

让你更出色

物理

新版

辅导与训练

高中二年级用

汪思谦 主编

上海科学技术出版社

- 编写阵容强
- 学科信息新
- 解题思路巧
- 学习效果佳



物理辅导与训练

(高中二年级用)

汪思谦 主编

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书以修订的学科课程标准和教材使用意见为依据,内容紧密配合课本,旨在帮助学生克服学习上的困难,提高学科素质。

本书是供高中二年级学生使用的物理分册,根据课本内容按章节编写。每一节分设“知识要点”“学习指导”“疑难分析”“实验辅导”“阅读提高”“基础训练”;再以章为单位归纳“本章知识结构”,并设置“本章测试”及“拓展园地”;另外,书中还提供七份高中物理复习练习卷。所有习题都附有参考答案。

本书既为学生学习设置同步辅导,也为开阔学生的知识面提供一定的资料,更为提高学生的学习能力起到一定的辅助作用。

责任编辑 乐守琪

新 版

物理辅导与训练

(高中二年级用)

汪思谦 主编

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号 邮政编码:200235)

新华书店上海发行所经销 上海商务联西印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 13.75 字数 322 000

2002年6月第1版 2006年2月第13次印刷

印数:107 301—113 300

ISBN 7-5323-6440-2/G·1450

定价:14.80元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向承印厂联系调换

编写说明

本书以修订的学科课程标准和教材使用意见(高中部分)为依据,内容紧密配合课本,旨在帮助学生克服学习上的困难,增长阅读能力和自学能力,提高学科素质,及时消化所学的知识内容(包括基本概念、基本理论、基本要求,以及有关的难点、重点),并为学有余力的学生提供一些深、宽度略高于课程标准的学习资料。

本书目录及相应正文中所缺的有关章节,因课程标准的修订而未再编入。有关内容前凡有“*”的均为选学内容。

本辅导与训练在结构上由知识要点、学习指导、疑难分析、实验辅导、阅读提高、基础训练、拓展园地等部分组成。

[知识要点] 叙述这一节最重要的内容。

[学习指导] 以问题的形式编写,主要是帮助同学们理解这一节的重点内容。对重要内容还有例题穿插其间,同学们要认真阅读,深刻领会。

[疑难分析] 是针对课本这一节中的一些疑难问题作比较详尽的分析和讲解。

[实验辅导] 介绍给同学们一些有关观察与实验的好方法,并交代实验原理、操作要求、数据处理和实验时的注意事项。

[阅读提高] 是为学有余力的同学安排的提高部分。仔细阅读,适当练习,有利于今后参加高三物理选修课的学习。

[基础训练] 提供巩固这一节内容所必须进行的练习。

拓展园地是在已学过的物理知识的基础上,讨论一两个实际问题,以拓展同学的视野,有利于解决综合性问题。

本书除基础训练之外,还设有本章测试、高中物理复习练习卷,可以进一步帮助学生巩固所学知识,加深理解,熟练技能,收到自我检查的效果。

本书由汪思谦主编,曾敬元、俞南薰、王鹭江、王兆乾、郑永兰编写,后经王鹭江、曾敬元修改,由沈菁华统稿。

上海科学技术出版社

2002年2月

目 录

第 12 章 电功 电功率	1
12.1 电能转化的量度——电功	1
12.2 电功率	1
12.4 电阻定律	7
12.5 用电器的串联	9
12.6 用电器的并联	15
12.7 电路的计算	20
第 13 章 闭合电路的欧姆定律	37
13.1 电源	37
13.2 外电路和内电路	37
13.3 闭合电路的欧姆定律	38
13.4 测电源的电动势和内阻	45
13.5 端压的变化	48
13.6 电池组	56
13.7 欧姆计	57
第 14 章 电场和磁场	68
14.1 库仑定律	68
14.2 电场 电场强度	73
14.3 电场线	77
14.4 电势	81
14.6 磁场 磁感线	86
14.7 磁感强度	89
14.8 磁场对通电直导线的作用	92
第 15 章 电磁感应	107
15.1 电磁感应现象	107
15.2 感应电流的方向	112
15.3 磁通量变化时产生的感应电动势	118
15.4 切割磁感线时产生的感应电动势	124
15.5 * 自感现象	129
第 17 章 * 电磁振荡 电磁波	140
17.2 电磁波	140
第 18 章 光的性质	142

18.1	光的干涉	142
18.2	光的衍射	144
18.3	光的色散	146
18.5	光的电磁说	148
18.6	光电效应	151
第 19 章	原子物理的初步知识	160
19.1	原子核式结构的发现	160
19.2	玻尔理论对氢原子光谱的解释	162
19.3	放射性元素的衰变	165
19.4	原子核的人工转变	168
19.5	原子核的组成	170
高中物理复习练习卷		179
练习卷一(力学)		179
练习卷二(电学)		183
练习卷三(气体性质)		187
练习卷四(光学和原子物理)		190
练习卷五(综合 I)		193
练习卷六(综合 II)		196
练习卷七(综合 III)		200
参考答案		205

第12章

电功 电功率

12.1 电能转化的量度——电功

[知识要点]

1. 电流通过用电器时所做的功叫做电功。
2. 电功用来量度电能转化为其他形式的能的多少。

[学习指导]

1. 为什么说电功是电能转化的量度?

在初中物理学习中,我们已经知道电流通过白炽灯时电流要做功,电灯将电能转化为内能和光能;电流通过电动机时也要做功,电动机将电能转化为机械能.根据能量守恒定律可以断定,电灯的内能和光能的获得一定是以电能的减少为代价;同样电动机转动时获得机械能和内能的多少一定等于电能的减少量,而电能减少的数量恰恰又等于电流做功的多少.由此可见,电流通过用电器做功的数值可以用来量度电能转化为其他形式的能的多少.

2. 为什么说用电器是换能器?

电流通过用电器的过程中,电流做功可以将电能转化为其他形式的能.电流做功越多,转化为其他形式的能量也越多.从转换能量形式这个意义上说,用电器具有换能的本领,因而它又可称为换能器.

[基础训练]

1. 电流通过下列用电器时,可将电能转化成什么能?
 - (1) 电熨斗、电烙铁、电热油汀.
 - (2) 电池充电器、电解槽.
 - (3) 手提电钻、电动冲击钻.
2. 在一段时间内,电动机输出了 8000J 的机械能,同时产生了 40J 的热量,那么在这段时间内电流做功为 _____ J.
3. 在一段时间内,电流通过白炽灯时做功为 3000J,而电灯释放的光能为 1400J,还有 _____ J 转化为内能,这段时间内电灯消耗的电能是 _____ J.

12.2 电 功 率

[知识要点]

1. 电流所做的功跟完成这些功所用时间的比叫做电功率,其计算公式为: $P = \frac{W}{t}$ 或 $P = IU$, 它的单位是瓦(W).

2. 电功率是用来表示用电器消耗电能快慢的物理量.

3. 由电功和电功率的关系,可推得电功的计算式为 $W = Pt = IUt$, 它的单位是焦(J).

4. 用电器上标有的电功率值和电压值叫做用电器的额定功率和额定电压. 它表示用电器在获得额定电压后才能正常工作,发挥出额定功率.

[学习指导]

1. 如何理解电功率的概念?

电功率是用来比较不同用电器消耗电能的快慢程度的物理量. 如果在时间 t 内通过某用电器电流做功为 W , 这就是说在时间 t 内电能消耗的数量也为 W , 那么 W/t 的比值就表示单位时间内用电器消耗的电能值. 比值大, 意味着单位时间内消耗的电能多, 电能就消耗得快. 例如“220V 40W”和“220V 60W”的两只白炽灯, 在正常发光时, 前灯每秒消耗 40J 的电能, 而后灯每秒则消耗 60J, 相比之下“220V 60W”的这盏灯电能消耗得快.

2. 如何理解用电器的额定功率和它的实际功率?

用电器上通常标有额定电压值和额定功率值, 它们是人们在设计用电器时已经规定好的. 例如“220V 40W”的白炽灯, 在使用规定的 220V 的电压时, 它才正常发挥出 40W 的额定功率; 根据 $I = \frac{P}{U}$, 可知 $\frac{P}{U}$ 的比值为 0.18A, 即为该灯的额定电流值. 对于一些特殊的用电器, 例如洗衣机、日光灯、空调器、音响等来说, 如果所获得的电压比它们的额定电压值过高或过低时, 它们的工作将会不正常, 因而会缩短它们的使用寿命, 甚至会立即被损坏. 对于用电器来说, 如果它使用的电压大于(或小于)额定电压时, 它实际发挥的功率将大于(或小于)额定功率, 这个功率又称为实际功率.

3. 电功和电功率的区别何在?

在初学时, 常常会将电功和电功率的概念混淆, 为此必须将这两个概念进行对比, 弄清两者的区别.

电功(W): 用来表示 t s 内电流做功的多少, 即 t s 内用电器消耗电能的多少. 计算式 $W = IUt$, 单位是焦(J). 从公式来看, 当 I 、 U 一定时, 通电时间越长, 电流做功也越多, 消耗的电能也越多.

电功率(P): 用来表示单位时间内用电器通电时做功的多少, 即表示用电器电能消耗的快慢程度, 计算式为 $P = \frac{W}{t} = IU$, 使用的单位为瓦(W). 由公式来看, 当 I 、 U 一定时, P 是一个与时间无关的物理量.

4. 千瓦·时(kW·h)是电功的单位, 还是电功率的单位?

用电的多少, 实际上是指消耗电能的多少, 可用连接在电路中的电能表来测量. 如果与它连通的电路中用电器的电功率恰为 1kW, 电流通过它连续作功 1h, 那么电流所做的功 $W = Pt = 1\text{kW} \times 1\text{h} = 1\text{kW} \cdot \text{h}$.

由此可见, 千瓦·时是电功的单位, 1kW·h 表示电功率为 1kW 的用电器, 使用 1h 所消耗的电能. kW·h 和国际单位 J 之间的换算关系为 $1\text{kW} \cdot \text{h} = 1000\text{W} \times 3600\text{s} = 3.6 \times 10^6\text{J}$.

[实验辅导]

如何改进“研究电功率与哪些因素有关”的实验?

(1) 白炽灯的选择 该实验的器材中需选择“6V 1.5W”“6V 3W”和“12V 6W”“12V 3W”四只白炽灯. 实际上, 市场上无法觅到这种规格的小灯. 我们可以选用两只额定电压均

为 12V、额定功率不同的小灯来替代。

(2) 实验步骤的简化

① 将上述选择的两只小灯分别接在课本^①中图 12-3 所示的(a)、(b)两个电路中。

② 在不超过两灯额定功率的条件下,分别调节两电路中的滑线变阻器,使两灯的两端电压相等时,可观察到通过电流大的小灯较亮。

③ 分别调节两电路中的滑线变阻器,使通过小灯的电流相等,此时可观察到两端电压较大的小灯较亮。

④ 调节两电路中的滑线变阻器使两小灯的亮度接近时,可发现通过两个小灯的电流 I 和它的两端电压 U 的乘积近似相等。

从上面的实验,同样可得出小灯的电功率 P 和 IU 的乘积相关的结论。这不仅降低了对实验器材的要求,而且也简化了实验的操作步骤。

例题 1 分别标有“220V 100W”“220V 40W”字样的两只电灯泡,将它们串联起来接在 220V 的电路中,哪个灯泡较亮? 为什么?

错解分析 有的同学作如下解答,他认为从 $R = \frac{U_{\text{额}}^2}{P_{\text{额}}}$ 可知 100W 灯泡的电阻比 40W 灯泡的电阻小。现将两者串联在 220V 的电路中,每个灯泡分到的电压都是 110V,再从 $P = \frac{U^2}{R}$ 可知,仍是 100W 灯泡的功率大。

分析的错误主要在于认为两只灯泡电压均为 110V 所产生的,由于两者串联后电流相等而电阻不等,所以被分配到的电压不等。正确的解法,应求出此时流经每个灯泡的电流,再用 $P = I^2 R$ 求出它们的实际功率;或者先求出每个灯泡的实际电压,再用 $P = \frac{U^2}{R}$ 求出它们的实际功率。

解法一 两个灯泡的电阻分别为

$$R_1 = \frac{U_1^2}{P_1} = \frac{220^2}{100} \Omega = 484 \Omega, R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = \frac{220^2}{40} \Omega = 1210 \Omega.$$

两灯串联时,流经每个灯泡的电流为

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{220}{484 + 1210} \text{A} \approx 0.13 \text{A},$$

所以

$$P'_1 = I^2 R_1 = 0.13^2 \times 484 \text{W} = 8.17 \text{W},$$

$$P'_2 = I^2 R_2 = 0.13^2 \times 1210 \text{W} = 20.4 \text{W}.$$

解法二 两灯串联时,实际电压分别为

$$U'_1 = \frac{U}{R_1 + R_2} R_1 = \frac{220}{484 + 1210} \times 484 \text{V} = 62.9 \text{V},$$

$$U'_2 = U - U'_1 = (220 - 62.9) \text{V} = 157.1 \text{V},$$

所以两灯实际功率为

$$P'_1 = \frac{U_1'^2}{R_1} = \frac{62.9^2}{484} \text{W} = 8.17 \text{W},$$

^① 指上科版《高级中学课本·试用本·物理(二年级用)》,下同。

$$P'_2 = \frac{U_2^2}{R_2} = \frac{157.1^2}{1210} \text{ W} = 20.4 \text{ W}.$$

解法三 本题可以作定性分析. 由于串联电路中电流相等, 从 $P=I^2R$ 可知, 当两灯串联后接入电路中时, 电阻大的灯泡发挥的功率大, 所以电阻大的灯泡的功率较大, 即较亮.

可见是原来 40W 的灯泡较亮, 但都比原来的正常亮度要暗, 主要是两者的实际电压都低于额定电压.

例题2 甲、乙两灯上分别标有“110V 100W”和“220V 100W”的字样. 假定两灯发光效率相同, 比较两灯在正常工作时的亮度, 有以下说法, 其中正确的是 ()

- (A) 甲灯较亮 (B) 乙灯较亮
(C) 甲、乙两灯一样亮 (D) 无法判断

分析 灯的亮度取决于它们的功率, 由于甲、乙两灯额定功率均是 100W, 也就是两灯在 1s 内分别将 100J 的电能为光能. 所以两灯亮度相同, 应取答案 C 正确.

点评 由于两灯额定电压不同, 常会使人在比较它们的亮度时无从下手, 感觉上似乎是答案 D 正确. 其实, 额定电压的值, 在该题中只是个多余的条件, 是影响人思维判定的干扰因素. 如果牢牢抓住两灯亮度相同时, 通过它们的电流和它们两端电压的乘积也必定相等的本质(也就是电功率相同), 答案也就显而易见.

例题3 某同学为测定空调器的电功率, 他单独启动空调, 同时关闭其他用电器. 当他观察标有“3000r/(kW·h)”字样的电能表时, 发现表中转盘在 1min 内转了 55 转. 试估算该空调器的电功率.

分析 首先应弄清电能表上标有字样的含义, “3000r/(kW·h)”是指每耗 1kW·h 的电能, 电能表的转盘就转过 3000 转. 由此可知, 电能表的转盘每转过 1 周, 就意味着用电器就消耗了 $\frac{1}{3000}$ kW·h 的电能, 则在 60s 内一共转过 55 周, 其消耗电能共为 $\frac{55}{3000} \times 3.6 \times 10^6 \text{ J} = 6.6 \times 10^4 \text{ J}$ (1kW·h = $3.6 \times 10^6 \text{ J}$), 数值上恰等于电流做的功.

解 据电功率公式, 则有

$$P = \frac{W}{t} = \frac{6.6 \times 10^4}{60} \text{ W} = 1100 \text{ W}.$$

[阅读提高]

1. 如何正确理解焦耳定律?

焦耳定律是通过实验总结出来的, 故又称其为实验定律. 电流通过用电器做功, 才能将电能转化为其他形式的能. 例如电风扇通电后, 可将电能转化为机械能和内能. 就电风扇的内部结构而言, 可理想地简化为电阻和电感线圈(电感线圈的作用, 以后会学到)两个部分. 我们已经知道电流只有在通过电阻部分时才会产生热效应, 才能将一部分电能转化为内能; 而电流通过电风扇的电感线圈时, 则将其余的电能转化为机械能. 转化为内能的这一部分, 我们可用发热量 Q 来量度. 经实验证明: 发热量 Q 与电流的平方、电阻的大小和通电的时间成正比, 而与电感线圈无关. 其计算式为 $Q = I^2 R t$, 热量的单位是焦(J).

2. 纯电阻电路和非纯电阻电路的区别何在?

电路中只含有电阻的电路称为纯电阻电路, 一般地说, 电熨斗、电烙铁、电炉、白炽灯等电热器均可认为是纯电阻. 这些电热器通电后只产生热效应, 将电能全部转化为内能. 而热效应产生的热量只是用来量度内能增加的多少. 根据能量守恒定律, 有 $W = Q$, 也就是 $IU t$

$=I^2Rt$,从而可得出 $I=\frac{U}{R}$. 这就是说,在纯电阻电路中部分电路欧姆定律是成立的,此时也就可以用公式 $I=\frac{U}{R}$ 来参与解决纯电阻电路的有关问题.

如果电路中不仅有电阻,还含有电动机、电镀槽、电容器、被充电的电池等的电路,则称为非纯电阻电路. 电流通过这样的电路时,只有在其电阻部分产生热效应,电路中消耗的电能只有一部分转化为内能,还有相当一部分转化为电动机的机械能、电解槽和被充电电池的化学能等. 此时用来量度电能消耗多少的电功 W 将大于量度内能增加多少的发热量 Q ,即 $W>Q$,由此得 $IUt>I^2Rt$,或 $I<\frac{U}{R}$. 可见,在非纯电阻电路里欧姆定律 $I=\frac{U}{R}$ 不能成立,也就是说在这种电路中不能应用公式 $I=\frac{U}{R}$ 来参与解题.

3. 如何计算纯电阻用电器的电功和电功率?

由于纯电阻电路中部分电路欧姆定律成立,因而也扩展了计算电功和电功率的途径.

现设某电热器的电阻值为 R ,并在它两端加上直流电压 U (图 12-1),通过 R 的电流为 I ,通电时间为 t . 电功 $W=IUt$,又据 $U=IR$,或 $I=\frac{U}{R}$,可得

$$W=IUt=I^2Rt=\frac{U^2}{R}t.$$

因此,计算纯电阻 R 的电功时可采用以上三个公式中的任何一式. 而计算电阻 R 的电功率时,可采用 $P=IU$, $P=I^2R$ 或 $P=\frac{U^2}{R}$ 中的任何一式. 当 U 为额定电压或是 I 为额定电流时,计算出来的功率即为额定功率;若 U 或 I 的值均为实际值时,计算得到的电功率即为实际功率. 如果在知道电热器的额定电压和额定功率时,根据 $R=\frac{U^2}{P}$,也可用来确定该电热器的电阻值.

对于非纯电阻用电器来说,由于部分电路欧姆定律不能成立,因而它的电功和电功率只能应用原始公式 $W=IUt$ 和 $P=IU$ 来计算,对于这种用电器的电阻部分所产生的热量和发热功率的计算仍应根据 $Q=I^2Rt$ 和 $P_Q=I^2R$ 来计算.

4. 如何正确理解电功率的公式?

在纯电阻电路中,电功率公式可写成 $P=I^2R=\frac{U^2}{R}$. 在这里,电功率跟电阻是正比关系,又是反比关系,两者是否有矛盾呢?这在学习中必须分辨清楚:前者在串联电路中,由于电流处处相等,所以电阻上消耗的电功率就跟电阻成正比了;而后者在并联电路中,由于各电阻两端的电压都相等,所以电阻上消耗的电功率就跟电阻成反比了. 可见任何一个物理公式,都应搞清它的使用条件和适用范围,才不致理解错误.

如果不是纯电阻电路,例如电路里还有电动机或电解槽等,则电路中的电功率就大于导体电阻所消耗的电功率.

例题 4 一直流电动机的电枢电阻为 0.5Ω ,额定电压为 $220V$,它正常运转时通过电枢的电流为 $20A$,求 $1h$ 内共消耗多少电能? 电枢线圈产生多少热量? 有多少电能转化为机械能?

错解一 电动机在 $1h$ 内消耗的电能

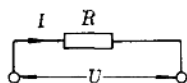


图 12-1

$$E = W = I^2 R t = 20^2 \times 0.5 \times 3600 \text{ J} = 7.2 \times 10^5 \text{ J}.$$

这里的错误在于把电功和电热混淆起来,由于具有电动机的电路不是纯电阻电路,所以不能将电热等同于电功.

错解二 电枢线圈在 1h 内产生的热量为

$$Q = \frac{U^2}{R} t = \frac{220^2}{0.5} \times 3600 \text{ J} = 3.48 \times 10^8 \text{ J}.$$

这里的错误在于把 220V 的额定电压当作是电动机线圈上的电压降,实际上线圈上的电压降

$$U' = IR = 20 \times 0.5 \text{ V} = 10 \text{ V}.$$

错解三 电能转化成机械能为

$$E_{\text{机}} = W = I U t = 20 \times 220 \times 3600 \text{ J} = 1.584 \times 10^7 \text{ J}.$$

这里的错误在于把电能看作全部转化成机械能.

解 电流在 1h 内消耗的电能等于电流 1h 内做的功,即

$$E = W = I U t = 20 \times 220 \times 3600 \text{ J} = 1.584 \times 10^7 \text{ J}.$$

电动机线圈在 1h 内产生的热量为

$$Q = I^2 R t = 20^2 \times 0.5 \times 3600 \text{ J} = 7.2 \times 10^5 \text{ J}.$$

根据能量守恒,电能转化成机械能部分为

$$E_{\text{机}} = E - Q = (1.584 \times 10^7 - 7.2 \times 10^5) \text{ J} = 1.512 \times 10^7 \text{ J}.$$

[基础训练]

1. 小电灯上标有“6V 0.5A”的字样,该灯的额定功率是____;另一小灯上标有“12V 3W”的字,则该灯的额定电流是____.

2. “6V 0.5W”的小灯正常工作 30s,则电流做功为____;“12V 3W”的小灯也正常工作 30s,则它的电功率为____,30s 内消耗的电能____.

3. 关于电功和电功率有下列说法,其中正确的是 ()

- (A) 电流做功越多,单位时间内消耗的电能越多.
- (B) 电功率大的用电器,消耗的电能一定多.
- (C) 电功率小的用电器,消耗的电能与通电时间无关.
- (D) 电能消耗越快的用电器,它的电功率也越大.

4. 电路中接有某个用电器,对用电器下列各种说法中正确的是 ()

- (A) 通电时间越长,它的电功率越大.
- (B) 通电时间的长短与它的电功率无关.
- (C) 用电器两端电压越大,它的额定功率也一定越大.
- (D) 用电器的额定功率越大,它消耗的电能也一定越多.

5. 关于用电器的额定功率和实际功率,有下列说法,其中正确的是 ()

- (A) 额定功率大的用电器,其实际功率一定大.
- (B) 实际功率小的用电器,其额定功率一定小.
- (C) 不论用电器的实际功率是多少,其额定功率是一定的.
- (D) 用电器不通电时,其额定功率就为零.

6. 线绕电阻上标有“100Ω 1W”的字样,该电阻允许通过的最大电流为多少? 它两端所

加的最大电压值为多少?

7. 某电阻线的阻值为 R , 在它两端加上电压 U 时, 其电功率为 P . 若改用阻值为 $\frac{R}{2}$ 的电阻线, 在它两端加上 $2U$ 的电压后, 它的电功率变为 ()

- (A) $8P$. (B) $4P$. (C) $2P$. (D) 仍为 P .

8. 某均匀电阻线长度为 L , 其额定电压为 U , 额定功率为 P . 现将电阻线剪去 $\frac{L}{3}$, 则剩下部分的额定电压和额定电功率分别是 ()

- (A) U, P . (B) $\frac{U}{3}, \frac{P}{3}$. (C) $\frac{2U}{3}, \frac{2}{3}P$. (D) $U, \frac{P}{3}$.

12.4 电阻定律

[知识要点]

1. 电阻是导体对电流的阻碍作用, 它是导体本身的一种特性.
2. 在温度不变时, 粗细均匀的导体的电阻与它的长度成正比, 与它的横截面积成反比. 这就是电阻定律, 其计算式为 $R = \rho \frac{l}{S}$. 其中 ρ 称为材料的电阻率, 它决定了材料的导电性能, 它的单位是欧·米 ($\Omega \cdot m$).
3. 一般金属材料的电阻率随温度升高而变大. 在温度降低到接近绝对零度时, 某一些金属材料的电阻率会突然减小到零的现象称为超导现象.

[学习指导]

1. 电阻率的物理含义是什么?

由电阻定律可以看出导体的电阻是由它的长度、截面积以及它选择的材料所决定的, 也就是说导体的电阻是由它本身的性质所决定的. 如果我们选用不同的材料制成长度、截面积相同的导线, 它们的电阻大小也各不相同. 相比之下, 此时电阻较小的导体, 它的导电性能也较良好; 反之, 电阻大的, 其导电性能也较差. 电阻率这个物理量就是用来比较不同材料的导体的导电性能的. 根据电阻定律推得电阻率 $\rho = \frac{RS}{l}$, 如果我们取某种材料的导体制成长为 $1m$ 、截面积为 $1m^2$ 的导线, 那么该导线的电阻值在数值上等于该材料的电阻率. 例如, $20^\circ C$ 时镍铬和铜的电阻率分别为 $1.1 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ 和 $1.75 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$, 就表示用它们制成这种标准的导线的电阻值分别为 $1.1 \times 10^{-6} \Omega$ 和 $1.75 \times 10^{-8} \Omega$. 比较一下, 就可知道镍铬材料的导电性能比铜要差得多. 查表可知金和银的导电性能最好, 但其价格昂贵, 取材不易, 因而常选用铜制成输电导线. 对于同一种材料来说, 所制成的标准导线的电阻值却都相同, 也就是说, 同种材料的电阻率是相同的, 其导电性能也是完全相同的. 因而在一定的温度下, 电阻率的值是恒定的, 与导体的长度、截面积无关.

顺便提一下, 导体的电阻率也不是一成不变的. 一般地说, 随着温度升高, 金属导体的电阻率也随之明显增大, 极低温时它的电阻率又可突然变为零. 所以严格地说, 电阻定律只能在温度不变时成立, 但通常为了解题的方便往往不考虑温度变化对电阻率的影响.

2. 如何进一步理解部分电路欧姆定律?

欧姆定律是一条实验定律, 它揭示了导体中的电流与它两端电压及电阻之间的关系, 反映了导体中的电流大小是由两个因素来决定的. 导体两端电压的大小是决定电流大小的外

部因素,导体对电流的阻碍作用——电阻,是决定电流大小的内部因素.这两种因素对电流大小的影响是恰好相反的.

欧姆定律的数学表达式可分别写为 $I = \frac{U}{R}$, $U = IR$ 和 $R = \frac{U}{I}$. 我们不能把以上三式看成是没有研究对象的纯数学公式,而是各自表达了不同的物理含义.

(1) 公式 $I = \frac{U}{R}$ 是反映定律本身的内容,即导体中的电流与它的两端电压成正比,与它的电阻成反比. 导体中电流跟电压的关系,也可用图线来表示. 若用横轴表示电压,纵轴表示电流,画出的图线叫做导体的伏安特性曲线. 对于给定的导体来说,它的电阻是个恒定值,这时电流和电压的关系可写成 $I = \frac{1}{R}U$ (对应于数学中的正比例函数 $y=kx$), 所以该导体的伏安特性曲线应该是通过原点的直线,如图 12-2^①所示. 直线的斜率等于导体电阻的倒数,导体的电阻越小,图线的斜率就越大. 图 12-2 中的两条直线分别是电阻 R_1 和 R_2 的伏安特性曲线,由其斜率可知 $R_1 < R_2$.

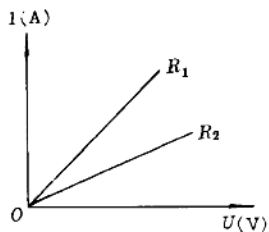


图 12-2

(2) 公式 $U = IR$ 表示通过导体的电流与电阻的乘积恰等于导体两端的电压值. 它表明电流通过电阻后导体的电势(在电场一章中将会学到)要下降一定的数值,这个数值恰为 IR 的积. 因而电压又称为电压降,就是这个缘故.

(3) 公式 $R = \frac{U}{I}$ 表示导体的电阻值可以用它两端电压与通过它的电流的比值来计算,不能错误地理解为电阻与电压成正比、与电流成反比或电压为零时电阻为零. 导体的电阻是由导体本身的性质所决定的,与电压、电流的大小是无关的.

(4) $R = \frac{U}{I}$ 还可作为电阻单位欧姆的定义式,即如果在导体两端加上 1V 的电压而导体中电流恰为 1A 时,则这段导体的电阻即为 1Ω.

(5) 部分电路欧姆定律只适用于纯电阻电路,如金属的导电、电解液导电的情况,而对气体的导电就不适用了.

[阅读提高]

如何应用电阻定律解题?

应用电阻定律解题,有时会感到很繁琐,运算也易出错,如果能抓住题目的特征,对电阻定律稍加变形,则可以简化解题过程. 现就以下三个例子来说明.

例题 1 某导线电阻为 R_0 , 现将其均匀地拉长到原长的 n 倍, 其电阻值变为多大?

解 当导线被拉长到原长的 n 倍时, 它的长度和截面积同时发生变化, 但是它的体积却没有变化. 此时只要将公式 $R = \rho \frac{l}{S}$ 右边的分子和分母同乘 l , 则可得 $R = \rho \frac{l^2}{V}$, 其中 $V = Sl$. 当体积不变时, R 与 l^2 成正比, 由此可迅速解得答案 $R = n^2 R_0$.

例题 2 某均匀导线电阻为 R_0 , 若将此导线拉长, 使它的直径 d 均匀地减小到原来的 $\frac{1}{n}$, 则此导线的电阻变为多大?

^① 图 12-2 中, 按新的国家标准, $I(A)$ 应改为 I/V , $U(V)$ 应改为 U/V , 因为目前教材中尚未更新, 所以仍留用, 以下类似情况同.

解 当导线拉长时, 体积不变其截面却变小, 它的截面积和直径 d 的关系是 $S = \frac{1}{4}\pi d^2$, 也就是说 S 与 d^2 成正比. 如果在电阻定律公式右边的分子、分母上同乘 S , 则可得 $R = \rho \frac{V}{S^2}$. 由此可知: R 与 S^2 成反比, S^2 又和 d^4 成正比, 因而 R 和 d^4 成反比, 解得答案 $R = n^4 R_0$.

例题3 甲、乙两根铜导线其质量之比 $m_{\text{甲}} : m_{\text{乙}} = 2 : 1$, 其电阻之比 $R_{\text{甲}} : R_{\text{乙}} = 8 : 1$, 则它们长度之比 $L_{\text{甲}} : L_{\text{乙}}$ 为多大? 截面积之比 $S_{\text{甲}} : S_{\text{乙}}$ 为多大?

解 该题涉及两根导线, 且它们的截面积之比未知, 仅知其电阻之比, 因而要求它们的长度之比就有困难. 但是该题的特点是两根导线的材料相同, 因而两者的密度和电阻率相同. 由它们的密度相同可得 $\frac{m_{\text{甲}}}{V_{\text{甲}}} = \frac{m_{\text{乙}}}{V_{\text{乙}}}$, 所以 $V_{\text{甲}} : V_{\text{乙}} = 2 : 1$. 又据 $R = \rho \frac{l^2}{V}$, 可推得 $l^2 = \frac{RV}{\rho}$. 由于两者电阻率相同, 由此可知 l 与 $\sqrt{RV}$ 成正比, 可迅速解得 $L_{\text{甲}} : L_{\text{乙}} = 4 : 1$. 据 $R = \rho \frac{V}{S^2}$

可知, S 与 $\sqrt{\frac{V}{R}}$ 成正比, 所以 $S_{\text{甲}} : S_{\text{乙}} = 1 : 2$.

点评 综上所述, 在应用电阻定律时, 应认真仔细地审题, 找出题目所具有的特征. 如例题1、例题2中体积不变, 又如例题3中密度和电阻率相同的特点, 才可以发掘出隐藏在题目已知条件背后的隐含条件, 灵活应用电阻定律公式, 即可比较迅速得出结论. 由于运算过程简单, 因而不易算错.

[基础训练]

1. 铝的电阻率是 $2.8 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, 它的物理意义是_____.
2. 一般情况下, 金属的电阻率随着温度的升高而_____, 而某些材料在_____时, 它的电阻率突然减小到零的现象称为_____, 此时将对这些材料通电后会对_____产生很大的“抗拒”作用.
3. 某导线的电阻是 4Ω , 将它对折起来后使用, 它的电阻变为_____; 如果将它均匀地拉长到原来的2倍, 它的电阻变为_____.
4. 一条导线电阻为 R_0 , 如果将它和另一条材料长度相同、但直径比它大一倍的导线, 头对头, 尾对尾, 合并成一条导线使用, 此时该导线的电阻为_____.
5. 甲、乙两根不同材料的电阻丝长度之比为 $1 : 5$, 截面积之比为 $2 : 3$, 电阻之比为 $2 : 5$, 则它们电阻率之比为_____.
6. 下列各项中与导线电阻无关的量是 ()
(A) 导线两端电压. (B) 导线的直径. (C) 温度. (D) 导线的长度.

12.5 用电器的串联

[知识要点]

1. 将电阻依次首尾相连, 就组成串联电路.
2. 在串联电路中, 电流处处相等; 电路总电阻等于各分电阻之和; 电路总电压等于各电阻的电压之和; 电路的总功率等于各电阻功率之和.

3. 在串联电路中,各电阻的电压,以及它消耗的电功率和它的电阻成正比。

[学习指导]

1. 串联电路的特点是什么? 在计算中怎样应用?

串联电路的特点可以归纳为以下四个方面,它在计算中的应用,则以图 12-3 所示的例子来加以说明。设图中 $R_1=2\Omega, R_2=4\Omega, R_3=6\Omega$ 。

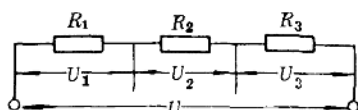


图 12-3

(1) 串联电路的总电阻等于各电阻的总和,即 $R=R_1+R_2+R_3=12\Omega$ 。

(2) 通过各电阻的电流都相等。

(3) 电路的总电压等于各电阻两端电压的总和,即 $U=U_1+U_2+U_3$ 。

又根据欧姆定律 $U=IR$,当 I 恒定时,各电阻分得的电压和电阻的大小成正比,由此得 $U_1:U_2:U_3=R_1:R_2:R_3=1:2:3$ 。

上式可以理解为三个电阻将电路总电压按各自电阻大小的比例进行分配,这就是所谓的串联电阻的电压分配规律。具体地说,此三个电阻将总电压 U 分成 6 份, U_1 、 U_2 和 U_3 分别占有 6 份中的 1 份、2 份和 3 份,即 $U_1=\frac{R_1}{R_1+R_2+R_3}U=\frac{1}{6}U$; $U_2=\frac{R_2}{R_1+R_2+R_3}U=\frac{2}{6}U$;

$$U_3=\frac{R_3}{R_1+R_2+R_3}U=\frac{3}{6}U。$$

(4) 电路的总电功率等于各电阻电功率的总和,即 $P=P_1+P_2+P_3$ 。

又根据 $P=I^2R$,当 I 恒定时,各电阻的电功率与其电阻的大小成正比,由此得 $P_1:P_2:P_3=R_1:R_2:R_3=1:2:3$ 。这就是所谓的串联电阻的功率分配规律。

$$\text{同理可得 } P_1=\frac{1}{6}P, P_2=\frac{2}{6}P, P_3=\frac{3}{6}P。$$

串联电路各电阻的电压和电功率是按照它特有的规律进行分配的,应用这个规律来计算各电阻的电压和电功率时,可以不必求出电路中的电流,能比较简捷地得到答案。这不仅避免繁琐的计算,更可减少运算发生错误的环节。

2. 串联电阻的基本用途是什么?

根据串联电路的特点和使用目的的不同,一般将电阻串联在电路中可有两个基本用途:一是用于限流;二是用于分压。

(1) 用于限流 当电路的端电压一定时,增大电路的总电阻可减小电路中的电流,以达到限制电路中的电流值,这就是串联电阻的限流作用。此时只要在电路中串入适当大小的电阻或是串入一个阻值可在适当范围内变化的滑线变阻器,就可达到以改变电路中的电阻来控制电路中电流的大小,如课本中实验 12.2 和实验 12.3 中的电路。

(2) 用于分压 当电路获得的电压过高,超过了电路中用电器的额定电压时,可在电路中串联上一个适当大小的附加电阻,由它按比例地分去超过的那部分电压,并使用电器分得的电压值恰好等于它的额定电压。这个附加电阻就称为分压电阻,它所起的作用称为分压作用。例如课本中例题 12.7 中的 R_x , 就是分压电阻。

[疑难分析]

1. 如何正确掌握串联电路的分压计算?

串联电路可以分压,但如果理解不深,在计算中常会导致错误。

例题 1 图 12-4 所示的电路中滑线变阻器的总电阻 $R=100\Omega$, A、B 两端接一恒定电压

$U=200\text{V}$, 移动滑动触头 P , 使 PB 部分电阻 $R_{PB}=40\Omega$, 试求:

(1) C, D 间未接电阻元件时, C, D 两端的电压是多少?

(2) 在 C, D 间接入一个 $R_L=40\Omega$ 的电阻时, C, D 两端的电压又是多少?

解 (1) 设 PB 和 PA 两部分电阻分别为 R_1 和 R_2 , 由题意可知 $R_1=40\Omega$, 则 $R_2=(100-40)\Omega=60\Omega$. 设两部分电压分别是 U_1 和 U_2 , 根据串联电路分压规律, 可得

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U = \frac{40}{100} \times 200\text{V} = 80\text{V},$$

即 C, D 两端的电压

$$U_{CD} = U_1 = 80\text{V}.$$

也可根据欧姆定律得

$$I = \frac{U}{R} = \frac{200}{100}\text{A} = 2\text{A},$$

所以

$$U_1 = U_{CD} = IR_1 = 2 \times 40\text{V} = 80\text{V}.$$

显然前一种解法比较简便.

(2) 在 C, D 间接上 R_L 后, C, D 间的电路变成 R_1 和 R_L 的并联电路了, 这时 C, D 间的等效电阻为

$$R_{CD} = \frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L} = \frac{40 \times 40}{40 + 40}\Omega = 20\Omega.$$

根据情况的变化, 此时 A, B 间的电路等效于如图 12-5 所示, 则

$$U'_{CD} = U'_1 = \frac{R_{CD}}{R_2 + R_{CD}} U = \frac{20}{60 + 20} \times 200\text{V} = 50\text{V}.$$

点评 从上例可以看出接上负载后的分压装置的输出电压总比空载时输出端的电压要小, 负载大小不同, 输出电压也不同. 它们的关系可作如下讨论:

如图 12-5 所示的分压装置, 空载时输出端的电压为 U_1 , 则

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U.$$

接上负载电阻 R_L 后的输出电压为 U'_1 , 那么

$$U'_1 = \frac{\frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L}}{\frac{R_1 R_L}{R_1 + R_L} + R_2} U = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_L}} U.$$

由上式可见, 负载电阻 R_L 越大, U'_1 越接近于 U_1 , 这就是说只有当在 C, D 间接入一个很大电阻时, 输出电压才可近似认为不受影响. 一般说来, 在分压电路输出端接入一个有限值电阻时, 输出电压总要受到影响, 绝对不能认为仍保持原值不变.

2. 如何正确识别串联电路?

有些同学认为只要把用电器接在一条直线上, 它们间就是串联关系了. 这种认识是片面的, 并没有从本质上把握住串联电路的特点. 例如对图 12-6 所示的电路, 有些同学认为它们是串联关系, 这是一种错误的判断. 事实

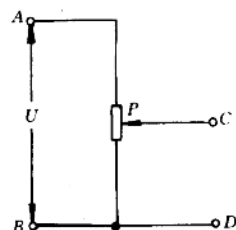


图 12-4

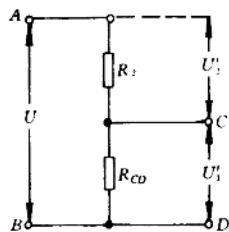


图 12-5

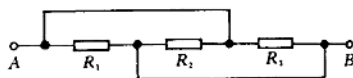


图 12-6