

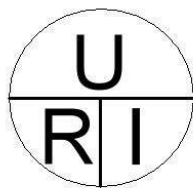
2017 秋季第十讲-欧姆定律计算提升

【开篇小故事】

欧姆与欧姆定律

欧姆定律

$$I = \frac{U}{R}$$



U: 电压(V), I: 电流(A), R: 电阻(Ω)

乔治·西蒙·欧姆生于德国埃尔兰根城，父亲是锁匠。父亲自学了数学和物理方面的知识，并教给少年时期的欧姆，唤起了欧姆对科学的兴趣。16岁时他进入埃尔兰根大学研究数学、物理与哲学，由于经济困难，中途辍学，到1813年才完成博士学业。欧姆是一个很有天分和科学抱负的人，他长期担任中学教师，由于缺少资料和仪器，给他的研究工作带来不少困难，但他在孤独与困难的环境中始终坚持不懈地进行科学研究，自己动手制作仪器。

欧姆对导线中的电流进行了研究。他从傅立叶发现的热传导规律受到启发，导热杆中两点间的热流正比于这两点间的温度差。因而欧姆认为，电流现象与此相似，猜想导线中两点之间的电流也许正比于它们之间的某种驱动力，即现在所称的电动势。欧姆花了很大的精力在这方面进行研究。开始他用伏打电堆作电源，但是因为电流不稳定，效果不好。

后来他接受别人的建议改用温差电池作电源，从而保证了电流的稳定性。但是如何测量电流的大小，这在当时还是一个没有解决的难题。开始，欧姆利用电流的热效应，用热胀冷缩的方法来测量电流，但这种方法难以得到精确的结果。后来他把奥斯特关于电流磁效应的发现和库仑扭秤结合起来，巧妙地设计了一个电流扭秤，用一根扭丝悬挂一磁针，让通电导线和磁针都沿子午线方向平行放置；再用铍和铜温差电池，一端浸在沸水中，另一端浸在碎冰中，并用两个水银槽作电极，与铜线相连。当导线中通过电流时，磁针的偏转角与导线中的电流成正比。他将实验结果于1826年发表。

1827年欧姆又在《电路的数学研究》一书中，把他的实验规律总结成如下公式： $S = \gamma E$ 。式中S表示电流；E表示电动势，即导线两端的电势差， γ 为导线对电流的传导率，其倒数即为电阻。

欧姆定律发现初期，许多物理学家不能正确理解和评价这一发现，并遭到怀疑和尖锐的批评。研究成果被忽视，经济极其困难，使欧姆精神抑郁。直到1841年英国皇家学会授予他最高荣誉的科普利金牌，才引起德国科学界的重视。

欧姆在自己的许多著作里还证明了：电阻与导体的长度成正比，与导体的横截面积和传导性成

反比；在稳定电流的情况下，电荷不仅在导体的表面上，而且在导体的整个截面上运动。

人们为纪念他，将测量电阻的物理量单位以欧姆的姓氏命名。

【知识点】

1. 欧姆定律

(1) 欧姆定律的内容：

导体中的电流跟导体两端的电压成正比，跟导体的电阻成反比。

(2) 欧姆定律的表达式 $I = \frac{U}{R}$ 。

U 表示一段导体两端的电压，单位为伏特 V； R 表示这段导体的电阻，单位为欧姆 Ω ； I 表示通过这段导体中的电流，单位为安培 A。

2. 欧姆定律推导式

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow \begin{cases} U = IR \\ R = \frac{U}{I} \end{cases}$$

3. 串并联电路中的电阻关系

(1) 等效电阻

假设有一个电阻，可以代替电路中某个部分的电阻而不影响电路的效果，我们就称这个电阻为这部分电路的等效电阻，等效电阻也叫总电阻。

(2) 串联电路的电阻关系

串联电路的总电阻等于各串联电阻之和，即 $R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$ 。

注：可以将电阻的串联看成是增加了导体的长度，所以电阻串联总电阻比任何一个分电阻都大。

(3) 并联电路的电阻关系

并联电路的总电阻的倒数等于各并联电阻的倒数之和，即 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$ 。

并联电路的三个重要性质：

① 并联电路的总电阻小于任何一个并联导体的电阻。可以将电阻的并联看作是增大了导体的横截面积，所以总电阻小于任何一个分电阻。

② 由公式 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$

可以看出并联电路中，若某一支路的电阻值增大，则总电阻也增大；若某一支路的电阻值减小，则总电阻也减小。

③ 若并联支路增多，则总电阻减小，若支路减少，则总电阻增大。

4. 比例法

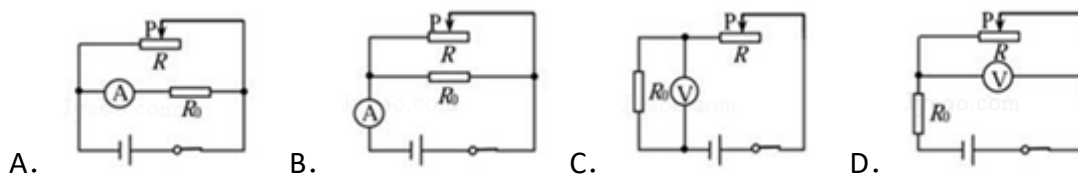
$$\begin{array}{l} \text{串联电路} \left\{ \begin{array}{l} U = U_1 + U_2 + U_3 \cdots \cdots \\ I = I_1 = I_2 = I_3 \cdots \cdots \\ R = R_1 + R_2 + R_3 \cdots \cdots \\ \frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3} \cdots \cdots \end{array} \right. \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{并联电路} \left\{ \begin{array}{l} U = U_1 = U_2 = U_3 \cdots \cdots \\ I = I_1 + I_2 + I_3 \cdots \cdots \\ \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \cdots \cdots \\ \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad \frac{I_{\text{并}}}{I} = \frac{R}{R_{\text{并}}} \end{array} \right. \end{array}$$

串联电路中电压与电阻成正比, $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$

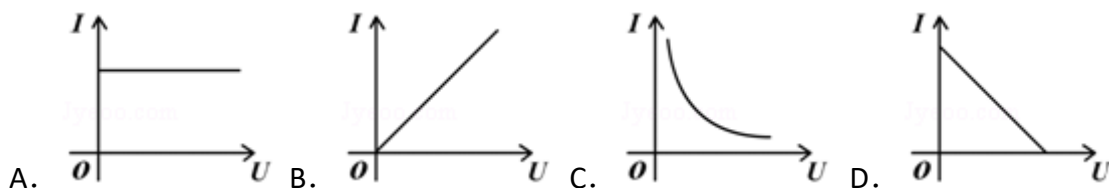
并联电路中电流与电阻成反比, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$

【例题赏析】

1. 如图所示电路中, 电源电压保持不变, 当变阻器滑片 P 向右移动时, 电表示数变大的是 ()



2. 下列四个图象中, 能正确描述电阻一定时, 通过导体的电流与它两端电压关系的是 ()



3. 下列关于欧姆定律 ($I = \frac{U}{R}$) 说法不正确的是 ()

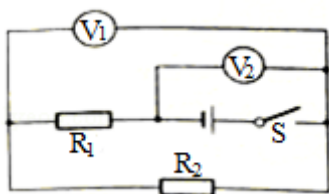
A. 由 $I = \frac{U}{R}$ 可知, 当导体电阻 R 一定时, 导体中电流 I 跟两端电压 U 成正比

B. 由 $I = \frac{U}{R}$ 可知, 当导体两端电压 U 一定时, 导体中电流 I 跟电阻 R 成反比

C. 由 $I = \frac{U}{R}$ 变形可得 $R = \frac{U}{I}$, 说明导体的电阻跟其两端电压成正比, 跟通过它的电流成反比

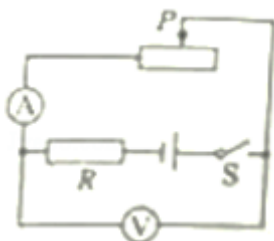
D. 由 $I = \frac{U}{R}$ 变形可得 $R = \frac{U}{I}$, 说明导体的电阻 R 在数值上等于 U 跟 I 的比值, 但由于电阻是导体本身的属性, 其大小跟 U、I 无关

4. 如图所示的电路中, $R_1=10\Omega$, $R_2=30\Omega$. 闭合开关 S, 电压表 V_1 与 V_2 的示数之比是()



- A. 1: 3 B. 3: 1 C. 3: 4 D. 4: 3

5. 如图所示电路中, 电源电压恒定, 定值电阻 R 的阻值为 10Ω , 闭合开关后, 将滑动变阻器的滑片从某个位置向右滑动一段距离, 使变阻器阻值增加了 5Ω , 电流表示数减少了 $0.04A$, 则电压表示数的变化是()



- A. 增加了 $0.2V$ B. 减少了 $0.2V$ C. 增加了 $0.4V$ D. 减少了 $0.4V$

【例题解析】

【例 1 解析】A、该电路为并联电路, 电流表测量 R_0 的电流, 滑动变阻器在另一条支路中, 滑动变阻器滑片移动时对另一条支路无影响, 电流表示数不变, 故 A 错误;

B、该电路为并联电路, 电流表测量干路中的电流, 滑动变阻器滑片向右移动, 电阻变大, 由欧姆定律可知通过变阻器的电流减小, 通过另一条支路电流不变, 故干路中的电流变小, 故 B 错误;

C、该电路为串联电路, 电压表测量 R_0 的电压, 滑动变阻器滑片向右移动, 电阻变大, 电流减小, 根据 $U=IR$ 可知, 电压表示数变小, 故 C 错误;

D、该电路为串联电路, 电压表测量滑动变阻器的电压, 滑动变阻器滑片向右移动, 电阻变大, 电流减小, 根据 $U=IR$ 可知, R_0 的电压变小, 根据串联电路的电压规律可知, 滑动变阻器两端电压变大, 故 D 正确.

故选 D.

【例 2 解析】由欧姆定律可知，当导体的电阻一定时，通过导体的电流与它两端电压成正比，其 $I-U$ 图象是一条过原点的倾斜直线，故 ACD 错误，B 正确。

故选 B。

【例 3 解析】A、当电阻 R 一定时，由 $I=\frac{U}{R}$ 可知：通过导体的电流 I 与导体两端电压 U 成正比，A 说法正确，不符合题意；

B、当导体两端电压 U 一定时，由 $I=\frac{U}{R}$ 可知，通过导体的电流 I 与电阻 R 成反比，B 说法正确，不符合题意；

C、导体电阻由导体材料、长度、横截面积决定，与导体两端电压及通过导体的电流无关，C 说法错误，符合题意；

D、 $\because I=\frac{U}{R}$ ， \therefore 导体电阻 $R=\frac{U}{I}$ ，由此可见：导体的电阻值，在数值上等于导体两端的电压 U 与通过导体的电流之比，D 说法正确，不符合题意；

故选 C。

【例 4 解析】由电路图可知，两电阻串联，电压表 V_1 测 R_2 两端的电压，电压表 V_2 测电源的电压，

因串联电路中各处的电流相等，

所以，由 $I=\frac{U}{R}$ 可得，两电阻两端的电压之比：

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{IR_1}{IR_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{10\Omega}{30\Omega} = \frac{1}{3},$$

因串联电路中总电压等于各分电压之和，

所以，电压表 V_1 与 V_2 的示数之比：

$$\frac{U_{V1}}{U_{V2}} = \frac{U_2}{U_1+U_2} = \frac{3}{1+3} = \frac{3}{4}.$$

故选 C。

【例 5 解析】原电路中，R 与变阻器串联，电压表测变阻器的电压，电流表测电路中的电流，

将滑动变阻器的滑片从某个位置向右滑动一段距离，设通过电路的电流分别为 I_1 、 I_2 ，R 两端的电压分别为 U_1 、 U_2 ，因变阻器连入电路中的电阻变大，由分压原理，电压表示数增大；由串联电路电压的规律，R 的电压减小；

对 R 而言，由欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$ ，

$$R = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2}, \text{ 由合分比定量, } R = \frac{\Delta U}{\Delta I},$$

故 $\Delta U = R \Delta I = 10\Omega \times 0.04A = 0.4V$ ，即 R 减小的电压，

根据串联电路电压的规律，各部分电压之和等于电源电压，故变阻器增加的电压等于 R 减小的电压，即电压表示数增加了 0.4V.

故选 C.