直流电路常见物理模型

命题趋势

1. 高考命题中，直流电路部分主要考查欧姆定律、电阻定律、焦耳定律、闭合电路欧姆定律、直流电路的功率问题、包含电容的电路分析，电路故障和黑箱问题。

2. 掌握规律的基础知识，重点考查电学部分物理核心素养和实验操作能关键能力。

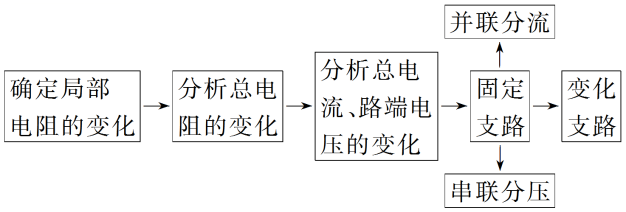
重难诠释

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。

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

【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。

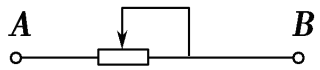
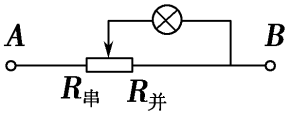
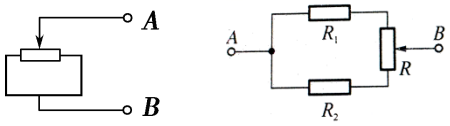
3. 电路动态变化的常见类型：

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。

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。

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

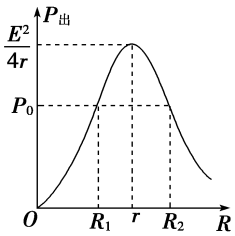
对任何导体均有：导体的伏安特性曲线上任意一点的坐标比值为电阻的阻值，即$R=\frac{U}{I}$；对定值电阻有：导体的伏安特性曲线的斜率同样表示导体的电阻$R=\frac{\Delta U}{\Delta I}$，对阻值变化的电阻有：导体的伏安特性曲线的斜率表示将阻值变化的电阻做为唯一的外电路时的等效电源的内阻，即$r'=\frac{\Delta U}{\Delta I}$

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

当外电阻为纯电阻电路时

1. 电源的输出功率

$P_{出}=I^2R=\frac{E^2}{(r+R)^2}\cdot R=\frac{E^2}{\frac{(R-r)^2}{R}+4r}$(输出功率随外电阻变化的图线如图所示).



(1) 当$R=r$时，$P_{出最大}=\frac{E^2}{4r}=\frac{E^2}{4R}$.

(2) 当$P_{出}<P_{出最大}$时，每个输出功率值对应两个可能的外电阻R_1和R_2，且$r=\sqrt{R_1\cdot R_2}$.

(3)$R<r$时，$P_{出}$随R的增大而增大；$R>r$时，$P_{出}$随R的增大而减小.

2. 电源的效率

$\eta=\frac{I^2R}{I^2(R+r)}=\frac{R}{R+r}=\frac{1}{1+\frac{r}{R}}$，$\eta$随着$R$的增大而增大，当$R=r$时，电源有最大输

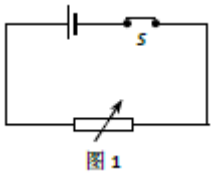


图 1

出功率时，效率仅为50%.

3、图2所示的电路中，电源的电动势为E，内阻为r，R_1为定值电阻，那么负载电阻R取何值时，负载R上将获得最大功率？

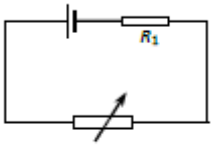


图2

将定值电阻R_1和电源看成一个等效电源，如图3虚线框所示。

则等效电源的电动势$E'=E$，内阻$r'=R_1+r$，

由结论可知，当$R=r'=R_1+r$时，

$$P_m=\frac{E'^2}{4r'}=\frac{E^2}{4(R_1+r)}$$

验证：$P=I^2R=\left(\frac{E}{R+R_1+r}\right)^2R=\frac{E^2}{\frac{[R-(R_1+r)]^2}{R}+4(R_1+r)}$

显然，$R=R_1+r$时，$P_m=\frac{E^2}{4(R_1+r)}$(正确)

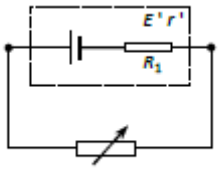


图3

3. 图4所示的电路中，电源的电动势为E，内阻为r，R_1为定值电阻，那么负载电阻R取何值时，负载R上将获得最大功率？

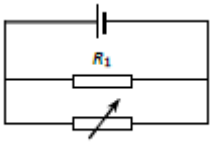


图4

图5中，虚线框内等效电源的电动势$E'=U_{AB}=\frac{R_1}{R_1+r}E$($U_{AB}$为外电路从$AB$处断开时的路端电压)，内阻$r'=R_{并}=\frac{R_1r}{R_1+r}$。

因此，当$R=r'=\frac{R_1r}{R_1+r}$时，$P_m=\frac{E'^2}{4r'}=\frac{\left(\frac{ER_1}{R_1+r}\right)^2}{\frac{4R_1r}{R_1+r}}$

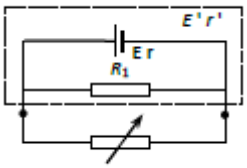


图5

验证：

$$P=\left(\frac{R_1}{R+R_1}I\right)^2R=\left(\frac{R_1}{R+R_1}\frac{E}{r+\frac{RR_1}{R+R_1}}\right)^2R=\left(\frac{ER_1}{Rr+R_1r+RR_1}\right)^2R$$

$$=\left[\frac{ER_1}{R(R_1+r)+R_1r}\right]^2R=\left[\frac{\frac{ER_1}{R_1+r}}{R+\frac{R_1r}{R_1+r}}\right]^2R=\frac{\left(\frac{ER_1}{R_1+r}\right)^2}{\frac{\left(R-\frac{R_1r}{R_1+r}\right)^2}{R}+\frac{4R_1r}{R_1+r}}$$

显然，当$R=\frac{R_1r}{R_1+r}$时，$P_m=\frac{\left(\frac{ER_1}{R_1+r}\right)^2}{\frac{4R_1r}{R_1+r}}$　正确

五．电路故障的分析模型

电路故障一般是短路或断路，常见的情况有导线断芯、灯泡断丝、灯座短路、电阻器内部断路、接触不良等，检查故障的基本方法有两种。

(1) 电压表检测

若电压表示数等于电源电压，说明电路中有电流通过电压表，电路为通路(电压表作为一个大电阻把开关和电源接通了)，则开关S和导线不断路，灯L断路即故障所在。

(2) 假设法

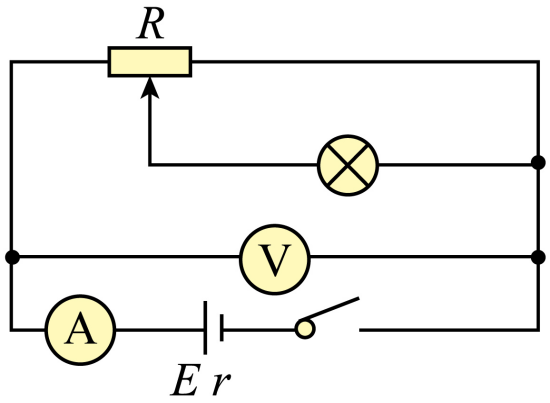
已知电路发生某种故障，寻找故障发生位置时，可将整个电路划分为若干部分，然后逐一假设某部分电路发生故障，运用欧姆定律进行正向推理。推理结果若与题述物理现象不符合，则故障不是发生在这部分电路，若推理结果与题述物理现象符合，则故障可能发生在这部分电路。直到找出发生故障的全部可能为止，亦称排除法。

重难通关练

（建议用时：60分钟）

一、单选题

题目 1 (2023·山东潍坊·统考模拟预测) 某同学设计了如下电路，已知滑动变阻器总阻值为 R，电源电动势为 E，内阻为 r，开关闭合时小灯泡正常发光，现将滑片从右向左滑动，各元件均可安全工作，下列说法正确的是（　　）



A. 小灯泡变亮　　B. 电流表 A 示数先变小后变大

C. 电压表 V 示数先变小后变大　　D. 电源的总功率先变小后变大

【答案】A

【解析】A．依题意，将滑片从右向左滑动，滑动变阻器与小灯泡并联的部分电阻越来越大，由串联分压原理，可知小灯泡的电压一直增大，所以小灯泡将变亮。故 A 正确；

B．设滑动变阻器与小灯泡并联部分的电阻为 R_0，则剩余部分电阻为 $(R-R_0)$ 由闭合电路欧姆定律，可得

$$I=\frac{E}{R-R_0+\frac{R_0R_L}{R_0+R_L}+r}=\frac{E}{R+r-\frac{1}{\frac{1}{R_0}+\frac{R_L}{R_0^2}}}$$

滑片从右向左滑动过程中，R_0 增加，则干路电流增大。故 B 错误；

C．根据

$$U=E-Ir$$

可知电压表 V 示数变小。故 C 错误；

D．根据

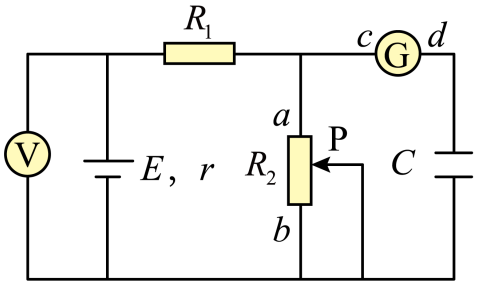
$$P_{总}=EI$$

易知随着干路电流的增加，电源的总功率也在增加。故 D 错误。

故选 A。

题目 2 在如图所示的电路中，电压表为理想表，电源内阻为 r，滑动变阻器总电阻为 R_2，$R_1+R_2>r>R_1$，滑

动变阻器滑片由a滑向b，下列说法正确的是（　　）



A. 电源的效率先变大再减小　　B. 电源输出功率先增大再减小

C. 电压表示数先增大再减小　　D. 灵敏电流计G的电流方向$d\to c$

【答案】B

【解析】A．滑动变阻器滑片由a滑向b，则R_2阻值变大，电源的效率为

$$\eta=\frac{IU}{IE}=\frac{R_{外}}{R_{外}+r}$$

可知外电阻变大，则电源的效率变大，选项A错误；

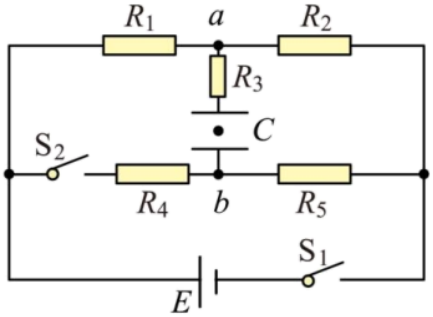
B．当外电阻等于内阻时电源输出功率最大；因$R_1+R_2>r>R_1$，滑动变阻器滑片由a滑向b，则R_2阻值变大，外电阻先靠近电源内阻后远离电源内阻，可知电源输出功率先增加后减小，选项B正确；

C．外电阻变大，总电流减小，则路端电压变大，即电压表示数增大，选项C错误；

D．路端电压变大，R_1电压减小，则滑动变阻器两端电压变大，电容器两板电压变大，电容器充电，则灵敏电流计G的电流方向$c\to d$，选项D错误。

故选B。

题目 3　(2024·四川甘孜·统考一模) 在如图所示的电路中，定值电阻$R_1=R_4=3k\Omega$，$R_2=2k\Omega$，$R_3=R_5=12k\Omega$电容器的电容$C=6\mu F$，电源的电动势$E=10V$，内阻不计，当开关S_1闭合电流达到稳定时，处在电容器中间带电量$q=2\times10^{-3}C$的油滴恰好保持静止，当开关S_2闭合后，则以下判断正确的是（　　）



A. 电容器上极板是高电势点　　B. 带电油滴加速向上运动

C. a、b两点的电势差$U_{ab}=8V$　　D. 通过R_3的电量$Q=4.8\times10^{-5}C$

【答案】D

【解析】AB．设电源负极电势为零，当开关S_2闭合前，电阻R_5中没有电流，电容器两端的电压等于电阻R_2两端的电压，可知

$$U_2=\frac{E\cdot R_2}{R_1+R_2}=4V$$

且a端电势高，电容器内部的粒子带负电荷，当开关S_2闭合后，a端电势

$$\varphi_a=\frac{E\cdot R_2}{R_1+R_2}=4V$$

b端电势

$$\varphi_b=\frac{E\cdot R_5}{R_4+R_5}=8V$$

电容器下极板电势高，上极板电势低，由于液滴带负电，将加速向下运动，A、B错误；

C．开关S_2闭合后，a、b两点间的电势差

$$U_{ab}=\varphi_a-\varphi_b=-4V$$

C错误；

D．开关S_2闭合前，电容器的带电量

$$q_1=CU_2=6\times10^{-6}\times4C=2.4\times10^{-5}C$$

开关S_2闭合后，电容器的带电量

$$q_2=C|U_{ab}|=6\times10^{-6}\times4C=2.4\times10^{-5}C$$

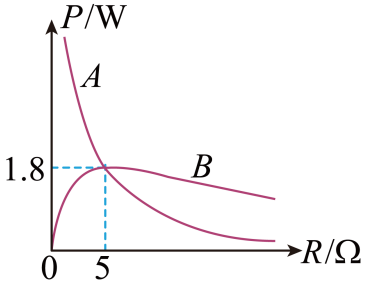
由于开关S_2闭合前上极板电势高，开关S_2闭合后，下极板电势高，因此通过R_3的电量

$$Q=q_1+q_2=4.8\times10^{-5}C$$

D正确。

故选D。

题目 4 (2023·海南·统考模拟预测) 闭合电路内、外电阻的功率随外电路电阻变化的两条曲线如图所示，曲线A表示内电阻的功率随外电阻变化的关系图线，曲线B表示外电阻的功率随外电阻变化的关系图线。下列说法正确的是（　　）



A. 电源的电动势为$3V$

B. 电源的内阻为2.5Ω

C. 曲线A的最大功率为$7.2W$

D. 外电阻取2.5Ω时外电阻的功率是外电阻取10Ω时外电阻的功率的$\frac{1}{4}$

【答案】C

【解析】AB．闭合电路的内电阻功率

$$P_{内}=\left(\frac{E}{R+r}\right)^2r$$

闭合电路的外电阻功率

$$P_{外}=\left(\frac{E}{R+r}\right)^2R$$

由图像可知，当外电阻$R=5\Omega$时，内、外电阻的功率相等，且均为$1.8W$，可得

$$E=6V,r=5\Omega$$

故AB错误；

C．当外电阻$R=0$时，内电阻功率最大，此时

$$P_{内\max}=\frac{E^2}{r}=7.2W$$

故C正确；

D. 当外电阻 $R=2.5\Omega$ 时，外电阻的功率

$$P_{外}=\left(\frac{6}{2.5+5}\right)^2\times 2.5W=1.6W$$

当外电阻 $R=10\Omega$ 时，外电阻的功率

$$P_{外2}=\left(\frac{6}{10+5}\right)^2\times 10W=1.6W$$

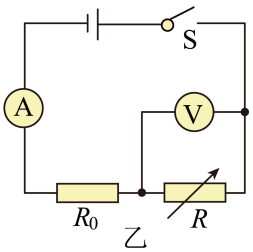
故 D 错误。

故选 C。

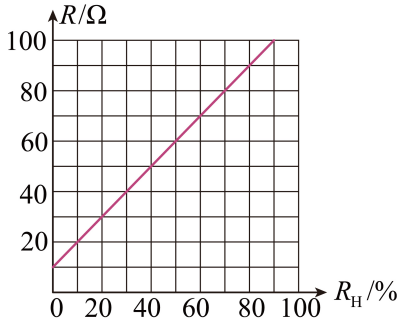
题目 5 如图甲所示为一个超声波加湿器，如图乙所示为其内部湿度监测装置的简化电路图。已知电源电压为 $12V$，定值电阻 R_0 的阻值为 30Ω，电流表的量程为 $0\sim200\text{mA}$，电压表的量程为 $0\sim9V$，湿敏电阻 R 的阻值随湿度 R_H 变化的关系图像如图丙所示，其阻值最大为 120Ω(图中未画出)。则在电路安全工作的前提下，下列说法正确的是（　　）



甲



乙



丙

A. 湿敏电阻 R 的电流最小值为 $80mA$

B. 定值电阻 R_0 的电功率范围为 $0.3W\sim1.2W$

C. 电路消耗的总功率最大值为 $3.6W$

D. 此装置能监测的湿度范围为 $30\%\sim80\%$

【答案】B

【解析】电路允许 R 的阻值最大时，电路中的电流最小，R 两端的最大电压为

$$U_R=9V$$

R_0 两端的电压为

$$U_0=U-U_R=12V-9V=3V$$

电路中的最小电流为

$$I=I_0=\frac{U_0}{R_0}=\frac{3}{30}A=0.1A=100\text{mA}$$

R_0 的最小电功率为

$$P_0=U_0I_0=3\times0.1W=0.3W$$

R 允许的最大阻值为

$$R_{大}=\frac{U_R}{I_R}=\frac{9}{0.1}\Omega=90\Omega$$

由乙可知，此装置可监测的最大温度为

$$R_{H大}=80\%$$

电路允许的阻值最小时，电路中的电流最大为

$$I'=200\text{mA}=0.2A$$

R_0 两端的电压为

$$U_0'=I_0'R_0=0.2\times30V=6V$$

R_0 的最大电功率为

$$P_0'=U_0'I_0'=6\times0.2W=1.2W$$

电路消耗的最大总功率为

$$P_{大}=UI'=12\times0.2W=2.4W$$

R 两端的电压为

$$U_R'=U-U_0'=12V-6V=6V$$

R 允许的最小阻值为

$$R_{小}=\frac{U_R'}{I_R'}=\frac{6}{0.2}\Omega=30\Omega$$

由乙可知，此装置可监测的最小温度为

$$R_{H小}=20\%$$

综上可知

A．湿敏电阻的电流最小值为 100mA，故 A 错误；

B．定值电阻 R_0 的电功率范围为 $0.3W\sim1.2W$，故 B 正确；

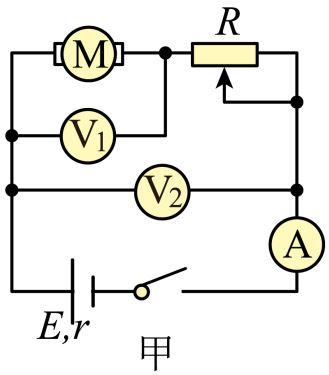
C．电路消耗的总功率最大值为 $2.4W$，故 C 错误；

D．此装置能监测的湿度范围为 $20\%\sim80\%$，故 D 错误。

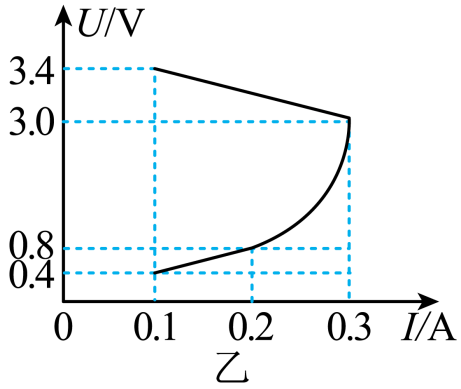
故选 B。

二、多选题

题目 6 如图所示，图甲中 M 表示电动机，当滑动变阻器 R 的滑片从一端滑到另一端的过程中，两电压表的读数随电流表读数的变化情况如图乙所示。已知电流表读数在 $0.2A$ 以下时，电动机没有发生转动，不考虑电表对电路的影响，以下判断正确的是（　　）



甲



乙

A. 电路中电源电动势为 $3.6V$

B. 滑动变阻器的滑片向右滑动时，电压表 V_2 的读数逐渐减小

C. 电动机的线圈电阻为 4Ω

D. 滑动变阻器的最大阻值为 30Ω

【答案】ACD

【解析】A．由电路图甲知，电压表 V_2 测量路端电压，电路中电流增大时，内电压增大，路端电压减小，所以图乙中最上面的图线表示 V_2 的电压与电流的关系。此图线的斜率大小等于电源的内阻，为

$$r=\frac{3.4-3.0}{0.3-0.1}\Omega=2\Omega$$

当电流 $I=0.1A$ 时，$U=3.4V$，则电源的电动势

$$E=U+Ir=3.4V+0.1\times2V=3.6V$$

A 正确；

B．变阻器向右滑动时，R 阻值变大，总电流减小，内电压减小，路端电压增大，则 V_2 读数逐渐增大，B 错

误；

C．已知电流表读数在$0.2A$以下时，电动机没有发生转动，此时电压表V_1的示数即电动机内阻两端的电压，根据欧姆定律可知，电动机的电阻

$$r_M=\frac{0.8-0.4}{0.1}\Omega=4\Omega$$

C正确；

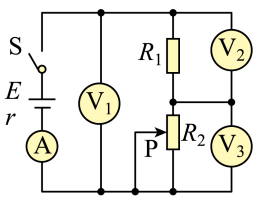
D．当$I=0.1A$时，电路中电流最小，变阻器的电阻为最大值，所以

$$R=\frac{E}{I}-r-r_M=\left(\frac{3.6}{0.1}-2-4\right)\Omega=30\Omega$$

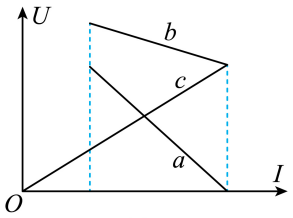
D正确。

故选ACD。

题目 7 在如图甲所示的电路中，闭合开关S，在滑动变阻器的滑动触头P向下滑动的过程中，四个理想电表的示数都发生变化，图乙中三条图线分别表示了三个电压表示数随电流表示数变化的情况，以下说法正确的是（　　）



甲



乙

A. 图线a表示的是电压表V_1的示数随电流表示数变化的情况

B. 图线c表示电压表V_2的示数随电流表示数变化的情况

C. 此过程中电压表V_1示数的变化量ΔU_1和电流表示数变化量ΔI的比值变大

D. 此过程中电压表V_3示数的变化量ΔU_3和电流表示数变化量ΔI的比值不变

【答案】BD

【解析】AB．当滑动变阻器的滑动触头P向下滑动的过程中，变阻器接入电路的电阻增大，外电路总电阻增大，总电流减小，可知路端电压增大，即知电压表V_1示数增大，电压表V_2的示数减小，电压表V_3的示数增大，则知，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，图线c表示的是电压表V_2的示数随电流表示数变化的情况。故A错误，B正确。

C．由闭合电路欧姆定律得：

$$U_1=E-Ir$$

则可得$\left|\frac{\Delta U_1}{\Delta I}\right|=r$，保持不变。故$C$错误。

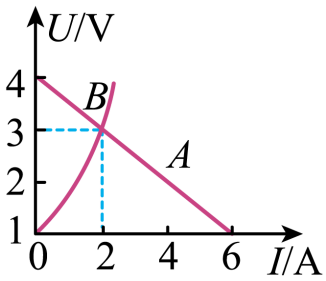
D．由闭合电路欧姆定律得：

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

则可得$\left|\frac{\Delta U_3}{\Delta I}\right|=R_1+r$，保持不变，故$D$正确。

故选BD.

题目 8 如图所示，直线A为某电源的$U-I$图像，曲线B为某小灯泡L_1的$U-I$图像的一部分，用该电源和小灯泡L_1串联起来组成闭合回路时小灯泡L_1恰能正常发光，则下列说法中正确的是（　　）



A. 此电源的电动势为$4V$，内电阻为$\frac{2}{3}\Omega$

B. 小灯泡L_1的额定电压为$3V$，额定功率为$6W$

C. 把小灯泡L_1换成阻值恒为1Ω的纯电阻，电源的输出功率将变大

D. 把小灯泡L_1换成阻值恒为1Ω的纯电阻，电源的输出功率不变

【答案】BC

【解析】A．根据闭合电路的欧姆定律有

$$U = -Ir + E$$

可知此电源的电动势为$4V$，内电阻为

$$r = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1}{2}\Omega$$

故A错误；

B．由于该电源和小灯泡L_1串联起来组成闭合回路时小灯泡L_1恰能正常发光，则小灯泡L_1的额定电压为$3V$，额定功率为

$$P = UI = 6W$$

故B正确；

CD．由于该电源和小灯泡L_1串联起来组成闭合回路时小灯泡L_1恰能正常发光，则小灯泡L_1的内阻为

$$R_{L1} = \frac{U}{I} = 1.5\Omega$$

由于外电阻等于内阻时电源的输出功率最大，若把小灯泡L_1换成阻值恒为1Ω的纯电阻，则更接近电源内阻，则电源的输出功率将变大，故C正确，D错误。

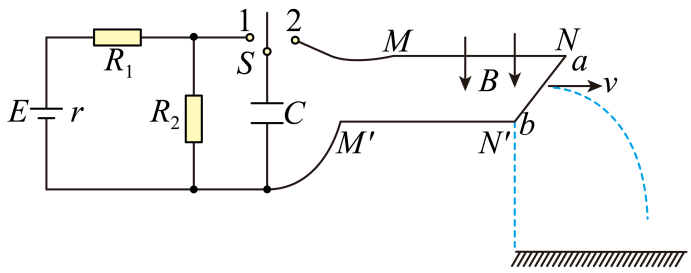
故选BC。

三、解答题

题目 9 如图所示，水平面内的光滑导轨平行放置，左端MM'与电路相连，右端NN'垂直放置导体ab，处在竖直向下的匀强磁场中。已知磁感应强度$B=1T$，导轨间距$d=0.2m$，导体ab的质量$m=0.01\text{kg}$，电源电动势。$E=24V$，内阻$r=1\Omega$，$R_1=4\Omega$，$R_2=5\Omega$，电容$C=1000\mu F$。开关S先接1，稳定后再接到2，导体ab水平飞出，电容器还残留$q=0.0002C$电荷。求：

(1) 开关S接1稳定时电容器上的电荷量Q；

(2) 导体ab飞出时的速度v。



【答案】(1)$0.012C$；(2)$0.236\,\text{m/s}$

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/698105074123006033