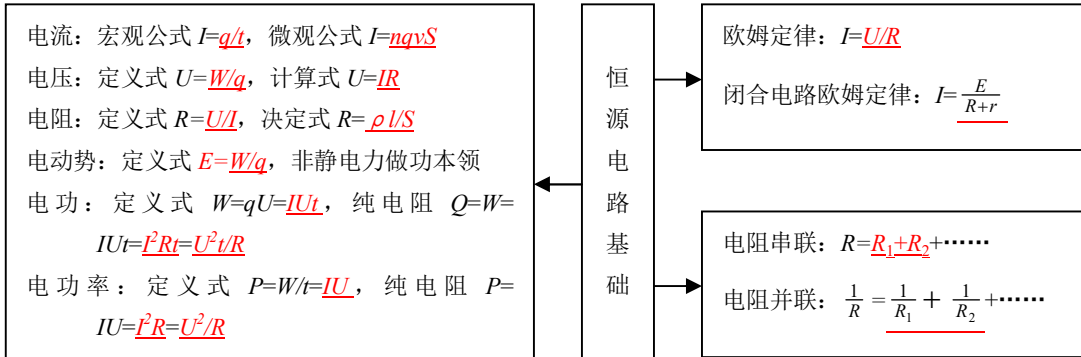


# 第3讲 理解恒源电路基础（解答）

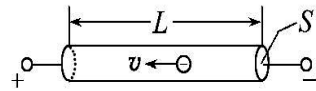
## 一、知识网络构建



## 二、方法策略整合

### （一）电路几个物理量的整合

1. [2015·安徽理综] 一根长为  $L$ 、横截面积为  $S$  的金属棒，其材料的电阻率为  $\rho$ ，棒内单位体积自由电子数为  $n$ ，电子的质量为  $m$ ，电荷量为  $e$ 。在棒两端加上恒定的电压时，棒内产生电流，自由电子定向运动的平均速率为  $v$ ，则金属棒内的电场强度大小为【单选】



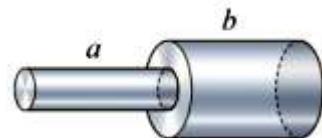
- A.  $\frac{mv^2}{2eL}$       B.  $\frac{mv^2 Sn}{e}$       C.  $\rho nev$       D.  $\frac{\rho ev}{SL}$

**【解题指南】** 本题采用逆向思维法：求场强  $E$ ，想到匀强电场强度公式  $E = \frac{U}{L}$ ，即取长度为  $L$  的导线研究它两端的电压  $U$ ；求电压  $U$ ，又想到  $U=IR$ ，即求  $I$ 、 $R$ ；看着题干哪些物理量，就想到电流的微观公式  $I=nevS$ ，导线电阻为  $R=\rho \frac{L}{S}$ ，整合起来就得。

**【解析】** 取长度为  $L$  的导线研究对象，其电阻为  $R=\rho \frac{L}{S}$ ，电流为  $I=nevS$ ；由  $U=IR$ ，得  $U=nev\rho L$ ；由匀强电场强度公式  $E = \frac{U}{L}$ ，得  $E=\rho nev$ 。

**【答案】** C

2. 如图，两段长度和材料完全相同、各自粗细均匀的金属导线  $a$ 、 $b$ ，单位体积内的自由电子数相等，横截面积之比为  $S_a : S_b = 1 : 2$ 。已知 5s 内有  $5 \times 10^{18}$  个自由电子通过导线  $a$  的横截面，则【多选】



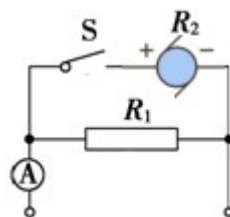
- A. 流经导线  $a$  的电流为 0.16A  
 B. 流经导线  $b$  的电流为 0.32A  
 C. 5s 内有  $10 \times 10^{18}$  个自由电子通过导线  $b$  的横截面  
 D. 自由电子在导线  $a$  和  $b$  中移动的速度之比  $v_a : v_b = 2 : 1$

**【解析】**  $5 \times 10^{18}$  个自由电子的电荷量  $q=5 \times 10^{18} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{C}=0.8 \text{C}$ ，流经导线  $a$  的电流为  $I = \frac{q}{t} = \frac{0.8 \text{C}}{5 \text{s}} = 0.16 \text{A}$ ，A 项正确；因两导线串联，则电流相等，B 项错误；5s 内也是  $5 \times 10^{18}$

个自由电子通过导线  $b$  的横截面, C 项错误; 由  $I=nevS$  知  $v \propto \frac{1}{S}$ , 故  $v_a : v_b = 2 : 1$ , D 项正确.

**【答案】AD**

3. 如图, 电阻  $R_1=20\ \Omega$ , 电动机绕线电阻  $R_2=10\ \Omega$ , 当开关 S 断开时, 电流表的示数是  $I_1=0.5\ \text{A}$ ; 当开关 S 闭合后, 电动机转动起来, 电路两端的电压不变, 此时电流表的示数  $I$  和电路消耗的电功率  $P$  应满足【多选】



- A.  $I=1.5\ \text{A}$     B.  $I<1.5\ \text{A}$     C.  $P=15\ \text{W}$     D.  $P<15\ \text{W}$

**【解析】**当开关 S 断开时, 电动机没有通电, 欧姆定律成立, 所以电路两端的电压  $U=I_1R_1=10\ \text{V}$ ; 当开关 S 闭合后, 电动机转动起来, 电路两端的电压  $U=10\ \text{V}$ , 通过电动机的电流应满足  $UI_2>I_2^2R_2$ , 故  $I_2<1\ \text{A}$ ; 所以电流表的示数  $I<1.5\ \text{A}$ , 电路消耗的电功率  $P=UI<15\ \text{W}$ , 故 B、D 两项正确, A、C 两项错误.

**【答案】BD**

4. 家庭用久的一个电灯泡的钨丝突然断了, 在闭合开关的情况下轻轻摇摆电灯泡会使钨丝重新架搭接通, 当接通钨丝后【多选】

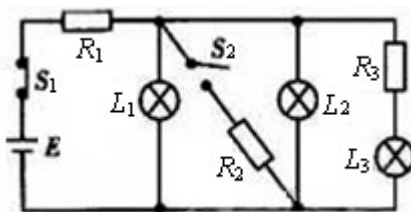
- A. 亮度比原来更亮    B. 亮度比原来更暗  
C. 钨丝更加耐用    D. 钨丝更容易熔断

**【解析】**熔断总长度就比原来的短, 架搭后钨丝的长度变短, 电阻变小, 功率变大, 亮度变大, 但钨丝变小, 耐流差, 容易熔断

**【答案】AD**

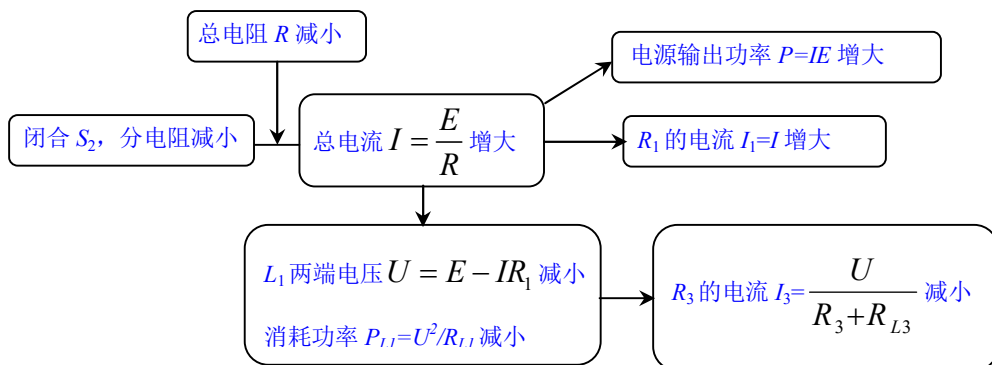
## (二) 动态电路的分析

5. [2009·广东物理]如图, 电动势为  $E$ 、内阻不计的电源与三个灯泡和三个电阻相接. 只合上开关  $S_1$ , 三个灯泡都能正常工作. 如果再合上  $S_2$ , 则【单选】



- A. 电源输出功率减小  
B.  $L_1$  上消耗的功率增大  
C. 通过  $R_1$  上的电流增大  
D. 通过  $R_3$  上的电流增大

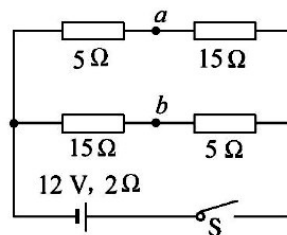
**【解题指南】**本题可采用如下的思维导图:



**【解析】**在合上  $S_2$  之前, 三灯泡都能正常工作, 合上  $S_2$  之后, 电路中的总电阻  $R_{总}$  减小, 则  $I_{总}$  增大, 即流过  $R_1$  的电流增大, 由于不计内阻, 电源的输出功率  $P_{出}=EI$ , 可见电源的输出功率增大, A 错误;  $R_1$  两端的电压增大, 则并联部分的电压减小,  $L_4$  减小,  $L_2$  减小,  $L_1$  减小, 可见 C 正确.

**【答案】C**

6. [2016·江苏物理]如图所示的电路中,电源电动势为 12V,内阻为  $2\Omega$ ,四个电阻的阻值已在图中标出.闭合开关 S,下列说法正确的是【多选】



- A. 路端电压为 10V  
 B. 电源的总功率为 10W  
 C.  $a$ 、 $b$  间电压的大小为 5V  
 D.  $a$ 、 $b$  间用导线连接后,电路的总电流为 1A

【解题指南】

(1)闭合电路的欧姆定律:  $I = \frac{E}{R+r}$ ;

(2)电流总是从高电势流向低电势;

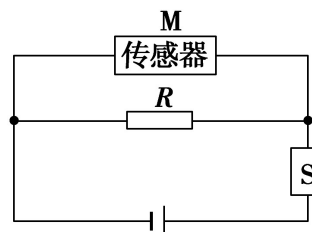
(3)电源向整个电路提供的总电功率  $P_{\text{总}} = EI$ , 随电流变化而变化.

【解析】外电路总电阻为  $10\Omega$ , 根据闭合电路的欧姆定律  $I = \frac{E}{R+r} = 1\text{A}$ , 所以路端电压为 10V, A 项正确; 电源的总功率为  $P_{\text{总}} = EI = 12\text{W}$ , B 项错误;  $a$  右侧电阻两端电压为  $15 \times 0.5\text{V} = 7.5\text{V}$ ,  $b$  右侧电阻两端电压为  $5 \times 0.5\text{V} = 2.5\text{V}$ , 所以  $U_{ab} = -(7.5\text{V} - 2.5\text{V}) = -5\text{V}$ , C 项正确;  $a$ 、 $b$  间用导线连接后, 电路总电阻为  $\frac{5 \times 15}{5+15} \times 2\Omega + 2\Omega = 9.5\Omega$ , 电路的总电流不是 1

A, D 项错误.

【答案】AC

7. [2013·江苏物理]在输液时,药液有时会从针口流出体外,为了及时发现,设计了一种报警装置,电路如图所示. M 是贴在针口处的传感器,接触到药液时其电阻  $R_M$  发生变化,导致 S 两端电压  $U$  增大,装置发出警报,此时【单选】

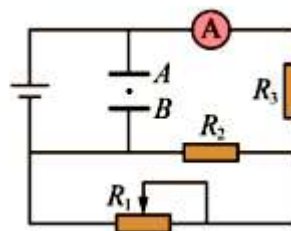


- A.  $R_M$  变大, 且  $R$  越大,  $U$  增大越明显  
 B.  $R_M$  变大, 且  $R$  越小,  $U$  增大越明显  
 C.  $R_M$  变小, 且  $R$  越大,  $U$  增大越明显  
 D.  $R_M$  变小, 且  $R$  越小,  $U$  增大越明显

【解析】根据题述接触到药液时其电阻  $R_M$  发生变化, 导致 S 两端电压  $U$  增大, 可知  $R_M$  变小, 且  $R$  越大,  $U$  增大越明显, 选项 C 正确.

【答案】C

8. 如图电路中,电源内阻不能忽略,平行板电容器中的带电油滴停止不动,现调节滑动变阻器  $R_1$  的滑片,使带电油滴往上做加速运动,以下判断正确的是【多选】



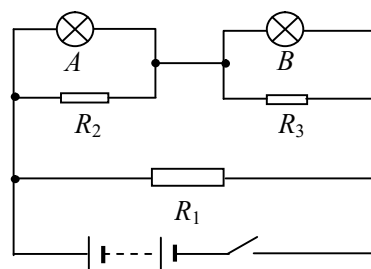
- A.  $R_1$  的滑片是向左滑动的  
 B.  $R_1$  的滑片是向右滑动的  
 C. 电流表 A 的示数逐渐增大  
 D. 电流表 A 的示数逐渐减小

【解析】使带电油滴往上做加速运动, 则电容器极板上的电压增大, 而它是电源的路端电压, 则电源的内电压要减小, 即经过电源的电流减小, 说明电路的电阻要增大, 即  $R_1$  的电阻要增大, 滑片是向右滑动的, B 项正确; 电流表 A 处于干路上, 故示数逐渐减小, D 项正确.

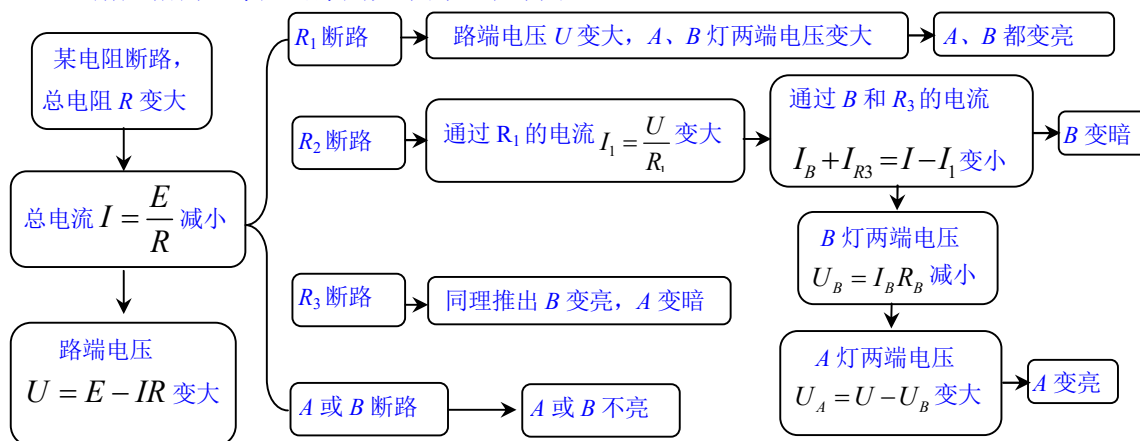
【答案】BD

### (三) 电路故障的分析

9. 如图电路中, 灯泡  $A$  和  $B$  原来都是正常发光. 忽然灯泡  $B$  比原来变暗了些, 而灯泡  $A$  比原来变亮了些, 试判断电路中什么地方出现断路的故障? (设只有一处出现了故障)



【解题指南】本题可采用如下的思维导图:



【解析】依题意, 整个电路只有一处发生了断路, 下面分别对不同区域进行讨论:

(1) 若  $R_1$  断路, 电路中总电阻变大, 电流变小, 路端电压升高,  $A$ 、 $B$  两灯均变亮, 不合题意.

(2) 若  $R_3$  断路,  $B$  与  $R_3$  并联. 该段电路中电阻变大, 电压升高,  $B$  中的电流增大,  $B$  灯变亮, 不合题意.

(3) 若  $R_2$  断路,  $A$  与  $R_2$  并联, 这段电路中电阻变大, 使总电阻变大, 总电流变小, 各部分压降变小,  $A$  灯两端电压升高,  $A$  中电流增大,  $A$  灯变亮; 因  $B$  灯两端电压减小,  $B$  灯中电流变小,  $B$  灯变暗, 与题中条件相符.

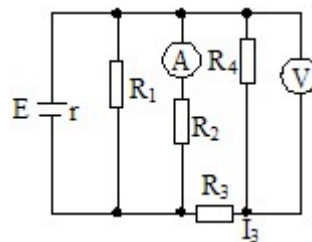
(4)  $A$  灯、 $B$  灯所在支路或其他部分发生断路, 则两灯均不会发光, 不合题意, 故应是  $R_2$  断路.

【答案】 $R_2$  断路

10. 如图, 由于某一电阻断路, 致使电压表和电流表的示数均变大, 则这个断路的电阻可能是【多选】

A.  $R_1$       B.  $R_2$       C.  $R_3$       D.  $R_4$

【解析】读图可知, 电路是一个并联电路, 共有三个支路. 其中  $R_3$  与  $R_4$  串联在同一支路中, 电压表测  $R_4$  两端的电压.



A、假设  $R_1$  断路, 外电路总增大, 路端电压增大, 电压表和电流表的示数均增大, 符合题意; 故 A 正确.

B、假设  $R_2$  断路, 电压表示数将不变, 电流表无示数, 所以不合题意; 故 B 错误.

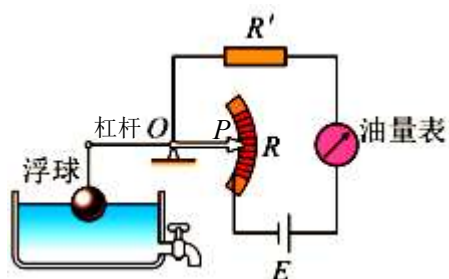
C、假设  $R_3$  断路, 电压表将无示数, 所以不合题意; 故 C 错误.

D、假设  $R_4$  断路, 因为电压表的内阻很大, 所以示数会增大至接近电源电压, 电路中总电阻减小, 所以 A 会增大, 故符合题意. 故 D 正确.

【答案】AD

#### (四) 电路知识在科技中的应用

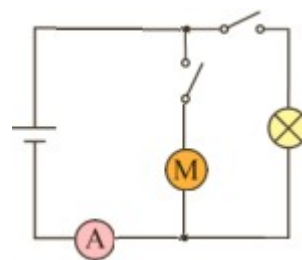
11. 如图是一种能自动测定油箱内油面高度的装置, 油量表由电流表改装而成. 金属杠杆的一端接浮球, 另一端触点  $P$  接滑动变阻器  $R$ . 当油箱内油面下降时, 下列分析正确的是【多选】



- A. 触点  $P$  向下滑动  
 B. 触点  $P$  向上滑动  
 C. 电路中的电流变大  
 D. 电路中的电流变小

【答案】BD

12. [2007·重庆理综] 汽车电动机启动时车灯会瞬时变暗, 如图所示, 在打开车灯的情况下, 电动机未启动时电流表读数为  $10\text{A}$ , 电动机启动时电流表读数为  $58\text{A}$ , 若电源电动势为  $12.5\text{V}$ , 内阻为  $0.05\Omega$ , 电流表内阻不计, 则因电动机启动, 车灯的电功率降低了【单选】



- A.  $35.8\text{W}$     B.  $43.2\text{W}$     C.  $48.2\text{W}$     D.  $76.8\text{W}$

【解析】假设  $r$  为电源内阻,  $R$  为车灯电阻,  $I$  为没有启动电动机时流过电流表的电流. 在没有启动电动机时, 满足闭合电路欧姆定律, 得  $r+R=\frac{E}{I}$ ,  $R=\frac{E}{I}-r=1.2\Omega$ . 此时

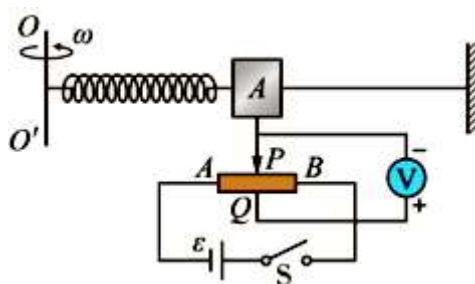
车灯功率为:  $P=I^2R=120\text{W}$ . 启动电动机后, 流过电流表的电流  $I'=58\text{A}$ , 此时车

灯两端的电压为:  $U=E-I'r=9.6\text{V}$ , 所以此时车灯功率为  $P'=\frac{U^2}{R}=76.8\text{W}$ , 电动

机启动后车灯功率减少了  $\Delta P=P-P'=43.2\text{W}$ , 故正确选项为 B.

【答案】B

13. 角速度计可测得航天器自转的角速度  $\omega$ , 其结构如图所示, 当系统  $OO'$  转动时, 元件  $A$  在光滑杆上发生滑动, 并输出电信号成为航天器的制导信号源. 已知  $A$  质量为  $m$ , 弹簧的劲度系数为  $k$ , 原长为  $L_0$ , 电源电动势为  $E$ , 内阻不计. 滑动变阻器总长为  $L$ , 电阻分布均匀, 系统静止时滑动变阻器滑动触头  $P$  在中点, 与固定接头  $Q$  正对, 当系统以角速度  $\omega$  转动时, 求:
- (1) 弹簧形变量  $x$  与  $\omega$  的关系式;
  - (2) 电压表的示数  $U$  与角速度  $\omega$  的函数关系.



【解析】(1) 由圆周运动规律可得,

$$kx = mR\omega^2 = m(L_0 + x)\omega^2$$

$$\text{得 } x = \frac{mL_0\omega^2}{k - m\omega^2}$$

$$U = \frac{x}{L} E = \frac{mL_0 \omega^2 E}{L(k - m\omega^2)}$$

(2) 由串联电路的规律得:

$$x = \frac{m\omega^2 l_0}{k - m\omega^2}, \quad U = \frac{m\omega^2 l_0 E}{l(k - m\omega^2)}$$

**【答案】**

14. [2007·北京理综] 环保汽车为 2008 年奥运会场馆服务. 某辆以蓄电池为驱动能源的环保汽车, 总质量  $m = 3 \times 10^3 \text{ kg}$ . 当它在水平路面上以  $v = 36 \text{ km/h}$  的速度匀速行驶时, 驱动电机的输入电流  $I = 50 \text{ A}$ , 电压  $U = 300 \text{ V}$ . 在此行驶状态下

- (1) 求驱动电机的输入功率  $P_{\text{电}}$ ;
- (2) 若驱动电机能够将输入功率的 90% 转化为用于牵引汽车前进的机械功率  $P_{\text{机}}$ , 求汽车所受阻力与车重的比值 ( $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ );
- (3) 设想改用太阳能电池给该车供电, 已知太阳辐射的总功率  $P_0 = 4 \times 10^{26} \text{ W}$ , 太阳到地球的距离  $r = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ , 太阳光传播到达地面的过程中大约有 30% 的能量损耗, 该车所用太阳能电池的能量转化效率约为 15%, 其他条件不变, 求所需的太阳能电池板的最小面积.

**【解析】**(1) 驱动电机的输入功率  $P_{\text{电}} = IU = 1.5 \times 10^4 \text{ W}$

(2) 在匀速行驶时  $P_{\text{机}} = 0.9P_{\text{电}} = Fv = fv$

$$f = 0.9P_{\text{电}} / v$$

汽车所受阻力与车重之比  $f / mg = 0.045$

(3) 当阳光垂直电磁板入射式, 所需板面积最小, 设其为  $S$ , 距太阳中心为  $r$  的球面积  $S_0 = 4\pi r^2$ .

若没有能量的损耗, 太阳能电池板接受到的太阳能功率为  $P'$ , 则  $\frac{P'}{P_0} = \frac{S}{S_0}$

设太阳能电池板实际接收到的太阳能功率为  $P$ ,  $P = (1 - 30\%)P'$

$$\frac{P}{P_0(1 - 30\%)} = \frac{S}{S_0}$$

由于  $P_{\text{电}} = 15\%P$ ,

$$\text{电池板的最小面积 } S = \frac{PS_0}{0.7P_0} = \frac{4\pi r^2 P_{\text{电}}}{0.15 \times 0.7P_0} = 101 \text{ m}^2$$

**【答案】**(1)  $1.5 \times 10^4 \text{ W}$ ; (2) 0.045; (3)  $101 \text{ m}^2$