

# 2024 版高三物理培优——模型与方法

## 专题 17 常见的电路模型

### 目录

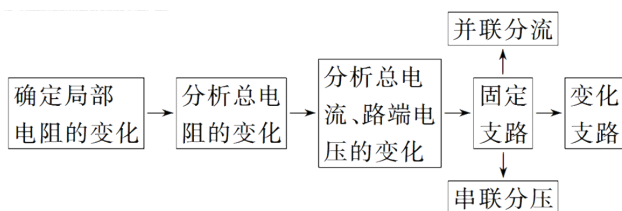
一. 电路动态分析模型.....	1
二. 含容电路模型.....	6
三. 关于 $\frac{U}{I}$ , $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 的物理意义模型.....	11
四. 电源的输出功率随外电阻变化的讨论及电源的等效思想.....	22
五. 电路故障的分析模型.....	30

### 一. 电路动态分析模型

1. 电路的动态分析问题: 是指由于断开或闭合开关、滑动变阻器滑片的滑动等造成电路结构发生了变化, 某处电路变化又引起其他电路的一系列变化; 对它们的分析要熟练掌握闭合电路欧姆定律, 部分电路欧姆定律, 串、并联电路中电压和电流的关系.

#### 2. 电路动态分析的三种常用方法

##### (1) 程序法



【需要记住的几个结论】:

- ① 当外电路的任何一个电阻增大 (或减小) 时, 整个电路的总电阻一定增大 (或减小)。
- ② 若电键的通断使串联的用电器增多时, 总电阻增大; 若电键的通断使并联的用电器增多时, 总电阻减小
- ③ 用电器断路相当于该处电阻增大至无穷大, 用电器短路相当于该处电阻减小至零。

##### (2) “串反并同”结论法

① 所谓“串反”, 即某一电阻增大时, 与它串联或间接串联的电阻中的电流、两端电压、电功率都将减小, 反之则增大。

② 所谓“并同”, 即某一电阻增大时, 与它并联或间接并联的电阻中的电流、两端电压、电功率都将增大, 反之则减小。

$$\text{即: } \left. \begin{array}{l} U_{\text{串}} \downarrow \\ I_{\text{串}} \downarrow \\ P_{\text{串}} \downarrow \end{array} \right\} \leftarrow R \uparrow \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} U_{\text{并}} \uparrow \\ I_{\text{并}} \uparrow \\ P_{\text{并}} \uparrow \end{array} \right.$$

【注意】此时电源要有内阻或有等效内阻，“串反并同”的规律仅作为一种解题技巧供参考。

### (3) 极限法

因变阻器滑片滑动引起电路变化的问题，可将变阻器的滑片分别滑至两个极端，让电阻最大或为零再讨论。

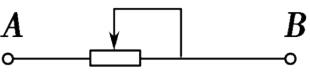
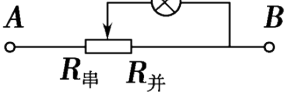
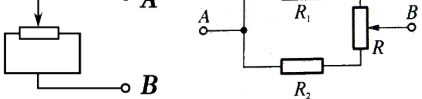
### 3. 电路动态变化的常见类型：

①滑动变阻器滑片移动引起的动态变化：限流接法时注意哪部分是有效电阻，分压接法两部分电阻一增一减，双臂环路接法有最值；

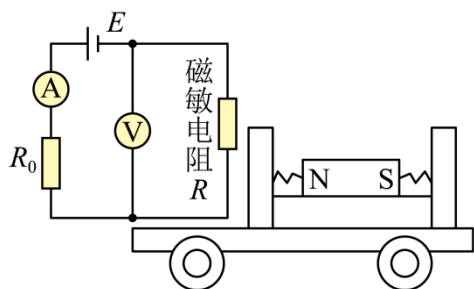
②半导体传感器引起的动态变化：热敏电阻、光敏电阻、压敏电阻等随温度、光强、压力的增大阻值减小；

③开关的通断引起的动态变化：开关视为电阻，接通时其阻值为零，断开时其阻值为无穷大，所以，由通而断阻值变大，由断而通阻值变小。

### 4. 滑动变阻器的几种接法

限流接法	分压接法	双臂环路接法
		
左部分为有效电阻，向←滑动，AB间总阻值减小。	向←滑动， $R_{并}$ 增大， $R_{串}$ 减小，AB间总电阻减小。	两部分电阻并联， $R_{AB}$ 先增大后减小，当并联的两部分阻值相等时 $R_{AB}$ 最大。

【模型演练 1】(2023·河北邢台·河北巨鹿中学校联考三模)某磁敏电阻  $R$  的阻值随外加磁场的磁感应强度  $B$  的增大而增大。有一位同学利用该磁敏电阻设计了一款可以测量小车加速度的实验装置，如图所示，条形磁铁的左、右两端分别连接两根相同的轻质弹簧，两弹簧的另一端固定在小车两侧的竖直挡板上，磁铁可以相对小车无摩擦左右移动，下列说法正确的是 ( )



- A. 当小车向右做加速直线运动时，电流表示数变大
- B. 当小车向右做减速直线运动时，电压表示数变小
- C. 当小车向左做加速直线运动时，电流表示数变大
- D. 当小车向左做减速直线运动时，电压表示数变小

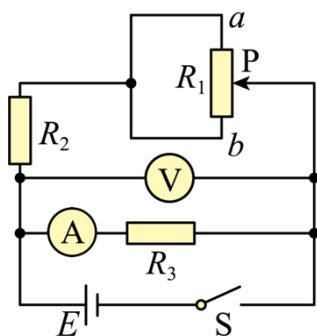
【答案】BC

【详解】AD. 当小车向右加速或向左减速时，磁铁具有向右的加速度，受到的合力向右，故左侧的弹簧压缩，右侧的弹簧拉伸，磁铁向左靠近磁敏电阻  $R$ ， $R$  阻值变大，电路中的电流减小，电流表的示数变小，电压表测  $R$  两端的电压，由串联分压知，电压表示数变大，AD 错误；

BC. 当小车向左加速或向右减速时，磁铁具有向左的加速度，受到的合力向左，故左侧的弹簧拉伸，右侧的弹簧压缩，磁铁向右远离磁敏电阻  $R$ ， $R$  阻值变小，电路中的总电阻变小，电路中的电流变大，电流表示数变大，由串联分压知，电压表示数变小，BC 正确。

故选 BC。

【模型演练 2】（2023 春·湖南·高三长郡中学校联考阶段练习）如图所示电路中，电源电动势为  $E$ ，内阻为  $r$ 。闭合开关  $S$ ，电压表示数为  $U$ ，电流表示数为  $I$ ，电表均为理想电表，在滑动变阻器  $R_1$  的滑片  $P$  由  $b$  端滑到  $a$  端的过程中，下列说法正确的是（ ）



- A.  $U$  先变大后变小
- B.  $I$  先变小后变大
- C.  $U$  与  $I$  比值先变大后变小
- D. 电源内部消耗的功率先减小后增大

【答案】AD

【详解】ABC. 当滑动变阻器在正中间位置时，并联部分电阻最大，外电阻最大，故滑动变阻器  $R_1$  的滑片  $P$  由  $b$  端滑到  $a$  端的过程中，外电阻先增大后减小，总电流先变小后变大

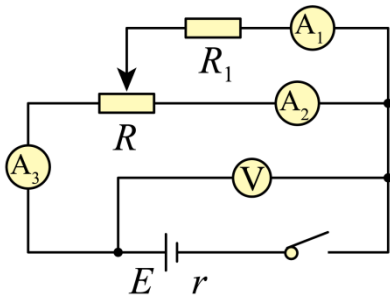
$$U = E - I_{\text{总}}r$$

$U$  先变大后变小， $R_3$  为定值电阻， $I$  先变大后变小， $\frac{U}{I}$  不变，选项 A 正确、选项 BC 错误；

D. 外电压先增大后减小，故内电压先减小后增大，电源内部消耗的功率先减小后增大，选项 D 正确。

故选 AD。

【模型演练 3】（2023·湖南邵阳·统考模拟预测）如图所示，电源电动势为  $E$ 、内阻为  $r$ ，滑动变阻器总电阻为  $R$ ，所有电表均为理想表。当滑片由左向右滑动时，关于各表示数变化描述正确的是（ ）



- A.  $A_1$  示数可能先增大再减小  
 B.  $A_2$  示数可能先减小再增大  
 C.  $A_3$  示数一定先减小再增大  
 D. V 示数一定一直增大

**【答案】BD**

**【详解】C.** 滑动变阻器的滑片由左向右滑动时，变阻器左端部分电阻增大，右端部分电阻减小，由于右端部分与电阻  $R_1$  并联，并联电阻小于支路电阻，可知并联部分减小量小于变阻器左端部分电阻的增加量，则总电阻增大，总电流减小，即  $A_3$  示数一直减小，故 C 错误；

D. 总电流减小，内电压减小，路端电压增大，即 V 示数一直增大，故 D 正确；

A. 总电流减小，变阻器右端部分电阻减小，根据并联电路电流分配关系可得电阻  $R_1$  分得的电流减小，而总电流减小，所以  $A_1$  示数一直减小，故 A 错误；

B. 设变阻器右端部分电阻为  $x$ ， $x \in [0, R]$  且在减小，那么左端部分电阻为  $R-x$ ，在增大。由闭合电路欧姆定律可得

$$I_{\text{总}} = \frac{E}{r + (R-x) + \frac{xR_1}{x+R_1}}$$

由并联电路的电流分配关系可得  $A_2$  示数

$$I_2 = I_{\text{总}} \cdot \frac{R_1}{R_1 + x}$$

化简可得

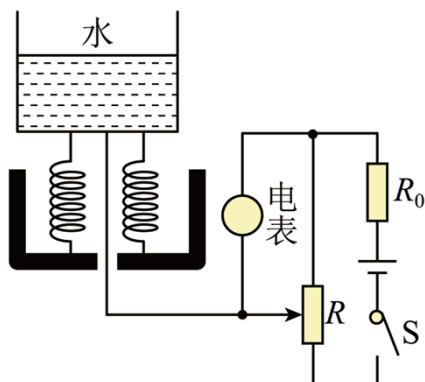
$$I_2 = \frac{ER_1}{-x^2 + (R+r)x + (R+r)R_1}$$

由数学知识可得在  $x \in [0, R]$  的范围随着  $x$  减小， $I_2$  可能先减小后增大，故 B 正确。

故选 BD。

**【模型演练 4】(2023·江苏南京·统考三模)**

某牧场设计了一款补水提示器，其工作原理如图所示，水量增加时滑片下移，电表均为理想电表。下列说法正确的是（ ）



- A. 若选择电压表，水量增多时电压表示数变大
- B. 若选择电流表，水量增多时电流表示数变小
- C. 若选择电流表，与电压表相比，电路更节能
- D. 若选择电压表，增加  $R_0$  可提高灵敏度

**【答案】A**

**【详解】A.** 如果选择电压表，滑动变阻器  $R$  和定值电阻  $R_0$  串联在电路中，且电压表测  $R$  的滑片至最上端的电压，无论滑片如何移动，变阻器接入电路的阻值不变，闭合开关  $S$ ，水量增多时，滑片下移， $R$  上半部分的电阻增大， $R$  上半部分分得的电压增大，即电压表示数变大，故 **A** 正确；

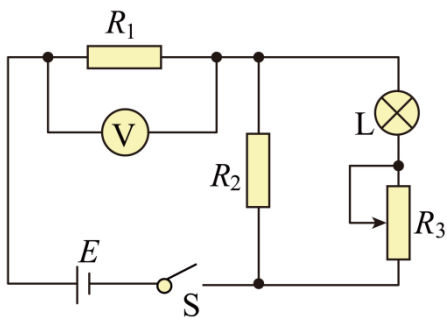
**B.** 如果选择电流表，滑动变阻器  $R$  滑片以下的部分和定值电阻  $R_0$  串联在电路中，电流表测电路中的电流，水量增多时，滑片下移，滑动变阻器连入电路的阻值减小，电路总电阻减小，由欧姆定律可得，电路电流增大，即电流表示数变大，故 **B** 错误；

**C.** 与电压表相比，选择电流表设计电路的总电阻较小，电路电流较大，由  $P=UI$  可知，电路的总功率较大，不节能，故 **C** 错误；

**D.** 若选择电压表，增加  $R_0$ ，电路中电流减小，电阻变化相同时，电压变化变小，即灵敏度降低，故 **D** 错误。

故选 **A**。

**【模型演练 5】（2023·全国·高三专题练习）** 在如图所示的电路中， $E$  为电源，电源内阻为  $r$ ，小灯泡  $L$  灯丝电阻不变，电压表  $V$  为理想电表， $R_1$ 、 $R_2$  为定值电阻， $R_3$  为滑动变阻器，若将滑动变阻器的滑片向下移动，则（ ）



- A. 通过  $R_2$  的电流变大  
 B. 电压表的示数变小  
 C. 电源内阻上的电压变大  
 D. 小灯泡消耗的功率变小

**【答案】C**

**【详解】BC.** 若将滑动变阻器的滑片向下移动， $R_3$  电阻值减小，从而电路总电阻也减小，干路电流增大，所以  $R_1$  两端电压增大，电源内阻上的电压变大，电压表示数增大，故 B 错误，C 正确；

A. 由于干路电流增大，由闭合电路欧姆定律可得， $R_2$  两端电压减小，所以通过  $R_2$  的电流减小，故 A 错误

D. 因为干路电流增大， $R_2$  中电流减小，所以小灯泡的电流增大，功率变大，故 D 错误。

故选 C。

## 二. 含容电路模型

### (1) 电路简化

电路稳定后，把电容器所处的支路视为断路，简化电路时可以去掉，求电荷量时再在相应位置补上。

### (2) 电路稳定时电容器的电压

电路稳定时，电容器所在的支路中没有电流，与之串联的电阻相当于导线，其两端无电压。电容器两端的电压等于与之并联的电阻两端的电压。

### (3) 电容器的带电荷量及变化

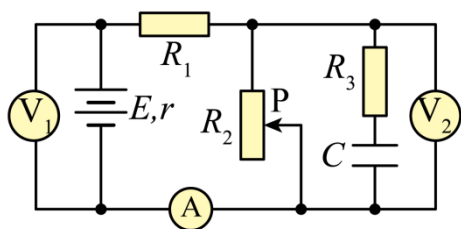
电容器两端电压的变化引起电容器充、放电。

① 利用  $Q=UC$  计算电容器初、末状态所带的电荷量  $Q_1$  和  $Q_2$ 。

② 如果变化前后极板带电的电性相同，通过所连导线的电荷量为  $|Q_1 - Q_2|$ 。

③ 如果变化前后极板带电的电性相反，通过所连导线的电荷量为  $Q_1 + Q_2$ 。

**【模型演练 1】** (2023·贵州黔东南·校考模拟预测) 如图，电源电动势为  $E$ 、内阻为  $r$ ， $R_1$  为定值电阻，电容器的电容为  $C$ ，现将滑动变阻器的滑片由最上端缓慢地向下滑动，电压表示数变化量的绝对值分别为  $\Delta U_1$ 、 $\Delta U_2$ ，电流表示数变化量的绝对值为  $\Delta I$ ，已知  $R_1 < r$ ，滑动变阻器的最大阻值大于  $r$ ，下列说法正确的是 ( )



- A.  $V_1$ 、 $V_2$  示数增大，A 的示数减小
- B.  $V_1$ 、 $V_2$ 、A 的示数均增大
- C.  $R_1$  两端电压增大
- D. 电容器增加的电荷量为  $C\Delta U_2$

**【答案】AD**

**【详解】AB.** 滑动变阻器的滑片由最上端缓慢地向下滑动，滑动变阻器接入电阻增大，回路总电阻增大，干路电流减小，内电压减小，则路端电压增大，即  $V_1$  示数增大，A 示数减小，由于

$$U_2 = E - I(R_1 + r)$$

则  $V_2$  示数增大，故 A 正确，B 错误；

C. 由于  $R_1$  两端电压为  $IR_1$ ，根据上述，电流减小，则  $R_1$  两端电压减小，故 C 错误；

D. 根据

$$C = \frac{Q}{U_2}$$

解得

$$Q = CU_2$$

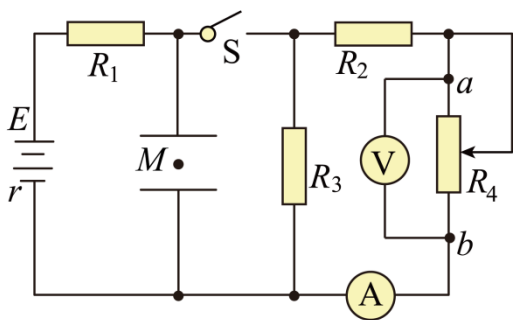
则电容器增加的电荷量为

$$\Delta Q = C\Delta U_2$$

故 D 正确。

故选 AD。

**【模型演练 2】**（2023·海南省直辖县级单位·嘉积中学校考模拟预测）如图所示的电路中，电源电动势为  $E$ ，内阻为  $r$ ，开关 S 闭合后，平行板电容器中的带电液滴 M 处于静止状态，电流表和电压表均为理想电表，则（ ）



- A. 带电液滴 M 一定带正电
- B.  $R_4$  的滑片向上端移动时, 电流表示数减小, 电压表示数增大,  $R_3$  功率增大
- C. 若仅将电容器下极板稍微向上平移, 带电液滴 M 将向上极板运动
- D. 若将开关 S 断开, 带电液滴 M 将向下极板运动

**【答案】BC**

**【详解】A.** 由图可知电容器上级板带正电, 下极板带负电, 所以带电液滴 M 带负电, 故 A 错误;

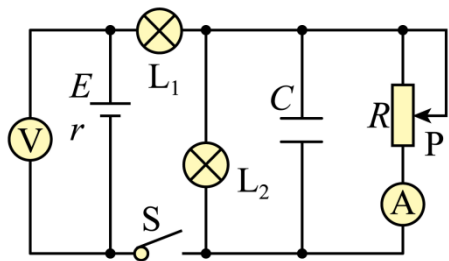
**B.**  $R_4$  的滑片向上端移动时, 接入阻值变大, 并联电路部分电阻变大, 并联电路部分电压增大, 通过  $R_3$  的电流变大, 回路总电阻变大, 干路电流减小, 则通过  $R_2$  的电流变小,  $R_2$  两端电压减小, 滑动变阻器器两端电压变大, 所以电流表示数减小, 电压表示数增大,  $R_3$  的功率由  $p=UI$  可知变大, 故 B 正确;

**C.** 将电容器下极板稍微向上平移时电容器两极板电压值不变, 由  $E=\frac{U}{d}$  知  $E$  变大, 带电液滴 M 受到向上的电场力变大, 所以将向上移动, 故 C 正确;

**D.** 若将开关 S 断开, 则电容器两极板电压等于电源电动势, 即电压变大, 由  $E=\frac{U}{d}$  知  $E$  变大, 带电液滴 M 受到向上的电场力变大, 所以将向上移动, 故 D 错误。

故选 BC。

**【模型演练 3】(2023·重庆合川·统考模拟预测)** 在如图所示的电路中, 当闭合开关 S 后, 若将滑动变阻器的滑片 P 向下调节, 则正确的是 ( )



- A. 电路再次稳定时, 电源效率增加
- B. 灯  $L_2$  变暗, 电流表的示数减小

C. 灯  $L_1$  变亮, 电压表的示数减小

D. 电容器存储的电势能增加

【答案】C

【详解】A. 电源的效率

$$\eta = \frac{IU}{IE} = \frac{U}{E} = \frac{R}{R+r} = \frac{1}{1+\frac{r}{R}}$$

将滑动变阻器的滑片 P 向下调节, 变阻器接入电路的电阻减小, 外电路电阻减小, 则电源的效率减小, 故 A 错误;

BC. 将滑动变阻器的滑片 P 向下调节, 变阻器接入电路的电阻减小,  $R$  与灯  $L_2$  并联的电阻减小, 外电路总电阻减小, 根据闭合电路欧姆定律分析得知, 干路电流  $I$  增大, 路端电压  $U$  减小, 则电压表示数减小, 灯  $L_1$  变亮.  $R$  与灯  $L_2$  并联电路的电压

$$U_{\text{并}} = U - U_1$$

$U$  减小,  $U_1$  增大,  $U_{\text{并}}$  减小, 灯  $L_2$  变暗. 流过电流表的电流

$$I_A = I - I_2$$

$I$  增大,  $I_2$  减小,  $I_A$  增大, 电流表的示数增大, 故 B 错误, C 正确;

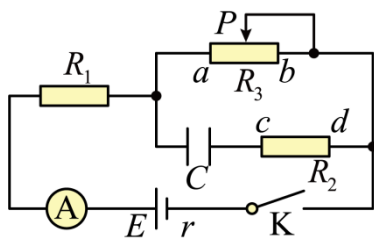
D. 电容器两端的电压等于并联部分的电压, 电压变小, 由

$$Q = CU$$

知电容器的电荷量减少, 电容器存储的电势能减小, 故 D 错误。

故选 C。

【模型演练 4】(2023·全国·高三专题练习) 如图所示电路中, 直流电源内阻  $r \neq 0$ ,  $R_1$ 、 $R_2$  为定值电阻, 滑动变阻器最大阻值为  $R_3$ ,  $r < R_1 = R_2 < R_3$ 。开关 K 闭合且电路稳定后, 滑动变阻器的滑片 P 缓慢从  $b$  向  $a$  滑动过程中 ( )



A. 电流表示数变小

B. 电源的效率减小

C. 滑动变阻器消耗的功率一直减小

D. 通过  $R_2$  的电流方向为从  $c$  到  $d$

【答案】B

【详解】A. 滑动变阻器的滑片 P 缓慢从 *b* 向 *a* 滑动过程中, 接入电路的电阻减小, 电路的总电阻减小, 根据闭合电路欧姆定律可知, 电路的电流增大, 电流表示数增大, 故 A 错误;

B. 电源的效率为

$$\eta = \frac{I^2(R_1 + R_3)}{I^2(R_1 + R_3 + r)} = \frac{R_1 + R_3}{R_1 + R_3 + r} = \frac{1}{1 + \frac{r}{R_1 + R_3}}$$

当滑动变阻器接入电路的电阻减小, 电源效率减小, 故 B 正确;

C. 把  $R_1$  看作电源的内阻, 滑动变阻器接入电路的电阻减小, 外电路的阻值靠近等效电源的内阻, 等效电源的输出功率变大, 滑动变阻器消耗的功率变大, 故 C 错误;

D. 根据闭合电路欧姆定律有

$$U = E - I(R_1 + r)$$

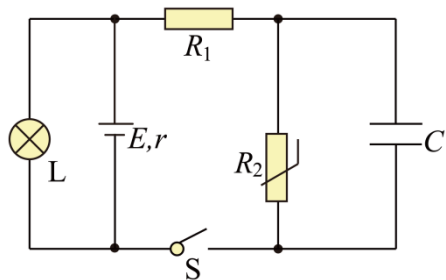
当滑动变阻器接入电路的电阻减小, 电路的电流增大时, 路端电压减小, 电容器电压减小, 根据电容器定义式

$$C = \frac{Q}{U}$$

可知电荷量在减小, 电容器在放电状态, 所以通过  $R_2$  的电流方向为从 *d* 到 *c*, 故 D 错误。

故选 B。

【模型演练 5】(2023·广东·模拟预测) 热水器中, 常用热敏电阻实现温度控制。如图是一学习小组设计的模拟电路,  $R_1$  为加热电阻丝,  $R_2$  为正温度系数的热敏电阻 (温度越高电阻越大),  $C$  为电容器。S 闭合后, 当温度升高时 ( )



- A. 电容器  $C$  的带电荷量增大
- B. 灯泡 L 变暗
- C. 电容器  $C$  两板间的电场强度减小
- D.  $R_1$  消耗的功率增大

【答案】A

【详解】AB. 由电路图可知，S 闭合后，当温度升高时，由于电路为并联电路， $R_2$  电阻增大，则总电阻增大，根据欧姆定律可知总电流  $I$  减小，由于

$$U = E - Ir$$

则  $U$  增大，即电灯泡两端电压  $U$  增大，即灯泡 L 变亮，由于

$$I_L = \frac{U}{R_L}$$

可知， $I_L$  增大，则流过  $R_1$  和  $R_2$  的电流  $I'$  减小，由于

$$U_{R_1} = I'R_1$$

可知  $U_{R_1}$  减小，由于

$$U_{R_2} = U - U_{R_1}$$

则可知  $U_{R_2}$  增大，则电容器  $C$  两端电压增大，由

$$Q = CU_{R_2}$$

可知电容器  $C$  的带电荷量增大，故 A 正确，B 错误；

C. 根据

$$E = \frac{U}{d}$$

可知电容器  $C$  两端电压增大，则电容器  $C$  两板间的电场强度增大，故 C 错误；

D. 由上述可知，流过  $R_1$  的电流  $I'$  减小，根据

$$P = I'^2 R_1$$

可知  $R_1$  消耗的功率减小，故 D 错误。

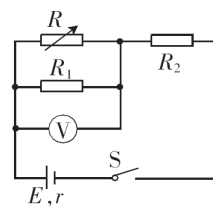
故选 A。

### 三. 关于 $\frac{U}{I}$ , $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 的物理意义模型

#### 【引例分析】

引例 1: 如图所示，电源的电动势为  $E$ ，内阻为  $r$ ，调整电路的可变电阻  $R$  的阻值，使电压表  $V$  的示数增大  $\Delta U$ ，则在这个过程中 ( )

A. 通过  $R_1$  的电流增大，增加量一定等于  $\frac{\Delta U}{R_1}$



B  $R_2$  两端的电压减小, 减少量一定等于  $\Delta U$

C. 通过  $R_2$  的电流减小, 但减少量一定小于  $\frac{\Delta U}{R_2}$

D. 路端电压增大, 增加量一定等于  $\Delta U$

分析与解答: 电路结构为  $R$  与  $R_1$  并联, 再与  $R_2$  串联, 再连在电源两端。  $E = U + U_2 + U_r$  ①, 由题意可得,

$R$  增大, 由“串反并同”得  $U$  增大,  $U_2$  减小,  $U_r$  减小, 如果规定  $\uparrow$  表示增加,  $\downarrow$  表示减少, 则有:

$E = U' \uparrow + U_2' \downarrow + U_r' \downarrow$  ②, 如果规定  $\Delta$  表示变化量的绝对值, 由②—①式可得:

$0 = \Delta U \uparrow - \Delta U_2 \downarrow - \Delta U_r \downarrow$ , 变形可得:  $\Delta U \uparrow = \Delta U_2 \downarrow + \Delta U_r \downarrow$ , 即电压表  $V$  示数的增加量  $\Delta U \uparrow$  等于  $R_2$

两端电压的减少量  $\Delta U_2 \downarrow$  和电源内阻上电压的减少量  $\Delta U_r \downarrow$ 。  $R_1$  为定值电阻, 有  $R_1 = \frac{\Delta U}{\Delta I_1}$ , 变形可得

$\Delta I_1 = \frac{\Delta U}{R_1}$ , A 正确;  $\Delta U_2 \downarrow = \Delta U \uparrow - \Delta U_r \downarrow$ , B 正确;  $R_2$  为定值电阻,  $R_2 = \frac{\Delta U_2}{\Delta I}$ ,

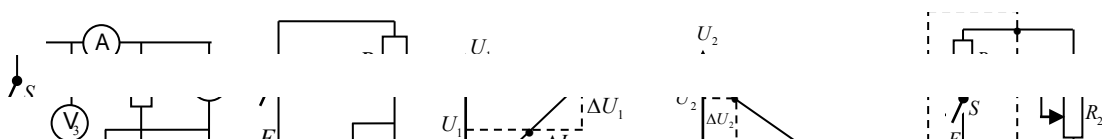
$\Delta I = \frac{\Delta U_2}{R_2} < \frac{\Delta U}{R_2}$ , C 正确;  $U_{外} \uparrow = \Delta U \uparrow - \Delta U_2 \downarrow = U_r \downarrow$ ,  $\Delta U_r \downarrow = \Delta U \uparrow - \Delta U_2 \downarrow$ , 所以路端电压的

增加量  $U_{外} \uparrow$  小于电压表  $V$  示数的增加量  $\Delta U \uparrow$ , D 选项错误。

引例二 在如图所示电路中, 闭合开关  $S$ , 当滑动变阻器的滑片  $P$  向下滑动时, 四个理想电表的示数都发生变化, 电表的示数分别用  $I$ 、 $U_1$ 、 $U_2$  和  $U_3$  表示, 电表示数变化量的大小分别用  $\Delta I$ 、 $\Delta U_1$ 、 $\Delta U_2$  和  $\Delta U_3$  表示. 下列比值正确的是 ( )

A、 $\frac{U_1}{I}$  不变,  $\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$  不变      B、 $\frac{U_2}{I}$  变大,  $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$  变大

C、 $\frac{U_2}{I}$  变大,  $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$  不变      D、 $\frac{U_3}{I}$  变大,  $\frac{\Delta U_3}{\Delta I}$  不变



分析与解答: 将电路进行简化, 可得  $R_1$  与  $R_2$  串联后接在电源两端。对定值电阻  $R_1$  来说, 其导体的伏安特性

曲线为过原点的直线, 由部分电路欧姆定律得图像上任意一点的坐标比值为定值电阻  $R_1$  的阻值, 即  $R_1 = \frac{U_1}{I}$

；由图像形状可得，图像上任意一点的坐标比值等于该图像的斜率，即  $\frac{U_1}{I} = \frac{\Delta U_1}{\Delta I}$ ；所以，对定值电阻  $R_1$  来讲，结论为  $R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{\Delta U_1}{\Delta I}$ 。对阻值变化的电阻  $R_2$  来说，其导体的伏安特性曲线的表达式为  $U_2 = E - I(R_1 + r)$ ，形状为倾斜的直线，为了研究的方便，可将  $R_2$  看成唯一的外电路，其余部分等效成内电路，其等效电路如图所示，等效电动势为  $E$ ，等效内阻为  $r' = R_1 + r$ ，从等效电路图可以看出， $R_2$  两端的电压就是等效电源的路端电压，所以  $R_2$  的导体的伏安特性曲线 ( $U_2 - I$ ) 就是等效电源的伏安特性曲线，

由等效电路图可得， $U_{2_{\max}} = E$ ， $I_{\max} = \frac{E}{R_1 + r}$ 。由部分电路欧姆定律得图像上任意一点的坐标比值为  $R_2$  在该时刻的阻值，即  $R_2 = \frac{U_2}{I}$ ，由图像形状可得，图像的斜率为等效电源的内阻，即  $\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = \frac{E}{I_{\max}} = R_1 + r$ ；

所以，对阻值变化的电阻  $R_2$  来讲，结论为  $\frac{U_2}{I} \neq \frac{\Delta U_2}{\Delta I}$ ， $R_2 = \frac{U_2}{I}$ ， $R_1 + r = \frac{\Delta U_2}{\Delta I}$ 。将  $R_1$  和  $R_2$  的串联部分看成一个新的电阻  $R_{12}$ ， $R_{12}$  为电源的外电路， $R_{12}$  随  $R_2$  的减小而减小，所以  $R_{12}$  的导体的伏安特性曲线就是

电源的伏安特性曲线，所以， $R_{12} = R_1 + R_2 = \frac{U_3}{I}$ ， $\frac{U_3}{I}$  随  $R_2$  的减小而减小； $r = \frac{\Delta U_3}{\Delta I}$  为定值。

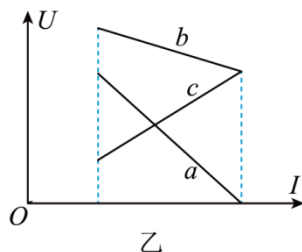
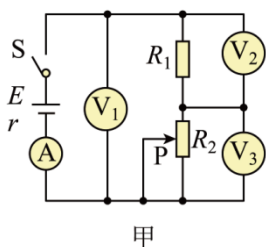
总结：对任何导体均有：导体的伏安特性曲线上任意一点的坐标比值为电阻的阻值，即  $R = \frac{U}{I}$ ；对定值电阻有：导体的伏安特性曲线的斜率同样表示导体的电阻  $R = \frac{\Delta U}{\Delta I}$ ，对阻值变化的电阻有：导体的伏安特性

曲线的斜率表示将阻值变化的电阻做为唯一的外电路时的等效电源的内阻，即  $r' = \frac{\Delta U}{\Delta I}$

【模型演练 1】(2023·湖北·模拟预测) 在如图甲所示电路中，闭合开关 S，图乙中三条图线分别表示了三个电压表示数与电流表示数随滑动触头 P 滑动的过程中变化的情况，以下说法正确的是 ( )

曲线的斜率表示将阻值变化的电阻做为唯一的外电路时的等效电源的内阻，即  $r' = \frac{\Delta U}{\Delta I}$

【模型演练 1】(2023·湖北·模拟预测) 在如图甲所示电路中，闭合开关 S，图乙中三条图线分别表示了三个电压表示数与电流表示数随滑动触头 P 滑动的过程中变化的情况，以下说法正确的是 ( )



- A. 滑动变阻器的滑动触头 P 向上滑动，电流表示数逐渐变大
- B. 图线 a 表示的是电压表  $V_3$  的示数随电流表示数变化的情况
- C. 此过程中电压表  $V_3$  示数的变化量  $\Delta U_3$  和电流表示数变化量  $\Delta I$  比值的绝对值为  $R_2$  的阻值
- D. 此过程中电压表  $V_1$  示数的变化量  $\Delta U_1$ ，电压表  $V_2$  示数的变化量  $\Delta U_2$ ，电压表  $V_3$  示数的变化量  $\Delta U_3$

和电流表示数变化量  $\Delta I$  满足关系式  $\frac{|\Delta U_1|}{\Delta I} + \frac{|\Delta U_2|}{\Delta I} = \frac{|\Delta U_3|}{\Delta I}$

**【答案】** ABD

**【详解】** AB. 由图甲电路得,  $V_1$  测路端电压  $U_1$ ,  $V_2$  测  $R_1$  两端电压  $U_2$ ,  $V_3$  测  $R_2$  两端电压  $U_3$ 。滑动触头  $P$  向上滑动, 则  $R_2$  减小, 电路总电阻减小, 电流增大。因

$$U_1 = E - Ir$$

$$U_3 = E - I(R_1 + r)$$

$I$  增大, 则  $U_1$ 、 $U_3$  减小, 且  $U_3$  比  $U_1$  减小得快, 所以图乙中图线  $b$  是电压表  $V_1$  的示数随电流表示数变化的情况,  $a$  表示电压表  $V_3$  的示数随电流表示数变化的情况, 故 AB 正确;

CD. 因  $R_1$  不变, 电流增大, 则  $U_2$  增大, 所以图乙中图线  $c$  表示电压表  $V_2$  的示数随电流表示数变化的情况, 因

$$U_1 = E - Ir, \quad U'_1 = E - I'r$$

则

$$\Delta U_1 = -r\Delta I$$

所以  $\Delta U_1$  和  $\Delta I$  的比值为电源内阻不变,  $\Delta U_3$  和电流表示数变化量  $\Delta I$  的比值为电源内阻  $r$  与  $R_1$  之和, 即

$$\frac{\Delta U_3}{\Delta I} = r + R_1$$

又因为

$$\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = R_1$$

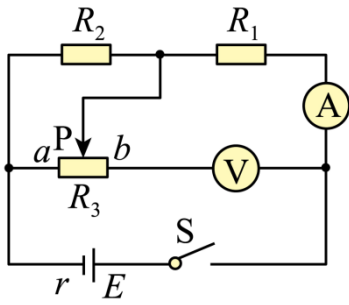
所以, 满足关系式

$$\frac{|\Delta U_1|}{\Delta I} + \frac{|\Delta U_2|}{\Delta I} = \frac{|\Delta U_3|}{\Delta I}$$

故 C 错误, D 正确。

故选 ABD。

**【模型演练 2】** (2023·全国·高三专题练习) 如图所示电路中,  $R_1 = 1\Omega$ ,  $R_2 = R_3 = 2\Omega$ , 电源电动势  $E = 3V$ , 内阻  $r = 1.5\Omega$ 。电流表示数为  $I$ , 电压表示数为  $U$ 。在滑动变阻器的滑动触头  $P$  从  $a$  滑到  $b$  的过程中, 电表均为理想电表, 下列判断正确的是 ( )



A.  $I$  减小,  $U$  减小

B.  $\frac{U}{I}$  不变,  $\frac{\Delta U}{\Delta I}$  不变

C. 电源的最大输出功率为 1.5W

D.  $R_1$  获得的最大功率为 1.5W

**【答案】** ABC

**【详解】** A. 由图可判断,  $R_3$  的右端电阻与电压表串联, 对电压表的影响可忽略, 电压表测量  $R_1$  两端的电压, 电流表测量干路的电流, 当 P 由 a 向 b 滑动时,  $R_3$  连入电路的阻值由 0 开始增大, 回路总电阻增大, 干路电流减小, 路端电压增大, 电压表示数为

$$U = IR_1$$

其减小, 故 A 正确;

B. 根据欧姆定律可知

$$\frac{U}{I} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = R_1$$

其不变, 故 B 正确;

C. 外电路电阻为

$$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$R_3$  由 0 增大到  $2\Omega$ , 则  $R$  由  $1\Omega$  增大到  $2\Omega$ , 而当

$$R = r = 1.5\Omega$$

时电源的输出功率最大, 即

$$P_m = \frac{E^2}{4r} = 1.5W$$

故 C 正确;

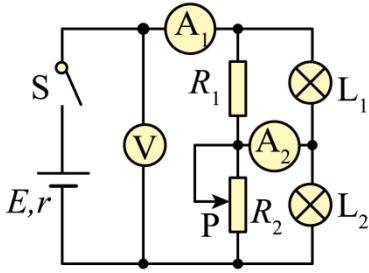
D. 当  $R_3 = 0$  时, 干路电流最大,  $R_1$  的功率最大, 即

$$R_{1m} = \left( \frac{E}{R_1 + r} \right)^2 R_1 = 1.44W$$

故 D 错误。

故选 ABC。

**【模型演练 3】**（2023·全国·高三专题练习）在如图所示电路中，电源的电动势为  $E$ ，内阻为  $r$ ， $R_1$  是定值电阻， $R_2$  是滑动变阻器（ $R_2 > R_1$ ），闭合开关 S，不同规格的灯泡  $L_1$  和  $L_2$  均正常发光，现将滑动变阻器的滑动片 P 向上移动一定的距离，理想电流表  $A_1$ 、 $A_2$ 、电压表的示数均会发生一定变化，其变化量分别用  $\Delta I_1$ 、 $\Delta I_2$  和  $\Delta U$  表示，则下列分析判断可能正确的是（ ）



- A. 电压表 V 示数变大，电流表  $A_1$  示数变小
- B. 电流表  $A_2$  示数不可能变为零
- C. 灯泡  $L_1$ 、 $L_2$  变暗
- D. 电源的内阻  $r = \frac{\Delta U}{\Delta I_1}$

**【答案】** AD

**【详解】** A. 当滑动变阻器的滑动片 P 向上移动时，电阻  $R_2$  接入电路中的电阻变大，外电路由于局部电阻增大导致整个外电路电阻增大，根据闭合电路欧姆定律可得，回路中总电流减小，即电流表  $A_1$  示数减小，电源内电压减小，所以路端电压即电压表示数  $U$  变大，故 A 正确；

B. 根据桥式电路特征，当满足

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_{L1}}{R_{L2}}$$

由此可知，电路中  $M$ 、 $N$  两点间的电势差为零，电流表  $A_2$  示数变为零，故 B 错误；

C. 由于回路中总电流减小，则  $R_1$  与  $L_1$  并联部分电压也减小， $R_2$  与  $L_2$  并联部分电压增多，所以流过灯泡  $L_1$  的电流变小，流过灯泡  $L_2$  的电流变大，即灯泡  $L_1$  变暗， $L_2$  变亮，故 C 错误；

D. 根据闭合电路欧姆定律可得

$$U = E - I_1 r$$

所以

$$r = \frac{\Delta U}{\Delta I_1}$$

故 D 正确。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/557000020016006064>