

与人教版·全日制普通高级中学教科书（试验修订本·必修加选修）·同步配套

新教材导学

（高中二年级·下学期用）

物理

第二册

新教材研究室 编著



WULI



中央民族大学出版社

开卷有益
创新求实

费孝通



二〇〇五年六月

前 言

《新教材导学》丛书是配套 2000 年秋季开始正式使用的人教版最新初、高中教材而编写的辅导与练习丛书。这套教材有着鲜明的时代气息和浓厚的创新意识,并具有很强的科学性和基础性。本丛书较好地体现了最新大纲的精神,且与最新教材的内容和进度同步,既重视了基础知识和基本技能的落实,又照顾到了优等生拓宽拔高的需要。整套丛书的编写强调了科学性与应用性的统一,旨在帮助学生掌握系统的基础知识,训练有效的学习方法,培养思维能力、应用能力和创新能力,全面提高学生的综合素质。

本书《物理·新教材导学》(第二册)主要分为“知识精讲”和“能力训练”两大部分。

一、“知识精讲”主要有四个栏目:

【**重点难点**】 简要地说明本节内容的重点和难点,帮助学生抓住主要的东西。

【**学法指导**】 主要是对本节教材中的知识点进行精要的阐述和说明,力求使学生对物理概念的内涵和外延,对物理规律的内容与数学表达式以及适用条件等,有较为全面准确的认识和理解,为正确应用知识打好基础。

【**易错点评**】 针对学生易错之处进行重点的点评。

【**巧学妙思**】 主要是通过对典型例题的精讲与方法点拨,启发思维,拓宽视野,提高应用知识的本领,形成正确的解题思路。

二、“能力训练”主要有两个栏目:

【**双基过关**】 是编者精心选编的基础训练题,其中无偏题、怪题,难度适中,这部分练习题既可以用于当堂巩固练习,也可以用于同学自行检测学习目标的达标程度。

【**拔高挑战**】 是编者选编的相对而言难度较大或综合程度较高的题目。它对培养学生的思维能力,分析问题和解决问题能力,以及应用数学解决物理问题的能力都具有重要作用,取名拔高挑战,意在激励学生。

各章综合检测试题以及期中 and 期末综合检测试题以及高二毕业会考综合检测试题采用标准题型,便于学生进行阶段自测和考前热身。

书后集中附有训练题和检测题的参考答案及解题思路点拨,便于练习后及时反



馈;也可将答案预先统一撕掉,以供老师们在课堂上统一讲用。

参加本书编写工作的全部都是亲自教过这套新教材(实验本)而且教学成绩优秀的教师,他们把教学这套新教材中的丰富经验融入了本书的编写工作中,更增加了本书的实用性和科学性。

我们真诚地希望本丛书能成为广大新教材学习者的良师益友,同时也恳请广大师生批评指正。

编 者

2002 年 7 月

目 录

第十五章 恒定电流 (1)

第一节 欧姆定律 (1)

第二节 电阻定律 电阻率 (6)

第三节 电功和电功率 (8)

第四节 闭合电路欧姆定律 (11)

第五节 电压表和电流表 (18)

第六节 电阻的测量 (22)

第七节 电路分析专题 (27)

第八节 实验专题 (34)

第十五章综合检测试题(A卷) (51)

第十五章综合检测试题(B卷) (54)

第十六章 磁场 (57)

第一节 磁场 磁感线 (57)

第二节 安培力 磁感应强度 (61)

第三节 电流表的工作原理 (69)

第四节 磁场对运动电荷的作用 (73)

第五节 带电粒子在磁场中的运动 质谱仪 (81)

第六节 回旋加速器 (92)

第十六章综合检测试题(A卷) (99)

第十六章综合检测试题(B卷) (101)

第十七章 电磁感应 (104)

第一节 电磁感应现象 (104)

第二节 法拉第电磁感应定律
——感应电动势的大小 (112)

第三节 楞次定律
——感应电流的方向 (119)

第四节 楞次定律的应用	(122)
第五节 自感	(133)
第六节 日光灯原理	(138)
第十七章综合检测试题(A卷)	(140)
第十七章综合检测试题(B卷)	(142)
期中综合检测试题	(146)
第十八章 交变电流	(150)
第一节 交变电流的产生和变化规律	(150)
第二节 表征交变电流的物理量	(154)
第三节 电感和电容对交变电流的影响	(158)
第四节 变压器	(161)
第五节 电能的输送	(167)
第六节 三相交变电流	(172)
第十八章综合检测试题	(176)
第十九章 电磁场和电磁波	(179)
第一节 电磁振荡	(179)
第二节 电磁振荡的周期和频率	(182)
第三节 电磁场	(186)
第四节 电磁波	(187)
第十九章综合检测试题	(189)
高二毕业会考模拟试题	(192)
附录:能力训练与综合检测试题参考答案	(195)

第十五章

恒定电流

第一节 欧姆定律

知识精讲



【重点难点】

重点:欧姆定律,伏安特性曲线.

难点:对 $R = \frac{U}{I}$ 的理解,电流 I 的微观表达式.



【学法指导】

1. 电流形成的原因

要在原有静电场知识的基础上系统地理解记忆形成电流的原因:

导体两端的电势差 $\rightarrow$ 电场 $\rightarrow$ 自由电荷受力

$\rightarrow$ 定向移动 $\left\{ \begin{array}{l} \text{正电荷从高电势向低电势} \\ \text{负电荷从低电势向高电势} \end{array} \right\} \rightarrow$ 电流

从而知道形成电流的条件——导体两端有电势差;理解我们为什么对电流方向进行规定;知道有电流通过导体时,导体内部电场强度不为零,导体也不是等势体,这是与静电场中达到静电平衡的导体的区别.

2. 注意电流强度虽然既有大小也有方向,但是标量

标量的方向跟矢量的方向,在本质上的区别是:矢量的方向若改变,该量所决定的或与其有关的效果就必然改变,标量则不然.如电流强度,它的方向改变与否就不会影响到灯泡发光,不会改变电炉丝发热效果.

3. 重视“思考与讨论”

课文后面的“思考与讨论”不仅可以加深对电流的理解,更重要的是其推导过程中所使用的方法,所需要的能力,对今后的学习、实际问题的处理,乃至高考,都是非常重要的.本书将在【拔高与挑战】中给一个参考答案.

4. 对 $I = \frac{q}{t}$ 的理解,应注意两点

(1) q 的意义是:在 t 时间内通过横截面的总电量,若是正、负两种电荷同时定向移动而形成电流,则 q 是通过导体横截面的两种电荷电量的和.

(2) 要想到我们以前描述物体运动快慢而学习的速度 ($v = \frac{s}{t}$),单位时间内物体通过的位移;为了比较压力作用的效果而学习的压强 ($P = \frac{F}{S}$),单位面积上受到的压力;为描述速度变

化的快慢而学的加速度 ($a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$),单位时间内速度的变化量;类似的物理量还有密度 (ρ)、电容等,从而体会我们物理学在比较、认识事物时的基本方法.

5. 电流速度与电荷定向移动速度的区别

电流传导速度是电场的传播速度 $v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$,而电荷定向移动速度却很小,大约是 $7 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.电流传得快,其实就是在一瞬间内电场使导体内首尾的自由电荷几乎是同时运动起来了.这就好比是很长的队伍,在指挥官的口令下,排首排尾同时向前进.

6. 欧姆定律

欧姆定律初中就学过,现在又学,应当注意这两次学习的区别,本章好多知识都是如此.两次学习的不同就在于要求程度,高中要求理解要深广,应用更灵活,因此应注意以下几点:

(1) 欧姆定律是部分电路的, I, U, R 都是对同一段导体(或同一部电路)而言的,切不可张冠

李戴,瞎套公式.

(2)定律只适用于纯电阻电路,对含有电动机、电源等非纯电阻电路不适用.

(3)对 $R = \frac{U}{I}$,要知道其意义是 $\frac{U}{I}$ 的比值反映导体对电流阻碍作用的强弱.我们可以用 $R = \frac{U}{I}$ 来计算导体电阻 R 的大小,但不是“导体电阻与导体两端的电压成正比,与通过导体的电流强度成反比.”在一定条件下(温度不变),导体电阻值是个定值,电阻是导体的固有属性.

7. 关于 $I-U$ 图线

$I-U$ 图线在初中不学而现,现在学,一个重要的原因就是:要求学生会用图线这个和解析公式同等重要的研究方法.

用横轴表示电压 U ,纵轴表示电流 I ,画

出的 $I-U$ 关系图线叫做导体的伏安特性曲线,它直观反映出导体中电压与电流的关系,如图 15.1-1 所示:直线的斜率,代表电阻的倒数, $\tan \theta$

$$= \frac{I}{U} = \frac{1}{R}$$

$$\therefore R_1 > R_2$$

凡是 $I-U$ 图线是直线的元件都叫“线性元件”,反之, $I-U$ 图线是曲线的叫“非线性元件”.



【易错点评】

1. 关于电流:

最易出错的地方在电荷定向移动的方向跟电流方向之间的关系上.应注意到,电荷既有正电荷,也有负电荷,而我们规定的是正电荷定向移动方向为电流方向.对由负电荷定向移动而形成的电流,如金属导体中的电流,就是电流方向跟电荷定向移动方向相反.

2. U 、 I 、 R 的同一性

用甲导体(或电路)的电压 U ,而又用乙导体(或电路)的 I ,代入公式 $R = \frac{U}{I}$ 进行计算.此点是忘了欧姆定律的 U 、 I 、 R 是对同一段导体(或电

路)的.

3. 图线 $I-U$ 的意义

对 $I-U$ 图线或 $U-I$ 图线,不仔细辨认纵轴与横轴各代表什么,以及由此对应的图线斜率的具体意义,就进行分析比较,往往搞颠倒.



【巧学妙思】

用 $I = \frac{q}{t}$ 解答求电流强度的题目,科学的思维程序是:先选定横截面,搞清是一种电荷还是两种电荷定向移动形成电流,从而确定 q 的大小,再应用公式 $I = \frac{q}{t}$ 计算.

【例 1】在电解液中,若 5 秒内沿相反方向向通过面积为 0.5 平方米的横截面积的正负离子的电量均为 5 库仑,则电解液中的电流强度为多少安培?

分析解答:因 $I = \frac{q}{t}$ 中的 q 是通过横截面的总电量,并非单位面积内通过的电量,故题中所给的 0.5 平方米这个量,就是一个干扰因素.由于电解液中,正负电荷(离子)沿相反方向定向移动形成的电流方向是相同,所以 q 应为正、负离子电量绝对值之和,即: $q = 2 \times 5 \text{ 库仑} = 10 \text{ 库仑}$.

$$I = \frac{q}{t} = \frac{10}{5} \text{ 安} = 2 \text{ 安}$$

【例 2】[1992 年全国高考题]两电阻 R_1 、 R_2 的电流 I 和电压 U 的关系图线如图 15.1-2 所示,可知两电阻的大小之比 $R_1:R_2$ 等于: ()

A. 1:3 B. $1:\sqrt{3}$ C. 3:1 D. $\sqrt{3}:1$

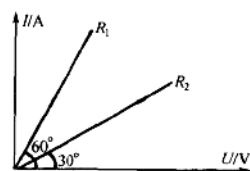


图 15.1-2

分析解答:在 $I-U$ 图象中斜率的倒数表示电阻,即: $\tan 30^\circ = \frac{1}{R_2}$ $\tan 60^\circ = \frac{1}{R_1}$ 所以 $R_1:R_2 = 1/\tan 60^\circ : 1/\tan 30^\circ = 1:3$.

答案:A

总结:解答此类题目,一定要先看准纵横两轴分别代表什么,然后才能确定图线斜率 K 的物理意

义,究竟是 $K=R$, 还是 $K=1/R$, 这点是解题的关键.

【例 3】一电子沿一圆周顺时针高速转动, 周期为 10^{-10} 秒, 则可等效为电流强度是多大的环形电流?

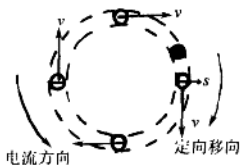


图 15.1-3

分析解答: 在电子绕转的圆周上, 电荷转动的方向始终不变, 或顺时针, 或逆时针, 可认为是电荷在定向移动, 从而形成电流. 如图 15.1-3 所示. 现选取一横截面如图中 S, 则在 1 秒内通过 S 的电量是电子通过的次数 n 跟电子电量 e 的乘积.

$$n = \frac{t}{T} = \frac{1\text{S}}{10^{-10}\text{S}} = 10^{10}\text{次}$$

$$q = ne = 10^{10} \times 1.6 \times 10^{-19}\text{库仑}$$

$$= 1.6 \times 10^{-9}\text{库仑}$$

$$I = \frac{q}{t} = \frac{1.6 \times 10^{-9}}{1}\text{A} = 1.6 \times 10^{-9}\text{A}$$

【例 4】某电压表的量程是 15V, 一导体通以 2mA 电流时, 两端电压是 1.6V, 现给此导体通以 20mA 的电流时, 能否用这个电压表去测量导体两端的电压?

分析解答: (1) 根据题目给出的已知条件电压表的数值, 可求出导体的电阻, 当该导体通以 20mA 电流时, 根据部分电路欧姆定律求出此时加在该导体两端的电压, 如果导体两端的电压大于电压表的量程, 就不能用这个电压表测量导体两端的电压, 如果导体两端电压小于或等于电压表量程, 就可以用这个电压表去测量导体两端的电压.

$$\text{当 } U_1 = 1.6\text{V}, I_1 = 2\text{mA}, \text{ 时, } R = \frac{U_1}{I_1} = \frac{1.6}{2 \times 10^{-3}}\Omega = 800\Omega$$

$$\text{当 } I_2 = 20\text{mA} \text{ 时, } R \text{ 不变, 则 } U_2 = I_2 R_2 = 20 \times 10^{-3} \times 800\text{V} = 16\text{V}$$

所以不能用此电压表去测量该导体两端的电压.

(2) 由于导体电阻不随其电压与电流的变化而

变化, 所以有: $\frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2}$, $U_2 = \frac{I_2}{I_1} U_1 = \frac{20 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}} \times 1.6\text{V} = 16\text{V}$

总结: 解法 2 明显比解法 1 简明, 而能够想到解法 2, 其根本原因还在于对欧姆定律和 $R = \frac{U}{I}$ 的深刻理解.

【例 5】如图 15.1-4, A、B

两端电压 U_{AB} 为

20V, $R_1 = 10\Omega$, R_2

$= 30\Omega$, 当开关 S 断

开时, C、D 两端电

压 U_{CD} 为 ()

A. 20V B. 15V C. 5V D. 0

图 15.1-4

分析解答: 此题最易错选 D 答案, 犯此错误的原因在于, 盲目套用公式 $U = IR$, 认为 K 断开 $I = 0$, 所以 $U_{CD} = 0$. 其实, 当电路无电流时, R_1 、 R_2 是导体的本质没有变, $U_C = U_A$, $U_D = U_B$, 即: $U_{CD} = U_{AB} = 20\text{V}$.

答案: A

能力训练



【双基过关】

一、选择题

- 下列叙述中正确的有 ()
 - 只要电荷运动就一定形成电流
 - 持续电流就是恒定电流
 - 导体中没有电流时, 则它两端电压一定为零
 - 导体两端存在电压时, 导体中一定有恒定电流
- 满足下面哪一个条件就产生电流? ()
 - 有自由电子
 - 导体两端有电势差
 - 任何物体两端有电势差
 - 导体两端有恒定电压
- 在一段东西向的导电材料中, 每秒钟有 0.6C 正电荷向东移动, 又有 0.4C 负电荷向西移动, 则导电材料中的电流强度是 ()
 - 0.4A
 - 0.6A
 - 0.2A
 - 1.0A
- 下列说法中正确的是 ()

- A. 由 $R = U/I$ 知道,一段导体的电阻跟它两端的电压成正比,跟通过它的电流强度成反比
- B. 由 $I = \frac{U}{R}$ 知道,通过一段导体的电流强度跟加在它两端的电压成正比
- C. 比较几只电阻的 $I-U$ 图可知,电流变化相同时,电压变化较小的图线属于阻值较大的那个电阻的
- D. 导体电流越大,电阻就越小
5. 当导体两端电压为零时,下列说法正确的是 ()

- A. 导体的电阻可能为零,而电流不为零
- B. 导体的电流为零,电阻不一定为零
- C. 导体的电阻和电流一定都为零
- D. 导体的电阻和电流可以都不为零

6. 有 A、B、C、D 四只电阻,它们的 $U-I$ 关系如图 15.1-5 所示,则图中电阻最大的是 ()
- A. a B. b C. c D. d

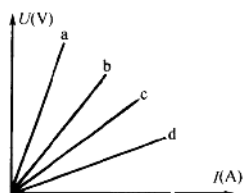


图 15.1-5

7. 欧姆定律不适用于 ()
- A. 金属导电 B. 电解液导电
- C. 稀薄气体导电 D. 气体导电
8. 已知用电器 A 的电阻是用电器 B 的电阻的 2 倍,加在 A 上的电压是加在 B 上的电压的一半,那么通过 A 和 B 的电流强度 I_A 和 I_B 的关系是 ()
- A. $I_A = 2I_B$ B. $I_A = I_B/2$
- C. $I_A = I_B$ D. $I_A = I_B/4$

9. 以下说法正确的是 ()
- A. 当有电流通过导体时,导体内部场强处处为零
- B. 金属导体内的持续电流是自由电子在电场力作用下形成的
- C. 电流传导的速率就是导体内自由电子的定向移动速率
- D. 金属导体内的自由电子在定向移动时热运动就消失了

10. 关于电流强度,下面说法正确的是 ()

- A. 根据 $I = \frac{q}{t}$ 可知 I 与 q 成正比
- B. 在国际单位制中电流强度的单位有: A, mA, μ A 三种
- C. 不是直流电,则必不是恒定电流
- D. 电流强度有大小也有方向,是矢量

二、填空题

11. 加在某段导体两端的电压变为原来的 $1/3$ 时,导体中的电流强度就减小 0.6 安;如果所加电压变为原来的 2 倍,则导体中电流强度将变为 _____
12. 一电阻在 2 秒内经过横截面的电量为 4 库仑,在它两端的电压是 50V,则电阻的阻值为 _____ 欧姆.
13. 在示波器的示管中,当电子枪射出的电流达到 5.6μ A 时,每秒钟从电子枪发射的电子数目有 _____ 个,电流方向是 _____ . (已知电子电量 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)
14. 电子绕核运动可等效成一个环形电流,氢原子中的电子以速率 v 在半径为 r 的轨道上运动,用 e 表示电子电量,则其等效电流强度等于 _____ .

三、作图、计算题

15. 有一个电阻器,测得其电流强度和电压值如下:

I (A)	0.5	1.0	2.0	4.0
U (V)	2.18	4.36	8.72	17.44

画出该电器的 $U-I$ 图线,此电阻器是否遵守欧姆定律? 该电阻器的电阻是多少?

16. 加在导体两端的电压增加原来的 $\frac{1}{3}$ 倍时,导体中的电流强度增加 0.2A,求导体上的电压增为原来的 2 倍时,通过导体的电流强度.



【拔高挑战】

对电流强度 $I = nqvS$ 的推导: 设导体中的自由电荷定向移动速率为 v

每个自由电荷的带电量是 q

导体的横截面积是 S

单位体积内电荷数为 n

由导体导电的微观模型, 做图如 15.1-6 所示: 选取一横截面 S 则在一定时间 t 内通过 S 截面的电荷数就是长为 $l (=v \cdot t)$ 的导体内的电荷数, 多少是 $v \cdot t \cdot S \cdot n$, 电量是 $v \cdot t \cdot S \cdot n \cdot q$

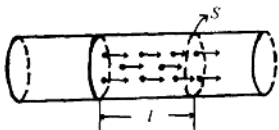


图 15.1-6

根据 $I = \frac{Q}{t}$, 可得 $I = \frac{v \cdot tS \cdot nq}{t} = vnSq$

点评: 上面的推导, 其结果是重要的, 它告诉了电流大小是由什么微观量决定的. 而推导过程中使用的取截面, 设量的方法, 纯代数运算能力, 更是处理实际问题的基本能力. 下面通过一道高考题来具体体会一下.

【例 6】[1998 年全国高考题] 来自质子源的质子(初速度为零), 经一加速电压为 800KV 的直线加速器加速, 形成电流强度为 1mA 的细柱形质子流, 已知质子电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{C}$, 这束质子流每秒打到靶上的质子数为 _____, 假定分布在质子源到靶之间的加速电场是均匀的, 在质子束中与源相距 l 和 $4l$ 的两处, 各取一段极短的相等长度的质子流, 其中质子数分别为 n_1 和 n_2 , 则 $\frac{n_1}{n_2} = \underline{\hspace{2cm}}$.

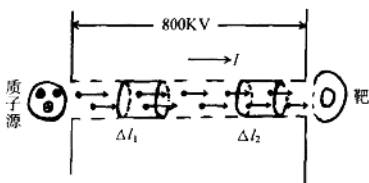


图 15.1-7

分析解答: 本题在当年是失分率很高的一道题.

解答此题, 首先是头脑里有形成电流的微观模型, 其次是依据模型做出题目所述的物理情景的图示, 如图 15.1-7.

显然每秒打到靶上的质子数, 就是在 1 秒时间内通过靶前截面的电荷数(说明: 质子是带正的电荷)

设通过 n 个电荷(质子), 则有

$$Q = ne = It = 1.0 \times 10^{-3} \times 1 \text{C} = 1.0 \times 10^{-3} \text{C}$$

$$n = \frac{1.0 \times 10^{-3}}{e} = \frac{1.0 \times 10^{-3}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{15} (\text{个})$$

在距质子源分别为 l 和 $4l$ 的两处选取 Δl_1 和 Δl_2 , 由于 Δl_1 和 Δl_2 极短, 可认为其内质子分布是均匀的.

设 Δl_1 内质子速度为 v_1 , 在 t 时间内通过横截面的电荷电量就是 $v_1 \cdot t \cdot n_1 \cdot e$, (注意 n_1 是单位长度内的电荷数, 不像前面推导 $I = nqsv$ 中的 n 是单位体积内的电荷数) 由 $I = \frac{Q}{t}$, 可得

$$I = n_1 v_1 e$$

同理: Δl_2 内 $I = n_2 v_2 e$

$$\text{即: } \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

又, 质子从源到靶是做匀加速直线运动, 且初速度为零. 故有:

$$v_1^2 = 2al \quad v_2^2 = 2a4l$$

$$\text{将上两式代入前式就得 } \frac{n_1}{n_2} = \frac{\sqrt{2a4l}}{\sqrt{2al}} = \frac{2}{1}$$

本题的加速电压 800KV, 只对我们完整了解题述物理情景有用, 对实际运算没用. 对于不清楚电流形成微观模型的同学, 这 800KV 的具体数值就是极强的“干扰因素”.

练习题

17. 铜的原子量为 m , 密度为 ρ , 每摩尔铜原子有 n 个自由电子, 今有一根横截面积为 S 的铜导线, 当通过的电流为 I 时, 电子平均定向移动的速率是多大?

第二节 电阻定律 电阻率

知识精讲



【重点难点】

重点:定律内容和电阻率以及它们的灵活应用

难点:电阻率 ρ 的物理意义



【学法指导】

1. 区分 $R = \frac{U}{I}$ 与 $R = \rho \frac{L}{S}$

前者是电阻的定义量度式,反映导体对电流的阻碍作用的大小,但 R 与 U 、 I 无关;后者是电阻 R 的决定式,表明了决定电阻大小的因素有 ρ 、 L 、 S 。

2. 电阻率 ρ 的意义

各种材料的电阻率在数值上等于该材料制成的长度为 1m 、横截面积为 1m^2 的导体的电阻。 ρ 的单位是欧姆米,各种材料的电阻率都随温度而变化,金属的电阻率随温度的升高而增大。

电阻率的值虽然是在规定导体粗细的基础上算出,但它不随导体长度与粗细而变,是材料的属性,材料确定 ρ 值就确定。

3. 半导体和超导现象

这些内容课本篇幅很长但又无具体的习题,也应当给以足够的重视,它们的独特特性具有重要的实际意义:

半导体的导电性质介于导体和绝缘体之间,电阻率不是随温度的增加而增加,反而随温度的增加而减少。这个称为热敏性,它的另外一些性质:光敏性、掺杂性,都在实际生产科学技术上有广泛的应用。正是半导体使电子元件从电子管走向晶体管,再走向集成电路,在现代科学技术中发挥了重要的作用。

超导现象:当温度降低到绝对零度附近时,某些材料的电阻率突然减少到零的现象。能够发生超导现象的物质称为超导体。

超导体的应用具有十分诱人的前景,主要利

用它的无阻性,产生强大电流和极小的热损失,是现代物理科学发展的前沿。应当除详细阅读课文外,再查找一些资料看,以充实这方面的认识。

注意转变温度的意义:材料由正常状态转变为超导状态的温度,且为突变。



【易错点评】

导体的电阻与其长度和横截面积有关,有些导体发生改变时,其长度和横截面积有彼此制约的关系,切不可忽视了。例如:

【例 1】一段电阻丝,现将其拉长为原来的 2 倍,则拉长后电阻是拉前的____倍。

误解:因导体长度变为原来的 2 倍,根据 $R = \rho \frac{L}{S}$ 得电阻是原来的 2 倍。

正解:电阻丝在拉长的同时,其横截面积必然在减小,长度若是原来的 2 倍,则横截面积就是原来的 $\frac{1}{2}$,因为电阻丝的体积是一定的($l_1 S_1 = l_2 S_2$)。依据 $R = \rho \frac{L}{S}$ 可得电阻丝电阻变为原来的 4 倍。



【巧学妙思】

导体的电阻跟其长度成正比,跟其横截面积成反比,所以在横截面积不变的条件下,其电阻值就跟其长度惟一对应。我们的滑线变阻器就利用这一点来实现电阻的变化。在实际的问题上它更能给我们以方便,使问题得以巧妙解决。

【例 2】在相距 $L\text{Km}$ 的 A B 两地架有两条输电线,电阻共为 $R\Omega$,现在 AB 间的某处发生短路,你用什么方法可在 A 地就确定短路处距 A 地有多远? 需要什么仪器?

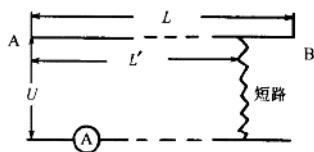


图 15.2-1

分析解答:导线电阻跟其长度成正比,若能测出其电阻值,则可知道长度。现画物理情景示意如图 15.2-1 图所示,由图可看出,只要在 A 处两线间加一电压 U ,并测出其电流值,我们就可由欧姆定律

算出电阻值,故需要一个已知输出电压 U 的电源,一个电流表,设其测出的电流为 I ,则:

$$R' = \frac{U}{I} \quad \frac{R'}{R} = \frac{\rho \frac{L'}{S}}{\rho \frac{L}{S}} = \frac{L'}{L} \quad L' = \frac{R'}{R} L = \frac{U}{IR} L$$

【例3】如图 15.2-2 所示, P 为一块均匀的半圆形合金电阻薄片,先将它按图甲的方式接在电极 A、B 之间,测得它的电阻为 R ,然后再将它按图乙的方式接在电极 C、D 间,求此时 P 的电阻值.

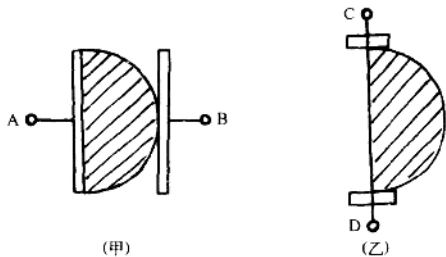


图 15.2-2

分析解答:由题给出的条件可知,此导体的特点是形状的特殊——不是我们习惯的细圆柱形,不能考虑用公式 $R = \rho \frac{L}{S}$ 来直接求解,但它的形状又是我们非常熟悉的圆的一半,具有规则性与对称性,因此我们就可以根据 $R = \rho \frac{L}{S}$ 的道理,巧妙求解.下面给出几种解法.

解法 1:用等效法求解

将图甲中的半圆等效为横截面积为 S ,长度为 L 的导体,其电阻值是 $R = \rho \frac{L}{S}$,那么图乙的半圆导体的横截面积就是 $\frac{1}{2}S$,长度就是 $2L$ 于是 $R' = \rho \frac{2L}{\frac{1}{2}S} = 4\rho \frac{L}{S} = 4R$

解法 2:用补缺法求解

在图甲中,设想把半圆合金片补成一个整圆片,其总电阻显然就是两个半圆合金片阻值的串联,即 $R_{\text{总}} = 2R$,在图乙中也设想把所缺半圆合金片补成整圆片,其总电阻值也是 $2R$,但这补缺后的总阻 $2R$ 是两个半圆片的并联,即 $\frac{1}{2}R' = 2R, R' = 4R$

解法 3:用分割法求解

图甲可以分割成两 $\frac{1}{4}$ 圆片,且是并联,那么每个 $\frac{1}{4}$ 圆片的电阻就是 $2R$.同理,图乙可以看成是两个 $\frac{1}{4}$ 圆片的串联,则总电阻 $R' = 2 \times 2R = 4R$.

能力训练



【双基过关】

一、选择题

1. 将一根粗细均匀的电阻丝截成长度相等的三段,再将它们并联起来,测得阻值为 3Ω . 那么,电阻丝原来阻值为 ()
A. 9Ω B. 8Ω C. 27Ω D. 3Ω
2. 有 I、II 两根不同材料的电阻丝,长度之比为 $l_1:l_2 = 1:5$,横截面积之比为 $S_1:S_2 = 2:3$,电阻之比为 $R_1:R_2 = 2:5$,外加电压之比为 $U_1:U_2 = 1:2$,则它们的电阻率之比为 ()
A. $2:3$ B. $4:3$ C. $3:4$ D. $8:3$
3. 下面关于电阻率的正确说法是 ()
A. 电阻率与导体的长度、横截面积有关
B. 电阻率表征了导体导电能力的强弱,与温度有关
C. 电阻率大的导体,电阻一定大
D. 金属电阻率在任何温度下都不可能为零
4. 一只“220V, 110W”的灯泡工作时电阻为 484Ω ,拿一只这种灯泡来测量它不工作时的电阻应是 ()
A. 等于 484Ω B. 大于 484Ω
C. 小于 484Ω D. 无法确定
5. 关于导体和绝缘体的下列说法中,错误的是 ()
A. 导体对电流的阻碍作用等于零
B. 自由电子通过导体时,仍受阻碍
C. 绝缘体接在电路时,有极小的电流通过
D. 绝缘体内没有自由电子
6. 一段粗细均匀的镍铬丝,横截面的直径是 d ,电阻是 R ,把它拉制成直径为 $d/10$ 的均匀细丝后,它的电阻变成: ()
A. $R/10000$ B. $R/100$ C. $100R$ D. $10000R$

7. 如 15.2-3 图所示滑动变阻器示意图, 下列说法正确的是 ()

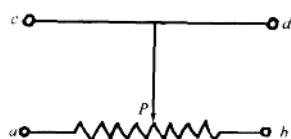


图 15.2-3

- A. a 和 b 接入电路时, P 向右移动电阻增大
 B. b 和 d 接入电路时, P 向右移动电阻减小
 C. b 和 c 接入电路时, P 向右移动电阻减小
 D. a 和 d 接入电路时, P 向右移动电阻增大
8. 金属铂的电阻率对温度的变化非常“敏感”图 15.2-4 的 $U-I$ 图中可能表示金属铂电阻的 $U-I$ 图线的是 ()

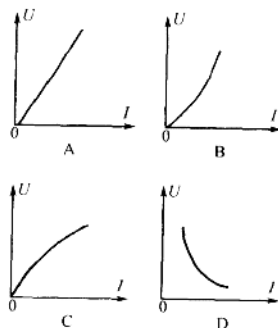


图 15.2-4

9. 一个标有“220V, 60W”的白炽灯泡, 加上的电压 U 由 0 逐渐增大到 220V, 在此过程中, 电压 U 和电流 I 的关系可用图线表示在图 15.2-5 中所示的四个图线中, 肯定不符合实际的是 ()

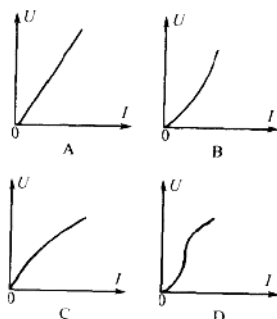


图 15.2-5



【拔高挑战】

10. 在横截面积为 S 的粗细均匀的导体中流过恒定电流 I , 导体材料的电阻率为 ρ , 导电电荷的电量为 e , 则电荷在导体中运行时所受到的电场力是多少? (提示: 选取一节导体进行研究, $R = \rho \frac{L}{S}$, 而 $\frac{U}{L}$ 是电场强度)

第三节 电功和电功率

知识精讲



【重点难点】

重点: 电功、电功率、焦耳定律

难点: 区分电功和电热

区分额定功率与实际功率



【学法指导】

1. 公式的适用条件

对公式 $W = UIt$ 及 $P = UI$, 可利用欧姆定律推导出:

$$W = UIt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

此时应清楚, 由于欧姆定律只适用于纯电阻电路, 所以推出的公式 ($W = I^2 R t = U^2 / R t$, $P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$) 也就只适用于纯电阻电路. 而原公式 $W = UIt$ 及 $P = UI$ 却是普遍适用的.

2. 区分电功与电热

电功是电能转化成其它形式能的量度, 即电功表示电流通过导体时转化为其它形式能的电能有多少; 电热是电流通过导体时转化为内能的

电能是多少,二者是不同的物理量.电流通过导体时产生热量,只是电流做功的方式之一,只有在纯电阻电路里电流做的功才全部转化为热(内能).即: $W = Q$.在非纯电阻电路里,如电动机,电流通过时做的功主要是将电能转化成机械能,即: $W = Q + E_{\text{机}}$,因此计算电热,首选公式是 $Q = I^2 R t$.

3. 区分额定功率和实际功率

正常工作时功率是额定功率,其两端电压必然是额定电压,通过的电流也必然是额定电流,即: $U_{\text{额}}$ 、 $I_{\text{额}}$ 、 $P_{\text{额}}$ 是同时达到的.若三者之中有一个不是额定,其余两个也必不是额定.实际工作时功率是实际功率.若实际加在电器两端的电压 $U_{\text{实}} > U_{\text{额}}$,则 $P_{\text{实}} > P_{\text{额}}$, $I_{\text{实}} > I_{\text{额}}$,此时有损坏电器的危险.若 $U_{\text{实}} < U_{\text{额}}$,则 $P_{\text{实}} < P_{\text{额}}$, $I_{\text{实}} < I_{\text{额}}$,电器发挥的功率偏小.

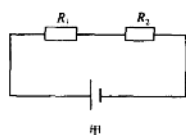


【易错点评】

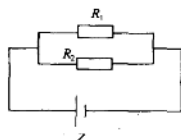
1. 功率和电阻的关系

根据 $P = I^2 R$,认为功率和 R 成正比,或由 $P = U^2 / R$,认为 P 与 R 成反比.此错误出在前提条件的不明确.在 U 不变时,电阻的功率与 R 成反比;在 I 相同时, P 与 R 成正比.

【例1】将 $R_1 = 4\Omega$ 与 $R_2 = 8\Omega$ 的两个电阻,分别串联和并联接入 12V 的电源上,各消耗的功率是多少?



甲



乙

图 15.3-1

分析解答:作图如 15.3-1, R_1 和 R_2 串联时, I

$$= \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{12}{4 + 8} \text{ A} = 1 \text{ A}$$

$$P_1 = I^2 R_1 = 1 \times 4 \text{ W} = 4 \text{ W}$$

$$P_2 = I^2 R_2 = 1 \times 8 \text{ W} = 8 \text{ W} \quad P_2 = 2P_1$$

R_1 和 R_2 并联时, $U_1 = U_2 = 12 \text{ V}$

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R_1} = \frac{12^2}{4} \text{ W} = 36 \text{ W} \quad P_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{12^2}{8} \text{ W} = 18 \text{ W}$$

$$P_1 = 2P_2$$

2. 电动机的功

电流通过电动机做功时,产生的热能只占电

功的一部分;电机两端的电压,通过电机的电流 I 及线圈电阻 R ,三者不遵守欧姆定律;切不可乱用

$$P = \frac{U^2}{R} = I^2 R \text{ 公式.}$$

【例2】直流电动机线圈电阻为 R ,当电动机正常工作时,通过的电流为 I ,电动机两端电压是 U ,则电动机的热功率为 _____;消耗功率为 _____,对外输出功率为 _____.

错解:电动机热功率 $P_{\text{热}} = \frac{U^2}{R}$

电动机消耗功率等于热功率, $P_{\text{消}} = \frac{U^2}{R}$

对外输出功率 $P_{\text{出}} = P_{\text{热}} + P_{\text{消}} = 2 \frac{U^2}{R}$

正解:电动机不是纯电阻电路,所以 $I = \frac{U}{R}$ 不再适用(因线圈电阻而降低的电压远小于 U),所以热功率应是 $P_{\text{热}} = I^2 R$

电动机消耗的功率是指总功率,并非电动机内阻上消耗的热功率,它和输入功率相等, $P_{\text{消}} = P_{\text{输入}} = UI$

电动机的输出功率,由能量守恒可知应是 $P_{\text{入}} - P_{\text{内耗}}$,即 $P_{\text{入}} = P_{\text{热}} + P_{\text{出}}$, $UI = I^2 R + P_{\text{出}}$, $P_{\text{出}} = UI - I^2 R$



【巧学妙思】

1. 定值电阻实际功率

对确定阻值的用电器(纯电阻),其实际功率与实际电压的平方成正比,用此解答电压变化时功率变化的题目会很方便.

【例3】不考虑温度对电阻的影响,一个“220V, 40W”的灯泡,下列说法正确的是 ()

A. 接在 110V 的线路上的功率为 20W

B. 接在 110V 的线路上的功率为 10W

C. 接在 440V 的线路上的功率为 160W

D. 接在 55V 的线路上的功率为 2.5W

分析解答:题设条件是灯泡电阻不变,由 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知,对 R 一定的电器 $P_{\text{实}}$ 与 $U_{\text{实}}^2$ 成正比,所以:

$$\text{当 } U_{\text{实}} = 110 \text{ V} = \frac{1}{2} U_{\text{额}} \text{ 时, } P_{\text{实}} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 P_{\text{额}} = \frac{1}{4} \times 40 \text{ W} = 10 \text{ W}$$

$$\text{当 } U_{\text{实}} = 55 \text{ V} = \frac{1}{4} U_{\text{额}} \text{ 时, } P_{\text{实}} = \left(\frac{1}{4}\right)^2 P_{\text{额}} = \frac{1}{16} \times 40 \text{ W} = 2.5 \text{ W}$$

答案:B、D

2. 对于求极值功率类的问题,要善于应用数学知识,如配方.

【例4】某直流电动机提升重物的装置,重物的质量 $m = 50\text{kg}$,电压为 120V ,当电动机以 $v = 0.9\text{m/s}$ 的恒定速度向上提升重物时,电路中的电流 $I = 5\text{A}$,求:

(1)电动机线圈电阻 R

(2)电动机对该重物的最大提升速度

分析解答:(1)电动机是非纯电阻的电器,它从电路获取的能量一部分转化为提重物用的机械能,另一部分则转化为线圈电阻产生的热能,它们三者之间应满足能量守恒.

设电动机输入功率为 P ,输出功率 P_1 ,热消耗功率为 P_2 ,则有 $P = P_1 + P_2 = mgv + I^2R$,即: $UI = mgv + I^2R$

$$R = \frac{UI - mgv}{I^2} = \frac{120 \times 5 - 50 \times 10 \times 0.9}{5^2} \Omega = 6\Omega$$

(2)因为 $P = P_1 + P_2$,所以 $P_1 = P - P_2 = UI - I^2R$,将其整理配方为: $P_1 = -R(I - \frac{U}{2R})^2 + \frac{U^2}{4R}$,可知:

当 $I = \frac{U}{2R}$ 时, P_1 有最大值为 $\frac{U^2}{4R}$

$$\text{即: } I = \frac{U}{2R} = \frac{120}{2 \times 6} \text{A} = 10\text{A}$$

$$\text{输出功率最大 } P_{1\text{max}} = \frac{U^2}{4R} = \frac{(120)^2}{4 \times 6} \text{W} = 600\text{W}$$

$$P_{1\text{max}} = mg \cdot v$$

$$v = \frac{P_{1\text{max}}}{mg} = \frac{600}{50 \times 10} \text{m/s} = 1.2\text{m/s}$$

能力训练



【双基过关】

一、选择题

1. 在 30min 时间内, 20Ω 电阻上消耗的电能为 0.14 度,则通过电阻的电流平均值为 ()
A. 10A B. 18A C. 20A D. $\sqrt{14}\text{A}$
2. 甲、乙两根粗细相同的不同导线,电阻率之比为 $1:2$,长度之比为 $4:1$,那么两根导线加相同的电压时,其电功率之比是 ()

A. $8:1$ B. $1:2$ C. $2:1$ D. $1:1$

3. 关于三个公式: $P = UI$, $P = I^2R$, $P = \frac{U^2}{R}$,下列叙述正确的是 ()

- A. 这三个公式适用于任何电路
- B. 第一个公式适用于计算任何电路的电功率
- C. 第二个公式适用于计算任何电路的电阻的热功率
- D. 上述说法没有一个正确的

4. 标有“ $20\text{V}, 2\text{W}$ ”和“ $0.5\text{A}, 10\text{W}$ ”的两只灯泡,若并联接入电压为 U 的电路两端时,则两只灯泡的功率之比为(设灯泡电阻不随温度变化) ()

A. $1:1$ B. $1:2$ C. $1:5$ D. $2:1$

5. 在一根粗细均匀的导线中通以 5A 的恒定电流,若导线散热损失不计,则导线升高的温度应与 ()

- A. 导线的横截面积的平方成反比
- B. 导线的横截面积成反比
- C. 导线长度的平方成反比
- D. 导线的长度成正比

6. 对于白炽灯泡,下列说法正确的是 ()

- A. 如果额定功率相同,额定电压大的灯泡电阻一定大
- B. 如果额定功率相同,额定电压大的灯泡电阻一定小
- C. 如果额定电压相同,额定功率大的灯泡电阻一定大
- D. 如果额定电压相同,额定功率大的灯泡电阻一定小

7. 远距离输电,如果以原来电压的 3 倍输送同样的功率,那么,导线上损耗的功率是原来的 ()

- A. 9 倍
- B. 3 倍
- C. $\frac{1}{3}$ 倍
- D. $\frac{1}{9}$ 倍

8. 如图 15.3-2 所示为两条电阻丝的 $U-I$ 图线,甲、乙图线分别与横坐标轴的夹角是 α, β ,当两条电阻丝加以相同的电压时,其功率之比

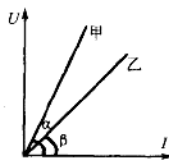


图 15.3-2

$P_{\text{甲}}:P_{\text{乙}}$ 为 ()

- A. $\text{tg}\alpha:\text{tg}\beta$
- B. $\text{tg}\beta:\text{tg}\alpha$
- C. $\text{tg}^2\alpha:\text{tg}^2\beta$
- D. $\text{tg}^2\beta:\text{tg}^2\alpha$

二、填空题:

9. 一个标有“ $220\text{V}, 100\text{W}$ ”的灯泡,表明它的额定工

作电压为 _____ V, 在此电压下释放的电功率为 _____ W, 工作电流是 _____ A, 若不计温度对电阻的影响, 将此灯接在 110V 电压下释放的电功率为 _____ W.

10. 两个分别标有“100Ω, 4W”和“12.5Ω, 8W”的电阻 R_1 , R_2 , 将它们串联起来, 所能承受的最大电压是 _____.
11. 电阻为 60.5Ω 的热水器接在 220V 的电源上, 在 10 分钟内将 1kg 的水从 20℃ 加热到 100℃, 水的比热为 $4.2 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{℃}$, 则该热水器的效率为 _____.
12. A、B 两个灯泡分别标有“220V, 25W”与“220V, 100W”的字样, 把它们串联起来接入 220V 的电源上, A 和 B 两个灯泡相比较而言, 比较暗的灯是 _____ 灯.



【拔高挑战】

13. [1996 年上海高考题] 一只普通的家用照明白炽灯泡正常发光时, 通过它的电流强度值与下列哪一数值较为接近 ()
A. 20A B. 2A C. 0.2A D. 0.02A
14. [1998 年上海高考题] 某商场安装了一台倾角为 30° 的自动扶梯, 该扶梯在电压为 380V 的电动机带动下以 0.4m/s 的恒定速度向斜上方移动, 电动机的最大输出功率为 4.9KW, 不载人时测得电动机中的电流为 5A, 若载人时扶梯移动速度和不载人时相同, 则这台自动扶梯可同时乘载的最多人数为 _____ (设人的平均质量为 60kg, $g = 10 \text{ m/s}^2$)

第四节 闭合电路欧姆定律

知识精讲



【重点难点】

重点: 电源电动势概念, 闭合电路欧姆定律, 闭合电路中路端电压 U 与电流 I (或外电阻) 的关系

难点: 电动势概念, 电源内阻, 及 $U-I$ 关系的

分析判断.



【学法指导】

1. 电动势

闭合电路欧姆定律是整个稳恒电流一章里的核的内容, 学好它, 整个有关稳恒电流的知识才能系统、完整. 而理解透彻电动势和内阻这两个概念, 必须从能量转化与守恒的角度审视整个电路. 如图 15.4-1 所示, 电路里的 R 消耗电能转化成热能, 而电源提供的电能并非是电源创造的, 必是其它形式能转化而来, 电动势就表征电源转化其它形式能为电能的本领的物理量. 从图 15.4-1 中可看出, 负电荷流到电源正极时, 必须有外力克服静电力对它们做功, 方可继续移到电源负极使电流不断. 电动势就是表征不同电源在通过非静电力移动电荷而做功的本领, 显然移动单位电荷所做功是 $\frac{W}{q}$, W 就是非静电力做的功, 即电源提供的能量, 它在数值上应和两极间静电力对电荷做的功相等, 可知 $\frac{W}{q}$ 的单位就是伏特.

我们用 E 表示, $E = \frac{W}{q}$.

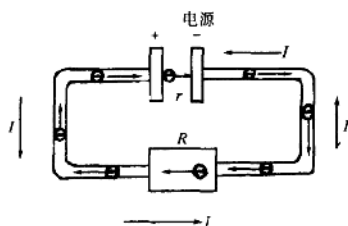


图 15.4-1

E 在数值上等于电源没有接入电路时两极间电压, 还等于接入电路时内外电压之和.

2. 关于内阻

应当理解到: 电流在通过电源内部时也要受到阻碍, 也有电压降落, 也会产生热量.

3. 全电路欧姆定律

由上面的分析知道, 对整个电路, 电源提供能量 W , 外电路消耗电能 W_1 , 内电路消耗电能 W_2 , 由能量守恒得 $W = W_1 + W_2$.

$$\left. \begin{aligned} W &= Uq = UI t = E I t \\ W_1 &= I^2 R_{\text{外}} t \end{aligned} \right\} \Rightarrow E I t = I^2 R t + I^2 r t \Rightarrow$$