



## 第十二章 电能 能量守恒定律

### 1 电路中的能量转化

#### ★教材 P82【练习与应用】

1. 【解析】串联电路中各部分电路电流相等,则由  $P=I^2R$  可以知道,串联电路中各导体消耗的电功率与电阻成正比;

并联电路中各部分电路两端的电压相等,则由  $P=\frac{U^2}{R}$  可以知道,并联电路中各导体消耗的电功率与电阻成反比.

2. (1)见解析 (2)  $(\sqrt{2}-1):1$

【解析】(1)自动开关 S 接通时,电饭锅处于加热状态;自动开关 S 断开时,电饭锅处于保温状态. 当自动开关 S 接通时,

$R_1$  被短路,  $R_2$  直接接在电源两端,流过  $R_2$  的电流为  $\frac{220 \text{ V}}{R_2}$ ;

当自动开关 S 断开时,  $R_1$ 、 $R_2$  串联后接在电源两端,流过  $R_2$  的电流为  $\frac{220 \text{ V}}{R_1+R_2}$ . 所以自动开关 S 接通时  $R_2$  消耗的电功率较大,故此时为加热状态.

(2)要使电饭锅在保温状态下的功率是加热状态的一半,有

$$\frac{U^2}{R_2} = 2 \times \left( \frac{U}{R_1+R_2} \right)^2 R_2, \text{ 解得 } R_1:R_2 = (\sqrt{2}-1):1.$$

3.  $P_D > P_A > P_C > P_B$ ,理由见解析

【解析】 $R_A$ 、 $R_C$  定值电阻的阻值  $R = \frac{U^2}{P} = \frac{10^2}{4} \Omega = 25 \Omega$ ,  $R_B$ 、 $R_D$

定值电阻的阻值  $R' = \frac{U'^2}{P'} = \frac{10^2}{2} \Omega = 50 \Omega$ , 根据并联电路的特点知  $R_B$ 、 $R_C$  并联后的总电阻  $R_{\text{并}} < R$ , 串联电路中大电阻分大

电压,所以  $R_B$ 、 $R_C$  两端的电压小于  $R_A$  两端的电压,根据  $P =$

$\frac{U^2}{R}$  可得  $P_B < P_C$ , 由  $R_A = R_C$ 、 $I_A > I_C$  可得  $P_C < P_A$ ,  $R_A$ 、 $R_D$  串联,电

流相等,根据  $P = I^2 R$  知  $P$  与  $R$  成正比,则  $P_A < P_D$ , 故功率大小顺序为  $P_D > P_A > P_C > P_B$ .

4. 165 V 907.5 W 644.13 W 483.09 W

【解析】根据串联电路特点得  $I = \frac{U}{2R+R_A} = 5.5 \text{ A}$ , 电热水器 A 两

端的电压  $U_A = IR_A = 5.5 \times 30 \text{ V} = 165 \text{ V}$ , 消耗的功率  $P = I^2 R_A =$

$5.5^2 \times 30 \text{ W} = 907.5 \text{ W}$ .

再并联一个电热水壶, 电路的总电阻为  $R_1 = 2R + \frac{R_A R_B}{R_A + R_B} \approx$

$27.14 \Omega$ , 电路的总电流为  $I_1 = \frac{U}{R_1} \approx 8.11 \text{ A}$ , 电热水器与电热水

壶两端电压为  $U_1 = I_1 \frac{R_A R_B}{R_A + R_B} \approx 138.95 \text{ V}$ ,

电热水器消耗的功率为  $P_1 = \frac{U_1^2}{R_A} \approx 643.55 \text{ W}$ ,



电热水壶消耗的功率为  $P_2 = \frac{U_1^2}{R_B} \approx 482.66 \text{ W}$ .

## 2 闭合电路的欧姆定律

### ★教材 P88【练习与应用】

1. 【解析】电源电动势为  $E$ , 电流为  $I$ , 则乘积  $EI$  的单位为  $\text{W}$ , 它表示非静电力移送电荷时做功的功率.

#### 2. 1.6 $\Omega$

【解析】每节干电池的电动势为  $1.5 \text{ V}$ , 两节干电池串联的电动势为  $3.0 \text{ V}$ . 设每节干电池的内阻为  $r$ , 两节干电池的总内阻为  $2r$ , 由题意得  $U_{\text{内}} = E - U_{\text{外}} = 3.0 \text{ V} - 2.2 \text{ V} = 0.8 \text{ V}$ , 又因为

$$U_{\text{内}} = 2rI, \text{ 故 } r = \frac{U_{\text{内}}}{2I} = \frac{0.8}{2 \times 0.25} \Omega = 1.6 \Omega.$$

#### 3. 16.74 A

【解析】不接负载时的电压为电源电动势, 则  $E = 3.85 \text{ V}$ , 由闭

合电路欧姆定律得短路电流  $I = \frac{E}{r} = \frac{3.85}{0.23} \text{ A} \approx 16.74 \text{ A}$ .

#### 4. 3.72 V 4.3 V

【解析】当外电阻为  $4.0 \Omega$  时, 电流  $I = \frac{U_{\text{外}}}{R} = \frac{4.0 \text{ V}}{4.0 \Omega} = 1.0 \text{ A}$ , 由

闭合电路欧姆定律得  $E = I(R + r)$ , 可得  $r = \frac{E}{I} - R = \frac{4.5 \text{ V}}{1.0 \text{ A}} -$

$4.0 \Omega = 0.5 \Omega$ . 当在外电路并联一个  $6.0 \Omega$  的电阻时,  $R_{\text{并}} =$

$\frac{4 \times 6}{4 + 6} \Omega = 2.4 \Omega$ , 电路中总电流  $I' = \frac{E}{R_{\text{并}} + r} = \frac{4.5}{2.4 + 0.5} \text{ A} \approx 1.55 \text{ A}$ ,

路端电压  $U'_{\text{外}} = I'R_{\text{并}} \approx 3.72 \text{ V}$ ; 当外电路串联一个  $6.0 \Omega$  的电阻

时,  $R_{\text{串}} = 10 \Omega$ , 电路中电流  $I'' = \frac{E}{R_{\text{串}} + r} = \frac{4.5}{10 + 0.5} \text{ A} \approx 0.43 \text{ A}$ , 路端电

压为  $U''_{\text{外}} = I''R_{\text{串}} \approx 4.3 \text{ V}$ .

#### 5. 5 节 10 $\Omega$

【解析】用电器的电阻为  $R = \frac{U}{I} = 60 \Omega$ , 设至少需  $n$  节电池, 串

联的分压电阻为  $R_0$ , 由闭合电路欧姆定律得  $nE = I(R + nr +$

$R_0)$ , 整理得  $n = \frac{R_0 + 60 \Omega}{14 \Omega}$ , 因为  $n$  取正整数, 故当  $R_0 = 10 \Omega$

时,  $n$  有最小值, 为 5.

6. 【解析】开关 S 闭合后, 电动机、灯  $L_1$ 、灯  $L_2$  三者并联, 导致闭

合回路总电阻减小, 干路电流增大,  $U_{\text{内}}$  增大, 灯两端电压减小,

由  $P = \frac{U^2}{R}$  得, 灯消耗的功率变小, 灯变暗; 当开关 S 断开后, 闭

合回路总电阻变大, 干路电流变小, 则  $U_{\text{内}}$  减小, 灯两端电压增

大, 由  $P = \frac{U^2}{R}$  得, 灯消耗的功率变大, 车灯恢复正常亮度.

#### 7. 能带上飞机

【解析】充电宝所含能量为  $W = UIt = 3.7 \text{ V} \times 10 \text{ A} \cdot \text{h} =$



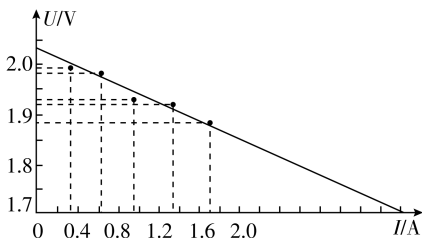
$37 \text{ W} \cdot \text{h} < 160 \text{ W} \cdot \text{h}$ , 能把它带上飞机.

### 3 实验: 电池电动势和内阻的测量

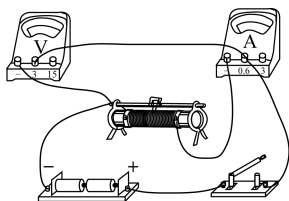
#### ★教材 P92【练习与应用】

##### 1. 见解析 2. 0.3 V 0.09 Ω

【解析】根据表中实验数据在坐标系内描出对应点, 作出  $U-I$  图像, 由图可知, 图像与纵坐标的交点坐标为 2.03 V (2.02 ~ 2.04 V 均可), 则蓄电池电动势为 2.03 V, 图像的斜率的绝对值表示内阻, 则  $r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \left| \frac{2.03 - 1.88}{0 - 1.72} \right| \Omega \approx 0.09 \Omega$ .

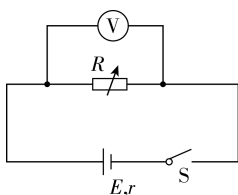


##### 2. 【解析】(1) 实物电路图如图所示.



(2) 电路图如图所示, 每调节一次电阻箱的阻值, 由欧姆定律

$I = \frac{U}{R}$  可获得一组电流. 多次调节电阻箱, 可获得多组对应的电流数据.

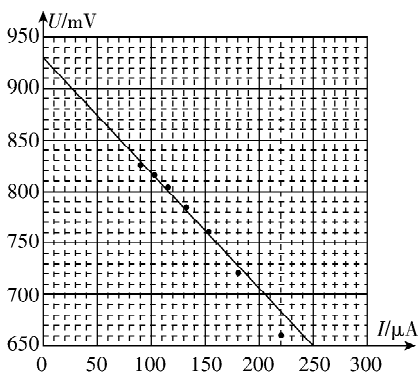


##### 3. 见解析 $E = 930 \text{ mV}$ $r = 1\,020 \Omega$

【解析】电阻箱两端的电压  $U = IR$ , 由题中表格数据得出对应的电压值如表格所示, 作出  $U-I$  图像如图所示. 由闭合电路欧姆定律有  $U = E - I(r + r_g)$ , 可知  $U-I$  图像的斜率的绝对值等于电池的内阻和电流表内阻之和, 由图像可知  $E = 930 \text{ mV}$ ,  $r +$

$r_g = |k| = \frac{(930 - 650) \times 10^{-3}}{250 \times 10^{-6}} \Omega = 1\,120 \Omega$ , 则  $r = 1\,120 \Omega - 100 \Omega = 1\,020 \Omega$ .

$U/\text{mV}$	828	816	805	786	760	720	660
$I/\mu\text{A}$	92	102	115	131	152	180	220



## 4 能源与可持续发展

### ★教材 P99【练习与应用】

1. 【解析】在能源的利用过程中,能量在数量上并未减少,但在可利用品质上降低了,从便于利用的能量变成不便于利用的能量.这是能源危机更深层次的含义,也是自然界的能量虽然守恒,但还是要节约能源的根本原因.
2. 【解析】电风扇工作时,把电能转化为机械能;电饭锅工作时,把电能转化为内能……
3. (1)能 5 m/s (2)节约能源

【解析】(1)设列车恰好“冲”上站台时,站台高度为  $h'$ ,根据

$$\text{机械能守恒定律有 } mgh' = \frac{1}{2}mv_0^2, \text{ 得 } h' = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{\left(\frac{29.2}{3.6}\right)^2}{2 \times 10} \text{ m} \approx$$

3.29 m, 因为  $h' > h$ , 所以列车能“冲”上站台.

设列车冲上站台时速度为  $v$ , 根据机械能守恒定律有

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = mgh + \frac{1}{2}mv^2, \text{ 得 } v = \sqrt{v_0^2 - 2gh} \approx 5 \text{ m/s}.$$

(2)设计这样的小坡,列车进站减速的时候将一部分动能直接转化成重力势能,出站加速的时候将重力势能转化为动能,这样设计可以节约能源.

4.  $1.43 \times 10^5 \text{ W}$

$$\text{【解析】发电功率是 } P = \frac{W_{\text{电}}}{t} = \frac{20\% \times W_{\text{风}}}{t} = \frac{20\% \times \left(\frac{1}{2} \rho S v t \cdot v^2\right)}{t} \approx$$

$$1.43 \times 10^5 \text{ W}.$$

5.  $8.064 \times 10^6 \text{ J}$

【解析】热水器一天能接收到的太阳能

$$E = E_0 S t = 7 \times 10^2 \times 2 \times 4 \times 3600 \text{ J} = 2.016 \times 10^7 \text{ J},$$

热水器一天内能利用的太阳能

$$Q = E \times 40\% = 2.016 \times 10^7 \times 0.4 \text{ J} = 8.064 \times 10^6 \text{ J}.$$

6. (1)  $9 \times 10^9 \text{ W}$  (2) 54

【解析】(1)用于发电的水流量为  $Q$ , 发电功率是  $P = \frac{mgh}{t} \times$

90%, 水的质量  $m = \rho V$ ,  $t$  时间内流水的体积  $V = Qt$ , 联立解得

$$P = 0.9 \rho Q g h = 9 \times 10^9 \text{ W}.$$



(2) 三口之家的生活用电的平均功率大约为  $0.5 \text{ kW}$ , 则三峡电

站可供给用户数为  $n = \frac{9 \times 10^9 \text{ W}}{0.5 \times 10^3 \text{ W}} = 1.8 \times 10^7$ , 人口数为  $N = 3n =$

$5.4 \times 10^7$ , 故可满足约 54 个百万人口城市的生活用电.

## 复习与提高

### ★教材 P100

#### A 组

#### 1. 33.3 J 88.8 J

【解析】锂电池充满电后的能量

$$E = Uq = 3.7 \times 1 \times 3600 \text{ J} = 13320 \text{ J},$$

则关闭液晶屏时, 每拍一张照片所消耗的电能

$$E_1 = \frac{E}{n_1} = \frac{13320}{400} \text{ J} = 33.3 \text{ J},$$

打开液晶屏时, 每拍一张照片消耗的电能

$$E_2 = \frac{E}{n_2} = \frac{13320}{150} \text{ J} = 88.8 \text{ J}.$$

#### 2. 56%

【解析】水吸收的热量  $Q_{\text{水}} = c_{\text{水}} m(t - t_0) = 4.2 \times 10^3 \times 2 \times (100 - 20) \text{ J} = 6.72 \times 10^5 \text{ J},$

电加热装置 10 min 消耗的电能  $E = Pt = 2000 \times 60 \times 10 \text{ J} = 1.2 \times$

$10^6 \text{ J}$ , 电加热装置的效率  $\eta = \frac{Q_{\text{水}}}{E} \times 100\% = \frac{6.72 \times 10^5}{1.2 \times 10^6} \times 100\% = 56\%.$

#### 3. (1) $3.6 \times 10^{-2} \text{ W}$ (2) $2.24 \times 10^3 \text{ W}$

【解析】(1) LED 灯发黄光时消耗的电功率  $P_1 = U_1 I = 1.8 \times 20 \times 10^{-3} \text{ W} = 3.6 \times 10^{-2} \text{ W}.$

(2) 需要的电功率  $P_2 = 10000 \times 8 \times 1.4 \times 0.02 \text{ W} = 2.24 \times 10^3 \text{ W}.$

#### 4. 4 W $\frac{1}{2}$

【解析】 $U-I$  图像中两图线的交点坐标表示电阻  $R$  的工作电流与电压, 则电源的输出功率  $P_{\text{出}} = UI = 4 \times 1 \text{ W} = 4 \text{ W}$ , 内、外

电路消耗的电功率之比  $\frac{P_{\text{内}}}{P_{\text{外}}} = \frac{EI - UI}{UI} = \frac{6 \times 1 \text{ W} - 4 \times 1 \text{ W}}{4 \times 1 \text{ W}} = \frac{1}{2}.$

#### 5. 10 W

【解析】通过电源的电流  $I = \frac{E - U}{r + R_1} = \frac{12 - 6}{1 + 1} \text{ A} = 3 \text{ A},$

通过  $R_2$  的电流  $I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{6}{6} \text{ A} = 1 \text{ A},$

则通过电动机的电流  $I_1 = I - I_2 = 2 \text{ A},$

电动机正常工作时产生的机械功率  $P_{\text{机}} = UI_1 - I_1^2 R_{\text{M}} = 6 \times 2 \text{ W} - 2^2 \times 0.5 \text{ W} = 10 \text{ W}.$

#### 6. 585.2 W 5.32 V 14.2 W 1143 W 10.4 V 54.0 W

【解析】10 盏灯并联时总电阻  $R_{\text{灯}} = \frac{R}{10} = 80.7 \Omega,$

由闭合电路欧姆定律得电路中的电流  $I_1 = \frac{U}{2r + R_{\text{灯}}} \approx 2.66 \text{ A},$



整个电路消耗的电功率  $P = UI_1 \approx 220 \times 2.66 \text{ W} = 585.2 \text{ W}$ ,  
 输电线上损失的电压  $U_{\text{损}} = I_1 \cdot 2r \approx 2.66 \times 2 \times 1.0 \text{ V} = 5.32 \text{ V}$ ,  
 输电线上损失的电功率  $P_{\text{损}} = I_1 \cdot U_{\text{损}} \approx 14.2 \text{ W}$ ;  
 20 盏灯都打开时,同理可得  $R'_{\text{灯}} = 40.35 \Omega$ ,  
 整个电路消耗的电功率  $P' \approx 1143 \text{ W}$ ,  $U'_{\text{损}} \approx 10.4 \text{ V}$ ,  $P'_{\text{损}} \approx 54.0 \text{ W}$ .

### 7. (1) 20 V/A 3.3 V/A -5 V/A (2) 见解析

【解析】(1)  $a$  的斜率  $k_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{2}{0.1} \text{ V/A} = 20 \text{ V/A}$ ,

$b$  的斜率  $k_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{1}{0.3} \text{ V/A} \approx 3.3 \text{ V/A}$ ,

$AB$  的斜率  $k_3 = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{2-1}{0.1-0.3} \text{ V/A} = -5 \text{ V/A}$ .

(2)  $a$  的斜率表示通过  $R_1$  的电流为  $0.1 \text{ A}$  时,  $R_1$  的有效电阻为  $20 \Omega$ ;  $b$  的斜率表示通过  $R_1$  的电流为  $0.3 \text{ A}$  时,  $R_1$  的有效电阻为  $3.3 \Omega$ ; 由于电源的内阻不计, 所以  $AB$  的斜率的绝对值表示  $R_2$  的电阻为  $5 \Omega$ .

### B 组

### 1. (1) 增大 (2) 电流 $I_1$ 减小, $I_2$ 增大 (3) 增大

【解析】(1) 两电阻并联,  $R_1$  的阻值增大时, 并联的总电阻  $R$  增大, 而电路电流  $I$  不变, 由  $U = IR$  知, 并联电压  $U$  变大, 即  $R_1$  和  $R_2$  两端的电压  $U$  增大.

(2) 并联电压  $U$  变大,  $R_2$  中的电流  $I_2$  变大, 由  $I = I_1 + I_2$  知  $I_1$  变小.

(3) 干路电流  $I$  不变,  $U$  增大, 由  $P = U \cdot I$  知, 并联电路上消耗的总功率增大.

### 2. 44.8 W

【解析】电动机不启动时, 由闭合电路欧姆定律得  $I = \frac{E}{R+r}$ ,

解得车灯的电阻  $R = 1.2 \Omega$ ,

车灯消耗的功率为  $P_1 = EI - I^2 r = 120 \text{ W}$ ;

电动机启动后, 路端电压  $U' = E - I' r = 9.5 \text{ V}$ ,

车灯消耗的功率  $P'_1 = \frac{U'^2}{R} = \frac{9.5^2}{1.2} \text{ W} \approx 75.2 \text{ W}$ ,

所以车灯功率减少了  $\Delta P \approx 120 \text{ W} - 75.2 \text{ W} = 44.8 \text{ W}$ .

### 3. 741.6 V

【解析】每行起电斑的电动势  $E = 0.15 \text{ V} \times 5000 = 750 \text{ V}$ , 每行起电斑的内阻  $r = 0.25 \times 5000 \Omega = 1250 \Omega$ ,

电鳗自身电阻  $r_{\text{总}} = \frac{r}{140} \approx 8.9 \Omega$ , 根据闭合电路欧姆定律有

$I = \frac{E}{r_{\text{总}} + R}$ , 得回路中的电流  $I \approx 0.927 \text{ A}$ , 电鳗首尾之间电压

$U = I \cdot R \approx 0.927 \times 800 \text{ V} = 741.6 \text{ V}$

### 4. (1) 0 (2) 2.5 Ω (3) 1.5 Ω

【解析】(1) 根据  $P = I^2 R$ , 当电路中电流最大时, 电阻  $R_1$  消耗的功率最大, 故当滑动变阻器短路, 即  $R_2 = 0$  时, 电阻  $R_1$  消耗功率最大.

(2) 对于电源, 当外电路的电阻等于内阻时电源的输出功率最大; 将电阻  $R_1$  与  $r$  等效成电源内阻, 故当  $R_2 = R_1 + r = 2.5 \Omega$  时, 滑动变阻器消耗的功率最大.

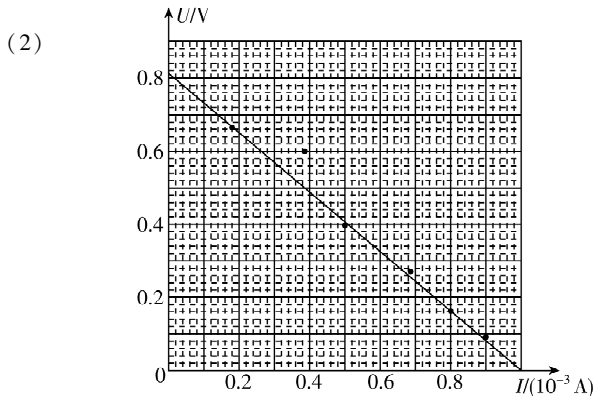
(3) 当  $R_2 + R_1 = r$ , 即  $R_2 = r - R_1 = 1.5 \Omega$  时, 电源输出功率最大.

5. (1) 见解析 (2) 见解析 (3)  $0.8 \text{ V}$   $800 \Omega$

【解析】(1)

表 电阻箱的电阻、电压及电流

数据序号	1	2	3	4	5	6
电阻箱的电阻 $R/(10^3 \Omega)$	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	4.0
电压 $U/\text{V}$	0.09	0.16	0.27	0.40	0.60	0.67
电流 $I/(10^{-3} \text{ A})$	0.90	0.80	0.68	0.50	0.38	0.17



(3) 由图可知电池的电动势  $E = 0.8 \text{ V}$ , 电池内阻  $r = \frac{E}{I_{\text{大}}} =$

$$\frac{0.8}{1 \times 10^{-3}} \Omega = 800 \Omega.$$