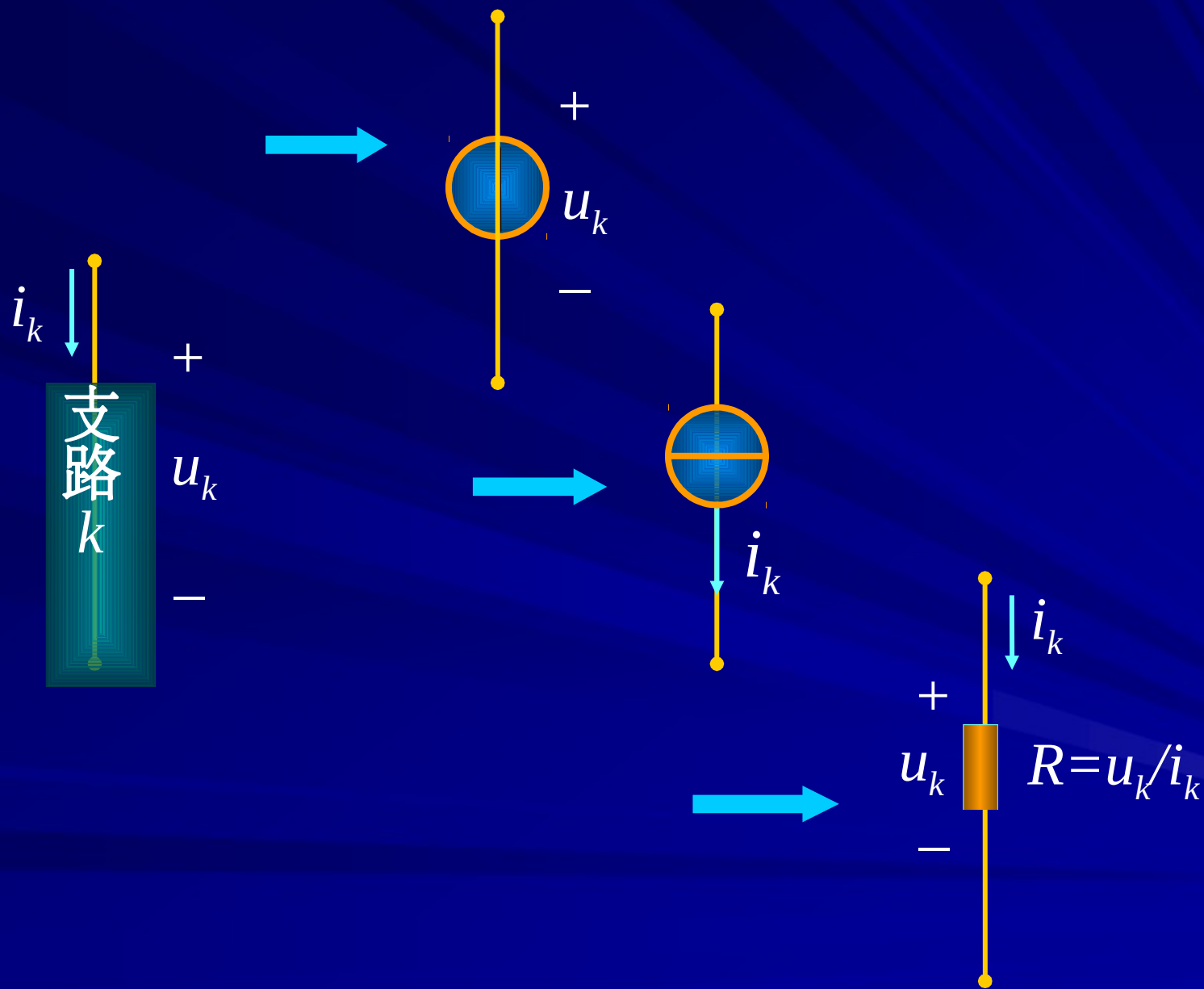


## 4.2 替代定理

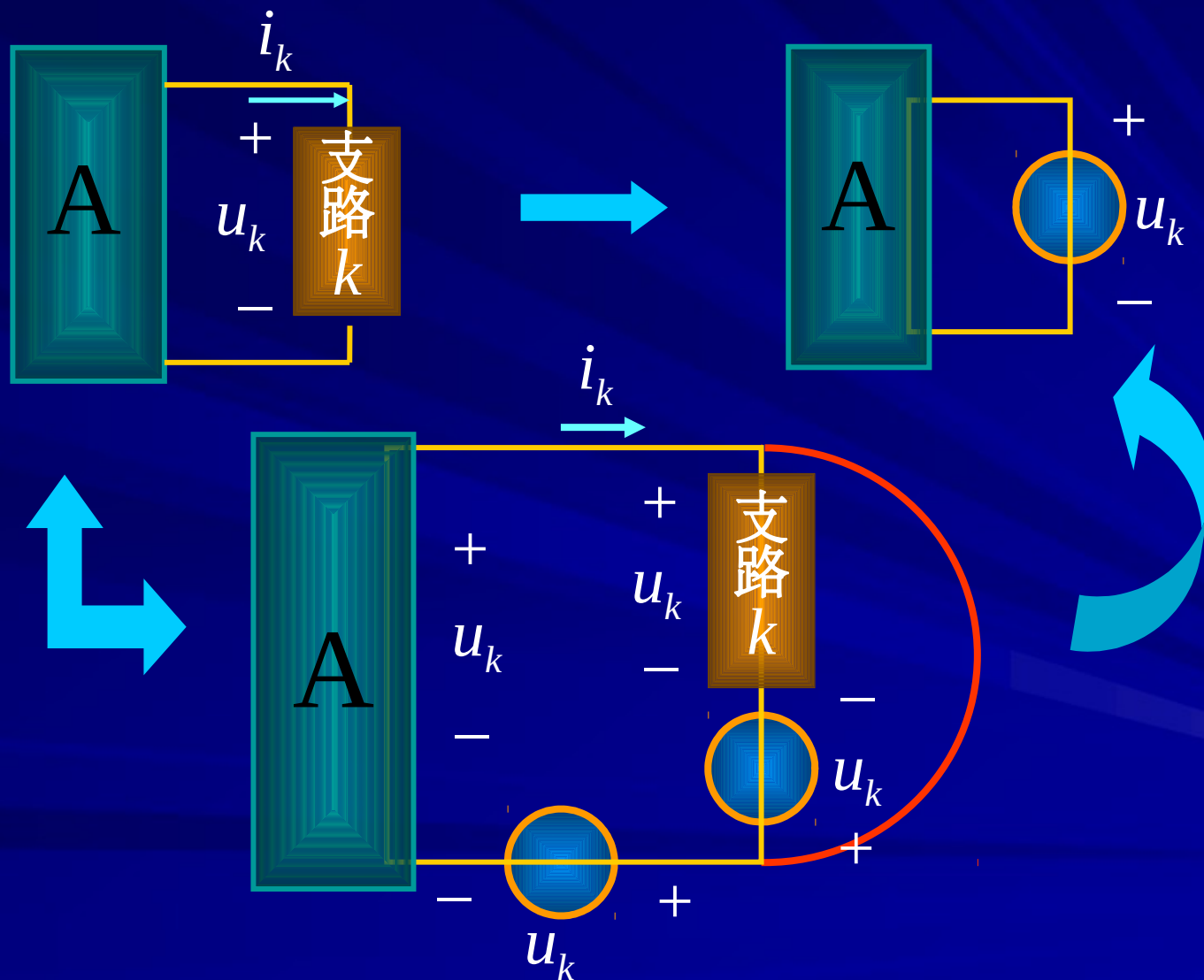
### 1. 替代定理

对于给定的任意一个电路，若某一支路电压为  $u_k$ 、电流为  $i_k$ ，那么这条支路就可以用一个电压等于  $u_k$  的独立电压源，或者用一个电流等于  $i_k$  的独立电流源，或用  $R=u_k/i_k$  的电阻来替代，替代后电路中全部电压和电流均保持原有值（解答唯一）。



## 2. 定理的证明

明



# 例 求图示电路的支路电压和电流

**解**

$$i_1 = 110 / [5 + (5 + 10) // 10] = 10\text{A}$$

$$i_2 = 3i_1 / 5 = 6\text{A}$$

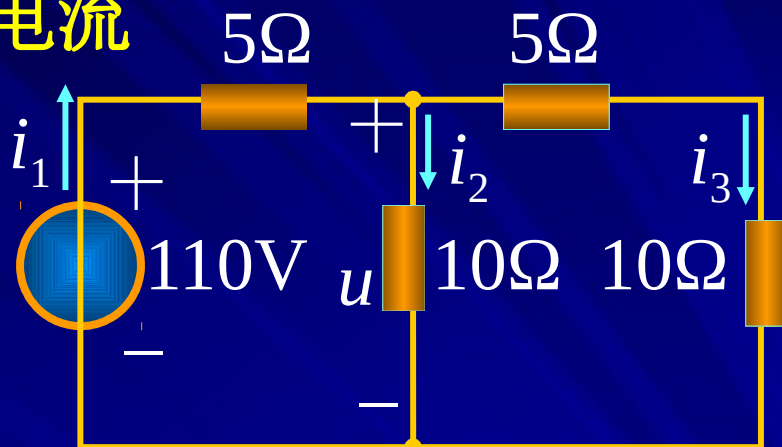
$$i_3 = 2i_1 / 5 = 4\text{A}$$

$$u = 10i_2 = 60\text{V}$$

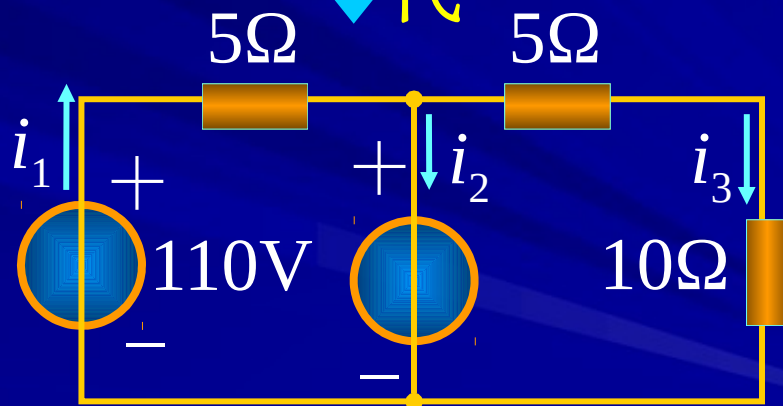
替代以后有

$$i_1 = (110 - 60) / 5 = 10\text{A}$$

$$i_3 = 60 / 15 = 4\text{A}$$



替代



**注意** 替代后各支路电压和电流完全不变。

## 原因

替代前后 KCL 、 KVL 关系相同，其余支路的  $u$  、  $i$  关系不变。用  $u_k$  替代后，其余支路电压不变 (KVL)，其余支路电流也不变，故第  $k$  条支路  $i_k$  也不变 (KCL)。用  $i_k$  替代后，其余支路电流不变 (KCL)，其余支路电压不变，故第  $k$  条支路  $u_k$  也不变 (KVL)。



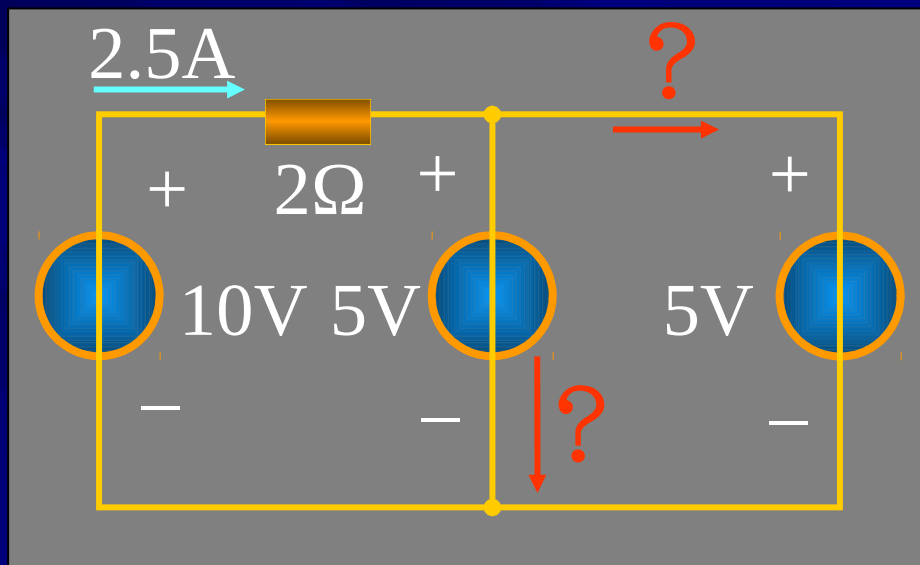
## 注意

- ① 替代定理既适用于线性电路，也适用于非线性电路。



注意 ② 替代后电路必须有唯一解。

{ 无电压源回路;  
无电流源结点 (含广义结点) 。



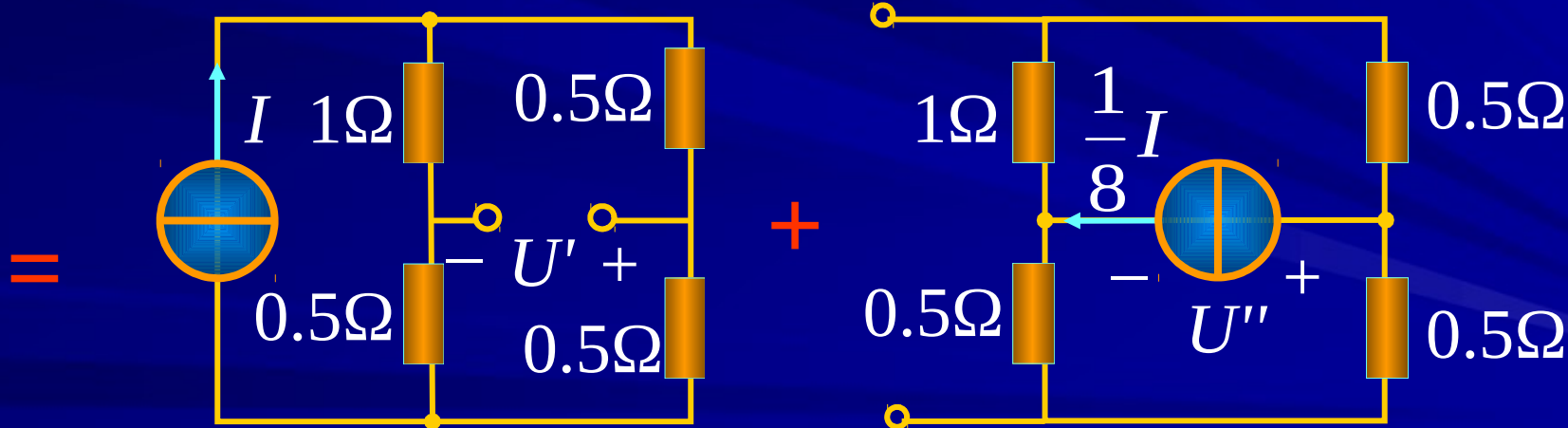
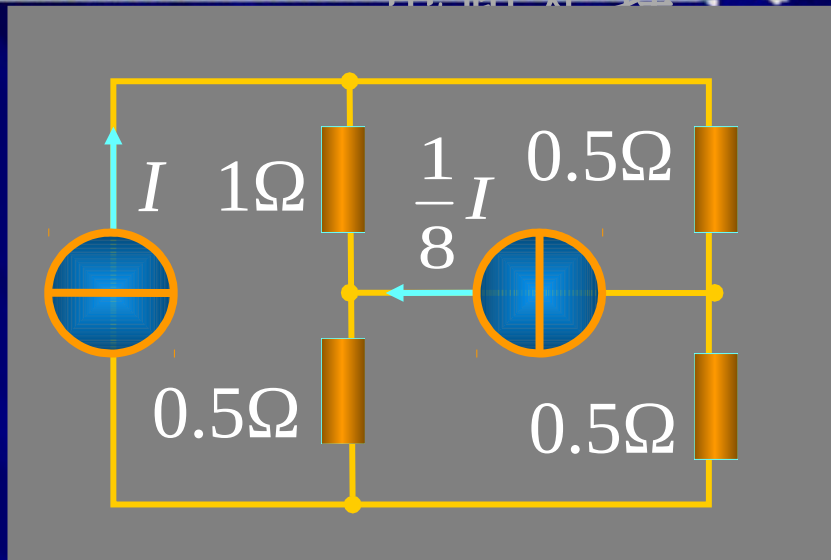
③ 替代后其余支路及参数不能改变。

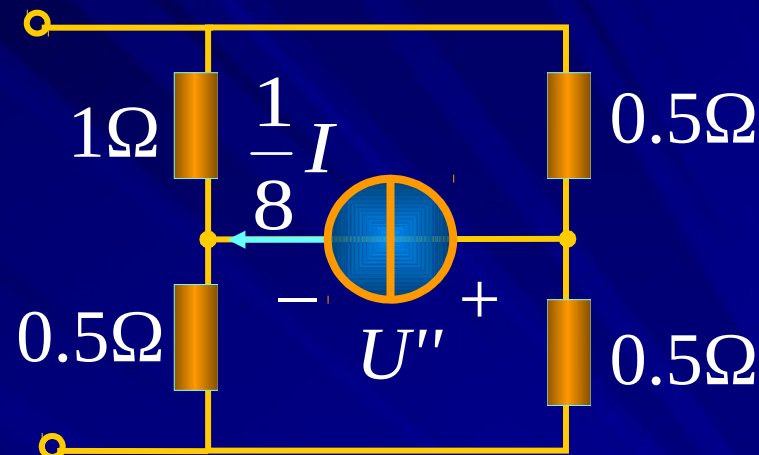
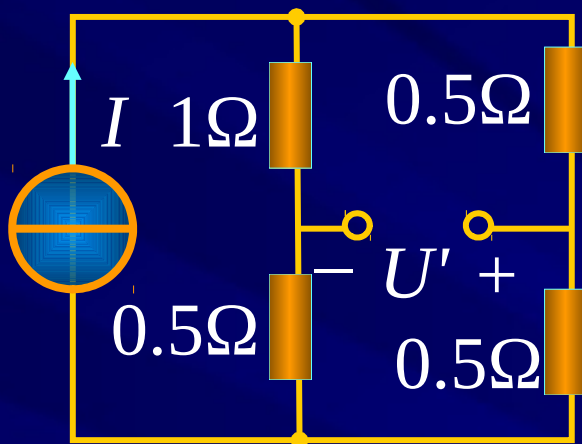


### 3. 替代定理的应用

例 若使  $I_x = \frac{1}{8}I$ , 试求  $R_x$

解 用替代:





$$U' = \frac{1}{2.5} I \times 1 - \frac{1.5}{2.5} I \times 0.5 = 0.1I$$

$$U'' = - \frac{1.5}{2.5} \times \frac{1}{8} I \times 1 = -0.075I$$

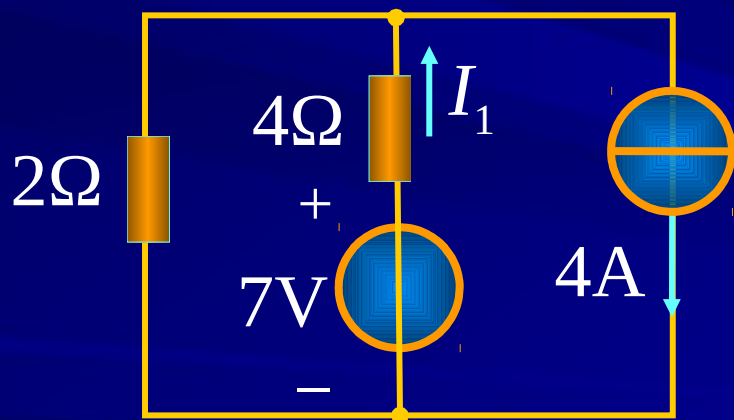
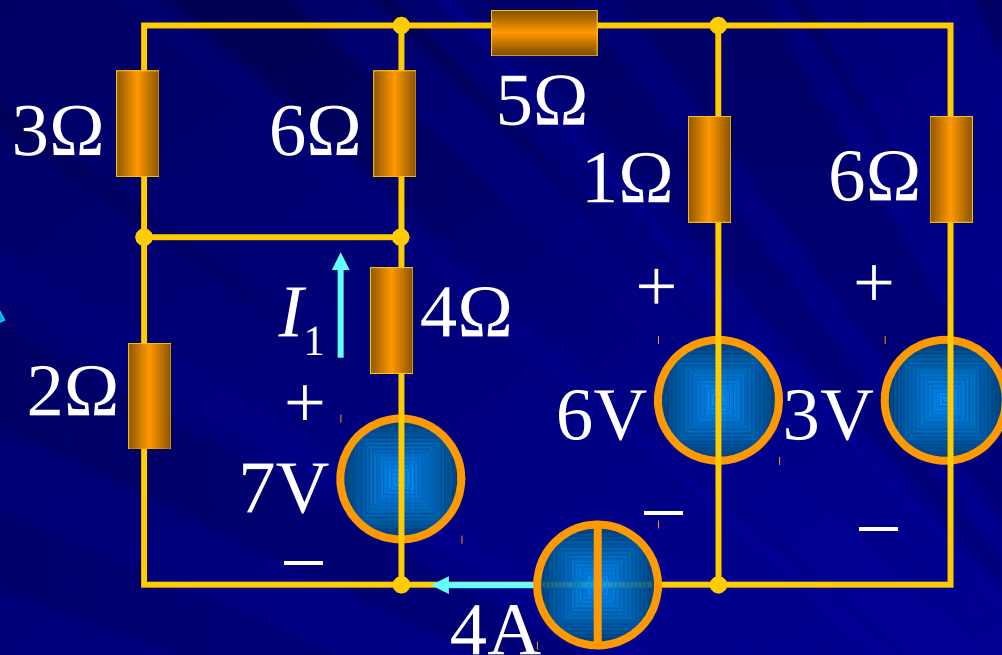
$$U = U' + U'' = (0.1 - 0.075)I = 0.025I$$

$$R_x = U / 0.125I = 0.025I / 0.125I = 0.2\Omega$$



例 求电流  $I_1$

解 用替代:



$$I_1 = \frac{7}{6} + \frac{2}{2+4} \times 4 = \frac{15}{6} = 2.5A$$

例 已知:  $u_{ab}=0$ , 求电阻  $R$

解 用替代

$$u_{ab} = -3I + 3 = 0$$

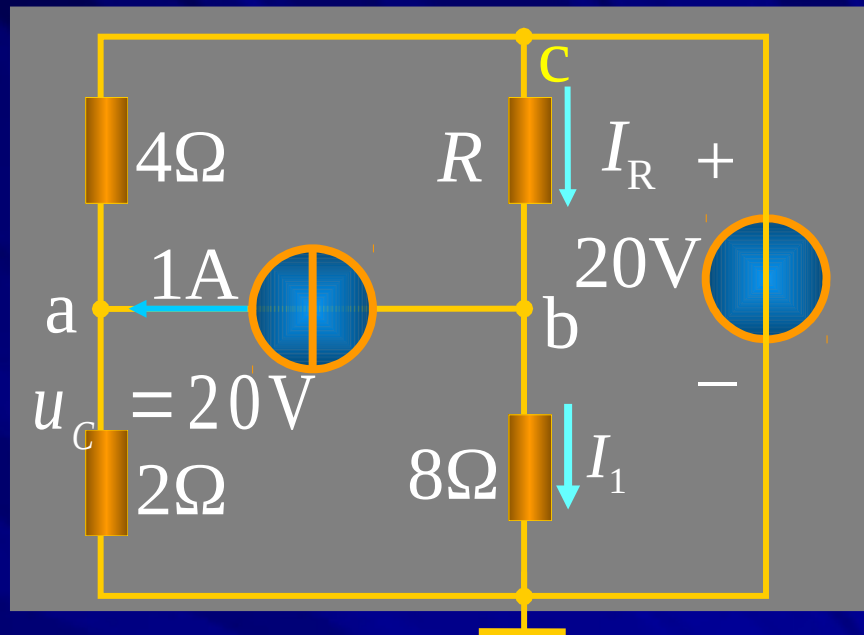
$$\Rightarrow I = 1A$$

用结点法:

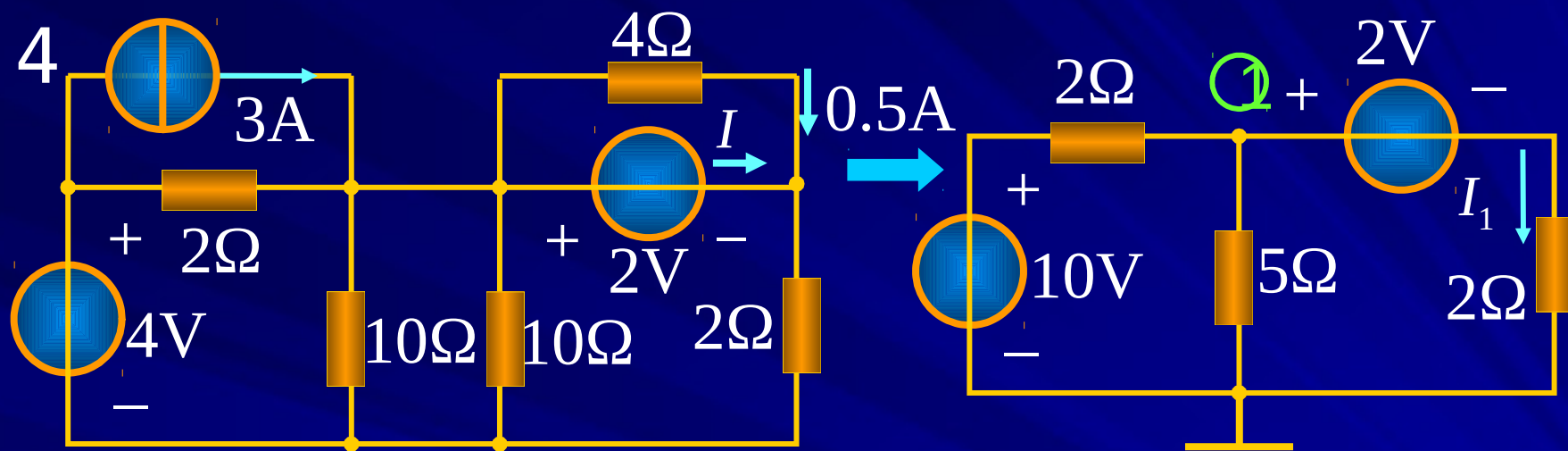
$$\text{a点} \quad \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\right)u_a - \frac{1 \times 20}{4} = 1$$

$$\rightarrow u_a = u_b = 8V \quad I_1 = 1A \quad I_R = I_1 + 1 = 2A$$

$$u_R = u_c - u_b = 20 - 8 = 12V \quad R = \frac{12}{2} = 6\Omega$$



例 用多大电阻替代 2V 电压源而不影响电路的工作



解 应求电流  $I$ ，先化简电路。应用结点法得：

$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{5}\right)u_1 = \frac{10}{2} + \frac{2}{2} = 6 \quad \longrightarrow \quad u_1 = 6 / 1.2 = 5V$$

$$I_1 = (5 - 2) / 2 = 1.5A \quad I = 1.5 - 0.5 = 1A$$

$$R = 2 / 1 = 2\Omega$$

例 已知： $u_{ab}=0$ ，求电阻  $R$

解

$$u_{ab}=0$$

$$\Rightarrow i_{ab}=i_{cd}=0$$

开路替代：

$$u_{bd}=20 \times 0.5 = 10V$$

短路替代： $u_{ac}=10V$

$$u_R = 20 \times 1 + 10 = 30V$$

$$i_R = (42 - 30) / 4 - 1 = 2A$$

$$R = \frac{u_R}{i_R} = \frac{30}{2} = 15\Omega$$

