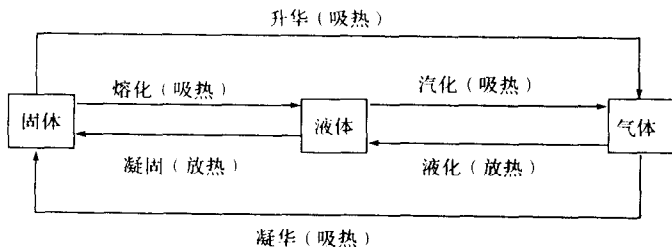


图 4-10

### 范例精解

例1 云、雨、雾、露、霜、雪等自然现象各属哪些物态变化?

**解析** 云是地面附近水蒸气在高空遇冷时液化成的小水珠和凝华成的小冰晶组成的。

雨是云层中小水珠聚集成较大水滴或小冰晶融化成水滴,这些水滴从天上落下形成的。

雾是地面附近水蒸气液化成小水珠悬浮在地面附近而形成的。

露是空气中水蒸气液化成的小水珠附在草木叶片上面产生的。

霜是水蒸气凝华成小冰晶附在房顶、地面草木上而形成的。

雪是高空中水蒸气遇冷直接凝华成固态形成的。

云——液化和凝华

雨——熔化

雾——液化

露——液化

霜——凝华

雪——凝华

### 点评

灵活掌握6种物态变化及解释相关现象是做好本题的关键。物态变化是物质从一种状态变成另一种状态的现象。判断中要抓住两点:一是要确定所给现象发生前后物质所处状态,才能确定它属于哪种物态变化。二是就物态变化过程中的吸、放热情况进行进一步分析。物态变化中的熔化、汽化和升华是吸热过程,凝固、液化和凝华是放热过程,把握以上两点就可以对有关现象作出正确判断。

### 例2

下列现象中不属于升华的是

( )

- A. 冰冻的衣服会变干
- B. 放在衣橱里的樟脑丸越来越小
- C. 冬天,窗户的玻璃上有“冰花”
- D. 冬天河水会结冰

**解析** 冰冻的衣服变干是冰直接从固态变成蒸气,属于升华现象;樟脑丸也是从固态变为气态,属于升华现象;窗户的玻璃上的“冰花”是房内水蒸气遇冷凝华而成的,水结冰则是凝固现象。所以C、D不属于升华现象,A、B正确

### 点评

自然界中一些有趣的现象,可以从物态变化的角度来解释,关键是抓住物态变化的特点和本质。

**拓展一** 用久了的电灯泡的玻璃壳会发黑,这是由于

( )

- A. 灯丝中的钨丝遇热熔化,降温后凝固而成的
- B. 是钨丝上的钨蒸发和凝固形成的
- C. 是钨丝上的钨汽化和凝华形成的
- D. 灯泡里的钨丝受热发生升华,然后钨的气体在灯泡壁遇冷凝华而成的



**解析** 灯泡里的灯丝在受热时,直接升华为钨蒸气,当这些热的钨蒸气遇到比较冷的玻璃壁时,直接凝华成固体钨,附着在玻璃壁上,使得电灯泡的玻璃壳发黑,所以D正确.

### 点评

在对生活中涉及物态变化的一些现象分析时,应注意物质的初、终状态有中间过程,题中物质是先由固态直接变成气态,又由气态直接变成固态,而没有经过液态的中间过程,是属先升华、后凝华的现象.

**拓展二** 用飞机向云层喷洒干冰(固态的二氧化碳)是一种人工降雨的方法.以下列几种物态变化过程:

(1)干冰迅速吸热升华 (2)干冰吸热熔化 (3)云层中水蒸气遇冷液化为小雨滴 (4)云层中水蒸气遇冷凝华为小冰晶 (5)水蒸气以干冰为核心凝结成雨滴 (6)小冰晶下落遇暖气流熔化成雨滴

在这人工降雨过程中,发生的物态变化的过程为 ( )

A. (1)、(3) B. (1)、(4)、(6) C. (2)、(3) D. (3)

**解析** 用飞机向云层喷洒干冰是一种人工降雨的方法,将粉末状的干冰洒到云层中,干冰迅速吸热升华,使云层温度迅速下降,云层中的水蒸气遇冷凝华成小冰晶,小冰晶下落过程中遇到暖气流熔化成雨滴,这就是人工降雨的过程.选B正确.

### 点评

整个人工降雨过程,先后经过干冰升华,水蒸气凝华,小冰晶熔化的物态变化过程.

**例3** 将少量的碘晶体放入烧杯中,上口放一个装有冷水的烧瓶,在烧杯下用酒精灯微微加热,如图4-11所示,这时在烧杯中可以看到有紫色的气体生成,这是碘的\_\_\_\_\_现象,停止加热后,把烧瓶拿下来,可看到瓶底外壁有碘的晶体生成,这是碘的\_\_\_\_\_现象.

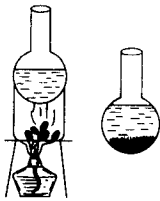


图 4-11

**解析** 在烧杯中碘晶体吸收热量有紫色的气体生成,这是碘由固态直接变成气态,是升华现象.温度较高的紫色的碘气体上升后遇到装冷水的烧瓶,立刻放热,又由气体直接变成固体,附在烧杯的底部,这是凝华现象.

**答案** 升华 凝华

**点评** 弄清整个物理变化过程是解决此问题的关键,同时做此实验时要注意,酒精灯在杯底部加热时,不仅要强调微微加热,还必须使烧杯均匀受热,否则烧杯容易破裂.

## 巩固练习

### 一、选择题

- 下列现象中属于凝华现象的是 ( )
  - 冬天晾在室外冰冻的衣服变干
  - 早晨出现浓雾
  - 洒在室内地上的水干了
  - 屋顶的瓦上多了一层霜
- 运输食物时用干冰保鲜,这是利用了干冰: ( )
  - 汽化吸热
  - 升华吸热
  - 熔化吸热
  - 蒸发吸热
- 下列关于物态变化的说法中,正确的是 ( )
  - 雾的产生是汽化现象
  - 冰川解冻是液化现象
  - 雪的形成是凝华现象
  - 灯泡丝变细是升华现象

### 二、填空题

- 物质从固态直接变成气态叫\_\_\_\_\_,在这个过程中物质要\_\_\_\_\_热.
- 物质从气态直接变成固态叫\_\_\_\_\_,在这个过程中物质要\_\_\_\_\_热.
- 放在衣箱里的樟脑丸逐渐变小,这是\_\_\_\_\_现象;夏天早晨,室外的花草、树叶上常常挂着晶莹的露珠,这是\_\_\_\_\_现象.
- 北方冬天,往菜窖里放几桶水,可以防止菜被冰坏,这是利用了水在\_\_\_\_\_时\_\_\_\_\_热的道理.
- 在实验室里常利用干冰(固态二氧化碳)来获得低温,这是利用干冰\_\_\_\_\_时\_\_\_\_\_热的道理.

## 第四章测试题

### 一、选择题

- 我国于1985年在南极建立了我国第一个南极科学考察基地“中国南极长城站”.南极平均气温为 $-25^{\circ}\text{C}$ ,最低气温达 $-88.3^{\circ}\text{C}$ ,在那里用的液体温度计是酒精温度计,这是因为酒精的 ( )
  - 凝固点较低
  - 凝固点较高

- C. 沸点较低  
D. 沸点较高
2. 在图 4-12 中, 海波的凝固图象是 ( )
- A. 图甲      B. 图乙      C. 图丙      D. 图丁

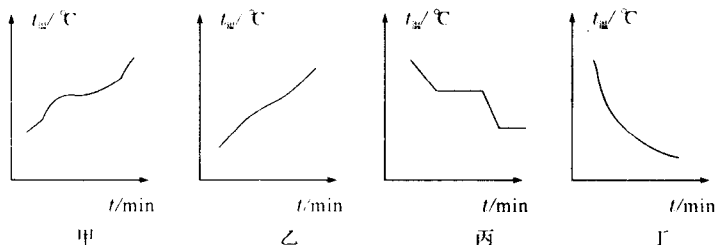


图 4-12

3. 把  $-5^{\circ}\text{C}$  的冰放入  $0^{\circ}\text{C}$  的水中, 会发生的现象是 ( )
- A. 冰增多水减少      B. 冰减少水增多  
C. 冰和水都保持原量      D. 以上情况都有可能发生
4. 水烧开后从壶嘴向外喷出“白气”, 白气的形成过程是 ( )
- A. 先液化, 再汽化      B. 先汽化, 再液化  
C. 先升华, 再液化      D. 先汽化, 再凝华
5. 寒冷的冬天在教室里上课, 细心的同学往往会看到窗户的玻璃上蒙上一层小水珠, 这层小水珠是出现在玻璃 ( )
- A. 朝室内的一面      B. 朝室外的一面  
C. 两面都有      D. 以上三种情况都有可能出现
6. 下列现象中, 属于升华现象的是 ( )
- A. 加入牛奶中的冰块越来越小      B. 冬天的早晨房顶上出现的霜  
C. 用久了的灯泡钨丝变细了      D. 冬天室外冰冻的衣服会晾干
7. 下列实例中属于液化现象的是 ( )
- A. 烧开水时冒出的“白气”      B. 夏天湿衣服晾干  
C. 冬天早晨看到江边的“树挂”      D. 雪融化成水
8. 下列四种状态变化中, 放热的是 ( )
- A. 液态沥青逐渐变硬      B. 把石油气压缩装进钢罐  
C. 固态碘变成碘蒸气      D. 冬天草木上结霜
9. 把烧红的铁棒放入冷水中, 会听到“吱吱”的声音, 并看到水面上出现“白气”, 在整个过程中发生的状态变化有 ( )
- A. 汽化      B. 升华      C. 熔化      D. 液化

10. 甲、乙两位同学各倒质量和温度相同的一杯热水,甲用嘴吹水,乙用两只杯子来回倒水,两人的做法使水惊得快的是 ( )  
 A. 甲 B. 乙 C. 一样快 D. 无法判断
11. 下列物质的状态发生变化时,放热的是 ( )  
 A. 春天到了,高山上的冰雪开始熔化  
 B. 液态沥青逐渐变稠、变粘、变硬  
 C. 冬天,玻璃窗上结上冰花  
 D. 把石油气加压装进铝罐中
12. 关于液化下列说法正确的是 ( )  
 A. 降温可以使所有的气体液化  
 B. 压缩体积可以使所有的气体液化  
 C. 液化过程要吸收热量  
 D. 液化过程要放出热量

## 二、填空题

1. 做“观察水的沸腾”的实验时,可以看到沸腾时水中发生剧烈的\_\_\_\_\_现象,形成大量的\_\_\_\_\_,上升、变大,到水面破裂开来,里面的\_\_\_\_\_散发到空气中,停止加热,沸腾\_\_\_\_\_.
2. 某支水银温度计上刻有 160 格均匀的刻度,刻度旁的数字模糊不清了.当它的玻璃泡浸入冰水混合物中时,水银柱液面到达第 10 格处;放入 1 标准大气压的沸水中时,液面到达第 60 格处.问:(1)此温度计上每一格表示的温度\_\_\_\_\_(2)温度计量程\_\_\_\_\_(3)若温度计中水银柱液面在第 100 格处,所测温度\_\_\_\_\_.
3. 现在一些宾馆和饭店的洗手间里装有感应式热风干手器,洗手后把手放在下面就有热风吹来,一会儿手就被吹干了是因为\_\_\_\_\_.
4. 水烧开时看见冒“白气”和夏天打开电冰箱时看见冒“白气”,这两种“白气”各是怎样形成的\_\_\_\_\_.
5. 人们口对手“吹气”时感到冷,对手“哈气”时却感到有点热.冬天我们常见口中呼出的“白气”,而在夏天却看不见,是因为\_\_\_\_\_.
6. 被  $100^{\circ}\text{C}$  的水蒸气烫伤往往会比沸水伤得更厉害,这不只是水蒸气的高,还因为水蒸气在\_\_\_\_\_时\_\_\_\_\_的缘故.
7. 在你的手背上擦一些酒精,你会感到凉爽,如果对着手背上擦酒精处吹一口气,会感到更凉爽,这是什么原因\_\_\_\_\_.
8. 自然中一般物质通常存在的三种状态是\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_.物质由\_\_\_\_\_变为\_\_\_\_\_的过程叫熔化;由\_\_\_\_\_变为\_\_\_\_\_的过程叫凝

固;由\_\_\_\_\_变为\_\_\_\_\_的过程汽化;由\_\_\_\_\_变为\_\_\_\_\_的过程叫液化;由\_\_\_\_\_的过程升华;由\_\_\_\_\_的过程凝华;其中\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_要吸热,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_要放热.

### 三、计算题

1. 一只刻度均匀但刻线位置不准的温度计,放在标准大气压的沸水中,示数是 $90^{\circ}\text{C}$ ;放在冰水混合物中示数为 $6^{\circ}\text{C}$ .那么,将它放在真实温度为 $25^{\circ}\text{C}$ 的温水中,它的示数为多少?
2. 一支没有刻度的温度计,把它插入冰水混合物中时,玻璃泡上方的水银柱长度为5厘米,将它插入1标准大气压下的沸水中时,玻璃泡上方的水银柱长度为25厘米,你怎样为这支温度计标上刻度?若将此温度计插入某种液体中时,玻璃泡上方水银柱长度为18厘米,那么,此液体的温度为多少?

## 第一节 电流和电路

### 重点精讲

#### (一) 简单电现象

##### 1 物体带电

物体具有吸引轻小物体的性质,就说物体带了电,或者说物体带了电荷。

##### 2 摩擦起电

用摩擦的方法使物体带电叫摩擦起电,摩擦起电的实质是电子从一个物体转移到另一个物体上。

##### 3 两种电荷

正电荷和负电荷

(1) 正电荷:用绸子摩擦过的玻璃棒带正电

(2) 负电荷:用毛皮摩擦过的橡胶棒带负电

##### 4 电荷间的相互作用

同种电荷相排斥;异种电荷相吸引

##### 5 验电器

它是用来检验物体是否带电的仪器;物体如带电,验电器金箔张开;否则,验电器金箔不张开。验电器的原理是:同种电荷相互排斥

##### 6 物体带电的方法

(1) 摩擦起电,(2) 接触起电,(3) 感应起电

##### 7 正负电荷中和

带等量异种电荷的物体相互接触,彼此都恢复不带电的现象。

##### 8 电荷守恒定律

在任何物理过程中,各个物体的电荷可以改变,但所有物体电荷的代数和是守恒的,这就是电荷守恒定律。



## (二) 电路

### 电源

电源是把其他形式的能转换为电能的一种装置,是电路中能量的提供者。常用的电源有干电池和发电机:干电池是将化学能转换为电能,发电机是将机械能转换为电能。

干电池是由电解液和电极组成,电池里聚集着正电荷的叫正极,聚集着负电荷的叫负极。

### 导体和绝缘体

(1) 导体:容易导电的物体,如金属、石墨、人体、大地及酸、碱、盐的水溶液等。

(2) 绝缘体:不容易导电的物体,如橡胶、玻璃、塑料、陶瓷、油、空气等。

导体和绝缘体之间并没有绝对的界限,一般情况下不容易导电的物体,当条件改变时就可能导电,如原来是绝缘体的玻璃加热到炽热状态,就变为导体。

(3) 半导体:导电性能介于导体和绝缘体之间的物体,它们有一些特殊的导电性质。

(4) 超导体:超导是指在一定的温度和压力条件下,一些金属、合金化合物的电阻突然变为零的现象,具有超导性质的导体叫超导体。目前,超导体在科技领域有了广泛的应用。

## (三) 电流

### 电流

电荷的定向移动形成电流,形成电流的电荷可以是正电荷(如正离子),也可以是负电荷(负离子),也可以是正负电荷同时进行。

### 电流的方向

物理中规定:正电荷定向移动的方向为电流的方向,负电荷定向移动的方向与电流方向相反。在金属导体中,自由移动的电荷是电子,电子带负电,所以电流方向与电子实际运动方向相反。在电解液中电流是正负离子的定向运动形成的,电流方向与正离子定向移动方向相同,而跟负离子定向移动方向相反。当电路形成回路时,在电源外部,电流沿着“正极到用电器再到负极”的方向流动。在电源内部,由于能量转换,电流由负极到正极。

### 电路中获得持续电流的条件是

电路中必须有电源,而且电路处处是通路。

## (四)电路

### 电路的组成及各部分的作用

电源、开关、用电器用导线连接起来组成电路.一个完整的电路包括电源、开关、用电器、导线四种电路元件,电源是提供电能的装置,它能维持电路中有电流;用电器的作用是利于电流工作的设备,它们能将电能转变为其他形式的能;开关的作用是用来控制电路的通断,起控制电路中电流有无的作用;导线是将电源、用电器、开关连接起来,形成电流的路径,用来输送电能.

### 电路三种工作状态:通路、断路、短路

(1)处处连通的电路叫通路,是电路正常工作的状态.

(2)某处断开,电流无法通过的电路叫开路或断路.

(3)导体中不经过用电器直接跟电源两极连接的电路叫短路.若电路中某一用电器的两端被一导线连接起来,称为局部短路,被局部短路的用电器因无电流通过而不能工作.

### 电路图

用统一的符号表示电路连接情况的图叫电路图.

画电路图时必须做到:

(1)使用统一的用电器符号

(2)线路要画得简洁、整齐、美观、导线应画成直线,横平竖直,导线与用电器件间不能断开

(3)电路要完整,电路中必须画有开关

(4)导线交叉连接处不能忘记画圆点

(5)在说明用电器处于正常工作的电路中,开关一般应画成闭合的

## 范例精解

**例1** 已知验电器带正电荷,用一个物体接触验电器的金属球,验电器的箔片先闭合后又分开,这个物体必然 ( )

- A. 带正电                      B. 带负电  
C. 不带电                      D. 无法判断

**解析** 验电器带正电时,验电器的金属球和金属箔片上都带正电,两个金属箔片由于正电荷之间的斥力而张开.

当物体与验电器的金属球接触时,验电器的箔片先闭合再张开,说明金属箔



片上的电荷种类、电量多少发生了变化.分析可知.

如果物体不带电,它与验电器的金属球接触时,将有正电荷转移到物体上,验电器上的金属箔片所带电量减少、斥力减小、张角减小.选项C不正确.

如果物体带正电,与验电器所带电荷种类相同.与物体接触后,有可能是物体上的正电荷转移到验电器上,使验电器金属箔片的夹角加大;也可能是验电器上的正电荷转移到物体上,使金属箔片的张角减小;还可能是不发生电荷转移,金属箔片的张角不变.但绝对不会出现先闭合再张开的情况.选项A也是错误的.

物体上带有负电,如带等量负电荷,发生中和后,验电器金箔因不带电而合上;当带电量小于验电器的带电量时,部分发生中和,总电量减少,所以验电器金箔虽然张开一个角度,但张角减小.只有物体上带负电,而且负电的电量比验电器所带正电的电量还要大,才能使物体上的负电荷转移到验电器上,与验电器上的正电荷中和,并且进一步使验电器带负电.物体没有与验电器接触前,金属箔片张开一个角度,其上带正电;金属箔片闭合时,正、负电荷中和;金属箔片再次张开一个角度,是因为物体上的负电荷继续传给验电器,验电器和金属箔片带有负电.选项B正确.

### 点评

该题考察了电荷守恒,当两物体相互接触时,如果是异性电荷,应先中和,再重新分配,如果是同性电荷,直接重新分配.电荷间的相互作用关系:同性电荷相排斥,异性电荷相吸引.验电器张角大小与带电多少有关,带电越多,张角越大.

**拓展一** 若验电器原来带正电,一物体接近它,发现验电器张角先减小而后增大?则物体带什么电?

**解析** 如果物体带正电,根据同性电荷相排斥的原则,验电器的张角会增大,不会减小;若物体不带电,验电器上的电会感应物体,验电器上部聚集的正电荷增多,而下部正电荷量减少,张角变小;若物体带等量的负电,根据异性电荷相吸引,验电器上的正电荷尽可能地移到上端,因此张角消失;若物体所带负电荷量小于验电器所带正电荷,验电器张角只会减小;当物体所带负电荷量大于验电器所带正电荷量时,验电器的张角会先减小而后增大.

**拓展二** 用细线分别悬挂三个轻质通草球,若其中任意两个靠近时,都会发生相互吸引现象,则 ( )

- 其中一定有一个不带电,另外两个带同种电荷
- 其中一定有一个不带电,另外两个带异种电荷
- 其中只有一个带电,另外两个不带电
- 三个小球都带电

**解析** 如果三个小球都带电,又只有两种电荷,那么,必定应有两个小球要带同种电荷,而同种电荷相互排斥,则不能出现两两相吸的现象,因此D不正确。

如果三个小球中只有两个小球带电,且带同种电荷,必定相互排斥,不合题意;若这两个小球带异种电荷,相互吸引,它们又分别可以吸引另一个不带电的小球(因为带电体可以吸引轻小物体),因此B正确,A不正确。

如果三个小球中,只有一个小球带电,另外两个不带电的小球互相不吸引,因此C也不正确。答案:B

**点评** 轻质通草球,通常可以理解为轻小物体。

**拓展三** 两个相同的验电器A和B,A带正电,B不带电,用一根带绝缘柄的铜棒把两个验电器的金属球连接起来,如图5-1所示,瞬间

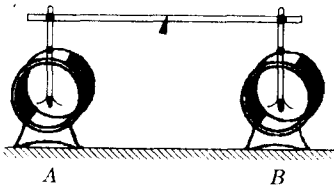


图 5-1

- ( )
- A. 有正电荷从A向B移动
  - B. 有电子从A向B移动
  - C. 电流方向从A到B
  - D. 电流方向从B到A

**解析** 验电器A带正电,说明A缺少电子。验电器B不带电,说明B即不缺电子,也不多电子。当用一根带绝缘柄的铜棒把两个验电器的金属球连接起来的瞬间,由于金属中只有电子可以自由移动,所以铜棒中会有自由电子从B向A移动,又由于电子补充不足,会使两个验电器都因缺少电子而带正电。

因为正电荷移动的方向为电流方向,而自由电子移动的方向与电流方向相反,所以电流方向从A向B,只有C正确。

**点评** 在酸、碱、盐水溶液中,正、负电荷同时向相反方向移动。但是,仍然把正电荷定向移动的方向规定为电流方向。

**例2** 试分析如图5-2所示的电路中,开关 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 对电路的控制作用。

**解析** 灯 $L_1$ 与开关 $S_1$ 串联,灯 $L_2$ 与 $S_2$ 串联,两盏灯并联后再与 $S_3$ 串联。根据上述分析可知,开关 $S_1$ 控制灯 $L_1$ ;开关 $S_2$ 控制灯 $L_2$ ; $S_3$ 闭合时,两盏灯才可能亮;当 $S_3$ 断开时,两盏灯都不会亮。若 $S_3$ 闭合后, $S_1$ 断开 $L_1$ 灭, $S_1$ 闭合 $L_1$ 亮, $S_2$ 断开 $L_2$ 灭, $S_2$ 闭合 $L_2$ 亮。

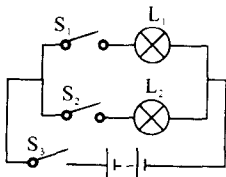


图 5-2

### 点评

开关用于控制与它串联的用电器。有些开关连接在干路上，叫总开关，控制整个电路。有些开关连接在支路上，控制所在支路的用电器。使用时，必须先合上总开关，再合上分开关时，与分开关串联的灯才可能亮。

**拓展一** 按照下列要求连接图 5-3 中的各实物，并在虚框内画出相应的电路图。要求

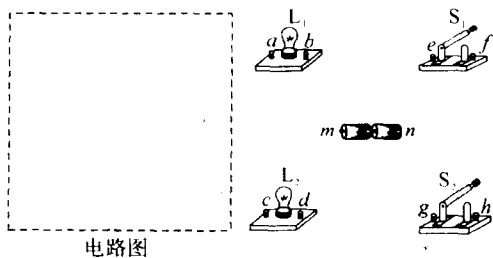


图 5-3

- (1) 灯  $L_1$ 、 $L_2$  并联；
- (2) 开关  $S_1$  控制整个电路，开关  $S_2$  控制  $L_2$

**解析** 按题目需要把灯  $L_1$ 、 $L_2$  并联，还要求  $S_1$  控制整个电路、 $S_2$  控制  $L_2$ 。由此可判定  $S_2$  与  $L_2$  是串联的，它们串联后再与  $L_1$  并联； $S_1$  位于干路之中，控制整个电路的通断。按上述分析可画出电路如右图 5-4。连接电路时，要先将开关打开。按电路图的连接顺序（例如从电源正极开始），依次连接各电路元件。具体地讲，用导线连接  $m$ 、 $a$  及  $m$ 、 $c$  连接  $b$ 、 $f$ 、 $d$ 、 $g$ 、 $f$ ；从  $e$  连线到  $n$ 。接好后再检查一遍，不能出现连接错误。

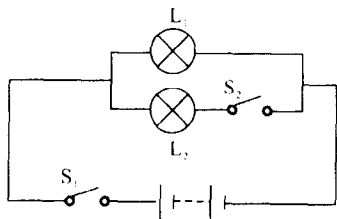


图 5-4

### 点评

设计电路就是根据具体要求，运用电路的有关知识，安排各电路元件的连接方式，并且画出美观的电路图。画电路图的关键是弄清各电路元件之间的关系。

**拓展二** 计划在楼梯安一盏灯，要求在上楼前使灯点亮，在上楼后将灯关灭；在下楼时也能按序开、关灯。应当如何连接，画出电路

**解析** 在楼的上、下两位置都能开、关灯，应当在楼的上、下两个位置各安装

一个开关.这种开关与一般的开关不同,它有一把“刀”和多个“触头”(如果某个开关有一把刀,多个触头,就把它叫做单刀多掷开关).当刀与触头接触时,电路被接通.

安装楼梯灯,也需要用单刀双掷开关.画出电路图如图 5-5 所示.当楼下开关  $S_1$  的刀与触头 A 相接,楼上开关  $S_2$  的刀与触头 C 相接时,电路断开,电灯不亮.当楼下开关  $S_1$  的刀与触头 B 相接,楼上开关  $S_2$  的刀与触头 D 相接时,电路断开,电灯也不亮.在上楼前,扳动开关  $S_1$ ,将刀与触头的连接部位由 A 变为 B(或由 B 变为 A), $S_2$  的连接情况不变,电路被接通,电灯发光;在上楼后,扳动开关  $S_2$  将刀与触头的连接部位由 C 变为 D(或由 D 变为 C), $S_1$  的连接情况不变,电路被断开,电灯熄灭.

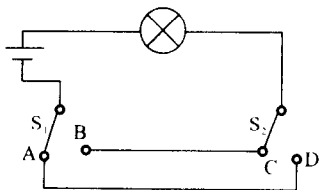


图 5-5

**点评** 弄清单刀双掷开关的结构,利用好开关用于控制与它串联的用电器是解决本题的关键.

**拓展三** 某医院要安装一种呼叫电铃,使各病床的病人均可单独呼叫,只要按床头的电键,值班室的电铃就响,且与该病床相对应的指示灯亮.请在图 5-6 中画出正确的连接方法.

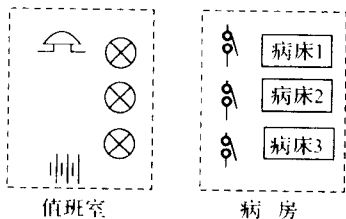


图 5-6

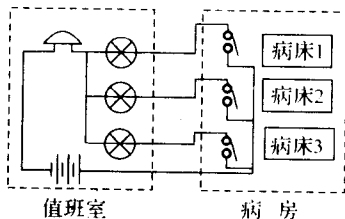


图 5-7

(1994 年全国物理知识竞赛)

**解析** 由题意知,要求每盏指示灯均由与之对应的床头开关控制,各自独立,互不影响,那么,我们的对策就是将每盏指示灯与对应的床头开关串联作为一条支路,各指示灯电路应彼此并联.另外要求,不论哪位病人按动电键,电铃都能发出响声,则此电铃应该接在干路上.根据上述分析,我们可画出如图 5-7 所示的混联电路.

**拓展四** 大街的十字路口装有红、绿、黄灯共 12 盏,为了使在车辆南北方向

通行时,南、北路口绿灯亮,东、西路口红灯亮;在车辆东西方向通行时,东、西路口绿灯亮,南、北路口红灯亮.并要求在红灯亮与绿灯亮相互切换的中间,先使黄灯发光.今在交通岗亭内装有一只一刀三掷开关,问应怎样连接电路,才能达到要求?将电路图绘在图 5-8 上,并说明控制电灯发光的操作过程.

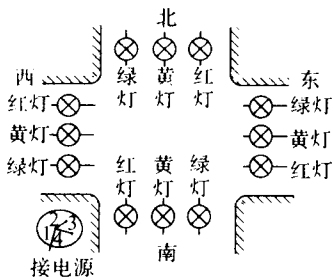


图 5-8

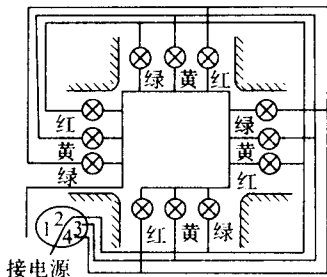


图 5-9

**解析** 方式一,如图 5-9 所示,用并联方法连接,即分三条支路,第一条支路为南北绿灯、东西红灯组成,各灯为并联,由触点 2 控制.第二条支路为四盏黄灯,也为并联,由触点 3 控制.第三条支路为南北红灯、东西绿灯组成,各灯也为并联,由触点 4 控制.使用时开关工作顺序依次为 1 接 2、3、4 再接到 3、2、3、4、3、2、3……这样各灯就符合题意地工作了.

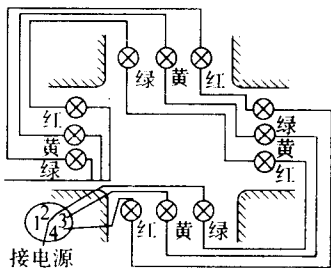


图 5-10

方式二,如图 5-10 所示,各灯之间采用的是串联方式连接,但分为三条支路,当开关将 1-2 两触点连通时,南北方向的绿灯、东西方向的红灯同时发光,车辆南北通行;当开关将 1-3 两触点连通时,南北方向和东西方向的四盏黄灯发光;当开关将 1-4 两触点连通时南北方向的红灯、东西方向的绿灯同时发光,车辆东西通行.只要再顺次地将掷刀合向 3、2、3、4、3……就可以达到控制的目的了.

**点拨**

(拓展三、四)解答设计实用电路图问题时,首先要根据题目的要求确定电路的连接方式,弄清哪些器件应串联,哪些器件要并联,哪些器件处于干路中,然后构思,并画出电路图,而且电路图中各器件的位置尽量跟所给实物位置相对应,连接后还需检查,看是否符合设计要求。

**拓展五** 图 5-11 所示黑匣表面有 A、B、C 三个接线柱和灯泡、电铃各一只,为了探明内部接线情况,用导线连接 A、C 时,灯亮铃不响;连接 A、B 时,铃响灯不亮;连接 B、C 时,灯不亮,铃也不响。请根据上述情况画出黑匣内连接的电路图。

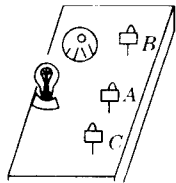


图 5-11

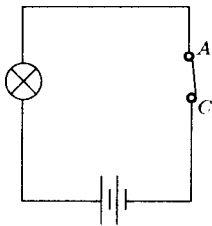


图 5-12

**解析** 本题中,当用导线将 A、C 接线柱接通时,灯亮铃不响,表明电灯一定与电源通过 A、C 构成通路,可设想电路图如图 5-12 所示。至于电源和灯泡与导线 A、C 的位置存在着几种可能,光凭导线连接 A、C 出现的情况无法确定。这时电铃不响,表明电铃与电源和导线 AC 不构成通路。

当用导线将 A、B 连接时,铃响灯不亮,则表明这时电铃与电源通过导线 AB 构成通路,而电灯与电源和导线不构成通路,根据这一情况推理,电源既要在导线连接 AC 时与电灯构成通路,又要在导线连接 AB 时与电铃构成通路,且灯亮时铃不响,铃响时灯不亮,表明灯与铃分别属于不同支路,彼此并联,而电源必定处于并联电路的干路部分,修正原构思电路中电源的位置如图 5-13 所示。

进一步思考,用导线连接 B、C 灯不亮,铃不响,表明电灯和电铃与导线 BC 构成的电路中,没有电源,不能形成电流。经检验,确定修正后的电路 5-13 即为匣内连接的电路图。

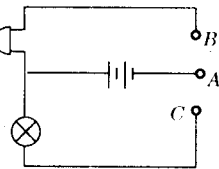


图 5-13

### 点评

解答黑匣问题的基本程序是根据题中提供的内部、外部情况,构思电路,即从现象出发进行推理,在推理过程中不断修正原来的构思的电路,一直要找出适合于各种外部条件和内部条件的电路,即为符合要求的答案。

**例3** 关于电源的说法错误的是 ( )

- A. 电源的作用是在电源内部使正、负电荷分开
- B. 电源是把其他形式的能转化为电能的装置
- C. 电源是提供电压的装置
- D. 电源是产生电荷的装置

**解析** 电源的作用是在电源内部使正、负电荷分开,把正电荷聚集在一个极板上,负电荷聚集在另一个极板上,使正、负两个极板形成电压,促使电荷在闭合的通路中定向移动形成持续的电流。

电源工作时,把其他形式的能转化为电能,因此,A、B、C均是正确的。

电荷即不能产生,也不能消失,所以说“电源是产生电荷的装置”是错误的。

**答案** D

### 点评

中学物理中有四个守恒定律:其中之一是电荷守恒定律,物体带电的方法有三种,无论哪种其实质都是电荷的转移。“产生电荷即是生成电能”,这种说法违反守恒定律,故是错误的。

**例4** 关于导体和绝缘体,下列说法中正确的是 ( )

- A. 导体内有大量的电荷,绝缘体内没有电荷
- B. 各种金属都属导体,各种非金属都属绝缘体
- C. 金属导体中的电流是自由电子的定向移动形成的
- D. 金属导体中的电流的形成既有自由电子,又有正、负电荷定向移动的贡献

**解析** A在导体和绝缘体内都有大量的电荷,但是在导体中有许多自由移动的电荷,而在绝缘体中几乎没有能够自由移动的电荷。

B.各种金属都是导体,但非金属不全是绝缘体,例如石墨是非金属,但它却是导体。

C.金属导体中的电流是自由电子的定向移动形成的,正电荷并不动,所以C正确,D不正确。

**答案** C

**点评** 在酸、碱、盐水溶液导电时,正、负电荷同时向相反方向定向移动形成电流.

**思考** 绝缘体不容易导电是因为?

**解析** 绝缘体不容易导电是因为绝缘体中可以自由移动的电荷数很少,在电压作用下,无法形成电流,因此绝缘体不容易导电.

**拓展** 如图 5-14 所示的电路中, A、B 为两个金属夹,分别在两个金属夹之间接入硬币、铅笔芯、橡皮或塑料尺.闭合开关后观察小灯泡是否发光,在观察到小灯泡发光时,两金属夹之间接入的可能是下列哪组材料 ( )

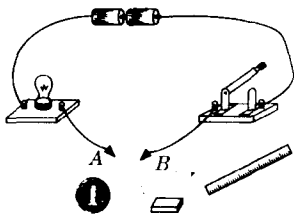


图 5-14

- A. 硬币或橡皮
- B. 铅笔芯或硬币
- C. 橡皮或塑料尺
- D. 塑料尺或铅笔芯

**解析** 如果能观察到小灯泡发光,在两金属夹之间一定接入的全是导体.

A. 硬币是导体,橡皮是绝缘体;B. 铅笔芯与硬币都是导体;C. 橡皮与塑料尺都是绝缘体;D. 塑料尺是绝缘体,铅笔芯是导体.

**答案** B

**点评** 形成电流的必要条件之一是闭合回路中要有自由移动的电荷,即闭合回路所接的全是导体.

## 巩固练习

### 一、选择题

- 关于短路,以下说法正确的是 ( )
  - A. 将用电器直接接在电源上叫短路
  - B. 将用电器通过开关接在电源上叫短路
  - C. 将导线不通过用电器直接接在电源上叫短路
  - D. 将连接电路的导线缩短叫短路
- 通常情况下,下列几种材料中都是导体的是 ( )
  - A. 铜、石墨、纯水
  - B. 盐水、石墨、稀硫酸
  - C. 大地、塑料、油材
  - D. 铝、陶瓷、硅



3. 关于电流和电源,下列说法中正确的是 ( )
- A. 电路中只要有电源,就一定产生电流  
 B. 电流是由电荷的无规则运动形成的  
 C. 电流的方向总是从电源的正极流向负极  
 D. 电源外部,电流总是从电源的正极流向负极
4. 下列说法中正确的是 ( )
- A. 导体能够导电,也能够带电  
 B. 绝缘体不能导电,也不能带电  
 C. 导体能够导电,但是不能带电  
 D. 绝缘体不能导电,但能够带电
5. 有甲、乙、丙、丁四个带电小球,已知甲吸引乙、甲排斥丙、丙吸引丁,则甲、乙、和丁的相互作用是 ( )
- A. 甲吸引丁,乙排斥丁  
 B. 甲排斥丁,乙吸引丁  
 C. 甲、乙都吸引丁  
 D. 甲、乙都排斥丁

## 二、简答题

1. 试指出图 5-15 所示各电路图错误.

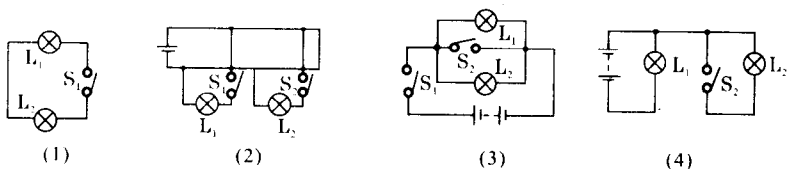


图 5-15

2. 用手握铜棒与丝绸摩擦,铜棒不能带电.戴上橡皮手套,握着铜棒和丝绸摩擦,铜棒就会带电.为什么两种情况有不同的结果?
3. 根据图 5-16 所示,回答下列问题:

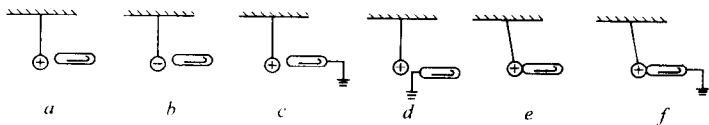


图 5-16

- (1) 将一个带正电的金属小球移近一个绝缘的不带电导体时(图 a),小球受到吸引力还是排斥力?
- (2) 若小球带负电(图 b),情况将如何?

- (3)若当小球在导体近旁(但未接触)时,将导体远端接地(图 *c*),情况如何?  
 (4)若将导体近端接地(图 *d*),情况如何?  
 (5)若导体在未接地前与小球接触一下(图 *e*),将发生什么情况?  
 (6)若将导体接地,小球与导体接触一下后(图 *f*),将发生什么情况?

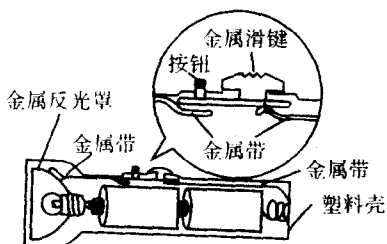


图 5-17

4. 图 5-17 为一种手电筒的结构图. 它有两种接通方式. 短时间使用时按下按钮. 长时间使用时向前推动滑键. 请对照实物剖面图画出这种手电筒的电路图.

(1997 全国物理知识竞赛)

## 第二节 串联和并联

### 重点精讲

#### (一) 串联和并联

##### 串联电路

电路元件逐个顺次连接起来的电路

特点: 电流只有一个通道, 通过某一元件的电流同时也全部通过另外的各元件, 电路中任何一处断开, 整个电路断开.

##### 并联电路

电路元件并列连接起来的电路

特点: 电流有分支, 有多条电流路径, 各条路径互不影响, 可以相互独立

#### (二) 怎样识别电路的串联或并联

方法一 由图形来判断, 将非标准形的电路改画成标准电路来判断

方法二 看电路是否有分支来判断, 电路不分叉的是串联电路, 电流有分叉

又有汇合点的是并联电路

**方法三** 用电路的通断来判断. 电路在任一处断开, 整个电路就停止工作的是串联电路, 某一支路断开, 其他支路仍工作的电路是并联电路, 并联电路中, 几个用电器互不影响, 可以分别控制.

一个电路里, 用电器既有串联又有并联的电路叫混联电路.



## 范例精解

**例1** 图 5-18 中四个灯泡的连接方式是 ( )

- A. 四灯串联                      B. 四灯并联.  
C.  $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$  并联, 再与  $L_1$  串联      D.  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  并联, 再与  $L_4$  串联.

(1996 年全国物理知识竞赛)

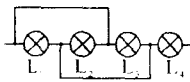


图 5-18

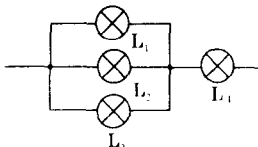


图 5-19

**解析** 做出等效电路如图 5-19 所示, 知  $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$  并联后再与  $L_1$  串联. D 选项正确.

**点评** 此类题的关键是作等效电路图. 作图时注意安培表连接可当作导线直接连接, 也可视为短路, 伏特表连接当作断路.

**例2** 如图 5-20 所示, 若使电灯  $L_1$  与  $L_2$  并联, 下列做法中正确的是 ( )

- A. 只闭合开关  $S_1$   
B. 只闭合开关  $S_2$   
C. 只闭合  $S_1$  和  $S_3$   
D. 开关  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  全闭合

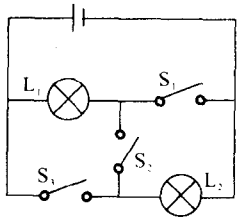
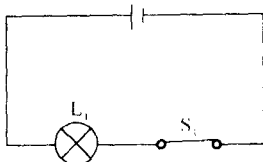


图 5-20

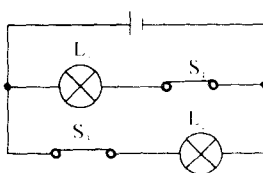
**解析** 根据题意, 画出等效电路图, 如图 5-21 所示. C 选项正确

A. 只闭合开关  $S_1$



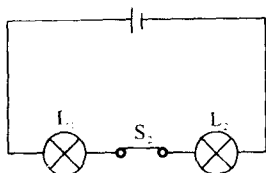
基本电路

C. 闭合开关  $S_1$  和  $S_3$



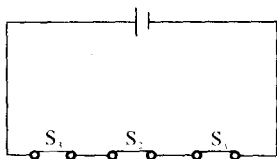
并联电路

B. 只闭合开关  $S_2$



串联电路

D. 开关  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  全闭合



短路

图 5-21

**点评** 等效电路: 虽然电路表面连接情况有所不同, 但实际效果都是相同的。此类题作等效电路是解题的关键。

**拓展** 如图 5-22 所示的电路, 下列说法错误的是

- A.  $S_1$ 、 $S_2$  都断开, 没有灯发光
- B.  $S_1$ 、 $S_2$  都闭合, 灯  $L_2$ 、 $L_3$  并联
- C. 闭合  $S_1$ , 断开  $S_2$ , 灯  $L_1$ 、 $L_2$  串联
- D. 断开  $S_1$ , 闭合  $S_2$ , 灯  $L_2$ 、 $L_3$  发光

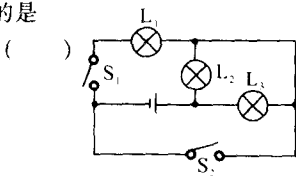


图 5-22

**解析**  $S_1$ 、 $S_2$  都断开时, 电路是断路,  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  均不发光。

只闭合  $S_2$ , 灯  $L_2$ 、 $L_3$  并联, 均可发光。灯  $L_1$  和开关  $S_1$  都被  $S_2$  短路, 因此不论是  $S_1$  断开还是闭合, 灯  $L_1$  均不发光。

闭合  $S_1$ , 断开  $S_2$ , 灯  $L_2$ 、 $L_3$  并联后再与  $L_1$  串联, 由于是混联电路, 因此, 灯  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  均发光。C 选项正确

**点评** 开关闭合与断开后, 画出等效电路是解决问题的关键。

**例3** 图 5-23 所示的是教板上有两个小灯座, 它们的两旁  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  为四个

接线柱,灯座上安装着两个完全相同的灯泡,且都能发光,教板后的接线情况待确定。(1)若不允许用其他任何仪器,电路已经接通,怎样判断它们是串联还是并联?说出你的办法和理由。(2)若给你一只电压表和若干导线,你怎样判断它们是串联还是并联?

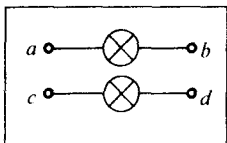


图 5-23

**解析** 根据串联、并联电路的特点来进行:

(1) 拧下其中一只灯泡,若另一只灯泡照常发光,说明两灯并联;若另一只灯也熄灭,表明两灯串联.这是因为两灯并联时,拧下一只灯,另一只灯仍然与电源构成通路;而串联时,拧下一只灯,整个电路都处于开路状态,剩下的一只灯当然也就不亮了.

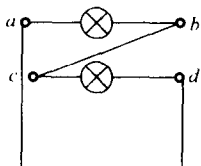


图 5-24

(2) 设想两灯串联如图 5-24 所示. 由于两灯完全相同,如每个灯泡两端电压为  $U$ ,则用电压表测试时,

$$U_{ab} = U_{ac} = U_{bd} = U_{cd} = U,$$

$$\text{而 } U_{ad} = 2U, U_{bc} = 0$$

设想两灯并联如图 5-25 所示. 如每个灯泡两端电压为  $U$ ,则用电压表测试时,

$$U_{ab} = U_{cd} = U_{ad} = U_{bc} = U,$$

$$U_{ac} = U_{bd} = 0.$$

根据上述分析,只要将电压表依次接在任意两个接线柱之间,分别测出六组电压值,若四次测量值相等,一次测量值是四次测量值的两倍,一次测量值为零,则两灯串联;若四次测量值相等,两次测量值为零,则两灯并联.

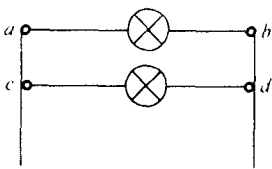


图 5-25

**点评** 这是属于电路黑盒子问题,主要根据串、并联电路的特点来处理.

**例4** 图 5-26 所示为小刚所连的两盏白炽灯和两上插座的电路图,通电后发现不能正常工作.下面几个措施中可能引起危险的是 ( )

A. 拆掉灯丙,两条导线连在一起

- B. 拆掉插座甲, 两条导线连在一起  
 C. 拆掉开关  $S_3$ , 两条导线连在一起  
 D. 拆掉开关  $S_2$ , 两条导线连在一起

(1999 全国物理知识竞赛试题)

**解析** A. 拆掉灯丙, 两条导线连在一起, 形成短路, 可能引起危险. B. 拆掉插座甲, 电路仍能正常工作. C. 拆掉开关  $S_3$ , 两条导线连在一起, 相当于通路. D. 拆掉开关  $S_2$ , 两条导线连在一起, 灯座在电路上, 电路仍能正常工作.

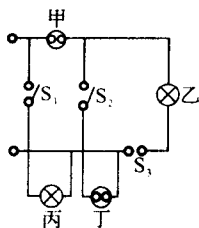


图 5-26

**答案** A

**点评** 电路发生危险主要是短路形成的, 弄清拆除后是否形成短路或断路.

**例5** 电工师傅要在院子里装一盏灯, 灯泡与室内的灯泡完全相同, 并且共用一个开关. 他打算在闭合开关时两灯同时正常发光, 断开开关时两灯同时熄灭, 他要一位学徒电工进行操作, 学徒电工把连接院子里的电灯的两根导线直接接到室内电灯开关的两个接线螺丝上, 结果没有达到目的, 在图 5-27(甲)中画出学徒电工安装的电路图, 并说明当开关断开和闭合时两灯是否发光及亮度情况, 然后在图 5-27(乙)中画出正确的电路图.

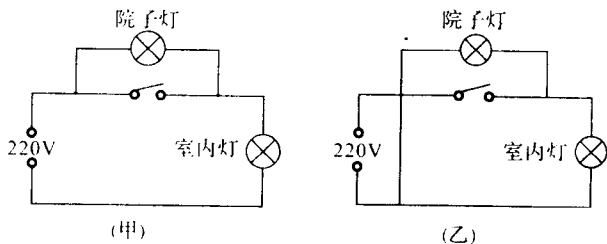


图 5-27

(1997 年全国竞赛试题)

**解析** 在图 5-27(甲)中开关闭合时, 院子里的灯不发光, 屋里的灯正常发光, 开关断开时, 两灯都发光, 但都很暗.

这道题首先要弄清学徒工的操作过程是将院子里灯与开关并联, 再与室内灯串联接入电路的; 其次要能根据串并联电路的知识, 明确为达到安装要求的正确操作过程.

# 巩固练习

## 一、选择题

1. 在如图 5-28 所示的各个图中, 正确的电路图是 ( )

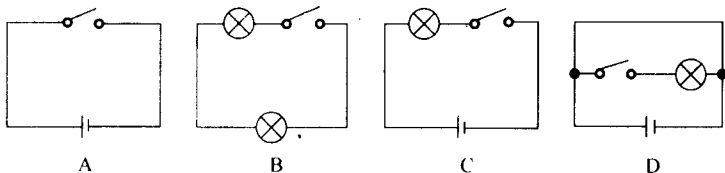


图 5-28

2. 电路中连有三个电灯, 开关一闭合, 三个灯都发光; 开关一断开, 三个灯都熄灭, 由此来判断三个灯的连接方式 ( )

- A. 一定都是串联  
B. 一定都是并联  
C. 一定都是混联  
D. 上述三种情况都有可能

3. 有两个灯泡  $L_1$ 、 $L_2$ , 一个蓄电池, 一个电键及若干导线组成的电路, 当电键断开时,  $L_1$ 、 $L_2$  均发光, 当电键闭合后,  $L_1$  不发光,  $L_2$  仍发光, 则发生这种现象的可能原因是电键的 ( )

- A. 一个接线柱短路  
B. 两个接线柱直接和电源两极并联  
C. 两个接线柱直接和  $L_1$  两接线柱并联  
D. 两个接线柱直接和  $L_2$  两接线柱并联

4. 如图 5-29 所示, 是四个实物电路连接图, 其中连接错误的一个图是 ( )

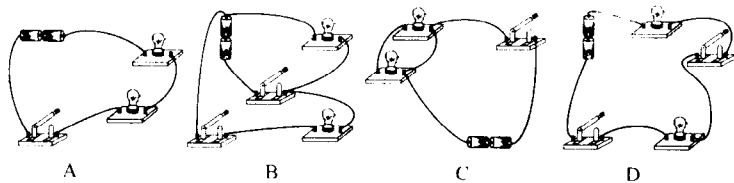


图 5-29

5. 下列关于串联电路的说法中, 错误的是 ( )

- A. 各用电器是逐个顺序连接起来的  
B. 若一个用电器内部开路, 其余用电器仍可能正常工作

C. 开关可使电路中的各灯泡同时发光或同时熄灭

D. 连接电路时, 开关可从电池的正极或负极处接出, 也可将开关接在用电器之间.

6. 在如图 5-30 所示的电路中, 下面说法正确的是 ( )

A. 电流表的示数就是电路的总电流

B. 这个电路是个并联电路

C.  $S_1$  闭合时两个灯泡全都亮

D.  $S_2$  只能控制一盏灯, 而  $S_1$  能控制两盏灯

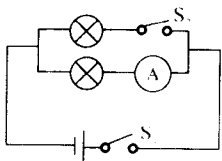


图 5-30

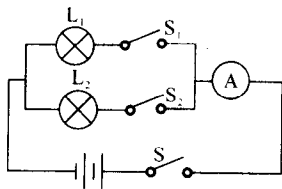


图 5-31

7. 在图 5-31 所示的电路中, 灯泡  $L_1$  和  $L_2$  完全相同, 当  $S, S_1, S_2$  都闭合时, 电流表的读数是 0.54 安, 下面的说法中你认为错误的是 ( )

A. 两个灯泡中的电流相同, 都等于 0.27 安

B. 无论断开  $S_1$  或  $S_2$ , 电流表的的读数都是 0.54 安

C. 无论断开  $S_1$  或  $S_2$ , 电流表的的读数都是 0.27 安

D. 电流表读数是干路电流, 大小等于  $L_1, L_2$  电流之和

8. 如图 5-32 所示, 电源电压为 6 伏的电路中, 两个电灯  $L_1$  和  $L_2$  串联后和电阻  $R$  再串联. 接通电路后两灯都不亮, 用电压表检查发现:  $L_1$  两端电压为零,  $L_2$  两端电压为零,  $R$  两端电压 6 伏, 电源两端电压 6 伏, 则可能是 ( )

A.  $L_1$  断路

B.  $L_2$  断路

C. 电阻  $R$  断路或  $L_1, L_2$  都短路

D. 开关  $S$  断路

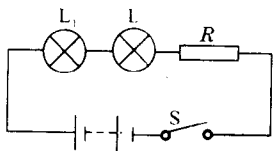


图 5-32

## 二、填空题

- 任何情况下都绝对不允许不经过 \_\_\_\_\_ 而直接将电源两极连在一起.
- 为了用开关控制电灯, 通常把开关跟电灯 \_\_\_\_\_ 联, 要使房间内各灯的开与关彼此不受影响, 各灯必须 \_\_\_\_\_ 联.



## 第三节 电流的强弱

### 重点精讲

#### (一) 电流

##### 1. 电量

物体所带电荷的多少叫电量,电量的单位是库仑,用字母C表示;

$1\text{C} = 6.25 \times 10^{18}$ 个电子的电量,1个电子的电量  $= 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ ;一个电子所带电量是目前已知的最小带电体,任何物体所带电量都是电子所带电量的整数倍.

##### 2. 电流强度

表示电流的强弱;定义:1s内通过导体横截面的电量叫电流强度.

##### 3. 公式

$$I = \frac{Q}{t}$$

##### 4. 单位

$$1\text{C}/\text{s} = 1\text{A} \quad 1\text{A} = 10^3\text{mA} \quad 1\text{mA} = 10^3\mu\text{A}$$

#### (二) 电流表

##### 1. 电流表(又叫安培表)的作用

测量电路中的电流大小;电流表的符号A.安培表的内电阻一般比电路中的总电阻小得多,所以在不十分精密的测量中,可以近似地认为电路中原有的电流没有受到影响.使用安培表前,要认真观察仪表的量程和最小分度值.观察指针是否对准刻度盘左端零刻度,如果没有对准,要及时校正.

##### 2. 电流表的使用方法

(1) 串联在电路中

(2) “+”、“-”接线柱接法;电流从“+”(红色)接线柱流进电流表,从“-”(黑色)接线柱流出来.

(3) 被测电流不超过电流表的最大测量值.如果不知道被测电流的大约数值,应选用量程最大的电流表预测,或者用试触法判断被测电流是否超过了电流表的最大量程.

(4)绝不允许不经过用电器而把电流表直接连到电源的两极上,否则,电流表将烧坏.

### 电流表上的读数

(1)明确电流表可以测量的最大电流.当左端接“-”,中间接0.6的接线柱,最大量程为0.6A;若接右端3的接线柱,最大量程为3A.

(2)确定电流表的一个小格代表多大的电流.若电流表中间是0.6A,表盘共3个大格,每个大格代表0.2A,表盘上从0到最右端共30个小格,那么每个小格代表0.02A;若接最右端3A,表盘共3个大格,每个大格代表1A,表盘上从0到最右端共30个小格,那么每小格代表0.1A.

(3)通电后,看表针向右总共偏过多少个小格,电流的读数为:

$$I = n \times \text{每小格的读数}$$

或表的读数为:大格的读数 + 小格的读数

### 范例精解

**例1** 通过电风扇的电流是0.4A,它表示 ( )

- A. 1s内通过电风扇的电流是0.4A
- B. 单位时间内通过电风扇的电荷量是0.4C
- C. 1min内通过电风扇的电荷量是0.4C
- D. 1s内通过电风扇的电荷量是0.4C

**解析** 电流应等于1s内通过导体横截面的电荷量是1C,导体中的电流为1A.如果电流是0.4A,就表示1s内通过电风扇的电荷量是0.4C.

**答案** D

#### 点评

电流强度定义是每秒钟通过导体横截面的电荷量,1s、1min或1h都可以理解为单位时间.

**拓展一** 电路中有两个用电器,通过它们的电流分别为 $I_1$ 、 $I_2$ ,且已知 $I_1 > I_2$ ,如果通电时间相等,则通过两个用电器横截面的电荷量为 $Q_1$ 、 $Q_2$ ,比较应该是 ( )

- A.  $Q_1 > Q_2$
- B.  $Q_1 = Q_2$
- C.  $Q_1 < Q_2$
- D. 无法确定

**解析**  $\because I_1 > I_2$  根据公式  $I = \frac{Q}{t}$ ,  $\therefore Q = It$ ,  $\begin{cases} Q_1 = I_1 t_1 \\ Q_2 = I_2 t_2 \end{cases}$ ,  $\therefore \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{I_1 t_1}{I_2 t_2} = \frac{I_1}{I_2}$

$$\therefore Q_1 > Q_2$$

**点评** 根据定义式,如果通电时间相同时,不同导体中的电流与通过导体横截面的总电荷量成正比.

**拓展二** 1个电子器件的表面积为  $10\text{cm}^2$ ,根据需要,它的表面需要镀一层厚  $20\mu\text{m}$  的银层.已知  $1\text{C}$  电量能析出  $1.18 \times 10^{-6}\text{kg}$  银,银的密度  $\rho_{\text{银}} = 10.49 \times 10^3\text{kg/m}^3$ ,镀银时电流为  $2.5\text{A}$ ,问通电时间为多少?

**解析** 银层的质量为

$$m = \rho V = \rho Sd = 10.49 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-4} \times 20 \times 10^{-6}\text{kg} = 2.098 \times 10^{-4}\text{kg}$$

所需通过的电量为

$$Q = \frac{m}{K} = \frac{2.098 \times 10^{-4}}{1.118 \times 10^{-6}} = 1.877 \times 10^2(\text{C})$$

所需时间为

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{1.877 \times 10^2}{2.5} = 75(\text{s}) = 1.25(\text{min})$$

**点评** 银吸收量与通过导体横截面电荷量成正比的关系是解决此类问题的关键.

**拓展三** 某电解液中,每秒有  $0.1\text{C}$  的正电荷通过横截面,同时有  $0.1\text{C}$  的负电荷通过该截面,试求通过该截面的电流为多少?若该电流是由电子定向移动形成的,则每秒钟通过该截面的电子数为多少?

**解析** 电流是由电荷定向移动形成的,规定与正电荷移动方向相同,与负电荷移动方向相反;如正负电荷同时参与运动,则电路中的电流强度为正负电荷所形成电流之和.

$$\text{设正电荷形成的电流为 } I_1 = \frac{Q_1}{t_1} = \frac{0.1}{1} = 0.1(\text{A})$$

$$\text{负电荷形成的电流为 } I_2 = \frac{Q_2}{t_2} = \frac{0.1}{1} = 0.1(\text{A})$$

$$\text{电路中的总电流为 } I = I_1 + I_2 = 0.1 + 0.1 = 0.2(\text{A})$$

若电流是电子定向移动形成的,则电子数为

$$\begin{aligned} N &= \frac{Q}{1.6 \times 10^{-19}\text{C}} = \frac{It}{1.6 \times 10^{-19}\text{C}} = \frac{0.2\text{A} \times 1\text{s}}{1.6 \times 10^{-19}\text{C}} \\ &= \frac{0.2\text{C}}{1.6 \times 10^{-19}\text{C}} = 0.125 \times 10^{19}(\text{个}) \end{aligned}$$

电路中电流方向与正电荷运动方向相同.

**点评** 本题关键是正确理解电流的形成. 电荷的定向移动形成电流, 正电荷和负电荷都可以形成电流. 若电路中同时有正、负电荷参与, 则电流为正、负电荷分别运动形成电流之和.

**拓展四** 某导体横截面上, 每隔 0.2 秒一次性地通过 0.4 C 的正电荷, 试求通过该导体横截面上的平均电流强度是多少?

**解析** 电流强度定义  $I = \frac{Q}{t}$ , 平均电流是指在 0.2 秒时间里通过的电量, 与电量是否平均持续通过, 一次性通过、几次通过无关, 只与通过的电量和这段时间有关.

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{0.4}{0.2} = 2(\text{A})$$

电流的方向与正电荷运动方向相同.

**点评** 正确理解电流强度的定义是解这类题的关键, 电流的大小为通过的电量和所用时间的比. 若求平均电流, 则为通过的总电量与这段时间的比值.

**例2** 在使用电流表的规则中, 以下说法错误的是 ( )

- A. 电流表要串联在电路中
- B. 必须使电流从“+”接线柱流进电流表, 从“-”接线柱流出电流表
- C. 被测电流不要超出电流表的量程
- D. 可以把电流表直接连在电源的两极上, 测电源中的电流

**解析** 电流表的内部构造比较精密, 使用不当, 很容易烧坏电流表. 使用电流表时要求 (1) 电流表要串联在被测电路中. (2) “+”“-”接线柱的接法要正确, 必须使电流从“+”接线柱流进电流表, 从“-”接线柱流出电流表. (3) 待测电流不能超过电流表的最大量程. (4) 由于电流表内阻很小, 因此不能直接连接在电源上, 否则会烧坏电流表. 由上分析知选答案 D.

**拓展** 电流表的表盘如图 5-33 所示, 已知测量时选用的是“-”和“0.6”两个接线柱, 则此时电流表的量程是\_\_\_\_\_, 每 1 个小格表示\_\_\_\_\_, 此电流表的读数是\_\_\_\_\_, 若改用“-”、“3”两个接线柱, 让指针还指在这个位置, 进入电流表的电流为\_\_\_\_\_.



图 5-33

**解析** 对有多个量程的电流表, 实际量程由接入电路的接线柱决定, 其大小在接线柱上标明. 使用“-”和“0.6”两个接线柱, 该电流表的实际量程为 0.6 安. 此时指针所指示的电流值, 由刻度盘下方的数字判定. 刻度盘上的刻度分为三个

大格,量程为0.6安,每一大格为0.2安,一个大格分为十个小格,每一小格为0.02安.图中的指针指在两个大格四个小格处,读数为 $0.4\text{A} + 0.02\text{A} \times 4 = 0.48\text{A}$

若选用“-”、“3”两个接线柱,电流表的实际量程变为3安,刻度盘上的刻度为每一大格为1安,每一小格为0.1安,电流应当为

$$2\text{A} + 0.1\text{A} \times 4 = 2.4\text{A}$$

在横线上依次填入:0.6安、0.02A、0.48A、2.4A.

**例3** 如图5-34仅画出了某电路的一部分,已知流过灯泡的电流是2A,流过 $R_1$ 的电流是1A,方向如图中箭头所示,则流过变阻器 $R_2$ 的电流是 ( ).

- A. 3A,方向由a到b  
B. 3A,方向由b到a  
C. 1A,方向由b到a  
D. 只有画出整个电路,才能作出正确判断

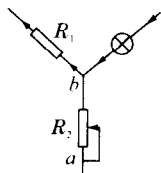


图 5-34

(1999年全国复赛试题)

**解析** 流过变阻器 $R_2$ 的电流是 $2\text{A} - 1\text{A} = 1\text{A}$ ,方向应该是由b到a,正确答案是C.

**点评** 分析b点流入和流出电流的情况可知,三条支路的电流大小应满足流入b点的电流与从b点流出的电流大小相等.

## 巩固练习

### 一、选择题

- 甲、乙两根导体中分别通过64C和32C的电荷量,则 ( )
  - 甲导体中的电流较大
  - 甲、乙两导体中的电流相等
  - 乙导体中的电流较大
  - 条件不足,无法确定
- 图5-35是实验室里常用的电流表,从表盘中可以看出 ( )
  - 它有三个接线柱二个量程:0~0.6A、0~3A
  - 它有三个接线柱三个量程:0~0.6A、0~3A、0~-0.2A
  - 它有三个接线柱四个量程:0~0.6A、0~3A、0~-0.2A、0~3A
  - 以上说法都正确



图 5-35

3.将灯 $L_1$ 、 $L_2$ 连接在电路中,如图5-36所示.现用电流表测定通过灯 $L_2$ 的电流.

图中所示的四个电路中,接法正确的是

( )

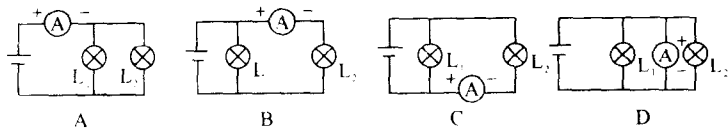


图 5-36

4. 要得到持续的电流只需要

( )

- A. 有电子  
B. 有自由移动的电荷  
C. 有电源而且电路闭合  
D. 有导线

## 二、填空题

1. 如图 5-37 所示的电路中,已知电流表 A 的示数 1.5A,  $A_1$  电流表的示数为 0.5A, 则通过  $R_2$  的电流为 \_\_\_\_\_ A, 1min 内通过  $R_2$  的电荷量为 \_\_\_\_\_ C.

2. 安培表是测量 \_\_\_\_\_ 的仪器, 它应串联在 \_\_\_\_\_ 中使用, 中学实验室用的直流安培表有两个量程, 分别是 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_. 为了避免电流过强损坏安培表, 在不便估计电流强度的情况下, 要先拿电路的一个线头迅速地 \_\_\_\_\_ 最大量程接线柱, 绝对不允许不经过用电器将安培表直接与 \_\_\_\_\_ 相连; 以免由于 \_\_\_\_\_ 将安培表 \_\_\_\_\_.

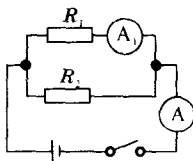


图 5-37

3. 某同学在用电流表测量电路中的电流时, 把电流表的 “-” 和 “0.6” 两个接线柱连入了待测电路, 指针位置如图 5-38 所示, 他记录的数据是 0.24 安. 这个结论是否正确? \_\_\_\_\_. 如果不正确, 分析其原因 \_\_\_\_\_.

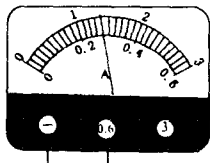


图 5-38

## 三、计算题

- 通过导线的电流是 200 毫安, 1 分钟内通过导线横截面的电量是多少? 有多少电子通过导体横截面?
- 在电解液中, 通电 2 秒钟, 共有 4 库仑的正离子和 4 库仑的负离子通过某截面, 求溶液中电流的方向和大小?
- 电流通过硝酸银溶液时, 1C 的电量能析出  $1.118 \times 10^{-6}$  kg 的银. 若要给个待镀零件镀 10g 的银, 则通过硝酸银溶液的电量是 \_\_\_\_\_ C. 若通电时间是 20min, 则通过硝酸银溶液的电流强度是 \_\_\_\_\_ A.

(1998 年全国复赛试题)

## 第四节 探究串、并联电路中电流的规律

### 重点精讲

#### (一) 实验探究

##### 实验目的

学会用电流表测串联、并联电路各用电器的电流;熟练使用电流表和电灯、用电器。

##### 实验原理

利用电流表测出通过用电器的电流,找出串联、并联电路中电流的关系。

##### 实验电路如右图所示

串联电路见图 5-39 所示;并联电路见图 5-40 所示。

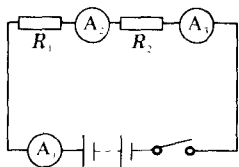


图 5-39

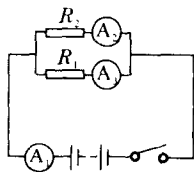


图 5-40

##### 实验器材

电池、不同规格小灯泡多个、电流表、开关、导线。

##### 实验中应注意事项

- (1) 连接电路时,开关应断开;
- (2) 注意电流表量程的选用,使用电流表时,一般先选用大量程。
- (3) 测串联电路中通过灯  $L_1$  的电流,然后测通过灯  $L_2$  的电流,比较两次所测电流,寻找规律。
- (4) 测并联电路中通过灯  $L_1$  的电流,然后测通过  $L_2$  的电流,最后测干路上的电流,比较三次所测结果;寻找规律。
- (5) 换上其他用电器,再次实验,再看是否还有同样的关系。

## (二) 串联、并联电路电流的特点

### 串联电路电流的特点

通过各用电器电流相等

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_N$$

### 并联电路电流的特点

干路电流为各支路电流之和

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N$$

### 并联电路中各支路电流与电阻成反比

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

## 范例精解

**例1** 如图 5-41 所示的电路中,把电流表分别接在  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  四点,测出来的电流值为  $I_a$ 、 $I_b$ 、 $I_c$ 、 $I_d$ ,其测量结果应为 ( )

- A.  $I_a = I_b = I_c + I_d$       B.  $I_a + I_b = I_c + I_d$   
C.  $I_a = I_b + I_c = I_d$       D.  $I_a = I_b + I_c + I_d$

**解析** 在图 5-41 所示的电路中,灯泡  $L_1$  与  $L_2$  并联, $a$  点与  $d$  点均在干路上,电流表可测出干路电流  $I$ ,所以  $I_a = I_d$ , $b$  点和  $c$  点分别在两条支路中,电流表应测出各支路中电流  $I_b$ 、 $I_c$ ,由于并联电路干路中的电流等于各支路电流之和,所以  $I_a = I_b + I_c$ , $I_d = I_b + I_c$ ,故 C 是正确的.答案:C

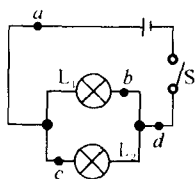


图 5-41

**点评** 两条支路中的电流  $I_b$  与  $I_c$ ,可能相等,也可能不相等,其电流的大小与各支路用电器的阻值有关,但干路电流一定等于各之路电流之和.

**拓展一** 如图 5-42 所示的电路中,已知电流表  $A_1$  的示数为 1A,电流表  $A_2$  的示数为 4A,电流表  $A_3$  的示数为 6A,求通过小灯泡  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  中的电流.

**解析** 由于电流表  $A_1$  与小灯泡  $L_1$  串联在一条支路中,  
 $\therefore I_1 = 1\text{A}$

电流表  $A_2$  测的是  $L_1$  与  $L_2$  两条支路中的总电流,

即  $I_1 + I_2 = 4\text{A}$

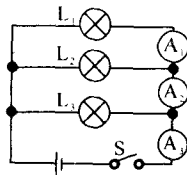


图 5-42



$$\therefore I_2 = 4A - I_1 = 4A - 1A = 3A$$

电流表  $A_3$  测的是  $L_1$  与  $L_2$ 、 $L_3$  三条支路中的总电流，

$$\text{即 } I_1 + I_2 + I_3 = 6A,$$

$$\therefore I_3 = 6A - I_1 - I_2 = 6A - 1A - 3A = 2A$$

**点评** 本题的关键是弄清三个电表所测是流过那些灯的电流，再根据并联电路的电流特点即可求解。

**拓展二** 如图 5-43 所示，电流表  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$  的示数分别为 30mA、50mA、70mA，那么 ( )

A. A 的示数是 120mA

B. A 的示数是 70mA

C. A' 的示数是 80mA

D. A' 的示数是 30mA

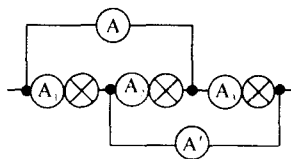


图 5-43

**解析** 由于电流表接在电路中，相当于通路，

因此三个小灯泡之间是并联， $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$  与分别测三个小灯泡中的电流，根据并联电路中干路电流与支路中的电流的关系可知： $I_1 = 30\text{mA}$ ， $I_2 = 50\text{mA}$ ， $I_3 = 70\text{mA}$ ，电流表 A' 测的是  $A_1$  与  $A_2$  中的总电流，即  $I' = I_1 + I_2 = 30\text{mA} + 50\text{mA} = 80\text{mA}$ ，电流表 A 测的是  $A_2$  与  $A_3$  中的总电流，即  $I = I_2 + I_3 = 50\text{mA} + 70\text{mA} = 120\text{mA}$ ，所以 A、C 均是正确的。

**点评** 本题的关键是画等效电路图，必须明确 A、A' 表所测哪些支路电流，干路上的总电流  $I_{\text{总}} = I_1 + I_2 + I_3 = 30\text{mA} + 50\text{mA} + 70\text{mA} = 150\text{mA}$ 。

**例2** 做电学实验时需要测量约 0.5A 的电流，但是实验室内当时只有一个量程为 0.3A 的电流表，如果手边有 12V 学生电源，0~50Ω 的滑动变阻器，电炉用的电阻丝，以及导线和开关，有什么简单办法可以把电表的量程临时地近似改为 0.6A？画出电路图，简述操作步骤。

(1997 年全国竞赛试题)

**解析** 电路图如图 5-44 所示。

**操作步骤：**(1)照图连接电路，滑动变阻器滑片放在电阻最大的位置，开关处于断开状态，电阻丝的 B 端接在电表的一个接线柱上，A 端暂时不连；

(2)闭合开关，调节滑动变阻器，使电流表达达到满刻度；

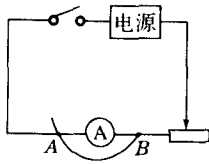


图 5-44

(3)试着将电阻丝的不同位置连在电流表的另一个接线柱上,以改变接入电路中电阻丝的长度.当电流表达到半偏时将这个位置拧紧在接线柱上.

### 点评

这是一道能力要求较高的题目.考查学生能否将并联电路分流的原理,创造性的应用到电表量程扩大上.要求:①根据并联分流的知识和给定器材的特点正确设计出电路.②根据电学实验的操作要求和分流扩大量程的原理,正确得到“半偏法”扩大量程的实施步骤.



## 巩固练习

### 一、选择题

1. 某同学家中有一台电视机、一台洗衣机、两盏照明灯,它们并联使用,工作时的电流分别为 200mA、1A、300mA 和 250mA,当这些用电器同时使用时,干路中的电流是 ( )  
A. 小于 1A  
B. 在 1A~1.5A 之间  
C. 在 1.5A~2 之间  
D. 大于 2A
2. 在某一电路中,有两个大小不同的灯泡,用电流表测量时,发现通过它们的电流相等,则这两个灯泡 ( )  
A. 一定串联  
B. 一定并联  
C. 可能串联  
D. 可能并联
3. 下列关于串、并联电路的说法中错误的一个是 ( )  
A. 在串联电路里,串联很多个不同用电器时,通过每个用电器的电流就不相等了  
B. 在串联电路里,有一个用电器停止工作,其他用电器也停止工作了  
C. 在并联电路里,有一个用电器停止工作,其他用电器仍能正常工作  
D. 在并联电路里,并联用电器越多,干路电流越大
4. 在一次测串联电路中电流时,闭合开关后,发现灯泡时明时暗,电流表指针也来回晃动,则可能发生的故障原因是 ( )  
A. 导线断开  
B. 开关接触不良  
C. 灯泡与灯座接触不良  
D. 电流表损坏
5. 电阻  $R_1$ 、 $R_2$  并联在电路中,已知  $R_1 = 10$  欧,  $R_2 = 5$  欧,则通过  $R_1$ 、 $R_2$  的电流之比为 ( )  
A. 1:1  
B. 2:1  
C. 1:2  
D. 3:1
6. 如图 5-45 所示电路中,电源电压不变,将  $S_1$  和  $S_2$  都闭合时,电流表  $A_1$  的示数

为 1 安, 电流表  $A_2$  的示数为 1.5 安. 已知电阻  $R_1 = 6$  欧, 则下面说法正确的是 ( )

- A. 电阻  $R_2$  是 9 欧  
 B. 电阻  $R_2 = 12$  欧  
 C. 将  $S_2$  断开时电流表  $A_1$  的示数不变  
 D. 以上说法都不正确

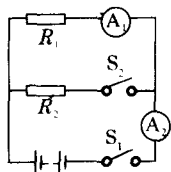


图 5-45

## 二、填空题

- 三个灯泡并联接入电路, 要求一次测出各支路及干路电流, 至少需要接入电流表\_\_\_\_\_只; 如三个灯串联接入电路, 要求一次测出各灯泡电流和干路电流, 至少需要\_\_\_\_\_只电流表.
- 教室有 8 盏灯, 每盏灯电流为 0.2A, 两台电风扇, 每台电流为 0.3A, 若教室允许通过的电流为 3.9A, 教室内除安装一台电视机(电流为 0.4A)外, 还能安装同样规格的灯\_\_\_\_\_盏.

# 第五节 家庭用电

## 重点精讲

### (一) 家庭电路

#### 家庭电路的组成

低压供电线路 → 电能表 → 闸刀开关 → 保险盒 → 插座 → 用电器 → 开关等.

#### 各主要组成部分的作用

低压供电线路: 由火线、零线构成. 火线与零线之间的电压为 220V, 零线对地电压为零.

电能表: 是记录用电量的仪表. 它能测出某一段时间里耗用的电能.

闸刀开关: 控制家庭电路的总开关.

保险盒: 电路里的保险装置, 里面有保险丝. 当电路中的电流超过规定值时, 保险丝会自动熔断.

保险丝:

(1) 保险丝的作用: 把保险丝串联在电路里, 电流超限度前能自动切断电路;

(2) 保险丝的选用: 家庭照明用的保险丝是由电阻率比较大而熔点较低的铅锑合金制成的.

注意:在照明电路里千万不能用铜丝代替保险丝,因为铜丝在电流过强时不熔断,起不到保险作用。

插座:可给移动的家用电器供电,应并联在电路中。

用电器:利用电能工作的器件,使用时都应并联在电路中。

开关:可控制用电器的通断,应与被控制的用电器串联。

### 家庭电路的连接方法

家用电器全是并联接入电路,而每一个用电器都与一个开关串联,一个用电器的通断不影响其他用电器。

### 接地的作用

在三孔插座中,除了两个孔分别接火线和零线外,另一个孔是接地的,目的是为了防止部分用电器(如电冰箱、洗衣机)工作时因内部火线绝缘层破损而失去绝缘性能,致使火线与用电器外壳接通,造成触电事故。

### 测电笔的使用

测电笔是用来辨别火线和零线的,使用时应用手接触笔尾的金属体,笔尖接触电线(或与电线连通的导体),若氖管发光,表示接触的是火线;若氖管不发光,表示接触的是零线。

目前新建楼房的供电系统中已经不再使用保险丝了,而是使用一种自动控制的安全电路。当用电负荷过大或发生短路时,电路会自动切断;如果地面上的人碰到火线而使火线与大地经人体构成通路,电路也会自然切断,以保人身安全。

## (二)安全用电

### 触电

是指一定强度的电流通过人体所引起的伤害事故。通过人体的电流决定于外加电压和人体电阻。大量实验研究指出,1mA左右的电流通过人体时,会使人产生麻的感觉;在不超过10mA时,人尚可挣脱电源;超过30mA的电流就能使人感到剧痛,甚至神经麻痹,呼吸困难,有生命危险;电流达到100mA时,3s就可使人窒息,心脏停止跳动。经验证明,只有不高于36V的电压才是安全的。

### 触电的方式

低压触电方式有两种:一种是单线触电,即站在地上的人直接接触到火线,形成回路,有电流通过人体;另一种是双线触电,即人同时触到两根电线,形成回路,造成触电。高压触电方式有两种:一种是高压电弧触电,即人体靠近高压带电体时,会发生放电现象,有电流通过人体;另一种是跨步电压触电,即高压输电线落在地上,地面上与电线断头距离不同的各点间存在着电压,当人走近断头时,两脚

位于离断头远近不同的位置上,因而造成两脚间有电压(跨步电压),有电流通过人体.

### 安全用电措施

(1)防止人体接触火线.(2)警惕本来不带电的物体带电.(3)不靠近高压带电体.

### 范例精解

**例1** 如图 5-46 所示的是民用 220V 电源的电路. 开关 S 闭合时电灯不亮, 但  $a$ 、 $b$  两点均能使测电笔的氖管发光, 那么, 故障可能是(只考虑出现一处故障的情况) ( )

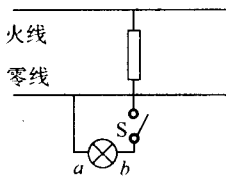


图 5-46

- A.  $a$ 、 $b$  两点间短路  
B. 灯丝断了  
C. 零线断了  
D. 火线断了

(第五届全国初中物理知识竞赛试题)

**解析** 某处若能使氖管发光, 则在该处与测电笔和人构成串联通路. 现在  $a$ 、 $b$  均能使氖管发光, 说明它们和火线之间均是相通的, 没有断路, 包括灯泡、开关 S、保险丝都是通路, 不断. 那只有零线断路. 故本题答案选 C.

**点评** 家庭电路故障大致分为两大类: 一类是由于短路或用电器使用过多, 造成电流过大, 形成的故障, 主要通过检查保险丝是否被烧断来判断; 另一类故障是由于各种原因(导线接触不良、火线或零线断路、灯丝烧断等)形成的断路现象. 判断这类故障只要用测电笔来检查, 可以从火线入手, 将开关闭合, 用测电笔测量各个连接点是否能使氖管发光, 能发光的地方都是与火线连通的, 不能发光的说明该段线路有断路故障. 如果家庭电路中所有用电器都不能工作, 则说明干路上有故障. 下面看一组题.

**拓展** 小刚家中的几盏电灯突然全部熄灭了, 检查保险丝发现并未烧断, 用测电笔测试各处电路时, 氖管都发光. 他对故障作了下列四种判断, 其中正确的是 ( )

- A. 灯泡全部烧坏了  
B. 室内线路某处短路  
C. 进户火线断路  
D. 进户零线断路

(第十一届全国初中应用物理知识竞赛试题)

**解析** 首先检查保险丝发现并未烧断, 说明电路中没有发生短路现象, 所以

答案 B 是不可能的,可以排除.其次,用测电笔测试室内各处电路时,发现测试火线和零线氖管都能发光,说明电路中火线没有烧断,因此答案 C 可以排除.另外用测电笔测试零线时,正常情况下氖管不应该发光,现在氖管发光,说明零线通过灯泡的灯丝与火线接在一起,故灯泡全部烧坏的可能不存在,即可以排除答案 A.即由于进户零线断路,使电路不通而灯泡不亮,但室内各处都处于有电状态.故本题答案为 D.

**例2** 落在高压线上的鸟儿不会触电死亡,这是因为 ( )

- A. 鸟爪上的角质层是绝缘的
- B. 鸟儿对电流的承受能力比较强
- C. 鸟儿双脚落在同一条导线上,没有电流流过鸟的身体
- D. 高压线有橡胶外皮

(1993 全国物理知识竞赛)

**解析** 鸟儿的安全与否,取决于流过鸟儿身体的电流,因为鸟儿双脚落在同一条导线上,没有电流流过鸟的身体,所以鸟儿安全.答案选 C.



## 巩固练习

### 一、选择题

1. 保险丝的主要作用是 ( )
  - A. 保证电路的电压不变
  - B. 保证电路的电流不变
  - C. 保护人身安全
  - D. 在电流超过规定值时自动切断电路
2. 如图 5-47 所示,电路中打×处表示断路之处,若用试电笔测试电路中 A、B、C、D、E、F 六点,则会使试电笔氖灯发亮的点有 ( )
 

(1997 年全国物理知识竞赛)
3. 在家庭电路中,下列情况不会造成触电的是 ( )
  - A. 人站在地上,一只手接触火线
  - B. 人站在地上,两只手同时接触火线
  - C. 人站在地上,两只手同时接触零线
  - D. 人站在绝缘板上,一只手接触火线,一只手接触零线.
4. 关于人体触电的认识正确的是 ( )
  - A. 只要电流通过人体,就会发生触电事故
  - B. 发现有人触电,应立即将他拉离带电体

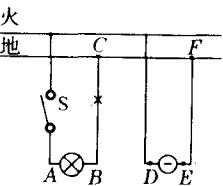


图 5-47

- C. 只有高压电才会出现触电事故, 低压电不会发生触电事故  
 D. 高压电不只是接触才触电, 就是靠近它也会触电
5. 以下叙述中正确的是 ( )  
 A. 因为人是导体, 因此不论人触到家庭电路的哪条线上都会触电身亡  
 B. 电流对人体的危险跟电流的大小和触电时间的长短有关系  
 C. 任何大小的电压加在人体都会造成触电  
 D. 家庭电路、动力电路一旦触电就可能有危险
6. 家庭电路中的用电器正常工作, 把台灯插头插入插座时, 电灯突然全部熄灭, 说明电路中 ( )  
 A. 电路原来是断路  
 B. 插头处短路  
 C. 台灯灯丝断了  
 D. 台灯接线处短路
7. 正确安装三孔插座时, 接地的线应该是 ( )  
 A. 左孔  
 B. 右孔  
 C. 上孔  
 D. 外壳
8. 安装家庭电路时, 符合安全用电的安装方法是 ( )  
 A. 电灯开关一头跟电灯连接, 另一头必须接在火线上  
 B. 螺丝口灯座的螺线套接在火线上和接在零线上都一样  
 C. 大功率用电器的插座, 在连通的火线和零线上都接一根保险丝是为了更安全  
 D. 三孔插座一定带两根保险丝, 这样做是为了用电器工作时外壳不会带电

9. 某居民家中的电路如图 5-48 所示, 开始时各部分工作正常. 当将电饭煲的插头插入三孔插座后, 正在加热的电茶壶突然不能工作, 但电灯仍正常发光. 拔出电饭煲的插头, 把测电笔插入插座的左、右插孔, 氖管均能发光, 则 ( )

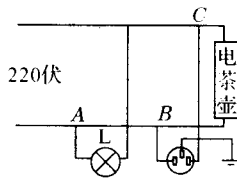


图 5-48

- A. 仅电茶壶所在的 C、B 两点之间发生了断路故障  
 B. 仅电茶壶所在的 C、B 两点之间发生了短路故障  
 C. 仅导线 AB 之间发生断路  
 D. 因为插座处用导线接地, 故上述故障都有可能

## 二、填空题

1. 家庭电路中出现故障往往是电流过大, 引起电流过大的主要原因是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_.
2. 在家庭电路中, 电能表要装在总开关之前, 这是因为\_\_\_\_\_, 除了每个用电器安装开关外, 还应在电能表外加总开关, 这是因为\_\_\_\_\_, 家庭电路中, 各照明设备和插座间采用并联, 这是为了\_\_\_\_\_, 家庭电路中安装插座的好处是\_\_\_\_\_.

3. 发现有人触电时,绝不能直接去拉触电人,这样,救人的人也会触电,其原因是\_\_\_\_\_,在家庭电路中发生触电时,应当赶快\_\_\_\_\_,或者用干燥的木棍将电线挑开,用干燥木棍的原因是\_\_\_\_\_,发生火灾时,要首先\_\_\_\_\_,绝对不要带电泼水救火,主要原因是\_\_\_\_\_.

## 第五章测试题

### 一、选择题

- 通常情况下,下列几种材料中都是导体的是 ( )
  - 铜、石墨、纯水
  - 盐水、石墨、稀硫酸
  - 大地、塑料、油
  - 铝、陶瓷、硅
- 绝缘体不容易导电是因为 ( )
  - 没有电子
  - 几乎没有电荷
  - 能自由移动的电荷很少
  - 内部的正、负电荷总数相等
- 决定导体电阻大小的因素是 ( )
  - 材料、长度、横截面积和温度
  - 长度、横截面积和温度
  - 通过导体的电流
  - 加在导体两端的电压
- 两个用电器的电流强度之比为 2:1,通电时间之比为 1:2,通过两用电器的电量之比是 ( )
  - 4:1
  - 2:1
  - 1:1
  - 1:4
- 一根粗的、均匀的合金丝的电阻是  $R$ ,把它均匀拉长到原来的  $N$  倍,则它的电阻变为 ( )
  - $NR$
  - $\frac{R}{N}$
  - $N^2R$
  - $\frac{R}{N^2}$
- 一个蓄电池放电电流 1 安培时,使用时间是 15 小时,现在用它供五盏相同小灯泡并联时正常发光 12 小时,则每盏灯泡正常发光时电流强度是 ( )
  - 0.8 安培
  - 1.25 安培
  - 0.16 安培
  - 0.25 安培
- 有四个通草球,其中有带电的也有不带电的,已知甲吸乙,乙斥丙,丙吸丁,丁吸甲,则下列说法中错误的是 ( )
  - 甲必带电
  - 乙必带电
  - 丙必带电
  - 丁可能带电
- 为了相互传呼方便,甲乙两个办公室各装了一只电铃,要使任何一方按电键都



只能使对方的电铃发声,则在如图 5-49 所示的电路中正确的是 ( )

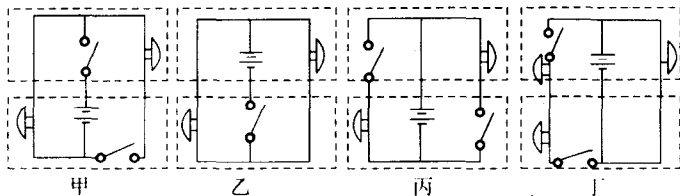


图 5-49

- A. 图甲      B. 图乙      C. 图丙      D. 图丁
9. 关于家庭电路中电器安装的说法错误的是 ( )

- A. 开关应接在火线上  
B. 螺丝口灯泡的螺旋套一定要接在零线上  
C. 开关应和灯泡并联  
D. 三孔插座应有接地线

10. 关于保险丝,下列说法中正确的是 ( )

- A. 电路中有了保险丝,就能起到保险作用  
B. 选用额定电流越小的保险丝,就越安全  
C. 选择适当规格的保险丝,才能够既不妨碍供电,又能起保险作用  
D. 以上说法都有问题

11. 如图 5-50 所示电路,要使灯  $a$  和  $b$  并联 ( )

- A. 只闭合  $S_1$       B. 只闭合  $S_1$  和  $S_2$   
C. 只闭合  $S_1$  和  $S_3$       D. 闭合  $S_1$ 、 $S_2$  和  $S_3$

12. 从电视机显像管尾部的灯丝发射出来的电子,高速撞击在电视机荧光屏上,使荧光屏发光,则在显像管内关于电流的说法错误的是 ( )

- A. 电流方向从灯丝到荧光屏  
B. 电流方向从荧光屏到灯丝  
C. 显像管内是真空,无法通过电流  
D. 电视机使用的是交流电,显像管内的电流方向不断改变

13. 在电学实验中常遇到断路,一般用电压表来检测,某同学连接如图 5-51 所示的电路,开关闭合后电灯不亮,电流表的示数为零,此时,用电压表测得  $a$ 、 $b$  间和  $b$ 、 $c$  间的电压均为零,而  $a$ 、 $d$  和  $b$ 、 $d$  间的电压均

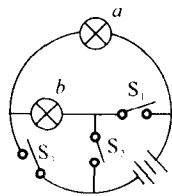


图 5-50

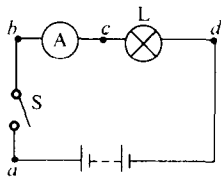


图 5-51

不为零,这说明

( )

- A. 电源接线柱接触不良
- B. 开关的触片或接线柱接触不良
- C. 电流表的接线柱接触不良
- D. 灯泡灯丝断了或灯座接触不良

## 二、填空题

- 有一块移动电话所用的电池,铭牌上有一个数据“容量 500mAh”移动电话的说明书上有一个数据“待机时间 72h”.请根据以上数据算出这个移动电话待机时的工作电流为 \_\_\_\_\_ A
- 从能的转换观点看,电源是把 \_\_\_\_\_ 的能转化为 \_\_\_\_\_ 能的装置,干电池,蓄电池对外供电时,电池内部发生 \_\_\_\_\_ 变化, \_\_\_\_\_ 能转化为 \_\_\_\_\_ 能.
- 电流的强度可以根据电流产生的 \_\_\_\_\_ 来判断,同一盏灯泡接入电路如图 5-52 所示, \_\_\_\_\_ 图中的灯泡较亮,表示通过它的电流产生的 \_\_\_\_\_ 较大, \_\_\_\_\_ 较强.

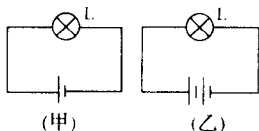


图 5-52

- 保险丝是用电阻率较 \_\_\_\_\_,熔点较 \_\_\_\_\_ 的合金线制成的.当电路中有过大的 \_\_\_\_\_ 时,能产生足够的热量,而迅速 \_\_\_\_\_,才能起到 \_\_\_\_\_ 电路的作用.
- 如图 5-53 所示电路中,当电键都闭合时, $A_1$  的读数为 0.9A, $A_2$  的读数为 1.2A,则 A 的读数为 \_\_\_\_\_ A.

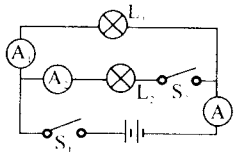


图 5-53

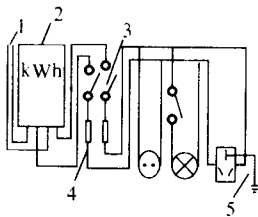


图 5-54

- 如图 5-54 所示为家庭电路,请填写图中各部分的名称.① \_\_\_\_\_,② \_\_\_\_\_,③ \_\_\_\_\_,④ \_\_\_\_\_,⑤ \_\_\_\_\_.
- 家中照明灯泡工作电流强度是 0.27 安培,手电筒灯泡工作时电流强度是 300 毫安,正常工作时 \_\_\_\_\_ 的电流强度大.相同时间里通过 \_\_\_\_\_ 的电荷多.

### 三、计算题

1. 蓄电池用久了要充电,现在给某用完的蓄电池充电,已知充电电流是 5A,充电时间为 24 小时,那么使用这个蓄电池时,电路中的电流是 50mA,问可连续使用多长时间?
2. 某电解液中第 1s 内通过截面的正离子是 3C,负离子是 3C;第 2s 内通过该截面的正离子是 1C,负离子也是 1C,问在 2s 内通过该截面的平均电流强度是多少?

# 第六章 欧姆定律

## 第一节 电压

### 重点精讲

#### (一) 电压

##### 1 电压

电压是导体两端的电势差,是使自由电荷发生定向移动形成电流的必要条件.电路中的电压是由电源提供的.

##### 2 单位

电压的单位是伏特,简称伏,符号 V.为了较方便地描述高电压或低电压,也用千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏( $\mu\text{V}$ )等单位.

1 千伏 =  $10^3$  伏特 1 伏特 =  $10^3$  毫伏 1 毫伏 =  $10^3$  微伏 1 伏特 =  $10^6$  微伏

#### (二) 电压表

##### 1 电压表的作用

测量电路中电压大小.电压表用 V 表示.

电压表的内电阻很大,所以在测量中,不能把它串联在电路中,否则会改变电路中电流大小.使用伏特表前,要认真观察仪表的量程和最小分度值.观察指针是否对准刻度盘左端零刻度,如果没有对准,要及时校正.

##### 2 电压表的使用方法

(1) 并联在待测电路(或某部分)两端;

(2) “+”、“-”接线柱接法;电流从“+”(红色)接线柱流进电压表,从“-”(黑色)接线柱流出来;

(3) 被测电压不超过电压表的最大测量值.如果不知道被测电压的大约数值,应选用量程最大的电压表预测,或者用试触法判断被测电压是否超过了电压表的最大量程.

##### 3 电压表上的读数

(1) 明确电压表可以测量的最大电压.当左端接“-”,中间接 3 的接线柱时,最大量程为 3V;若接右端 15 的接线柱,最大量程为 15V.

(2)电压表的一个小格代表多大的电压.若电压表中间是3V,表盘共3个大格,每一大格表示1伏,表盘上从0到最右端总共30个小格,那么每个小格代表0.1V;若接最右端15V,每1个大格表示5V,表盘上从0到最右端共同30个小格,那么每小格代表0.5V.

(3)接通电路后,看看表针向右总共偏过多少个小格,电压的读数为:

$$U = n \times \text{每小格的读数}$$

或电压表的读数为大格示数 + 大格后小格的示数.



## 范例精解

**例1** 观察图6-1所示,是学校实验室中学生常用的电表刻度盘面,得知该电表是\_\_\_\_\_,它的量程有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两个,由图6-1可知表的读数是\_\_\_\_\_.

**解析** 分析观察电表刻度盘面.有“V”的符号.这是一块电压表,它的量程是0~3V和0~15V,表接的是0~3V的量程.应读表盘下面的刻度,每大格1V,每小格0.1V,其示数是2.2V.

**答案** 电压表 0~3V 0~15V 2.2V

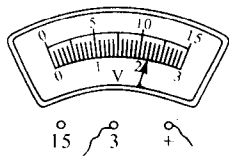


图6-1

### 点评

电流表的符号是“A”,电压表的符号是“V”.要注意观察加以区别,不可混用.

**拓展** 做电学实验前,发现电压表的指针如图6-2所示,应采取什么方法?

**解析** 某同学在将电压表接入电路前,发现电压表的指针不是指向零刻度,而是偏向左侧,这时应请老师校正电压表.

如果把电压表已经接入电路中,发现指针偏向左侧时,应将电压表的“+”“-”接线柱的接线对调.

不要误认为零刻度的左侧为小量程,电压表大小两个量程均在零刻度的右侧,改变量程无法改变指针的偏转方向.

### 点评

任何电表在使用前都应该先校正,否则会造成测量错误.

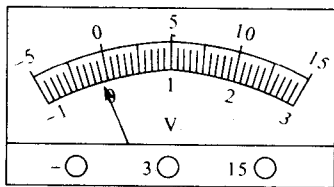


图6-2

**例2** 如图 6-3 所示,电源电压为 36V,  $L_1$  和  $L_2$  为两只相同的灯泡,关于电压表的示数下述判断中正确的是 ( )

- A. 开关 S 断开,电压表示数为 36V  
 B. 开关 S 闭合,电压表示数为 36V  
 C. 开关 S 断开,电压表示数为 0  
 D. 开关 S 闭合,电压表示数为 0

**解析** 如图 6-3 所示,两只相同的电灯  $L_1$  与  $L_2$  串联时,电源电压应该平均分配,即  $L_1$  两端的电压与  $L_2$  两端的电压相等,  $U_1 = U_2$ . 并且它们的和应等于电源电压,  $U = U_1 + U_2$ . 所以

$$U_1 = U_2 = \frac{1}{2} U = \frac{1}{2} \times 36V = 18V$$

当开关 S 断开时,电压表与  $L_1$  并联,测的是  $L_1$  两端的电压,示数应为 18V.

当开关 S 闭合时,电压表直接测电源两端电压,示数应为 36V. 因此只有 B 是正确的.

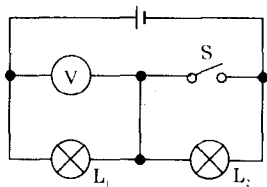


图 6-3

**点评** 解此类题的关键要会画出 S 闭合与断开的等效电路图,再根据等效电路图求解.

**拓展** 如图 6-4 所示的电路,电压表  $V_1$  的示数为 3V,  $V_2$  的示数为 4V,若把电阻  $R_2$  与  $R_3$  位置对调,其余元件位置不变,此时有一只电压表示数为 5V,则电源电压  $U =$  \_\_\_\_\_.

**解析** 如图 6-4 所示的电路,  $R_1$  与  $R_2$ 、 $R_3$  串联,电压表  $V_1$  测的是  $R_1$  与  $R_2$  两端的电压,电压表  $V_2$  测的是  $R_2$  与  $R_3$  两端的电压.

$$\text{即 } U_1 + U_2 = 3V, U_2 + U_3 = 4V$$

$$\therefore U_1 + 2U_2 + U_3 = 7V \quad \text{①}$$

若把  $R_2$  与  $R_3$  的位置对调,其他元件位置不变,电压表  $V_2$  测的仍是  $R_2$  与  $R_3$  两端的电压,示数不变为 4V,电压表  $V_1$  测的是  $R_1$  与  $R_3$  两端的电压,应变为 5V.

$$\text{则 } U_1 + U_3 = 5V, U_2 + U_3 = 4V$$

$$\therefore U_1 + 2U_3 + U_2 = 9V \quad \text{②}$$

$$\text{②} - \text{①} \begin{cases} U_3 - U_2 = 2V \\ U_3 + U_2 = 4V \end{cases}$$

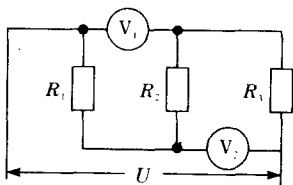


图 6-4

$$\therefore 2U_3 = 6V, U_3 = 3V, U_2 = 1V, U_1 + U_2 = 3V.$$

$$\therefore U_1 = 2V, \text{电源电压为 } U = U_1 + U_2 + U_3 = 6V.$$

**点评** 关于用电器对调的题型,应画出对调前、后的等效电路图,然后对照求解.

## 巩固练习

### 一、选择题

1. 在用“电压表测电压”的实验中,电压表的示数如图 6-5 所示,则该电路两端的电压是 ( )
- A. 2.4V                      B. 12V
- C. 14V                        D. 10V

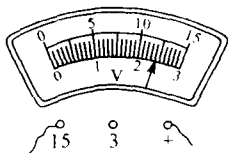


图 6-5

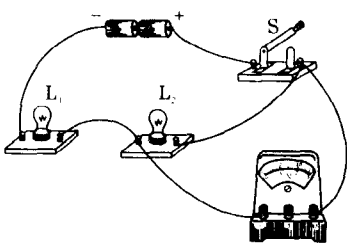


图 6-6

2. 如图 6-6 所示,闭合开关 S 后,电压表测量的是 ( )
- A. 灯泡  $L_1$  两端的电压
- B. 灯泡  $L_2$  两端的电压
- C. 灯泡  $L_1$  与  $L_2$  两端的总电压
- D. 开关 S 两端的电压
3. 在选用伏特表的量程时,正确的是 ( )
- A. 尽可能选择大一些的量程
- B. 经试触后被测电压不超过小的量程,尽可能选择小量程表
- C. 尽管选用量程不同,但对测量结果毫无影响
- D. 为使测量结果更精确,量程选得越小越好
4. 关于电流表和电压表的使用,下列说法正确的是 ( )
- A. 电压表可直接测电源电压,而电流表不能直接接在电源两极之间
- B. 如不能估测电源电压、电流大小,在测量时可取电表任意两个接线柱进行试触

- C. 只要电流表跟被测电路串联,就可测量其中电流  
 D. 电流表、电压表的本身电阻很大
5. 下列说法正确的是 ( )
- A. 电荷的移动形成电流  
 B. 电压大,电流一定大  
 C. 绝缘体不容易导电,但可以带电  
 D. 通过导体的电压是形成电流的原因
6. 关于电源的作用,下列说法中正确的是 ( )
- A. 能创造正电荷  
 B. 能增加电路中的电荷量  
 C. 能给电路提供电压  
 D. 任何电源在电路两端产生的电压是相同的

## 二、填空题

1. 如图 6-7 所示的电路中,圆圈内填上电流表或电压表的符号,使开关闭合后,灯泡  $L_1$  与  $L_2$  都能正常发光.
2. 一台小电风扇工作时,要求电压是 12V,若用干电池来供电,则需 \_\_\_\_\_ 节 \_\_\_\_\_ 联.
3. 在实验中,如果发现电压表的指针向无刻度的 \_\_\_\_\_ 边偏,是因为 \_\_\_\_\_,应采取的措施 \_\_\_\_\_.

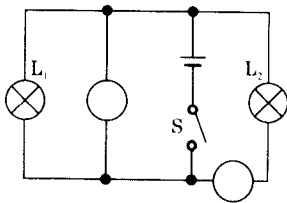


图 6-7

## 第二节 探究串联电路中电压的规律

### 重点精讲

#### (一) 串联电路测电压实验

##### 实验目的

学会用电压表测串联电路各用电器的电压;熟练使用电压表和电阻器.

##### 实验原理

利用电压表测出用电器两端电压,找出串联电路中电压的关系.



实验电路如图 6-8 所示

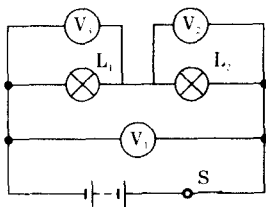


图 6-8

### 实验器材

电池、不同规格的电阻多个、电压表多个、开关及导线若干。

### 实验中应注意事项

- (1) 连接电路时，开关应断开；
- (2) 注意电压表量程的选用。若用二节干电池，选用量程为 3V 挡；
- (3) 测灯  $L_1$  的电压，然后测  $L_2$  两端电压，最后测  $L_1$ 、 $L_2$  串联后的电压，寻找规律；
- (4) 换上另外两个小灯泡，再次实验，再看是否还有同样的关系。

### (二) 串联电路中电压规律

串联电路两端的总电压等于各部分电路两端电压之和：

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

串联电路中，电压与电阻成正比： $U_1 : U_2 = R_1 : R_2$

用上述相同的方法可测得并联电路中各支路两端的电压均相等：

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

## 范例精解

例1 如图 6-9 所示的电路中，电源电压保持不变，当滑动变阻器的滑片  $P$  从  $a$  向  $b$  滑动时，各电表示数的变化情况是 ( )

- A.  $V_1$  增大， $V_2$  增大， $A$  增大
- B.  $V_1$  减小， $V_2$  增大， $A$  增大
- C.  $V_1$  减小， $V_2$  减小， $A$  减小

D.  $V_1$  增大,  $V_2$  减小, A 减小

**解析** 如图 6-9 所示的电路, 小灯泡 L 与滑动变阻器串联, 电流表测电路中的电流, 电压表  $V_1$  测的是滑动变阻器两端的电压, 电压表  $V_2$  测的是小灯泡 L 两端的电压。

当滑片 P 从 A 向 B 滑动时, 连入电路中的有效电阻减小, 使电路中的总电阻随着变小, 电源电压保持不变, 所以电路中的电流将增大, 电流表 A 的示数增大。

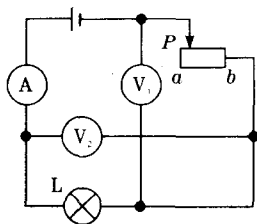


图 6-9

由于电路中电流变大, 使小灯泡两端的电压变大, 滑动变阻器两端的电压减小, 因此, 电压表  $V_1$  的示数减小,  $V_2$  的示数增大. B 正确。

**点评** 要判断电压表  $V_1$  的示数变化, 必须从整个电路入手, 从电压分配的原则的角度去解析. 如果单独考虑滑动变阻器, 它的阻值减小, 引起电路中电流变大, 那它两端的电压变化情况就无法判断。

**例2** 在图 6-10 所示的电路中, 有两个灯  $L_1$ 、 $L_2$  它们均能够正常发光. 电路中有三个电压表, 下列各组数据分别表示某时刻电压表  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  的示数, 其中正确的是 ( )

A. 15 伏、10 伏、5 伏

B. 10 伏、5 伏、15 伏

C. 15 伏、15 伏、15 伏

D. 15 伏、0 伏、15 伏

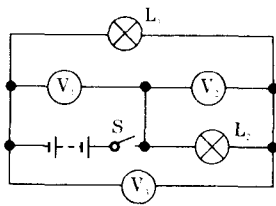


图 6-10

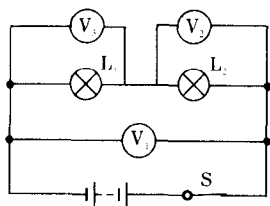


图 6-11

**解析** 等效电路图如图 6-11 所示, 三个电压表测量的电路分别是: 电压表  $V_1$  测的是灯  $L_1$  与  $L_2$  串联后电路的总电压; 电压表  $V_3$  测的是灯  $L_1$  的电压; 电压表  $V_2$  测的是灯  $L_2$  的电压。

根据灯  $L_1$ 、 $L_2$  均发光的现象, 说明两灯的两端均有电压. 选项 D 中电压表  $V_2$  的示数为零, 这种结果是不会出现的. 选项 D 错误。

串联电路总电压等于分电压之和,即  $U = U_1 + U_2$ 。而选项 C 中的三项都是 15 伏,这是错误的。

在选项 B 中,电压表  $V_1$  的示数小于电压表  $V_3$  的示数,选项 B 不正确。

选项 A 中的灯的  $L_1$  电压为 10 伏,灯  $L_2$  的电压为 5 伏,灯  $L_1$  与  $L_2$  串联后电路的总电压为 15 伏。选项 A 正确。

### 点评

电路中有多个电表接入时,先去掉电表简化等效电路图(去电表时,电流表视为短路,电压表视为断路),再根据各表所测范围对照等效电路图来分析读数。

## 巩固练习

### 一、选择题

1. 如图 6-12 所示,若电源电压是 6 伏特,伏特表的示数是 2 伏特,则  $L_1$  两端的电压是 ( )

- A. 2 伏特
- B. 6 伏特
- C. 4 伏特
- D. 8 伏特

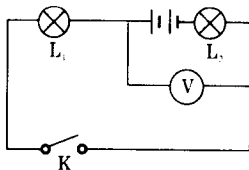


图 6-12

2. 如图 6-13 所示,电源电压保持不变,当开关  $S_1$  闭合  $S_2$  断开时,电压表的示数是 3V,当  $S_1$  断开  $S_2$  闭合时,电压表的示数为 4.5V,则灯泡  $L_1$  和  $L_2$  两端的电压分别是 ( )

- A. 3V 和 5.5V
- B. 1.5V 和 4.5V
- C. 3V 和 1.5V
- D. 1.5V 和 3V

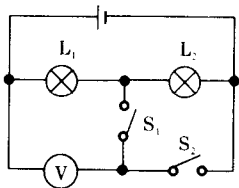


图 6-13

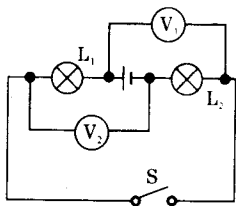


图 6-14

3. 如图 6-14 所示的电路中,电池组两端电压是 4.5V,电压表  $V_1$  示数是 2.5V,电压表  $V_2$  示数是 2V,电灯  $L_2$  两端的电压是 ( )

A. 0.5V

B. 2V

C. 2.5V

D. 7V

4. 如图 6-15 中各电路元件的连接均正确, 甲、乙为两个电表, 则 ( )

A. 甲为电流表, 乙为电压表

B. 甲为电压表, 乙为电流表

C. 甲、乙均为电流表

D. 甲、乙均为电压表

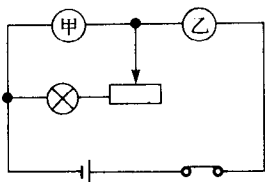


图 6-15

## 二、填空题

1. 串联电池组的电压 \_\_\_\_\_ 各节电池的电压之和.
2. 串联电路两端的总电压 ( $U$ ) \_\_\_\_\_ 各部分电路两端的电压 ( $U_1$  和  $U_2$ ) 之和, 写成数学表达式是 \_\_\_\_\_.
3. 家中一盏灯坏了, 其他用电器 \_\_\_\_\_ 工作, 原因是 \_\_\_\_\_.

# 第三节 电阻

## 重点精讲

### (一) 电阻

#### 电阻

导体对电流的阻碍作用叫电阻. 电阻是导体本身的一种性质. 导体的电阻越大, 表示对电流的阻碍作用越大. 不同的导体, 电阻一般不同.

#### 电阻形成的原因

金属导体中的电流是由自由电子的定向移动形成的. 自由电子在运动中要跟导体中的金属正离子频繁地碰撞, 这种碰撞阻碍了电子的定向移动, 实际上也是对电流起了阻碍作用, 正是这种阻碍作用才使电子的定向运动速度不大, 约为每秒几米. 在电压的作用下导体中电荷定向移动的运动速度很快, 达到光速. 国际上用字母  $R$  表示导体的电阻.

#### 电阻的单位

电阻单位是欧姆, 用字母  $\Omega$  表示. 如果导体两端电压是 1 伏特, 通过导体电流是 1 安培, 这段导体的电阻就是 1 欧姆. 比欧姆大的单位有千欧 ( $k\Omega$ ) 和兆欧 ( $M\Omega$ ), 它们的换算关系是:

$$1M\Omega = 10^3k\Omega \quad 1k\Omega = 10^3\Omega$$

## (二) 电阻器

### 电阻器

电阻器也叫定值电阻,简称电阻。

### 决定电阻大小的因素

由同种材料制成的粗细均匀的导体,越长电阻越大;在材料和长度相同的条件下,导体的横截面积越小,电阻越大;在长度和横截面积相等的情况下,不同材料电阻不同。导体的电阻还与温度有关。

### 滑动变阻器

如图 6-16 所示,滑动变阻器是根据导体的材料、横截面积和温度一定时,导线越长,电阻越大的规律制成的。使用滑动变阻器时,应当将金属杆的一个接线柱和线圈两端的一个接线柱接入电路。

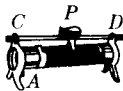


图 6-16

每个滑动变阻器都有其最大的电阻值和允许通过的最大电流值。使用时要注意电流不要超过最大允许值。在接通滑动变阻器前,一般应将滑动片置于线圈的一端,使接入电路的线圈最长。

变阻器的作用是通过改变变阻器的电阻,改变电路中的电流和用电器两端的电压。

实验室常用的变阻器有滑动变阻器和电阻箱,滑动变阻器不能显示接入电路的电阻的具体数值,而电阻箱却能显示具体数值。

## (三) 电阻定律

### 电阻定律

导体的电阻是导体本身的一种性质,它跟导体两端是否有电压以及导体中是否有电流通过无关。导体电阻的大小跟导体的材料、长度、横截面积和温度有关。对一段一定材料的均匀导体,在温度不变时,导体的电阻跟它的长度成正比,跟它的横截面积成反比。这个规律称为电阻定律。数学表达式: $R = \rho \frac{L}{S}$

式中, $R$ 、 $L$ 、 $S$ 、 $\rho$  分别代表电阻、导线的长度、横截面积和电阻率,单位分别是  $\Omega$ 、 $m$ 、 $m^2$  和  $\Omega \cdot m$ 。

### 电阻率

电阻率是反映导体材料导电性能强弱的物理量。导体材料的电阻率在数值上等于长度为  $1m$ 、横截面积为  $1m^2$  的导体的电阻,电阻率的大小由材料的性质和温度决定。在一般情况下,纯金属的电阻率小,合金的电阻率较大。金属温度升高电

阻率增大,温度降低电阻率减小,某些导体材料的温度降低到某一数值时,导体的电阻率为零,电阻完全消失,这种现象称为超导现象.

#### (四)串联、并联电路中电阻的关系

##### 串联电路

(1)串联电路的总电阻等于各电阻之和:

$$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

串联电阻越多,总电阻越大.串联电阻相当于增加了导体的长度.

(2)串联电路中,各部分电路两端的电压与各自的电阻成正比:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad \frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R}$$

(3)串联电路有分压作用.

##### 并联电路

(1)并联电路总电阻的倒数等于电路中各导体电阻倒数之和:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

并联的电阻越多,总电阻越小,并联电阻相当增加了导体的横截面积.

(2)并联电路支路中的电流与该支路电阻成反比:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad \frac{I_1}{I} = \frac{R}{R_1}$$

(3)并联电路有分流作用.

### 范例精解

**例1** 当电流通过一根铜导线时,下列物理量不发生变化的是 ( )

- A. 导线的质量  
B. 导线的体积  
C. 导线的密度  
D. 导线的电阻

**解析** 电流有三个效应,热效应、磁效应和化学效应.电流通过铜导线时,导线要立即发热,温度升高.温度升高时会使电阻值变大.同时,导线受热膨胀,体积变大.而质量却不会变化,则导线的密度将变小.故不发生变化的物理量是质量.选 A

**点评** 因为电流热效应引起相关物理量连锁变化.当温度发生变化时,物体的很多性质就要发生变化.导体的电阻与温度有关,通常情况下,温度越高,电阻越大.

**拓展** 为了研究电阻与材料的关系,采用了如图 6-17 所示的电路,其中  $AB$  是锰铜线,  $CD$  是镍铬合金线,它们应该 ( )

- A. 长度相同,横截面积不同
- B. 长度相同,横截面积也相同
- C. 长度不同,横截面积也不同
- D. 横截面积相同,长度不同

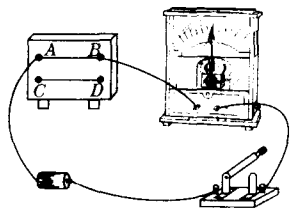


图 6-17

**解析** 为了研究电阻与材料的关系,  $AB$  与  $CD$  两条导线的长度应相同,横截面积也相同时,观察每一根导线对电流的阻碍作用,找出电阻与材料之间的关系. 选 B

**点评**

控制变量法是物理学中一种常用方法,通过控制变量进行实验,找出了导体电阻与导体的材料、长度和横截面积的关系. 希望同学们掌握.

**例2** 如图 6-18 所示的滑动变阻器 ( )

- A. 将  $AD$  两端连入电路,  $P$  向右时,接入电路的电阻增大
- B. 将  $CA$  两端连入电路,  $P$  向右时,接入电路的电阻变小
- C. 将  $AB$  两端连入电路,  $P$  向左时,接入电路的电阻变小
- D. 将  $CD$  两端连入电路,  $P$  移到  $A$  端时,接入电路的电阻

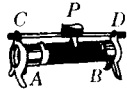


图 6-18

最大

**解析** 将  $AD$  两端连入电路,  $P$  向右滑时,连入电路中的电阻线  $AP$  变长,电阻增大.

将  $CA$  连入电路,  $P$  向右滑时,连入电路中的电阻线  $AP$  变长,电阻变大.

将  $AB$  两端连入电路,  $P$  不论向左或向右滑动时,连入电路中的电阻线的长度均不变,并且是整个长度,因此电阻值为定值,也是最大阻值.

将  $CD$  两端连入电路,  $P$  不论向左或向右滑动时,均没有电阻线连入电路,因此阻值最小,等于零. 选 A.

**点评**

滑动变阻器正确连入电路的方法是选择“一上一下”两个接线柱,即  $CA$ 、 $DA$ 、 $CB$ 、 $DB$  均可. 连接  $AB$  时,不能随着滑片的移动改变电阻线的长度,失去改变阻值的作用. 而连接  $CD$  时,电流直接从金属杆中流过,相当于电阻线被短路,也同样失去改变阻值的作用.

**拓展一** 如图 6-19 所示的电路中,当滑动变阻器的滑片  $P$  向左移动时灯的亮度将如何变化?

**解析** 当滑动变阻器的滑片向左移动时, 连入电路中的电阻线  $AP$  变短, 连入电路中的电阻变小, 小灯泡电阻不变, 使电路上的总电阻变小. 由于电源电压不变, 电路中电流变大, 小灯泡是定值电阻, 两端的电压将变大, 小灯泡变亮.

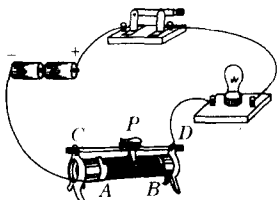


图 6-19

**点评** 滑动变阻器的滑片在金属杆上滑动时, 滑片  $P$  离下端接线柱越近, 连入电路的电阻线越短, 电阻值越小; 滑片  $P$  离下端接线柱越远, 连入电路的电阻线越长, 电阻值越大.

**拓展二** 如图 6-20 所示的电阻箱的量程是 \_\_\_\_\_  $\Omega$ , 它表示的示数是 \_\_\_\_\_  $\Omega$ .

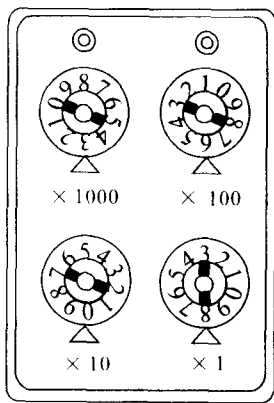


图 6-20

**解析** 电阻箱的量程是  $0 \sim 9999\Omega$ , 它表示的示数是:

$$R = 3 \times 1000 + 6 \times 100 + 0 \times 10 + 8 \times 1 = 3608(\Omega)$$

**答案**  $0 \sim 9999; 3608$

**点评** 电阻箱是一种旋钮式变阻器. 电阻箱测得的结果为各旋钮读数之和. 各旋钮的读数为指针示数乘以放大倍数. 电阻箱的优点是直观.

**拓展三** 如图 6-21 所示的电路中, 虚线框内是电阻箱,  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  是电阻箱的铜塞. 如果在电路中连入电阻  $R$  为  $6\Omega$ , 将哪些铜塞插入孔内?



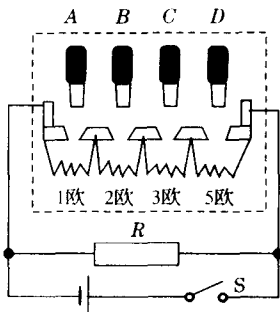


图 6-21

**解析** 铜塞式电阻箱在使用时,铜塞一旦拔出,电流必然通过下端的电阻丝.铜塞如果插入孔内,电流将从铜塞直接流过,不再通过电阻丝,这就表示下面的电阻丝被短路.如果在电路中连入的电阻的电阻为  $6\Omega$ ,应将  $B$ 、 $C$  短路.所以把  $B$ 、 $C$  两个铜塞插入孔内,把  $A$ 、 $D$  两个铜塞拔出,使电流流过  $1\Omega$  与  $5\Omega$  的电阻丝.

**点评** 此题的关键是插入铜塞对下部的电阻丝形成短路,拔出铜塞则电流从电阻丝流过.根据题目的要求便不准确定该插哪些铜塞.

**例3** 一条均匀电阻丝的电阻为  $R$ ,长度为  $L$ ,今将此电阻丝均匀地拉长到  $2L$ ,则电阻变为 ( )

- A.  $\frac{1}{4}R$       B.  $\frac{1}{2}R$       C.  $2R$       D.  $4R$

**解析** 在材料不变时:即  $\rho$  不变,电阻大小与导体长度和横截面积有关.电阻丝被拉长为  $2L$  时,因其体积改变.故横截面积变为原来的  $\frac{1}{2}$ ,由  $R = \rho \frac{L}{S}$  可得此时电阻变为原来的 4 倍.

**拓展一** 如果将长为  $L$ ,电阻为  $R$  的导线拉长为原来的  $N$  倍,拉长后导线的电阻又为原来的多少?

**解析**  $R = \rho \frac{L}{S}$  导体的体积不变,  $S_1 \cdot L_1 = S_2 \cdot L_2$  当  $L_2 = NL_1$  时,  $S_2 = \frac{S_1}{N}$   
 $R_N = \rho \frac{L_N}{S_N} = \rho \frac{NL_1}{\frac{S_1}{N}} = N^2 \rho \frac{L_1}{S_1} = N^2 R_1$ .

**拓展二** 将一根粗细均匀的电阻丝截成等长的  $N$  段后,再将它们并联在一起,使用时,其电阻与原来的相比较如何?

解析 导体的体积不变,  $R = \rho \frac{L}{S}$ ,  $L_N = \frac{1}{N} L_1$ ,  $S_1 \cdot L_1 = S_N \cdot L_N$ ,

$$S_N = N S_1, R_N = \rho \frac{L_N}{S_N} = \rho \frac{\frac{1}{N} L_1}{N S_1} = \rho \frac{L_1}{N^2 S_1} = \frac{R_1}{N^2}.$$

**点评** 在串联电路中,若电阻相同,有  $N$  个串联,则总电阻等于  $NR_1$ ;在并联电路中,若电阻相同,有  $N$  个并联,则总电阻等于  $\frac{R_1}{N}$ .

**拓展三** 甲、乙、丙为三根锰钢合金线,甲、乙粗细相同,但甲较长,乙、丙长度相同,但丙较粗,则这三根合金线的电阻值大小关系如何?

**解析** 甲、乙、丙三根电阻均为锰钢合金线,材料相同,甲、乙粗细相同,但甲较长,因此  $R_{甲} > R_{乙}$ ;乙、丙长度相同,但丙较粗,  $R_{乙} > R_{丙}$ ,则三个电阻值相比较:  $R_{甲} > R_{乙} > R_{丙}$ .

**点评** 题中甲、丙均为锰钢合金线,但甲比丙长,又比丙细,因此甲的电阻一定比丙的电阻大.判断导体的电阻,不但与材料的  $\rho$  有关,而且与导体的横截面积和导线的长度有关.

**例4** 如图 6-22 所示,6 个阻值均为  $R$  的电阻连接成一个正六边形的电阻器.六边形的每个顶点都有一个接线柱,其中 1、4 接线柱用导线连接,则利用这个电阻器可获得的不同电阻值(不包括零欧姆)的总个数和最大电阻值分别是 ( )

- A. 2 个,  $4R/3$   
 B. 3 个,  $2R/3$   
 C. 4 个,  $R/3$   
 D. 5 个,  $6R$

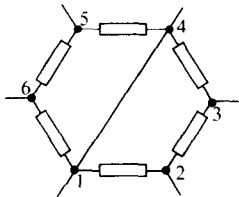


图 6-22

(1998 年河南赛区试题)

**解析** 1、4 接线柱用导线接通后,电阻器由于其对称性,则每相邻两个接线柱的阻值相等.电路图变为 1 个  $R$  和 2 个  $R$  的并联电路,(如图 6-23(a)),且阻值为  $R' = \frac{2R \cdot R}{2R + R} = \frac{2}{3} R$ .

如果接相间的接线柱,有 1、3;2、4;1、5;4、6 四种方法,其效果与接相邻两个接线柱的相同.在 2 和 3、5 和 6 两组中,任选两对,对应接线柱的电路图可变为两

个  $R'$  的串联电路(如图 6-23(b)), 其阻值为  $R'' = R' + R' = \frac{4}{3}R$ . 这时电阻总个数是 2 个, 最大电阻值是  $4R/3$ . 故正确答案是 A.

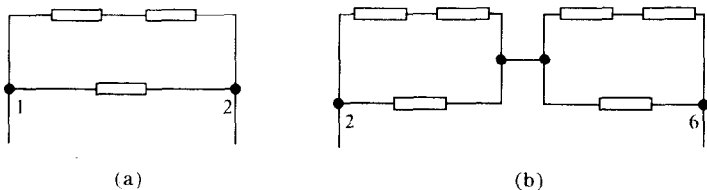


图 6-23

**点评** 此电路为一较复杂的混联电路, 但其突出特点是具有对称性, 从这一特点出发寻找解题思路.

**拓展** 有两个阻值不等的电阻  $R_1$  和  $R_2$ , 它们串联时的等效电阻是并联时等效电阻的  $n$  倍, 那么  $n$  的取值范围应是 ( )

- A.  $n > 4$                       B.  $4 \geq n > 3$                       C.  $3 \geq n > 2$                       D.  $2 \geq n > 1$

(1999 年北京赛区试题)

**解析** 由  $R_1 \neq R_2$ , 得  $R_{\text{串}} = R_1 + R_2$ ,  $R_{\text{并}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ .

依题意  $\frac{R_{\text{串}}}{R_{\text{并}}} = \frac{(R_1 + R_2)^2}{R_1 \cdot R_2} = n$ . 当  $R_1 = R_2$  时, 则  $\frac{R_{\text{串}}}{R_{\text{并}}} = 4$ . 但  $R_1 \neq R_2$ , 则有并联时的总电阻总是会小于串联时的总电阻. 故  $n > 4$ , 正确答案是 A.

**点评** 定和求积原理的正确运用是解答此题的关键.

**例5** 在图 6-24 所示的电路中, 除  $R_0$  外, 各电阻的阻值均为  $R$ , 若要求  $R_0$  等于 A、B 之间电路的总电阻, 则  $R_0$  阻值应是多大?

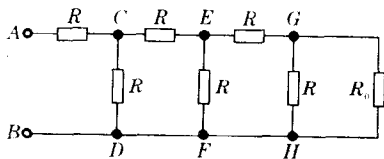


图 6-24

**解析** 本图具有明显的规律性, 因为它由若干个相同的网状结构组成. 我们可以通过推理分析, 结合题目的具体要求, 找到各“网眼”的内在联系. 下面是一种

典型的分析方法.

按题意要求,  $A、B$  间电路的总电阻应为  $R_{AB} = R_0$ , 而  $R_{AB}$  是由  $C、D$  间的总电阻  $R_{CD}$  与  $R$  串联构成的:  $R_{AB} = R_{CD} + R$ , 所以应有  $R_{CD} + R = R_0$ ; 若将  $A、C$  间和  $C、D$  间的电阻  $R$  都去掉, 则  $C、D$  点在剩余电路中的位置就相当于原来  $A、B$  两点的位置. 按照上述思路进行分析, 应有  $R_{EF} + R = R_0$ ; 同理, 应有  $R_{GH} + R = R_0$ . 因此, 可按最简结构即  $R_{GH} + R = R_0$  求解.

$$\text{按 } R_{GH} + R = R_0 \text{ 可得出: } R + \frac{R_0 R}{R_0 + R} = R_0$$

$$\text{经整理可得 } R_0^2 - RR_0 - R^2 = 0$$

代入求根公式有

$$R_0 = \frac{R \pm \sqrt{R^2 + 4R^2}}{2} = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2} R$$

由于电阻不可能有负值, 显然只能取  $R_0 = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} R$ , 这即为所求.

将所解出的结果逐一代入  $R_{GH} + R = R_0$ ,  $R_{EF} + R = R_0$ ,  $R_{CD} + R = R_0$  均可得到验证. 请同学们自己完成.

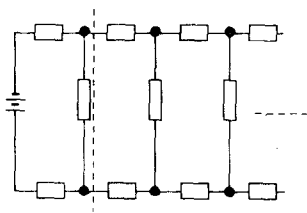


图 6-25

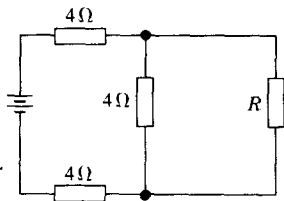


图 6-26

**拓展一** 如图 6-25 所示, 如果所有的电阻都是  $4\Omega$ , 求此电路的等效电阻.

**解析** 设此电路的等效电阻为  $R$ , 因为它为无穷网络, 所以, 图 6-25 中虚线以后的总电阻总为  $R$ . 因此, 可等效地画成如图 6-26 所示, 其总电阻亦为  $R$ . 由此

$$\text{得到方程: } R = 4\Omega + 4\Omega + \frac{R \cdot 4\Omega}{4\Omega + R}$$

$$\text{解得: } R = 4(1 + \sqrt{3})\Omega \approx 10.9\Omega$$

**点评**

对于网络无限连接, 找到网眼的内在联系, 画出等效电路图即可求解.

**拓展二** 有一个密封的小盒, 盒面上有  $A、B、C、D$  四个接线柱, 已知盒内有五个相同的电阻接于各接线柱之间. 今以欧姆表测得各接线柱间的电阻分别为

$$R_{AC} = 3\Omega, R_{BD} = 1.5\Omega.$$

$$R_{AB} = R_{BC} = R_{CD} = R_{DA} = r$$

(1) 画出盒内电阻的连接图;

(2) 求出  $r$ .

**解析** 根据  $R_{AB} = R_{BC} = R_{CD} = R_{DA}$ , 看到每相邻两接线柱间的电阻都相等, 可以猜想到盒内电阻在这四个接线柱间的分布应有对称性. 显然, 如果将四个电阻分别在每两个相邻的接线柱间接入一个, 这一结构是明显对称的. 进一步, 通过简单的计算可以得出, 如果将第五个电阻接在两相对的接线柱之间, 仍能保证各相邻接线柱间的电阻相等. 但这一电阻究竟是应接在  $A$ 、 $C$  之间还是  $B$ 、 $D$  之间, 则应由其他条件来确定.

又由已知条件有  $R_{AC} > R_{BD}$ , 可见第五个电阻应接在  $B$ 、 $D$  两接线柱之间. (1) 盒内电路如图 6-27 所示.

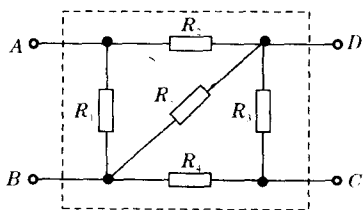


图 6-27

(2) 以  $R$  表示盒内每个电阻的阻值, 则在测  $A$ 、 $C$  间的电阻时, 可以假设有电流由  $A$  流至  $C$ . 由于明显的对称关系, 图中处于对角线位置上的电阻中将没有电流通过, 即该电阻在这种情况下不起作用, 或将该电阻

撤去对电路不会产生影响, 则此时电路的电阻仅由位于四边形边上的四个电阻来决定, 这一阻值 ( $R_{AC}$ ) 应等于相邻两边的两个电阻串联后 (阻值为  $2R$ ), 再并联而得 (阻值为  $R$ ), 所以应有  $R_{AC} = R$ .

由于  $R_{AC} = 3$  欧, 故小盒内每个电阻的阻值为:  $R = 3$  欧.

为求电阻  $R_{AB}$ , 设电流自  $A$  点流入而自  $B$  点流出, 则电流自  $A$  点流入后将分为两支, 一支经连接  $AB$  的电阻  $R_1$  直接流向  $B$ ; 另一支则由  $A$  经  $R_2$  流向  $D$ , 在  $DA$  再分为两支, 其中一支经对角线电阻  $R_5$  流向  $B$ , 另一支则经  $R_3$  和  $R_4$  而流向  $B$ . 由此可得到以下的关于电阻的计算.

$R_3$ 、 $R_4$  串联后与  $R_5$  并联的总电阻为:

$$R_{345} = \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4} = \frac{2R \times R}{2R + R} = \frac{2}{3} R.$$

$R_2$  与  $R_{345}$  串联的总电阻为:  $R_{2345} = R_2 + R_{345} = \frac{5}{3} R$ .

$A$ 、 $B$  间的总电阻  $R_{AB}$  为  $R_1$  与  $R_{2345}$  的并联电阻, 故有

$$R_{AB} = \frac{R_1 \times R_{2345}}{R_1 + R_{2345}} = \frac{R \times \frac{5}{3} R}{R + \frac{5}{3} R} = \frac{5}{8} R = \frac{15}{8} (\text{欧})$$

和以上同样的分析和计算可以得到  $R_{IK}$ 、 $R_{CD}$ 、 $R_{DA}$  均为  $\frac{15}{8}$  欧, 即  $r = \frac{15}{8}$  欧.

**点评** 对电路黑盒子问题, 根据对称、等比关系, 以及电路中串并联关系特点, 猜想着画电路, 再进一步进行验证.

**拓展三** 三个电阻连成三角形, 如图 6-28 所示. 原来 A、C 两点间的总电阻等于 B、C 两点间的总电阻, 即  $R_{AC} = R_{BC}$ . 由于其中某个电阻发生变化, 结果使  $R_{AC} > R_{BC}$ , 其原因可能是

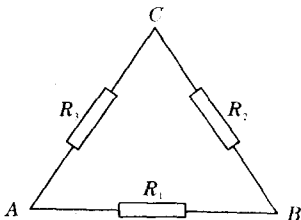


图 6-28

- ( )
- A.  $R_1$  变小
  - B.  $R_2$  变小
  - C.  $R_3$  变小
  - D.  $R_3$  变大

(2000 年全国竞赛试题)

**解析** A、C 两点间的总电阻等于  $R_1$  与  $R_2$  串联后再与  $R_3$  并联, 即

$R_{AC} = \frac{(R_1 + R_2)R_3}{(R_1 + R_2) + R_3}$ , B、C 两点间的总电阻等于  $R_1$  与  $R_3$  串联后再与  $R_2$  并联, 即  $R_{BC} = \frac{(R_1 + R_3)R_2}{(R_1 + R_3) + R_2}$ . 由于电路中各电阻没有变化前,  $R_{AC} = R_{BC}$ , 即  $\frac{(R_1 + R_2)R_3}{(R_1 + R_2) + R_3} = \frac{(R_1 + R_3)R_2}{(R_1 + R_3) + R_2}$ . 由  $R_1 > 0$ , 故  $R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1} = R_2 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$ . 由此得  $R_3 = R_2$ , 其两边分别表示  $R_{AC}$  和  $R_{BC}$ .

(1) 由  $R_3 = R_2$  可看出  $R_{AC}$  和  $R_{BC}$  的大小与  $R_1$  无关. 故答案 A 被排除.

(2) 由  $R_3 = R_2$  式, 当  $R_3$  不变时:

- ①  $R_2$  变小, 则有  $R_3 > R_2$ . 此不等式表明  $R_{AC} > R_{BC}$ , 此为被选答案 B;
- ②  $R_2$  变大时, 有  $R_3 < R_2$ , 即  $R_{AC} < R_{BC}$ , 无被选答案.

(3) 由  $R_3 = R_2$  式, 当  $R_2$  不变时:

- ①  $R_3$  变大时, 则有  $R_3 > R_2$ , 即  $R_{AC} < R_{BC}$ , 此为被选答案 D;
- ② 若  $R_3$  变小时, 则有  $R_3 < R_2$ , 即  $R_{AC} < R_{BC}$ , 无被选答案.

综上所述得正确答案为 B 和 D.

**点评** 此类题实质是混联电路比较电阻大小的问题. 利用串、并联电路的特点, 对照数学不等式便能解决.

## 一、选择题

- 下列实例中,最能说明导体的电阻跟导体的横截面积有关的是 ( )
  - 长度相同的铜丝,细的比粗的电阻大
  - 截面积相同的钢丝,长的比短的电阻大
  - 横截面积相同的铁丝和铜丝,铁丝可能比铜丝电阻大
  - 长度与横截面积都相等的铁丝与钢丝,铁丝比铜丝电阻大
- $A$ 、 $B$  两根材料不同、粗细相同,但长度不同的导线,其阻值  $R_A = R_B$ ,当把电阻为  $R_A$  的短导线均匀拉长到和长导线的长度相同时,有  $R'_A$  ( )
  - $R'_A > R_B$
  - $R'_A < R_B$
  - $R'_A = R_B$
  - 条件不足,无法判定

- 如图 6-29 所示的电路,用滑动变阻器控制灯泡的亮度,若要求滑片  $P$  向  $C$  端滑动时,灯变亮,则变阻器连入电路中正确的接法是 ( )

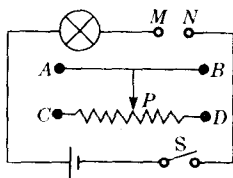


图 6-29

- $C$  接  $M$ ,  $D$  接  $N$
  - $A$  接  $M$ ,  $B$  接  $N$
  - $C$  接  $M$ ,  $A$  接  $N$
  - $A$  接  $M$ ,  $D$  接  $N$
- 如图 6-30 所示,当滑动变阻器的滑片向左移动时 ( )
    - 电灯  $L_1$  变亮,  $L_2$  变暗
    - 电灯  $L_1$  变暗,  $L_2$  变亮
    - 电灯  $L_1$  与  $L_2$  都逐渐变暗
    - 电灯  $L_1$  与  $L_2$  都逐渐变亮

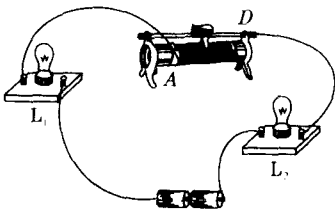


图 6-30

## 二、填空题

- 如图 6-31 所示电阻箱面板上各旋钮位置,可知此电阻箱两接线柱间的电阻是\_\_\_\_\_。

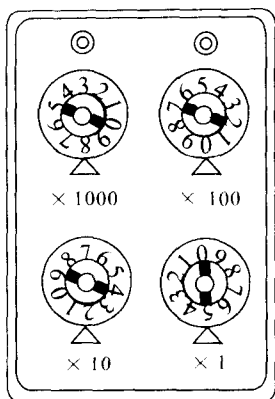


图 6-31

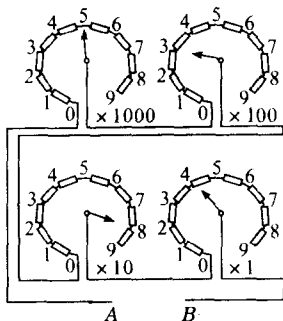


图 6-32

2. 旋钮式电阻箱内部的电阻全部串联着. 使用单刀多掷开关控制串联电阻的多少, 有数千欧、数百欧、数十欧、几欧等电阻可供选用. 如图 6-32 所示的电阻箱为 \_\_\_\_\_  $\Omega$ , 从它的最小电阻值为 \_\_\_\_\_  $\Omega$ , 最大电阻值为 \_\_\_\_\_  $\Omega$ .

### 三、电路设计

1. 如图 6-33 所示的电学黑箱有三个阻值都是  $10\Omega$  的电阻, 它们分别和盒外的四个接线柱 A、B、C、D 相连, 测量任意两个接线柱的电阻值, 发现三次测量结果均为  $10\Omega$ , 另三次测量结果均为  $20\Omega$ . 请在黑箱里画出三个电阻的连接图.



图 6-33

## 第四节 欧姆定律

### 重点精讲

#### (一) 欧姆定律

##### 定义

通过导体中的电流跟这段导体两端的电压成正比, 跟这段导体的电阻成反



比.这个规律叫欧姆定律.  $I = \frac{U}{R}$

欧姆定律表述的是电路中电流跟电压和电阻之间的关系:若导体的电阻一定,则导体中的电流跟导体两端的电压成正比;若不同电阻的导体两端的电压一定,则导体中的电流跟导体的电阻成反比,变形式  $U = IR$  和  $R = \frac{U}{I}$ ,是分别计算电路各部分的电压和用伏安法测电阻的依据.

### 适用范围

$I = \frac{U}{R}$  为部分电路的欧姆定律,只能适用闭合电路中的一部分电路,式中各量均为相应部分电路中的物理量.它可以同时用于几个电阻,也可只作用于一个电阻.使用欧姆定律时,注意三个量之间的同时性.如图 6-34 中,  $R_1$  所在部分电路中有  $I = \frac{U_1}{R_1}$ ;  $R_1$  和  $R_2$  所在的部分电路中有  $I = \frac{U}{R_1 + R_2}$ .也可在电源内部的电路中的应用  $I = \frac{U}{R}$ ,但不能对整个闭合电路用  $I = \frac{U}{R}$ .

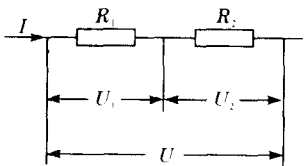


图 6-34

### 函数图象表述欧姆定律

建立直角坐标系,如图 6-35 所示,横轴表示电压  $U$ ,纵轴表示电流  $I$ .对于电阻  $R$  一定的导体来说,即可依据  $I = \frac{U}{R}$ ,画出一条自坐标原点  $O$  起始的,位于第 I 象限中的直线—— $I-U$  图线,它表明电流  $I$  是电压  $U$  的正比函数.在图线上任意取一点  $A$ ,它所对应的横坐标值  $U_A$  与纵坐标值  $I_A$  之比  $\frac{U_A}{I_A}$  即为电阻  $R$  的阻值,该图线斜率  $\tan\alpha = \frac{I}{U} = \frac{1}{\frac{U}{I}} = \frac{1}{R}$ .

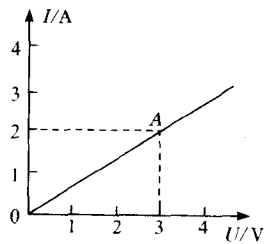


图 6-35

## (二) 电路动态分析

### 串联电路

先看总电阻,再看总电流,其次再看分压情况,第四看分流的情况,联系起来即可求解;

并联电路,先看总电阻,再看总电流,第三是看分流情况,第四看分压情



$$\therefore R_{\#} = \frac{U_a}{I_a}, \frac{1}{R_{\#}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

(b)图中,  $R_3, R_4$  串联, 两端电压  $U_b$ , 电流  $I_b$ ,

$$\therefore R_{\#} = \frac{U_b}{I_b}, R_{\#} = R_3 + R_4$$

$$U_a = U_b, I_a = I_b,$$

$$\therefore \frac{U_a}{I_a} = \frac{U_b}{I_b}, R_{\#} = R_{\#}, \frac{1}{R_{\#}} = \frac{1}{R_{\#}}$$

$$\text{故 } \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_3 + R_4}$$

答案 C

### 点评

此题由于已知条件均是电路两端的总电压及总的干路电流, 因此, 要从分析两个电路中总电阻的关系入手, 才容易求证结论. 如果研究单个电阻, 由于未知量太多, 则无法导出结论.

拓展二 图 6-37 表示阻值不同的两个电阻的电流强度随电压变化的  $I-U$  图线, 从图中可知 ( )

- A.  $R_1 > R_2$
- B.  $R_1, R_2$  串联后的总电阻的  $I-U$  图线在区域 II
- C.  $R_1, R_2$  并联后的总电阻的  $I-U$  图线在区域 III
- D.  $R_1, R_2$  并联后的总电阻的  $I-U$  图线在区域 I

(福建省物理竞赛试题)

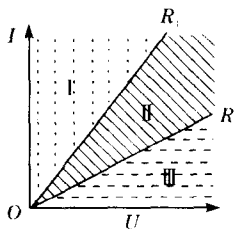


图 6-37

解析 由  $I-U$  图线知, 斜线的斜率等于电阻的倒数.  $\tan \alpha = \frac{I}{U} = \frac{1}{R}$  斜率越大, 电阻越小, 从图知

$R_2 > R_1$ ,  $R_1, R_2$  串联, 串联后总电阻增大, 斜线斜率减小, 应在第 III 区.  $R_1, R_2$  并联, 并联电路特点知, 并联后总电阻减小, 在图中斜线的斜率增大, 应在 I 区域, 由上分析知 D 正确.

### 点评

物理中许多问题都是借助数学图象来解决. 利用图象解决物理问题, 简单、明了、方便、快捷. 解题时首先必须弄清图象物理意义, 再将所求量与图象结合起来便能求解问题.

例2 如图 6-38 所示的电阻器的阻值都是 2 欧. 求 A 与 B 之间的等效电阻.

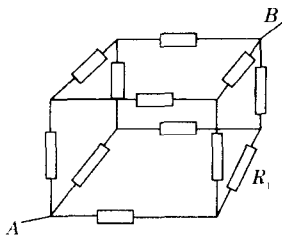


图 6-38

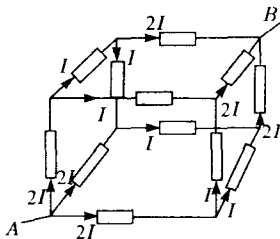


图 6-39

**解析** 见图 6-39, 设通过  $R_1$  的电流是  $I$ , 则与  $R_1$  对称的地方通过的电流都是  $I$ , 由 A、B 间的总电流为  $6I$ , AB 间的总电压为

$$U_{AB} = 2I \cdot R + I \cdot R + 2I \cdot R = 5IR.$$

$$AB \text{ 间的等效电阻为: } R_{AB} = \frac{U_{AB}}{I_{AB}} = \frac{5IR}{6I} = \frac{5}{6} \times 2 \text{ 欧} = \frac{5}{3} \text{ 欧} = 1.67 \text{ 欧}$$

**点评** 灵活应用对称法解题, 能使看起来很复杂的问题变得简单, 希望同学们熟练掌握这一方法.

**拓展一** 如图 6-40 所示电路, 由估算可知, 通过小量程电流表的电流约为 \_\_\_\_\_ mA. 通过电流表的电流约为 \_\_\_\_\_ A.

(1996 全国竞赛试题)

**解析** 本题如果用串并联的规律, 即使做对了, 也远远超过解本题应当用的时间. 若考虑到两个  $500\Omega$  电阻串联后比  $2\Omega$  的电阻大 3 个数量级, 并联后的总电阻作为估算可以认为就是  $2\Omega$ . 再和  $1000\Omega$  的电阻串联后, 同样  $2\Omega$  的电阻又可忽略. 这样经过心算即可得这道题小量程电流表的电流约为  $20\text{mA}$ , 通过电流表的电流约为  $0.12\text{A}$ .

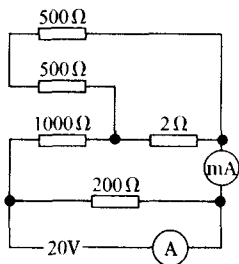


图 6-40

**点评** 实际的电路往往是比较复杂的, 在分析影响事物的诸因素时, 抓住起主导和决定性作用的因素, 进行合理的近似运算, 可以避免繁琐的数学运算.

**拓展二** 已知  $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R_{n+1} = \dots = R_m = R_{m+1} = \frac{1}{2} R$ , 如图 6-41 所示,  $R = 40\Omega$ . 电源电压为  $60\text{V}$ , 流过  $R_n$  的电流大小是 \_\_\_\_\_.

(1999 年全国复赛试题)

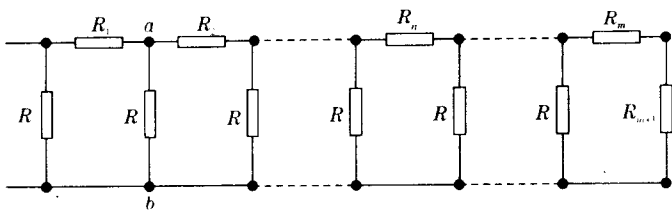


图 6-41

解析 分析无限网络电路图可知,总电流  $I = \frac{U}{R_{\text{总}}} = \frac{U}{R/2} = \frac{60}{20} \text{A} = 3\text{A}$ .

通过  $R_1$  的电流  $I_1 = \frac{1}{2} I = \frac{1}{2} \times 3\text{A}$ ; 通过  $R_2$  的电流为  $R_1$  电流的一半

$I_2 = I_1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{2-1} \text{A}$ ; 通过  $R_3$  的电流为  $R_2$  电流的一半,  $I_3 = I_2 \times \frac{1}{2} = I_1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{3-1} \text{A} \dots\dots$

所以通过  $R_n$  的电流是  $I_n = I_1 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{n-1} \text{A} = 3 \times 2^{-n} \text{A}$

**例3)** 如图 6-42 所示的电路中,电源电压保持 6V 不变,电阻  $R_2$  为  $10\Omega$ ,滑动变阻器的最大阻值为  $20\Omega$ ,当滑片  $P$  移到  $a$  端时,电压表示数为 \_\_\_\_\_ V,当滑片  $P$  移到  $b$  端时,电压表示数为 \_\_\_\_\_ V.

**解析** 滑动变阻器  $R_1$  与电阻  $R_2$  串联,电压表接在滑片  $P$  上.由于电压表内阻很大,因此电路中的电流不走滑片,滑动变阻器失去改变电阻的作用,变成阻值为  $20\Omega$  的定值电阻,电路中的总电阻为:

$R = R_1 + R_2 = 20\Omega + 10\Omega = 30\Omega$ ,电源电压不变为 6V,电路中的电流  $I = \frac{U}{R} = \frac{6\text{V}}{30\Omega} = 0.2\text{A}$ ,也始终不变.

当滑片  $P$  移到  $a$  端时,电压表实质上是在测电源电压,或者说电压表这时测的是  $R_1$  与  $R_2$  串联后的总电压,所以电压表示数为 6V.

当滑片  $P$  移到  $b$  端时,电压表实质上改测  $R_2$  两端的电压  $U_2$ . 根据公式  $I = \frac{U}{R}$  可知:  $U_2 = I_2 R_2 = 0.2\text{A} \times 10\Omega = 2\text{V}$ ,所以电压表的示数为 2V.

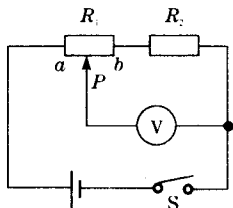


图 6-42

### 点评

电压表的内阻较大,电流无法从电压表内流过,因此把电压表接在滑片上,相当于滑片出现断路.由于电流必须从滑动变阻器的  $a$  端一直流向  $b$  端,无论滑片怎样滑动,都无法改变电阻线的长度,因此,滑动变阻器变成了定值电阻,从而失去了改变阻值的作用.

**拓展** 某同学设计了如图 6-43 所示的电路,电路中滑动变阻器的总阻值与电阻  $R$  的阻值相同,电源电压恒定,当他将滑片  $P$  从  $a$  端滑到  $b$  端的过程中,所看到的现象是 ( )

- A. 安培表的示数逐渐变大
- B. 安培表的示数逐渐变小
- C. 安培表的示数先增大,然后减小到原值
- D. 安培表的示数先减小,然后增大到原值

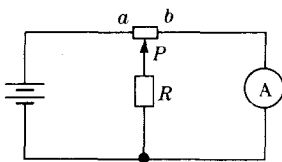


图 6-43

(1997 全国物理竞赛题)

**解析** 在滑片从  $a$  端滑到  $b$  端的过程中,当  $P$  在  $a$  端时不难看出:

$R$  与  $R_{ab}$  是并联,这时与  $R_{ab}$  串联的安培表的读数为  $I_1 = \frac{U}{R_{ab}} = \frac{U}{R}$ ; 当  $P$  从  $a$  滑到  $ab$  的中点时,电路图变成如图 6-44 所示.这时电路中的总电阻为

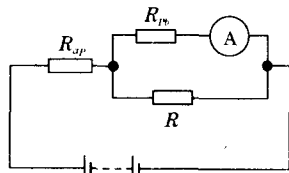


图 6-44

$$R_{\text{总}} = R_{ap} + \frac{R_{pb} \cdot R}{R_{pb} + R} = \frac{R}{2} + \frac{\frac{R}{2} \cdot R}{\frac{R}{2} + R} = \frac{5}{6} R.$$

$$I_{\text{总}} = \frac{U}{R_{\text{总}}} = \frac{U}{\frac{5}{6} R} = \frac{6U}{5R}, U_{ap} = I_{\text{总}} \cdot R_{ap} = \frac{3}{5} U.$$

$$U_{pb} = U_R = U_{\text{总}} - U_{ap} = U - \frac{3}{5} U = \frac{2}{5} U.$$

$$\text{这时安培表的示数为 } I_2 = \frac{U_{pb}}{R_{pb}} = \frac{\frac{2}{5} U}{\frac{R}{2}} = \frac{4}{5} \frac{U}{R} = \frac{4}{5} I_1.$$

当  $P$  滑至  $b$  端时,由于安培表的电阻很小,可看成  $R$  短路,这时安培表的读数为:

$$I_3 = \frac{U}{R_{ab}} = \frac{U}{R} = I_1. \text{ 所以当滑动片 } P \text{ 从 } a \text{ 端滑到 } b \text{ 端的过程中,所看到的现象}$$

是安培表的示数先减小,然后增大到原值.正确的答案应选D.

### 点评

分析电表示数变化的最大范围时,要考虑电路中电阻最大时电流的最小值为多少;电路中电阻最小时电流的最大值又为多少.而在最大值与最小值之间即是电流的变化范围,不必求中间值.电压表示数变化的最大范围也是同理.

这类题电路动态分析的物理思想是:由局部看整体,由整体看局部,由一个局部到另一个局部,当然必须结合具体情况,采用不同的规律和方法正确、灵活地分析,才是正确的保证.注意电路中滑动变阻器滑动或开关闭合与断开引起电路结构的变化,从而引起各电表的变化.

**例4** 如图 6.45 所示的电路中,已知各电阻  $R_1 = 4\Omega$ ,  $R_2 = 6\Omega$ ,  $R_3 = 12\Omega$ ,  $R_4 = 4\Omega$ , 电源电压恒定不变且  $U = 5.4\text{V}$ . 电压表的电阻很大.

- (1) 求电压表的示数.
- (2) 用一个电阻很小的电流表换下电压表, 求电流表的示数.
- (3) 将电流表和电源互换位置后, 电流表的示数又为多少?

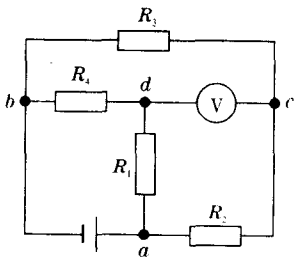


图 6.45

**解析** (1) 由于电压表的内电阻很大, 所以  $c$ 、 $d$  两点间可视为断路, 这样原电路就由两条支路所组成: 第一条支路是  $R_1$  和  $R_4$  串联而成, 第二条支路是  $R_2$  和  $R_3$  串联而成, 通过  $R_1$  和  $R_4$  这条支路中的电

$$\text{流为 } I_1 = \frac{U}{R_1 + R_4} = \frac{5.4}{4 + 4} = 0.675\text{A}$$

$R_1$  两端的电压  $U_1$  为

$$U_1 = I_1 R_1 = 0.675 \times 4 = 2.7\text{V}$$

通过  $R_2$  和  $R_3$  这条支路中的电流为

$$I_2 = \frac{U}{R_2 + R_3} = \frac{5.4}{6 + 12} = 0.3\text{A}$$

$R_2$  两端的电压  $U_2$  为

$$U_2 = I_2 R_2 = 0.3 \times 6 = 1.8\text{V}$$

电压表的示数为

$$U_{cd} = U_d - U_c = U_1 - U_2 = 2.7 - 1.8 = 0.9\text{V}$$

(2) 若用电流表换下电压表, 则电路的结构发生了变化, 因为电流表的电阻很

小,  $c, d$  之间可看成短路, 这样从电路来讲,  $c, d$  可看作 1 个点, 此时原电路就变成  $R_1$  和  $R_2$  并联,  $R_3$  和  $R_4$  并联, 然后 2 个并联的部分再串联.

$R_1$  和  $R_2$  并联的总电阻为

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4 \times 6}{4 + 6} = 2.4 \Omega$$

$R_3$  和  $R_4$  并联的总电阻为

$$R_{34} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{12 \times 4}{12 + 4} = 3 \Omega$$

电路中的总电流为

$$I = \frac{U}{R_{12} + R_{34}} = \frac{5.4}{2.4 + 3} = 1 \text{ A}$$

用  $I_1$  表示此时  $R_1$  中的电流,  $I_4$  表示此时  $R_4$  中的电流, 则由并联分流的规律可得:

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I = \frac{6}{6 + 4} = 0.6 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{R_3}{R_3 + R_4} I = \frac{12}{12 + 4} = 0.75 \text{ A}$$

显然, 在  $R_4$  中有 0.75 A 的电流由  $d$  流向  $b$ , 比由  $a$  流向  $d$  的电流多 0.15 A, 这多出来的电流只能是由  $c$  流向  $d$  的, 即电流表的示数为

$$I_{cd} = I_4 - I_1 = 0.75 - 0.6 = 0.15 \text{ A}$$

(3) 若将电流表与电源交换位置, 电路就变成  $R_1$  和  $R_4$  并联,  $R_2$  和  $R_3$  并联, 两并联部分再串联组成电路.  $R_1$  和  $R_4$  并联的电阻以及  $R_2$  和  $R_3$  并联的电阻分别为

$$R_{14} = \frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4} = \frac{4 \times 4}{4 + 4} = 2 \Omega$$

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4 \Omega$$

电路中的总电流为

$$I'' = \frac{U}{R_{14} + R_{23}} = \frac{5.4}{4 + 2} = 0.9 \text{ A}$$

$R_3$  和  $R_4$  中的电流为

$$I''_3 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} I'' = \frac{6}{6 + 12} \times 0.9 = 0.3 \text{ A}$$

$$I''_4 = \frac{R_1}{R_1 + R_4} I'' = \frac{4}{4 + 4} \times 0.9 = 0.45 \text{ A}$$

电流表的示数为

$$I''_{cd} = I''_4 - I''_3 = 0.45 - 0.3 = 0.15 \text{ A}$$



拓展一 如图 6-46 所示的电路中,已知电源电压为 15 伏,  $R_1 = 4\Omega$ ,  $R_4 = 10\Omega$ , 电压表  $V_1$  的示数为 5V,  $V_2$  的示数为 8V, 则  $R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ 、 $R_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

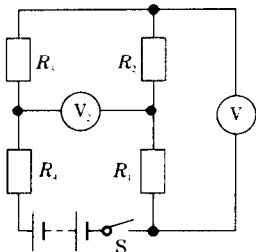


图 6-46

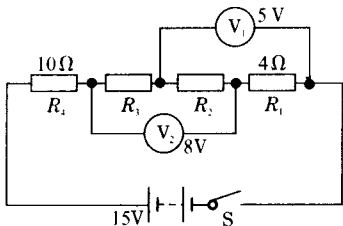


图 6-47

解析 由题意画等效电路图如图 6-47 所示:

可以确定电路图中的四个电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  串联, 电压表  $V_1$  测量  $R_2$ 、 $R_1$  串联后的总电压, 电压表  $V_2$  测量  $R_3$ 、 $R_2$  串联后的总电压, 设四个电阻的电压分别为  $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_3$ 、 $U_4$ , 根据串联电路电阻与电压成正比的关系可得:

$$\frac{U_{21}}{U_4 + U_3} = \frac{R_2 + R_1}{R_4 + R_3} \quad (1)$$

$$\frac{U_{32}}{U_4 + U_1} = \frac{R_3 + R_2}{R_4 + R_1} \quad (2)$$

$$\text{由 } U_{21} = 5\text{V}, U_4 + U_3 = U - U_{21} = 15\text{V} - 5\text{V} = 10\text{V},$$

$$R_1 = 4\Omega, R_4 = 10\Omega, U_{32} = 8\text{V}, U_4 + U_1 = U - U_{32} = 7\text{V}$$

将已知数据代入(1)、(2)两式得:

$$\frac{5}{10} = \frac{R_2 + 4}{10 + R_3} \quad (3)$$

$$\frac{8}{7} = \frac{R_3 + R_2}{10 + 4} \quad (4)$$

从(3)、(4)两式可解得

$$R_2 = 6\Omega, R_3 = 10\Omega$$

### 点评

解决多个电阻、电表组成的电路问题的关键之一是画出等效电路图. 本题巧用串联电路中电压与电阻成正比的关系求解.

拓展二 灵敏电流计的表头, 内阻为  $200\Omega$ , 量程为  $1\text{mA}$  (1) 用它测量  $0\sim 0.6\text{A}$  或  $0\sim 3\text{A}$  的电流, 应如何改装. (2) 用它测量  $0\sim 3\text{V}$  或  $0\sim 15\text{V}$  的电压, 又应如何改装.

**解析** (1)根据并联电路分流的道理,将电表的表头跟电阻并联,就能解决该问题.如图 6-48 所示,在使用“-”、“0.6A”两个接线柱的时候, $R_1$ 、 $R_2$ 支路中分流值为  $I = I_1 - I_k$ ,由并联电路特点  $U_{12} = U_k = I_k R_k$ .

$$R_1 + R_2 = \frac{U_{12}}{I_2} = \frac{I_k R_k}{I_1 - I_k}$$

$$= \frac{0.001\text{A} \times 200\Omega}{0.6\text{A} - 0.001\text{A}} = \frac{200}{599}(\Omega).$$

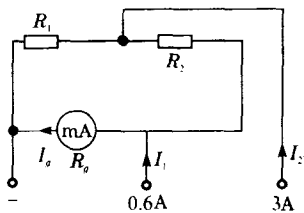


图 6-48

在使用“-”、“3A”两个接线柱的时候, $R_1$ 支路中分流值为  $I_2 - I_k$ , $R_1$ 两端的电压等于表头和  $R_2$ 串联的电压,

$$R_1(I_2 - I_k) = (R_g + R_2)I_k \quad (1)$$

$$\text{代入数据得: } R_1 \times (3\text{A} - 0.001\text{A}) = (200\Omega + R_2) \times 0.001 \quad (2)$$

联解(1)、(2)得

$$R_1 = 6.677 \times 10^{-2}\Omega$$

$$R_2 = 0.267\Omega$$

(2)根据串联电路分压的特点:将电表表头与电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 串联,如图 6-49 所示:

$$U_1 = I_k(R_1 + R_g), R_1 = \frac{U_1}{I_k} - R_g$$

代入数据得:

$$R_1 = \frac{U_1}{I_k} - R_g = \frac{3\text{V}}{0.001\text{A}} - 200\Omega = 2800\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_k} - R_g - R_1$$

$$= \frac{15\text{V}}{0.001\text{A}} - 200\Omega - 2800\Omega = 12000\Omega$$

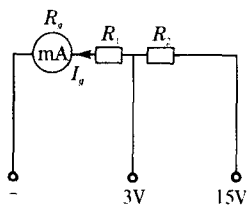


图 6-49

### 点评

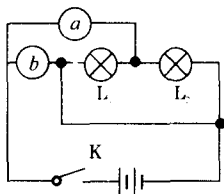
电流表、电压表都是灵敏电流计改装而成.其原理是利用并联电路分流和串联电路分压的原理.只要知道原理,我们就可以根据需要来制作电流表或电压表.

# 巩固练习

## 一、选择题

1. 如图 6-50 所示的电路中,  $A$ 、 $B$  是两只电表, 当开关闭合后,  $L_1$ 、 $L_2$  都正常发光, 则 ( )

- A.  $a$ 、 $b$  都是电压表
- B.  $a$ 、 $b$  都是电流表
- C.  $a$  是电流表,  $b$  是电压表
- D.  $a$  是电压表,  $b$  是电流表



(福建省竞赛试题)

图 6-50

2. 如图 6-51 及 6-52 所示, 已知电池组的电压  $U = 6$  伏, 并保持恒定不变, 电阻  $R_1 = 6$  欧,  $R_2 = 4$  欧,  $R_3 = 6$  欧. 如果把电流表与电池组的位置互相对调, 则电流表的示数将 ( )

- A. 变大
- B. 变小
- C. 不变
- D. 无法确定

(福建省竞赛试题)

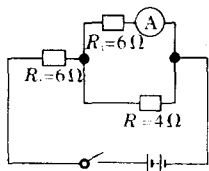


图 6-51

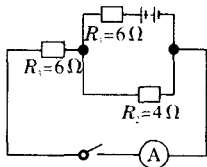


图 6-52

3. 某导体两端加 4V 电压时, 在 10s 内通过该导体横截面的电量是 5C, 则导体的电阻为 ( )

- A.  $10\Omega$
- B.  $8\Omega$
- C.  $6\Omega$
- D.  $2\Omega$

4. 定值电阻与滑动变阻器串联后, 接在电压不变的电源上, 当变阻器接入电路的电阻为变阻器的最大电阻值的一半时, 电路中的电流为  $I$ . 当变阻器连入电路中的电阻为变阻器的最大阻值时, 电路中的电流为  $I'$ . 比较  $I$  和  $I'$  的大小, 可知 ( )

- A.  $0 < I' < 0.5I$
- B.  $0.5I < I' < I$
- C.  $I < I' < 2I$
- D.  $I' > 2I$

5. 根据欧姆定律公式  $I = \frac{U}{R}$  的变形  $R = \frac{U}{I}$  及电阻的性质, 可以判断 ( )

- A. 当  $U$  变大时,  $\frac{U}{I}$  变小  
 B. 当  $U$  变大时,  $\frac{U}{I}$  变大  
 C. 当  $U$  变小时,  $\frac{U}{I}$  不变  
 D. 当  $U = 0$  时,  $\frac{U}{I} = 0$

6. 如图 6-53 所示,  $V_1$  和  $V_2$  是两个完全相同的电压表, 都有 3V 和 15V 两个量程, 闭合开关后, 发现两个电压表指针偏转的角度相同, 则 ( )

- A.  $R_1 : R_2 = 1 : 4$   
 B.  $R_1 : R_2 = 4 : 1$   
 C.  $R_1 : R_2 = 1 : 5$   
 D.  $R_1 : R_2 = 5 : 1$

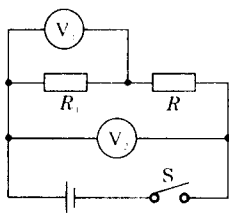


图 6-53

7. 在图 6-54 所示的电路中,  $R_3$  的阻值不等于零, 当断开电键 S 时, 电压表的示数为 6V, 当闭合电键 S 时, 电压表的示数可能是 (设电源电压保持不变) ( )

- A. 11V                      B. 10V                      C. 9V                      D. 8V

(1999 年上海赛区试题)

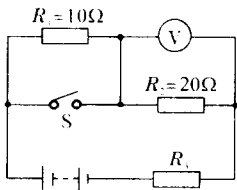


图 6-54

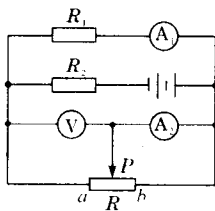


图 6-55

8. 在图 6-55 所示的电路中, 电源电压不变, 当滑动变阻器滑片  $P$  向右移动时, 电表示数的变化情况是 ( )

- A. 电流表  $A_1$  示数增大, 电流表  $A_2$  示数减小, 电压表  $V$  示数增大  
 B. 电流表  $A_1$  示数减小, 电流表  $A_2$  示数减小, 电压表  $V$  示数增大  
 C. 电流表  $A_1$  示数增大, 电流表  $A_2$  示数减小, 电压表  $V$  示数减小  
 D. 电流表  $A_1$  示数减小, 电流表  $A_2$  示数增大, 电压表  $V$  示数不变

(1998 年上海赛区试题)

## 二、填空题

1. 物理小组制作了一个自动控制器, 其中有一个调压电路如图 6-56 所示, 滑动变

阻器  $R$  的最大阻值是 100 欧, 负载电阻  $R'$  的阻值为 100 欧,  $A$ 、 $B$  间电压为 10 伏, 保持不变. 使用过程中发现这个电路的调压范围和原设计不符, 检查结果是图中  $F$  处导线折断, 滑动头  $P$  由上向下移动时, 如果电路完好,  $CD$  两端的电压范围应是\_\_\_\_\_伏至\_\_\_\_\_伏; 如果  $F$  点导线折断,  $CD$  两端的电压范围是\_\_\_\_\_伏至\_\_\_\_\_伏.

(1996 年全国物理竞赛试题)

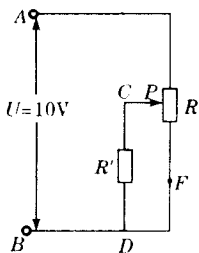


图 6-56

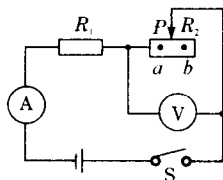


图 6-57

2. 如图 6-57 所示, 电源电压保持不变, 定值电阻  $R_1 = 10\Omega$ , 当滑动变阻器  $R_2$  的滑片  $P$  由  $a$  移至  $b$  时, 电压表的示数由 2V 增大到 5V, 问在这一过程中电流表示数将\_\_\_\_\_ (填“变大”“变小”或“不变”), 电路中电流的变化值为\_\_\_\_\_.

### 三、计算题

1. 如图 6-58 所示的电路中, 当电源电压为 4V 时, 电压表的示数为 1V; 当电源电压增至 6V 时, 电流表的示数为 0.5A, 求电阻  $R_1$ 、 $R_2$  的阻值.

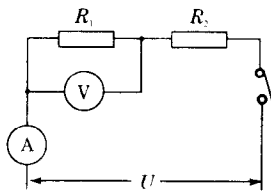


图 6-58

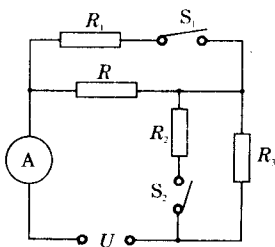


图 6-59

2. 如图 6-59 所示, 电源电压  $U = 24V$ , 电阻  $R = 6\Omega$ ,  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  均为未知电阻, 当  $S_1$ 、 $S_2$  都断开时, 电流表的示数为 2.4A; 当  $S_1$  闭合,  $S_2$  断开时, 电流表的示数为 4.0A; 当  $S_1$  断开,  $S_2$  闭合时电流表的示数为 2.8A. 求  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  的阻值.
3. 物理课外活动小组需要对两只定值电阻  $R_1$ 、 $R_2$  和一只滑动变阻器  $R$  的阻值

进行测定,现将这些元件连接成的电路,如图 6-60 所示,闭合  $S_1$ 、断开  $S_2$ ,将滑动变阻器的阻值调到最大时,电流表的读数是 0.2A,电压表的读数是 2V;若将  $S_1$ 、 $S_2$  都闭合,将滑动变阻器的阻值调到零时,电压表的读数是 6V,电流表的读数是 0.9A.求:

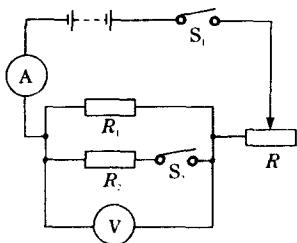


图 6-60

- (1)定值电阻  $R_1$  的电阻是多少?
- (2)滑动变阻器的最大电阻是多少?
- (3)定值电阻  $R_2$  的电阻是多少?

## 第五节 测量小灯泡的电阻

### 重点精讲

#### 实验目的

测小灯泡电阻;熟练使用电流表和电压表.

#### 伏安法测电阻的原理

$$\text{欧姆定律 } R = \frac{U}{I}.$$

#### 实验电路如图 6-61 或 6-62 所示

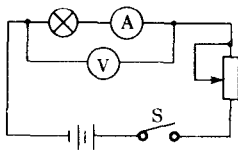


图 6-61

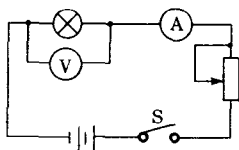


图 6-62

#### 实验器材

电池、小灯泡、电压表、电流表、开关、导线.

#### 实验中应注意事项

- (1)连接电路时,开关应断开;

(2)注意电压表、电流表量程的选用;

(3)同一电阻(大电阻和小电阻)用电流表内接法和外接法两种方法进行测试比较,从而得出测小电阻用电流表外接法(如图 6-63),测大电阻用电流表内接法(如图 6-64)。

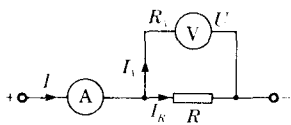


图 6-63

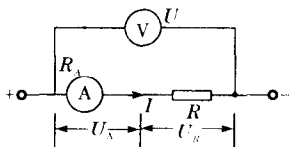


图 6-64

“伏安法”测电阻的原理是根据欧姆定律导出的  $R = \frac{U}{I}$ , 其中相关的电压值和电流值分别由电压表和电流表读出。但由于电压表和电流表各自都有表内电阻(简称内阻), 把它们连入电路中不可避免地将改变原来电路的组成, 从而给测量结果带来影响, 出现由于引入仪表而带来的误差。

用伏安法测电阻, 将仪表接入电路有两种方式, 如图 6-63 和 6-64 所示。

①采用图 6-63 的接法时(通常称作电流表外接法), 电压表(内阻  $R_V$ )与待测电阻  $R$  并联, 由于电压表支路的分流( $I_V$ ), 有  $I = I_R + I_V$ ,  $R_{\text{测}} = \frac{U}{I}$  而  $R_{\text{真}} = \frac{U}{I - I_V}$ , 只有当  $I_V \ll I$  或  $I_V \ll I_R$  时, 才可能使误差减小, 使  $R_{\text{测}}$  接近于  $R_{\text{真}}$ 。根据并联电路的规律, 条件应是  $R_V \gg R$ , 则待测电阻  $R$  远小于电压表内阻  $R_V$ 。用于测小电阻误差较小。

②采用图 6-64 的接法时(通常称作电流表内接法), 电流表(内阻  $R_A$ )与待测电阻  $R$  串联, 有  $U = U_R + U_A$ ,  $R_{\text{测}} = \frac{U}{I}$  而  $R_{\text{真}} = \frac{U - U_A}{I}$ 。只有当  $U_A \ll U$  或  $U_A \ll U_R$  时, 才可能使误差减小, 使  $R_{\text{测}}$  接近于  $R_{\text{真}}$ 。根据串联电路的规律, 条件应是  $R_A \ll R$ , 则待测电阻  $R$  远大于电流表的内阻  $R_A$ 。用于测大电阻误差较小。

当待测电阻  $R$  较大时, 应用内接法; 当待测电阻  $R$  较小时, 应用外接法。当不知待测电阻大小, 通常用试触法, 即用电压表的一端去试触 A、B 两点, 如图 6-65 所示。若发现电压表变化较大, 说明待测电阻较小, 应用外接法, 若发现电压表没有明显变化, 说明待测电阻较大, 用内接法。

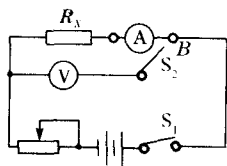


图 6-65

## 范例精解

**例1** 实验室有下列器材:电流表一只(0~0.6A,0~3A),电压表一只(0~6V;0~15V),滑动变阻器(0~10Ω)一只(用以限制通过待测电阻中的电流),电源(6V)一个,开关一个,导线若干.请用上述规格的器材来测量阻值约8欧的一个待测电阻的阻值,要求实验中电表不超过其量程,且电表的指针都能偏过刻度盘的中线(或靠近中线).

- (1)画出实验电路图;
- (2)指明电流表和电压表各应选用何量程;
- (3)实验中对滑动变阻器接入电路的电阻值有何要求.

**解析** (1)实验中应采用的电路如图 6-66 所示,图  $R_x$  为待测电阻, $R_0$  为滑动变阻器.

(2)在图所示的电路中,以  $U$  表示电源电压,则全部电阻接入电路中时,电路中总电阻最大,其电流值则最小,约为

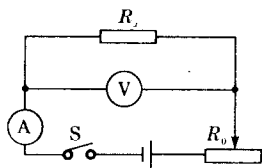


图 6-66

$$I_{\text{小}} = \frac{U}{R_x + R_0} \approx \frac{6}{8 + 10} = 0.33(\text{安}).$$

当滑动变阻器的滑动片调至最左端,即接入电路的阻值为零时,电路中的总电阻最小,此时电路中的电流值最大,约为:

$$I_{\text{大}} = \frac{U}{R_x} \approx \frac{6}{8} = 0.75(\text{安}).$$

即此电路中的电流仅可以在 0.33 安~0.75 安的范围内变化,而题目要求实验时电表不超过其量程,且表的指针都能偏过刻度盘的中线(或靠近中线).显然,如果电流表选用 0~3 安的量程,指针位于刻度盘中线处对应的电流为 1.5 安,而此电路中最多仅有电流 0.75 安,故不符合要求.而如果选用 0~0.6 安的量程,则此电路中的最小值也超过了此刻度盘中线对应的电流值(0.3 安),但其最大电流值却可以通过调节滑动变阻器接入电路的电阻值来给以限制使之不超过 0.6 安.所以,应选用电流表的量程为 0~0.6 安.

电源电压为 6 伏,则待测电阻上的电压最多只能达到 6 伏,对应于电压表的两个量程,根据题述要求,显然只能选用 0~6 伏这一量程.

(2)依上述为使电路中的电流不超过已选定的电流表的量程(0.6 安),则滑动变阻器接入电路的电阻不能太小,为此,我们可以求出当电路中电流  $I$  刚好为 0.6 安时滑动变阻器接入电路的电阻,记此电阻值为  $R_1$ ,则有  $I = \frac{U}{R_x + R_1}$ .



$$\therefore R_1 = \frac{U}{I} - R_r \approx \frac{6}{0.6} - 8 = 2(\text{欧}).$$

即为保证实验中通过电流表的电流不超过其量程,滑动变阻器接入电路的电阻值不能小于2欧.

另外我们再看一下这样电压表的指针偏转能否满足题目要求.由图可见,电压表显示的是待测电阻  $R_r$  两端的电压,现以  $U_r$  表示,由串联分压的关系有:

$$U_r = \frac{R_r}{R_r + R'_0} U.$$

上式中  $R'_0$  表示变阻器接入电路的电阻值,由上有:

$$10 \text{ 欧} \geq R'_0 \geq 2 \text{ 欧}.$$

以  $U = 6$  伏,  $R_r \approx 8$  欧及  $R'_0$  的取值范围代入前式可解得:

$$2.7 \text{ 伏} \leq U_r \leq 4.8 \text{ 伏}$$

对于电压表取 0~6 伏的量程来说,上述数值是能满足“不超过量程,且表的指针都能偏过刻度盘的中线(或靠近中线)”这一要求的.

**答案** 综合以上分析可得:(1)电路图如图 6-66 所示;(2)电流表应选的量程为 0~0.6 伏,电压表应选的量程为 0~6 伏;实验中滑动变阻器接入电路的阻值应不小于 2 欧.

### 点评

对实验中仪器量程的选取,应分别求其对应极值,再由极值选对应量程.

**拓展一** 若实验中没有电压表,你能否用一个电池组、一个电流表、一个已知阻值的电阻  $R_0$ 、一个待测电阻  $R_r$ 、若干导线等器材,测出电阻  $R_r$  的阻值.简要说明实验步骤,并画出实验电路图(设电源电压不变).

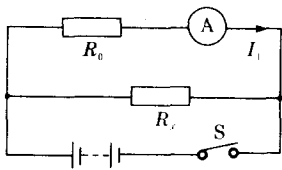


图 6-67

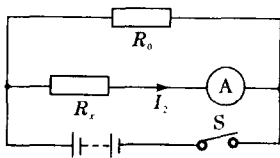


图 6-68



实验电路如图 6-67 所示:

- (1) 将电流表按图示方法连入电路,测出通过  $R_0$  的电流  $I_1$ ;
- (2) 根据  $U_1 = I_1 R_0$ , 求出  $U_1$ ;
- (3) 将电流表按图 6-68 所示位置连接,测出通过  $R_r$  的电流  $I_2$ ;
- (4) 根据并联电路电压相等,  $U_1 = U_2 \therefore R_r = \frac{U_2}{U_1} R_0$

解析二

利用电源不变这一条件,通过测量量和已知量求出电阻  $R_x$ .  
实验电路如图 6-69 及 6-70 所示.

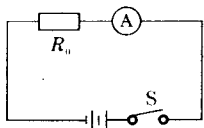


图 6-69

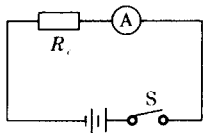


图 6-70

- (1) 按图 6-69 连接,测出通过  $R_0$  的电流  $I_1$ ;
- (2) 按图 6-70 连接,测出通过  $R_x$  的电流  $I_2$ ;
- (3) 由于电源电压不变,

$$\therefore I_1 R_0 = I_2 R_x \quad R_x = \frac{I_1}{I_2} R_0$$

点评

同一实验目的可以有多种不同的实验操作方法,通过灵活多变的方式解决问题,利用串联、并联电路的特点来进行实验.同时注意实验误差,可以拓展我们对同一问题不同的理解,避免单一的思维模式.实验时应注意实验误差.

拓展二 如果只有一个电压表,能否用一个阻值已知的电阻和电压表来测待测电阻的阻值.请设计实验的电路,并说明理由.

解析 实验电路图如图 6-71 所示.

实验时,先把已知阻值的电阻和未知电阻串联,再把电压表按图中虚线、实线位置,分两次先后并联在已知阻值的电阻、未知电阻的两端,根据电压表的两次示数  $U_0$ 、 $U$ .

由串联电路规律  $\frac{U_0}{R_0} = \frac{U}{R}$ ,得  $R = \frac{R_0 U}{U_0}$  将  $R_0$ 、 $U_0$ 、 $U$

代入就可求解.

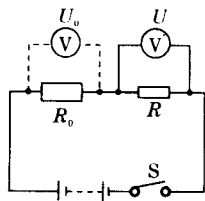


图 6-71

点评

测电阻的方法较多,其实质都是欧姆定律和串、并联电路特点的应用.要求能灵活应用串、并联电路的特点.测电阻时要考虑到实验误差问题,因此伏安法测电阻时,如果不知电阻大小的情况下,最好先用试触法来确定是用电流表内接法还是电流表外接法.

例2 在用伏安法测电阻的实验中,某同学的电表量程选择正确,但不慎将两表的位置安放错了,连成如图 6-72 甲、乙所示的两种情况,若开关闭合

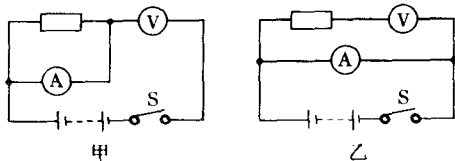


图 6-72

- (1)按甲图连接会发生的后果是( );  
 (2)按乙图连接会发生的后果是( ).

- A. 电流表和电压表都被损坏      B. 电流表损坏,电压表示数为零  
 C. 电流表示数为零,电压表有示数      D. 电流表损坏,电压表有示数

**解析** (1)甲图中的电压表与待测电阻串联、电流表与待测电阻并联.由于电压表的电阻很大,当它串联在电路中后,整个电路的总电阻也变得很大,电路中电流很小,几乎为零.通过电流表的电流也很小,电流表的示数也几乎为零.电压表的两端通过开关、电阻连接在电源上,电压表有示数,约为电源的电压.选项 C 正确.

(2)图乙中的电压表也与待测电阻串联,只是电流表与电源直接联结.由于电流表的电阻很小,当它与电源连接后,整个电路的总电阻变得很小,通过电流表的电流很大,电流表将会被烧毁.由于电压表的两端仍通过开关、电阻连接在电源上,所以电压表仍有示数.选项 D 正确.

**点评** 作实验时注意各表的正确接法,否则会造成烧坏仪表的后果.当电路连接出现错误时,不可随意说电流表并联就烧坏,要根据实际情况来判断.

**拓展** 用伏安法可以测量出导体的电阻.请回答下列问题:

- (1)实验的原理是什么?
- (2)实验中需要测量哪些物理量?
- (3)如何计算待测电阻?
- (4)怎样改变待测电阻两端的电压?
- (5)图 6-73 是某同学设计的实验电路图,其中有几处错误,他们错在何处?

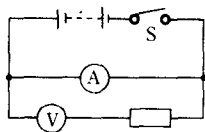


图 6-73

请你画出正确的电路图.

**解析** (1)用伏安法测电阻的实验原理是欧姆定律.将导体接入电路后,导体上就会有电流通过.设导体的电阻为  $R$ 、导体两端的电压为  $U$ 、通过导体的电流为  $I$ ,根据欧姆定律有  $I = \frac{U}{R}$ .只要我们测出导体两端的电压  $U$ 、通过导体的电流  $I$ ,就可以用上面的公式计算出这个导体的电阻  $R$ .

(2) 本实验需要测量的物理量有两个: 一个是被测电阻两端的电压  $U$ , 另一个是通过被测电阻的电流  $I$ .

(3) 计算公式是欧姆定律  $I = \frac{U}{R}$  的变形,  $R = \frac{U}{I}$ .

(4) 实验时, 用滑动变阻器改变通过待测电阻的电流, 从而改变加在它两端的电压.

(5) 图中有两处错误: 第一处是电流表和电压表的位置接错了, 若接通电路会烧毁电流表. 第二处是缺少滑动变阻器, 我们无法调节被测电阻两端的电压.

正确的电路图如图 6-74 所示.

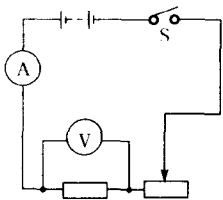


图 6-74

**例3** 实验室中有两个各有 30 个小格, 刻度均匀但未经过核准的仪表(未接入电路时, 指针都指零刻度). 一个是标明量程为  $0 \sim 0.6\text{A}$  的电流表, 另一个是标明量程为  $0 \sim 3\text{V}$  的电压表. 经检验, 当流过电流表的电流是  $0.40\text{A}$  时, 其指针指在“ $0.44\text{A}$ ”处. 当给电压表两端加  $3.00\text{V}$  电压时, 其指针指在“ $2.40\text{V}$ ”处. 现在用它们测量某一电阻  $R$  的阻值, 结果与  $R$  并联的电压表读数为“ $2.00\text{V}$ ”, 与  $R$  串联电流表读数为“ $0.20\text{A}$ ”, 则  $R$  的实际阻值应是多少?

(1999 年北京赛区试题)

**解析** 当电流为  $0.40\text{A}$  时, 电流表示数为  $0.44\text{A}$ ;

如果电流表示数为  $0.20\text{A}$  时, 则应有:  $0.4:0.44 = I:0.2$

则可得到:  $I = \frac{2}{11}\text{A}$ .

当电压为  $3.00\text{V}$  时, 电压表示数为  $2.40\text{V}$ ;

如果电压表示数为  $2.00\text{V}$  时, 则应有:  $3:2.4 = U:2$

则可得到:  $U = 2.5\text{V}$ ,  $\therefore R = \frac{U}{I} = \frac{2.5\text{V}}{\frac{2}{11}\text{A}} = 13.75\Omega$ .

**点评** 因刻度均匀, 故可用对应成比例来求解.

# 巩固练习

## 一、选择题

- 用电流表内接法测得待测电阻为  $R_1$ , 用电流表外接法测得待测电阻为  $R_2$ , 其真实值为  $R_0$ , 则下列关系正确的是: ( )
  - $R_0 = R_1 = R_2$
  - $R_1 > R_2 > R_0$
  - $R_2 < R_0 < R_1$
  - $R_1 < R_0 < R_2$
- 用伏安法测电阻时, 已知待测电阻大约是  $10\Omega$ , 电流表内阻为  $1\Omega$ , 电压表内阻为  $5K\Omega$ , 则: ( )
  - 应选用电流表外接法, 此时测量值比真实值大
  - 应选用电流表外接法, 此时测量值比真实值小
  - 应选用电流表内接法, 此时测量值比真实值大
  - 应选用电流表内接法, 此时测量值比真实值小
- 如图 6-75 所示的电路中, 电压表示数为  $9V$ , 电流表读数为  $0.1A$ , 已知电压表内阻为  $900\Omega$ , 电流表内阻为  $20\Omega$ . 则电阻  $R_1$  的阻值为 ( )
  - $90\Omega$
  - $100\Omega$
  - $110\Omega$
  - $120\Omega$

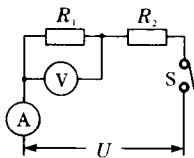


图 6-75

## 二、填空题

- 某同学按图 6-76 所示的电路图连接电路进行实验, 实验时电阻  $R_1$  保持不变, 滑动变阻器  $R_2$  的最大阻值为  $20\Omega$ , 三次改变滑动变阻器的滑片  $P$  的位置, 得到下表的实验数据:

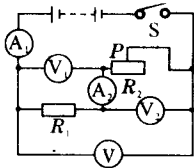


图 6-76

| 次数 | $A_1$ 表示数(A) | $A_2$ 表示数(A) | $V_1$ 表示数(V) | $V_2$ 表示数(V) | V 表示数(V) |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| 1  | 0.4          | 0.4          | 4            | 8            | 12       |
| 2  | 0.6          | 0.6          | 6            | 6            | 12       |
| 3  | 0.8          | 0.8          | 8            | 4            | 12       |

请回答: (1) 图所示电路是\_\_\_\_\_联电路(选填“串”或“并”).

(2) V 表测的是\_\_\_\_\_两端的电压.

(3)  $R_1 =$ \_\_\_\_\_  $\Omega$ .

(4) 第三次实验时  $R_2$  未接入电路的电阻为\_\_\_\_\_  $\Omega$ .

2. 如图 6-77 所示电路中, 电压表和电流表的读数分别为 10V 和 0.1A, 已知电流表的内阻  $R_A$  为  $0.2\Omega$ , 那么待测电阻  $R_x$  的测试值比真实值\_\_\_\_\_, 真实值为\_\_\_\_\_.

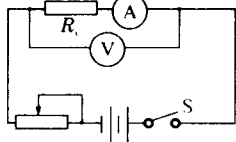


图 6-77

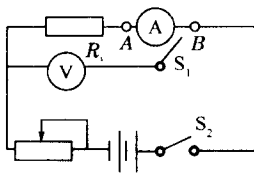


图 6-78

3. 如图 6-78 所示: 用伏安法测电阻  $R_x$ , 电路电压恒定, 当  $S_1$  接 A 时, 电压表示数为 10V, 电流表示数为 0.2A; 当  $S_1$  接 B 时, 电压表示数为 12V, 电流表示数为 0.15A, 那么当  $S_1$  接\_\_\_\_\_时, 测得  $R_x$  比较准确, 此时  $R_x$  的测试值为\_\_\_\_\_  $\Omega$ .

### 三、实验与作图题

1. 如何用下列器材进行测定电阻的实验. 简述原理和步骤.

(1) 电源、电键、定值电阻、伏特表、待测电阻和若干导线.

(2) 电源、电键、定值电阻、安培表、待测电阻和若干导线.

(3) 电源、电键、安培表、电阻箱、待测电阻及若干导线(只准接一次电路).

(4) 电源、电键、电阻箱、单刀双掷开关、安培表(不准确)、待测电阻、若干导线.

## 第六节 欧姆定律和安全用电

### 重点精讲

#### 安全电压

$$U \leq 36V$$

#### 高压触电的两种形式

(1) 高压触电的两种形式: 人体靠近高压带电体到一定距离时, 高压带电体和人体间发生放电现象, 击穿空气形成电弧, 有强电流通过人体, 而造成触电事故.

(2) 跨步电压触电: 高压输电线落在地上, 地面上与电线断头距离不同的各点

间存在着电压,人走近断头时,两脚位于离断头远近不同的位置上,使人的两脚之间有了电压,这时电流通过人体而造成触电事故。

### ❖ 触电事故的处理

### ❖ 注意防雷

雷电是大气中一种剧烈的放电现象。云层之间、云层和大地之间的电压可达几百万伏,放电时的电流可达几万安至十几万安,产生很强的光和声。云层和大地之间的放电如果通过人体,能够使人立即死亡。高大建筑的顶端都有针状的金属物,通过很粗的金属线与大地相连,以防雷,叫做避雷针。

## 巩固练习

### 一、选择题

1. 用湿手触摸电器有触电的危险,其原因是 ( )
  - A. 对于人体来说,皮肤干燥时电阻大一些,潮湿时电阻小一些
  - B. 对于人体来说,皮肤干燥时电阻小一些,潮湿时电阻大一些
  - C. 对于人体来说,皮肤干燥时电阻小一些,潮湿时电阻也小一些
  - D. 对于人体来说,皮肤干燥时电阻大一些,潮湿时电阻也大一些
2. 下列说法正确的是 ( )
  - A. 电压高,通过人体的电流虽然小,但一样使人致命
  - B. 电压越高,通过人体电流越大,能使人致命
  - C. 站在高压线上的鸟平安无事,这说明电压尽管很高,也不是十分危险的
  - D. 上述说法都是错误的
3. 关于雷电,下列说法正确的是 ( )
  - A. 云层之间因放电而产生的雷电现象对人体具有很强的伤害作用,能够立即致人死亡
  - B. 云层之间的放电产生的巨大电流如果通过建筑物会使它受到严重的破坏
  - C. 云层和大地之间的放电如果通过人体,能够立即致人死亡
  - D. 云层和大地之间的放电不可能形成地面雷电
4. 使用电池的时候,不允许用导线把电池两极连接起来,是因为 ( )
  - A. 这样连接电路不通
  - B. 这样连接会在导线中产生很大的电流,电池被损坏
  - C. 这样连接电路中电流太小,用电器无法工作
  - D. 这样连接有触电危险





表的示数为  $I_1$ ; 当开关  $S_1$ 、 $S_3$  闭合、 $S_2$  断开时, 电流表的示数为  $I_2$ , 则  $I_2$  与  $I_1$  的比为: ( )

- A. 1:2                      B. 2:1                      C. 2:3                      D. 3:2

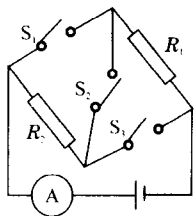
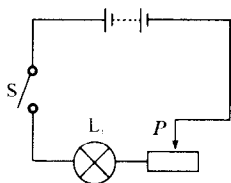


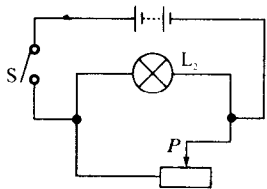
图 6-82

7. 如图 6-83 所示的两个电路中, 电源电压相等, 闭合开关  $S$ , 当滑动变阻器的滑片  $P$  都向右滑动时, 灯泡  $L_1$  和  $L_2$  的亮度变化是 ( )

- A.  $L_1$ 、 $L_2$  都变亮                      B.  $L_1$ 、 $L_2$  都变暗  
C.  $L_1$  变亮,  $L_2$  变暗                      D.  $L_1$  变暗,  $L_2$  的亮度不变



(a)



(b)

图 6-83

8. 如图 6-84 所示的电路中, 电源电压为 10V, 且保持不变, 电阻  $R_1 = 20\Omega$ , 滑动变阻器  $R_2$  的最大阻值为 30 $\Omega$ , 则当滑片  $P$  在滑动变阻器上滑动时, 电流表、电压表上示数变化的最大范围分别是 ( )

- A. 0.2~0.5A    0~6V  
B. 0.2~0.3A    0~6V  
C. 0.2~0.5A    4~10V  
D. 0.2~0.5A    4~6V

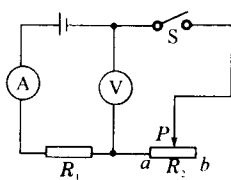


图 6-84

9. 两个定值电阻  $R_1$ 、 $R_2$  串联后接在输出电压  $U$  稳定于 12V 的直流电源上. 有人把 1 个内阻不是远大于  $R_1$  和  $R_2$  的电压表接在  $R_1$  两端(如图 6-85 所示), 电

压表的示数为 8V. 如果他把这电压表改接在  $R_2$  的两端, 则电压表的示数将 ( )

- A. 小于 4V  
 B. 等于 4V  
 C. 大于 4V, 小于 8V  
 D. 等于或大于 8V

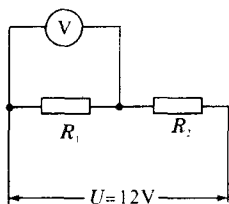


图 6-85

10.  $R$  为待测电阻, 阻值约为  $5\Omega$ , 给你的器材有: 滑动变阻器 ( $2A, 0\sim 10\Omega$ ), 电压表 (有 2 个量程, 分别为  $0\sim 3V, 0\sim 15V$ ), 电流表 (有 2 个量程, 分别为  $0\sim 0.6A, 0\sim 3A$ ), 电池组为新干电池, 3 节串联. 两只电表的量程可采用以下 4 种选法, 但为使测量时能较准确地读数. 最后, 两只电表的量程应采用 ( )
- A.  $0\sim 0.6A$  和  $0\sim 15V$                       B.  $0\sim 3A$  和  $0\sim 15V$   
 C.  $0\sim 0.6A$  和  $0\sim 3V$                         D.  $0\sim 3A$  和  $0\sim 3V$

(1994 全国竞赛试题)

11. 如图 6-86(a) 所示, 在一个电阻均匀的金属细圆环上有  $A, B, C, D$  四个点, 其中  $O$  为圆心.  $AB, CD$  为圆环的两条互相垂直的直径, 现把  $A, B$  两点接入 6-86(b) 所示的电路  $MN$  两端. 发现电流表的示数为  $I_0$ . 换接  $A, D$  两点, 则此时电流表的示数应为 ( )

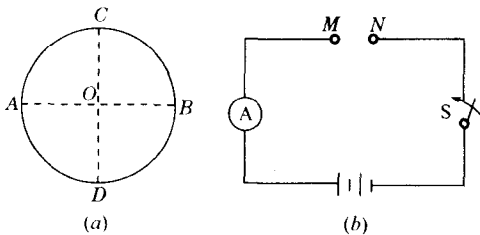


图 6-86

- A.  $I_0/4$                       B.  $3I_0/4$                       C.  $I_0$                       D.  $4I_0/3$

(1998 年上海赛区试题)

二、填空题

1. 在图 6-87 所示电路图中, 电阻  $R_1 = 20$  欧姆,  $R_3 = 8$  欧姆, 电压表  $V_1$  的读数是 5 伏特, 电压表  $V_2$  的读数是 3 伏特, 由此可知电阻  $R_2$  的阻值为\_\_\_\_\_.

(1998 全国物理知识竞赛试题)

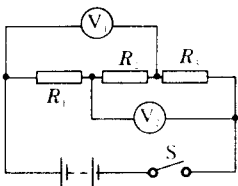


图 6-87

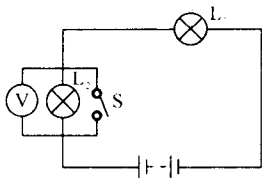


图 6-88

- 如图 6-88 所示,用 3 节干电池串联起来作为电源,当开关 S 断开时,电压表的示数为 2 伏,则灯  $L_1$  两端的电压为 \_\_\_\_\_;当开关 S 闭合时,灯  $L_1$  两端的电压为 \_\_\_\_\_ 伏,电压表的示数为 \_\_\_\_\_ 伏.
- 有时在开灯瞬间,看到灯泡一闪即灭;灯丝被烧断了. 出现这种现象的原因是 \_\_\_\_\_.
- 一盏电灯,其上标有“220V, 0.25A”字样,要使它这盏灯正常发光,需要把它接在电压为 \_\_\_\_\_ 电源上,这盏灯的电阻为 \_\_\_\_\_ 欧,若把它接在电压为 240V 电压上,通过该灯的电流为 \_\_\_\_\_,若要使灯正常工作,电路中还应 \_\_\_\_\_ 电阻,其阻值为 \_\_\_\_\_.
- 如图 6-89 所示,为 A、B 两个定值电阻的  $I-U$  关系图象. 图中所用的坐标值,横轴是每 1cm 表示“10V”,纵轴是每 1cm 表示“0.2A”. 图中标明 A 的图线 OA 与横轴的夹角是  $30^\circ$ , B 的图线 OB 与横轴的夹角是  $60^\circ$ . 试确定  $R_A =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$ ,  $R_B =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$ .

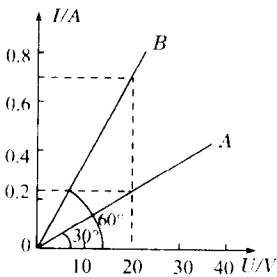


图 6-89

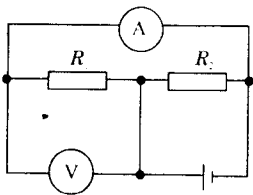


图 6-90

- 如图 6-90 所示的电路中,  $R_1 = 2\Omega$ . 某同学在实验中记录了三只电表的示数,但不慎漏记了单位,只记下数字 1、2 和 3,也弄不清这些数字是分别用哪只表的数字,单位是伏或安,请你帮助她确定所用电源电压  $U =$  \_\_\_\_\_ V,电阻  $R_2 =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$ .

### 三、计算题

1. 如图 6-91 所示, 电源电压为 4V, 且保持不变, 虚线框内的电路中接有两个阻值均为  $R$  的电阻, 当开关  $S$  由闭合到断开时, 电流表的示数减小了 0.5A. 问:

(1) 开关  $S$  由闭合到断开, 电路的总电阻是增加还是减少? 为什么?

(2) 画出虚线框内的连接电路图, 并分别计算出每种接法相应的电阻  $R$  的值.

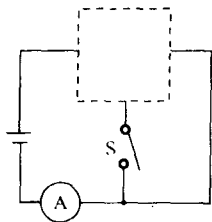


图 6-91

2. 如图 6-92 所示的电路中, 电源电压为 6V,  $R_1 = 4\Omega$ ,  $R_2 = 6\Omega$ ,  $R_3 = 12\Omega$ , 试求下列情况下两只电表  $a$  与  $b$  的示数.

(1)  $a$ 、 $b$  均为电流表. (2)  $a$ 、 $b$  均为电压表. (3)  $a$  为电流表,  $b$  为电压表.

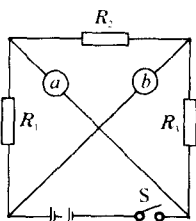


图 6-92

3. 如图 6-93 所示的电路中, 电池两端的电压恒定,  $R_1$ 、 $R_2$  均为定值电阻. 在滑动变阻器  $R_3$  的滑片  $P$  从  $a$  向  $b$  移动的整个过程中, 通过各电阻的电流  $I_1$ 、 $I_2$  和  $I_3$  的变化情况怎样?

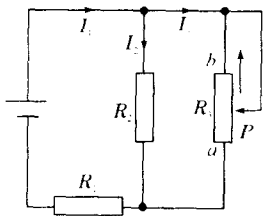


图 6-93



图 6-94

4. 图 6-94 是从某电子仪器拆下来的密封盒子, 已经知道盒内有 3 只电阻,  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$  为 4 根引线. 现用多用电表测量, 得知  $AC$  间的电阻  $R_{AC} = 20\Omega$ ,  $CD$  间的电阻  $R_{CD} = 50\Omega$ ,  $AD$  间的电阻  $R_{AD} = 30\Omega$ . 若用导线把  $BD$  连接后, 测得  $AD$  间的电阻  $R_{AD} = 20\Omega$ . 请在方盒内画出电阻的连接图, 并在图中标出每个电阻的阻值.

(1998 年全国竞赛试题)

5. 图 6-95 所示是一个分压电路. 图中的负载电阻  $R_1 = 160$  欧姆, 允许通过的最大电流是 0.15 安, 电源电压是 14 伏, 电压表的最大量程为 15 伏, 滑动变阻器  $R_M$  上标有“120 $\Omega$ , 0.15A”字样. 当滑片  $P$  自左向右移动时, 电源电压保持不

变,但电压表的示数会发生变化.问:

(1)电阻  $R_1$  和  $R_{AP}$ 、 $R_{PB}$  中哪一个通过的电流最强(说明理由)?

(2)滑片  $P$  在移动过程中(自  $A$  移向  $B$ ),各电路元件是否安全(要求通过分析和估算电流加以说明)?

(3)在不损坏电路元件的前提下,电压表的变化范围是多少?

(1998 全国物理竞赛题)

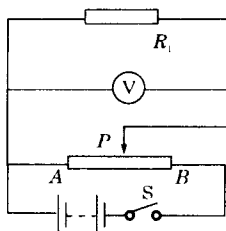


图 6-95

## 第一节 电能

## 重点精讲

## 1 电功

电流通过用电器所做的功叫做电功。电流通过一段电路时,自由电荷在电场力的作用下发生了定向移动,是电场力对自由电荷做了功,通常说成电流做的功。做功的过程,就是能量转移、转化的过程。电流做功的过程,就是电能转化为其他形式的能的过程。电流做了多少功,就有多少电能转化为其他形式的能。若是“纯电阻”的用电器,如电炉、白炽灯等,电能就全部转化为内能,由电炉丝、灯丝及导线释放出来;若是“非纯电阻”的用电器,如电动机、蓄电池等,电能要分别转化为机械能、化学能等,只有一小部分转化为内能,由导体释放出来。

## 2 计算公式及单位

电流在一段电路上所做的功  $W$ ,等于这段电路两端的电压  $U$ 、电路中的电流  $I$  和通电时间  $t$  三者的乘积。电功的计算公式:  $W = UIt$ ; 由于  $Q = It$ , 故  $W = UQ$ 。在纯电阻电路中,由欧姆定律  $I = \frac{U}{R}$ ,  $U = IR$  代入电功计算公式,得  $W = \frac{U^2 t}{R}$ ,  $W = I^2 R t$ 。必须强调指出这两个公式只适用于纯电阻电路,即电能完全转化为内能的电路。在非纯电阻电路中,电能还有一大部分要转化为其他形式的能。

由功率的定义式  $P = \frac{W}{t}$ , 得电功的另一普遍适用的公式:  $W = Pt$ 。在国际单位制中电功的单位是焦耳,符号: J。根据上述计算电功的公式可得到 1 焦耳的不同表示: 1 焦耳 = 1 伏库 = 1 伏安秒 = 1 瓦秒; 常用的电功的单位是千瓦时(度), 符号: kWh。1 kWh =  $3.6 \times 10^6$  J; 在研究原子、原子核等微观世界时,常用电子伏特作为电功的单位,符号: eV。1 eV =  $1.6 \times 10^{-19}$  J。

## 3 电能表

电能表是用来测量电功,即记录电路中消耗电能的仪表,俗称电度表。表面上方为计数器,最后位为小数位,如图 7-1 所示。电能表的几个重要参数: 铭牌上标有的“220V2A”字样表示该电能表应在 220V 的电路中使用,其正常工作电流不应



大于 2A。“3000R/kWh”的含义是电路中每消耗 1kWh 的电能,电能表的铝盘转过 3000 圈。“50Hz”是说这个电表在 50 赫的交流电路中使用.电能表的容量等于它最大正常工作电流与正常工作电压的乘积。

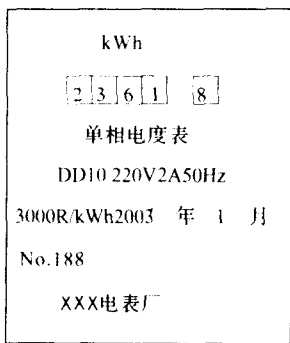


图 7-1

## 范例精解

**例1** 两个电阻  $R_1 = 10\Omega$  和  $R_2 = 20\Omega$ , 把它们串联接在 6V 的电源上, 经过 1min 电流通过  $R_1$  和  $R_2$  所做的功及电源提供的电能各是多少? 若把它们并联在 6V 电源上, 经过 1min 电流通过  $R_1$  和  $R_2$  所做的功及电源提供的电能又分别是多少?

**解析** 当串联时, 电路中的总电流  $I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{6}{10 + 20} \text{A} = 0.2 \text{A}$

1min 电流对  $R_1$  所做的功  $W_1 = I^2 R_1 t = 0.2^2 \times 10 \times 60 = 24 \text{J}$

1min 电流对  $R_2$  所做的功  $W_2 = I^2 R_2 t = 0.2^2 \times 20 \times 60 = 48 \text{J}$

电源提供的电能为  $W = UIt = 6 \times 0.2 \times 60 = 72 \text{J}$

当并联时  $U = U_1 = U_2$

故 1min 内电流分别对  $R_1$  和  $R_2$  所做的功分别为

$$W_1' = \frac{U^2}{R_1} t = \frac{6^2}{10} \times 60 = 216 \text{J}$$

$$W_2' = \frac{U^2}{R_2} t = \frac{6^2}{20} \times 60 = 108 \text{J}$$

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20}{3} \Omega$$

$$\text{电源提供的电能 } W' = \frac{U^2}{R} t = \frac{6^2}{\frac{20}{3}} \times 60 = 324 \text{J}$$

### 点评

电源提供的电能等于电流所做的总功,由于电流通过电阻时是把电能全部

转化为内能即为纯电阻电路,则  $W = UIt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t$ .

### 例2

某同学家新买了一台 900W 的微波炉,他想了解在正常工作状态下,用微波炉烧开一杯开水要用去多少电费.于是烧水时,他关掉了家中其他所有的电器,观察家中标有“3000R/kWh”字样的电能表,微波炉工作两分钟时水被烧开,此时,表盘转过的圈数为 180 圈,已知电费单价为 0.5 元/千瓦时,则这台微波炉烧开这杯水用去电费:

- A. 0.01 元      B. 0.02 元      C. 0.03 元      D. 0.04 元

**解析** 电能表上标的“3000R/kWh”,表示每消耗 1kWh 的电能,电能表的转盘转 3000 转.题中烧开水时表盘转了 180 转,就表示消耗电能  $\frac{180R}{3000R/kWh} = 0.06kWh$ ,根据电费的单价可以计算出用去的电费为  $0.06kWh \times 0.5 = 0.03$  元.故选 C.

### 点评

通常所说的“900W 的微波炉”,是指微波炉输出的微波的功率是 900W,不是输入微波炉的电功率,因此,不能用这个“900W”来计算此时电流的功.学习物理知识重要的是在于应用,平时要注重把生活知识与物理知识相结合,灵活地应用.

**拓展一** 一般地说,用电器的实际工作电压并不等于它的额定电压.家庭里通常不备电压表,但借助电能表可以测出用电器的实际工作电压.现在电路中只接入一个电热水壶,壶的铭牌和电能表的铭牌如图 7-2 所示,测得电能表的转盘转过 125 转的时间为 121 秒,求此时加在电热水壶上的实际电压.

(第六届全国初中物理竞赛)

|             |                                |
|-------------|--------------------------------|
| 三星牌电热水壶     | kWh                            |
| 额定电压 220V   | 32408                          |
| 额定功率 1500 瓦 | DD10 220V 2A 50Hz              |
| 容量 4.5 升    | 3000 转/kWh 1994 年 11 月 NO. 157 |
|             | 武汉市电表厂                         |

图 7-2

**解析** 根据  $P = \frac{U^2}{R}$  可知,电热水壶的电阻  $R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{1500} \Omega = 32.3 \Omega$



$$t = 121 \text{ 秒电流做的功 } W = \frac{125}{3000} \times 3.6 \times 10^6 \text{ J} = 1.5 \times 10^5 \text{ J}$$

电热壶的实际功率为:

$$P' = \frac{W}{t} = \frac{1.5 \times 10^5 \text{ J}}{121 \text{ s}} = 1240 \text{ W}$$

$$\text{由 } P = \frac{U^2}{R} \text{ 求出电热水壶的实际电压: } U = \sqrt{P'R} = \sqrt{1240 \times 32.2} \text{ V} = 200 \text{ V}$$

### 点评

把单相电度表的实物图所提供的信息转化为对求解各问题有用的已知条件,这是解决问题的关键.图中自上而下逐行所给的信息分别是:“单相电度表”——仪器名称,“220V、2A”——此表额定工作参数;“3000转/kWh”——每消耗1kWh的电功率转盘转动的圈数;至此,以上条件在解题中可当作已知条件使用,再根据题中的有关规律求解.

**拓展二** 有一个理发用的电吹风机,由于说明书遗失,只知道它的额定电压是220伏特,没有其他数据.请你利用一般家庭用的电度表(铭牌上的数据如图7-3所示)和一只钟表,设计一种简便方法,测定这个电吹风机的功率.要求:(1)写明测量步骤;(2)用字母代表所涉及的物理量,导出计算电功率的公式.

(第二届全国初中物理竞赛题)

**解析** (1)测量步骤:①将电度表所接其他用电器关闭,只接电吹风机.

②利用钟表测量电吹风机工作时电度表的圆盘转过  $N$  转所用的时间  $t$  (秒).

(2)导出计算电功率的公式,以  $n$  表示每千瓦时的电表盘转数,电吹风机所耗电能  $W$  (焦耳)就是:

$$W = \frac{N \times 1000 \times 3600}{n} = 1200N(\text{J});$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{3.6 \times 10^6 N}{nt} = \frac{N}{t} \times 1.2 \times 10^3 \text{ W}.$$

**拓展三** 蓄能电站是电网为合理用电,提高电力的经济效益而设计的.它的工作原理是深夜把过剩的电能通过水泵把下水库的水抽到高处的水库内,白天则通过闸门放水发电,以补充电能不足.浙江省天荒坪抽水蓄能电站是我国已投产容量最大,水头(落差)最高的纯抽水蓄能电站工程,其上水库可蓄水885万立方米,放水时上下水库平均水头(落差)为570m,假设晚上上水库全部蓄水,白天

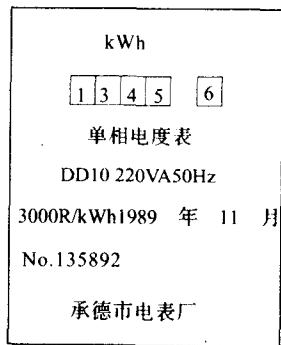


图 7-3

全部放完,发电的效率为75%。(1)问每天可发电多少度(kWh)?(2)工程全部建成后每年可为国家发电多少kWh?(3)知道了蓄能电站的工作原理,要使电站全年正常发电,你认为电站选址必须满足的两个重要自然条件是什么?

**解析** 这个发电站是通过水从上水库流到下水库,重力做功把重力势能转化为动能,然后带动发电机发电的。

(1)由  $\rho = \frac{m}{V}$ ,  $G = mg$ ,  $W = Fs$ , 所以每天上水库贮存的水全部放完,重力做功转化为电能的数值为:

$$\begin{aligned} W &= Gh\eta = \rho Vgh\eta = 1.0 \times 10^3 \times 885 \times 10^4 \times 9.8 \times 570 \times 0.75 \\ &= 3.7 \times 10^{13} \text{J} = 1.03 \times 10^7 \text{度} \end{aligned}$$

(2)全年可发电量为:  $W_{\text{总}} = 365W = 365 \times 1.03 \times 10^7 \text{度} = 3.76 \times 10^9 \text{度}$

(3)为保证蓄能电站能正常运行,充足的水源是必须的,抽到上水库的水不能流失也是重要条件,所以答案为:①地质条件良好,上水库不漏水;

②区域降雨充沛,使下水库水源供应可靠。

**拓展四** 随着农民收入的提高,许多农民购置了家用电器,然而,农村地区供电质量低,电压不稳定,电器有时不能正常工作,而且电价普遍很高,农民觉得家电买得起而用不起,有的农民甚至重新用煤油灯照明。农村电价高的一个原因是,农村居民分散,许多农村电网建于计划经济时代,为了节约建设电网的成本,利用220V低压输电,输电线路很长,电阻较大,电能损耗较大。因此,改造农村电网,使农民能用得起电,成了各地政府的一件“民心工程”。

**问题** 某发电厂输出的电压220V,输出功率为11kW,只向一个较远的村庄供电,输电线的电阻为50Ω,发电厂输出处的电价为0.6元/kWh。问

(1)输送到该村时实际电压多高? (2)该村的电价为多少元/kWh?

**解析** (1)供电线路可等效为一个串联电路,电站为电源,线路电阻与用户串联。根据  $P = IU$ , 可得  $I = \frac{P}{U} = \frac{11000}{220} \text{A} = 50 \text{A}$

则用户得到的电压:  $U_{\text{用户}} = U - IR = 220 - 50 \times 2 = 120 \text{V}$

(2)在电价的计算中,关键要搞清损失的电能的价值,必须由用户来承担,供电部门不承担输电的损失。由此可知  $P_{\text{总}}t \times \text{出厂价} = P_{\text{用户}}t \times \text{用户电价}$ , 所以有

$$\text{用户电价} = \frac{P_{\text{总}}t \times \text{出厂价}}{P_{\text{用户}}t} = \frac{220 \times 0.6}{120} \text{元/kWh} = 1.10 \text{元/kWh}$$

**点评**

此题结合民心工程考察相关电学知识,关注社会热点,是综合物理出题的常用方式,要求考生能链接相关物理知识,分析清题中的背景材料,从而找到解题的正确途径。

## 巩固练习

### 一、选择题

1. 电流在一段电路上做电功多少, 决定于电路中的 ( )
- A. 电流强度和这段电路中的电阻  
B. 电流强度和这段电路两端的电压  
C. 电流强度, 这段电路两端的电压和通电时间  
D. 电流强度, 这段电路两端的电压和电路中的电阻
2. 下面说法中正确的是 ( )
- A. 电能表的计数器上, 先后两次读数之差就表示这段时间内的用电度数  
B. 电能, 电功及电热的国际单位都是焦耳  
C. 电流在 1 秒内做的功叫电功, 在数值上等于电压和电流的乘积  
D.  $1 \text{ 焦耳} = 1 \text{ 伏} \cdot 1 \text{ 安} = 1 \text{ 伏} \cdot 1 \text{ 库} = 1 \text{ 牛} \cdot \text{米}$
3. 在下列用电器中, 哪些属于纯电阻用电器 ( )
- A. 电扇和电吹风  
B. 洗衣机和电冰箱  
C. 白炽灯, 电烙铁和电热毯  
D. 电解槽

### 二、填空题

1. 我们周围有很多利用电能发光的灯. 有的利用灯丝的高温而发光, 如\_\_\_\_\_灯; 有的灯有灯丝, 但是不靠灯丝发光, 如\_\_\_\_\_灯; 有的灯根本没有灯丝, 通电后也能发光, 如\_\_\_\_\_灯.
- (第十一届全国初中物理竞赛题)
2. 小明参观工厂时, 注意到一个电度表上标有  $1500\text{r}/\text{kW}\cdot\text{h}$  字样. 他又发现电度表盘在 2 分钟内转了 120 转, 于是他算出了当时这个工厂的用电功率是\_\_\_\_\_千瓦.
- (第八届全国初中物理竞赛题)
3. 一个实验用的电动机与电流表串联后接在 6 伏直流稳压电源上, 闭合开关后电动机并没转动, 这时电流表的读数为 5 安, 检查发现电动机轴上的齿轮被卡住了. 排除故障后, 让电动机带动负载转动, 这时电流表的读数为 1 安, 由此可以算出, 此时电能做机械功的功率为\_\_\_\_\_瓦.
- (第七届全国初中物理竞赛题)
4. 下表为某电冰箱的部分参数, 如果将它单独接在  $3000\text{r}/\text{kWh}$  (转盘每千瓦时转 3000 转) 的电能表上, 让其连续制冷, 则电能表转盘每分钟转\_\_\_\_\_转. 从表中可以推算出该冰箱正常工作一个月 (按 30 天计算) 耗电\_\_\_\_\_度. 如果冰箱每

次启动工作 15min,那么该冰箱每天启动约\_\_\_\_\_次.

| 使用环境     | 额定电压 | 输入总功率 | 耗电量        |
|----------|------|-------|------------|
| 10 至 30℃ | 220V | 120W  | 1.1kWh/24h |

### 三、计算题

1. 一床电热毯接在 220 伏的电路中,通过电热毯中电阻丝的电流是 200 毫安.问使用电热毯一个小时共消耗了多少电能?
2. 某家的电度表表盘如图 7-4 所示,室内安装了 60 瓦的电灯 4 盏,90 瓦的电视机一台,105 瓦的音响一台,另有一台电冰箱,铭牌上的功率值看不清,为了测出这台电冰箱的功率,先停止使用其他电器,然后将电冰箱接在电压为 220 伏的电源上,开机工作 4 分钟,电度表的转盘转过 13 圈,请求出这台电冰箱的功率值.如果这个家庭平均每天使用电灯、音响、电视机各 2 小时,而冰箱有  $\frac{1}{4}$  的时间处于开机工作状态,则一个月(30 天)耗电多少度?将月底的表盘数填入图中.

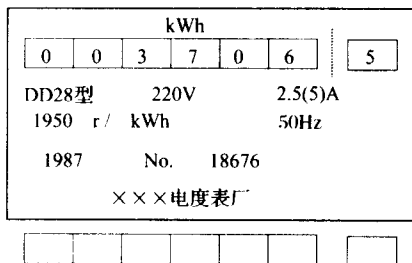


图 7-4

(第五届全国初中物理竞赛题)

3. 一台国产 XQB30—13 型全自动洗衣机说明书中所列的主要技术数据如下表.试根据表中提供的数据计算:(1)这台洗衣机在额定电压下洗衣或脱水时,通过洗衣机的电流强度是多大?(2)如洗衣、脱水的累计时间为 40min,则洗衣机耗电多少度?

|             |                   |
|-------------|-------------------|
| 额定电压        | 220V              |
| 额定功率        | 50Hz              |
| 额定洗衣、脱水功率   | 360W              |
| 额定洗衣、脱水容量   | 3kg               |
| 整机质量        | 33kg              |
| 外形尺寸(长×宽×高) | 542mm×550mm×920mm |



## 第二节 电功率

### 重点精讲

#### 电功率:

电功率的物理意义:表示消耗电能快慢的物理量.

电功率的定义:单位时间内电流所做的功叫做电功率.由功率的定义式  $P = \frac{W}{t}$  或  $P = UI$  知,一段电路上的电功率  $P$  等于这段电路两端的电压  $U$  和电路中电流  $I$  的乘积.

在纯电阻电路中,由欧姆定律可推出:  $P = \frac{U^2}{R}$ ,  $P = I^2 \cdot R$ . 强调指出:当电路为“非纯电阻”电路时,电路消耗的总功率仍由  $P = UI$  来确定,但不能用  $P = \frac{U^2}{R}$ ,  $P = I^2 \cdot R$  来计算.

在国际单位制中,电功率的单位是瓦特,符号:W, 1瓦 = 1焦耳/秒 = 1伏·安;电功率的单位还有千瓦(kW), 1千瓦 = 1000瓦

#### 用电器的额定功率和实际功率:

在用电器设计时确定的正常工作电压叫额定电压,当用电器两端加的是额定电压时,流经用电器的电流为额定电流,此时的功率就称为额定功率.用电器在工作时实际做功的功率称为实际功率.额定电压、额定电流、额定功率、用电器的电阻往往都标在用电器上.但是4个物理量只要标出两个,其余两个可以通过公式推出.例如,白炽灯泡上标有“220V40W”,指的是额定电压为220V,而额定功率为40W;它的额定电流可用公式  $I = \frac{P}{U}$  算出,电阻用  $R = \frac{U^2}{P}$  算出.

#### 串、并联电路中的功率关系:

(1)在串联电路中,根据串联电路的电流强度处处相等,可以得到总功率在串联电阻上的分配规律是:总功率是按电阻值成正比例关系分配到各电阻上的.

$$P_n = \frac{R_n}{R_{\text{总}}} P_{\text{总}} = \frac{R_n}{R_1 + R_2 + \cdots + R_n} P_{\text{总}}$$

当有两只电阻构成串联电路时,分配关系如下:

$$P_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} P, P_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} P.$$

故串联电路中,各电阻消耗的功率与电阻成正比,即  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2}$ .

(2)在并联电路中,根据并联电路各支路两端电压相等,电路消耗的总功率与各支路电阻消耗的功率之比等于总电阻的倒数与各支路电阻的倒数之比.

$$P:P_1:P_2:\cdots:P_n = \frac{1}{R}:\frac{1}{R_1}:\frac{1}{R_2}:\cdots:\frac{1}{R_n}$$

总功率在并联电阻上的分配规律是:总功率按与电阻值成反比的关系分配至各支路电阻,即  $P_n = \frac{R_{\text{总}}}{R_n} P_{\text{总}}$ .

当有两只电阻构成并联电路时,分配关系如下:

$$P_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} P, P_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} P.$$

故并联电路中,各电阻消耗的功率与电阻成反比,即  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1}$ .

## 范例精解

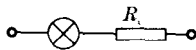
**例1** 一只标有“6V,6W”字样的小灯泡接在9V电压下,小灯泡的实际功率是多少?

**解析** 由  $P = \frac{U^2}{R}$  可求出灯泡的电阻  $R_L = \frac{U^2}{P} = \frac{6^2}{6} \Omega = 6\Omega$ .

故小灯泡的实际功率  $P_{\text{实}} = \frac{U_{\text{灯}}^2}{R_{\text{灯}}} = \frac{9^2}{6} \text{W} = 13.5\text{W}$

**拓展一** 若要使“6V,6W”的小灯泡在9V的电压下能正常发光,应怎么做?

**解析** 要使小灯泡正常发光,则应使小灯泡两端的电压为6V,这样就需在电路中串联一个电阻  $R_x$  使其分3V的



电压,如图7-5所示.由串联电路的特点有:  $\frac{R_x}{R_L} = \frac{U_x}{U_L}$ ,即  $\frac{R_x}{6}$

图 7-5

$= \frac{3}{6}$ .可解得  $R_x = 3\Omega$ .即要使小灯泡正常发光,应串联一个3Ω的电阻.

**拓展二** 把“6V,6W”的小灯泡与另一标有“6V,3W”的小灯泡串联后接入12V电路中,如图7-6所示.两灯能正常发光吗?两灯的实际功率多大?

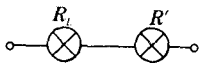


图 7-6

**解析** 灯泡的电阻  $R_L = \frac{U^2}{P} = \frac{6^2}{6} \Omega = 6\Omega$ ,

另一灯的电阻为  $R' = \frac{U'^2}{P'} = \frac{6^2}{3} \Omega = 12\Omega$ ,

故  $R_{\text{总}} = R_L + R' = 6\Omega + 12\Omega = 18\Omega$ .

所以  $I = \frac{U_{\text{总}}}{R_{\text{总}}} = \frac{12}{18} \text{A} = \frac{2}{3} \text{A}$ .

得  $P_{\text{实}} = I^2 R_L = \left(\frac{2}{3}\right)^2 \times 6\text{W} = 2.67\text{W}$ .

$P_{\text{实}}' = I^2 R' = \left(\frac{2}{3}\right)^2 \times 12\text{W} = 5.33\text{W}$ .

因  $P_{\text{实}}$  小于额定功率;  $P_{\text{实}}'$  大于额定功率, 故两灯均不能正常发光且“6V, 3W”灯有烧坏的危险.

**拓展三** 若要使“6V, 6W”的小灯泡与“6V, 3W”的小灯泡串联后接入电路能安全使用, 则电路两端的电压不得超过多少伏?

**解析** 要使两灯安全使用, 则流过两灯的电流不超过其自身的额定电流或两端的实际电压不超过其各自的额定电压. 因两灯的额定电流分别为

$$I = \frac{P}{U} = \frac{6}{6} \text{A} = 1\text{A}, I' = \frac{P'}{U'} = \frac{3}{6} \text{A} = 0.5\text{A}$$

当两灯串联后, 要使其都能安全使用, 则串联电路的总电流不能超过 0.5A. 则有  $U = I'R_{\text{总}} = 9\text{V}$ .

**拓展四** 若要使“6V, 6W”的小灯泡与“6V, 3W”的小灯泡串联后接在 12V 电压上都能正常发光, 则应怎么做?

**解析** 因为正常发光时两灯的额定电流分别是  $I = 1\text{A}$ ,  $I' = 0.5\text{A}$ , 当两灯串联后, 要都正常发光, 则串联电路的总电流只能是 1A, 这时需在“6V, 3W”的小灯泡两端并联一个电阻  $R_x$  以分担  $(1\text{A} - 0.5\text{A} = 0.5\text{A})$  的电流, 如图

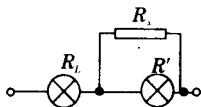


图 7-7

7-7所示, 则有  $R_x = \frac{6}{0.5} \Omega = 12\Omega$ . 所以只要在“6V, 3W”的小灯泡两端并联一个  $12\Omega$  的电阻, 就能使两灯都正常发光.

**拓展五** 若使“6V, 6W”的小灯泡与一个定值电阻和一个滑动变阻器串联接在 12V 的电源上, 如图 7-8 所示. 要使灯泡的实际功率在 3W 至 6W 之间变化, 则定值电阻的阻值是多大? 滑动变阻器的最大值有多大?

**解析** 从题意可知, 当滑动变阻器的阻值  $R_2 = 0$  时, 小灯泡的功率为 6W, 当滑动变阻器的阻值为最大时, 小灯泡的功率为 3W. 设定值电阻为  $R_1$ , 则因  $R_2 = 0$  时有小灯泡两端的电压为  $U_{\text{额}} = 6\text{V}$ ,

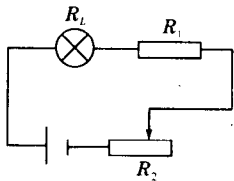
$$R_L = 6\Omega, I_{\text{额}} = \frac{U}{R_L} = \frac{6}{6} \text{A} = 1\text{A}$$


图 7-8

$$\text{所以 } R_1 = \frac{U_{\text{总}} - U_{\text{额}}}{I_{\text{额}}} = \frac{12 - 6}{1} \Omega = 6 \Omega$$

当滑动变阻器阻值  $R_2$  最大时, 小灯泡的功率  $P_{\text{实}} = 3\text{W}$ .

$$I_{\text{实}} = \sqrt{\frac{P_{\text{实}}}{R_L}} = \sqrt{\frac{3}{6}} \text{ A} = 0.71 \text{ A}$$

$$U_{\text{实}} = \sqrt{P_{\text{实}} \cdot R_L} = \sqrt{3 \times 6} \text{ V} = 4.24 \text{ V}$$

则定值电阻两端的电压为  $U_1 = I_{\text{实}} R_1 = 0.71 \times 6 \text{ V} = 4.26 \text{ V}$

滑动变阻器两端的电压  $U_2 = U_{\text{总}} - U_{\text{实}} - U_1 = 12 - 4.24 - 4.26 \text{ V} = 3.50 \text{ V}$

$$\text{所以 } R_2 = \frac{U_2}{I_{\text{实}}} = \frac{3.50}{0.71} \Omega = 4.93 \Omega$$

**点评** 在以上的拓展中, 一题比一题深入, 一题比一题复杂, 通过此题训练可以使自身逻辑思维能力得到提高.

**例2** 白炽灯的灯丝断了再搭上后再把它接在原来的电路上, 则跟未断时比较是更亮了还是更暗了?

**解析** 我们来比较它的实际功率的变化. 因灯丝接好后仍然接在原来的电路中, 说明加在灯两端的电压不变, 根据  $P = \frac{U^2}{R}$ , 依据电阻的变化即可判断  $P$  的变化. 灯丝搭上后, 灯丝的长度比原来短了, 说明搭接上后的灯丝电阻比原来的小. 把它接在原来的电路上时, 电压保持不变, 因而消耗的功率比原来的大, 故灯比原来亮.

**点评** 注意同种导线的电阻的大小决定于导线的长度, 导线越短, 电阻越小. 不过灯泡很容易再次烧坏.

**拓展一** 标有“220V 60W”和“110V 60W”的两只电灯泡都正常发光, 比较它们的亮度?

**解析** 灯的明亮由灯的电功率来决定, 依题设条件两只灯都正常发光, 表明它们的实际功率与额定功率相等, 而它们的额定功率都是 60W, 所以是一样亮的.

**点评** 我们看问题要看本质, 在这里要知道灯的亮暗是由灯泡的实际功率决定的, 另要特别注意题条件是它们都正常发光, 表明它们都是在各自的额定电压下工作.

**拓展二** 一个“220V 100W”的灯泡和一个“220V 60W”的灯泡并联在 220V 的电路中, 哪个灯泡亮些? 假设把它们串联在 220V 的电路中, 又哪个亮些?



**解析** 若把它们并联在 220V 的电路中,它们都在额定电压下工作都能达到额定功率,故“220V 100W”的灯泡亮些.

若把它们串联在 220V 的电路中,先计算灯泡电阻分别是

$$R_1 = \frac{U_1^2}{P_1} = \frac{220^2}{100} \Omega = 484 \Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = \frac{220^2}{60} \Omega = 806.7 \Omega$$

$$\text{总电阻 } R_{\text{总}} = R_1 + R_2 = 484 \Omega + 806.7 \Omega = 1290.7 \Omega$$

$$\text{通过的电流 } I = \frac{U}{R} = \frac{220}{1290.7} \text{ A} \approx 0.17 \text{ A}$$

$$\text{它们的实际功率 } P_1 = I^2 \times R_1 = 0.17^2 \times 484 \text{ W} = 14 \text{ W}$$

$$P_2 = I^2 \times R_2 = 0.17^2 \times 806.7 \text{ W} = 23.4 \text{ W}$$

$P_2 > P_1$ , 所以“220V 60W”的灯泡亮些.

### 点评

因两灯串联在 220V 的电路中,则它们的实际电压一定小于它们各自的额定电压,又因它们的实际功率都小于额定功率,故两灯都比原来的暗,但由于这时“220V 60W”的灯泡实际功率大些,所以这个灯亮些.

**拓展三** 如图 7-9 所示的电路中,  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  都是“220V 40W”的灯泡,电源电压  $U = 220\text{V}$ ,当开关 S 闭合时,灯  $L_1$ 、 $L_2$  亮度将怎样变化?

**解析** 当 S 闭合时,电路的电阻减小,则干路中的电流增大,故  $L_1$  的功率增大,所以变亮.同时  $L_1$  两端的电压也变大,因总电压不变,故  $L_2$  的两端电压变小,所以  $L_2$  变暗.

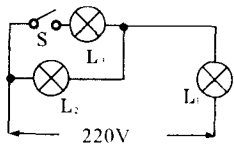


图 7-9

**拓展四** 如图 7-10 所示,电源电压不变,四个灯都正常发光,当变阻器触点向左移动时四个灯泡亮度将如何变化?

**解析** 当滑动变阻器的触片向左移动时,变阻器连入电路的电阻增大,则等效总电阻增大,而电源电压不变,故干路电流减小,甲灯和丁灯的实际功率减小故都变暗.由于甲和乙的两端电压变小,故并联支路的电压增大,故丙灯变亮.由于丙灯电流增大,而干路的电流减小,故乙支路的电流减小,所以乙灯变暗.

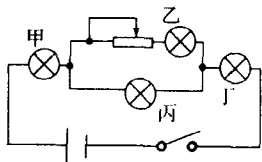


图 7-10

### 点评

在判断多个灯泡的物理量变化时,请按由外到内的顺序逐步深入,这样才能不出错.

**拓展五** 有甲、乙、丙、丁四个标有“110V 100W”的灯泡，现在把它们接在220V 电路中使用，按图(a)(b)中哪一种接法好？试说明理由。

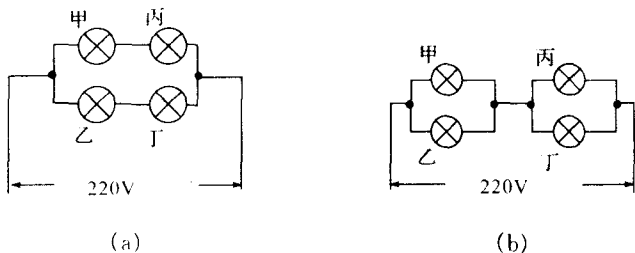


图 7-11

**解析** 按图(a)接法好，此电路是甲、丙两灯串联；乙、丁两灯串联，然后再并联，此电路中若有一个灯泡坏了，比如若甲灯坏了，除丙灯外，乙、丁两灯还能正常发光，而在(b)图中，若有一个灯泡坏了，比如若甲灯坏了，此电路变成了丙、丁两灯并联后再与乙灯串联，容易计算得到乙灯上分得电压146.7V，丙、丁两灯分得电压73.3V，这时乙灯会烧坏，这样丙、丁两灯也不会正常发光了，故图(a)接法好。

**点评** 我们看问题一定要看到问题的本质，有些事情看似正确，其本质可能有他的局限性，所以我们分析问题要全面。

**拓展六** 如图7-12所示，电源电压恒定，小灯泡 $L_1$ 标有“12V 6W”字样，当开关 $S_1$ 闭合，S接a时，灯泡 $L_1$ 正常发光；当开关 $S_1$ 断开，S接b时，电压表示数为6V，求(1)灯泡 $L_2$ 的阻值。(2)判断第二种情况中两灯泡的亮度变化情况并计算其实际功率各是多少？

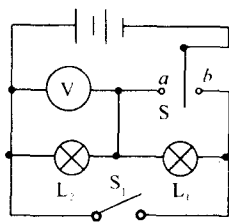


图 7-12

**解析** 因为  $R_1 = \frac{U_{L_1}^2}{P_{L_1}} = \frac{12^2}{6} \Omega = 24\Omega$

若 $S_1$ 闭合，S接a时， $L_1$ 与 $L_2$ 并联，且 $L_1$ 正常发光，

故灯 $L_1$ 两端的电压等于12V，根据电路特点可得电源电压 $U = 12V$ 。

若 $S_1$ 断开，S接b时， $L_1$ 与 $L_2$ 串联，且电压表跟 $L_2$ 并联测出 $L_2$ 两端的电压为6V，结合串联电路 $U = U_1 + U_2$ ，可计算得 $U_1 = 6V$ ，故 $L_1$ 和 $L_2$ 的电阻相等， $R_2 = 24\Omega$ 。

$$I' = \frac{12}{24 + 24} A = 0.25A$$

故两灯的实际功率相等， $P_1' = I'^2 R_1 = 0.25^2 \times 24W = 1.5W$ 。

**例3** 某电热器有两档不同的功率,铭牌上附有一个电路图,如图 7-13 所示,可读出高档功率为 1kW,而低档功率已模糊不清,现闭合  $S_1$ ,断开  $S_2$ ,可测得  $R_1$  上的功率为 90W,则电热器的低档功率值可能是多大(电源电压不变)?

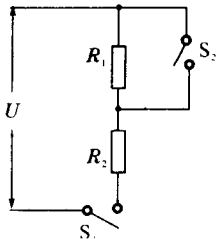


图 7-13

**解法一**

当  $S_2$  闭合时,电路处于高档功率状态,由功率公式

$$\text{得: } 1000 = \frac{U^2}{R_2} \quad \text{所示电源电压 } U = \sqrt{1000R_2} \quad (1)$$

当  $S_2$  断开,电路处于低档功率状态时,设此时总功率为  $P$ ,  $R_1$ 、 $R_2$  消耗

$$\text{功率为 } P_1、P_2, \text{ 则由公式: } P_1 = I^2 R_1 \text{ 得电路中的电流 } I = \sqrt{\frac{P_1}{R_1}} = \sqrt{\frac{90}{R_1}} \quad (2)$$

$$P = UI - \sqrt{1000R_2} \cdot \sqrt{\frac{90}{R_1}} = 300\sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \quad (3)$$

根据串联电路的功率关系  $P_1/P_2 = R_1/R_2$  代入(3)得:

$$P = 300\sqrt{\frac{P_2}{P_1}} = 300\sqrt{\frac{P_2}{90}} \quad (4)$$

$$\text{有 } P = P_1 + P_2 = 90 + P_2 \quad (5)$$

$$\text{由(4)、(5)得: } 90 + P_2 = 300\sqrt{\frac{P_2}{90}}$$

$$\text{化简得 } P_2^2 - 820P_2 + 8100 = 0$$

$$\text{故 } P_2 = 10\text{W 或 } P_2 = 810\text{W}$$

$$\text{得 } P = 90 + P_2 = 100\text{W 或 } P = 900\text{W.}$$

另法:

$$\text{得 } P = UI = 300\sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \quad (7)$$

$$\text{根据串联电路的功率关系 } \frac{P}{P_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (8)$$

$$\text{由(7)、(8)得 } P = 300\sqrt{\frac{P}{P_1} - 1} = 300\sqrt{\frac{P - 90}{90}} \text{ 化简得 } P^2 - 1000P + 9000 = 0$$

$$\text{解得 } P = 100\text{W 或 } P = 900\text{W.}$$

**解法二**

$$\text{电路处于高档功率状态有: } U^2/R_2 = 1000 \quad (1)$$

$$\text{电路处于低档的功率状态有: } P = \frac{U^2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

$$\left(\frac{U^2}{R_1 + R_2}\right)^2 \cdot R_1 = 90 \quad (3)$$

$$\text{由(1)、(2)得 } \frac{R_1}{R_2} = \frac{1000}{P} - 1 \quad (4)$$

$$\text{由(2)、(3)得 } \frac{R_2}{R_1} = \frac{P}{90} - 1 \quad (5)$$

$$\text{由(4)、(5)得 } \frac{1000}{P} - 1 = \frac{1}{\frac{P}{90} - 1} \text{ 化简得 } P^2 - 1000P + 9000 = 0$$

解得  $P = 100\text{W}$  或  $P = 900\text{W}$ .

**解法三** 由  $U = \sqrt{1000R_2}$ ,  $I = \sqrt{\frac{90}{R_1}}$  得  $P = 300\sqrt{\frac{R_2}{R_1}}$  (1)

$$\text{由 } \frac{P}{P_1} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \text{ 得 } P = 90 + \frac{90R_2}{R_1} \quad (2)$$

$$\text{由(1)、(2)得 } 300\sqrt{\frac{R_2}{R_1}} = 90 + \frac{90R_2}{R_1}$$

$$\text{解得: } \frac{R_2}{R_1} = 1/9 \text{ 或 } \frac{R_2}{R_1} = 9 \text{ 代入(2)得}$$

$$P = 100\text{W} \text{ 或 } P = 900\text{W}.$$

**点评** 这是一道电学综合题,研究同一个问题可以有不同的角度,从同一角度也可以有不同的切入点,在用一种方法解完题后应再想想是否有其他的方法,力求做到一题多解.

**例4** 山区某工地施工时,照明电路需用导线从离工地 250m 处的电源引来.工地上要用一只“220V 100W”的灯泡来照明,所用导线的电阻为每米 0.018Ω. 如果电源两端的电压为 220V,且保持不变,试求照明时导线上所消耗的功率和每只灯泡实际所消耗的功率.(计算时不考虑灯丝电阻的变化,数值只取整数,小数可四舍五入)

(第十一届全国初中应用物理知识竞赛)

**解析** 如图 7-14 所示,输电导线的总电阻

$$r = 0.018 \times 500 = 9\Omega.$$

$$\text{电灯“220V, 100W”的电阻 } R_1 = \frac{U_1^2}{P_1} = \frac{220^2}{100} \Omega = 484\Omega.$$

$$\text{电灯“220V, 200W”的电阻 } R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = \frac{220^2}{200} \Omega = 242\Omega.$$

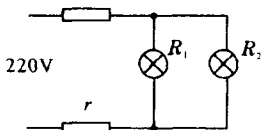


图 7-14

整个电路的总电阻  $R = r + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 9\Omega + \frac{484 \times 242}{484 + 242}\Omega = 170.3\Omega$ .

干路上的电流强度  $I = \frac{U}{R} = \frac{220}{170.3}\text{A} = 1.292\text{A}$ .

导线上所消耗的功率  $P_{\text{线}} = I^2 r = (1.292\text{A})^2 \times 9\Omega \approx 15\text{W}$ .

电灯  $R_1, R_2$  的两端电压  $U_{12} = U - Ir = 220\text{V} - 1.292\text{A} \times 9\Omega = 208.4\text{V}$ .

电灯  $R_1$  实际所消耗的电功率  $P_1 = \frac{U_{12}^2}{R_1} = \frac{208.4^2}{484}\text{W} = 90\text{W}$ .

电灯  $R_2$  实际所消耗的电功率  $P_2 = \frac{U_{12}^2}{R_2} = \frac{208.4^2}{242}\text{W} = 179\text{W}$ .

**例5** 楼道里的灯常常彻夜通明,因而极易损坏.给它串联一个电阻后再接到电路里,虽然亮度略有降低,寿命却可以大大延长.现在欲使“220V 25W”的灯泡在实际应用时消耗的功率约是额定功率的 80%,应该串联多大的电阻?这个电阻消耗的电功是多大?

(1993 年全国初中应用物理知识竞赛)

**解析** 根据题意可画出电路图如图 7-15 所示.

由已知得  $P_2 = 0.8P$ , 而  $P = \frac{U^2}{R}$  得  $\frac{U_2^2}{R} = 0.8 \frac{U^2}{R}$ .

得  $U_2 = \sqrt{0.8 \times 220\text{V}} = 196.8\text{V}$ .

$I = \frac{P_2}{U_2} = \frac{0.8 \times 25}{196.8}\text{A} = 0.1016\text{A}$ .

串联电阻  $r = \frac{U_1}{I} = \frac{U - U_2}{I} = \frac{220 - 196.8}{0.1016}\Omega = 228\Omega$ .

串联电阻上消耗的功率  $P_1 = I^2 r = (0.1016\text{A})^2 \times 228\Omega = 2.4\text{W}$ .

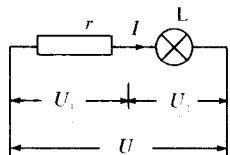


图 7-15

**例6** 电烙铁使用前需要一定的预热时间,因而若暂时不用也要接在电源上,这样既费电又会造成烙铁头氧化而不易沾锡,有时采用如图 7-16 所示电路,在暂不需焊接时,断开 S,使电烙铁处于预热状态;当需焊接时,闭合 S,就能很快达到焊接温度.现用“220V25W”的电烙铁,若灯泡在预热状态时的电阻为  $800\Omega$ ,则预热状态下电烙铁消耗的功率为多少瓦?整个电路消耗的功率是电烙铁正常工作时的百分之几?

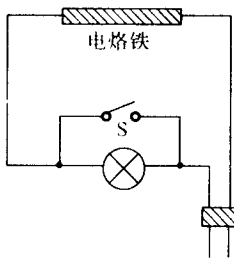


图 7-16

(1994 年全国初中应用物理知识竞赛)

**解析** 电烙铁的电阻  $R_1 = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{25} \Omega = 1936 \Omega$ . 闭合 S, 电烙铁与灯泡串联, 电烙铁消耗的功率为

$$P_1 = I_1^2 R_1 = \left( \frac{U}{R_1 + R_2} \right)^2 R_1 = \left( \frac{220\text{V}}{1936\Omega + 800\Omega} \right)^2 \times 1936\Omega = 12.5\text{W}$$

断开 S, 整个电路消耗的功率为:  $P_{\text{总}} = \frac{U^2}{R_1 + R_{\text{灯}}} = \frac{220^2}{1936 + 800} \text{W} = 17.69\text{W}$ . 所以百分比为  $\frac{P_1}{P_{\text{总}}} \times 100\% = \frac{12.5}{17.69} \times 100\% = 70.8\%$ .

## 巩固练习

### 一、选择题

1. 如图 7-17 所示, 甲灯为“6V, 6W”, 乙灯为“6V, 4W”, 用一个输出电压恒为 12 伏的电源对两灯供电, 要使这两个灯能同时正常发光, 则应选择电路 ( )  
(第七届全国初中物理竞赛复赛)

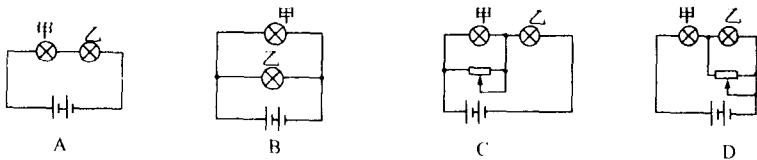


图 7-17

2. 工人师傅在改装电炉时, 为了使电功率减小到原来的一半, 下列措施中可行的是: ( )
- 截去一半电炉丝
  - 串联一条相同的电炉丝
  - 并联一条相同的电炉丝
  - 把连接电炉和电源的导线长度增加一倍
- (第八届全国初中物理竞赛题)
3. 白炽灯的灯丝断了之后, 如果再搭接上, 还会发光, 这时的耗电功率与原来相比: ( )
- 增加
  - 减少
  - 不变
  - 耗电功率比原来增加或减少由灯丝搭接的位置决定

(第二届全国初中物理竞赛题)



4. 现有一只标有“6V 12W”的用电器,要将其接在 12V 的电源上,为了能使用电器正常工作,在下列选项中选出合适的答案 ( )

- A. 与“3V12W”的灯泡串联  
 B. 与“3V12W”灯泡并联  
 C. 与“12V48W”的灯泡串联  
 D. 与“12V48W”灯泡并联

5. 有两个小灯泡,只标有额定电压,都是 6.3 伏。串联起来接到电源上,亮度不同。在回答哪个灯泡的额定功率比较大时要用以下 6 句话:

- (1)较亮灯泡的电阻较大;(2)从关系式  $P = I^2 R$  可以知道;  
 (3)串联时流过两个灯泡的电流相同;(4)从关系式  $P = U^2 / R$  可以知道;  
 (5)在相同的电压下工作时,灯泡的电功率和它的电阻成反比;  
 (6)所以,串联时较暗灯泡的额定功率大。

按照下列哪个顺序排列这 6 句话可以把问题讲得最清楚? ( )

- A. (2)(1)(3)(4)(5)(6)  
 B. (2)(3)(1)(4)(5)(6)  
 C. (4)(5)(2)(1)(3)(6)  
 D. (3)(2)(1)(4)(5)(6)

(第三届全国初中物理竞赛题)

## 二、填空题

1. 将两只相同的电阻,先后以串联和并联两种方式接入电压不变的电路中,则两次消耗的功率之比为\_\_\_\_\_,若要放出相同的热量,则所用的时间之比为\_\_\_\_\_。

2. 我国大亚湾核电站一号机组的发电功率为  $4.5 \times 10^4$  千瓦。若这个机组连续发电,一天内输出的电能为\_\_\_\_\_。

(第九届全国初中物理竞赛题)

3. 有一个功率为 100 千瓦的电力用户,所需电压为 400 伏。如果不用变压器而直接供电,输电线路电阻损耗的功率为 62.5 千瓦。要使损失减为 100 瓦,输电电压应提高到\_\_\_\_\_伏。

(第九届全国初中物理竞赛题)

## 三、计算题

1. 如果将两个定值电阻  $R_1$  和  $R_2$  以某种方式连接起来后,两端与电源连通,则  $R_1$  消耗的功率是 9W,如果这两个电阻以另一种方式连接起来后仍与同一电源连通,则  $R_1$  消耗的功率为 16W,且通过  $R_2$  的电流值为 4A,那么电源电压和  $R_1$  和  $R_2$  的阻值各是多少?

2. 如图 7-18 所示的电路,电源电压  $U = 220V$ ,且保持不变。 $R_1$  和电热器串联时电热器正常工作;若电路中又串联一个  $R_2 = 2R_1$  的电阻时,电热器的功率是其额定功率的  $4/9$ , $R_1$  和  $R_2$  的总功率是 180W。不考虑温度对电阻的影响,求:(1)电热器的额定电压值;  
 (2)电热器的额定功率值。

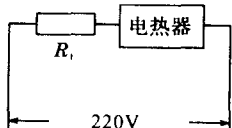


图 7-18

3. 把一个“10V2W”的灯泡  $L_1$  接到某一电路上, 电源的电压为  $U$  且保持不变, 线路电阻为  $r$ , 灯泡  $L_1$  实际消耗的功率是 2W. 换上另一个“10V5W”的灯泡  $L_2$ , 接到同一电路中, 灯泡  $L_2$  实际消耗的功率有没有可能小于 2W? 若有可能, 当电源电压  $U$  和线路电阻  $r$  满足什么条件时, 灯泡  $L_2$  实际消耗的功率小于 2W?

### 第三节 实验: 测量小灯泡的电功率

#### 重点精讲

我们要通过实验知道用电器的实际功率并不一定等于额定功率, 而是取决于用电器两端的实际电压. 当用电器两端实际电压等于用电器的额定电压时, 用电器的实际功率等于额定功率; 当用电器两端实际电压大于用电器的额定电压时, 用电器的实际功率大于额定功率; 当用电器两端实际电压小于用电器的额定电压时, 用电器的实际功率小于额定功率.

#### 1 实验目的

学会用电压表和电流表测定小灯泡的额定功率和实际功率; 熟练使用电流表、电压表和滑动变阻器.

#### 2 实验原理

利用电压表测出灯泡两端的电压, 利用电流表测出通过灯泡的电流, 根据公式  $P = UI$  算出灯泡的功率.

#### 3 实验电路图 7-19 所示

#### 4 实验器材

电池组, 小灯泡, 电流表, 电压表, 滑动变阻器, 开关, 导线

#### 5 实验中应注意的事项

- (1) 连接电路时, 开关应断开;
- (2) 闭合开关前, 应使滑动变阻器的滑片置于阻值最大的位置;
- (3) 注意电压表、电流表量程的选择, 若测定小灯泡的额定功率, 电压表量程的选择看小灯泡的额定电压; 要遵守电流表、电压表的使用规则, 正确读出电流表和电压表的示数.

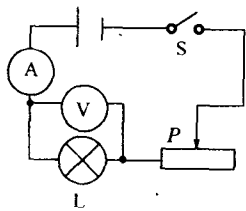


图 7-19



(4)变阻器的选择:滑动变阻器串联在电路中,改变灯泡两端的电压,必须正确选择接线柱.若需要测小灯泡在不同电压下的电功率,调节滑动变阻器可改变小灯泡两端的电压,使之等于、略低于或略高于灯泡的额定电压.灯泡两端电压只能超过额定电压的 $1/5$ 左右,过高会烧断灯丝.



## 范例精解

**例1** 某实验小组用伏安法测小灯泡的功率,有以下一些主要步骤:

- 算出小灯泡的额定功率;
- 闭合电键;
- 调节滑动变阻器,使小灯泡的电压达到额定电压值;
- 记下电流表和电压表的读数;
- 调节滑动变阻器使电路中的电阻最大;
- 按照电路图连接好实验电路.请写出你认为最合理的实验步骤:

**解析** 此实验特别要注意防止电路元件因电流过大而损坏,这就要求实验之前要把滑动变阻器的电阻调到最大,连入电路中.故正确的顺序应为:F、E、B、C、D、A.

**点评** 我们在做实验时,要注意电表的量程,同时电流表和电压表都要使电流从正接线柱流入.

**例2** 某物理实验小组把电压为 $4.5\text{V}$ 的电源、开关、电流表、标有“ $20\Omega$   $0.2\text{A}$ ”字样的滑动变阻器、小灯泡用导线连成串联电路进行实验,其中灯泡上只标有“ $0.2\text{A}$ ”的字样.闭合开关后,他调节滑动变阻器的滑片位置,使小灯泡正常发光,这时他发现滑片的位置恰好在变阻器中点位置,经思考、分析,该小组得出了小灯泡的额定功率.

- 请画出该小组的实验电路图.
- 简要说明该小组如何判定小灯泡是正常发光的.
- 求出小灯泡的额定功率

**解析** 由已知条件可知小灯泡正常工作时的电流值为 $0.2\text{A}$ ,根据串联电路的电流强度相等知,把电流表和小灯泡、滑动变阻器串联后,电流表的示数即为通过小灯泡中的电流,改变滑动变阻器的阻值,当电流表的示数为 $0.2\text{A}$ 时,小灯泡正常工作,题中已知滑动变阻器接入电路后电阻值和电源电压,根据串联电路电

流和电压的规律,可求得小灯泡两端的电压,因为这时小灯泡正常发光,此电压即为小灯泡的额定电压,再利用电  $P = UI$  即可求得小灯泡的额定功率。

(1)可画出实验电路图如图 7-20 所示:

(2)由于小灯泡的额定电流为  $0.2\text{A}$ ,所以,当调节滑片  $P$  的位置,观察到电流表的示数为  $0.2\text{A}$  时,就能确定小灯泡正常发光。

(3)由于此时变阻器的滑片  $P$  在中点,说明此时变阻器接入电路的电阻  $R$  为  $10\Omega$ 。因变阻器两端的电压  $U_R = IR = 0.2\text{A} \times 10\Omega = 2\text{V}$ ,小灯泡两端的电压  $U_L = 4.5\text{V} - 2\text{V} = 2.5\text{V}$ ,小灯泡的额定功率  $P_L = U_L \cdot I = 2.5\text{V} \times 0.2\text{A} = 0.5\text{W}$

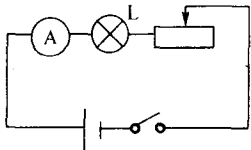


图 7-20

### 点评

间接测量是物理实验中一种常用的方法,例题 2 便是一例,它还同时考查了电功率的概念,是一道不错的实验题。

**例3** 某同学在“测小灯泡额定功率”的实验中,所用电源电压为  $6\text{V}$ ,灯泡额定电压为  $3.8\text{V}$ ,在实验过程中,该同学发现电压表  $0-15\text{V}$  量程坏了,而  $0-3\text{V}$  量程完好,其他器材也完好;在不更换实验器材的条件下,该同学想出了一个巧妙的方法测出了小灯泡的额定功率,试画出电路图,并简要说明判断小灯泡正常发光的方法和理由。

**解析** 通常我们是用伏安法测小灯泡的功率,即用电压表测出小灯泡两端电压  $U$ ,用电流表测出通过小灯泡的电流  $I$ ,然后用公式  $P = UI$  计算小灯泡的功率。而本题中由于电压表发生故障, $0-15\text{V}$  量程坏了,不能直接用来测量小灯泡两端电压,因为小灯泡的额定电压是  $3.8\text{V}$ ,在不能更换实验器材的条件下,因为电源电压  $U = 6\text{V}$ ,滑动变阻器是与灯泡串联在电路中,通过它们的电流相等,只要测出滑动变阻器的电压就可知道灯泡两端电压,所以设计的电路图如图 7-21 所示。实验时,应调节滑动变阻器的电阻,使电压表示数为  $2.2\text{V}$ ,则灯泡两端电压恰好为  $U_L = 6\text{V} - 2.2\text{V} = 3.8\text{V}$ ,这时灯泡在额定电压下正常发光,再用电流表测出电路中的电流  $I$ ,则小灯泡的额定功率为  $P_L = U_L I$ 。

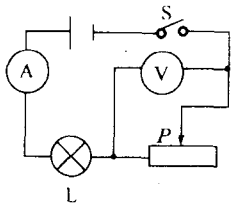


图 7-21

### 点评

等效代换是物理学中常常用到的一种方法,望同学们灵活应用。

# 巩固练习

## 一、选择题

1. 如图 7-22 所示, 电源电压不变, 电键 S 闭合时, 电灯 L 正常发光, 若 S 断开时, 仍要 L 正常发光, 滑动变阻器的滑片 P 应该 ( )

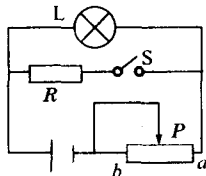


图 7-22

- A. 向 a 端移动
- B. 向 b 端移动
- C. 不需要移动
- D. 先向 a 移动, 再回到原处

2. 如图 7-23 所示, 电源电压不变, S 断开时, 电灯 L 正常发光, 电键 S 闭合后, 则 ( )

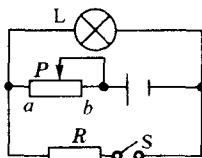
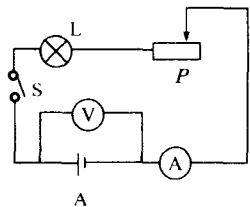


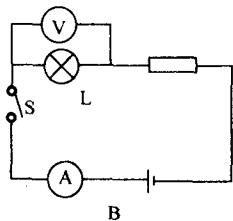
图 7-23

- A. L 仍是正常发光
- B. 滑片 P 向 b 端移动, L 可能正常发光
- C. 滑片 P 向 a 端移动, L 可能正常发光
- D. P 向 a 移动, 再向 b 移动, L 正常发光

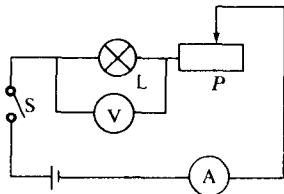
3. 图 7-24 是同学用 V、A 测小灯泡额定功率的电路图, 正确的是 ( )



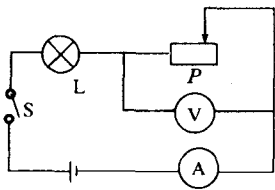
A



B



C



D

图 7-24

## 二、填空题

- “测量小灯泡的电功率”的目的是测定小灯泡的额定功率和不在额定电压下的实际功率,则本实验主要要测量的物理量是:(1)加在小灯泡两端的\_\_\_\_\_;(2)通过小灯泡的\_\_\_\_\_.所用的主要仪表是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_.为了控制通过小灯泡的电流来控制小灯泡的功率,所用的主要仪器是\_\_\_\_\_,它应与小灯泡\_\_\_\_\_联.
- 一同学选好安培表和伏特表的量程,按图 7-25 所示电路连好后,闭合电键,发现灯泡 L 不亮,安培表示数为零,伏特表示数为 1.5V.由此分析,该电路的故障可能是\_\_\_\_\_.
- 在做“测量小灯泡的电功率”实验前应先仔细观察小灯泡的额定电压和额定功率,比如用作实验的待测小灯泡上标为“2.5V 2W”的字样,表示其额定电压为 2.5V,额定功率为 2W,因此在额定电压下通过小灯泡的电流为  $I = \underline{\hspace{2cm}}$  A.为了不使电压过多地超过额定电压,实验中电源电压应为\_\_\_\_\_V,用\_\_\_\_\_节干电池串联即可.故所选电压表的量程应为\_\_\_\_\_V(填“3”或“15”),电流表的量程应为\_\_\_\_\_A(填“0.6”或“3”).

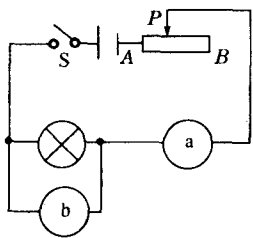


图 7-25

## 三、实验题

- 为了测定额定电压为 2.5V 的小灯泡的额定功率,可以用如图 7-26 所示的电路,(1)图中表  $a$  是\_\_\_\_\_表,表  $b$  是\_\_\_\_\_表.(2)在按电路图连接电路时,开关  $S$  应\_\_\_\_\_;滑动变阻器的触点  $P$  应该滑到\_\_\_\_\_端.
- 有一只用来烧开水的电热水壶,铭牌上标着“220V 1000W”字样,请你说出一种方法,用来测量这只水壶烧水时的效率.供你使用的材料和器材有:足量的水、量杯、钟表、交流电压表(量程 250 伏)、温度计(量程  $0^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ ).要求:写出测量步骤,导出计算公式.

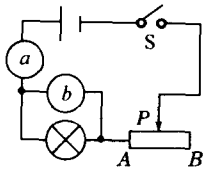


图 7-26

(全国初中物理竞赛广西赛区复赛题)

## 第四节 电和热

### 重点精讲

电流通过导体时电能要不得不转化为热,这个现象叫做电流的热效应.电流通过导体时产生的热的多少跟什么因素有关呢?

#### 电流的热效应跟电阻大小的关系

实验表明,在电流相同的情况下,电阻越大,产生的热量的功率越大.

$P = I^2 R$  这个关系式表明,在电流相同的条件下,电能转化成熟时的功率跟导体的电阻成正比.也就是说,在电流相同时,电阻较大的导体在一定时间内产生的热较大

#### 电热公式

(1)焦耳定律的内容:该定律描述了电流的热效应,电流通过导体产生的热量跟电流的二次方成正比,跟导体的电阻成正比,跟通电时间成正比.

(2)焦耳定律的公式: $Q = I^2 R t$  (普遍适用公式)式中  $Q$ 、 $I$ 、 $R$ 、 $t$  的单位分别用焦、安、欧、秒;

(3)计算电热的其他公式: $Q = U I t$ ,  $Q = \frac{U^2}{R} t$ ,  $Q = P t$  (只适用于电流所做的功全部用来产生热量的情况,即只适用于纯电阻电路)

焦耳定律的公式  $Q = I^2 R t$  是从实验中总结出来的,这个公式在计算焦耳热时具有普遍性,它不仅适用于当电流通过导体时,电能全部转化成内能的情形,同时也适用于除了发热以外还转化为其他形式的能量(例如,电流通过电动机时:电能既转化为内能又转化为机械能;蓄电池充电时,电能既转化为内能又转化为化学能)的情形,在上述各种情形里,利用  $Q = I^2 R t$  计算出来的是电流产生的热量.

#### 电热

##### (1)电热的利用——电热器

电热器是利用电流热效应制成的加热设备,它的主要部件发热体是由电阻率大、熔点高的电阻丝绕在绝缘材料上做成的,它是将电能转化为内能的装置

##### (2)防止电热的危害——散热

输电线会因电热而温度升高,过热则会发生火灾,这是我们要防止的,大电流输电线必须架空,有良好的散热条件.



**例1** 某电热丝通电 14min 可将一壶水烧开,将这根电热丝拉长一倍后,接入同一电源上,需要多长时间可将同样一壶水烧开(热量损失不计)?

**解析** 由  $Q = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$ , 则由比例关系可求得. 将电热丝拉长一倍后, 其电阻变为原来的 4 倍,  $R_2 = 4R_1$ , 又电源不变, 即  $U$  不为, 则有:  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2 t_1}{R_1 t_2}$ . 不计热量损失, 烧开同样一壶水热量相等. 故  $Q_1 = Q_2$ , 代入已知条件易得:  $t_2 = 56$  分钟.

**点评** 要注意当电热丝拉长一倍时, 其截面积变为原来的一半, 故电阻变为原来的 4 倍.

**拓展一** 有一台电热器中有两根电阻丝, 当用其中一根通电时, 电热器的水经过 10min 就可沸腾, 而用另一根通电时, 同样的水要经过 20min 才开始沸腾, 假如将两根电阻丝串联后通电需多长时间才能使原来的水沸腾? 假如将两根电阻丝并联后通电需多少时间才能使原来的水沸腾?

**解析** 因为电热器是纯电阻电路, 电流通过它做的功就是用来烧水的电热, 每次将同样的水加热至沸腾放出的热量应该相等. 设两根电阻丝的电阻分别为  $R_1$  和  $R_2$ , 它们分别烧开同样的水所需时间  $t_1 = 10\text{min}$ ,  $t_2 = 20\text{min}$ . 由  $Q = \frac{U^2}{R} t$  可得  $\frac{U^2}{R_1} t_1 = \frac{U^2}{R_2} t_2$  即  $R_2 = \frac{t_2}{t_1} R_1$

$$R_1, R_2 \text{ 串联, 总电阻 } R_{\text{串}} = R_1 + R_2 = R_1 + \frac{t_2}{t_1} R_1 = \left( \frac{t_1 + t_2}{t_1} \right) R_1$$

$$R_1, R_2 \text{ 并联, 总电阻 } R_{\text{并}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1 \cdot \frac{t_2}{t_1} R_1}{R_1 + \frac{t_2}{t_1} R_1} = \frac{t_2}{t_1 + t_2} R_1$$

设  $R_1, R_2$  串联, 所需要的通电时间  $t_{\text{串}}$

$$\text{由 } \frac{U^2}{R_{\text{串}}} t_{\text{串}} = \frac{U^2}{R_1} t_1 \text{ 得 } t_{\text{串}} = t_1 \cdot \frac{R_{\text{串}}}{R_1} = t_1 \left( \frac{t_1 + t_2}{t_1} \right) R_1 / R_1 = t_1 + t_2 = 30\text{min}$$

设  $R_1, R_2$  并联, 所需要的通过时间  $t_{\text{并}}$

$$\text{由 } \frac{U^2}{R_{\text{并}}} t_{\text{并}} = \frac{U^2}{R_1} t_1 \text{ 得 } t_{\text{并}} = t_1 \left( \frac{R_{\text{并}}}{R_1} \right) = t_1 \frac{\frac{t_2}{t_1 + t_2} R_1}{R_1} = \frac{t_1 \cdot t_2}{t_1 + t_2} = 6.7\text{min}$$

**拓展二** 一个电热器由两条不同的电阻丝并联构成, 这个电热器与一个阻值

固定的电阻  $R_0$  串联后接在电压  $U$  恒定的电源上,如图 7-27 所示.若由于某种原因,电热器中有一条电阻丝烧断,另一条仍完好,用这个烧断一条电阻丝的电热器给水加热,与原来完好的电热器给同样质量,同样初温的水加热(设电热均完全被水吸收,并未向外界散发),使水升高相同的温度所需时间相同.已知固定电阻  $R_0 = 12\Omega$ ,电热器完好时,固定电阻  $R_0$  的发热功率

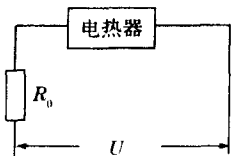


图 7-27

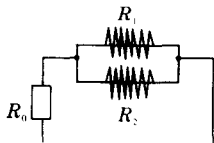
与电热器烧断一条电阻丝后  $R_0$  的发热功率之比为 4:1,设电阻  $R_0$  及电阻丝的阻值不随其中电流的变化而变化,求电热器中完好的电阻丝及烧断的电阻丝原来的电阻各是多少?

(1994 年迎奥赛初中物理知识竞赛)

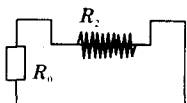
**解析** 如图 7-28(a)所示,二条电阻丝  $R_1$ 、 $R_2$  完好,给水加热时,电热丝的电

$$\text{功率为: } P_{12} = \left( \frac{U}{R_0 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \right)^2 \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$R_0$  的发热功率为



(a)



(b)

图 7-28

$$P_0 = \left( \frac{U}{R_0 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \right)^2 \cdot R_0 \quad \text{如图 7-28(b)所示, } R_1 \text{ 断后, } R_2 \text{ 给水加热时,电热}$$

$$\text{丝的电功率为: } P_2 = \left( \frac{U}{R_0 + R_2} \right)^2 \cdot R_2$$

$$R_0 \text{ 的发热功率变为: } P'_0 = \left( \frac{U}{R_0 + R_2} \right)^2 \cdot R_0$$

根据题意有:  $P_{12} t = P_2 t$

$$\text{得: } \left( \frac{U}{12 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \right)^2 \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \left( \frac{U}{12 + R_2} \right)^2 \cdot R_2 \quad (1)$$

$$\text{又因为 } \frac{P_0}{P'_0} = \frac{1}{4}$$

$$\text{化简得 } R_2 = 12 + 2 \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2};$$

$$\text{将 } \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_2 - 12}{2} \text{ 代入(1)式得 } R_2 = 24\Omega,$$

$$\text{故 } \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 6. \text{ 解之得 } R_1 = 8\Omega$$

### 点评

我们所学的物理知识在现实生活中有许多应用,本题就是其中的一种,照明电路对每个家庭来说都是离不开的,故只要我们把所学知识应用于实践,则对于我们提高学习兴趣是大有益处的.

**拓展三** 淋浴用水的流量约为 10 升/分,合适的水温约为  $50^\circ\text{C}$ ,用水时间约为 4 分钟.电热淋浴器有两种设计,一种是淋浴时电流直接对于流动的水加热,另一种则备有水箱,待箱中的水加热至合适的温度后再淋浴,加热前的水温以  $20^\circ\text{C}$  计.

(1)请根据上面提供的数据论证,第一种设计不适合大多数家庭的供电电路.

(2)如果水箱中的水恰好够一个人淋浴用,供电电路允许的电流最大为 10 安,电加热的效率为 80%,这种条件下把水箱中的水加热最少需多长时间?

(第九届全国初中物理竞赛试题)

**解析** 流量  $f = 10\text{L}/\text{min} = 1.67 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{s}$ ;温差  $\Delta T = 30^\circ\text{C}$ ;用水时间  $t = 4\text{min} = 240\text{s}$ ;水的比热容  $c = 4.2 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ ;水的密度  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{kg}/\text{m}^3$

(1)一定时间  $\Delta t$  内电流的焦耳热:  $Q_1 = IU\Delta t$ . 这段时间内水温上升  $\Delta T$  所需的热量:  $Q_2 = (\rho f \Delta t) c \Delta T$ ;假设焦耳热全部用来使水升温,则有:  $Q_1 = Q_2$

解出  $I = \rho f c \Delta T / U$ . 代入数值,得  $I = 96\text{A}$

如果考虑到热量散失,实际电流会比这个数值更大.目前家庭电路所能承载的最大电流很少有超过 10A 的,所以这种设计不适合家庭淋浴.

(2)水箱的水量:  $m = \rho f t = 40\text{kg}$ ,使水箱中的水温升至  $50^\circ\text{C}$  所需的热量

$Q_2 = mc\Delta T$ . 电流在时间  $\Delta t$  内提供的焦耳热:  $Q_1 = IU\Delta t$ .

由于加热效率为  $\eta = 0.8$ ,所以有  $\eta Q_1 = Q_2$ ,解出  $\Delta t = mc\Delta T / \eta IU$ ,代入数值,得  $\Delta t = 2.86 \times 10^3 \text{s} = 48\text{min}$ .

**拓展四** 一台电动机的额定电压是 220V,正常工作时通过的电流是 50A,线圈电阻为  $0.2\Omega$  求:(1)该电动机消耗的功率是多少?(2)它的发热功率是多少?(3)电动机的效率多大?(4)若用此电动机匀速提起 1.2t 的物体,则物体上升的速度是多大?

**解析** (1)电动机消耗的电功率为  $P_{\text{电}} = UI = 220 \times 50\text{W} = 1.1 \times 10^4 \text{W}$ .

(2)电动机发热的功率  $P_{\text{热}} = I^2 R = (50)^2 \times 0.2\text{W} = 500\text{W}$ .





(3) 电能转变为机械能的功率  $P_{\text{机}} = P_{\text{电}} - P_{\text{热}} = 1.05 \times 10^4 \text{W}$ .

$$\text{电动机的效率 } \eta = \frac{P_{\text{机}}}{P_{\text{电}}} = \frac{1.05}{1.1} = 95.5\%$$

(4) 因为物体匀速上升,  $F = mg = 1.2 \times 10^3 \times 9.8 \text{N} = 1.176 \times 10^4 \text{N}$

$$\text{由 } P_{\text{机}} = Fv, \text{ 可得到 } v = \frac{P_{\text{机}}}{F} = \frac{1.05}{1.176} \text{m/s} = 0.89 \text{m/s}$$

**点评** 电动机是非纯电阻电器,它消耗的电能中除一小部分转化为内能外,大部分能量转化为机械能.则在计算时特别注意其中的发热功率只能用  $P = I^2 R$  来计算.

**拓展五** 1996年清华大学和香港大学的学生合作研制了一辆太阳能汽车.车上电池的太阳能接收板的面积是  $8 \text{m}^2$ ,它正对太阳时电池能够产生  $120 \text{V}$  的电压,并对车上电动机提供  $10 \text{A}$  的电流.电动机的直流电阻为  $4 \Omega$ ,而太阳光照射到地面时单位面积上的辐射功率为  $1.0 \times 10^3 \text{W/m}^2$ .求:

(1) 该车的太阳能电池的效率是多少? 电动机把电能转化为机械能的效率是多少?

(2) 若太阳辐射的总功率为  $3.9 \times 10^{26} \text{W}$ ,且太阳光在穿过太空及地球大气层到达地面的途中有  $28\%$  的能量损耗,还知道半径为  $R$  的球面面积为  $S = 4\pi R^2$ .请根据这些资料计算太阳到地球的距离.

(第十届全国初中物理竞赛试题)

**解析** (1) 太阳能接收板接收的功率  $P_1 = 1.0 \times 10^3 \times 8 \text{W} = 8 \times 10^3 \text{W}$ .

$$\text{电池的输出功率 } P_2 = 120 \times 10 \text{W} = 1.2 \times 10^3 \text{W}.$$

$$\text{电动机线圈的发热功率 } P_3 = 10^2 \times 4 \text{W} = 0.4 \times 10^3 \text{W}.$$

$$\text{电池的效率 } \eta_1 = \frac{P_2}{P_1} = \frac{1.2 \times 10^3}{8 \times 10^3} = 15\%.$$

$$\text{电动机的效率 } \eta_2 = \frac{P_2 - P_3}{P_2} = \frac{0.8 \times 10^3}{1.2 \times 10^3} = 67\%.$$

(2) 设太阳到地球的距离为  $R$ ,以太阳为球心,以  $R$  为半径的球面积就是  $S = 4\pi R^2$ .太阳的辐射总功率和太阳能电池的集光板的面积分别记为  $P_0$  和  $S'$ ,则  $P = 3.9 \times 10^{26} \text{W}$ ,  $S' = 8 \text{m}^2$ . 因为  $\frac{P_1}{P_0(1-28\%)} = \frac{S'}{S}$ , 由此解出  $R = \sqrt{\frac{0.72 S' P_0}{4\pi P_1}}$ . 代入数值后计算,得到太阳到地球的距离:  $R = 1.5 \times 10^{11} \text{m}$ .

**点评** 此题属于信息给予题,通过给出的背景材料,考查学生接受新知识的能力、运用所学知识解决具体问题的能力,是物理中的常见题型.

**例2)** 将一个标有“220V 400W”字样的“热得快”插入体积为 0.5L、初温为 20℃ 的水中,此时由于是用电高峰,实际电压为 210V,在标准大气压下经过 9 分 10 秒将水加热至沸腾,求“热得快”烧水时的热效率(不计电阻随温度的变化)。

(第五届全国初中物理知识竞赛试题)

**解析** 热效率指有用能量(本题是转为水的内能的能量)跟总能量(本题是电热器的发热量)的比值。“热得快”的电阻值  $R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{400} \Omega = 121 \Omega$ 。

$$\text{“热得快”的实际产生的热量 } Q_1 = \frac{U'^2}{R} t = \frac{210^2 \times 550}{121} \text{J} = 2.00 \times 10^5 \text{J}.$$

$$\text{水吸收的热量 } Q_2 = cm\Delta t = 4.2 \times 10^3 \text{J}/(\text{kg} \cdot \text{C}^\circ) \times 0.5 \text{kg} \times (100\text{C}^\circ - 20\text{C}^\circ) = 1.68 \times 10^5 \text{J}.$$

$$\text{热效率 } \eta = \frac{Q_2}{Q_1} \times 100\% = \frac{1.68 \times 10^5}{2.00 \times 10^5} \times 100\% = 84\%.$$

**例3)** 一种家用灭蚊器中的电热元件是用钛酸钡材料制成的,它具有控温功能.图 7-29 中给出了这种电热元件的电阻随温度变化的曲线.请你根据这条曲线分析,灭蚊器稳定工作时发热元件处于哪个温度区间,环境温度在哪个区间时这种灭蚊器可以正常使用。

(第十届全国初中物理竞赛试题)

**解析** 当钛酸钡元件的温度  $T$  处于  $T_0 < T < T_1$  时,随着温度的上升,电阻减小,电流增大,温度上升得更快,当  $T_1 < T < T_2$  时,随着温度的上升,电阻增大,电流减小,温度上升速率变慢,到一定程度时温度不再上升,达到平衡;在  $T > T_2$  的区间,情况与  $T_0 < T < T_1$  时相同.因此,灭蚊器稳定工作时发热元件处于  $T_1 < T < T_2$  区间.环境温度在  $T_0 < T < T_1$  和  $T_1 < T < T_2$  两个区间时元件都可以正常工作,但在  $T > T_2$  的区间时,发热元件将会因过热而损坏。

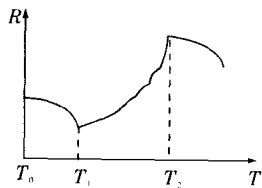


图 7-29

**拓展** 一般的非恒温式电熨斗用合金丝作发热元件,合金丝电阻  $R$  随温度  $t$  变化的关系如图 7-30 中实线①所示.由于环境温度以及熨烫的衣物厚度、干湿等情况不同,熨斗的散热功率不同,因而熨斗的温度可能会在较大范围内波动,易损坏衣物.有一种

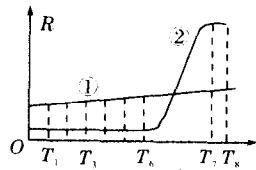


图 7-30



用主要成分为  $\text{BaTiO}_3$  的称为“PTC”的特殊材料作发热元件的电熨斗具有升温快、能自动控制温度的特点,PTC 材料的电阻随温度变化的关系如图中实曲线②所示.根据图线分析:(1)为什么原处于冷态的 PTC 熨斗刚通电时比普通电熨斗升温快?(2)通电一段时间后电熨斗温度  $t$  自动稳定在  $T$  \_\_\_\_\_  $< t < T$  \_\_\_\_\_ 范围之内(填下标数字).(3)简析 PTC 发热元件自动控制温度的过程.

**解析** (1)由电功率  $P = \frac{U^2}{R}$ ,冷态时 PTC 电阻  $R$  很小,电功率很大,所以升温快.(2)从图象上不难看出应是通电一段时间后电熨斗温度  $t$  自动稳定在  $T_6 < t < T_7$ ;(3)当熨斗温度升高到了  $T_6$  后,PTC 的电阻急剧增大,电功率变小,此时如果散热功率大于电功率,熨斗温度会下降.当温度降低时,电阻又急剧变小,电功率增大,温度又升高……因而熨斗的温度能稳定在一定的范围.

## 巩固练习

### 一、选择题

1. 一台“220V, 60W”的电扇,一只“220V, 60W”的白炽灯,一只“220V, 60W”的电热器,将它们同时接在 220V 的电压下,在相同的时间内,它们产生的热量 ( )
- A. 电扇最多  
B. 白炽灯最多  
C. 电热器最多  
D. 都一样多

(第四届全国初中物理竞赛复赛题)

2. 白炽灯泡的灯丝常制成螺旋状,这样做的目的是 ( )
- A. 便于灯丝散热,防止灯丝熔断  
B. 尽量减少灯丝的电阻  
C. 减少灯丝散热,提高灯丝的温度  
D. 减少灯丝在高温时的升华

(第二届全国初中物理竞赛题)

3. 一个大功率的用电器,用铝导线把它接到电源上,用电器工作一会儿发现导线发热严重,要改变这种情况可采取的办法是 ( )
- A. 换用更细的铝导线  
B. 将原来的铝导线加长些  
C. 将原来的铝导线剪短些  
D. 换用粗细相同的铜导线
4. 李军在检修一只 1000 瓦的电炉时,发现电炉丝断了一小截,他用一段较细一些

但由同种材料制成的电炉丝将残缺部分补接至原长,这样再接入原电路中使用时,其实际发热功率将 ( )

- A. 大于 1000 瓦  
B. 等于 1000 瓦  
C. 小于 1000 瓦  
D. 无法判断

(第五届全国初中物理竞赛题)

5. 家用电熨斗为适用不同衣料熨烫,设计了调整温度的多档开关,使用时转动旋钮即可使熨斗加热到所需温度,下面最右端的图是电熨斗的电路图,旋转多档开关可以改变 1、2、3、4 之间的连接情况,现将开关置于温度最高档,这时 1、2、3、4 之间的连接是下列四幅图中的哪一个? ( )



A



B



C



D

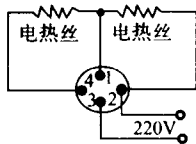


图 7-31

(第三届全国初中物理竞赛题)

## 二、填空题

- 通过某导体的电流是 0.2A, 导体的电阻为 10 欧, 通电 2min, 电流通过导体产生的热量为 \_\_\_\_\_ J.
- 冬天, 李明同学插上电热取暖器的插头后发现室内电灯变暗了. 他用电压表测量供电电压, 结果是不接取暖器时的电压是 210 伏, 接上标有“220V 1000W”的电热取暖器后电压降为 200 伏, 通过计算可以知道, 供电电路中的电阻约为 \_\_\_\_\_ 欧.

(第三届全国初中物理竞赛题)

- 用“220V 800W”的电热壶烧水, 若不考虑能量损失, 当把它接入 110V 的电源上时, 在 32min 内可将一壶水烧开; 如将该壶接在 220V 电源上时, 烧开同样一壶水所用时间为 \_\_\_\_\_ min.

## 三、计算题

- 在电阻值为 1Ω, 2Ω, 3Ω, 4Ω 的四根电阻丝中, 选择恰当的电阻丝进行最简单的连接, 制成一个电热器. 将它接到 24V 的电源上, 给 1.6kg 的水加热, 若只有 50% 的热量被吸收. 可以在 14 分钟里使水温升高 45℃, 那么应当选用哪几根电阻丝? 应如何连接?

(浙江省湖州市初中物理奥赛)



2. 水在热电厂的锅炉中变为水蒸气,通过涡轮机带动发电机发电,用过的水蒸气在液化器中凝结成水再到锅炉循环使用;液化器中的冷却水则流到冷却塔中降温,如图 7-32 所示,水的比热为  $4.2 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ,求 (1) 夏天,来自冷却塔的水温  $16^\circ\text{C}$ ,而回到冷却塔的水温为  $30^\circ\text{C}$ ;若冷却塔和液化器间水的流量为  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ,试求这个系统通过冷却塔散热的功率.

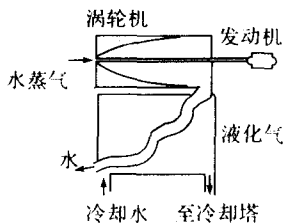


图 7-32

(2) 如果发电机的发电功率是  $56 \text{ kW}$ ,发电机把机械能转化为电能的效率为  $80\%$ ,不计水蒸气通过涡轮机过程中由于热传递造成的能量损失及涡轮机的摩擦,求水蒸气的能量转化为电能的效率.

(第十一届全国初中物理竞赛题)

## 第五节 电功率和安全用电

### 重点精讲

由电功率和电流及电压关系式  $P = IU$  知,  $I = P/U$ , 家庭电路中的电压是一定的, 照明电路的电压为  $220 \text{ V}$ , 所以用电功率越大, 电路中的电流  $I$  就越大. 在增加新的大功率用电器, 例如电热水器、空调机等, 特别要注意不要让电流超过家里供电线路和电能表所允许的最大值. 电路中同时使用的用电器不能太多, 否则容易烧坏保险丝, 甚至引起火灾.

**保险丝:** (1) 保险丝的作用: 把保险丝串联在电路里, 电流超限度前能自动切断电路, (2) 保险丝的选用: 家庭照明用的保险丝是由电阻率比较大而熔点较低的铅锑合金制成的.

**注意:** 在照明电路里千万不能用铜丝代替保险丝, 因为铜丝在电流过强时不熔断, 起不到保险作用.

当电路被保险装置切断时, 不要急于更换保险丝或使空气开关复位, 要先找到发生故障的原因, 排除之后再恢复供电.

### 范例精解

**例 1)** 插座, 特别是准备接大功率用电器的插座, 为了保护用电器安全, 下面

做法最好的是

( )

- A. 在通插座的火线上装一根保险丝
- B. 在通插座的零线上装一根保险丝
- C. 在通插座的火线和零线上各装一根保险丝
- D. 不需要装任何保险丝

**解析** 为了保护用电器的安全,就是当用电器中电流过大时,能自动地切断其中的电流,所以要安装保险丝.但如果只在零线上装保险丝,或者在火线、零线上都装上保险丝,当零线上的保险丝烧断了,只是切断了用电器中的电流,而火线没有切断,那么用电器还是与火线相连,用电器与火线一样,对地还有一定电压,不安全.所以最安全的是只在火线上装一根保险丝,当保险丝熔断时,切断火线,确保安全.故答案为 A.

**点评**

保险丝一般安装在火线上,以保证当电路中电流过大时,可起到安全作用.有时在火线和零线上都安装保险丝,当发生故障时,两根保险丝都要检查.

**拓展** 细保险丝熔断后,可采取什么措施才能用粗保险丝代用?粗保险丝熔断后,可采取什么措施用细保险丝代用?

(江苏省全国初中物理知识竞赛(初三组)试题)

**解析** 保险丝有不同粗细,它们的额定电流(即熔断电流)都不一样.保险丝如果材料相同,那么它的额定电流跟它的横截面积有关,横截面积越大,它的额定电流也越大,横截面积越小,它的额定电流也越小.保险丝的横截面积一样,其额定电流也一样.将粗保险丝用刀子切开一小缺口,使其该处的横截面积与原细保险丝的横截面积基本相同,就可用它来代替已熔断的细保险丝.几根细保险丝并联起来,使几根细保险丝的额定电流之和等于或接近粗保险丝的额定电流时,就可用这并联的几根细保险丝整体代替已断了的粗保险丝.

**例2)** 小红家的家庭电路进户开关上安装着漏电保护器,上面写着表中的一些数据,如图 7-33 所示.在以下几种说法中,正确的是

( )

|                |      |
|----------------|------|
| 20A            | 220V |
| 额定漏电动作电流 30mA  |      |
| 额定漏电不动作电流 15mA |      |
| 漏电分断时间 < 0.1s  |      |

A. 漏电流大于 30mA,保护器会在 0.1 秒之内切断电源

图 7-33

B. 漏电持续时间超过 0.1 秒时保护器才能动作

C. 漏电流达到 15mA 时就能起到可靠的保护作用

D. 只有当进户电压大于 220V 或用电电流大于 20A 时,才能起保护作用

(第十一届全国初中应用物理知识竞赛试题)

**解析** 正确理解其说明书上的数据的物理意义,是解决本题的关键。“20A”是指允许通过的最大电流值是20A,若干路电流超过20A时,保护器自动切断,“220V”是额定电压.如果电路上的电压超过220V,则该保护器不好使用.“额定漏电动作电流30mA”是指当电路出现漏电时,即干路上火线与零线之间的电流有差值时,且这个漏电电流达到或超过30mA时,保护器才开始动作.“额定漏电不动作电流15mA”是指电路漏电电流在15mA以下时,保护器不动作,起不到保护作用.“漏电分断时间 $<0.1s$ ”是指从漏电电流达到30mA时起,在0.1s时间之内,保护器会自动切断电源.本题选A.

**例3** 某同学家中现有用电器列表如下:

| 家用电器名称 | 额定功率(W) |
|--------|---------|
| 照明灯具   | 200     |
| 厨房电器   | 1000    |
| 冰箱     | 100     |
| 洗衣机    | 250     |

| 家用电器名称 | 额定功率(W) |
|--------|---------|
| 彩电     | 90      |
| 音响     | 100     |
| 电脑     | 300     |
| 空调     | 810     |

(1)该同学家的电能表规格是“220V 10A”,则他家里的电路能承受的用电器的总功率是多少?(2)表中所列的用电器能否同时使用?为什么?(3)夏天,在使用空调时,能否同时使用电脑?为什么?(4)理论分析一下,如果该同学家的用电器全部使用,应选什么规格的电能表,什么规格的保险丝?(5)随着生活水平的提高,现代家电不断进入家庭.有同学说,只要将家中电能表增容,保险丝选得合适,家中的电器就可以全部同时使用了.你同意吗?

**解析** (1)由电能表的规格“220V 10A”可知,该电能表所能承受的最大功率为  $P = UI = 220V \times 10A = 2200W$ .

(2)该同学家所有用电器的总功率为

$P_{\text{总}} = 200W + 1000W + 90W + 250W + 100W + 100W + 810W + 300W = 2850W > 2200W$ . 所以,全部用电器不能同时使用.

(3)空调器与电脑的功率之和为  $P_1 = 810W + 300W = 1110W < 2200W$ . 因此,空调器与电脑可以同时使用.

(4)由  $P_{\text{总}} = UI_{\text{总}}$  知正常工作时  $I_{\text{总}} = \frac{P_{\text{总}}}{U} = \frac{2850}{220} A = 13A$ .

所以应选“220V 20A”的电能表和额定电流为15A的保险丝(调查一下商场出售的电能表和熔丝的规格).

(5)仅将电能表增容,保险丝满足要求是不够的.主要原因是家庭电路在铺设

时,干路所选用的导线规格可能只满足当时的需要,当电路中电流急剧增大时,导线会过热而发生火灾事故.因此,在电表增容的同时,也应家庭内部线路同时进行改造(内部线路最好采用多路铺设).

**点评** 这道题源于实际生活的综合题.最好结合家庭的实际用电情况再做分析,以体会一下所学知识的实际应用.

**拓展** 目前市场上还流行一种电子节能灯,人们常常为选择哪一种灯更好而举棋不定.下表为电子节能灯与白炽灯相比较的一组数据,你将作出怎样的选择呢?

|     | 功率(W) | 光通(lm) | 光效<br>(lm/W) | 寿命(h) | 售价<br>(元/只) | 每度电<br>费(元) |
|-----|-------|--------|--------------|-------|-------------|-------------|
| 白炽灯 | 60    | 550    | 9.16         | 1000  | 1.5         | 0.61        |
| 节能灯 | 11    | 550    | 50           | 5000  | 30          | 0.61        |

表中“功率”是指用电器的额定功率;“光通”是指单位面积通过的光能;“光效”是指光通和功率的比值,根据上表可联系到哪些物理知识?说出你选择的依据.

**解析** 可联系到功率、电流、发光的效率等物理知识.电子节能灯与白炽灯相比,在相同光通量时所用电能多少是不一样的.用户能体会到节能灯的经济合理性.具体可以这样来估算:点亮5000h需要白炽灯5个,价格为7.5元,节能灯只要1个即30元.5000小时的电费,白炽灯是183元,节能灯为33.6元,因此点亮5000小时,白炽灯需要190.5元,节能灯需要63.6元,白炽灯的花费约等于节能灯的3倍.应当选择节能灯.

## 巩固练习

### 一、选择题

- 家庭电路中的保险丝烧断了,下列做法中正确的是 ( )
  - 用钢丝代换
  - 为了保险,选择尽量粗的保险丝代换
  - 选择额定电流稍小于电路中最大正常工作电流的保险丝代换
  - 选择额定电流等于或稍大于电路中最大正常工作电流的保险丝代换

(第七届全国初中物理竞赛题)
- 某同学家里的电路中,已经有两电灯正常发光,如果再使用电视机,则该电路的 ( )



- A. 总电流变大                      B. 总电压变大  
 C. 总电功率变大                  D. 总电阻变大

3. 物理小组的同学们练习安装照明电路,接通电源之前,老师将火线上的保险丝取下,把一个额定电压为 220 伏的灯泡作为检验灯泡连接在原来安装保险丝的位置,同时要求同学将电路中所有开关都断开.用这种方法可以检查电路中是否有短路,在接通电源后,下列说法中正确的是 ( )

- A. 若检验灯泡正常发光,表明电路连接无误  
 B. 若检验灯泡不亮,但将某一个用电器的开关闭合后检验灯泡正常发光,表明这个开关的两端直接连到了火线和零线上  
 C. 检验灯泡不亮,但将某一个电灯的开关闭合后,这个电灯和检验灯泡都能发光,只是亮度都不够,这表明电路中出现了短路现象  
 D. 不论将电路中用电器的开关断开还是闭合,检验灯泡均不发光,这表明电路中有短路

(第六届全国初中物理竞赛题)

## 二、填空题

1. 安装家庭电路时,从进户线到用电器之间应有总开关、电能表和保险盒,它们的排列顺序是\_\_\_\_\_.

(第六届全国初中物理竞赛题)

2. 测电笔内部有一个阻值很大的电阻,当测电笔的笔尖接触家庭电路的火线时,这个电阻与人体串联,由于它的分压作用使得加在人体上的电压在安全电压(36V 以下)范围内.若测电笔氖管发光时的电流为 0.32mA,则该电阻的阻值至少应大于\_\_\_\_\_欧(不计氖管发光时的电阻).

## 三、计算问答题

1. 平时用电烙铁修理收音机等家用电器时,往往是断断续续使用的,电烙铁若通电时间过长,烙铁会因为温度过高而不上锡;若切断电源,一旦要用重新通电又要等较长时间.为了解决上述弊病,某同学采取将一只白炽灯与电烙铁串联,另将一个电键与灯泡并联,如图 7-34 所示.试问:(1)这样做有什么好处?

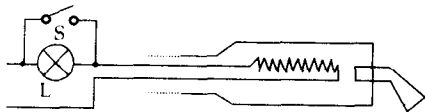


图 7-34

(2)若一支“220V、20W”的烙铁,在不焊接时,仍要消耗 9 瓦的电功率来维持烙铁的温度.那么应该选用额定电压是 220 伏、功率多大的白炽灯泡与烙铁串联?

灯泡的实际功率是多少？(均不考虑温度对电阻的影响)

2. 目前新建楼房的供电系统中已经不再使用保险丝,而是使用一种自动控制的安全电路:当用电负荷过大或发生短路时,电路会自动切断;如果站在地面上的人碰到火线而使火线与大地经人体构成通路,电路也会自然切断,以保人身安全.某同学新居中装的就是这样的电路.搬家后,她看到墙上的电源插孔是三线的,为了安装电视机,买了一个插销板,插在墙上的一个三线插孔中,然后把电视机的插头插在插销板上的插孔内.但是,当接通电视机的开关时,室内所有插座全都断电了,表明电路自动切断.到配电箱一看,果然是“掉闸”(总开关自动切断)了.是电视机出了故障,用电量太大了?用手把总开关闭合,换其他几个确保正常的用电器插到这个插销板上直至耗电只有 15W 的小台灯,仍然是这样.但是,把插销板插到墙上其他插孔,一切正常.问题可能出在哪里?为什么会出现这样的现象?怎样解决?

(第十届全国初中物理知识竞赛试题)

## 第七章测试题

### 一、选择题

1. 小红家的电表允许通过的最大电流是 10 安,她家有 4 个标有“220V、60W”的灯泡,1 个标有“220V、1000W”的热水器,1 台制冷时耗电为 140 瓦的电冰箱和 1 台耗电为 80 瓦的电视机,则 ( )
- A. 所有用电器可以同时使用  
B. 除热水器外其他用电器可以同时使用  
C. 关闭电视机后其他用电器可以同时使用  
D. 电冰箱制冷时,其他用电器不能同时使用
- (第十届全国初中物理竞赛题)
2. 判断一盏电灯亮度的物理量是 ( )
- A. 电功,消耗的电能越多的电灯越亮  
B. 电功率,消耗的电功率越大的电灯越亮  
C. 电压,两端的电压越高的电灯越亮  
D. 电流强度,通过的电流越强的电灯越亮
3. 一个电阻器,标有“100Ω 1/4W”,这个电阻器正常工作时允许加的最大电压和允许通过的最大电流分别是 ( )
- A. 10V、0.025A  
B. 5V、0.05A  
C. 25V、0.001A  
D. 1V、0.25A

4. 有两只灯泡,分别标有“220V 15W”和“220V 100W”的字样.如将它们串联接在电压为 380 伏的动力电源上,则 ( )

- A. 15W 的灯泡烧坏,100W 的灯泡完好  
 B. 100W 的灯泡烧坏,15W 的灯泡完好  
 C. 两只灯泡均被烧坏  
 D. 两只灯泡均完好

(第五届全国初中物理竞赛题)

5. 某电度表盘上标有“3000R/kWh”,单独开动某一用电器时,电度表的转盘在 100 秒内转 5 转,由此可知,该用电器的功率为 ( )

- A. 40 瓦      B. 60 瓦      C. 20 瓦      D. 100 瓦

(第七届全国初中物理竞赛复赛)

## 二、填空题

1. 小刚家有额定功率为 40 瓦的电灯 4 盏,60 瓦的彩电一台,60 瓦的电扇一台,100 瓦的电冰箱一台.它们均在 220 伏的额定电压下工作.若电灯、彩电、电扇以每天工作 3 小时计,电冰箱以每天工作 5 小时计,每月用电(每月按 30 天计) \_\_\_\_\_ 度.

(第四届全国初中物理竞赛题)

2. 标有“ $16\Omega$  25W”字样的扬声器,正常工作时,供电电压应为\_\_\_\_\_,通过它的电流强度应为\_\_\_\_\_.

(第五届全国初中物理竞赛题)

3. 如图 7-35 所示电路,电源电压恒定.当变阻器  $R$  接入电路中阻值为  $R$  时,定值电阻  $R_0$  上消耗功率为  $P_0$ ,要使定值电阻  $R_0$  消耗的功率变为原来的  $1/4$ ,应使变阻器接入电路中的电阻为\_\_\_\_\_.

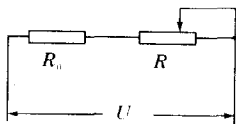


图 7-35

4. 两只灯泡  $L_1$  和  $L_2$  的额定电压相同,额定功率之比  $P_1:P_2 = 2:1$ ,并联后接在电路中总电流为 3 安培,则通过  $L_1$  的电流为 \_\_\_\_\_ 安;若将两只灯泡  $L_1$  和  $L_2$  串联后,仍接在原来的电路中,则通过  $L_1$  的电流为 \_\_\_\_\_ 安.

(第七届全国初中物理竞赛复赛题)

5. 输电线的电阻是  $0.5\Omega$  输送功率为  $10^5\text{kW}$ ,输电电压为  $10\text{W}$ ,则输电线路中的电流强度为\_\_\_\_\_,发热功率为\_\_\_\_\_.

6. 有一辆娱乐电瓶车,工作电压为 24 伏,工作电流为 10 安,效率为 80%,车及人总重为 2000 牛,行驶时阻力为车总重的 0.1 倍.该车匀速行驶 120 米需 \_\_\_\_\_ 秒.

(第六届全国初中物理竞赛题)

7. 因设计实验线路需要, 要寻求一定要求的小灯泡: 当小灯泡与  $4\Omega$  的电阻串联后, 接在  $12V$  的电源上时, 能正常发光, 且此时小灯泡的电功率为  $8W$ . 则要求小灯泡在正常发光时的电阻为\_\_\_\_\_. 小灯泡的额定电压是\_\_\_\_\_.

### 三、计算题

1. 电热淋浴器分为储水式或无水箱式两种. 储水式淋浴器需要较长的时间把水加热, 待水温达到要求后用水箱中的热水淋浴; 无水箱式淋浴器使冷水不流过电热器就达到要求的温度, 而立即从喷头流出供淋浴. 请你利用以下数据通过计算说明, 家庭不宜使用无水箱式电热淋浴器. 已知冷水温度  $16^\circ\text{C}$ , 淋浴所需热水温度  $38^\circ\text{C}$ , 淋浴所需热水流量  $4 \times 10^{-3} \text{米}^3/\text{分钟}$ , 水的比热是  $4.2 \times 10^3 \text{焦}/(\text{千克}\cdot^\circ\text{C})$ . 家庭电路允许通过最大电流约  $5 \text{安}$ .

(第二届全国初中物理竞赛试题)

2. 在图 7-36 所示的电路中, 当接进开关后发现灯泡不亮. 分析故障有两种可能: 电路中的开关接触不良; 导线  $ab$ 、 $cd$ 、 $ef$  中有一根断了. 在不取下灯泡的情况下, 请设计不同方法找出故障原因, 并说出所需的器材(图中  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $f$  为 6 个检测点).

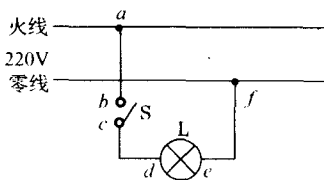


图 7-36

3. 小红准备在旅游时估算登山缆车的机械效率. 她从地图上查到, 缆车的起点和终点的海拔高度分别为  $230 \text{米}$  和  $840 \text{米}$ , 两地的水平距离为  $1200 \text{米}$ , 一只缆车运载  $15 \text{个人}$  上山的同时, 有另一只同样的缆车与它共用同一个滑轮组, 运载  $8 \text{个人}$  下山. 每个人的体重大约是  $60 \text{千克}$ . 从铭牌看到, 缆车的自重(质量)为  $600 \text{千克}$ . 小红还用直尺粗测了钢缆的直径, 约为  $2.5 \text{厘米}$ , 拖动钢缆的电动机铭牌上标明, 它的额定功率为  $45 \text{千瓦}$ . 管理人员说, 在当时那种情况下, 电动机的实际功率为额定功率的  $60\%$ . 实际测得缆车完成一次运输所用的时间为  $7 \text{分钟}$ . 请你帮助小红估算缆车的机械效率.

(第七届全国初中物理竞赛复赛题)

## 第一节 磁场

### 重点精讲

#### 1 简单的磁现象

物体具有吸引铁、钴、镍等金属的性质叫磁性,具有磁性的物体叫磁体.这些能被磁体吸引的物质叫铁磁性物质.在一个磁体上,磁性的强弱是不同的,磁性最强的部位叫磁极.能够自由转动的磁体,例如悬吊着的磁针,静止时指南的那个磁极叫做南极,又叫 S 极;指北的那个磁极叫做北极,又叫 N 极.磁体的基本性质:(1)可以吸附铁等金属物质;(2)磁体具有指南指北的特性;(3)磁体的极性相互作用,人类最先接触的是天然磁体即磁铁矿石,人类也可自制人造磁体,通称为永磁体.

#### 2 磁场

磁场是一种看不见摸不着的特殊物质;磁场的最大特点是对放入其中的磁体有力的作用;磁场是有方向的,磁场中某点的磁场方向就是放入磁场中小磁针北极所受磁力的方向.

#### 3 磁感应线

为形象描述磁场的强弱和方向,在磁场中画出一系列曲线,曲线的切线方向表示该位置的磁场方向,曲线的疏密能定性地表示磁场的强弱,这一系列曲线称为磁感线,磁感线都是闭合曲线.磁感线是形象描绘各种磁场分布的辅助曲线.磁感线只画了几条具有代表性的来描述磁场情况,不能理解为磁场是一条条线状分布的,更不能认为两条磁感线之间空的地方就没有磁场.

#### 4 磁化

使原来没有磁性的物体获得磁性的过程叫做磁化.磁化后,磁性容易消失的称为软磁体;磁化后,磁性能长期保存的叫硬磁体或永磁体;使磁性消失的过程称为退磁.凡是可以磁化的物质,都由磁分子构成,未被磁化前,这些磁分子杂乱排列,磁作用相互抵消,对外不显磁性,当受到外界磁场磁力的作用时,它们会排列整齐.在中间的磁分子间磁作用虽被抵消,但在两端则显示了较强的磁作用,出现

了所谓磁性最强的磁极,但如果磁化后被敲打或火烤,排列会重新无序,磁性又将消失.在用铁屑做磁感线分布的实验时,为什么铁屑会有规则地排列?那是因为铁屑在磁场中首先被磁化为一个个“小磁针”,小磁针再受磁场力的作用而规则地排列.

### 地磁场

地球本身是一个大磁体,在地球周围的空间里存在着磁场,称为地磁场如图 8-1 所示.地磁场的磁感线,从地磁北极出发到地磁南极,小磁针为何能指南北就是受到地磁场的影响.地磁场的产生原因目前尚无法解释,但它是客观存在,对小磁针力的作用就是证明.地磁的北极在地理的南极附近,地磁的南极在地理的北极附近.实际上,地磁的两极与地理的两极并不正好重合,因而水平放置的磁针的指向,跟地球子午线之间有一交角,称之为磁偏角.

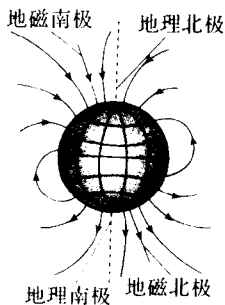


图 8-1

### 范例精解

**例 1** 如果说条形磁铁是铁棒制成的,对不对?

**解析** 其实我们不论在实验室还是在日常生活中接触到的磁体都不是自然的,而是人工造成的,讲到磁铁,就想到是铁制成的,其实铁是软性磁材料,被磁化后很容易退掉磁,不能制成永磁体,要想制成永磁体一般用合金钢,当然还有其他一些含铁、钴、镍的合金或铁和其他金属的氧化物.

**点评** 在日常生活中,我们往往容易犯想当然的错误,很多事物我们不能从经验出发,而应考虑其科学性.

**拓展一** 有一个条形磁铁没有标明极性,用什么简单的方法可以确定它两端各是什么磁极?

**解析** 确定磁体磁极的方法有很多种,简单的方法有两种:

(1) 利用磁体的指向性.地球相当于一个大磁体,在地球周围存在着磁场,其磁感应线是从南向北的.用细线拴住磁铁的中间悬吊起来,使它能沿水平面自由转动.磁铁会因受到地磁场的作用而沿磁感应线方向静止下来,磁铁向北的一端就是 N 极,另一端就是 S 极.

(2) 利用磁极间的相互作用.取一个已知极性的磁铁,使两个磁铁靠近,相互

吸引的是异名磁极,相互排斥的是同名磁极.由已知磁极即可确定未知磁极的极性了.

**点评** 事情总是一分为二的,我们在考虑问题时,要从多角度去思考,从而得出多种解决问题的方法.

**拓展二** 有两根外形完全相同的钢棒,已知其中一根有磁性,另一根没有磁性,如何鉴别出有磁性的一根.

**解析** 方法一:由磁体的吸铁性,观察它们能否吸引铁、钴、镍等物质,能吸引的说明它有磁性,不能吸引就没有磁性.

方法二:由磁体的指向性,分别将钢棒用线水平悬挂起来,使它能在水平面内自由转动,静止时总是指向南北的一根有磁性.

方法三:根据磁极间的相互作用来判断,将钢棒一端与另一磁体的两极分别靠近,观察它们之间是否出现排斥的现象,如果排斥则说明钢棒有磁性.

方法四:根据磁极是磁体上磁性最强处判断,将钢棒的一端去靠近另一根钢棒的中央,若它们互相吸引,则说明前一根钢棒有磁性,否则即为另一根有磁性.

方法五:用磁化的方法判断,只需拿一根钢棒去靠近一块不带磁性的软铁,若软铁能吸引铁、钴、镍等物质,则这根钢棒有磁性,否则另一根钢棒有磁性.

**例2** 对农民来讲,农作物种子中混有一些杂草的种子是一件很头痛的事情,但是这两种种子的外表是不同的,农作物的种子比较光滑,不易吸附小颗粒物;而杂草种子表面有许多绒毛,能吸附靠近它的小颗粒物,当然也能粘在走过的动物身上,因此它可以广为传播.现在,给你一些混有杂草的农作物种子,给你一块磁铁和铁屑.请你替农民将其中的杂草种子从农作物种子中分离出来,说明你的方法和道理.

**解析** 利用磁铁具有吸引铁、钴、镍的性质,可以将铁屑撒在种子中,并搅拌均匀,使铁屑吸附在杂草种子上,然后用磁铁将铁屑和杂草一起从混合种子中吸出来.

**点评** 物理就在我们身边,只要用心,物理知识可以帮助我们做很多的工作,从而提高工作效率.

**拓展** 我们日常生活中用的电饭锅在蒸饭时,达到一定温度后,如何能自动切断电源,而使饭不至烧糊呢?也就是说如何用“热”(温度)来控制“电”呢?

**解析** 这里我们采用了用“热”来控制“磁”,再用“磁”来控制“电”的方法.原来,铁、钴、镍等磁性材料被加热到某一温度后,就会变成非磁性材料.在电饭锅中

用一种特殊的磁性材料和一个永磁体组成一个加热开关,需要加热时,永磁体吸引磁性材料,加热电路就开始工作,当温度达到一定温度时,磁性材料失去磁性,加热电路就断开,这时保温电路开始工作,实现了电饭锅自动保温的目的。

**例3** 1991年8月《新民晚报》报道一则消息:“上海的两点鸽从内蒙古放飞后,历经20余天,返回上海市区鸽巢。”信鸽这种惊人的远距离辨认方向的本领,实在令人称奇。人们对信鸽有高超的认路本领的原因提出了如下猜想:

- A. 信鸽对地形地貌有极强的记忆力
- B. 信鸽能发射并接收某种超声波
- C. 信鸽能发射并接收某种次声波
- D. 信鸽具有某种特殊的功能
- E. 信鸽体内有某种磁性物质,它能借助地磁场辨别方向

那么信鸽究竟靠什么辨别方向呢?科学家们曾做过这样一个实验:把几百只训练有素的信鸽分成两组,在一组信鸽的翅膀下各缚一块小磁铁,而在另一组信鸽的翅膀下各缚一块大小相同的铜块,然后把它们带到离鸽舍一定距离的地方放飞,结果绝大部分缚铜块的信鸽飞回到鸽舍,而缚着磁铁的信鸽却全部飞散了。科学家的实验支持了上述哪种猜想?

**解析** 从上实验可看出,翅膀下各缚一块大小相同的铜块的信鸽能回来,而在翅膀下各缚一块小磁铁的信鸽却不能回来,说明了磁铁与信鸽体内磁性物质产生干扰。科学家的实验支持了E这种观点。

**拓展** 小强在北京将一根质量分布均匀的条形磁体用一条线悬挂起来,使它平衡并呈水平状态,悬线系住磁体的位置应在 ( )

- A. 磁体的重心处
- B. 磁体的某一磁极处
- C. 磁体重心的北侧
- D. 磁体重心的南侧

(第十一届全国初中应用物理知识竞赛试题)

**解析** 我们知道地磁两极和地球两极并不重合,因而导致磁偏角的存在,但在地球上的不同地方,磁偏角大小是不同的;另一方面地磁场的方向在不同的纬度上一般都不水平,存在着磁倾角,而且随着纬度的不同、所在高度的不同,磁倾角在变化。由于北京在地球的北半球,当地的地磁场方向并不水平,有磁倾角,其磁感线向地面倾斜。因此如果悬线系在条形磁体的重心处,磁体静止时,其北端有所下沉,条形磁体不水平。欲使它平衡时呈水平状态,悬线的位置应在磁体重心的北侧。故本题答案选C。



**点评**

本题涉及到三方面的知识:(1)北京在地球上的位置;(2)地磁场的分布及北京所在地的地磁场情况怎样;(3)杠杆的平衡知识.因此,本题是综合性的素质题.检测参赛学生的知识面、掌握知识的深度及综合能力、解决实际问题的能力,还涉及到空间想象能力.

**例4** 如图8-2所示,电磁铁A、铁片B和支架组成的装置悬挂于弹簧秤的下端,当电磁铁A通电后,铁片B被突然吸引到A,在此过程中,弹簧秤C的示数将 ( )

- A. 增大  
B. 减小  
C. 不变  
D. 无法确定

(上海市初中物理竞赛试题)

**解析** 通电前,电磁铁A、铁片B和支架共同处于平衡(即静止)状态,这时弹簧秤的读数就等于它们的共同重力.在通电使电磁铁A产生磁力后,能把铁片B吸起,此时B受到

的向上吸力一定大于它自身的重力,即  $F > G_B$ . 由于力的相互作用原理,铁片B一定对于磁铁A有一个向下的吸引力  $F'$ ,这两个力大小相等,所以  $F' > G_B$ . 这样对于弹簧秤来说,受到向下的拉力一定增大,即示数将增大,故选A项.

**另解:**把挂钩下方的A、B和支架视为一个整体,当给电磁铁A通电后,铁片B突然上升,这个过程可以理解为A、B和支架这个整体的重心在突然上升.而这个动力的来源就是整体以外的弹簧秤,所以弹簧秤的示数必将增大.故也选A项.

**点评**

本题利用整体法思考解题简洁,事实上不论B在箱子底部还是吸在磁铁上,或是悬浮于空中,只要B处于平衡状态其结果都是相同.这就要求同学们灵活掌握解题方法,一题多解,事半功倍.

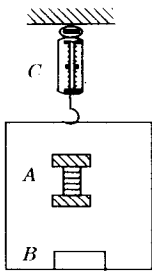


图 8-2



## 巩固练习

### 一、选择题

1. 有两条外形完全相同的金属棒A和B,当A的一端和B的中部接近时,彼此之间有吸引力,当B的一端和A的中部接近时,彼此之间无吸引力,那么 ( )  
A. A是磁铁,B不是磁铁  
B. B是磁铁,A不是磁铁

- C. A 和 B 都是磁铁  
D. 以上三种情况都有可能

(全国初中物理竞赛广西赛区复赛题)

2. 一根条形磁铁折成两段以后,其断口的磁性是 ( )  
A. 靠近 N 极的一段断口是 N 极,靠近 S 极的一段断口是 S 极  
B. 靠近 N 极的一段断口是 S 极,靠近 S 极的一段断口是 N 极  
C. 如果折成相等长度的两段,其断口没有磁性  
D. 如果折成长度不等的两段,其较长的那一段的两端具有相反的极性,较短的那一段的两端具有相同的极性
3. 在地球表面和近地空间的磁感线方向错误的是 ( )  
A. 由南方指向北方  
B. 由北方指向南方  
C. 在地磁 N 极是竖直向上  
D. 在地磁 S 极是竖直向下

4. 两根完全相同的条形磁铁 A、B,重力都是  $G$ ,如图 8-3 所示直立水平桌面上,设磁铁 A 对磁铁 B 的压力为  $F_1$ ,磁铁 B 对桌面的压力为  $F_2$ ,则 ( )  
A.  $F_1 = G, F_2 = 2G$   
B.  $F_1 < G, F_2 > 2G$   
C.  $F_1 > G, F_2 < 2G$   
D.  $F_1 > G, F_2 = 2G$

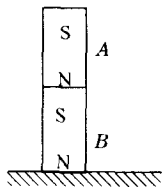


图 8-3

## 二、填空题

1. 铝板、钢板、塑料板、纸片、玻璃板、铁板等物质中间,不能让磁场穿过的是 \_\_\_\_\_,由此得出铁磁性物质具有 \_\_\_\_\_ 的作用。
2. 如图 8-4 所示,用弹簧秤吊着一个铁块,在一条形磁铁上方沿箭头方向,从磁铁外自左向右移动过程中,弹簧秤示数将 \_\_\_\_\_。
3. 1820 年 4 月,丹麦物理学家奥斯特做过如下实验:把在水平方向能自由转动的小磁针放在水平桌面上,由于受 \_\_\_\_\_ 的作用,小磁针稳定时,北极指向 \_\_\_\_\_。将导线平行地架在小磁针的上方,然后把导线的两端接在电池的两极上,闭合开关,导线中有电流时,小磁针就会 \_\_\_\_\_,说明导线周围由于导线中有电流而出现了新的磁场。再断开开关,导线中无电流时,电流的磁场 \_\_\_\_\_,小磁针仅受 \_\_\_\_\_ 的作用,又回到原来的位置。若将接在电池上的导线两端对

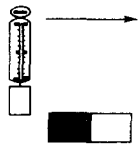


图 8-4

调一下,重复以上实验,发现小磁针转向\_\_\_\_\_,说明电流磁场方向与\_\_\_\_\_有关.若导线不动,只是将小磁针移到导线的正上方并与之平行,通电后观察小磁针的偏转方向,发现与原来偏转方向\_\_\_\_\_.

4. 中国第一条高速磁悬浮铁路运行线在上海建成.普通列车运行时的阻力大部分来自车轮与轨道之间的摩擦;磁悬浮列车是在车厢和铁轨上分别安放磁体,利用同名磁极相互\_\_\_\_\_,使列车稍离开地面,从而减小列车运行时的阻力,从而提高车速.

### 三、计算问答题

1. 有一STS小组的成员提出:地球是一个巨大的天然磁体,那么,可以在一列新型列车上放置一磁体,就可利用磁极间的相互作用作为动力,推动列车运动,这样就可节约大量能源.你觉得该设想能行吗?为什么?
2. 如图 8-5 所示的装置中,有两个薄铁片(舌簧片) $ab$  和  $cd$ ,它们的外端固定在一块木板上,里端相互重叠但相隔一段很小的距离,舌簧片连接在一个有小灯泡的电路中.如果让一根条形磁铁在它们上方的水平面内转动,小灯泡就能一闪一闪地发光,为什么?

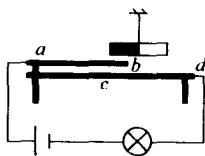


图 8-5

## 第二节 电生磁

### 重点精讲

#### 电流的磁效应

通电导线周围有磁场,磁场的方向跟电流的方向有关.这种现象叫做电流的磁效应.

##### (1) 直线电流的磁场和安培定则(一)

1820年,丹麦的奥斯特在静止的磁针上方拉一根与磁针平行的导线,当给导线通电时,磁针立刻偏转一个角度;切断电流时,磁针又回到原来位置.这个实验表明,通电导体的周围存在着磁场.直线电流周围的磁感线的方向跟电流方向之间的关系,可用安培定则(一)来判定:如图 8-6 所示,用右手握住导线,让大拇指所指的方向跟电流

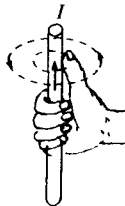


图 8-6

的方向一致,那么弯曲的四指所指的方向就是磁感线的环绕方向。

### (2) 通电螺线管的磁场和安培定则(二)

通电螺线管周围也存在着磁场.通电螺线管周围的磁感线跟条形磁铁的磁感线相似.通电螺线管两端的磁极性质跟电流方向有关系,它们之间的关系,可用安培定则(二)来判定:如图 8-7 所示,用右手握住螺线管,让弯曲的四指所指的方向跟电流方向一致,那么大拇指所指的那端就是通电螺线管的北极。

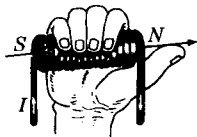


图 8-7

### 电磁铁

把螺线管紧密地套在一个铁芯上,在通电后磁性比原来强了许多,这是由于在通电螺线管内插入铁芯,铁芯也被磁化,磁场被大大地加强,这就是电磁铁.电磁铁的特点是:①由于铁是软性磁材料,通电时有磁性,断电时磁性马上消失;②电磁铁的磁性强弱跟电流的大小有关,当电流增大时,电磁铁的磁性增强;③对于外形相同的螺线管在电流大小相同时,线圈的匝数越多,它的磁性越强.电磁铁有广泛的应用,如电磁起重机、电铃、电报、发电机、电动机、自动控制等。

## 范例精解

**例1)** 在竖直放置的矩形通电线框中,悬挂一个能自由转动的小磁针如图 8-8 所示.当通以图中所示方向的电流时,小磁针的 N 极将 ( ).

- A. 静止不动,指向不变
- B. 转动  $180^\circ$ ,指向左边
- C. 转动  $90^\circ$ ,垂直指向纸外
- D. 转动  $90^\circ$ ,垂直指向纸里

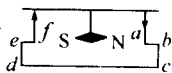


图 8-8

**解析** 只要将矩形线框中的电流看做环形电流,直接运用右手螺旋定则来判断.根据直线的磁场分布,用右手螺旋定则依次对  $ab$ 、 $bc$ 、 $\dots$ 、 $ef$  段导线进行判断.得出电流在矩形电线框中产生的磁场总是向里的.结合对称性原理,中心位置的磁场方向就是垂直指向纸里,所以应选择 D.

**点评** 矩形线框中的磁场分布其实是很复杂的.但是,根据对称性原理,可以确定其中点位置的磁场方向是垂直纸面向里的,此方法可以推广到其他具有对称性的闭合导体框。

**拓展** 实验室有一个旧的学生直流电源,输出端的符号模糊不清,无法分辨正负极,小明设计了下面的判断电源两极的方法,在桌面上放一个小磁针,在磁针东面放一个螺线管,如图 8-9 所示,闭合开关后,磁针指南的一端向东偏转,下述判断正确的是( )

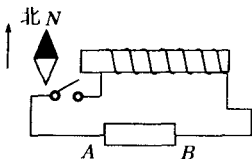


图 8-9

- A. 电源 A 端是正极,在电源内电流由 A 流向 B  
 B. 电源 A 端是正极,在电源内电流由 B 流向 A  
 C. 电源 B 端是正极,在电源内电流由 A 流向 B  
 D. 电源 B 端是正极,在电源内电流由 B 流向 A

(第七届全国初中物理竞赛题)

**解析** 答案为 C. 根据磁针指南的一端向东偏转,可知螺线管的左端为 N 极,再由安培定则易得出 C 答案是正确的. 此题与上题一样都要注意磁针的转向问题,同时还要注意地磁与地理位置的关系.

**例 2** 要增大通电螺线管的磁性,下列可行的措施是 ( )

- A. 换用电压较高的电源  
 B. 在螺线管内加铁芯  
 C. 减少螺线管的匝数  
 D. 移动变阻器的滑片,减小串入电路中的电阻  
 E. 插入铜芯和铝芯  
 F. 增加螺线管线圈的匝数  
 G. 增加螺线管的横截面积

**解析** 对于电磁铁需要明确两点:第一是电磁铁是一个带有铁芯的螺线管,它是由线圈和铁芯两部分组成的;第二是决定电磁铁磁性强弱的两个因素是通电磁铁的电流强弱,即电流越强,它的磁性就越强;当电流一定时,电磁铁线圈的匝数越多,磁性越强. 故可选 A、B、D、F.

**点评** 如果要求你设计一个增强电磁铁磁性的方案,则此题为你提供依据.

**拓展一** 如图 8-10 所示,在电磁铁的上方,用弹簧秤吊着一根条形磁铁,当滑动变阻器的滑片向上移动时,弹簧秤的示数将如何变化?

**解析** 根据安培定则可判断出电磁铁上端为 S 极,说明电磁铁与磁体间是排斥力,当滑动变阻器的滑片向上移动时,电路中的电阻变小,电流变大,电磁铁的磁性变强,对条形磁铁的排斥力增强,故弹簧秤的示数将变小.

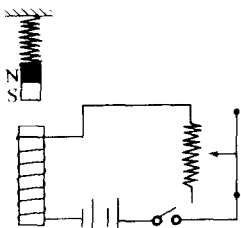


图 8-10

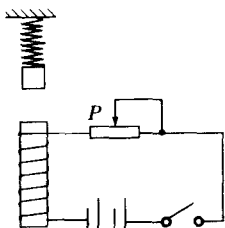


图 8-11

**拓展二** 如图 8-11 所示,悬挂的弹簧下挂有一软铁块,铁块下面为电磁铁,为了使弹簧缩短,可以采用的方法是 ( )

- A. 滑片  $P$  向左移动      B. 滑片  $P$  向右移动  
C. 增加电池的个数      D. 减少电池的个数

**解析** 要使弹簧缩短,应该使电磁铁的磁性减弱,当滑片  $P$  向左移动时,电路中的电阻减小,电流增大,电磁铁的磁性增强,选项 A 不对, B 选项正确. 增加电池的个数,电源的电压增大,电路中电流增强,选项 C 不对, D 正确. 故选 BD.

**点评** 本题分析软铁块的受力状态是解题的关键. 使弹簧缩短,弹力变小的惟一方法是减小电磁铁对软铁的吸引力.

**拓展三** 如图 8-12 所示,  $L$  是电磁铁,在  $L$  正上方用弹簧悬挂一条形磁铁,设电源电压不变,闭合开关  $S$  等电磁铁稳定后,当滑动变阻器  $R$  的滑片  $P$  由上向下缓缓地滑动过程中,弹簧的长度将:

- A. 变长      B. 变短  
C. 先变长后变短      D. 先变短后变长

(第十四届上海赛区复赛题)

**解析** 当  $P$  向下滑动到中点时,连入电路的电阻有最大值,电流有最小值,即说明当  $P$  向下缓缓下滑的过程中,电流是先变小后变大,螺线管的磁性也是先变小后变大,故对条形磁铁的排斥力也是先变小后变大. 所以,弹簧的长度先变长后变短. 故选 C.

**拓展四** 如图 8-13 所示,条形磁铁置于水平桌面上,电磁铁右端固定,当电磁铁电路中滑动变阻器

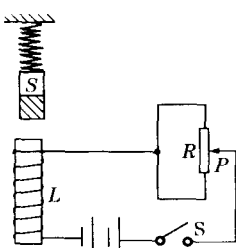


图 8-12

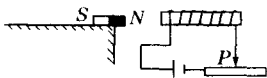


图 8-13

滑片向右移动时,条形磁铁仍保持静止,在此过程中条形磁铁受到的摩擦力的方向怎样,大小怎样变化?

**解析** 螺线管中电流从电源正极流出,回到负极,因此螺线管外侧电流自下向上,利用安培定则,可判断出螺线管左端为  $N$  极,根据同名磁极相互排斥的规律,就可判断出条形磁铁受到的磁力方向水平向左,当滑动变阻器滑片向右滑动时,接入电路中的电阻增大,则螺线管内电流减小,磁性减弱,故条形磁铁所受磁力减弱,而条形磁铁仍保持静止,则条形磁铁受到的磁力与静摩擦力大小相等,方向相反,故条形磁铁的摩擦力方向水平向右,大小逐渐减小。

## 巩固练习

### 一、选择题

1. 1820年,安培在科学院的例会上做了一个小实验,引起到会科学家的兴趣,如图 8-14 所示,把螺线管沿东西方向水平悬挂起来,然后给导线通电,请你想一想会发生的现象是 ( )

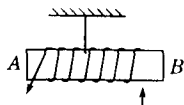


图 8-14

- A. 通电螺线管仍保持原位置静止  
 B. 通电螺线管能在任意位置静止  
 C. 通电螺线管转动,直至  $A$  指南,  $B$  指向北  
 D. 通电螺线管转动,直至  $A$  指向北,  $B$  指南
2. 在“研究电磁铁”的实验中,有一个步骤是:改变电磁铁的接线,使通电线圈的匝数增多同时调整变阻器的滑片,使电流保持不变,观察电磁铁吸引大头针的数目有什么变化. 这一步骤的实验目的是研究电磁铁的磁性 ( )
- A. 跟电流通断的关系  
 B. 跟电流大小的关系  
 C. 跟电流方向的关系  
 D. 跟线圈匝数的关系
3. 目前许多国家都在研制磁悬浮列车,我国拥有全部自主知识产权的第一条磁悬浮列车试线已建成,且实现了 2000km 无故障运行,一种磁悬浮列车的车厢和铁轨上分别安放着磁体,车厢用的磁体大多是通有强大电流的电磁铁. 现有下列说法:你觉得正确的有哪些? ( )
- A. 磁悬浮列车利用了同名磁极互相排斥  
 B. 磁悬浮列车利用了异名磁极互相排斥  
 C. 磁悬浮列车消除了车体与轨道之间的摩擦

- D. 磁悬浮列车增大了车体与轨道之间的摩擦
4. 如图 8-15 所示, 要使通电螺线管的磁性最强, 从下面答案中选出可行的选项 ( )
- A. 将  $S_1$  接 A,  $S_2$  接 C
- B. 将  $S_1$  接 B,  $S_2$  接 D
- C. 将  $S_1$  接 A,  $S_2$  接 D
- D. 将  $S_1$  接 B,  $S_2$  接 C

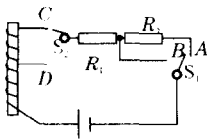


图 8-15

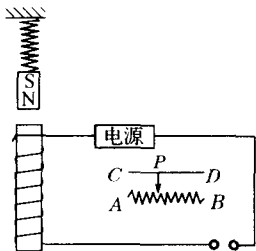


图 8-16

5. 某研究性学习小组做了如下实验: 如图 8-16 所示, 弹簧测力计下吊一条形磁铁, 合上开关 S, 弹簧测力计示数减小, 当变阻器滑片 P 向右滑动时, 弹簧测力计示数进一步减小. 则电源的极性和变阻器接入电路的接线柱应该是 ( )
- A. 电源左端为正极, 变阻器的接线柱应该接 B、C
- B. 电源左端为正极, 变阻器的接线柱应该接 A、C
- C. 电源右端为正极, 变阻器的接线柱应该接 B、D
- D. 电源右端为正极, 变阻器的接线柱应该接 A、D

## 二、填空题

1. 在研究电磁铁的实验中, “把电源、开关、滑动变阻器、电流表和电磁铁上匝数较少的线圈串联起来, 调整变阻器的滑片, 使通电时电路中的电流较小. 观察通电时电磁铁吸引大头针的数目. 然后移动变阻器的滑片, 使电流增大, 观察电磁铁吸引大头针的数目有什么变化”这一步的实验目的是\_\_\_\_\_.

(全国初中物理竞赛广西赛区复赛题)

2. 电磁铁在实际中用处很多, 它最直接的应用之一是电磁起重机. 在制作电磁铁时, 铁芯要用容易\_\_\_\_\_又易\_\_\_\_\_的软铁或硅钢来制作, 这是为了使电磁铁\_\_\_\_\_.
3. 如图 8-17 所示用对折双线绕制的通电螺线管, 磁场怎样? \_\_\_\_\_.



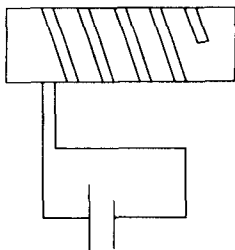


图 8-17

### 三、计算问答题

1. 如图 8-18 所示, 弹簧测力计下面吊一块铁质砝码,

下面是一个带铁芯的螺线管,  $R$  是滑动变阻器.

(1) 电键  $S$  由断开变为闭合时, 弹簧测力计的示数如何变化? 为什么?

(2) 滑动变阻器的滑片  $P$  向右移动, 弹簧测力计的示数如何变化? 为什么?

(3) 抽出铁芯, 弹簧测力计的示数如何变化?

2. 已知两通电螺线管间的小磁针静止时的指向如图

8-19 所示, 请画出  $A$ 、 $B$  两螺线管线圈的绕法.

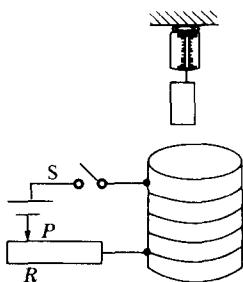


图 8-18

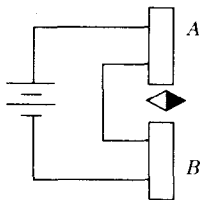


图 8-19

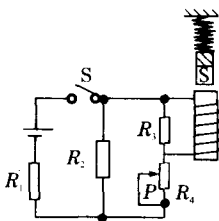


图 8-20

3. 如图 8-20 所示, 电键  $S$  合上后, 螺线管的上端是什么极? 条形磁铁上方的弹簧受的拉力, 在电键  $S$  合上的瞬间如何变化?  $S$  合上后, 滑动变阻器的滑片  $P$  向下移动的过程中, 弹簧受的拉力将怎样变化?



### 第三节 电磁继电器 扬声器

#### 重点精讲

##### 电磁继电器

电磁继电器由电磁铁、弹簧、衔铁和触点开关构成。利用电磁继电器控制电动机的电路由两部分组成：如图 8-21 所示，一是控制电路，二是工作电路。控制电路由电磁铁、低压电源和开关组成。工作路一般由电动机、高压电源和电磁继电器的触点开关组成。当电磁继电器的电磁铁中通有微弱电流时，衔铁被电磁铁吸引，工作电路接通；当电磁铁中没有电流时，衔铁被弹簧拉起，工作电路断开。利用电磁继电器，可以用低电压、弱电流来控制高电压、强电流的工作电路，还可以实现远距离操纵和自动控制。

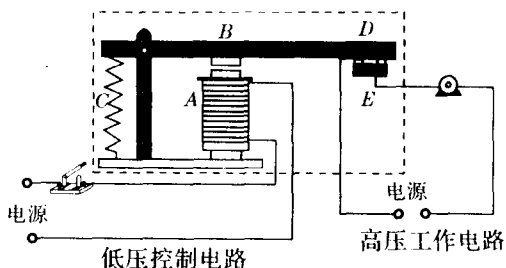


图 8-21

图 8-22 所示为扬声器的构造示意图，它主要由固定的永久磁体、线圈和锥形纸盆构成。当线圈中通过图中所示的电流时，线圈受到磁铁的吸引向左运动；当线圈中通过相反方向电流时，线圈受到磁铁的排斥向右运动。由于通过线圈的电流是交变电流，其方向不断变化，线圈就不断地来回运动，带动纸盆来回运动，扬声器便发出了声音。

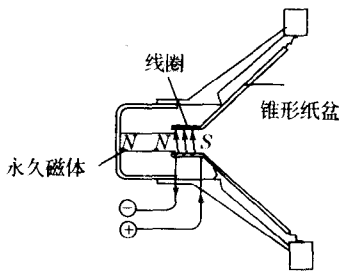


图 8-22



## 范例精解



**例1** 如图 8-23 是一种温度自动报警器的原理图. 制作水银温度计插入一段金属丝, 当温度达到金属丝下端所指的温度时, 电铃就响起来, 发出报警信号. 说明它的工作原理.

**解析** 当温度达到一定值时, 左边电路导通, 电磁铁有磁性吸引衔铁, 使电铃的电路工作, 电铃响起从而达到报警的作用.

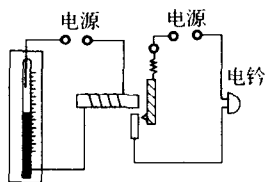


图 8-23

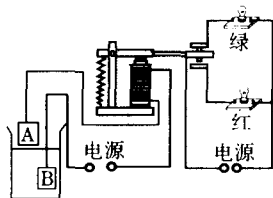


图 8-24

**拓展** 如图 8-24 所示为一种水位自动报警器的原理图. 水位没有达到金属块 A 所在高度时, 绿灯亮; 水位达到金属块 A 所在高度时, 红灯亮. 自动报警器是怎样工作的?

**解析** 这里起关键作用的是电磁继电器, 控制电磁继电器中电流通断的是水面的高低. 工作顺序是: 水面升高到 A 所在高度之后继电器的电路接通, 衔铁被吸引、与触点 D 接触, 则红灯亮便报警. 从上述现象发生的顺序可认为: 当水面未达到 A 所在高度时, 继电器的电磁铁线圈中没有电流, 电磁铁中没有磁性, 衔铁被弹簧拉起与触点 C 接通, 使绿灯亮工作电路导通; 当水面升到 A 所在高度时, 因为不纯净的水具有导电作用, 它将继电器导通, 使电磁铁产生磁性而把衔铁吸下来, 致使衔铁与触点 D 接通而使红灯亮, 绿灯灭, 达到报警的目的.

### 点评

分析继电器问题的关键, 要按现象发生的先后顺序进行叙述, 做到条理清楚. 这样才能做出正确的判断.

**例2** 某物理实验小组绕制了一个 U 形电磁铁, 并用它制成了一个电铃, 接线如图 8-25 所示. 但试用时却不响, 请你帮他找出原因.

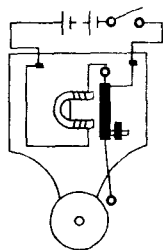


图 8-25

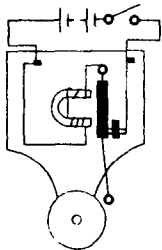


图 8-26

**解析** 从设计的图可看出这个电铃有两处存在问题,其一是U形电磁铁的绕线错了,这样绕制的电磁铁,通电后两端不能产生较强的磁性,原因是U形电磁铁的两个通电螺线管产生的磁性相互抵消了,应改成图8-26中的绕线方式才行。其二是在连接电路时,将一根导线接在衔铁上,这样接线的电铃,当闭合开关后,电路始终导通,螺线管中总有电流通过,电磁铁总有磁性,会吸住衔铁不放,起不到电铃的作用。正确的接法是将这根导线接在螺钉上,如图8-26所示,没有闭合开关时,衔铁与螺钉接触,闭合开关时,电路导通,电磁铁吸引衔铁,铃锤敲击铃盖,而此时衔铁与螺钉离开,使得电路断开,电磁铁失去磁性,衔铁在簧片的作用下回到原位,并与螺钉接触,使电路再次导通,电磁铁又吸引衔铁,如此往复,发出铃声。这里的衔铁既有带动铃锤敲击铃盖的作用,又有控制电路通断作用。

**拓展** 小华利用自己绕制的电磁铁设计了一个能使甲、乙两灯交替发光的电路,电磁铁及电器图如图8-27所示,你认为在开关闭合后实际会看到什么现象?请把更正后的电磁铁及电路画在图8-28的空白处。

(A、B为带活动触点的接线柱,B、C间为铁片)

(第八届全国初中物理竞赛题)

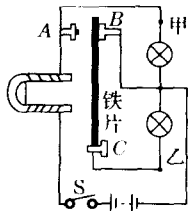


图 8-27

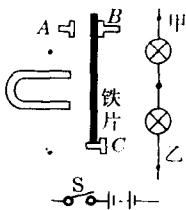


图 8-28

**解析** 小华自己绕制的电磁铁和设计的电路中有两处错误。其一是自制电磁铁两臂上线圈的绕向错了,图中开关闭合后电流通过电磁铁的线圈时,由安培定

则可以判断:图中电磁铁下方臂上的线圈中的电流使电磁铁下臂的右端成为磁体的北极,图中电磁铁上方臂上的线圈中的电流使电磁铁上臂的右端成为磁体的北极.而电磁铁中的磁场由上述两个线圈所形成的磁场叠加而形成的.由于上述两磁场的方向相反,所以它们互相抵消,这样导致线圈中有电流时,整个电磁铁的磁场也为零.它无法对铁片产生吸引作用.因此在图中,开关S闭合后,电流由电源正极出发,经过开关S、电磁铁线圈、灯甲而回到电源负极.此时,铁片不动,电路不发生变化,故甲灯持续发亮而乙灯不亮.其二是若将图电磁铁线圈的绕向更正过来后再闭合开关,它仍不能达到使甲、乙两灯交替发光的目的.原因是此时是电磁铁将对铁片产生吸引,由图可见,铁片被吸引过来后,甲灯的电路未被截断而乙灯的电路也被接通了,并且电磁铁的电路也并不因此截断,其磁性不消失,则铁片被吸过去后就不会被弹回,这样此后电路也不会发生变化,导致甲乙两灯持续同时发光.所以,看到的现象是:甲灯持续发光,乙灯不发光.正确的电路图和电磁铁线圈的绕线如图8-29所示.

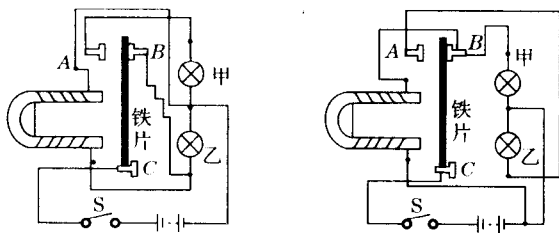


图 8-29

## 巩固练习

### 一、选择题

- 电磁继电器的作用是 ( )
  - 用低压电路的通断,间接控制高压电路的通断
  - 用低压电路的通断,间接控制低压电路的通断
  - 用高压电路的通断,间接控制低压电路的通断
  - 用高压电路的通断,间接控制高压电路的通断
- 在一般的电磁继电器中 ( )
  - 低压电路总是控制电磁铁的通和断的,而高压电路的通和断则是由电磁铁来控制的
  - 高压工作电路总是控制电磁铁的通和断的,而低压电路的通和断则是电磁铁

控制的

- C. 控制电路一般是低压安全的; 工作电路一般是高压的, 危险性比较大的  
D. 控制电路一般是高压, 比较危险的; 工作电路一般是低压安全的

3. 扬声器是

( )

- A. 把声信号变成电信号的一种装置  
B. 把声信号变成声信号的一种装置  
C. 把电信号变成电信号的一种装置  
D. 把电信号变成声信号的一种装置

## 二、填空题

1. 扬声器中的线圈如果有电流通过时, 线圈便具有了磁性, 在永久磁体的作用下, 它将向左或向右运动, 带动纸盆来回振动, 纸盆的振动便发出了声音.

(1) 根据我们学过的声音的知识可以知道, 由于人能听到声音的频率范围是 \_\_\_\_\_ Hz 到 \_\_\_\_\_ Hz. 那么通过线圈的交流电的频率也必须在 \_\_\_\_\_ Hz 到 \_\_\_\_\_ Hz 的范围内, 扬声器中才能发出声音.

(2) 如果某音响中的扬声器坏了, 发不出声音, 你估计损坏处可能为 \_\_\_\_\_

2. 如图 8-30 所示是某同学在研究性学习的活动中为某仓库设计的一种防盗报警器, 其踏板放在仓库的门口, 电铃和灯泡放在值班室内, 观察电路可知, 这个报警器的工作原理是: 有人踏板时: \_\_\_\_\_; 无人踏板时: \_\_\_\_\_.

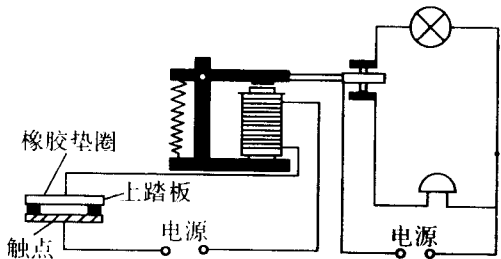


图 8-30

## 三、计算问答题

1. 某物理课外兴趣小组为住宅楼房顶上的蓄水池设计了一个自动注水装置, 如图 8-31 所示, 图中 A 与 B 是金属块, M 是带动水泵的电动机. 试说它的工作原理.

(全国初中物理竞赛福建赛题)

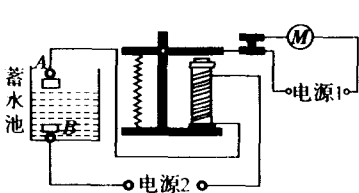


图 8-31

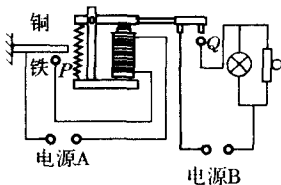


图 8-32

2. 如图 8-32 所示是火警自动报警原理图, 发生火警时将会发生下列变化.

- A. 温度升高使双金属片弯曲
- B. 接通触点使工作电路中有电流通过
- C. 电磁铁有了磁性
- D. 衔铁被吸下
- E. 接通触点使控制电路有电流通过
- F. 红灯亮、电铃响、发出警报

(1) 将这些变化的正确顺序填写在横线上:

(2) 双金属片在这里的作用是什么?

(山东省初中奥林匹克竞赛试题)

## 第四节 电动机

### 重点精讲

#### 1. 磁场对通电导体的作用

通电导体在磁场里受到力的作用, 所受力的方向跟磁感线的方向和电流的方向有关, 它们间的关系可用左手定则来判定.

左手定则: 如图 8-33 所示, 伸开左手, 使大拇指跟其余四个手指垂直, 并且都跟手掌在一个平面内, 让磁感线垂直进入手心, 并使四指指向电流方向, 这时手掌所在的平面跟磁感线垂直, 拇指所指的方向就是通电导线在磁场中的受力方向.

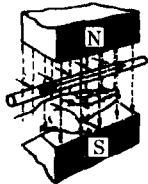


图 8-33

#### 2. 磁场对通电线圈的作用

通电线圈在磁场里因受到力的作用会发生转动. 利用这种作用, 可以用来制造电动机. 对于普通线圈, 在磁场里, 通电后

转到线圈平面与磁感线垂直的位置会停止转动,因为此时线圈受到一对平衡力的作用,我们将这个位置称为平衡位置。

### 直流电动机

用直流电源供电的电动机叫做直流电动机,如图 8-34 所示。基本构造包括磁极、线圈、换向器和电刷。

电动机能以同一个方向持续转动,这就需要当线圈平面转至平衡位置时,立即改变线圈中的电流方向,直流电动机中完成这一转换任务的装置叫换向器。换向器是两个彼此绝缘的金属半环,随线圈一起转动,电刷与之接触,使电源、线圈构成回路,如图 8-34 所示。两个铜半环 E 和 F 跟线圈两端

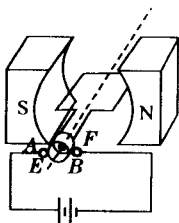


图 8-34

相连,它们彼此绝缘,并随线圈一起转动。A 和 B 是电刷,它们跟半环接触,使电源和线圈组成闭合电路。这样,无论线圈的哪个边,只要它处于靠近磁体 S 极的一侧,其中的电流都是从读者这边朝纸内的方向流去,这时它的受力方向总是相同,线圈就可以不停地转动下去了。直流电动机的基本工作原理是,利用磁场对电流的作用使线圈转动,同时利用换向器在线圈转过平衡位置时改变线圈中的电流方向,以保持线圈持续转动。

电动机的基本构造是由两部分组成:能够转动的线圈和固定不动的磁体。在电动机里,能够转动的部分叫做转子,固定不动的部分叫做定子。电动机工作时,转子在定子中飞快地转动。电动机有许多优点:构造简单、制造方便、效率高、不会污染空气;直接利用电能无需燃料和水的贮备,所以应用十分广泛。电动机将电能转化为机械能。



### 范例精解

例1 判断下列各题

- (1) 通电导体在磁场中一定会发生运动 ( )
- (2) 通电线圈在磁场里一定会受力而发生转动 ( )
- (3) 直流电动机用来产生磁场的定子,只能用永磁体组成 ( )

解析 看通电导体在磁场中是否会发生运动,就要看它在磁场中是否受到磁场力,我们已经知道当通电导体和磁感线平行时,不受到磁场力,所以也不会运动;通电线圈在磁场中会受到磁场力的作用,但如果处于平衡位置,即线圈平面和磁感线垂直,此时通电线圈不会发生转动,直流电动机的定子为磁体,它可以用永磁体,但如果要获得大功率,磁场必须强大,永磁体的磁性大小有限,所以此时必



需使用磁场强的电磁铁.综上所述,(1)(2)(3)都是错的.



看问题必须全面,如果只是片面地理解,必将得出错误结论.

拓展一 一台直流电动机的转速增大一些,下列方法中不可能达到目的的是 ( )

- A. 增大线圈中的电流强度
- B. 换用电压较高的直流电源
- C. 将磁体的磁极对调一下
- D. 加大原来磁场的磁性

解析 转速肯定和所受的磁场力的大小有关,那么磁场力的大小与哪些因素有关呢?原来对相同线圈而言,每边所受的磁场力大小与电流的大小和磁场的强弱有关,电流越大,磁场越强,所受的磁场力越大.故选项中 A、B、D 均有可能,不可能的是 C 项.

拓展二 要改变直流电动机的转向,应采取的方法是 ( )

- A. 增强磁极的磁性
- B. 增加电源电压
- C. 增大线圈中的电流
- D. 改变线圈中的电流方向或对调磁铁的磁极
- E. 同时改变线圈里的电流方向和对调磁铁的磁极

解析 我们知道,通电线圈在磁场中要受到磁场力的作用,磁场力的方向与通入线圈的电流方向和磁感强度的方向有关,而与其他因素无关.例如 A、B、C 三项,采取增大电压和电流,增强磁极的磁性方法均不能改变受力方向,所以也就不能改变电动机的转向, D 项所取方法是可行的,至于 E 项,因为同时采取了两种方向,电动机的转向也变成反向的反向,即不会改变转向.

例2 将一根轻质软弹簧接入如图 8-35 所示的电路中,弹簧上端固定,其下端恰好与水银槽中的水银面接触,将电键 S 闭合时,将会观察到什么现象?为什么?

解析 轻质软弹簧形似螺线管,因其软,所以各匝之间可伸缩.槽内水银是导体,当电键闭合后,弹簧中有电流,而弹簧的每一匝都可看成是一个只有一匝线圈的螺线管,由安培定则可知,相邻两匝的邻近端的磁极极性相反,相互吸引.

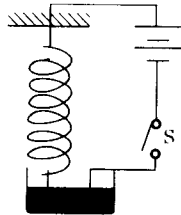


图 8-35

弹簧由于各匝之间的相互吸引而收缩.因弹簧上端固定,又因电路未接通时,弹簧下端刚好与水银面接触,所以弹簧下端向上运动离开水银,电路断开,弹簧磁性消

失;弹簧的恢复力使弹簧下端向下运动,又与水银面接触,接通电路,又重复前面的动作,所以可看到弹簧先伸缩后伸长并不停的上下振动。

**点评** 电流间存在相互作用,注意全面的分析问题,就是要电流周围会产生磁场,而电流又在对方电流产生的磁场中,这样就会产生相互的作用了。

**拓展一** 如图 8-36 所示,在同一个平面内,两个半径不同的同心导体圆环 A、B, A 环中通以下述电流,下列描述正确的是 ( )

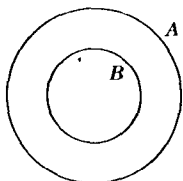


图 8-36

- A. B 环中通以与 A 环同向电流,则两环都有向内收缩的趋势
- B. B 环中通以与 A 环反向电流,则两环都有向外扩张的趋势
- C. B 环中通以与 A 环同向电流,则外环有收缩的趋势,内环有扩张的趋势
- D. B 环中通以与 A 环反向电流,则外环有扩张的趋势,内环有收缩的趋势

**解析** 此题所述的导体圆环其实与螺线管是相似的。可以先确定已知电流方向的 A 环,所产生的磁场在环内的方向,再确定 B 环中通过不同方向电流时,所受 A 环电流所产生的磁场的作用力方向。或直接根据同向电流相吸引,反向电流相排斥的结论,易得 C、D 正确。

**拓展二** 如图 8-37 所示两根互相平行且又互相靠近的直导线  $L_1$ 、 $L_2$ , 通过相同方向的电流时,彼此之间的相互作用力如何?

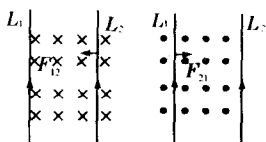


图 8-37

**解析** 通电导体  $L_1$ 、 $L_2$ , 分别在其周围产生磁场, 这样  $L_2$  处于  $L_1$  产生的磁场中, 受到磁场力的作用。同理  $L_1$  处于  $L_2$  产生的磁场中, 也受到磁场力的作用。

解题时首先用安培定则确定  $L_1$ 、 $L_2$  中电流产生的磁场方向, 然后再用左手定则来判定  $L_1$ 、 $L_2$  的受力方向。由安培定则可确定  $L_1$  周围磁场方向,  $L_1$  右侧的磁感线垂直于纸面向里,  $L_2$  处于其中, 利用左手定则可判定  $L_2$  的受力  $F_{12}$  方向向左, 如图 8-37 所示。同理,  $L_2$  产生的磁场在其左侧的磁感线方向垂直于纸面向外,  $L_1$  处于其中, 用左手定则可判断  $L_1$  受力  $F_{21}$  方向向右, 如图所示。综上所述, 两条通电直导线彼此处于对方的磁场中, 当电流同向时表现为相互吸引。同学们还可同理得到当电流反向时表现为相互排斥。

**点评** 可得到结论: 同向电流互相吸引, 反向电流相互排斥。

**拓展三** 两根导线互相垂直,如图 8-38 所示,但相隔很小一段距离,其中  $AB$  固定,  $CD$  能自由转动,当两导线分别通以图示电流时,  $CD$  的运动情况是 ( )

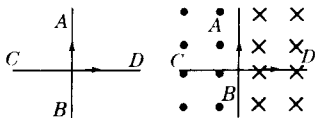


图 8-38

- A. 顺时针转动,同时靠近  $AB$
- B. 逆时针转动,同时靠近  $AB$
- C. 顺时针转动,同时远离  $AB$
- D. 逆时针转动,同时远离  $AB$

**解析** 如图 8-38 所示,  $CD$  处在  $AB$  的磁场中,由左手定则判断,导体  $CD$  左半段受磁场力向下,右半段受磁场力向上,整体逆时针转动,转动的结果使  $AB$ 、 $CD$  中的电流同向,根据同向电流互相吸引这一结论,可知它们将互相接近。选 B。

**拓展四** 如图 8-39 所示,通电导线  $ab$  用弹簧水平地悬挂在蹄形磁铁的上方,当  $ab$  中通以自  $a$  向  $b$  的电流后,下面关于导线  $ab$  运动的描述正确的是 ( )

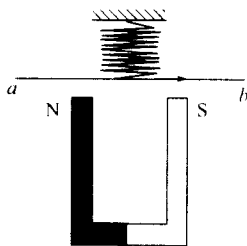


图 8-39

- A. 从上向下看,导线  $ab$  逆时针转动,且弹簧伸长
- B. 从上向下看,导线  $ab$  逆时针转动,且弹簧缩短
- C. 从上向下看,导线  $ab$  顺时针转动,且弹簧伸长
- D. 从上向下看,导线  $ab$  顺时针转动,且弹簧缩短

(广西南宁市初中物理知识竞赛试题)

**解析** 通电导线  $ab$  处在蹄形磁铁产生的磁场中,受到磁力的作用。导线受力后的运动情况可分解为在水平面上的转动和竖直方向的运动。如图 8-40 所示,通电导线  $ab$  上的不同位置处的磁场方向是不同的,则需采用分割法(电流元法),把通电直导线分割成  $aO$ 、

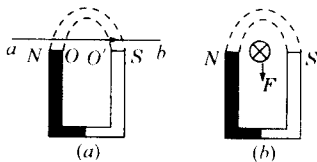


图 8-40

$OO'$ 、 $O'b$  三段,其中  $OO'$  是很短的一段。分别研究每一段的受力情况,  $aO$  段处于向上的磁场中,由左手定则可判断,它受到的力垂直于纸面向外,  $OO'$  中电流方向与该处的磁感线平行,可知  $OO'$  不受安培力的作用,  $O'b$  段处在向下的磁场中,由左手定则可判断  $O'b$  受到的力垂直于纸面向里,故从上往下看导线将以  $OO'$  的中点为轴逆时针转动。导线在竖直方向的受力情况,用特殊位置法分析较为简捷,设想导线  $ab$  初始位置转过  $90^\circ$ ,处于图(b)所示的这一特殊位置,则由左手定则判定  $ab$  的受力方向向下,事实上导线  $ab$  从初始位置转过  $90^\circ$  的过程中,  $ab$  受到向下的力是不断增加的,因此弹簧在伸长,本题的正确答案是 A。

## 点评

本题采用的分割导体法(或称电流元法)和特殊位置法,是研究通电导体在磁场中受力运动情况的常用方法。前者在通电导体的不同部分所处磁场方向不同时采用,后者将“一般”转化为“特殊”。抓住问题的本质,使分析过程简化。



## 巩固练习

## 一、选择题

- 关于通电导体在磁场中受力有以下几种说法,其中正确的是 ( )
  - 通电导体在磁场中一定受到力的作用
  - 通电导体在磁场中受力的方向是固定的
  - 通电导体在磁场中受力的方向跟电流的方向和磁感线的方向有关
  - 通电导体的电流方向若与磁感线方向平行,那么它的受力方向与电流方向和磁感线方向垂直
- 关于换向器的作用,以下说法中正确的是 ( )
  - 电动机的换向器是将线圈中的方向不变的电流变成外电路中的交流电
  - 当直流电动机的线圈刚过平衡位置时,换向器能立即改变线圈中的电流方向
  - 当直流电动机的线圈刚刚与磁感线平行时,换向器能立即改变线圈中电流方向
  - 上述有关换向器的作用的说法都是错误的
- 安装直流电动机模型时,在接通电源线圈中有电流后,电动机不转动,不可能造成这一现象的原因是 ( )
  - 电源电压太低
  - 磁铁的磁性太弱
  - 电源的正、负极接反了
  - 轴承受到的摩擦力太大
- 在能量转化方面,电能具有的优点是 ( )
  - 消耗少量其他形式的能,可以转化成大量的电能
  - 消耗少量电能,可以转化成大量其他形式的能
  - 其他形式的能不能转化成电能
  - 电能可以方便地转化为其他形式的能
- 一台电动机模型通电后不转动,用手轻轻拨动一下就转动起来了,这种现象的主要原因是 ( )
  - 启动时线圈恰好在平衡位置
  - 轴与轴架之间的摩擦太大
  - 磁极的磁性太弱
  - 换向器与电刷接触不良



6. 关于磁场对通电线圈的作用,下列说法中正确的是 ( )
- 若通电线圈平面与磁感线垂直,线圈受到磁力作用,但不会转动
  - 若通电线圈平面与磁感线平行,线圈不会转动
  - 改变磁感线的方向,通电导体在磁场中受到的作用力的方向不变
  - 改变导体中的电流方向,导体在磁场中受到的作用力的方向不改变

7. 如图 8-41 所示,金属杆 AB 由细导线悬挂呈水平状态静止,AB 杆重为  $G$ ,磁场方向垂直于纸面向里,下列表述正确的是 ( )

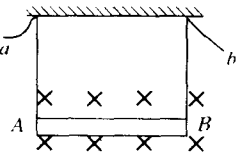


图 8-41

- 若电流由  $a$  流入  $b$  流出,两悬线上的拉力可能为零
- 若电流由  $a$  流入  $b$  流出,两悬线上的拉力可能是  $G$
- 不管电流方向如何,两悬线上的拉力均为  $G/2$
- 不管电流方向如何,两悬线上的拉力均大于  $G/2$

## 二、填空题

- 直流电动机线圈两端的\_\_\_\_\_是使通电线圈在磁场中由短暂转动变成连续转动的重要部件.直流电动机根据\_\_\_\_\_的原理制成.直流电动机把\_\_\_\_\_能转化为\_\_\_\_\_能.要想改变它的转动方向,我们通常采用改变\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_的方法.
- 直流电动机的线圈每转一圈,线圈中的电流方向要改变\_\_\_\_\_次,当线圈转到\_\_\_\_\_时,电流方向发生改变,这样才能使线圈连续地转动下去.

- 如图 8-42 所示,用棉线将一条形磁铁悬吊起来,保持水平,在磁铁中心正上方不远处,垂直于纸面放置一条直导线,此时条形磁铁对棉线的拉力为  $T_1$ ,当直线中通以较强的垂直于纸面向外的电流时,条形磁铁对棉线的拉力为  $T_2$ ,则  $T_2$  \_\_\_\_\_  $T_1$ .

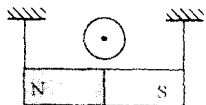


图 8-42

- 在“安装直流电动机模型”的实验中:(1)连入滑动变阻器的目的是通过调节变阻器来改变电路中电流的\_\_\_\_\_,从而改变电动机线圈转动的\_\_\_\_\_ ; (2)在实验中,若把磁铁的两极对调一下,将观察到的现象是:电动机线圈的\_\_\_\_\_发生改变.

## 三、计算问答题

- 在“安装直流电动机模型”的实验中,考虑以下问题:(1)画出用导线把电动机、开关、滑动变阻器、电池组串联起来的电路图;(2)直流电动机的工作原理;(3)在接通电路后,电动机向逆时针方向转动,当把电源两极对调后,电动机如何转

- 动? 再把磁极相互位置对调后,情况如何呢?
2. 为什么月球车用蓄电池提供的电来驱动,而不使用内燃机?
  3. 设计一个小电动机转速可以改变的电路并画出电路图。
  4. 线圈在刚转过平衡位置就改变电流方向,为什么能使线圈继续转动?
  5. 某电厂,有一台“220V 1100W”的电动机,线圈总电阻为 $4\Omega$ ,它的输出功率是多大? 1h电动机耗电多少? 有多少电能转化为机械能? 电动机效率为多大?

## 第五节 磁生电

### 重点精讲

#### 电磁感应现象

闭合电路的一部分导体在磁场中做切割磁感线运动时,导体就会产生电流,这种现象叫电磁感应现象,产生的电流叫感应电流。

闭合电路的一部分导体在磁场里做切割磁感线的运动时,导体中就会产生感应电流,产生感应电流的条件是:①导体必须闭合;②导体运动时必须切割磁感线;③切割磁感线的导体是回路的一部分导体,感应电流的方向与磁场方向、导体的切割方向有关,关系用右手定则来判定,如图8-43所示。

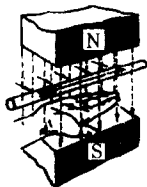


图 8-43

右手定则:伸开右手,使拇指跟其余四指互相垂直,并都跟手掌在同一平面内,让磁感线垂直穿过掌心,拇指指向导体运动的方向,则四指所指的方向就是感应电流的方向。

如果导体不是闭合的,即使导体在磁场中与磁感线发生相对切割,也不可能产生感应电流,此时将在相当于电源的“切割部分”两端产生感应电压,在应用右手定则判断时,伸直的四指指向这个“电源”的正极。在1831年英国物理学家法拉第发现了电磁感应现象,这个伟大发现不但进一步揭示了电现象和磁现象之间的联系,而且使电能的大规模生产和利用成为可能。

#### 发电机

发电机是把机械能转化成电能的机器,是当代社会中最重要电源,发电机是根据电磁感应原理制成的,发电机的构造:由N、S磁极、线圈、电刷和集流环(或换向器)组成,发电机工作时,线圈在磁场内转动做切割磁感线的运动,在线圈

中就产生了感应电流,线圈中产生的电流的大小和方向都是随时间发生周期性变化的交流电.在交流发电机中,电枢中产生的交流电由集流环和电刷导出,供给外部电路的仍是交流电.交流电的周期与频率是用来表示交流电特点的两个物理量,周期是指交流发电机中线圈转动一周所用的时间,单位是秒;频率是指每秒钟内线圈转动的周数,它的单位是“赫”.我国使用的交流电周期为 0.02 秒,即 1 秒内线圈转 50 周,因为线圈每转一周,电流方向改变两次,所以,频率为 50 赫的交流电在 1 秒钟内方向改变 100 次.在直流发电机中,电枢中产生的交流电由换向器和电刷导出,虽然线圈中产生的是交流电,但供给外部电路的却是直流电.



## 范例精解

**例1** 关于电同磁感应现象,下列说法中正确的是 ( )

- A. 导体的一部分在磁场中作切割磁感线运动一定产生感应电流
- B. 闭合电路的一部分在磁场中运动一定有感应电流产生
- C. 电动机是根据电磁感应的原理制成的
- D. 在电磁感应现象中机械能转化为电能

**解析** 产生感应电流的完整说法是,闭合回路中的一部分导体,在磁场中作切割磁感线运动,那么闭合回路中将会产生感应电流,条件缺一不可,A项中未强调导体为闭合回路中的一部分,B项显然说了闭合电路中的部分导体在磁场中运动,但未交待是否切割了磁感线,所以 A、B 两项均因条件不足,不能肯定会产生感应电流;电磁感应的原理可以用来制造发电机,而不是电动机,故 C 项错;在切割磁感线过程中必须做功,从而使得机械能得以转化为电能.因为它正是从能量的角度来说明电磁感应现象的,D项是正确的.

### 点评

我们对电动机和发电机一定要有一个清楚的认识,电动机是电能与其他形式的能的转化,而发电机则是其他形式能与电能的转化,这是两个相反的过程.

**拓展** 下列关于直流电动机和发电机的几种说法中,正确的是 ( )

- A. 电动机是把机械能转化为电能的装置
- B. 电动机是利用通电线圈在磁场中转动的原理工作的
- C. 发电机是把内能转化为电能的装置
- D. 发电机是利用电磁感应原理工作的

**解析** 我们既接触到电动机又接触到发电机,它们的工作原理的“因果”关系是不能混淆的.电动机是因为通电,结果是受到磁场力的作用,所以才出现电动机

中的转子的转动;发电机是因为闭合回路中的导体切割了磁感线,而结果是产生了感应电流.从能量观点看,前者是电能转化为机械能,而后者是机械能转化为电能,发电机是动力机械工作,带动发电机转子旋转,从而机械能转化为了电能,至于动力机械如小轮机和蒸汽轮机又是如何工作的,那就复杂了,例如水力发电站,是水库里的水把重力势能转化为动能,再带动水轮机工作,而火力发电站是烧煤或油,把化学能转化为内能,再带动蒸汽轮机工作;对于核电站来讲,是把原子能变为内能,再带动蒸汽轮机工作,所以讲发电机到底是把什么能转化为电能,就不是那么一句话可以讲清楚的,不过就发电机本身而言,是通过转子的旋转(即机械能)而“发电”的.综合所述,正确的应该是 B 项和 D 项.

**例2** 如图 8-44 所示,一段导体在磁场里的下落过程,导体中 ( )

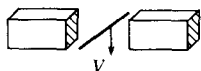


图 8-44

- A. 有感应电压,也有感应电流
- B. 有感应电压,但无感应电流
- C. 无感应电压,有感应电流
- D. 无感应电压,也无感应电流

**解析** 感应电压与感应电流的关系如同电源电压与电流的关系,二者是否存在关键是看电路是否闭合.能否产生电磁感应现象关键看导体是否做切割磁感线运动.题中所述的只是一段导体,电路不闭合,即使导体在磁场里的下落过程做切割磁感线运动,导体中也无感应电流,但导体两端会产生感应电压.故 B 正确.

**点评** 类似产生电流的两个必要条件一样,产生感应电流的前提之一是电路必须是闭合的,我们在解决问题时,一定不能想当然,要按照物理规律进行.

**拓展一** 如图 8-45 所示,能产生感应电流的是 ( )

- A. S 闭合,导体  $ab$  垂直纸面向里运动
- B. S 闭合,导体  $ab$  向左运动
- C. S 闭合,导体  $ab$  垂直纸面向外运动
- D. S 断开,导体  $ab$  向左运动

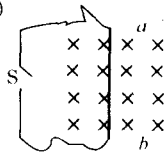


图 8-45

**解析** 根据产生感应电流的条件,闭合电路中的一部分导体在磁场中做切割磁感线运动,其次电路要闭合,易得答案 B 正确.

**拓展二** 如图 8-46 所示,水平放置的金属导轨  $MN$  和  $PQ$  上放置着甲、乙两根细铜棒,在导轨之间存在磁场.当用力沿导轨拉动铜棒甲时,铜棒乙也向甲运动的方向跟着动起来,请解释这种现象.



**解析** 金属导轨和铜棒都是导体,所以  $MN$  和  $PQ$  与铜棒甲和乙构成一个闭合回路,它们都处于磁场中(图中磁感应线垂直纸面向里),设想用力沿导轨向左拉动铜棒甲时,甲就作为闭合回路的一部分导体在磁场中做切割磁感应线的运动,由于磁场垂直纸面向里,切割磁感应线方向向左,根据右手定

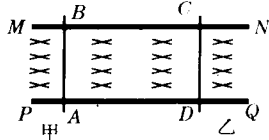


图 8-46

则可知,铜棒甲中的感应电流的方向是由  $B$  到  $A$ ,闭合回路中电流方向为  $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B$ .铜棒乙作为通电导体在磁场中受磁力作用,由于磁场方向垂直纸面向里,电流方向从  $D \rightarrow C$ ,根据左手定则可以判断,铜棒乙受到力的方向向左,所以也向甲运动的方向跟着运动起来。当用力向右拉铜棒甲时,根据右手定则,铜棒甲中感应电流的方向是从  $A$  到  $B$ ,流经铜棒乙的电流为  $C \rightarrow D$ ,利用左手定则可以确定铜棒乙受力运动的方向向右,即与铜棒甲的运动方向相同。

### 点评

只要满足是闭合回路的一部分导体在磁场中做切割磁感应线运动时,导体中就会出现电流,而磁场对通电导体的磁力作用则是引起导体运动的原因。在这要求同学们熟练掌握左手定则和右手定则。

**拓展三** 如图 8.47 所示,在磁感应线方向垂直纸面向里的磁场中,铜棒  $OP$  可绕  $O$  端转动, $ABC$  为一固定不动的铜质圆环,铜棒的滑动触点  $P$  可在铜环上滑行。在铜棒  $OP$  绕  $O$  端作逆时针转动过程中,以下判断正确的是:

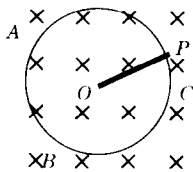


图 8.47

- 铜棒  $OP$  上有感应电流,方向为  $P \rightarrow O$
- 铜棒  $OP$  上只有感应电压,没有感应电流
- 铜环  $ABC$  上有感应电流,方向为  $A \rightarrow B \rightarrow C$
- 铜环  $ABC$  上只有感应电压,没有感应电流

**解析** 导体在磁场中切割磁力线运动时,导体两端会产生感应电压。如果这段导体又是闭合电路的一部分,那么电路中才有感应电流,因为感应电压是形成感应电流的原因。本题中铜棒  $OP$  并没有与别的导体组成闭合电路,它做切割磁感线运动时,只产生感应电压,所以答案选项 A 是错的, B 才是对的。至于铜环  $ABC$ ,虽然构成闭合电路,但它并没有做切割磁感线的运动,铜环的任何部分都不会产生感应电压,当然就没有感应电流了,所以答案选项 C 和 D 都是错的。

**例3)** 如图 8-48 所示,两个竖直固定放置的 U 形金属框甲、乙,导线  $ab$  与金属框接触良好,并可以沿金属框无摩擦下滑。金属框甲处于如图磁场中,当两个金属框上的导线同时自同一高度下滑到底端时所用的时间分别为  $t_1$ 、 $t_2$ ,动能分别

为  $E_1, E_2$ , 则

- ( )
- A.  $t_1 > t_2, E_1 < E_2$   
 B.  $t_1 = t_2, E_1 = E_2$   
 C.  $t_1 < t_2, E_1 > E_2$   
 D. 条件不足, 无法判断

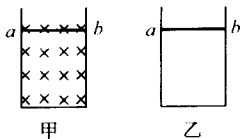


图 8-48

**解析** 甲框与导线  $ab$  组成闭合回路, 当  $ab$  下滑过程中, 由于切割磁感线就会产生感应电流, 由右手定则可得  $ab$  中的电流方向为  $a$  向  $b$ . 另一方面,  $ab$  又是在磁场中会受到磁力的作用, 由左手定则可得其受到的磁力方向是竖直向上的, 这对于下滑的  $ab$  导体是阻力. 而乙框中的  $ab$  是作自由下落, 故易判断  $t_1 > t_2$ . 从能量守恒的角度来看, 甲情况有一部分机械能要转化为克服摩擦而产生的内能. 故有  $E_1 < E_2$  所以应选 A.

### 点评

本题是一道力学、热学、电学知识的综合题, 物理过程较复杂, 右手定则、左手定则, 能量转化与守恒定律交替使用. 尤其是能量守恒在电磁感应中的应用更为广泛. 因此在解题时必须分清物理过程, 正确运用规律, 全面细致分析, 直至正确解答.

**拓展** 如图 8-49 所示, 铜盘可绕水平轴  $O$  无摩擦转动, 铜盘处于垂直于纸面向里的磁场中, 盘边缘绕着细长的绳, 下端挂一个重物  $A$ , 电阻  $R$  通过两电刷与盘的中央与盘边缘相接触. 释放重物, 盘开始转动. 下列说法中正确的是 ( )

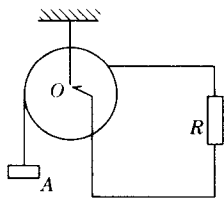


图 8-49

- A. 重物  $A$  下降时减少的重力势能等于  $A$  增加的动能  
 B. 重物  $A$  减少的机械能转化为电能  
 C. 重物  $A$  减少的机械能最终转化为电阻  $R$  的内能  
 D. 在此过程中系统的机械能不守恒, 系统总能量守恒

**解析** 因为能量的转化与守恒是自然界中一条基本规律. 本题中重物  $A$  由静止开始下落, 其损失的重力势能转化为  $A$  的动能和圆盘的转动动能及圆盘切割磁感线产生的电能(产生的电能再转化为电阻的内能放出)故应选 D



## 巩固练习

### 一、选择题

1. 科学家探索自然界的秘密, 要付出艰辛的努力, 十九世纪英国科学家法拉第, 经

过十年不断努力发现了电磁感应现象,下列插图中表明这一现象的实验是

( )

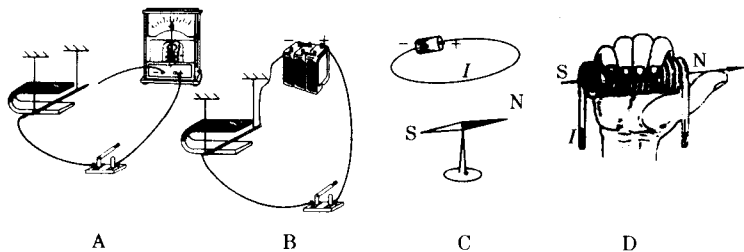


图 8-50

2. 一个同学手中拿着一块磁性较强的永久磁铁,沿着与电视机天线垂直的方向,从这台正在播放图象的电视机旁走过,这时发现电视机屏幕上出现干扰图象,这是因为 ( )

A. 天线被永久磁铁吸引  
B. 天线上产生感应电流  
C. 天线上产生感应电压  
D. 磁铁对电视机内的电子流的作用

3. 如图 8-51 所示,在水平向右的磁场中,有一个闭合矩形线圈  $abcd$ ,它可绕与线圈绝缘的轴  $OO'$  转动,从图示位置开始,线圈在转动半周( $180^\circ$ )的时间内,下列说法正确的是 ( )

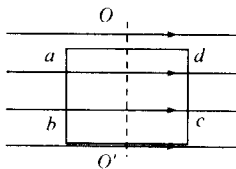


图 8-51

A. 刚转过  $180^\circ$  角时,线圈上没有感应电流  
B. 刚转过  $90^\circ$  角时,线圈上的感应电流的方向是  $badc$   
C. 从开始转动到转至  $180^\circ$  角时,线圈上的感应电流方向要改变一次  
D. 从开始转动到转至  $180^\circ$  角时,线圈上的感应电流方向是一致的

4. 如图 8-52 所示,有 A、B、C 三个竖直放置的 U 形金属框,导体  $ab$  与金属框有良好的接触并可以顺着金属框自由滑下. 金属框 A、B 放在水平离读者而去的磁场中,当 A、B、C 三个金属框中的导体  $ab$  在同一高度、同时下滑时,则有 ( )

A. 三个金属框中导体  $ab$  下滑所需时间一样  
B. A、B 两个框中导体  $ab$  下滑所需时间多一些  
C. A 框中导体  $ab$  下滑所需时间最多  
D. B 框中导体  $ab$  下滑所需时间最多

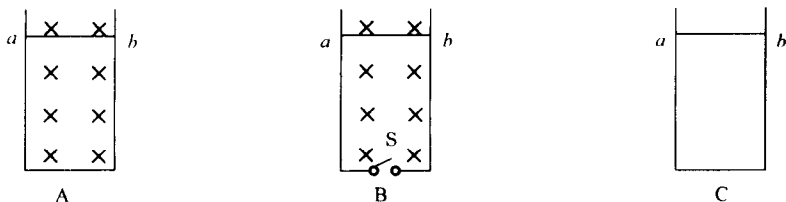


图 8-52

## 二、填空题

- 实际上发电机是由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两部分组成. 大型发电机发的电压很高、电流很强, 一般采取\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_的方式发电, 为了得到较强的磁场, 还要用电磁铁代替永磁铁.
- 手摇发电机的发电过程实际上是能量的转化过程: 人吃的食物的\_\_\_\_\_能转化成摇动转子的\_\_\_\_\_能, 发电机又把\_\_\_\_\_能转化成\_\_\_\_\_能.

## 三、计算问答题

- 如图 8-53 所示是法拉第 1831 年 10 月 28 日设计的圆盘发电机, 当金属圆盘按图中所示的逆时针方向转动时, 电阻  $R$  上将会有电流通过, 试判别电流的方向.

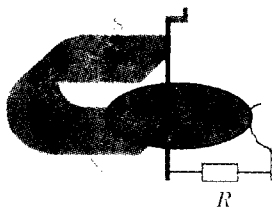


图 8-53

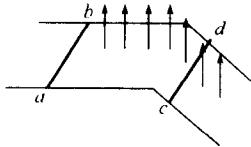


图 8-54

- 如图 8-54 所示, 金属轨道互相绝缘并光滑, 铜棒  $ab$  横在水平轨道上, 铜棒  $cd$  横在倾斜的轨道上, 整个装置处在匀强磁场中, 当  $cd$  棒从静止开始向下滑动时,  $ab$  棒是否运动? 向哪儿运动?
- 如图 8-55 所示, 导线组成的线框  $abcd$  放在水平桌面上, 线框的导线与电流计  $G$  串联, 当一条形磁铁从线框上方向右以速度  $v$  匀速经过的过程中, 电流计  $G$  的指针如何偏转? 从能量守恒的观点简述这个现象里能量是如何转化的?

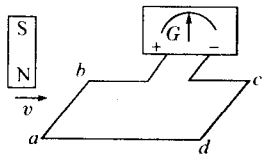


图 8-55

# 第八章测试题

## 一、选择题

1. 如图 8-56 所示, 导体  $ab$  位于磁铁中,  $A$  是电流表, 各元件用导线连接. 利用该装置可以研究的内容是 ( )

- A. 通电导体在磁场中是否受力
- B. 电磁感应现象
- C. 电流周围是否存在磁场
- D. 电磁铁磁性强弱与哪些因素有关

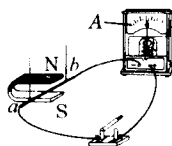


图 8-56

2.  $AB$  导体如图 8-57 所示运动, 试分析下述各种情况下有感应电流产生的是 ( )

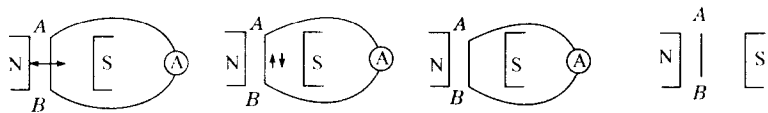


图 8-57

- A. 沿纸面左右运动
- B. 沿纸面上下运动
- C. 垂直纸面向里或向外运动
- D. 垂直纸面向里或向外运动

3. 在竖直放置的圆形通电线圈中, 圆心位置放一个能自由转动的小磁针, 当通以图 8-58 中所示方向的电流时, 小磁针的  $N$  极将 ( )

- A. 静止不动, 指向不变
- B. 转动  $180^\circ$  指向左边
- C. 转动  $90^\circ$ , 垂直指向纸外
- D. 转动  $90^\circ$ , 垂直指向纸内

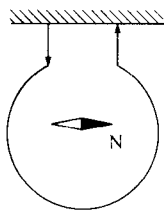


图 8-58

4. 如图 8-59 所示, 一只小磁针自  $A$  点开始沿圆形轨迹绕条形磁铁缓慢移动一周又回到  $A$  点的过程中, 小磁针绕自身的转轴转动的圈数为 ( )

- A. 1 圈
- B. 2 圈
- C. 3 圈
- D. 4 圈

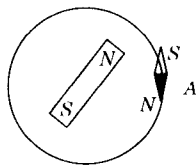


图 8-59

5. 如图 8-60 所示, 将大的条形磁铁中间挖去一块, 放入一可以自由转动的小磁针, 当小磁针静止时, 它的  $N$  极应

指向

A. 左边

B. 右边

C.  $b$  边或  $d$  边

D. 不能确定

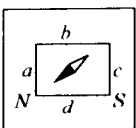


图 8-60

6. 如图 8-61 所示, 当闭合开关 S, 且将滑动变阻器的滑片 P 向右移动时, 图中的电磁铁 ( )

A. A 端是 N 极, 磁性增强

B. B 端是 N 极, 磁性减弱

C. A 端是 S 极, 磁性增强

D. B 端是 S 极, 磁性减弱

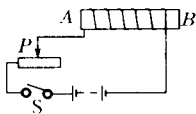


图 8-61

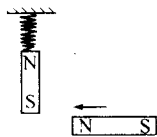


图 8-62

7. 如图 8-62 所示, 一根弹簧下端挂一块条形磁铁, 当另一条形磁铁在它的下方沿水平方向从左到右移动时, 弹簧的长度将 ( )

A. 逐渐变长

B. 逐渐变短

C. 先变短后变长

D. 先变长后变短

8. 为判断一段导线中是否有直流电流通过, 手边若有下列几组器材, 其中最为可用的是 ( )

A. 小灯泡及导线若干

B. 带电的小纸球及细棉线

C. U 型磁铁及细棉线

D. 被磁化的缝衣针及细棉线

9. 通电螺线管上套一闭合线圈, 如图 8-63 所示, 当线圈自左向右运动时, 则 ( )

A. 线圈中无感应电流

B. 线圈中有感应电流, 自左向右看感应电流的方向为顺时针

C. 线圈中有感应电流, 自左向右看感应电流的方向为逆时针

D. 线圈中有感应电流, 自左向右看感应电流的方向为先顺时针后逆时针

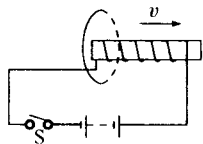


图 8-63

## 二、填空题

1. 直流电动机中换向器的作用是 \_\_\_\_\_; 直流发电机中换向器的作用是 \_\_\_\_\_.
2. 发电机是将 \_\_\_\_\_ 能转化成 \_\_\_\_\_ 能的机器; 电动机的工作原理是 \_\_\_\_\_.

3. 在地球某个地方, 一个小磁针的周围没有别的磁体, 这个小磁针的北极不指前, 不指后, 不指左, 不指右, 竖直指向天空, 地球上的这个位置在\_\_\_\_\_。

4. 在水平面内放置一个用毛皮摩擦过的硬橡胶圆盘, 如图 8-64 所示当它绕过圆盘圆心且与圆盘垂直的轴  $OO'$  逆时针方向旋转(从上往下看)时, 在轴上的  $P$  处放置的自由小磁针, 在它平衡时, 其  $S$  极指向为\_\_\_\_\_, 在圆盘右侧  $Q$  处放置的自由小磁针, 平衡时其  $N$  极指向为\_\_\_\_\_。

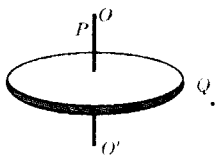


图 8-64

5. 条形磁铁放在水平桌面上, 它的上方靠近  $S$  极一侧悬挂一根垂直于纸面的导电棒, 如图 8-65 所示中为此棒的横截面, 棒中电流垂直于纸面向里, 在通电瞬间, 条形磁铁保持静止状态, 磁铁对桌面的压力将\_\_\_\_\_, 磁铁是否受桌面对它的摩擦力? \_\_\_\_\_。

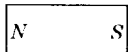
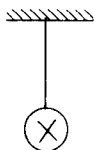


图 8-65

### 三、计算问答题

1. 我国北宋时代的科学家沈括(1031~1095), 是钱塘(杭州)人, 少年时代就开始走南闯北, 他晚年(1087-1095)居住润州(镇江)的梦溪园, 将平生所见所闻写下了一部不朽的科学典籍《梦溪笔谈》, 这部书共 30 卷, 内容涉及天、地、史、数、理、化、生、医、文学、艺术等众多领域, 其中有这样一段话:“方家(指精通学问的专家)以磁石磨针锋, 则能指南, 然常微偏东, 不全南也。”

这段话用你的话该怎么说(只要大意相近就行)? 这段话中说明了哪两个重要的物理现象?

2. 如图 8-66 所示, 有两根彼此平行的直流输电导线  $A$ 、 $B$ , 离电源和用电器都比较远, 如果给你一只量程足够大的直流电压表和一只小磁针, 你能确定电源在哪一边吗? 电流方向又是怎样的?

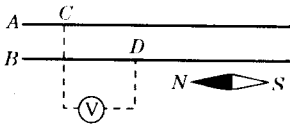


图 8-66

3. 某同学取来一试管, 内部装上一些细铁屑, 然后在试管外面绕上若干匝漆包线圈, 并将漆包线圈的两端接上直流电源, 这时这支试管跟磁铁一样, 试管外面也能吸引铁屑, 切断电源以后, 试管外面的大部分铁屑仍被吸引着, 但是摇动一下试管, 外面的铁屑就纷纷落下, 这是什么原因?

4. 有两只外形完全相同都是“220V 15W”的白炽灯泡, 一只通直流电, 另一只则通以交流电, 今给你一块磁性较强的蹄形磁铁, 你如何判别哪一只通什么电流?



5. 蓄能电站是电网为合理用电,提高电力的经济效益而设计的.它的工作原理是深夜利用过剩的电能通过水泵把下水位的水抽到高处的上水库内,白天则通过闸门放水发电,以补足电能不足.某蓄能电站,其上水库可蓄水  $8850000\text{m}^3$ ,放水时上、下水位平均落差为  $70\text{m}$ .现假设晚上上水库全部蓄水,白天全部放完.发电效率为  $75\%$ ,问每天可发多少度电?





## 第一节 现代顺风耳——电话

### 重点精讲

#### 1 电话的基本结构

由话筒、听筒两个基本部分组成,其中话筒由金属盒、碳粒、膜片组成,听筒由永磁体、螺旋管、薄铁片组成.话筒、听筒与电池组串联连接.

话筒的工作原理:当人对着话筒说话时,声波使薄片振动,薄片便忽松忽紧地挤压碳粒,使其电阻值忽大忽小地变化,于是在电路中就产生了大小随薄片的振动而变化的电流.电话筒的作用是把声音信号转化成强弱变化的电流信号.

听筒的工作原理:当从话筒传来大小按声音而变化的电流时,磁体上套着的螺线管和磁场发生忽强忽弱的变化,使铁片受的吸引力也发生忽强忽弱的变化,使铁片振动起来,发出和对方说话相同的声音.听筒的作用是把随声音信号变化的电流信号还原成声音.

#### 2 电话交换机

将一个地区的电话都接到同一台交换机上,每部电话都编上号码,使用时,交换机把需要通话的两部电话接通,通完话后再将线路拆开;将两台交换机之间连接上若干对电话线,可以让两个不同的交换机的用户互相通话.

#### 3 模拟通信和数字通信

如果信号电流的频率、振幅的变化情况跟声音的频率、振幅的变化情况完全一样,这种电流传递的信号叫模拟信号,使用模拟信号的通信方式叫做模拟通信;用不同符号的不同组合表示的信号,叫做数字信号,使用数字信号的通信方式叫做数字通信.模拟信号在长距离传输和多次加工、放大的过程中,信号电流的波形会改变,从而使信号丢失一些信号,表现为声音、图象的失真,严重时会使通信中断.通常的数字信号只包含两种不同的状态,形式简单,所以抗干扰能力特别强.由于电子计算机是以数字形式工作的,数字信号还可以通过不同的编码进行加密,所以数字通信优于模拟通信.



## 范例精解

**例1** 话筒是怎样把声音转化为大小随声音强弱而变化的电流的?

**解析** 由于人对话筒说话时,声带的振动引起附近的空气振动,从而带动话筒上的振动,使话筒金属盒内的碳粒的松紧发生变化,其电阻大小随之发生变化,就可以使电路中产生随声音大小而变化的忽强忽弱的电流。

### 点评

人说话声大,则使振动膜振动振幅大,金属盒内的碳粒挤比较紧,其电阻减小,电路中产生的电流增大,而当说话声小时,振动膜振动振幅小,金属盒内的碳粒比较疏松,其电阻增大,电路中产生的电流减小。

**例2** 课本上有这样一段文字:除了可以用模拟信号传递信息外,还可以用另外的方式传递信息.例如,用点“·”和画“—”的组合代表各种数字,一定的数字组合代表一个汉字;于是,一系列点和画组成的信号就可以代表一个完整的句子了.“电报”信号就是这样组成的.像这样用不同符号的不同组合表示的信号,叫做数字信号(digital signal),这种通信方式叫做数字通信.现某实验小组按图9-1和图9-2的规则设计了一套数学通信方式.他们是这样规定的:举红色三角旗表示“·”,举蓝色三角旗表示“—”,对方收到了四十次举旗信号,依次为:红 红 红 红 红 红 红 蓝 红 红 红 蓝 蓝 红 红

他们给对方的数字应该是多少?表示的记号应该是什么?

**解析** 因为举红色三角旗表示“·”,举蓝色三角旗表示“—”,从图9-1很容易看出所表示的数字分别是:5300和3189,再对照图9-2给的汉字电报码查得所表示的记号应该是“航海”。

### 点评

这是一道实际应用的题,同学们在学习完本节内容即可实际表演,对提高学习物理的兴趣是大有好处的。



|   |           |       |         |
|---|-----------|-------|---------|
| 1 | · — — — — | A     | · —     |
| 2 | · · — — — | B     | — · · · |
| 3 | · · · — — | C     | — — · · |
| 4 | · · · · — | D     | — · ·   |
| 5 | · · · · · | ..... |         |
| 6 | — · · · · | ..... |         |
| 7 | — — · · · |       |         |
| 8 | — — — · · |       |         |
| 9 | — — — — · |       |         |
| 0 | — — — — — |       |         |

图 9-1 莫尔斯电码点和划的不同组合代表不同的数字和字母

|        |        |        |        |        |  |
|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| .....  |        |        |        |        |  |
| 哈 0761 | 骸 7546 | 孩 1326 | 海 3189 | 氦 8640 |  |
| 亥 0075 | 害 1364 | 骇 7480 | 酣 6799 | 憨 2003 |  |
| 邯 6725 | 韩 7281 | 含 0698 | 涵 3211 | 寒 1383 |  |
| 函 0428 | 喊 0815 | 罕 4988 | 翰 5060 | 撼 2338 |  |
| 捍 2194 | 旱 2487 | 憾 2013 | 悍 1880 | 焊 3549 |  |
| 汗 3063 | 汉 3352 | 夯 1137 | 杭 2635 | 航 5300 |  |
| .....  |        |        |        |        |  |

图 9-2 汉字的电报码

**例3** 模拟信号在长距离传输和多次加工、放大的过程中,信号电流的波形会改变,从而使信号丢失一些信息,表现为声音、图象的失真,严重时会使通信中断。通常的数字信号只包含两种不同的状态,形式简单,所以抗干扰能力特别强。由于电子计算机是以数字形式工作的,数字信号可以很方便地用电子计算机加工处理,发挥计算机的巨大威力。数字信号还可以通过不同的编码进行加密。

现代的电话已经全部采用数字信号进行传输和处理,只是在交换机和家庭之间的一两千米距离上,还在使用模拟信号。现在,用数字信号传输电视节目的技术也已经成熟,不久也将进入千家万户。请问“数字电视机”与“数字电视”是一个概念吗?

**解析** 目前市场上所称的“数字电视机”,只是在机器内应用了一些数字电路,只有电视台用数字信号传输的电视才是真正的数字电视。

**例4** 无绳电话的手机和座机之间是利用无线电波来“连接”通话的,一般无绳电话机的规定工作频率只有 10 对,因此在无绳电话机附近一两百米范围内,很可能有一台或几台使用同一对频率的无绳电话机。在这种情况下,双方在拨号通话时,都有可能“串入”对方机座,从而可能发生干扰、窃听、盗用事件。请你提出一种避免窃听的方法。

**解析** 如发现这种现象,任何一方只要换用其他频率对,就可互不干扰。无绳电话机的防窃听最简单的方法是采用变化频率对的方式,可用人工或自动转换。由于使用的频率对经常改变,使窃听者不易掌握;同时,在发现有干扰或传输情况不好时,转换到合适的频率对上,也保证了传输可靠。

## 巩固练习

### 一、选择题

- 下列说法中正确的是 ( )
  - 任何电话都是由话筒和电源两部分组成的
  - 任何电话都是由听筒和电源两部分组成的
  - 话筒和听筒是任何电话的基本组成部分
  - 上述说法都不正确
- 下列说法中正确的是 ( )
  - 在电话接通时,听筒与对方听筒是串联在同一个电路中的
  - 在电话接通时,听筒与对方话筒是串联在同一个电路中的
  - 在电话接通时,听筒与己方话筒是串联在同一个电路中的
  - 在电话接通时,话筒与己方听筒是串联在同一个电路中的
- 电话是 1876 年发明的,这是人类历史上最伟大的发明之一。电话的发明人是 ( )
  - 贝尔
  - 爱迪生
  - 牛顿
  - 瓦特
- 电话机话筒中的碳粒,相当于电路中的 ( )
  - 一个开关
  - 一个变阻器
  - 一个电磁继电器
  - 一个电磁铁
- 话筒将声音转换成信号电流的频率、振幅变化的情况与声音的频率、振幅变化的情况完全一样,“模仿”着声信号的一举一动。这种电流传递的信号叫做什么信号,用不同符号的不同组合表示的信号又是什么信号。 ( )
  - 模拟信号 数字信号
  - 数字信号 模拟信号
  - 模拟信号 模拟信号
  - 数字信号 数字信号



6. 关于电话,下列说法中正确的是 ( )
- A. 电话是只把电信号变为声信号的装置
  - B. 电话是只把声信号变为电信号的装置
  - C. 电话是先将己方电信号变为声信号后,再把对方声信号变为电信号的装置
  - D. 电话是先将己方声信号变为电信号后,再把对方电信号变为声信号的装置

7. 下列说法中正确的是 ( )
- A. 两台交换机之间若有太多的用户要通话,它们之间的电话线不够用了,这时便会出现“占线”现象,这个现象在打长途电话时常见
  - B. 数字通讯在长距离传播和多次加工、放大的过程中,信号电流的波形会改变,使信息失真,严重时使通信中断
  - C. 数字信号可以很方便地用电子计算机加工处理
  - D. 模拟通信优于数字通信

## 二、填空题

1. 电话交换机的发展经历了三个阶段,早期的电话交换机是\_\_\_\_\_,工作效率低,劳动强度大;第二阶段出现的自动电话交换机是\_\_\_\_\_ ;现代的程控电话交换机是\_\_\_\_\_.
2. 现代电话已经全部采用\_\_\_\_\_进行传输和处理,只是交换机和家庭之间的一两千米距离上,还在使用模拟信号.
3. 模拟信号在长距离传输和多次加工、放大的过程中,\_\_\_\_\_的波形会改变,从而使信号丢失一些信息,则声音、图象会失真,严重时会使通信中断.
4. 程控电话利用了\_\_\_\_\_的程序控制,它把交换机应完成的接线动作全编成了程序,插入到控制设备的存储器.程控电话具有\_\_\_\_\_、声音清晰、质量可靠等优点.
5. 移动电话打电话时,它会自动把号码告诉所在“小区”的“总机”,“总机”通过线路“报告”交换局,接通城市电话网,使双方通话;另外,当被对方拨打时,交换局的装有电脑控制的交换机就随时监测移动电话所在的区域,并根据所在区域分配给手机相应的通话\_\_\_\_\_.当手机从一个区域进入另一个区域时,定向测量天线就会立即改变电话的频率,像接力赛一样,把通话任务交给另一个小区,因此,无论通话双方的位置怎么改变,都可以通话.
6. 目前市场上出现的“数字电视机”,只是在机器内应用了一些\_\_\_\_\_.只有电视台用数字信号传输的电视才是真正意义上的数字电视.

## 三、问答题

1. 电话是利用电信号将人们的语言从一个地方传到另一个地方的装置,最简单的电话是由话筒和听筒组成,它们是如何实现信号转换的?

2. 为了提高线路的利用率,电话局用一台设备能使任意两部电话连接起来通话,正因为这样才使电话的普遍使用成为可能.这设备是什么?

## 第二节 电磁波的海洋

### 重点精讲

#### 电磁波是怎样产生的

要产生电磁波,首先要有一种快速变化的电流,即高频振荡电流,产生高频振荡电流的装置叫振荡器,这种高频振荡电流可以产生频率很高的电磁波,这种电磁波能量越大,传播越远,而且传播时无需介质,可在真空中传播,由于电磁波看不见,摸不着,首先了解波由近及远传播的只是振动这种运动形式,而不是振动的物体本身.另外振动有能量,波在传播振动,实际上是在传播能量,波的传播有高低,高的叫波峰,低的叫波谷,相邻两个波峰(或波谷)之间的距离叫波长,1秒内波源振动的次数或说1秒内波向前传播的波长数叫频率,那么波在1秒内传播的距离叫波的传播速度,用公式表示为:

$$\text{传播速度} = \text{波长} \times \text{频率} \quad \text{即} \quad c = \lambda f$$

这里波长用米作单位,频率用赫兹作单位,波速单位用米/秒.波在同一种介质中的传播速度是一定值,与波长和频率无关.对于电磁波来讲,上述规律同样成立,电磁波的波速和光速一样,在真空中速度为  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,在空气中波速接近真空中波速.因为波速已确定,所以电磁波的波长和频率的乘积相同,它们之间的关系是互为反比,即频率越高,波长越短,频率越低,波长越长.

#### 电磁波中的部分成员

无线电波,微波,红外线,可见光,紫外线,伦琴射线, $\gamma$ 射线.

### 范例精解

例1 关于电磁波,下列说法中正确的是 ( )

- 只要导体中有电流通过,在它的周围就会产生电磁波
- 电磁波虽然看不见,摸不着,但它是客观存在的
- 当导体中有振荡电流时,在它周围的空间就会产生电磁波
- 电磁波在真空中也能传播

**解析** 导体只有通过迅速变化的电流(振荡电流)时,在它的周围才会产生电磁波,电磁波虽然看不见,摸不着,但它是客观存在的,电磁波可以向空间(包括真空)各个方向传播,所以选项BCD是对的。

**拓展** 下列说法中错误的是 ( )

A. 电磁波是一种信息运载工具 B. 飞机导航可以通过无线电波实现

C. 电磁波的速度小于光速 D. 我们生活的空间充满着电磁波

**解析** 电磁波是一种载体,是无线电通信技术中运载信号的基本工具,可以传递声音和图象的信息.飞机在空中飞行,随着飞行速度和高度的提高,飞机驾驶员是不能利用自己的眼睛来为飞机导航的.飞机要知道自己的位置和航行方向要听从地面通过无线电波来实现指挥,无线电波也是电磁波的一种,所以电磁波和光的速度相同.随着这几年无线电通讯的飞速发展,世界上有多少无线电发射台很难算清楚,因为每个人手中拿的移动电话就是一个小发射台,它们都向空中发射电磁波,故我们周围的空间充满着电磁波.只有C错.

**点拨** 这是一组考查电磁波的基础题,要求对电磁波的基本常识有清楚的了解.

**例2** 在雷电交加的天气里打开收音机,会听到“咔嚓”的声音,这是为什么?从听到咔嚓声到听到雷鸣若为3秒钟,那么打雷处有多远?

**解析** 雷电发生时,会发射电磁波,收音机接收电磁波后,经过机内的线路把电流传至喇叭,发出声音,因为电磁波的速度和光速相等,为 $3 \times 10^8$  m/s,而声音速度为340m/s,电磁波的传播速度太快,所用时间可以不考虑,这样打雷处的距离 $s = 340\text{m/s} \times 3\text{s} = 1020\text{m}$ .

**拓展** 汽车为什么会干扰电视,而拖拉机却不会?

**解析** 汽车和摩托车都装有汽油机,汽油机的燃料点火方式是点燃式——火花塞点燃,火花塞的工作原理是相当于把电池的正极和负极按一定时间间隔相触相离,在触点处就发出火花,于是反复通断的电路就不断发出电磁波,使电视受到干扰.而拖拉机的燃料点火方式是压燃式,不需用电,不能发出电磁波,也就不能干扰电视.

**点评** 这是两道有关实际生活中常遇的现象,同学们可根据所学知识进行解答,让他们感受到物理就在我们身边.

**例3** 上海人民广播电台发射的某种无线电波的频率为990kHz.它的波长等于多少m?中央人民广播电台发射的一种无线电波的频率是15.58MHz,它的波

长又是多少?

**解析** 因为不同频率的电磁波在真空(或空气)中的波速是相同的,都等于  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . 根据  $v = \lambda \times f$ , 得

上海台: 波长  $\lambda_1 = v/f_1 = 3 \times 10^8 \text{ m/s} / 9.8 \times 10^5 \text{ Hz} = 303 \text{ m}$ ;

中央台: 波长  $\lambda_2 = v/f_2 = 3 \times 10^8 \text{ m/s} / 15.58 \times 10^6 \text{ Hz} = 19.3 \text{ m}$

**拓展一** 由于激光有方向性好、能量在空中高度集中等特点,因此可用来测量月球与地球间的距离,已知从地面发出的激光束,经月球上反射器反射回地球,前后共经历了  $2.56 \text{ s}$ ,试根据上述数据计算月地距离.

**解析** 激光在空中传播速度为  $v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ,从地面发出的激光束到月球的时间  $t = 2.56 \text{ s} / 2 = 1.28 \text{ s}$

月地距离  $s = vt = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \times 1.28 \text{ s} = 3.84 \times 10^8 \text{ m}$ .

**拓展二** 频率为  $f$  的电磁波在真空中的传播速度是  $v$ , 波长为  $\lambda$ , 那么频率为  $2f$  的电磁波在真空中的传播速度和波长是 ( )

- A. 速度是  $2v$ , 波长是  $2\lambda$       B. 速度是  $2v$ , 波长是  $\lambda$   
C. 速度是  $v$ , 波长是  $\lambda/2$       D. 速度是  $v$ , 波长是  $2\lambda$

**解析** 答案为 C, 电磁波在真空中的传播速度是一定的, 由波速 = 波长  $\times$  频率可得结果.

**点评** 这是一组有关电磁波的计算题, 在计算中要知道公式: 传播速度 = 波长  $\times$  频率 即  $c = \lambda f$ . 并注意单位.

## 巩固练习

### 一、选择题

- 下列说法中正确的是 ( )
  - 波长越短的电磁波, 其传播速度越快
  - 频率越高的电磁波, 其传播速度越快
  - 电磁波在真空中不能传播
  - 电磁波的传播过程也是能量的传播过程
- “微波”是一种高频电磁振荡, “微波炉”就是利用高频电振荡使食品中的分子也产生振荡而发热. 现在医学上更使用“微波手术刀”进行外科手术, 其好处主要是能使开刀的血液迅速凝固而减少失血. 关于其作用原理的说法正确的是 ( )
  - 微波电流迅速中和血液胶粒所带电荷而凝聚





(2)发射器发射的是声波还是电磁波?为什么?

2.据报道“2003年1月27日晚上8时30分,辽宁本溪的孟庆年等4名自驾车摄影爱好者身陷长白山密林深处,此时的温度接近摄氏零下30度.在绝望中,他们想到了向“110”求救.4个人手机中只有一部“139”有信号,惟一有信号的“139”手机成了救命星,只有依靠其保持同救援人员的联络.……”,请根据电磁波知识回答.

(1)手机通讯使用的是长波、短波还是微波?

(2)有的手机有信号、有的手机没有信号,可能是什么原因?

3.要收到中央人民广播电台一中波的广播,要把收音机的调频指针调到频率为640kHz,则收到电磁波的波长是多少?

4.飞机失事后,为了分析事故原因,必须立即寻找黑匣子,而黑匣子在30天内能以37.5kHz的频率自动发出信号,人们就利用探测仪查这黑匣子发出的电磁波信号来确定黑匣子的位置.那么,你能知道黑匣子发出的电磁波的波长吗?

### 第三节 电视和移动通信

#### 重点精讲

##### 无线电广播信号的发射和接收

无线电广播信号的发射由广播电台完成.话筒把播音员的声音信号转换成电信号,然后用调制器把音频电信号加载到高频电磁波(载波)上,再通过天线发射到空中.信号的接收由收音机完成.收音机都有天线.老式收音机的天线很长,而且要架在室外很高的地方,以获得更强的电信号.现代收音机有很好的放大能力,天线可以隐藏在机壳内.收音机的天线接收到各种各样的电磁波.转动收音机调谐器的旋钮,可以从中选出特定频率的信号.收音机内的电子电路再把音频信号从中取出来,进行放大,送到扬声器里.扬声器把音频电信号转换成声音,我们就听到广播电台的节目了.

##### 电视的发射和接收

电视用电磁波传递图象信号和声音信号.声音信号的产生、传播和接收跟无线电广播的工作过程相似.图象信号的工作过程是:摄像机把图象变成电信号,发射机把电信号加载到频率很高的电磁波上,通过发射天线发射到空中.电视机的接收天线把这样的高频信号接收下来,通过电视机把图象信号取出并放大,由显

像管把它还原成图象。

### 移动电话

移动电话与固定电话的工作原理基本一样,只是声音信息不是由导线中的电流来传递,而是由空间的电磁波来传递。移动电话机既是无线电发射台又是无线电接收台,它跟其他用户的通话要靠较大的固定无线电台转接。这种固定的电台叫做基地台,跟电话交换机相连。城市中高大建筑物上常常可以看到移动通信基地台的天线。还有一种可以移动的电话,叫做无绳电话。无绳电话很像普通的电话机,只是主机和手机之间没有电话线相连。无绳电话的主机和手机上各有一个天线,它们通过无线电波来沟通。主机接在市话网上,相当于一个小型基地台。手机不能离主机太远,工作区域大约在几十米到几百米的范围内。

## 范例精解

**例1** 无线广播的中波段波长的范围是  $187\text{m}—560\text{m}$ , 为了避免临近电台的干扰,两个电台的频率范围至少相差  $10^4\text{Hz}$ , 则在此波段中最多容纳的电台数约为多少?

**解析**  $\lambda_1 = 187\text{m}$ ,  $\lambda_2 = 560\text{m}$ .

由  $f = c/\lambda$  可以得到:  $f_1 = 160.4 \times 10^4\text{Hz}$ ,  $f_2 = 53.6 \times 10^4\text{Hz}$ ,

中波段频率范围是:  $160.4 \times 10^4\text{Hz} - 53.6 \times 10^4\text{Hz}$ ,

此波段中能容纳的电台数为:

$$n = (160.4 \times 10^4\text{Hz} - 53.6 \times 10^4\text{Hz}) / 10^4\text{Hz} = 106$$

**例2** 请你根据超视距警戒雷达的特点,结合无线电各波段传播方式的特点,指出超视距警戒雷达所使用的是长波、短波、还是微波?

**解析** 长波适合表面波(地波)方式(绕地球表面传播),短波适合天波方式(在电离层和地面间反射),微波适合空间波(直线波)在视距范围内传播。所以超视距警戒雷达使用的电磁波应该是短波。

**拓展一** 为什么有的收音机收不到短波节目?

**解析** 空中充满了各种频率的电磁波,用收音机来接收,第一步叫调谐,它是由电容器和电感线圈来共同完成,但是电容和电感的大小决定了它们的调节范围即选台范围,所以它只能选一定范围内的电台节目。

**拓展二** 从最初的有线电话发展到无线电话是一大进步,为什么从无线电视回到了有线也为人们所欢迎呢?

**解析** 有线电视接收到的节目多、图象清晰稳定,为人们所欢迎.因为现在有许多电视台的节目通过卫星传送,现有的电视机不能直接接收(要有接收卫星传输信号的地面站),而有线电视台可以接收,另外有线台可以自办节目,其电信号不必通过电磁波传送而直接用电线传送.有线电视节目一般都有 20 套以上,深受欢迎.

**点评** 这是一组实际应用问题,也是同学们感兴趣的,同学们可以通过查阅课外资料从而获得更多的知识.

**例3** 以下说法中,正确的是 ( )

- A. 电视和录音机都能接收电磁波 B. 无线电广播一般不用长波  
C. 电视使用中波 D. kHz 表示千赫, MHz 表示兆赫

**解析** 录音机的工作原理是把磁带里包含有的磁信号还原为声音,与接收电磁波毫无关连;电磁波里的长波不用作无线电广播,只有中、短波才用作无线电广播;电视的传播使用微波而不是中波,在收音机里常有符号 kHz 和 MHz,它们分别代表千赫和兆赫,选 B).

**拓展** 下列说法中,正确的为 ( )

- A. 发射电磁波要使用振荡器、调谐器和天线  
B. 接收电磁波要使用天线、调谐器、检波器和喇叭  
C. 电磁波只能传播声音,不能传递图象  
D. 电磁波的传播速度为  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

**解析** 电磁波的发射,主要是把含有声音信号的电信号加到高频振荡电流上,这个过程叫做调制而不是调谐,调谐的通俗讲法就是选台,它只能发生在接收过程;电磁波中既可包含有声频信号也可包含有视频信号,它既能传播声音,也能传递图象,电视就是从电磁波中检出声音和图象;光就其本质来讲也属电磁波,所以电磁波的传播速度也为  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . 故选 B、D.

**例4** 简述“雷达”工作原理,并说明“雷达”是如何确定空中飞机位置的?

**解析** 雷达是利用电磁波来进行工作的.雷达先向空中发射电磁波,电磁波若遇到障碍如空中的飞机,电磁波将被反射回来,接收到反射回来的电磁波,就可以判定其大致的形状,再根据发射和接收到电磁波的时间差,就可以由计算机马上算出飞机所在方位.

**拓展一** 简述无线电广播的大致工作过程.

**解析** 话筒把播音员的声音信号转换成电信号,然后用调制器把音频电信号

加载到电磁波(载波)上,再经过广播电台的天线发射到空中;收音机的天线接收到各种各样的电磁波,转动收音机调谐器的旋钮从中选出特定频率的信号,再通过收音机内的电子电路把音频信号从中选出送入扬声器,将音频电信号转化为声音。

**拓展二** 请谈谈电视中的“频道”是怎么回事?

**解析** 频道就是预先设计好的频率,每一个频道都有固定的发射(接收)频率。新型的电视可以自动搜索频道使每一台节目都有最佳的效果。现在的电视发展到有 90 多个预选频道。

**拓展三** 简要谈谈移动电话的工作过程。

**解析** 无线电话既是无线电发射台又是接收台。通话时它用电磁波把信息发射到空中,同时它又从空中捕捉电磁波,得到对方讲话的信息。

**点评** 这是一组概念题,要求同学们认真阅读教材,重视教材。



## 巩固练习

### 一、选择题

1. 话筒的作用是 ( )
  - A. 把声音信号转换成音频电信号
  - B. 音频电信号转换成声音信号
  - C. 把电信号转换成电磁波
  - D. 无法确定
2. 下列说法正确的是 ( )
  - A. 载波发生器的作用是产生高频电磁波
  - B. 调制器的作用是把音频信号加到高频电磁波上
  - C. 广播电台天线的作用是把载有音频电信号的电磁波发射出去
  - D. 以上说法都正确
3. 下列说法错误的是 ( )
  - A. 收音机的天线的作用是发射电磁波
  - B. 收音机调谐器的作用是选出我们需要的某一频率的电磁波
  - C. 在将经过选择的频率很高的电信号送入扬声器之前,应该做的是从高频电信号中取出音频信号并放大
  - D. 扬声器的作用是把音频电信号转换成声音
4. 下列说法正确的是 ( )
  - A. 摄像机的作用是把图象变成电信号

- B. 发射机的作用是把图象信号和声音信号加载到频率很高的电磁波上  
 C. 发射天线的作用是把载有图象和声音的电信号发射到空中  
 D. 以上说法都不对
5. 收音机在晚上比在白天收到的电台多, 其原因是 ( )  
 A. 广播电台白天和晚上发射的电磁波所用的波段不同  
 B. 白天地面吸收电磁波, 晚上不吸收电磁波  
 C. 白天受太阳的干扰, 晚上不受干扰  
 D. 有些电磁波在白天靠地波传播, 不能传很远, 晚上靠电离层传播, 吸收不多, 能传播很远
6. 以下说法正确的是 ( )  
 A. 电视机接收天线的作用是把载有高频信号的电磁波从空中接收下来  
 B. 电视机接收机的作用是把声音信号和图象信号分别送入扬声器和显像管  
 C. 电视机显像管的作用是把图象信号还原成图象  
 D. 电视机扬声器的作用是把声音电信号还原成声音

## 二、填空题

- 接收电磁波需要的接收天线的作用是\_\_\_\_\_。
- 电视是通过无线电波传递 \_\_\_\_\_ 信号和 \_\_\_\_\_ 信号的。
- 移动电话和固定电话工作原理基本相同, 只是声音信号不是由导线中的电流来传递, 而是由空间的 \_\_\_\_\_ 来传递。
- 手持移动电话体积小, 发射功率不大; 它的天线也很简单, 灵敏度不高, 因此, 它和其他用户的通话要靠 \_\_\_\_\_ 来完成。
- 无绳电话的主机和手机之间是利用 \_\_\_\_\_ 来沟通的, 手机不能离主机太远, 否则信号会太弱, 效果很差。
- 不同的电视台使用不同的射频范围进行广播, 以免互相干扰, 这一个个不同的频率范围就叫 \_\_\_\_\_。

## 三、问答题

- 简述完成电视音频信号和视频信号的传送过程。
- 简述移动电话与固定电话工作原理的主要差别。
- 为什么移动电话要靠固定无线电台转播?
- 在无线电广播信号的发射过程中, 按顺序要经过的几个主要部件。
- 在无线电广播信号的接收过程中, 按顺序要经过的几个主要部件。



## 第四节 越来越宽的信息之路

### 重点精讲

#### 微波通信

微波的波长在  $10\text{m}$ — $1\text{km}$  之间,频率在  $30\text{MHz}$ — $3\times 10^5\text{MHz}$  之间.一条微波线路可以同时开通几千、几万路电话.但是微波的性质更接近光波,大致沿直线传播,不能沿地球表面绕射.因此,必须每隔  $50\text{km}$  左右就要建设一个微波中继站,把上一站传来的信号处理后,再发射到下一站去.而且,信号传递的距离越远,需要的中继站越多.

#### 卫星通信

通信卫星大多是相对地球“静止”的同步卫星.从地球上看起来好像悬挂在空中静止不动.同步通信卫星绕地球转动的周期跟地球自转的周期相同,所以叫做“同步”卫星.在地球的周围均匀地配置 3 颗同步通信卫星,就覆盖了几乎全部地球表面,可以实现全球通信.

#### 光纤通信

光是一种电磁波.与微波相比,光的频率更高.如果用光来通信,这条“高速公路”要比短波、微波的“公路”宽出百万倍、千万倍.不过,普通的光源夹杂了许多不同波长(频率)的光,难以用它携带信息.1960年,美国科学家梅曼制成了世界上第一台红宝石激光器,它能产生频率单一、方向高度集中的光——激光(Laser),这才使得用光进行通信的幻想得以实现.通信用的激光一般在特殊的管道——光导纤维(optical fiber)里传播.光从光导纤维的一端射入,在内壁上多次反射,从另一端射出,这样就把它携带的信息传到了远方.光导纤维是很细很细的玻璃丝,通常数条光纤一起敷上保护层,制成光缆,用来传递电视、电话等多种信息.由于光的频率很高,在一定时间内可以传输大量信息.

### 范例精解

**例1** 激光与普通光相比具有哪些优点.

**解析** 激光是一种特殊的光,能发出激光的材料,如红宝石的原子在受到激

发时辐射,并能被反复加强形成激光,它的特点是能量高度集中,所以和普通光相比具有如下优点:①单色性好.色光颜色很纯(色光的颜色由它的频率决定);②方向性好.激光由于强度大,发射出去的平行光几乎不分散,几千米外的光斑直径只有几厘米;③频率高.比无线电波中频率最高的微波频率还要高出1万至10万倍.所以它的信息量大,用于光纤通信可传输100亿门电话或1千万路的电视节目;④因为频率高并且能量集中,所以亮度十分的大,比太阳的光还要亮几百亿倍.

**拓展一** 简述什么是“光纤”.

**解析** 光纤就是光导纤维,它可以传导光,比头发还细,光纤由折射本领不同的玻璃制成内外两层.光线在内外两层交界处只会发生全反射而无折射,所以光线被封闭在内层由近及远地被传播.同时也把信息和能量由近及远地传播.

**拓展二** 谈谈激光光纤通讯的优点.

**解析** 优点主要有:①容量大(或说信息量大),成千上万的人同时打电话都不会因“占线”而互受影响;②因为全封闭在光纤内部,所以不受天气等外在因素的干扰;③保密性好,不用担心被窃听,自己也可以加密;④能量损失小,工作稳定,清晰度高.我国大城市间都有光缆联系,国际间也有海底光缆.

**拓展三** 光缆通信是当今世界上最先进的通信方式.1997年,我国首条海底光缆(上海崇明—横沙岛)铺设成功,如果该光缆在水下17m深处,则光缆外面的包裹材料至少能承受多少Pa的压强.(海水密度为 $1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $g = 10 \text{ N/kg}$ )

**解析** 光缆通信就是激光光纤通信,它是让带有信号的激光沿着光导纤维向前传播,它具有容量大,不受外界条件干扰,保密性好,能量损失小等优点.我国首条海底光缆在水下17m深处,它至少要承受的压强是

$$p = \rho gh = 1.03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ N/kg} \times 17 \text{ m} \approx 1.75 \times 10^5 \text{ Pa}$$

**例2** 简述同步通信卫星.

**解析** 所谓同步卫星即卫星的动转周期和地球的自转周期相同,地球自转周期是24小时,同步卫星的绕地球运转周期也是24小时,所以同步卫星总是定点在赤道正上方某一确定的高度上.

**拓展** 关于同步卫星,以下说法中正确的是 ( )

- A. 同步卫星的转动周期和地球的自转周期相同
- B. 同步卫星和月球一样每天绕地球一周
- C. 同步卫星固定在空中一直不动
- D. 同步通信卫星做为传播微波的中继站,地球上空只要有3颗就能覆盖全世界

**解析** 所谓地球同步卫星,即此卫星绕地球转动的周期与地球的自转周期相同,与地球同步转动,且在赤道正上方的某地.站在地球上观看(以地球本身为参



照物)它在空中的位置是固定不动的(离地面高度3万多千米),所以它可以代替微波中继站,全世界只要有三颗这样的卫星(当然位置要选定好)就可以满足全世界的需求,所以答案A和D正确。

## 巩固练习

### 一、选择题

- 对于微波通信,下列说法中正确的是 ( )
  - 月球是地球的卫星,可以在月球上建中继站,实现微波通信
  - 微波大致沿直线传播,而地球又是一个球体,其表面是一个球面,因而距发射台较远的地方必须有相当高的天线才能接收到微波信号,而且信号也比较微弱,因此每隔50km左右就要建设一个微波中继站
  - 微波的频率比中波、短波的低,因此它的波长更长一些,可以传递更多的信息
  - 在陆地上必须建造中继站,而在水面上可以不建造中继站
- 关于光纤通信,下列说法正确的是 ( )
  - 光纤通信中用的激光是由波长很长的光组成的多种波长的光
  - 用于通信的光必须是频率单一、方向高度集中的激光
  - 通常数条光纤一起敷上保护层便制成了光缆,光缆和电线一样是铜导线制成的
  - 不论用哪种光,都可以用来进行光纤通信
- 关于网络通信,下列说法中正确的是 ( )
  - 目前使用最频繁的网络通信形式是电子邮件
  - 电子邮件在目前只能传递文字,不能传递照片、语音或其他信息
  - 从网上只能收发电子邮件,查不到其他资料,因此上网是有局限性的
  - 上述说法都是错误的

### 二、填空题

- 作为载体的无线电波,频率越高,相同时间内传输的信息就越\_\_\_\_\_。
- 电信网络由\_\_\_\_\_通信、\_\_\_\_\_通信、\_\_\_\_\_通信等组成,因而因特网正是利用该通信线路,将分布于世界各地的计算机网络连接起来,实现在全球范围内信息的网络化高速共享。
- 微波的性质更接近光波,大致沿直线传播,不能沿地球表面。
- \_\_\_\_\_相对于地球是静止的,在微波通信中,我们就把通信卫星作为微波通信的\_\_\_\_\_。在地球的周围只要均匀地配置\_\_\_\_\_颗同步通信卫星,就几乎覆盖了全部地球表面,实现全球通信。



5. 用于实际通信\_\_\_\_\_ 一般是在光导纤维里传播的.
6. \_\_\_\_\_是很细很细的玻璃丝,通常,数条光纤一起敷上保护层,制成光缆,用来传递电话、电视等多种信息.
7. 目前使用最频繁的的网络通信形式是\_\_\_\_\_.
8. 因为光是频率很高的电磁波,因而光纤传输信息容量大,而且它的\_\_\_\_\_能力强,信号衰减小,适用于远距离传输.
9. 信息理论表明:作为载体的电磁波,频率越高,相同时间内传输的\_\_\_\_\_就越多.

### 三、问答题

1. 简述利用微波通信及建立微波中继站的主要原因.
2. 简述网络通信的优点.
3. 月球是地球的卫星,可以反射微波,为什么我们不利用它作为中继站?
4. 西藏阿里光缆通信工程在 2001 年 7 月 15 日正式开通,它标志全国最后一个地区不通光缆历史的结束.光缆建成后,新增长途线路 7560 条,可以开放话音、数据、图象、会议电视、有线电视、移动电话等各项通信业务.光缆是由什么制成的?
5. 某电子信箱的地址是“Min@ server. com. cn”,其中“Min”指的是什么,“server. com”指的是什么,“cn”指的是什么?
6. (第三届全国初中物理竞赛题)电视台把无线电信号传递到高空中的通信卫星上,卫星再把信号传到地面上其他地区,这样就实现了卫星电视转播.在调试过程中,电视台本身也需要接收卫星传回的信号,并和演播室用电缆传来的信号进行比较,这时发现,卫星传来的画面上,人物动作的变化总比电缆传来的画面上相应的变化发生得晚一些.(1)解释产生这种时间延迟的原因.(2)已知通信卫星的高度大约是 36000km,无线电信号传播的速度与光的速度相同,估算画面延迟的时间.

## 第九章测试题

### 一、选择题

1. 下列说法正确的是 ( )
  - A. 电磁波频率越高,传播速度越快
  - B. 电磁波频率越低,传播速度越快
  - C. 电磁波的速度与它的频率无关
  - D. 电磁波的速度只与它的波长有关
2. 下列说法不正确的是 ( )



- A. 电流每振荡 1 次, 电磁波向前传播的距离就表示它的波长  
 B. 电磁波的频率都是一样的  
 C. 电磁波的传播速度、频率及波长三者之间的关系为波速 = 波长 × 频率  
 D. 要想使无线电波传送得远, 主要的方法是加大发射功率
3. 一个雷达向一架轰炸机发射电磁波, 在  $2 \times 10^{-4}$  秒收到了反射回来的信号, 那么此时飞机有多远? ( )

- A.  $3 \times 10^4$  m                      B.  $6 \times 10^4$  m  
 C.  $1.5 \times 10^4$  m                  D.  $6 \times 10^5$  m

4. 从地面上看, 通信用的地球同步卫星是静止不动的。它运行一周所用的时间是 ( )

- A. 24 小时                          B. 23 小时 56 分  
 C. 24 小时 4 分                    D. 24 小时 56 分

(第十届全国初中物理竞赛题)

5. 下列观点错误的是 ( )

- A. 用无线电波传递声音讯号, 需要先把声音信号变为电信号加到电磁波上, 再把载有声音信号的电磁波向外界发射。  
 B. 在接收时, 需把加载在电磁波上的信号取出放大然后再通过喇叭还原为声音  
 C. “收音”的顺序是接收天线 → 调谐 → 检波 → 喇叭  
 D. 在波段上电视属于短波

6. 关于光纤通信和微波通信, 下列说法中正确的是 ( )

- A. 光纤通信是利用光的纤维做通信工具; 微波通信是利用微波做通信工具  
 B. 微波通信比光纤通信在相同的时间内传输的信息多得多  
 C. 光导纤维是利用金属导线制成的  
 D. 光纤通信是通信用的激光在光导纤维中传播; 微波通信是通信用的微波在真空或空气中传播

7. 看电视节目时, 如有汽车从附近驶过, 电视屏幕上会出现雪花点, 其原因是 ( )

- A. 汽车行驶的声波对电视机接收的电磁波发生干扰  
 B. 汽车行驶时的振动, 使电视机的某些元件发生振动从而使其性能发生变化  
 C. 汽车发动机的火花塞点火时产生的电磁波改变了电视机接收信号的频率  
 D. 汽车发动机中火花塞点火时产生的电磁波被电视机接收, 因而对正常的电视图象形成干扰

8. 下列通信工具不是利用电磁波传递信号的是 ( )

- A. 有线电话    B. 卫星电视    C. 无线电广播    D. 雷达通信

9. 下列应用激光的事例中, 错误的是 ( )
- A. 利用激光进行长距离精确测量 B. 利用激光进行通信  
C. 利用激光进行室内照明 D. 利用激光加工坚硬的材料

(第十届全国初中物理竞赛题)

10. 关于手持移动电话和无绳电话的说法中, 正确的是 ( )
- A. 手持移动电话与主机是通过无线电波来沟通的; 无绳电话与基地台也是通过无线电波来沟通的  
B. 手持移动电话与固定无线电台(基地台)是通过无线电波来沟通的; 无绳电话与主机也是通过无线电波来沟通的  
C. 手持移动电话与对方的手持移动电话是直接沟通的; 无绳电话则是间接沟通的  
D. 手持移动电话与对方的手持移动电话是间接沟通的; 无绳电话则是直接沟通的

## 二、填空题

1. 调制器的作用是\_\_\_\_\_。
2. 海湾战争危机, 中央电视台节目主持人水均益在伊拉克首都巴格达作电视现场报道, 通过卫星来进行传递节目, 我们在看电视时会发现, 中央电视台主持人和水均益之间在画面和声音上总有不同步的感觉, 其原因为\_\_\_\_\_。
3. 多国部队在海湾战争中使用电子干扰取得较好的效果具体地说就是对敌方发射与敌方电子设备\_\_\_\_\_的高强电磁波, 使对方的无线电通讯、导弹制导系统失灵, 并施放反射电磁波的箔条干扰片, 这些干扰片会反射雷达发出的电磁波, 在雷达显示屏上产生许多假目标, 致使对方大量对空导弹飞向目标, 却没有击落飞机。
4. 我们使用收音机来选择电台时, 常用旋动收音机上的某个旋钮, 这实际上是调节\_\_\_\_\_。
5. 在邮电通信大楼的顶部, 常可见到一些锅形天线且凹面斜向上方, 这种天线的作用是\_\_\_\_\_。

## 三、问答题

1. 生活中常常见到的微波炉就是用电磁波来加热食品的. 微波炉内有很强的电磁波, 因为这种波长很短, 所以叫做微波. 食物的分子在微波的作用下剧烈振动, 使得内能增加, 温度升高. 由于电磁波可以深入食物内部, 所以用微波炉烧饭时食物的内部和外部几乎同时变熟, 省时、省电. 食物中的水分子比其他分子更容易吸收微波的能量, 所以含水量高的食物在微波炉中温度上升更快. 如图 9-3 所示为该微波炉说明书上抄录下来的一部分数据. 阅读该表后, 回答下列问题:

(1)它的容积为多少？(2)它的耗电量为多少？(3)它的加热温度和加热时间的控制方式是人工控制还是程序控制？

|           |                       |      |
|-----------|-----------------------|------|
| 额定电压及额定频率 | 220V                  | 50Hz |
| 额定输入功率    | 微波: 1200W 烧烤: 1050W   |      |
| 微波输出功率    | 700W                  |      |
| 定时器       | 0~30 分钟 连续可调          |      |
| 外形尺寸      | 295mm × 458mm × 378mm |      |
| 内腔尺寸      | 206mm × 300mm × 284mm |      |
| 内腔容积      | 17L                   |      |

图 9-3

2. 由声音变成的电信号,它的频率跟声音的频率相同,在几十赫到几千赫之间,叫做音频(audio frequency)信号;由图象变成的电信号,它的频率在几赫到几兆赫之间,叫做视频(video frequency)信号。音频电流和视频电流在空间激发电磁波的能力都很差,需要把它们加载到具有更好的发射能力的电流上,才能发射到天空中,这种电流的频率更高,这种更高频率的电流叫做射频(radio-frequency)电流。

观看 VCD 时不需要把信号发射到天空,可以直接把音频信号和视频信号输入电视机,这时就要分别把 VCD 机送来的音频、视频信号接到电视机上标着 A、V 字母的插口上。

我们常听说某电视台利用某频道进行广播,这里说的频道是什么意思?原来,不同的电视台使用不同的射频范围进行广播,以免互相干扰;这一个个不同的频率范围就叫做频道。

|              |                |                |       |              |       |              |
|--------------|----------------|----------------|-------|--------------|-------|--------------|
| 频道号          | 1              | 2              | ..... | 6            | ..... | 68           |
| 频率范围/<br>MHz | 48.5 -<br>56.5 | 56.5 -<br>64.5 | ..... | 167 -<br>175 | ..... | 950 -<br>958 |

阅读以上资料回答:

- (1)什么叫频道?
- (2)计算 68 频道无线电波的波长范围为多少?
- (3)从计算结果可得出频道高低与波长长短的定性关系吗?

# 参考答案

## 第一章 声现象

### 第一节 声音的产生与传播

#### 一、选择题

1. C 2. C 3. A、C

4. C 在  $15^{\circ}\text{C}$  空气中,声音传播的速度为 340 米/秒,光在空气中传播的速度为  $3 \times 10^8$  米/秒,光的传播速度远大于声音的传播速度,光传 100 米需要的时间为  $t_1 = 0.33 \times 10^{-6}$  秒. 这个时间非常小,可以略去不计,认为在终点的计时员看到发令枪的烟火时刻,就是运动员起跑的时刻. 声音在空气中传播 100m 所需的时间为  $t_2 = \frac{100\text{m}}{340\text{m/s}} = 0.294\text{s}$ ,声音传播 100 米需要的时间比较大,不能略去. 如果位于 100 米终点的计时员听到发令枪声才开始计时,开始计时的时刻比运动员起跑时刻晚了 0.294 秒,记录时间比运动员的实际成绩少了 0.294 秒.

5. A、C 设钢轨长  $L$ ,则声音沿空气传播的时间  $t_1 = \frac{L}{v_1}$ ,声音沿钢轨传播的时间  $t_2 = \frac{L}{v_2}$ ,则  $t = t_1 - t_2 = \frac{L}{v_1} - \frac{L}{v_2} = \frac{L(v_2 - v_1)}{v_1 v_2}$ ,所以  $L = \frac{v_1 v_2}{(v_2 - v_1)} t$ ,故选项 A 对 B 错. 声音沿钢轨传播用的时间  $t_2 = \frac{L}{v_2} = \frac{v_1 v_2}{(v_2 - v_1)} t \cdot \frac{1}{v_2} = \frac{v_1 t}{(v_2 - v_1)}$ . 故选项 C 对, D 错.

6. A、D 岸上和水下都有传播声音的介质,所以只要声音足够大,就能直接交谈,声音传播与有无光无关. 故 B、C 均对. 月球表面没有空气等介质,无法直接对话,必须借助通讯设备. 而在超音速飞机上,由于飞机飞行的速度比声音传播还快,声音发出后落后于对方的飞机,两人无法听到对方发出的声音,故 A、D 错.

7. A 8. D

#### 二、填空题

1. 3 次, 0.1 秒 2. 1.7 3.  $\frac{v_2}{c-v_2}t, c > v_2$

#### 三、计算题

1. 设鱼群到捕鱼船的距离为  $s$ ,由捕鱼指挥船发出的超声波传到鱼群所需要的时间为  $t$ ,鱼船定向发出的超声波经 1.5s 返回,则  $t = \frac{1.5s}{2} = 0.75s$ ,声音在水中的传播速度为  $v = 1531\text{m/s}$ ,根据匀速运动的公式有  $s = vt = 1531\text{m/s} \times 0.75\text{s} =$

1148m 则鱼群到鱼船的距离为:1148m.

2. 根据火车鸣笛后  $t_1 = 6\text{s}$  车站上的人听到笛声, 火车再经过  $t_2 = 62\text{s}$  到达车站, 则鸣笛处到车站的路程为  $s = v_{\text{声}}t_1 = 340\text{m/s} \times 6\text{s} = 2040\text{m}$ . 而火车的速度  $v_{\text{车}} = \frac{s}{t_1 + t_2} = \frac{2040\text{m}}{6\text{s} + 62\text{s}} = 30\text{m/s}$ , 火车到达车站的路程  $s_2 = v_{\text{车}}t_2 = 1860\text{m}$ . 答: 站上工作人员听到笛声时, 列车距该站 1860m.

3. 这种装置是利用回声原理工作的. 把回声探测仪安装在海轮货舱的底部. 由舱底向海底发出声音, 传至海底, 再经海底反射到海面, 由舱底灵敏的回声接收器把回声记录下来, 准确地记下声音从发出到返回所经过的时间, 知道声音在海水中传播的速度, 那就容易算出海的深度. 并且要根据声音的反射, 还可以判断危险的冰山或暗礁在什么地方.

4. 月球和地球之间存在一个真空带, 声音是不能在真空中传播的, 因此月球上的爆炸声不可能传到地球上.

5. 距离  $s = 340 \text{ 米/秒} \times 8 \text{ 秒} = 2720 \text{ 米}$ . 雷声不断是因为声音在云层间传播, 不断被反射形成的.

## 第二节 我们是如何听到声音的

### 一、选择题

1. A 2. D 3. A 4. B 5. C

### 二、填空题

1. 鼓膜 听小骨 听觉神经 2. 头骨 颌骨 骨传导 3. 固体传声本领强, 用传声棒可以听到地下水管微弱的漏水声 4. 双耳效应

## 第三节 声音的特性

### 一、选择题

1. D 一般情况下, 有声源, 有良好的听觉器官而听不到声音, 问题可能来自三个方面: 一是声源振幅太小, 声音响度过小; 二是声音频率过高或过低, 不在人的听觉范围之内; 三是传播声音的介质. 由此分析, 以上三个方面均有可能.
2. B “歌太‘高’”表示的是歌曲的某句的音调高, “高歌”是放开嗓子唱, 响度大. 音色是声音本身能区别于别的声音的特征. 答案: 选 B
3. A 人的心动声传到体表又向四周传出, 响度很小, 使用听诊器可以减小声音的分散以增大响度.
4. A 5. B 6. B 7. D

### 二、填空题

1. 音色、音调 2. 音调、响度、音色 3. 频率, 频率 4. 人耳感觉声音的大小, 振幅, 距离发声体的远近

### 三、问答题

1. 因为放音时加快了声音的频率,而女子说话的声音频率比男子高,所以听起来象女子的声音.
2. 笛子发声是笛子内空气柱的振动发出的.向笛子里面吹气时,笛子里面空气柱发生振动.空气柱的振动是有一定频率的,变化手指在笛子上孔的位置,就会改变空气柱的长度,使它某些频率的振动最强,我们所听到的声音,由笛子振动的最强的频率决定.  
吹笛子时,不断改变手指按笛子上面的孔的位置,就可以让笛子发出高低不同的声音.如果把6个孔都按住,笛子里面的空气柱最长,振动时频率最低,声音的音调最低;依次放开按住各孔的手,就会逐渐缩短空气柱的长度,音调也就逐渐升高.  
各种弦乐器,如胡琴、吉他、提琴、古筝等,其音调高低是靠改变手指按压弦的位置来改变的.音调的高低由弦的振动部分的长短决定.
3. 因为不同的人声带不可能完全相同,发声时声带的紧张程度也不同,此外,鼻腔、胸腔、腹腔等对音色都有影响,因此,这就造成不同的人说话或唱歌时的千差万别,具有不同音色.
4. 当敲打瓶子时,瓶子和水都开始振动,同时也引起了瓶中空气的振动.由于瓶中装有不同质量的水,且瓶中空气柱的长度也不同,空气柱振动的频率也不同,因而可发出的声音的音调也不同.调整瓶中水的多少,从而可以调节空气柱振动的音调,再用来演奏,就可产生美妙的声音.

### 第四节 噪声的危害和控制

#### 一、选择题

1. B
2. A 人们用分贝来划分噪声的等级,0分贝不是指一点声音都没有,而是指人们能听到的最弱的声音——听觉的下限,并不是指没有声音,故A错.雪能吸收声音,所以显得格外寂静.所以B说法是正确的.噪声是由环保和物理两个角度考虑,与声源的振动频率无关.高速公路两旁放置的隔音板具有消声的作用.所以D说法正确.该答案是A
3. C 所考知识点是噪声的概念,从环保的角度看,凡是妨碍人们正常休息、学习、工作的声音,以及对人们要听的声音起干扰作用的声音,都属于噪声.因此A、B属于噪声,从物理的角度看,发声体做无规则的杂乱无章的振动发出的声音是噪声,因此D属于噪声.应选C.
4. C 手按住了鼓面,使鼓面停止振动,所以鼓声消失.使学生体会声音是由于物体振动而产生的这一事实.





## 二、填空题

1. 30~40, 90, 70, 50
2. 所考知识点是噪声的控制. 人们用声音来划分声音的等级, 30~40 分贝是较理想的安静环境, 超过 50 分贝就会影响睡眠和休息. 70 分贝以上会干扰说话, 影响工作效率. 长期生活在 90 分贝以上噪声环境, 人的身、心会受到严重的伤害.

## 三、问答题

1. 本题考察的知识是减弱噪声的途径, 无声手枪上加消音装置, 是从声源处, 传播过程中减少噪声. 无声手枪实际上是在手枪上加了一个消音装置, 把火药爆炸声控制在这个装置之内, 不向外传播出去, 使人们听不到噪声.

## 第五节 声音的利用

### 一、选择题

1. C
2. C
3. ABCD

### 二、填空题

1. 回声
2. 信息、能量
3. 回声定位
4. 使共鸣箱内空气也振动
5. 使分散的声音集中
6. 利用声音的反射加强声音

## 第一章测试题

### 一、选择题

1. C
2. C
3. A
4. B
5. C
6. D
7. D
8. A
9. B
10. A

### 二、填空题

1. 振动、真空
2. 噪声
3. 超声波、被障碍物反射回来的超声
4. 振动
5. 音调、音色
6. 液体可以传声
7. 振动、水
8. 气体、液体、固体、空气、耳朵
9. 海水

### 三、计算题

1. 声音在空气中传播 5m 所用时间为  $t = s_1/v_1 = 5\text{m}/(340\text{m/s}) = 1\text{s}/68$ . 在这个时间内, 子弹通过的距离为  $s_2 = v_2 t = 680\text{m/s} \times 1\text{s}/68 = 10\text{m}$ .
2. 由于光与声音是同时开始传播的, 光传播的时间为  $t_c = \frac{s}{v_c} = \frac{14\text{km}}{3 \times 10^5 \text{km/s}} \approx 4.7 \times 10^{-5}\text{s}$ , 即光传播得非常快, 可以忽略光从一只船传播到另一只船的时间. 测量者看到火光后 10s 听到钟声, 可以认为这就是声音在水中从一只船到另一只船经过的时间, 已知两船相距 14km, 声音在水中匀速传播, 则有  $v = \frac{s}{t} = \frac{14000\text{m}}{10\text{s}} = 1400\text{m/s}$ . 答案: 测得水中声速是 1400m/s.
3. 回声是由于声音在空气传播中遇到高大障碍物发生反射形成的. 两次回声的时

间间隔相差 4s,就说明此人站立处距离较远的高山比距较近的高山要多

$$\Delta s = v\Delta t = 340\text{m/s} \times 2\text{s} = 680\text{m} \text{ 的距离,}$$

所以此人站立发声处距离较近的高山距离为

$$s_1 = (s - \Delta s) / 2 = (1000\text{m} - 680\text{m}) / 2 = 160\text{m}$$

此人站立发声处距离较远处的高山距离为

$$s_2 = s - s_1 = 1000\text{m} - 160\text{m} = 840\text{m}.$$

本题答案是 160m, 840m.

## 第二章 光现象

### 第一节 光的传播 颜色

#### 一、选择题

1. B 2. B 3. A 4. D 5. B 6. C 7. B 8. D 9. ABC

#### 二、填空题

1. 沿直线 2. 红、绿、蓝、白、红、黄、蓝、白

3. 圆形的, 小孔成像, 光在同种介质中沿直线传播

4. 红色, 不透明体的颜色决定了它的反射光的颜色, 黑色, 红纸不反射绿光, 没有光反射, 因此是黑色

5. 无影灯的发光面积很大, 来自各个方向的光线虽然沿着直线传播, 但能够照射到灯下的人或物的各个部位, 使之不产生本影, 所以无影灯不会留下被照人与被照物的影子

6. 折射, 白, 蓝 7. 反射, 白, 黑, 红

8. 2.5 米, 不变

#### 三、计算题

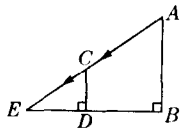
1. 1.27 秒;  $t = \frac{s}{c} = \frac{3.8 \times 10^5 \times 10^3}{3 \times 10^8} = 1.27\text{s}.$

2. 声音的传播速度  $v = 340\text{m/s}$ , 光传播速度为  $c = 3 \times 10^8\text{m/s}$ , 人看到飞机所需时间为  $t_1 = \frac{s}{c} = \frac{1500}{3 \times 10^8} = 5 \times 10^{-6}\text{s}$ , 人听到声音的时间为  $t_2 = \frac{s}{v} = \frac{1500\text{m}}{340\text{m/s}} \approx$

4.41s,  $\therefore t_1 \ll t_2$ , 所以看到该处的飞机和听到飞机在该处轰鸣的时间差是 4.4s.

3. 因光沿直线传播, 所以灯柱、人和人影构成如图所示的几何形状, AB 为路灯, CD 为人, DE 为影长, 由图可知:

$$\text{Rt}\triangle ABE \sim \text{Rt}\triangle CDE, \therefore \frac{AB}{CD} = \frac{BE}{DE}.$$



第 3 题图

$$\text{即 } AB = \frac{BE}{DE} \cdot CD = \frac{(2+4)}{2} \times 1.6\text{m} = 4.8\text{m}.$$

## 第二节 光的反射

### 一、选择题

1. C 2. A 3. A 4. B 5. C 6. B

### 二、填空题

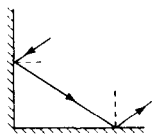
1. 镜面反射、漫反射, 漫 2. 减小,  $45^\circ$ ,  $70^\circ$

3. 是原来的入射光线, 可逆

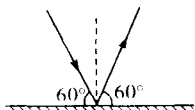
4.  $0^\circ$ , 与入射光线重合并相反,  $45^\circ$ ,  $45^\circ$

### 三、作图题

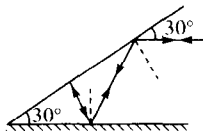
1. 答案:



甲



乙



丙

第1题图

## 第三节 平面镜

### 一、选择题

1. A、C 2. A 3. C 4. C 5. A 6. B

7. D 根据平面镜成像规律, 像和物大小相等, 并且像和物到镜面的距离始终相等. 答案为 D.

### 二、填空题

1.  $30^\circ$  2. 凹面镜 凸面镜 3. 实 虚 4. 焦点 汽车的前灯 太阳灶

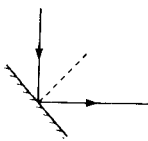
5. 1 米/秒 2 米/秒 6.  $75^\circ$  7. 3 无数个

8. 凸面镜 凸面镜对光有发散作用, 根据光路可逆性, 对后面的观察范围更广, 平面镜不改变光路, 可视范围与凸面镜相比要小一些, 所以观后镜用凸面镜而不用平面镜

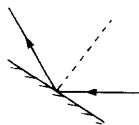
9.  $3.84 \times 10^8$  3.  $84 \times 10^8$  10. 10—80 11. 物体表面发生漫反射

### 三、作图题

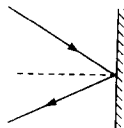
1. 答案: 如图所示



甲



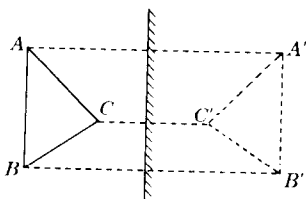
乙



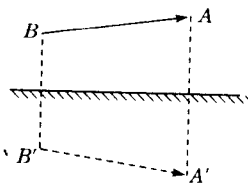
丙

第1题图

2. 如图所示



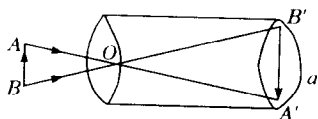
甲



乙

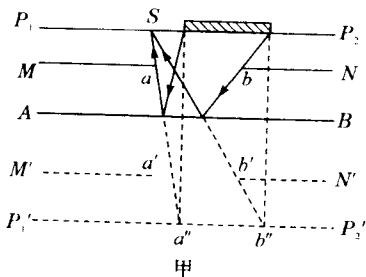
第2题图

3. 如图所示

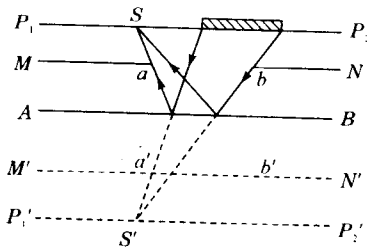


第3题图

4. 如图所示



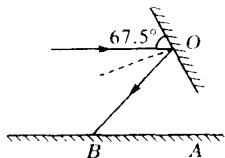
甲



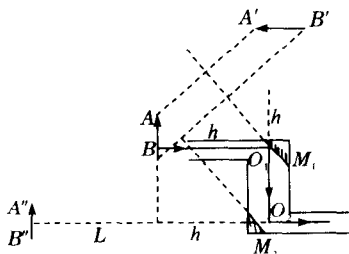
乙

第4题图

5. 如图所示镜子应绕  $O$  点顺时针转动  $22.5^\circ$ , 使光线方向改变  $45^\circ$ .



第5题图



第6题图

6. 如图所示,人从潜望镜中看到  $AB$  的像  $A'B'$  距物体  $AB$  的水平距离是  $L$ 。

#### 四、计算题

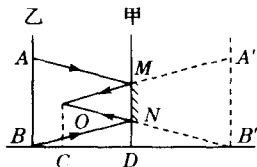
1. 解: 如图所示,乙墙的像与乙墙相对平面镜  $MN$  对称,人眼所看到的乙墙的范围,即乙墙发出的光经平面镜反射能射入人的眼睛的那部分,这部分的高度为  $AB$ ,在镜中的像为  $A'B'$ ,由几何关系可知

$$\frac{A'B'}{MN} = \frac{6}{2} = 3$$

$$\therefore A'B' = 3 \times 0.8 = 2.4(\text{m})$$

$$\text{又在 } \triangle B'OC \text{ 与 } \triangle B'ND \text{ 中, } \frac{ND}{OC} = \frac{B'D}{B'C}$$

$$\therefore ND = \frac{B'D}{B'C} \cdot OC = \frac{4}{6} \times 1.65 = 1.1(\text{m}).$$



第1题图

### 第四节 光的折射

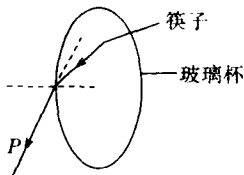
#### 一、选择题

1. D

2. AC B 如果光垂直入射,光的传播方向不变. C 无论是面镜还是透镜,正立的都是虚像,倒立的是实像. D 中所指镜没有明确,凹面镜物体在大于一倍焦距时,成倒立的实像,此时物像同侧;凸透镜当物距大于一倍焦距时,在异侧成倒立的像.

3. B 4. A 5. C 6. D

7. D 如图所示,首先当玻璃杯中装了水,人从俯视图  $P$  点沿水平方向看过去,这时杯子和水相当于一个凸透镜,筷子在它的焦点以内,应得到放大的虚像,虚像的位置应在射入人眼的折射光线的反向延长线的交点上,位于筷子的左边.

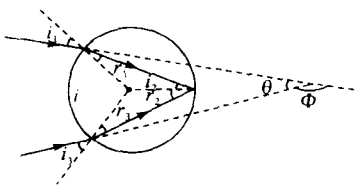


第7题图

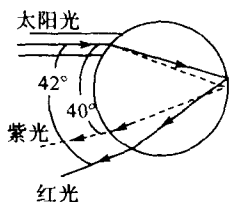
8. B 9. B

## 二、填空题

1. 变短 折射 2. 水面 折射 3. 大于, 增大, 增大 4. 不变 增大 增大  
5. 光的折射 6. 光的折射



甲

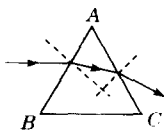


乙

第 7 题图

7. 红色 背 折射 由于雨后有大量小水滴悬浮在空中, 太阳光投射到小水滴上, 产生了色散, 我们考察其中的一条光线, 这条光线在水滴的前表面处产生折射, 再在后表面处部分反射, 最后在水滴的前表面折射射出, 由于不同颜色的光在水中折射率不同, 在水滴的前后表面发生折射时会产生色散. 如图甲所示. 尽管从每一水滴上出射的光线中各种色光都有, 但在某一位置的观察者从一个水滴上只能看到一种颜色的光, 如图乙所示, 观察者从一个水滴上看到紫光, 则从同一水滴上出射的红光不能进入人的眼睛, 可能射到他的脚上. 从较高位置的水滴上能看到红光, 雨后天空悬浮着大量的水滴, 设想太阳光平行于地平线射入, 你站在地上观察虹的现象会看到: 红光在最外侧, 紫光在最内侧.

8.  $BC$  会聚 发散 如图所示, 是一束光通过玻璃两次折射后, 折射光将偏向厚度大的区域, 而凸透镜是中间厚, 边缘薄, 凹透镜是中间薄边缘厚. 因此光通过凸透镜后将向中间偏折, 即具有会聚作用, 而光通过凹透镜后向后边缘偏折, 即具有发散作用.



第 8 题图

9.  $100^\circ \sim 140^\circ$

## 第五节 看不见的光

### 一、选择题

1. B 2. B 3. C 4. B、C 5. C

### 二、填空题

1. 红色 紫外线 2. 发光

## 第二章测试题

### 一、选择题

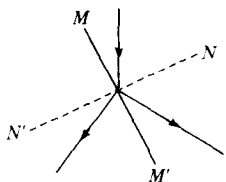
1. A    2. D    3. B    4. B    5. B    6. D    7. A    8. A    9. D    10. B    11. C    12. B

### 二、填空题

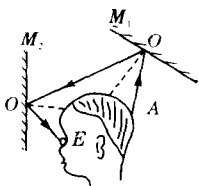
1. 能. 要想看到彩虹, 有三个必要条件(1)背对太阳;(2)顺着太阳的方向看;(3)空中必须有水雾. 如果这些条件存在, 彩虹就会出现. 光线穿过水雾会发生折射, 白光被分解为各种单色光. 当这些光到水雾的边缘时, 一些光线被反射了, 但它们最终穿过水雾时, 我们就观察到了彩虹. 具体方法是: 将你的水壶充满水, 在一个太阳明媚的日子里站在室外, 背着太阳, 将水壶举在面前, 向空中持续地喷水雾. 当水雾适当时, 就能看到彩虹.
2. 利用凸镜对光线的发散作用和光路可逆原理, 凸透镜对物体成正立、缩小、虚像的特点, 使看到的像比实物小, 观察范围更大, 从而保证行车安全.
3. 是利用凹镜能把放在焦点上的光源发出的光经反射后为平行光射出的性质做成的.
4. 3    5. 2    6.  $S_3$     7. 7:50    8. 平面镜, 显微镜, 凹面镜.

### 三、作图题

1. 答案如图所示.



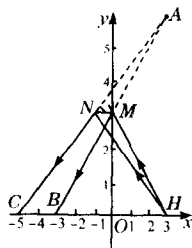
第 1 题图



第 2 题图

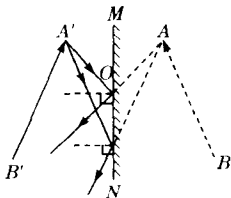
2. 答案如图所示.

3. 见图以人眼为光源找出镜中的像 A, 过 A 向镜边缘作直线交  $x$  轴于 B、C 点, 补画出入射线 HM、HN, 根据光路可逆, 则 B、C 范围即人眼可视 H 点像的范围. 答案应是 -3 至 -5 区间.



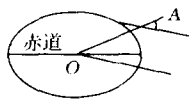
第 3 题图

4. 利用平面镜成像特点作图, 如图所示, 然后利用相同的方法作出 B 点在平面镜中所成的像 B', 然后连接 A', B' 即可. 注: 虚象要用虚线画, 别忘了给像标上箭头.

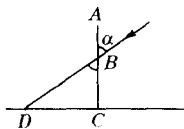


第4题图

四、计算题



甲



乙

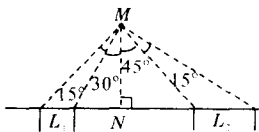
第1题图

1. 如图甲所示,  $OA$  为过北京地区的由地心引出的半径, 按题意知北京地区的阳光此时与  $OA$  的夹角  $\alpha$  等于  $63.5^\circ$ . 又由图乙来看, 若  $BC$  为  $1\text{m}$  长的直杆, 其影长为  $DC$ , 而  $DC$  比  $BC$  为角  $\alpha$  的正切. 在三角形  $BCD$  中,  $DC$  为影长  $DC = BC \times \tan\alpha = 1\text{m} \times \tan 63.5^\circ = 2\text{m}$

2. 根据题意分析可知符合题意的小车运动速度有两种

可能. 在  $\Delta t$  内, 光束转过角度  $\Delta\phi = \frac{\Delta t}{T} = \frac{2.5}{60} \times 360^\circ = 15^\circ$ , 如图所示.

第一种可能性为光束照射到小车时, 小车正接近  $N$  点,  $\Delta t$  内光束与  $MN$  的夹角从  $45^\circ$  变为  $30^\circ$ , 小



第2题图

车走过距离  $L_1$ , 速度应为  $v_1 = \frac{L_1}{\Delta t}$ ,  $L_1 = d(\tan 45^\circ - \tan 30^\circ)$ , 则  $v_1 = 1.7\text{m/s}$ .

第二种可能性为光束照到小车时, 小车正在远离  $N$  点,  $\Delta t$  内光束与  $MN$  的夹角从  $45^\circ$  变为  $60^\circ$ , 小车走过距离  $L_2$ , 速度  $v_2 = \frac{L_2}{\Delta t}$ ,  $L_2 = d(\tan 60^\circ - \tan 45^\circ)$ , 则  $v_2 = 2.9\text{m/s}$ .

3. 光屏  $C$  上本影恰好消失的示意图如图乙所示, 设  $A$  的直径为  $D$ ,  $B$  的直径为  $d$ , 由图中相似三角形得

$$\frac{D}{d} = \frac{200 + L'}{L'}, L' = 200\text{cm}, \text{当 } C \text{ 离 } B \text{ 200cm 时, 屏上的本影正好消失.}$$

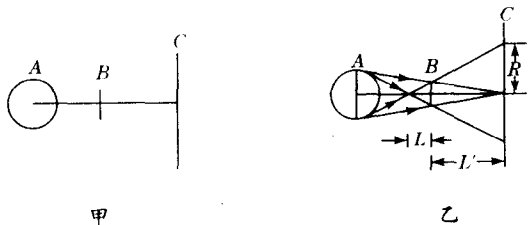
设屏上半影的半径为  $R$ , 由图中相似三角形对应边成比例



$$\frac{D}{d} = \frac{200 - L}{L} \quad (1)$$

$$\frac{2R}{d} = \frac{L + L'}{L} \quad (2)$$

解(1)(2)两式得  $R = 10\text{cm}$ . 屏上半影的半径为  $10\text{cm}$ .



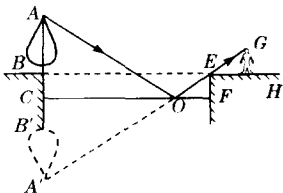
第 3 题图

4. 先根据题意画出光路图. 如图所示, 然后运用几何知识来求解. 可连接  $BE$ , 作一条辅助线. 因为  $BE = CF$ , 所以求出  $BE$  即求出河宽.

$$\because \triangle A'BE \sim \triangle GHE, \therefore \frac{BE}{HE} = \frac{A'B}{GH}$$

$$\text{其中 } A'B = A'B' + B'B = 4.5\text{m} + 0.75\text{m} \times 2 = 6\text{m}$$

$$BE = \frac{A'B}{GH} \cdot HE = \frac{6\text{m}}{1.5\text{m}} \times 3\text{m} = 12\text{m}, \text{ 所以河宽为 } 12\text{m}.$$



第 4 题图

## 第三章 透镜及其应用

### 第一节 透镜

一、选择题

1. D 2. A 3. B 4. D 5. A、C 6. D 7. A 8. C

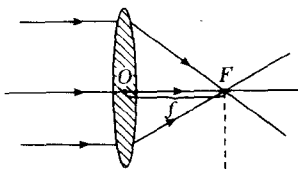
二、填空题

1. 主光轴 光心 2. 放大 放大镜 3. 缩小的实 物距大于两倍焦距

4. 15 20 5. 乙 2

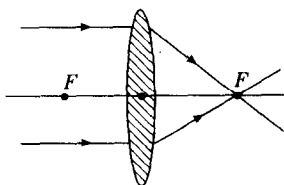
### 三、作图题

1. 如图所示

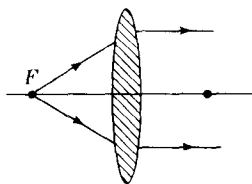


第 1 题图

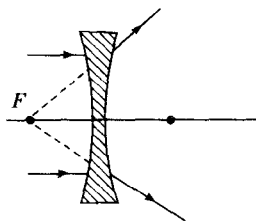
2. 如图所示



甲



乙



丙

第 2 题图

## 第二节 生活中的透镜

### 一、选择题

1. A、C 2. C 3. B 4. C 5. D 6. C

### 二、填空题

1. 14 厘米  $>L>7$  厘米 2. 放大 实 3. 短 焦点 正立 放大 虚 4. (1) 缩小倒立的实 (2) 放大倒立的实像或放大正立的虚像 (3) 大于  $2f$  (4) 大于  $2f$  (5) 大于  $f$  (6) 小于  $f$  5. 凸透镜 倒立的实像 6. 凸 凹 凹 7. 倒立 缩小 实 8. 稍大于 倒

### 第三节 凸透镜成像规律

#### 一、选择题

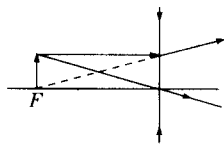
- 1.C 2.B 3.C 4.A 5.D 6.B 7.D 8.C 9.A 10.D 11.B 12.D

#### 二、填空题

1. (1)凸透镜 光屏 同一高度 成在光屏中心 (2)10 (3) $f \sim 2f$ 之间 缩小 倒立 实 (4) $2f$ 以外 放大 倒立 实 上升 (5)没有像 正立 放大 虚  
2. 15 20 3. 放大镜 虚 虚

#### 三、简答题

1. 通过“猫眼”可以看到一个正立、缩小的虚像，凸面镜和凹透镜的成像情况相似，都能成正立、缩小的虚像，但凸面镜是根据光的反射制成，凹透镜才是根据光的折射而成像，光线能够透过镜子，由此可知“猫眼”是个凹透镜，但圆玻璃做成的“猫眼”不是一个对称的凹透镜，所以，从门外看不清室内的人物。(如图所示)

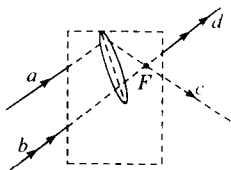


第1题图

2. 蜡烛、透镜、光屏不在同一高度，应调整透镜和光屏的高度，使它们的中心和烛焰中心大致处于同一高度。

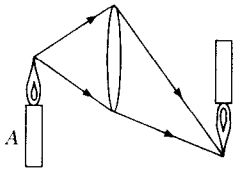
#### 四、作图题

1.  $b$ 、 $d$  在一条直线上，传播方向没改变，这是一条过光心的直线； $a$  的折射光线过焦点，那么  $a$  平行于主轴； $a \parallel b$  且  $a$  平行于主轴，则  $b$  与主轴平行且过光心，所以  $b$  与主轴重合，那么  $bd$  即为光轴， $c$  与主轴  $bd$  的交点  $F$  即为焦点，过  $a$ 、 $c$  交点作垂直于  $bd$  的透镜即为所求。如图所示。



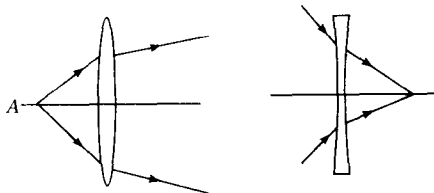
第1题图

2. 如图所示。



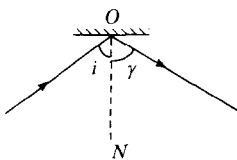
第2题图

3. 如图所示。(提示：折射光线靠拢主轴称为会聚作用，折射光线偏离主轴称为发散作用)。



第3题图

4. 分析1 平面镜可使光线发生如图中所示的偏折.

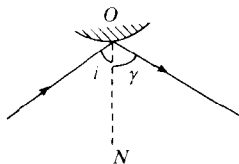


甲

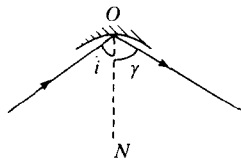
解法1 作出法线  $ON$ , 并使  $\angle r = \angle i$ .

分析2 球面镜也可使光线发生如此偏折.

解法2 如图乙、图丙所示.



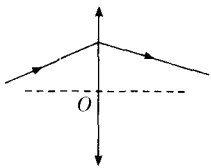
乙



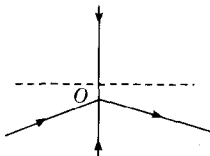
丙

分析3 透镜同样可以使光线发生偏折.

解法3 如图丁和图戊

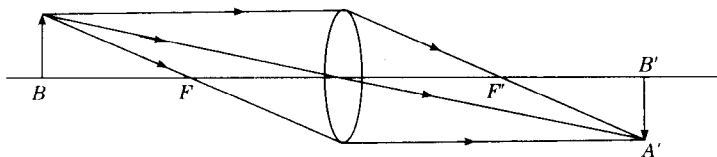


丁



戊

5. 如图所示.



第 5 题图

### 第四节 眼睛和眼镜

一、选择题

1. A 2. B、C 3. C

二、填空题

1. 晶状体 2. 晶状体的形状  
3. 薄,弱,短,后 4. 放松,薄,收缩,厚,大

### 第五节 显微镜和望远镜

1. A、C 2. A、C 3. A 4. B 5. C 6. B

### 第三章测试题

一、选择题

1. B 2. C 3. A 4. D 5. A 6. A 7. C 8. C 9. B、D

二、填空题

1.

| 物距 $u$ 与焦距 $f$ | 像的情况  |       |       | 应用  | 像距 $v$ 与焦距 $f$ |
|----------------|-------|-------|-------|-----|----------------|
|                | 倒立或正立 | 放大或缩小 | 实像或虚像 |     |                |
| $u > 2f$       | 倒立    | 缩小    | 实像    | 照相机 | $f < v < 2f$   |
| $f < u < 2f$   | 倒立    | 放大    | 实像    | 幻灯机 | $v > 2f$       |
| $u < f$        | 正立    | 放大    | 虚像    | 放大镜 |                |

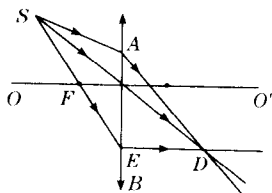
2. 远 近 25

3.  $f_1 > f_2 > f_3$

4. 平面镜 凸透镜 凸面镜

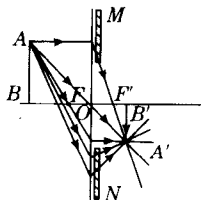
#### 四、作图题

1. 如图所示



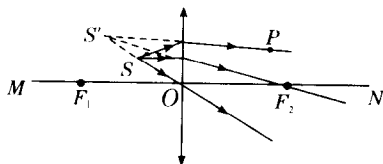
第 1 题图

2. 如图所示



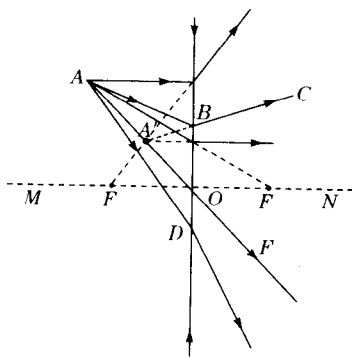
第 2 题图

3. 如图所示



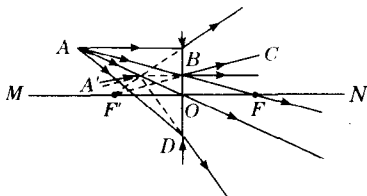
第 3 题图

4. 如图所示



第 4 题图

5. 如图所示



第5题图

## 第四章 物态变化

### 第一节 温度计

#### 一、选择题

1. A、D 在标准大气压下沸水温度为  $100^{\circ}\text{C}$ ，所以通常情况下选取的温度计的最大值只能大于  $100^{\circ}\text{C}$ ，不能小于  $100^{\circ}\text{C}$ 。选项 A 正确。根据温度计的正确使用方法，温度计不能接触容器，不能拿出来读数，更不能用来作搅拌器，所以 B、C 说法错误。正确的选项为 A、D。
2. A 体温计内液柱不能自行收缩回玻璃泡中，体温计显示的示数均为所测的最高温度。患者发高烧，体温为  $39^{\circ}\text{C}$ ，此温度计玻璃泡中水银继续膨胀使示数变为  $39^{\circ}\text{C}$ ；家属体温正常，玻璃泡内水银收缩时，在缩口处形成一段短暂真空，其玻璃管内水银柱仍保留在  $38^{\circ}\text{C}$  位置。故 A 正确。
3. D 摄氏温度是这样规定的：把冰水混合物的温度规定为  $0^{\circ}\text{C}$ ，把 1 标准大气压下沸水的温度规定为  $100^{\circ}\text{C}$ ，它们之间分成 100 等份，每一等份是摄氏温度的一个单位，叫做 1 摄氏度，因此  $-10^{\circ}\text{C}$  就是零下 10 摄氏度。A、B、C 均是正确的。 $0^{\circ}\text{C}$  是冰水混合物的温度，不是没有温度，所以 D 是不正确的。

注意：学习“大气压强”后应知道：一切液体的沸点都随压强的变化而变化。

4. A、D 5. D 6. A 7. B、C

#### 二、填空题

1. 全部没入，稳定，留在被测液体中，相平 2. 吸热、低、少
3. 冷热程度，热胀冷缩 4. 冰水混合物，沸水，1 摄氏度 5. B A C G D E F
6. 实验室内用的“红色”温度计内盛的是染红了的煤油，染成红色是为了便于观察刻度。由于实验时温度差异较大，要求量程在  $-5^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$ ，故每小格只需准确到  $1^{\circ}\text{C}$  即可。体温计内盛的是水银，由于人的体温变化范围小，温度稍有变化就会引起人体的生理反应，故要求较精确地测体温，所以体温计量程为  $35^{\circ}\text{C} \sim 42^{\circ}\text{C}$ ，每小格为  $0.1^{\circ}\text{C}$ 。



评注:温度计的准确程度由最小刻度决定,测温度时应根据实际需要选择量程和最小刻度合适的温度计.

### 三、计算题

$$1. t = \frac{100^{\circ}\text{C}}{218\text{mm} - 18\text{mm}} \times (126\text{mm} - 18\text{mm}) - 54^{\circ}\text{C}.$$

2. 题中暗含两个温度值:  $0^{\circ}\text{C}$  和  $100^{\circ}\text{C}$ , 由此可算出每个标度表示几摄氏度, 然后算出温度计的最高和最低的标度值, 它们之间的所有值构成量度范围.

由题知在 20 标度处是  $0^{\circ}\text{C}$ , 在 70 标度处是  $100^{\circ}\text{C}$ .

$0-100^{\circ}\text{C}$  之间分 50 小格, 则每标度表示的温度值为  $2^{\circ}\text{C}$ .

最高温度:  $t_1 = (110 - 20) \times 2^{\circ}\text{C} = 180^{\circ}\text{C}$

最低温度:  $t_2 = (0 - 20) \times 2^{\circ}\text{C} = -40^{\circ}\text{C}$ ;

故此温度计的量度范围是:  $-40^{\circ}\text{C} \sim 180^{\circ}\text{C}$ .

## 第二节 熔化和凝固

### 一、选择题

1. D

2. D 物质有三种状态: 固态、液态和气态. 而固态物质又分为晶体与非晶体两大类. 晶体和非晶体的一个主要区别, 就是晶体都有一定的熔化温度, 叫做熔点. 非晶体没有熔点, 由于冰和铁有熔点, 而玻璃、松香、沥青都没有熔点, 故 C 是错误的, 而 D 正确. 晶体熔化过程中有两个特点: 一是需要继续吸热, 二是在熔化过程中温度保持不变. A、B 选项中, 物体吸收热量, 有可能是升温过程和熔化过程; 升温时, 温度一定升高; 还可能是熔化过程, 而熔化时温度始终不变. 由于条件不足, 无法判断温度是否变化, 故 A、B 均是错误的.

3. A、C 4. B 5. B 6. C

### 二、填空题

1. 温度, 吸热, 放, 下降 2. 熔化温度, 熔点, 吸, 放;

3. 冰这种晶体, 在加大压强时, 熔点降低, 即低于  $0^{\circ}\text{C}$  便可熔化. 而雪实际上就是小冰晶, 当脚踩在雪上, 就加大了雪受的压强, 雪的熔点就降低, 有的雪就熔化成水, 当抬脚时, 雪受的压强减小, 熔化的水有一部分会重新凝固成冰, 就“粘”在“鞋底”上, 这样重复多次, 鞋底便会“粘”上较厚的一层雪.

## 第三节 汽化和液化

### 一、选择题

1. C 2. A、C、D 3. C 4. C 5. B 6. C

7. C 此题考查的是不同的液体沸点不同, 训练利用所学知识解释生活现象的能力. 在烤制面制品时可发现, 随着温度的升高, 面制食品由发黄逐渐变焦, 而面



制的食品放在水中煮却不会发黄变焦,这说明水的沸点比油的沸点低,不能说成油的炸制性能好和传热本领强.由于液体在沸腾时温度保持不变,所以选项D叙述的现象也不存在.综上所述答案C正确.

8. D 9. B

## 二、填空题

1. 汽化,吸热 2. 温度,表面积,空气流动 3. 降低,升高
4. 放,降低温度,压缩体积 5. 蒸发,渗漏
6. 盖上锅盖后锅内气压增大,使沸点升高
7. 要加快液体的蒸发,可以提高液体的温度,增大液体的表面积和加快液体表面上空气流动.游泳后从河上上来的人,被风一吹,使人体周围空气流动速度加快,加快了人体表面水的蒸发速度;水在蒸发过程中要从人身上吸热,人就更感凉爽.晒粮食时放在向阳处是因为向阳处的温度高,摊开粮食可以增大表面积.

## 第四节 升华和凝华

### 一、选择题

1. D 2. B 3. D

### 二、填空题

1. 升华,吸 2. 凝华,放 3. 升华,液化 4. 凝固,放; 5. 升华,吸.

## 第四章测试题

### 一、选择题

1. A 2. C 3. A 4. B 5. A

6. C、D 加入牛奶杯中的冰块越来越小,是熔化现象.冬天的早上房顶上出现霜是水蒸气遇冷凝华成小冰晶而成的.用久了的灯泡钨丝变细了,是因为灯泡长期发光时金属钨升华成钨气体,因此灯丝才会变细.冬天,室外冰冻的衣服会晾干,是因为冬天室外温度都在 $0^{\circ}\text{C}$ 以下,衣服上的冰块不会熔化,但是,如果在阳光下,冰块会吸热直接变成水蒸气跑掉使衣服变干,这也是升华现象.正确的选C、D.
7. A 烧开水时,从气泡中跑出的 $100^{\circ}\text{C}$ 的水蒸气遇到冷空气后便放热液化成小水珠,即是“白气”.夏天的湿衣服中的水蒸气蒸发后,衣服就晾干了.冬天早晨看到江边的树挂,是空中水蒸气突然遇冷放热,直接凝华成小冰晶附在树枝上形成的.雪融化成水,是由固态变成液态的过程,是熔化现象.

8. A、B、D 9. A、D 10. B 11. B、C、D 12. A、D

### 二、填空题

1. 汽化,气泡,水蒸气,停止
2. (1)每一格代表 $2^{\circ}\text{C}$ ; (2)量程为 $-20^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ ; (3)为 $180^{\circ}\text{C}$ .



3. 电热丝发热,电风扇把热风吹到手上,使水的温度升高,水表面的空气流动加快,使手上的水分很快蒸发掉.
4. 水烧开时看见冒“白气”,是由于炽热的水蒸气遇到冷空气而凝结成雾状的小水珠.打开电冰箱的门时看见冒的“白气”,是由于冰箱的门打开时使周围的空气温度降低,空气中的水蒸气遇冷而凝结成雾状的小水珠.尽管它们形成的条件有所不同,但它们都是液化现象.
5. 人们对手“吹气”时,气流速度比较快,加快了手上汗液的蒸发,所以感觉到凉爽,当“哈气”时,气流速度比较慢,口中热的水蒸气遇到“冷”的手液化放热,所以感觉热.“白气”不是水蒸气,而是小水珠,水蒸气是无色透明的气体,是看不见的.冬天,气温很低,口中呼出的热气中的大量水蒸气遇到冷的空气液化成大量的小水滴悬在空气中形成“白气”.而夏天,气温较高,水蒸气(人口中呼出的)的温度与环境温度相差不大,不易液化.所以,夏天我们无法看见人口中呼出的“白气”
6. 温度,液化,放出大量的热;
7. 在手背上擦酒精,酒精蒸发吸热,使手背温度降低,使人感到凉爽;朝酒精处吹气加快了酒精的蒸发,使人感到更凉爽.
8. 固态 液态 气态 固态 液态 液态 固态 液态 气态 气态 液态  
 固态直接变成气态 气态直接变成固态 熔化 汽化 升华 凝固 液化  
 凝华

### 三、计算题

1. 由于此温度计的刻线位置不准,因此,显示的温度值不可信,只能表示液柱目前所处的位置.标准温度计的 $0^{\circ}\text{C}$ 在 $6^{\circ}\text{C}$ 的位置, $100^{\circ}\text{C}$ 在 $90^{\circ}\text{C}$ 的位置.根据温度计的刻度法,将 $6^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$ 这个区间即所占度数 100 等份,每一等份就是 $1^{\circ}\text{C}$ .每一等份占目前的度数为: $(90 - 6)^{\circ}\text{C} \div 100 = 0.84^{\circ}\text{C}$ ,真实温度为 $25^{\circ}\text{C}$ ,即占 25 个等份,它应占度数为 $0.84^{\circ}\text{C} \times 25 = 21^{\circ}\text{C}$ ,而 $21^{\circ}\text{C} + 6^{\circ}\text{C} = 27^{\circ}\text{C}$ 就是它显示的温度值.
2. (1)先根据摄氏温度的规定,确定 $0^{\circ}\text{C}$ 和 $100^{\circ}\text{C}$ 和刻度位置,即在玻璃泡上方 5 厘米处画一刻度线,并标上 $0^{\circ}\text{C}$ .再在离玻璃泡上方 25 厘米处画一刻度线并标上 $100^{\circ}\text{C}$ .  
 (2)根据 $0^{\circ}\text{C}$ 到 $100^{\circ}\text{C}$ 两刻度线之间的距离,计算出将 $0^{\circ}\text{C}$ 和 $100^{\circ}\text{C}$ 两刻度间分成 100 等份中每等份间的距离.由题意可知 $0^{\circ}\text{C}$ 到 $100^{\circ}\text{C}$ 两刻度间的距离为 25 厘米 - 5 厘米 = 20 厘米,则每 $1^{\circ}\text{C}$ 所对应的两刻度线间的距离为 0.2 厘米.  
 (3)然后进行刻度,以 $0^{\circ}\text{C}$ 作为起点刻度位置,每隔 0.2 厘米画一刻度线,并在相对应的刻度线上标上 $10^{\circ}\text{C}$ 、 $20^{\circ}\text{C}$ …….这样我们就给这支温度计标好了



刻度。

将此温度计插入某液体中,玻璃泡上方水银柱长为 18 厘米,则说明在  $0^{\circ}\text{C}$  刻度线上部分为  $18\text{厘米} \div 5\text{厘米} = 13\text{厘米}$ ,再根据  $13\text{厘米} \div 0.2\text{厘米} = 65$ ,则此液体的温度为  $65^{\circ}\text{C}$ 。

## 第五章 电流和电路

### 第一节 电流和电路

#### 一、选择题

1. C 2. B 3. D 4. AD 5. A

#### 二、简述题

1. 电路图中常见错误有(1)缺漏元件(如少画开关、电源等);(2)出现短路(或闭合开关后出现短路)和开路;(3)连接错误(4)与设计要求不符(如开关的控制作用、电路连接形式等)。

答案:图(1)缺少电源;图(2)电路形成短路;

图(3) $S_2$ 闭合形成短路;图(4) $S_2$ 闭合后无电流通过。

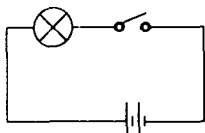
2. 铜棒与丝绸,是两个不同性质的物体,互相摩擦时,电子会从铜棒转移到丝绸上,铜棒因缺了电子而带正电,丝绸因有了多余的电子而带负电。

但是手握铜棒做上述实验时,由于人是导体,铜棒是导体,所以铜棒上缺少了电子后马上被地上的自由电子通过人体传到铜棒,得以填补,铜棒不能带电。当戴上橡皮手套,握着铜棒做实验时,由于橡皮是绝缘体,所以铜棒就会带电。

3. (1)当带正电的小球移近导体左端时,由于静电感应,导体的左端积聚负电荷,导体的右端积聚正电荷。这样带正电小球受到导体左端负电荷的吸引力大于导体右端正电荷的排斥力(远近的缘故),所以小球受的合力向右,即小球被导体吸引。(2)当带负电的小球移近导体左端时,由于静电感应,导体的左端积聚正电荷,导体的右端积聚负电荷。这样带负电小球受到导体左端正电荷的吸引力大于导体右端负电荷的排斥力,所以小球受的合力向右,即小球也被导体吸引。(3)、(4)当带正电的小球在导体近旁,没有接触,而将导体接地(不管什么地方)时,导体与地球是一个整体,同样由于静电感应,导体的左端积聚负电荷,“导体”的另一端在地球的远端积聚正电荷,题中的导体右端没有多余的电荷。这时小球与导体的左端正好是异种电荷互相吸引,存在着吸引力。(5)导体不接地,带正电的小球与导体接触,导体会发生接触起电现象,导体也会带上正电荷,同种电荷相排斥,小球与导体间存在着排斥力。因此会出现先吸引后分开的情况。(6)导体接地,小球与导体接触一下后,由于小球带的电荷不足,所以不能将与导体连接的地球一起接触起电。最后出现小球与导体均不带电的情况,既无吸

引力也无排斥力。

4. 本题两种接通方式. 短时间使用时按下按钮. 长时间使用时向前推动滑键. 无论哪种方式, 它只能起到开关作用. 电路连接如图所示.



第 4 题图

## 第二节 串联和并联

### 一、选择题

1. C 2. D 3. C 4. C 5. B 6. BD 7. BC 8. C

### 二、填空题

1. 用电器 2. 串, 并

## 第三节 电流的强弱

### 一、选择题

1. D 2. A 3. B 4. C

### 二、填空题

1. 1.60 2. 电流, 电路, 0.6A, 3A, 试触, 电源, 电流过大, 烧坏

3. 不正确. 原因: 在读电流表的指针所示电流值之前, 一定要确定使用的电流表实际量程, 确认每一个大格和每一个小格所表示的量值, 再由指针的位置读出示数, 这位同学使用的是量程为 0.6 安的电流表, 每一大格表示 0.2 安, 每一小格表示 0.02 安. 图中的指针位于一个大格四个小格的地方, 读数应是  $0.2\text{A} + 0.02 \times 4 = 0.28\text{A}$ . 这位同学的结论是错误的, 正确的结论是 0.28 安. 他认为一个大格表示 0.2 安, 一个小格表示 0.01 安. 错在一个小格所表示的数值.

### 三、计算题

1. 根据  $I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = It$ , 可求出电量:  $Q = 0.2\text{A} \times 60\text{s} = 12\text{C}$ , 在金属导线内, 做定向移动的电荷是电子, 一个电子所带电量为  $1.6 \times 10^{-19}\text{C}$  通过导体截面的电子数为  $N = \frac{Q}{1.6 \times 10^{-19}\text{C}} = \frac{12\text{C}}{1.6 \times 10^{-19}\text{C}} = 7.5 \times 10^{19}$  (个)
2. 正电荷定向移动形成电流, 负电荷定向移动同样形成电流, 则电路中的电流为正负电荷共同形成电流之和:  $I = I_1 + I_2 = \frac{Q_1}{t_1} + \frac{Q_2}{t_2} = \frac{4}{2} + \frac{4}{2} = 4\text{A}$ . 电流方向为正电荷运动的方向, 即正离子运动的方向.
3.  $I = Q = 1.118 \times 10^{-3} \times 10$ ,  $Q = \frac{1 \times 10}{1.118 \times 10^{-3}}\text{C} = 8945\text{C}$ ,  $I = \frac{Q}{t} = \frac{8945\text{C}}{1200\text{s}} = 7.45\text{A}$ .

## 第四节 探究串、并联电路中电流的规律

### 一、选择题

1. C 2. A 3. A 4. BC 5. C 6. BC

### 二、填空题

1. 3, 1 2. 6

## 第五节 家庭用电

### 一、选择题

1. D 2. ABD 3. C 4. D 5. BD 6. BD 7. C 8. AC 9. B

### 二、填空题

1. 并联的用电器太多,可能出现短路
2. 电能表测量某用户一家消耗的电能;便于检修室内电路故障;使各家用电器都能正常工作;给常移动的家用电器供电
3. 相当于与火线相通;切断电源;干木棍是绝缘体;切断电源;带电泼水会使本来不带电的物体带了电

## 第五章测试题

### 一、选择题

1. B 2. C 3. A 4. C 5. C 6. D 7. A 8. C 9. C 10. C 11. C 12. AC  
13. C

### 二、填空题

1. 对蓄电池,工作时放出的电量等于充电时充入的电量.“500mAh”表示这个电池可以充入  $0.5 \times 3600 = 1800(C)$  的电荷量.“72h”表示移动电话待机时放电时间为“72h”,根据  $Q_{\text{充}} = Q_{\text{放}}$  可解出待机时的工作电压约为 6.94mA,填  $6.94 \times 10^{-3}$ .
2. 其他形式能,电,化学,化学,电 3. 热效应,乙,热效应,电流 4. 大,低,电流,熔断,保护 5. 2.1 6. 进户线,电能表,总开关,保险丝,地线 7. 手电筒灯泡,手电筒灯泡

### 三、计算题

1. 从能量的角度讲,给电池充电是化学能转化为电能.由能量守恒知:蓄电池充电充入的电荷等于它工作时放出的电荷.

$$I_1 t_1 = I_2 t_2, t_2 = \frac{I_1}{I_2} t_1 = \frac{5}{0.05} \times 24 = 2400 \text{ 小时.}$$

2. 根据平均电流强度等于总电量除以总时间,得

$$Q_{\text{总}} = (3 + 3 + 1 + 1)C = 8C, \therefore I_{\text{平均}} = \frac{8C}{2s} = 4A.$$

## 第六章 欧姆定律

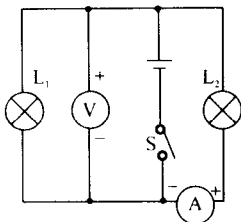
### 第一节 电压

#### 一、选择题

1. B 2. B 3. B 4. A 5. C 6. C

#### 二、填空题

1. 答案如图所示



第 1 题图

2. 8 串联

3. 正负接线柱接反了 应立即断开开关, 调换两接线柱的导线

### 第二节 探究串联电路中电压的规律

#### 一、选择题

1. A 2. C 3. B 4. B

#### 二、填空题

1. 等于 2. 等于  $U = U_1 + U_2$  3. 正常 它们是并联

### 第三节 电阻

#### 一、选择题

1. A 2. A 3. C 4. D

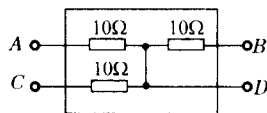
#### 二、填空题

1.  $8025\Omega$  2. 5384 0 9999

#### 三、电路设计与作图题

1. 三个阻值相同的电阻, 分别和四个接线柱相连, 如果三次测量均为  $10\Omega$ , 则必须有其中一个接线柱上不直接连有电阻. 如果另三次测量均为  $20\Omega$ , 则两个接线柱上均连有一个电阻. 电路如图所示.

$$R_{AD} = R_{BD} = R_{CD} = 10\Omega \quad R_{AB} = R_{BC} = R_{AC} = 20\Omega.$$



第 1 题图

## 第四节 欧姆定律

### 一、选择题

1. C    2. C    3. B

4. B 定值电阻与滑动变阻器的最大阻值一半串联后,接在电压不变的电源上,电路中的电流为  $I$ .

当定值电阻与滑动变阻器的最大阻值串联时,仍接在电压不变的电源上,电路中的电流为  $I'$ ,  $\therefore U = I'(R + R_{AB})$

$$\because \text{电源电压不变, } \therefore I\left(R + \frac{1}{2}R_{AB}\right) = I'(R + R_{AB})$$

$$\text{又 } \because \left(R + \frac{1}{2}R_{AB}\right) < (R + R_{AB}) \quad \therefore I > I'$$

$$\frac{I}{I'} = \frac{U}{\frac{U}{R + R_{AB}}} = \frac{R + R_{AB}}{R + \frac{1}{2}R_{AB}}$$

$$\therefore I\left(R + \frac{1}{2}R_{AB}\right) = I'(R + R_{AB}), \frac{1}{2}I(2R + R_{AB}) = I'(R + R_{AB})$$

$$\text{又 } \because (2R + R_{AB}) > (R + R_{AB}),$$

$$\therefore 0.5I < I' < I.$$

5. C

6. A  $\because R_1, R_2$  串联,  $V_1$  测  $R_1$  电压,  $U_1 < U_2$ , 由题意得

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_1 + R_2} \quad \text{①}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{5} \quad \text{②} \quad \text{联立①②两式解得: } \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{4}$$

7. D 当 S 断开时,电源电压可表示为

$$U = \frac{U_2}{R_2}(R_1 + R_2 + R_3) = \frac{6V}{20\Omega}(10\Omega + 20\Omega + R_3) = 0.3 \times (20 + R_3 + 10)V.$$

当 S 闭合时,电压表的示数为

$$U'_2 = \left(\frac{U}{R_2 + R_3}\right)R_2 = \left[\frac{0.3 \times (20 + R_3 + 10)}{20 + R_3}\right] \times 20 = \left(6 + \frac{60}{R_3 + 20}\right)V.$$

在  $R_3 \rightarrow 0$  时,  $U'_2 \rightarrow 9V$ ; 在  $R_3 \rightarrow \infty$  时,  $U'_2 \rightarrow 6V$  即  $6V < U'_2 < 9V$ .

故正确答案为 D.

8. A 当滑动变阻器滑片 P 向右移动时,  $R_{ab}$  增大, 则  $R_1$  与 R 并联部分的电阻

$R_{ab}$  变大, 它们分得的电压变大, 即  $U_{ab}$  增大,  $U_2 = U - U_{ab}$  将减小,  $I_1 = \frac{U_1}{R_1}$ ,

$U_1 = U_{ab}$  增大,  $R_1$  不变, 则  $I_1$  变大, 故电流表  $A_1$  示数增大. 又  $I = I_2 = \frac{U_2}{R_2}$ , 由于  $U_2$  减小,  $R_2$  不变, 所以  $I = I_2$  减小. 而  $I_{ap} = I - I_1 = I_2 - I_1$ ,  $I_2$  减小,  $I_1$  增大, 故  $I_{ap}$  减小, 即电流表  $A_2$  的示数减小. 电压表的示数就是  $U_{ap}$  的大小, 显然是增大.  
答案选 A.

### 二、填空题

1. 10 0 10 5 2. 变小 0.3

### 三、计算题

1.  $R_1$  与  $R_2$  串联, 电压表测  $R_1$  两端的电压, 电流表测电路中电流.

$I = I_1 = I_2$ , 当电源电压为 4V 时:  $U_1 = 1V$ , 根据串联电路的特点:

$$U:U_1 = 4:1, R_1:R_2 = 1:3, R:R_1 = 4:1.$$

当电源电压增至 6V 时, 由于电路不变, 所以电压与电阻比仍不变,  $R_1:R_2 = 1:3$ ,

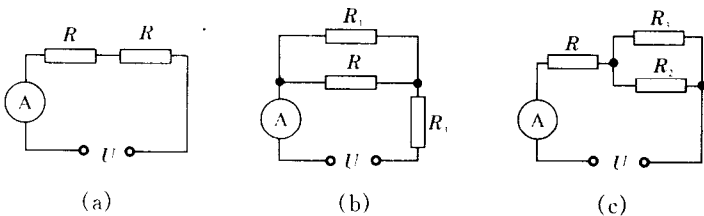
$$\therefore U':U'_1 = 4:1, U'_1 = \frac{1}{4} U' = \frac{1}{4} \times 6V = 1.5V.$$

$$\therefore U'_2 = U' - U'_1 = 6V - 1.5V = 4.5V.$$

这时电路中的电流为 0.5A, 可求得  $R_1$  和  $R_2$ :

$$R_1 = \frac{U'_1}{I'} = \frac{1.5V}{0.5V} = 3\Omega, \quad R_2 = \frac{U'_2}{I'} = \frac{4.5V}{0.5A} = 9\Omega.$$

2. 当  $S_1, S_2$  均断开时, 电路连接如图(a)所示, 由欧姆定律应有:



第 2 题图

$$U_R = IR = 2.4 \times 6 = 14.4V.$$

由串联电路电压的规律, 有:  $U_3 = U - U_R = 24 - 14.4 = 9.6V$ .

$$R_3 \text{ 的阻值为: } R_3 = \frac{U_3}{I} = \frac{9.6}{2.4} = 4\Omega.$$

当  $S_1$  闭合,  $S_2$  断开时, 电路连接如图 b 所示.

$$U_3 = IR_3 = 4A \times 4\Omega = 16V, U_1 = U_R = U - U_3 = 24V - 16V = 8V$$

$$I_R = \frac{U_R}{R} = \frac{8V}{6\Omega} = \frac{4}{3}A$$

由并联电路电流的规律可得通过  $R_1$  的电流为  $I_1 = I - I_R = 4A - \frac{4}{3}A = \frac{8}{3}A$ .



$$R_1 \text{ 的阻值是 } R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{8}{\frac{8}{3}} = 3\Omega$$

当  $S_1$  断开,  $S_2$  闭合时, 电路连接如图(c)所示

由欧姆定律可求得  $U_R = IR = 2.8A \times 6\Omega = 16.8V$ .

由串联电路的性质有  $U_{\text{并}} = U - U_R = 24V - 16.8V = 7.2V$ .

$$\text{由 } \frac{U_R}{U_{\text{并}}} = \frac{R}{R_{23}} \text{ 得 } \frac{16.8}{7.2} = \frac{6}{R_{23}} \text{ 故 } R_{23} = \frac{18}{7}\Omega;$$

$$\text{由 } R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}, \text{ 得 } \frac{4R_2}{R_2 + 4} = \frac{18}{7} \text{ 故 } R_2 = 7.2\Omega.$$

3. 当闭合  $S_1$ , 断开  $S_2$  时, 将滑动变阻器调到最大阻值. 这时电路中  $R_1$  与滑动变阻

器  $R$  串联,  $\therefore I_{\text{串}} = 0.2A, U = U_1 = 2V \therefore R_1 = \frac{U_1}{I_{\text{串}}} = \frac{2V}{0.2A} = 10\Omega$ .

(1) 当  $S_1, S_2$  都闭合,  $R \rightarrow 0, R_1$  与  $R_2$  并联,  $U = 6V, I_{\text{串}} = 0.9A$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{6V}{10\Omega} = 0.6A, I_2 = I_{\text{串}} - I_1 = 0.9A - 0.6A = 0.3A$$

$$\therefore U_1 = U_2, R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{6V}{0.3A} = 20\Omega.$$

(2) 当闭合  $S_1$ , 断开  $S_2, R \rightarrow$  最大

$$U_r = U - U_1 = 6V - 2V = 4V, R_r = \frac{U_r}{I_{\text{串}}} = \frac{4V}{0.2A} = 20\Omega.$$

## 第五节 测量小灯泡的电阻

### 一、选择题

1. C 2. B 3. A

### 二、填空题

1. 串 电源 10 15 2. 大 99.8Ω 3. A 50

### 三、实验与作图题

1. (1) 如图 1 所示.

实验原理: 根据串联电路电流强度处处相等的原理,

得:  $\frac{U_0}{R_0} = \frac{U_r}{R_r}$ . 通过伏特表两次测量电压的数值, 就可

以计算待测电阻  $R_r$  的大小.

实验步骤:

① 按图 1 所示电路图接好串联电路.

② 闭合电键 S 后, 先后用伏特表测得  $R_0, R_r$  两端的电

压值  $U_0, U_r$ .

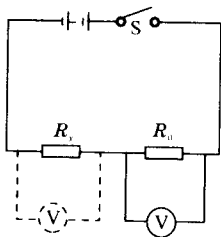


图 1

第 1 题图

③代入公式  $R_x = \frac{U_x}{I_x} R_0$ , 得  $R_x$  的具体值.

(2)如图 2 所示.

实验原理:根据并联电路各支路两端的电压相等,得  $U = I_0 R_0 = I_x R_x$ . 通过安培表两次测量电路中各支路电流强度的数值,就可以计算待测电阻  $R_x$  的大小.

实验步骤:

①按图 1 所示电路图,将各元件连成并联电路.

②闭合开关 S 后,先后将安培表串联在两条支路中,测出通过支路的电流强度  $I_0$  和  $I_x$ .

③代入公式  $R_x = \frac{I_0}{I_x} R_0$  可得  $R_x$  的值.

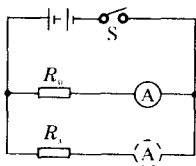


图 2

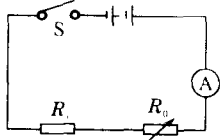


图 3

第 1 题图

(3)采用串联电路,如图 3 所示.

实验原理:利用电源电压保持不变,改变电路中电阻的数值,电流也同时改变.这样每一个总电阻和总电流的乘积保持不变.通过两次实验,测出相应的电阻、电流强度,列出二元一次方程组,就可解出  $R_x$  的值.

实验步骤:

①按图 3 所示电路图接好电路.

②调节电阻箱的电阻大小为  $R_1$ ,记下安培表的示数  $I_1$ ;改变电阻箱的电阻大小为  $R_2$ ,记下安培表的示数  $I_2$ .

③计算:  $U = I_1(R_1 + R_x) = I_2(R_2 + R_x)$

$$\text{所以 } R_x = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1}$$

(4)原理:如图 4 所示,当单刀双掷开关 S 接于 a 点时,若电源电压为  $U$ ,通过  $R_x$  的电流强度为  $I_x$ ,  $I_x = \frac{U}{R_x}$ . 将单刀双掷开关接于 b 点,用电阻箱中已知电阻  $R_0$  代替  $R_x$ ,逐步改变电阻箱接入电路阻值,使安培表的示数仍为  $I_x$ ,测得  $R_x = R_0$ . 尽管安培表不够准确,但当前后两次示数相同时,其实际电流相等.

实验步骤:

- ①按图 4 所示的电路图连接电路。
- ②将开关  $S_1$  倒向  $a$  点, 闭合  $S_2$ , 记下安培表的示数  $I_x$ 。
- ③将开关  $S_1$  倒向  $b$  点, 闭合  $S_2$ , 调节电阻箱的电阻值, 直至安培表的示数仍为  $I_x$ , 记下电阻箱的示数  $R_0$ 。
- ④结果:  $R_x = R_0$ 。

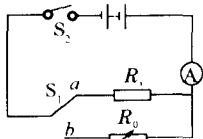


图 4

第 1 题图

## 第六节 欧姆定律和安全用电

一、选择题

1. A    2. B    3. C    4. B

### 第六章测试题

一、选择题

1. B    2. A、B、C    3. C    4. D    5. B

6. D 当  $S_1$ 、 $S_2$  闭合,  $S_3$  断开时,  $S_1$  使  $R_2$  被短路, 电流表测的是  $R_1$  中的电流  $I_1 =$

$$\frac{U}{R_1}, \text{ 当 } S_1、S_3 \text{ 闭合, } S_2 \text{ 断开时, } R_1、R_2 \text{ 并联: } R_{\#} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_1 \times 2R_1}{R_1 + 2R_1} = \frac{2}{3} R_1,$$

$$\text{电流表测的是干路电流 } I_2 = \frac{U}{R_{\#}} = \frac{U}{\frac{2}{3} R_1}, \therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1}{\frac{2}{3} R_1} = \frac{2}{3}.$$

7. D    8. A    9. A

10. C 要使测量时较准确地读数, 即尽量减小估读时的偶然误差, 则两只电表应该尽可能选用最小分度值较小的小量程, 设变阻器接入电路的阻值为  $R_x$  时, 电流表的读数为 0.6A. 根据欧姆定律和串联电路电阻的特点有

$$0.6\text{A} = \frac{4.5\text{V}}{(5 + R_x)\Omega} \cdot R_x = 2.5\Omega < 10\Omega, \text{ 此时电压表的读数 } U = IR = 0.6\text{A} \times 5\Omega = 3\text{V}. \text{ 因此, 只要通过调节滑动变阻器, 使它接入电路的阻值大于 } 2.5\Omega, \text{ 两只电表都可选用小量程. 故本题 C 选项正确.}$$

11. D

二、填空题

1. 10 欧    2. 2.5    4.5    0

3. 开灯时灯丝电阻小于正常工作时电阻, 流过灯丝电流大

4. 220V    880Ω    0.27A    串联    80Ω    5.86.6    28.9    6.2 · 1

### 三、计算题

1. (1) 电源电压不变, S 闭合,  $R_2$  被短路, S 断开,  $R_1$  与  $R_2$  串联, 由于总电阻增大, 干路电流减小.

(2) 电路如图所示  $U = 4\text{V}$ ,  $R_1 = R_2$ ,

$$\Delta I = \frac{U}{R_1} - \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{U}{R_1} - \frac{U}{2R_1} = 0.5\text{A}.$$

$$R_1 = \frac{2U - U}{2\Delta I} = \frac{2 \times 4\text{V} - 4\text{V}}{2 \times 0.5\text{A}} = 4\Omega. \quad R_1 = R_2 = 4\Omega$$

2. (1)  $a$ 、 $b$  均为电流表, 因理想电流表的内阻可忽略不计, 所以图(a)所示的电路为纯并联电路, 其等效电路如

图所示, 可见电流表  $a$  测量支路  $R_1$ 、 $R_2$  的电流强度之和, 即  $I_a = I_1 + I_2$ , 电流表  $b$  测量支路  $R_3$ 、 $R_2$  的电流强度之和, 即  $I_b = I_2 + I_3$ .

根据欧姆定律:  $I = \frac{U}{R}$ .

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{6\text{V}}{4\Omega} = 1.5\text{A}.$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{6\text{V}}{6\Omega} = 1\text{A}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{6\text{V}}{12\Omega} = 0.5\text{A}.$$

$$I_a = I_1 + I_2 = 1.5\text{A} + 1\text{A} = 2.5\text{A}.$$

$$I_b = I_2 + I_3 = 1\text{A} + 0.5\text{A} = 1.5\text{A}$$

(2)  $a$ 、 $b$  均为电压表, 因理想电压表的内阻很大, 可认

为开路, 所以图所示的电路为纯串联电路. 由图(a)可知, 电压表  $a$  测量电阻  $R_2$ 、 $R_3$  这段电路两端的电压, 记为  $U_a$ ,  $U_a = U_2 + U_3$ ; 电压表  $b$  测量  $R_1$ 、 $R_2$  这段电路两端的电压,  $U_b = U_1 + U_2$ .

$R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  串联的总电流为:

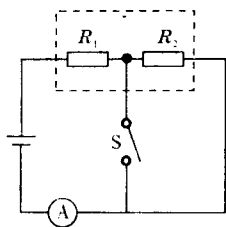
$$I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{6\text{V}}{4\Omega + 6\Omega + 12\Omega} = \frac{3}{11}\text{A}.$$

$$U_1 = IR_1 = \frac{3}{11}\text{A} \times 4\Omega = \frac{12}{11}\text{V}.$$

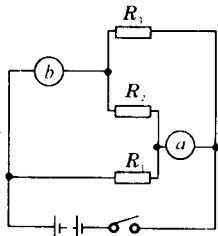
$$U_2 = IR_2 = \frac{3}{11}\text{A} \times 6\Omega = \frac{18}{11}\text{V}.$$

$$U_3 = IR_3 = \frac{3}{11}\text{A} \times 12\Omega = \frac{36}{11}\text{V}.$$

$$U_a = U_2 + U_3 = \frac{18}{11}\text{V} + \frac{36}{11}\text{V} = \frac{54}{11}\text{V} \approx 4.91\text{V}.$$

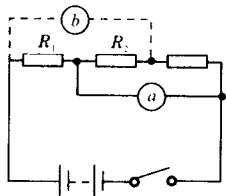


第 1 题图



(a)

第 2 题图



(b)

第 2 题图

$$U_b = U_1 + U_2 = \frac{12}{11}V + \frac{18}{11}V = \frac{30}{11}V \approx 2.73V.$$

(3)  $a$  为电流表, 视为导线;  $b$  为电压表, 视为开路. 等效电路如图所示, 此时  $R_2$ 、 $R_3$  被短路, 因此  $I_2 = I_3 = 0$ ,  $U_2 = U_3 = 0$ .

$$U_1 = U = 6V, R_1 = 4\Omega. \quad I_a = \frac{U_1}{R_1} = \frac{6V}{4\Omega} = 1.5V.$$

电压表  $b$  的示数为:  $U_b = U_1 + U_2 = 6V + 0 = 6V$ .

3. 当变阻器的滑片  $P$  从  $a$  向  $b$  移动时, 变阻器接在电路中的阻值  $R_3$  逐渐增大, 导致  $R_2$  与  $R_3$  并联的阻值  $R_{2,3}$  也逐渐增大, 以致整个电路的总电阻变大. 由欧姆定律可知, 此时干路电流  $I = \frac{U}{R_1 + R_{2,3}}$  将减小, 所以串联在干路中的电阻  $R_1$  两端的电压  $U_1 = I_1 R_1$  也随之减小.

并联电路两端的电压  $U_{\#} = U - U_1 = U - I_1 R_1$ . 由于题中电池两端的电压  $U$  恒定不变, 所以在干路电流  $I_1$  减小、 $R_1$  所耗电压  $U_1$  随之减小时, 必然导致并联电路两端的电压  $U_{\#}$  增大. 在支路  $R_2$  中, 由于  $I_2 = \frac{U_{\#}}{R_2}$ , 即  $I_2 \propto U_{\#}$ , 所以电流

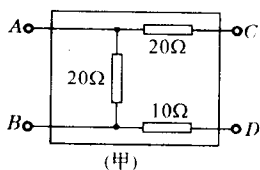
$I_2$  将随  $U_{\#}$  的增大而增大. 而在含有变阻器  $R_3$  的支路中,  $I_3 = \frac{U_{\#}}{R_3}$ , 但由于在题设过程中  $U_{\#}$  和  $R_3$  均增大, 所以不能仅凭该式作出定性判断. 若从另一思路考虑, 即根据并联电路的电流关系  $I_3 = I_1 - I_2$  来分析, 由于在上述过程中电路电流  $I_1$  减小而支路电流  $I_2$  却增大, 因此  $I_3$  必然减小.

归纳起来, 在变阻器电阻  $R_3$  逐渐增大的整个过程中, 干路电流  $I_1$  将逐渐减小, 支路电流  $I_2$  则逐渐增大, 导致支路电流  $I_3$  逐渐减小. 这就是本题的结论.

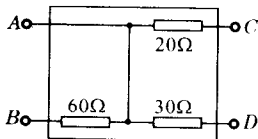
4. 如图(甲)或(乙)均可作为本题答案.

本题中  $AC$  间、 $CD$  间、 $AD$  间电阻分别为  $20\Omega$ 、 $50\Omega$ 、 $30\Omega$ ,  $CD$  间的电阻为  $AC$ 、 $AD$  间电阻之和,  $CD$  间必存在串联电路, 又仅有 3 个电阻, 说明  $AC$  间可能存在 1 个阻值为  $20\Omega$  的电阻, 另外的电阻在其他两个引线之间. 在用导线把  $BD$  连接后,  $BD$  此时短路, 测得  $AD$  间电阻为  $20\Omega$ , 表明  $AB$  间电阻为  $20\Omega$ . 又  $AD$  间电阻为  $30\Omega$ ,  $BD$  间电阻只能为一个阻值为  $10\Omega$  的电阻,  $AD$  之间为一个  $20\Omega$  的电阻与  $10\Omega$  电阻串联而成的.

5. (1) 本电路是  $R_1$  与  $R_{AP}$  并联后再与  $R_{PB}$  串联的混联电路,  $R_{PB}$  中的电流为干路电流, 故通过  $R_{PB}$  中



(甲)



(乙)

第 4 题图

的电流最强.

(2) 当  $P$  自  $A$  向  $B$  移动到接近  $B$  点时, 电路中的总电阻近似等于  $R_1$  与  $R_2$  并联的电阻, 即  $R \approx R_{AB} \cdot R_1 / (R_{AB} + R_1) \approx 70$  (欧).

干路中总电流  $I = \frac{U}{R} = \frac{14}{70}$  安  $= 0.2$  安  $> 0.15$  安, 故当  $P$  移近  $B$  时, 滑动变阻器的  $PB$  部分会损坏.

(3) 设  $P$  移到  $AB$  间某点时流过  $PB$  的电流  $I$  恰好等于  $0.15$  安, 设  $AP$  电阻为  $R_2$ ,  $PB$  电阻为  $R_3$ . 如图所示, 则有:

$$I_1 R_1 = (I - I_1) R_2 \quad \text{①}$$

$$(I - I_1) R_2 + I(R_{AB} - R_2) = U \quad \text{②}$$

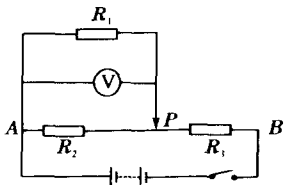
将  $I = 0.15$  安,  $R_{AB} = 120$  欧,  $R_1 = 160$  欧,  $U =$

14 伏代入上式, 由①、②可解出  $I_1 = 0.05$

$$\therefore U_1 = I_1 R_1 = 0.05 \times 160 \text{ 伏} = 8 \text{ 伏} \quad \text{③}$$

故电压表的变化范围是:  $0 \sim 8$  伏

点评: 动态电路分析时, 注意临界条件的应用和两个极值的灵活应用.



第 5 题图

## 第七章 电功率

### 第一节 电能

#### 一、选择题

1. C    2. AB    3. C

#### 二、填空题

1. 白炽, 日光, 霓虹    2. 2.4    3. 4.8    4. 6 转, 33 度, 37 次.

#### 三、计算题

1. 我们知道电热毯的工作原理是利用电流的热效应. 电流做功过程就是消耗的电能转化为内能, 且电流做了多少功, 就消耗了多少电能, 所以可通过求出电功来知道消耗的电能. 由电功公式可知:  $W = UIt$ , 化好单位可得  $W = 158400$  焦.

2. 电度表转盘每转 1 转表示消耗的电能  $W_1 = \frac{1\text{kWh}}{1950}$ ;

电冰箱开机 4min 所消耗的电能  $W_{\text{冰}} = 13 W_1 = \frac{13\text{kWh}}{1950}$ ;

电冰箱的功率为  $P_{\text{冰}} = W_{\text{冰}} / t = \frac{13\text{kWh}}{1950 \times \frac{1}{15}\text{h}} = \frac{13 \times 15}{1950} \text{kW} = 0.1 \text{kW}$ ;

此家其他用电器的总功率为

$$P_{\text{其}} = n_{\text{灯}} P_{\text{灯}} + P_{\text{视}} + P_{\text{响}} = 4 \times 60\text{W} + 90\text{W} + 105\text{W} = 435\text{W} = 0.435\text{kW}$$



此家一个月所消耗的总电能为

$$W_{\text{总}} = P_{\text{其他}}t + P_{\text{冰}}t_{\text{冰}} = 0.435 \times 2 \times 30 \text{kWh} + 0.1 \times \frac{1}{4} \times 24 \times 30 \text{kWh} = 44.1 \text{kWh}$$

则月底表盘上的示数应为:003706.5 + 44.1 = 003750.6度

3. (1)从表中易看出额定电压为220V,额定功率为360W,则  $I = P/U = 1.64\text{A}$ ;

(2)电能  $W = Pt = 0.36\text{kW} \times 40/60\text{h} = 0.24$ 度.

## 第二节 电功率

一、选择题

1. D 2. B 3. A 4. C 5. D

二、填空题

1. 1:4;4:1 2.  $3.888 \times 10^{12}\text{J}$  3. 10000V

三、计算题

1. 电源电压为12V,阻值  $R_1$ 为9 $\Omega$ ,  $R_2$ 为3 $\Omega$ .

2. 电热器的额定电压是165V;电热器的额定功率为405W.

3. 设  $R_1$ 为灯泡  $L_1$ 的电阻;  $R_2$ 为灯泡  $B$ 的电阻,根据  $R = \frac{U^2}{P}$ 可行  $R_1 = 50\Omega$ ,  $R_2 = 20\Omega$ ,因为灯泡  $L_1$ 接在电路上,消耗的功率刚好为它的额定功率,即  $P_1 = \left(\frac{U}{R_1 + r}\right)^2 R_1$ ,代入数据得  $U = 10 + \frac{r}{5}$ ,灯泡  $L_2$ 接在电路上,消耗的功率为  $P_2 = \left(\frac{U}{R_2 + r}\right)^2 R_2 < 2\text{W}$ 代入数据得  $U < 2\sqrt{10} + \frac{r}{\sqrt{10}}$ ,联解得:

$$r > 10\sqrt{10}\Omega, U < 10 + 2\sqrt{10}\text{V}$$

## 第三节 实验:测量小灯泡的电功率

一、选择题

1. B 2. C 3. C

二、填空题

1. 电压  $U$  电流  $I$  电压表 电流表 滑动变阻器 串

2. 可能是小灯泡L. 断路 3. 0.8, 3, 2, 3, 3

三、实验题

1. (1)a表串联在电路中应是电流表,b表并联在电路中应是电压表 (2)断开,B端

2. 步骤:(1)用量杯向壶中注水,量杯容积乘注水次数得水的体积  $V$ ;(2)用温度计测出水的初温  $T_0$ ;(3)接通电源,开始计时;(4)测得烧水时电源的实际电压  $U'$ ;(5)水刚沸腾时计时结束,测得加热的时间  $t$ ,然后测出水沸腾的温度  $T$ .

计算公式

$$Q_1 = cm\Delta T = c\rho V(T - T_0), Q_2 = W = Pt = \frac{U'^2}{R}t = \frac{U'^2 Pt}{U^2}$$

$$\text{故 } \eta = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{c\rho V(T - T_0)U^2}{U'^2 Pt}$$

#### 第四节 电和热

##### 一、选择题

1. C 2. C 3. D 4. C 5. A

##### 二、填空题

1. 48 2. 2.4 3.8

##### 三、计算题

1. 在此过程中水吸收的热量为:

$$Q_{\text{吸}} = cm\Delta t = 4.2\text{J/g}\cdot^{\circ}\text{C} \times 1.6 \times 10^3\text{g} \times 45^{\circ}\text{C} = 3.024 \times 10^5\text{J}$$

因为这是一个纯电阻电路,故电热器放热为:

$$Q_{\text{放}} = \frac{U^2}{R}t = \frac{24^2}{R} \times 14 \times 60\text{J}$$

由于电热器放出的热量只有 50% 被水吸收,则有:

$$50\% Q_{\text{放}} = Q_{\text{吸}} \text{ 即: } 50\% \times \frac{24^2}{R} \times 14 \times 60 = 3.024 \times 10^5 \text{ 解得:}$$

$R = 0.8\Omega$  取  $1\Omega, 4\Omega$  电阻并联,总电阻  $R' = 0.8\Omega$ ,符合要求.

2. (1) 水蒸气冷却时所放的热量被冷却水所吸收,所以冷却所丢失的功率(即散热

$$\text{功率)为 } P_{\text{放}} = \frac{Q_{\text{吸}}}{t} = cm\Delta t/t = c\rho V\Delta t/t = 8.82 \times 10^8\text{W}.$$

$$(2) \text{ 因为水蒸气的能量转化为电能的效率 } \eta = \frac{P_{\text{电}}}{P_{\text{总}}} = \frac{P_{\text{电}}}{P_{\text{机}} + P_{\text{放}}},$$

$$P_{\text{机}} = P_{\text{电}}/\eta = 700 \times 10^6\text{W}, \text{ 故 } \eta = 35.4\%.$$

#### 第五节 电功率和安全用电

##### 一、选择题

1. D 2. A, C 3. B

##### 二、填空题

1. 电能表,总开关,保险盒 2.  $5.75 \times 10^5$  欧

##### 三、计算题

1. (1) 这位同学是通过改变烙铁电压来控制烙铁得到的热量.当烙铁不用时,将 S 断开,电烙铁的电热丝上的电压只有电源额定电压的一部分,电热丝发出的热量就少,但可以用来补偿烙铁的散热,使烙铁保持一定的温度;当需要焊接时,将 S 闭合,由于灯泡被短路,电热丝将获得电源所加的全部额定电压,从而得到







额定功率,使烙铁很快达到熔锡温度。(2)电烙铁中电热丝的电阻: $R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{20} \Omega = 2420 \Omega$ .烙铁不焊接保温时,电热丝上的实际电压为: $U' = \sqrt{P'R} = 148 \text{V}$ .那么灯泡的电压应该是  $U_L = U - U' = 72 \text{V}$ .由于灯泡和烙铁是串联,电流应该相等,灯泡的电阻是  $R_L = \frac{U - U'}{R} = 1177 \text{欧}$ .由此可知灯泡在 220 伏时额定功率: $P_L = \frac{U^2}{R_L} = \frac{220^2}{1177} \text{W} = 40 \text{W}$ .灯泡实际功率是  $P'_L = \frac{(U - U')^2}{R_L} = \frac{72^2}{1177} \text{W} = 4.4 \text{W}$ .

2. 首先,应知道电路自动切断可能有三种原因:用电负载过大;发生短路;火线与大地相通.其次,应知道正常情况下,三线插孔内的三线连接方法,即保护接地线在上方,零线在左,火线在右.再次,根据题目第 2 段所叙的几种现象,应能在三种自动断路情况中判断出属于火线与地线相通这种情况,并相应判断出插销板是正常的.最后,问题自然集中到二孔插座内的三线连接有误.零线与地线相互接错了位置.到此便可依题要求逐步解答了.问题出在施工时墙上插座内的零线和地线相互接错了位置.使用时用电器把火线和地线连通,自动控制系统误以为是人体把火线和地线连通,自动切断了电路.纠正方法:把接入插座的零线和地线的位置对调.

## 第七章测试题

### 一、选择题

1. A 2. B 3. B 4. A 5. B

### 二、填空题

1. 40.2 2. 20V, 1.25A 3.  $2R + R_0$  4.  $2, \frac{2}{3}$  5. 100A, 5kW 6. 125

7. 2 或  $8\Omega$ ; 4V 或 8V

### 三、计算题

1. 从温度要求方面考虑.用题设条件下的最大电流通过电热淋浴器,计算出所加热的水温与题目要求的热水温度加以比较,使问题得以解决.淋浴器每分钟所需加热水的质量为 4 千克,其在电路允许的最大电流下工作时,每分钟产生的热量  $Q = UIt = 5 \text{安} \times 220 \text{伏} \times 60 \text{秒} = 6.6 \times 10^4 \text{焦}$ .令  $Q$  完全被 4 千克的水吸收,根据  $Q = cm(t_2 - t_1)$ .则有: $t_2 = \frac{Q}{cm} + t_1 = \frac{6.6 \times 10^4}{4.2 \times 10^3 \times 4} \text{℃} + 16 \text{℃} = 19.9 \text{℃}$ .因为  $19.9 \text{℃}$  低于题设的淋浴用热水温度要求,所以家庭电路中不宜使用这种无水箱式电热器.

2. 方法一:用一根两头刮露出芯线的绝缘导线寻找故障,做法是:先将电键 S 闭合,然后用准备好的露芯线顺次,逐一将  $ab$ 、 $bc$ 、 $cd$ 、 $ef$  短路,若发现某次短接时,灯泡亮了,表明被短路的一部分原来是断路的.方法二:可用测电笔寻找故障.做法是:先将电键 S 闭合,然后用测电笔依次跟  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $f$  6 个检测点接触,判定与火线是否相通,从而找出断路的位置.
3. 缆车的高度差:  $\Delta h = 840 \text{ 米} - 230 \text{ 米} = 610 \text{ 米}$ . 上山的质量:  $m_1 = 15 \times 60 \text{ 千克} + 600 \text{ 千克} = 1500 \text{ 千克}$ , 下山的质量:  $m_2 = 8 \times 60 \text{ 千克} + 600 \text{ 千克} = 1080 \text{ 千克}$ , 运行的时间:  $t = 7 \times 60 \text{ 秒} = 420 \text{ 秒}$ , 有用功:  $W_{\text{有}} = (m_1 - m_2)gh$ , 总功:  $W = P_{\text{实}}t = \eta_1 P_{\text{额}}t$ , 缆车的机械效率:  $\mu = 22.1\%$ .

## 第八章 电与磁

### 第一节 磁场

#### 一、选择题

1. A 2. B 3. B 4. D

#### 二、填空题

1. 钢板、铁板;磁屏蔽 2. 先由小变大,由大变小;后由小变大,由大变小 3. 地磁场,北方,偏转,消失,地磁场,相反,电流方向,相反 4. 排斥

#### 三、计算问答题

1. 不行,因为自然界中不存在单个磁极.
2. 当条形磁铁平行地靠近舌簧片时,舌簧片  $ab$  和  $cd$  就被磁化,且  $a$  端形成 S 极,  $b$  端形成 N 极,  $c$  端形成 S 极,  $d$  端形成 N 极. 由于  $b$  端和  $c$  端形成的是异名磁极,相隔的距离又很小,所以  $b$  端和  $c$  端就吸在一起,使整个电路接通,小灯泡发光. 由于舌簧片是软铁制成的,磁性很容易消失,当条形磁铁方向与舌簧片方向不一致时,舌簧片的磁性开始消失. 由于舌簧片的弹力作用,  $b$  端和  $c$  端分离,恢复原状,电路断开,小灯泡熄灭. 当条形磁铁转过  $180^\circ$  又与舌簧片方向平行时,两个舌簧片又被磁化 ( $a$  端形成 N 极,  $b$  端形成 S 极,  $c$  端形成 N 极,  $d$  端形成 S 极), 这样  $b$  端和  $c$  端又吸到一起,接通电路,小灯泡又发光. 所以当条形磁铁不断地转动时,两个舌簧片就能间断地被磁化,磁性又间断地消失,电路不断被接通又断开,这样小灯泡就一闪一闪地发光了.

### 第二节 电生磁

#### 一、选择题

1. C 2. D 3. AC 4. D 5. C





## 二、填空题

1. 探究电磁铁的磁性强弱跟电流的大小是否有关系。
2. 磁化、消磁、通电时有磁性, 断电时磁性消失。
3. 无磁性。

## 三、计算问答题

1. (1) 当 S 闭合前, 弹簧测力计的示数等于铁质砝码的重力; 当 S 闭合后, 螺线管中有电流通过, 螺线管具有磁性, 此时, 弹簧测力计的示数等于铁质砝码所受的重力与砝码受到的磁力之和, 所以弹簧测力计的示数变大 (2) 当滑动变阻器  $R$  的滑片  $P$  向右移动, 连入电路中的电阻变小, 电流变大, 通电螺线管的磁性增强, 对铁质砝码的吸引力增大, 所以弹簧测力计的示数变大 (3) 抽出铁芯, 螺线管磁性减弱, 对铁质砝码的吸引力减小, 弹簧测力计示数变小(但仍大于砝码的重力)。
2. 根据小磁针静止时北极的指向, 可先判断两通电螺线管的磁极是  $N$  极还是  $S$  极, 再根据安培定则判断电流的方向, 从而确定绕法。由小磁针静止时  $N$  极的指向可知, 相对的磁极应是同名磁极。由于小磁针北极是指向外的, 所以中间的两个极都是  $N$  极, 这样磁感线方向和小磁针北极所指方向就一致了。对于  $A$  螺线管, 导线上端可从后面向右绕, 下端可从前面向左绕, 这样, 依照图中的电流方向能使下端为  $N$  极。对于  $B$  螺线管, 恰好与  $A$  相反, 由此分别画出  $A$ 、 $B$  螺线管的绕法。(图略)
3. 根据安培定则可判定螺线管通电后上方为  $S$  极。这样条形磁铁下端的  $S$  极跟螺线管上端的  $S$  极将相互排斥, 因此开关  $S$  合上后, 弹簧受的拉力将减小。在电键  $S$  合上后, 滑动变阻器的滑片  $P$  向下移动的过程中,  $R_4$  的阻值不断增大, 整个电路的总电阻也在增大, 根据欧姆定律  $I = U/R$ , 电路的总电流将减小, 即  $R_1$  中的电流  $I_1$  也减小, 所以  $R_1$  两端的电压  $U_1 = I_1 R_1$  也在变小, 这样  $R_2$  两端及  $R_3 R_4$  支路两端的电压会增大,  $R_2$  中的电流  $I_2$  也将增大, 根据关系,  $I_1 = I_2 + I_{3,4}$  得, 在  $I_1$  减小、 $I_2$  增大的同时,  $I_{3,4}$  会大大减小, 所以  $R_3$  两端的电压在减小, 即螺线管两端的电压也减小, 螺线管中的电流在减弱, 螺线管的磁极也在减弱, 它对条形磁铁的向上推力也在减小, 所以弹簧受的拉力将会逐渐增大。

## 第三节 电磁继电器 扬声器

### 一、选择题

1. A 2. C 3. D

### 二、填空题

1. (1) 20 20000 (2) 可能是振膜损坏, 或频率过高或过低等。

2. 电磁铁有磁性,电铃电路工作,铃响报警;电磁铁无磁性,灯泡电路工作,灯亮安全.

### 三、计算问答题

1. 当蓄水池水位低于金属块 A 时,继电器控制电路断开,常闭触头闭合,抽水机工作.当蓄水池水面与金属块 A 接触时,控制电路接通,电磁铁吸引衔铁,使常闭触头断开,抽水机停止抽水.
2. 当发生火灾时,周围的环境温度必然升高,双金属片开始弯曲,根据热膨胀知识可知,在相同条件下铜片的膨胀程度要比铁片来得大.所以双金属片应向下弯曲.当双金属片与触点 P 接触时,控制电路中有电流通过,电磁铁有了磁性,将衔铁吸下,接触点 Q,使工作电路中有电流通过,这时红灯亮,电铃响,发生报警信号.因此(1)这里动作的正确顺序是:A、E、C、D、B、F.(2)由上面的分析可知,双金属片在这里起的作用对周围环境温度的改变作出反映,即有感温元件的作用,当它与 P 接触,控制电路导通,又具有了控制电路的开关作用.故既有感温元件的作用,又有控制电路的作用

## 第四节 电动机

### 一、选择题

1. C 2. B 3. C 4. D 5. A 6. A
7. A 当电流由 a 流入 b 流出,杆中的电流由 A 到 B,由左手定则可判断 AB 受到的磁场力方向向上,若向上的磁场力等于重力,则两悬线上的拉力就为零.只要电流由 A 到 B,悬线上的拉力一定小于  $G/2$ .故答案为 A.

### 二、填空题

1. 换向器,通电导体在磁场里受力转动,电,机械,电流方向,磁场方向.
2. 二,平衡位置. 3. 大于.
4. 大小、转速、转动方向.

### 三、计算问答题

1. (1)、(2)略 (3)通电线圈在磁场里受力转动,顺时针方向转动;逆时针方向转动.
2. 在地球上交通工具的动力基本上采用内燃机,如汽车、飞机、火车和轮船等,但在月球上却只能使用电力车,这并不是因为电力车轻便,而是因为内燃机在工作时一定要要有空气.月球表面是真空的,内燃机无法工作,故只有使用电力驱动.
3. 在电路中增加一滑动变阻器,改变电阻大小,从而改变电路中电流大小,从而实现电动机转速变化,电路图略.
4. 当通电线圈由于惯性而转过平衡位置时,若立刻改变线圈中的电流方向,则线



圈的受力方向与原受力方向相反,故线圈将继续转动。

5. 电动机正常工作时的电流为  $I = P/U = 1100\text{W}/220\text{V} = 5\text{A}$ , 线圈损耗功率为  $P_{\text{损}} = I^2 R_{\text{线}} = 100\text{W}$  电动机的输出功率为  $P_{\text{出}} = P - P_{\text{损}} = 1100\text{W} - 100\text{W} = 1000\text{W}$ , 1h 电动机耗电  $W = Pt = 1.1\text{kWh}$ , 转化为机械能  $E = P_{\text{出}}t = 1000\text{W} \times 3600\text{s} = 3.6 \times 10^6\text{J}$ , 电动机的效率  $= (E/W) \times 100\% \approx 90.9\%$ 。

## 第五节 磁生电

### 一、选择题

1. A
2. C 磁铁沿着与电视机天线垂直的方向走过时将产生电磁感应现象,但电路不闭合只产生感应电压。
3. C
4. C A、B 两框中的导体  $ab$  在下滑过程中,由于切割磁感线,都要产生感应电压。而 B 的电路是断开的,所以只有 A 框中有感应电流。根据右手定则,可以判定 A 框中的导体  $ab$  上有从  $a$  向  $b$  的感应电流通过。又根据左手定则,可以判断导体  $ab$  要受到竖直向上的磁场力,这个力将阻碍导体  $ab$  向下滑动,所以应选 C。

### 二、填空题

1. 定子,转子,线圈不动,磁极旋转。
2. 化学,动,动,电。

### 三、计算问答题

1. 将金属圆盘的每一条半径看成是切割磁感线的导体,这条半径与圆盘边缘、转轴以及电阻  $R$  又组成闭合电路。这样选一条进入磁场的半径,用右手定则去判断感应电流的方向易得  $R$  上的电流由左向右流。
2. 当  $cd$  向下滑动,刚好要切割磁感线,由右手定则,可以找出感应电流方向是由  $d$  流向  $c$ ,这一电流通过轨道流到  $ab$  棒上,电流方向是由  $a$  到  $b$ ,这样磁场对通有电流的  $ab$  棒产生磁力作用,再由左手定则, $ab$  受的磁场力方向为水平向右,在这个磁场力作用下  $ab$  也向右运动起来。
3. 磁铁经过导线  $ab$  上方向右运动时,相当于导线向左切割磁感线,由右手定则知感应电流由  $a$  向  $b$ ,这时电流计的指针应向右偏转。同理可知经过  $cd$  边时电流计指针向左偏转。这个现象里,消耗了机械能,获得了电能,因此是机械能转化为电能的过程。



## 第八章测试题

### 一、选择题

1. B 2. C 3. C 4. B 5. A 6. B 7. D 8. D 9. D

### 二、填空题

1. 当线圈刚越过平衡位置时, 换向器自动地改变线圈中的电流方向, 使线圈持续转动下去; 将线圈中的交流电转换成直流电输送给外电路.
2. 机械, 电; 通电线圈在磁场中受力而转动.
3. 地磁北极或地理南极附近.
4. 向上, 向上.
5. 减小, 受到.

### 三、计算问答题

1. 这段话可以这样说: “有学问的专家, 用天然磁铁来磨钢针的针尖部分, 钢针就能做成指南针. 然而指南针的指向常常是稍微偏向东方, 而不是指向正南方.” 这段话中指出了这样两个重要的物理现象: 一是钢针被天然磁铁摩擦后被磁化而具有磁性, 并且还有剩磁现象, 利用这个办法可以做成指南针; 二是指南针并不是指向正南方, 而是略微偏东, 这说明了地磁场磁偏角的存在.
2. 首先用伏特表确定这两段导线中, 哪一段靠近电源的正极. 办法是将伏特表的正接线柱与 A 导线的 C 点相接, 负接线柱与 B 导线的 D 点接触一下, 如题图 8-66 所示. 如果这时伏特表有读数, 表示 A 导线是接电源的正极; 如果这时伏特表指针反向偏转 (即偏向刻度盘零点的反方向), 表示 A 导线是接电源的负极. 其次用小磁针来确定电流的方向, 办法是将与导线平行放置的小磁针慢慢移近一段导线 (譬如 B 导线) 的下方, 如题图所示. 如果前面已用伏特表确定了 A 导线接电源的正极, 这时小磁针的 N 极又是向读者转来, 那么用安培定则可以确定电源是从 D 流向 B 的, 因为 B 接电源负极, 所以知道电源一定在导线的左方.
3. 当漆包线圈通电时, 试管内部的细铁屑被线圈电流的磁场所磁化. 这时的试管就相当于一根条形磁铁, 所以能吸引管外的铁屑. 当切断电源以后, 试管内部的铁屑仍然保留磁性, 细铁屑就像一根根很小的磁铁, 并且很整齐地排列着, 而整支试管内部的细铁屑仍然像一根条形磁铁一样, 仍能吸引试管外面的铁屑. 但是摇动一下试管以后, 试管内部保留着磁性的细铁屑的整齐排列被破坏, 变得杂乱无章, 整支试管的磁性也就消失, 所以试管外面的铁屑就纷纷落下.
4. 利用磁场对电流的作用原理就可以知道. 办法是将蹄形磁铁移近任何一只灯泡的灯丝附近, 如果发现灯丝往一边弯曲, 就说明这只灯泡就是通的直流电. 如果发现灯丝在振动, 就说明这一只灯泡通的是交流电.

5. 上水库蓄满水, 水的总体积为  $V = 8.85 \times 10^6 \text{m}^3$ , 由  $m = \rho V$  可知水的质量为  $m = 8.85 \times 10^9 \text{kg}$ . 而机械能  $E_P = mgh = 6.1 \times 10^{12} \text{J}$ . 依题意, 有 75% 的机械能转化为电能. 故每天发电量为  $E_{\text{电}} = E \times 75\% = 1.3 \times 10^6 \text{kW} \cdot \text{h}$

## 第九章 信息的传递

### 第一节 现代顺风耳——电话

#### 一、选择题

1. C 2. B 3. A  
4. B 碳粒的松紧从而改变电路中的电阻. 故相当于一变阻器.  
5. A 6. D 7. AC

#### 二、填空题

1. 依靠话务员手工操作来接线和拆线的; 通过电磁继电器进行接线; 利用了电子计算机, 按用户所拨的号码自动接通话机.  
2. 数字信号 3. 信号电流 4. 计算机 速度快 5. 频率 6. 数字电路.

#### 三、问答题

1. 话筒把声音信号变成电信号; 在另一端, 听筒把电信号变成声信号.  
2. 电话交换机

### 第二节 电磁波的海洋

#### 一、选择题

1. D 2. B  
3. C 电磁信号的能量聚集可能引燃汽油.  
4. C 无线电频谱是一种自然资源. 无线电频谱资源是有限的. 在覆盖范围内不重叠的情况下, 中国和美国可以使用相同的无线电频率.  
5. D

#### 二、填空题

1. 电磁波. 2. 电磁波可以在真空中传播.  
3.  $5.6 \times 10^2 \sim 2.0 \times 10^2$  4. 红 紫

#### 三、问答题

1. (1) 发射器部分在电视机上.  
(2) 发射器发射的电磁波. 使用伴音耳机的目的决定了发射器不应发射声波.  
2. (1) 通讯使用的是微波.  
(2) 可能是不同通讯公司微波中继站覆盖范围不同的原因.  
3. 468.75m 4. 8000m

### 第三节 电视和移动通信

#### 一、选择题

1. A 2. D 3. A 4. ABC 5. D 电离层能反射电磁波 6. ABCD

#### 二、填空题

1. 可以接收各种频率的信号 2. 图像 声音 3. 电磁波 4. 较大的基地台  
5. 无线电波 6. 频道

#### 三、问答题

1. 要完成电视音频信号和视频信号的传送,就需要先将音频信号和视频信号转化成音频电流和视频电流,而音频电流和视频电流在空间激发电磁波的能力都很差,就需要加载到频率更高的具有更好发射能力的射频电流上。  
2. 声音信息不是由导线中的电流传递,而是由空间中的电磁波来传递的。  
3. 移动电话机既是无线电发射台,又是无线电接收台,但手持移动电话体积小,发射功率不大,它的天线也简单,发射和接收的灵敏度不高。因此,它跟其他用户的通话要靠固定无线电台传播,这种固定的电台叫做基地台。  
4. 话筒、载波发生器、调制器、发射天线  
5. 接收天线、调谐器、解调器、扬声器

### 第四节 越来越宽的信息之路

#### 一、选择题

1. B 2. B 3. A

#### 二、填空题

1. 多 2. 卫星 微波 移动 3. 绕射 4. 通信卫星 中继站 3 5. 激光  
6. 光导纤维 7. 电子邮件 8. 抗干扰 9. 信息

#### 三、问答题

1. 利用微波通信是因为微波比中波和短波的频率更高,可以传递更多的信息;建立微波中继站的原因是因为微波大致沿直线传播,而地球表面是一个圆弧面。人造同步卫星则起了一个中继站的作用。  
2. 计算机可以高速处理大量信息,把计算机连在一起可以进行网络通信。  
3. 它离我们太远,信号严重衰减;时间延迟,而且两个通信方必须同时见到月亮才能完成通信。  
4. 由数条光纤一起敷上保护层制成。  
5. 该电子信箱属名叫 Min 的这个人,他的服务器的名称,这个服务器是在中国注册的。  
6. (1)画面延迟时间是因卫星和地面之间的距离比演播室和接收机之间的距离大得多,电视信号传到卫星再返回地面需要较长时间。



(2)画面延迟时间为  $t = s/v = 3.6 \times 10^4 \text{ km} \times 2 / (3 \times 10^5) \text{ km/s} = 0.24 \text{ s}$ .

## 第九章测试题

### 一、选择题

1. C 电磁波的传播速度与它的波长和频率都没有关系.  
2. B 3. A 4. B 5. D 电视属于微波波段. 6. D 7. D 8. A 9. C 10. A

### 二、填空题

1. 把电信号加到高频振荡电流上.  
2. 因为电磁波的传播也要有时间.  
3. 相同频率 4. 频率 5. 是用来接收卫星信号的.

### 三、问答题

1. (1) 17L (2) 1200W 或者 1050W (3) 程序控制.  
2. (1) 略 (2)  $0.32 \text{ m} - 0.31 \text{ m}$  (3) 频道越高, 波长越短.

[ G e n e r a l I n f o r m a t i o n ]

书名 = 奥赛王牌精解 初二物理

作者 = 周青松主编

页数 = 386

SS号 = 11691521

出版日期 = 2004年08月第1版

## 前言

## 目录

|     |                |
|-----|----------------|
| 第一章 | 声现象            |
|     | 第一节 声音的产生与传播   |
|     | 第二节 我们是怎样听到声音的 |
|     | 第三节 声音的特性      |
|     | 第四节 噪声的危害和控制   |
|     | 第五节 声音的利用      |
|     | 第一章测试题         |
| 第二章 | 光现象            |
|     | 第一节 光的传播 颜色    |
|     | 第二节 光的反射       |
|     | 第三节 平面镜        |
|     | 第四节 光的折射       |
|     | 第五节 看不见的光      |
|     | 第二章测试题         |
| 第三章 | 透镜及其应用         |
|     | 第一节 透镜         |
|     | 第二节 生活中的透镜     |
|     | 第三节 凸透镜成像规律    |
|     | 第四节 眼睛和眼镜      |
|     | 第五节 显微镜和望远镜    |
|     | 光学“黑盒子”问题      |
|     | 第三章测试题         |
| 第四章 | 物态变化           |
|     | 第一节 温度计        |
|     | 第二节 熔化和凝固      |
|     | 第三节 汽化和液化      |
|     | 第四节 升华和凝华      |
|     | 第四章测试题         |
| 第五章 | 电流和电路          |
|     | 第一节 电流和电路      |
|     | 第二节 串联和并联      |
|     | 第三节 电流的强弱      |

第四节 探究串、并联电路中电流的规律

第五节 家庭用电

第五章测试题

第六章 欧姆定律

第一节 电压

第二节 探究串联电路中电压的规律

第三节 电阻

第四节 欧姆定律

第五节 测量小灯泡的电阻

第六节 欧姆定律和安全用电

第六章测试题

第七章 电功率

第一节 电能

第二节 电功率

第三节 实验：测量小灯泡的电功率

第四节 电和热

第五节 电功率和安全用电

第七章测试题

第八章 电与磁

第一节 磁场

第二节 电生磁

第三节 电磁继电器 扬声器

第四节 电动机

第五节 磁生电

第八章测试题

第九章 信息的传递

第一节 现代顺风耳——电话

第二节 电磁波的海洋

第三节 电视和移动通信

第四节 越来越宽的信息之路

第九章测试题

参考答案