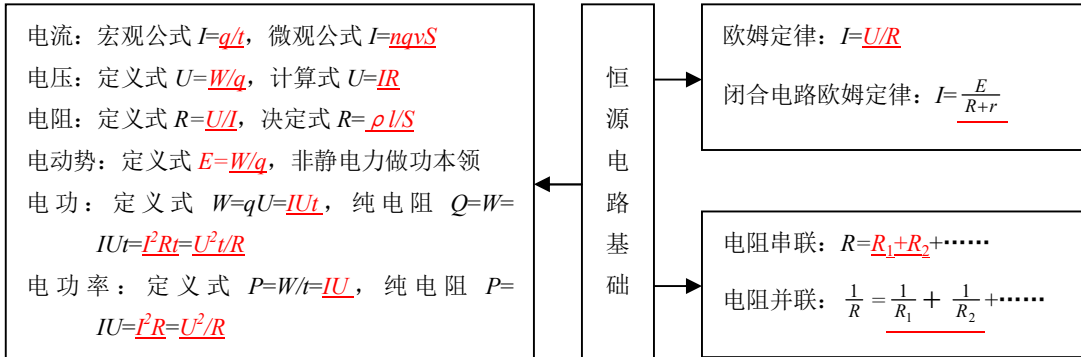


第3讲 理解恒源电路基础（解答）

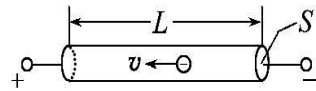
一、知识网络构建



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 ρ ，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】



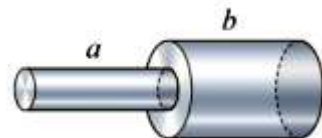
- A. $\frac{mv^2}{2eL}$ B. $\frac{mv^2 Sn}{e}$ C. ρnev D. $\frac{\rho ev}{SL}$

【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 5×10^{18} 个自由电子通过导线 a 的横截面，则【多选】



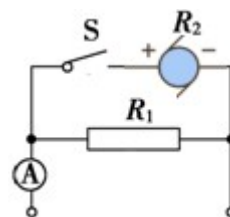
- A. 流经导线 a 的电流为 0.16A
 B. 流经导线 b 的电流为 0.32A
 C. 5s 内有 10×10^{18} 个自由电子通过导线 b 的横截面
 D. 自由电子在导线 a 和 b 中移动的速度之比 $v_a : v_b = 2 : 1$

【解析】 5×10^{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 5×10^{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】

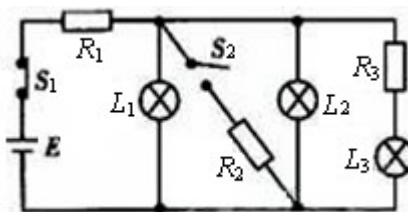
- A. 亮度比原来更亮 B. 亮度比原来更暗
C. 钨丝更加耐用 D. 钨丝更容易熔断

【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

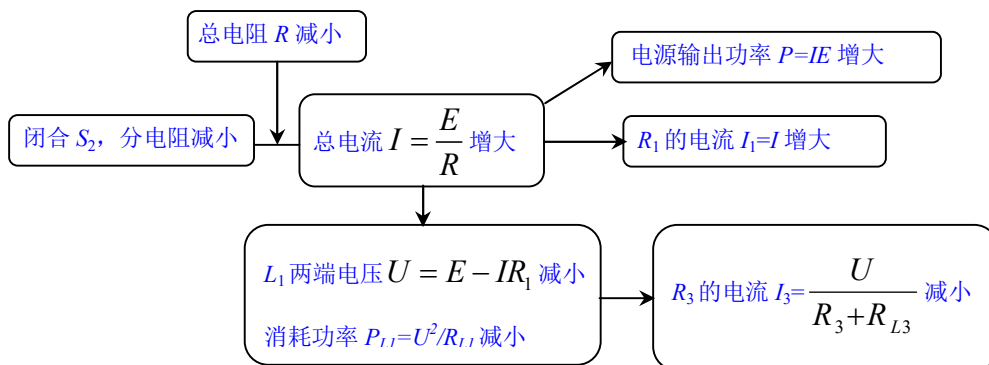
(二) 动态电路的分析

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

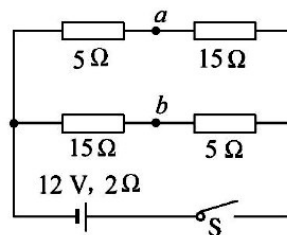
【解题指南】本题可采用如下的思维导图:



【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 2Ω ,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: $I = \frac{E}{R+r}$;

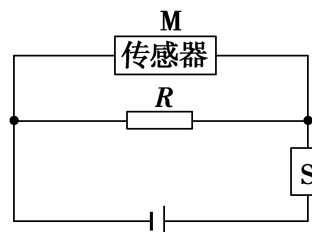
(2)电流总是从高电势流向低电势;

(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 10Ω , 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 1A, 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】

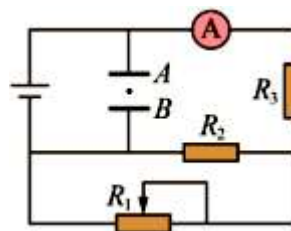


- A. R_M 变大, 且 R 越大, U 增大越明显
 B. R_M 变大, 且 R 越小, U 增大越明显
 C. R_M 变小, 且 R 越大, U 增大越明显
 D. R_M 变小, 且 R 越小, U 增大越明显

【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】



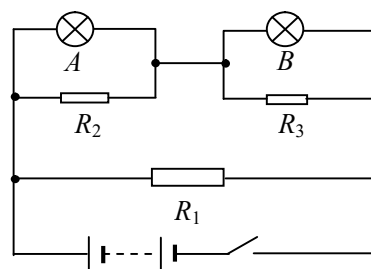
- A. R_1 的滑片是向左滑动的
 B. R_1 的滑片是向右滑动的
 C. 电流表 A 的示数逐渐增大
 D. 电流表 A 的示数逐渐减小

【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.

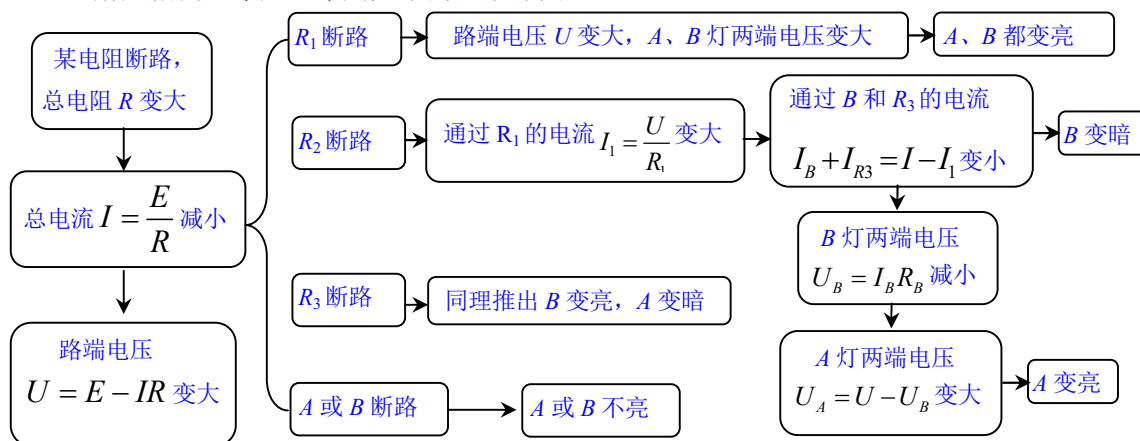
【答案】BD

(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.

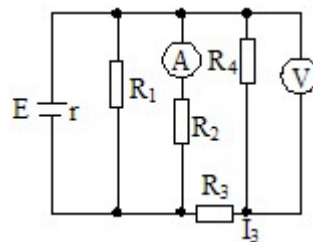
(3) 若 R_2 断路, A 与 R_2 并联, 这段电路中电阻变大, 使总电阻变大, 总电流变小, 各部分压降变小, A 灯两端电压升高, A 中电流增大, A 灯变亮; 因 B 灯两端电压减小, B 灯中电流变小, B 灯变暗, 与题中条件相符.

(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.

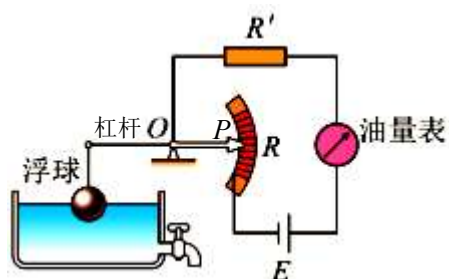
C、假设 R_3 断路, 电压表将无示数, 所以不合题意; 故 C 错误.

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

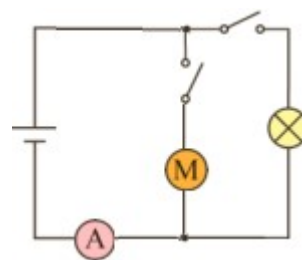
11. 如图是一种能自动测定油箱内油面高度的装置, 油量表由电流表改装而成. 金属杠杆的一端接浮球, 另一端触点 P 接滑动变阻器 R . 当油箱内油面下降时, 下列分析正确的是【多选】



- 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 $10A$, 电动机启动时电流表读数为 $58A$, 若电源电动势为 $12.5V$, 内阻为 0.05Ω , 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. $35.8W$ B. $43.2W$ C. $48.2W$ D. $76.8W$

【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

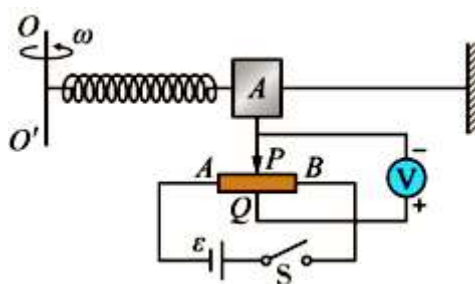
车灯功率为: $P=I^2R=120W$. 启动电动机后, 流过电流表的电流 $I'=58A$, 此时车

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

机启动后车灯功率减少了 $\Delta P=P-P'=43.2W$, 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 ω , 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 ω 转动时, 求:
- (1) 弹簧形变量 x 与 ω 的关系式;
 - (2) 电压表的示数 U 与角速度 ω 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 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 m^2