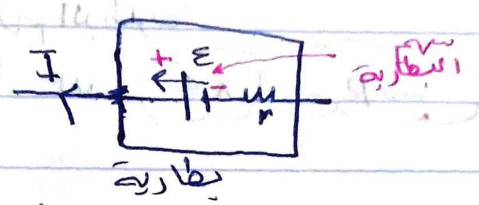
دارات التيار الكهربائي المستمر

[الدارات الكهربائية التي تحتوي على البطاريات كمصدر للطاقة الكهربائية حيث أن البطاريات تعطي تيارات في الاتجاه]

عناصر الدارات الكهربائية :

1- مصدر للطاقة الكهربائية : بطاريات
وتمثل في الدارات الكهربائية على النحو التالي



r : المقاومة الداخلية للبطارية : تكون صغيرة بالنسبة للمقاومات الخارجية في كثير من الأحيان تلغى

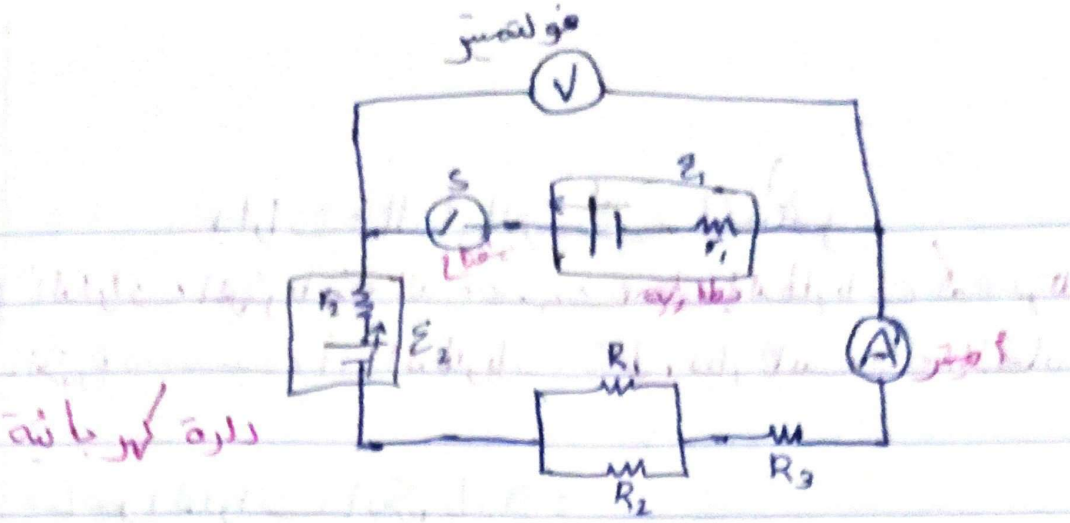
ε : القوة الدافعة للبطارية (ε) : هي مقدار الشغل الذي تبذله البطارية لنقل وحدة الشحنات الكهربائية الموجبة من القطب السالب إلى القطب الموجب داخل البطارية تقاس بوحدة [جول/كولوم] أو فولت

2- مقاومات كهربائية [الأجهزة الكهربائية]
تحويل الطاقة الكهربائية إلى أشكال مختلفة نستفيد منها

3- أسلاك توصيل (مهملة المقاومة)

4- أجهزة قياس [أ- الأميتر Ⓐ ب- الفولتميتر Ⓥ]

5- مفاتيح كهربائية [قواطع]
التحكم بمرور التيار الكهربائي

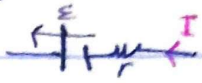


القدرة الكهربائية في الدارات الكهربائية P

1- البطاريات P- منحة للقدرة الكهربائية

إذا كان التيار المار فيها مع سهم البطارية

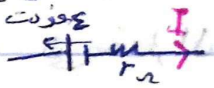
$P_{منحة} = I \times \varepsilon$ | W واط



ب- مستنفذة للقدرة الكهربائية

إذا كان التيار المار فيها عكس سهم البطارية

$P_{مستنفذة} = I\ \varepsilon$

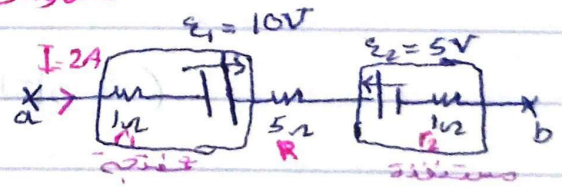


2- المقاومات الخارجية R، الداخلية r،

جميعها مستنفذ للقدرة الكهربائية

$$P = I^2 R \qquad P = I^2 r \qquad P_{eq} = I^2 \varepsilon R$$

توضيح: احسبي قدرة البطاريات في الشكل المجاور



① $P_{بطارية\ منحة} = I\ \varepsilon_1 = 2 \times 10 = 20\ W$

② $P_{بطارية\ مستنفذة} = I\ \varepsilon_2 = 2 \times 5 = 10\ W$

} بطاريات

r_1 في المقاومة $P = I^2 r_1 = (2)^2 \times 1 = 4\ w$

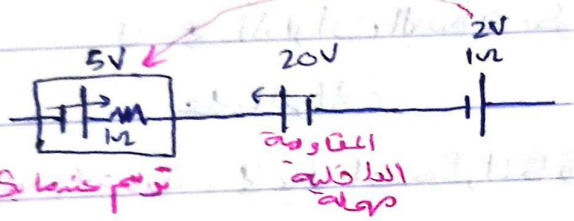
R في المقاومة $P = I^2 R = (2)^2 \times 5 = 20\ w$

r_2 في المقاومة $P = I^2 r_2 = (2)^2 \times 1 = 4\ w$

$$\underset{\text{مستفيدة}}{\mathcal{E}P} = \underset{\text{بطارية ①}}{P} = 20\ w$$

$$\underset{\text{مستفيدة}}{\mathcal{E}P} = \underset{\text{بطارية ②}}{P} + P_{r_1} + P_{r_2} + P_R$$

$$= 10 + 4 + 4 + 20 = 38\ w$$



$P = I\mathcal{E}$ ✻ أثبت أن القدرة الكهربائية للبطارية تعطى بالعلاقة

الشغل الذي تبذله البطارية لإعادة الشحنات الموجبة من القطب السالب إلى القطب الموجب

$$\Delta W_{a \to b} = \Delta Q\, V_{ba}$$

الشغل = كمية الشحنة المنقولة × فرق الجهد

القدرة : المعدل الزمن للشغل

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \times V_{ab}$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

$$P = I\mathcal{E}$$

$$\mathcal{E} = V_{ab}$$

تصنيف الدارات الكهربائية :

1- الدارات البسيطة
2. الدارات المعقدة
3- جزء من دارة

① الدارة الكهربائية البسيطة : هي الدارة الكهربائية التي يمكن اختصار جميع المقاومات إلى مقاومة واحدة R ع والقوى الدافعة للبطاريات إلى قوة دافعة واحدة ε ع

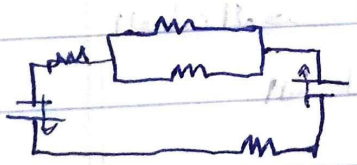
يمكن تمييزها P- أي دارة تحتوي على بطارية واحدة تعتبر دارة بسيطة

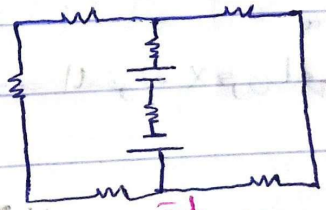
ب- في الدارات البسيطة تكون البطاريات في فرع واحد فقط متصلة على التوالي .

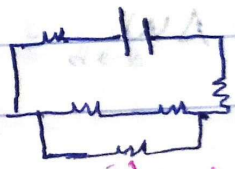
② الدارات الكهربائية المعقدة : لا يمكن اختصار المقاومات إلى R ع أو البطاريات إلى ε ع

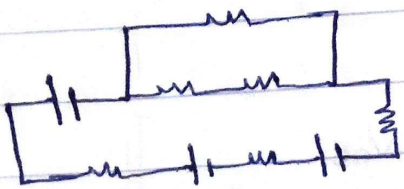
يمكن تمييزها ج تكون البطاريات في عدّة فروع على التوازي]

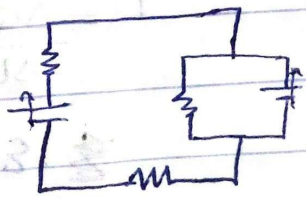
③ جزء من دارة : تكون مفتوحة من الطرفين

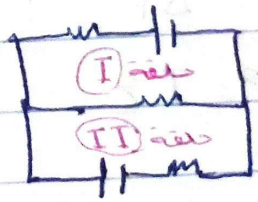

بسيطة


بسيطة
البطاريات في فرع واحد

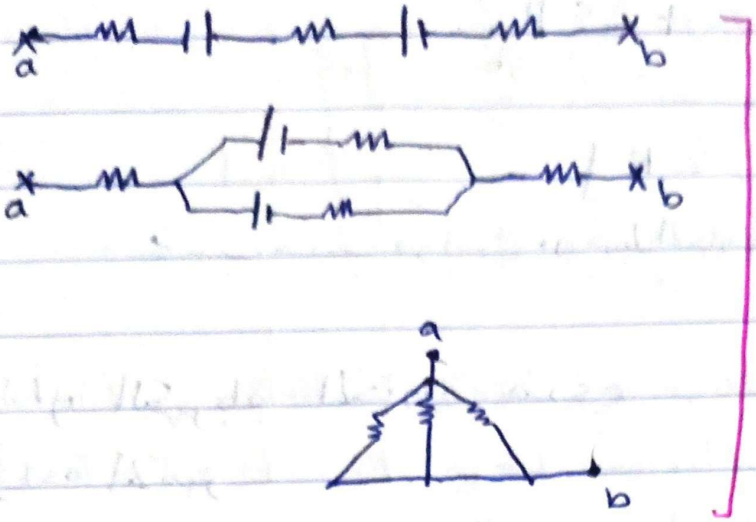

بسيطة


بسيطة


معقدة



معقدة



جزء من دارة كهربائية مفتوحة من الطرفين

أولاً: بمعادلة الدارة البسيطة

$$I_{eq} = \frac{\Sigma \mathcal{E}}{\Sigma R}$$

حيث $\Sigma \mathcal{E}$: القوة الدافعة الكلية في الدارة

وتحسب $\Sigma \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 \dots$ e.t

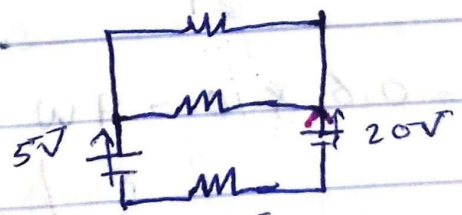
إذا كان التيار الذي تنتجه البطاريات بنفس الاتجاه

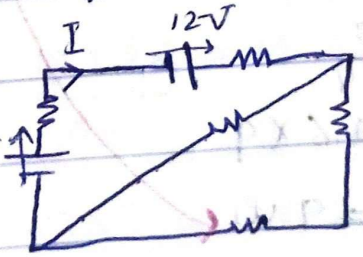
$$\Sigma \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{كبرى}} - \mathcal{E}_{\text{صغرى}}$$

إذا كان التيار الذي تنتجه البطاريات باتجاهات متعاكسة

توضيح

$$\Sigma \mathcal{E} = 20 - 5 = 15$$





$$\Sigma \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$$
$$= 12 + 8 = 20\ V$$

$$\varepsilon R = \underset{\text{داخلية}}{\varepsilon r} + \underset{\text{خارجية}}{\varepsilon R}$$

$\therefore [\varepsilon r, \varepsilon R]$

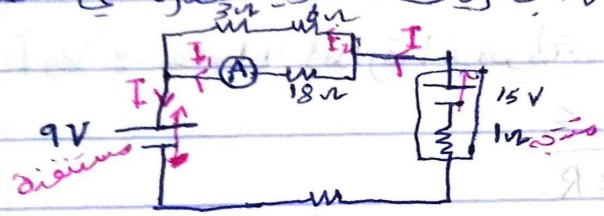
تحسب حسب قوانين توصيل المقاومات على التوالي، التوازي

أمثلة:

مثال (1): في الدارة الكهربائية المجاورة جدي:

1- قراءة الأميتر

2- أثبتي أن القدرة التي تنتجها البطاريات تساوي القدرة التي تستنفدها المقاومات



الدارة بسيطة

① $I = \dfrac{\varepsilon \varepsilon}{\varepsilon R}$

$\varepsilon \varepsilon = 15 - 9 = 6\ V$

$\varepsilon R = \varepsilon r + \varepsilon R$

$\varepsilon r = 1\Omega$

$(6,3)_{\text{توالي}} = 6 + 3 = 9\Omega$

$(9,18)_{\text{توازي}} = \dfrac{9 \times 18}{9+18} = 6\Omega$ (I_2, I ← I)

$\varepsilon R\ (3,6)_{\text{توالي}} = 6 + 3 = 9\Omega$

$I = \dfrac{6}{1+9} = \dfrac{6}{10} = 0.6A$

$6 \times I = 18 \times I_1$

$6 \times 0.6 = 18 \times I_1$

$I_1 = \dfrac{16 \times 0.6^{0.2}}{18_{3}} = 0.2A$

$I = I_1 + I_2$

$0.6 = 0.2 + I_2$

$I_2 = 0.4A$

أو $I_2 \times 9 = I \times 6$

$I_2 \times 9 = 0.6 \times 6$

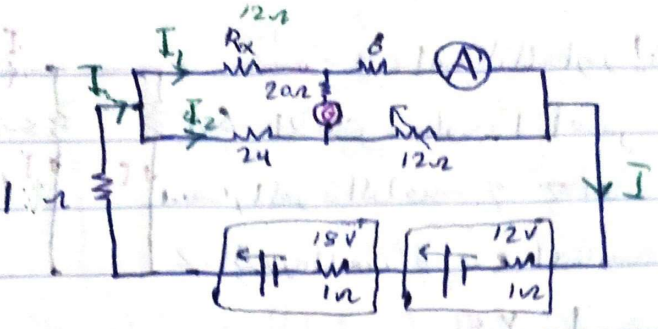
$I_2 = \dfrac{0.6^{0.2} \times 6^{2}}{9_{3}} = 0.4A$

② $P_{\text{منتجة}} = I \times \varepsilon_{15} = 0.6 \times 15 = 9\ W$

$P_{\text{مستنفدة}} = I^2 \varepsilon R + I \varepsilon_9$

$= (0.6)^2 \times 10 + 0.6 \times 9$

$= 3.6 + 5.4 = 9\ W$



مثال (2) : في الدارة الكهربائية في الشكل المجاور إذا كانت قيمة الريوستات (المقاومة المتغيرة) التي تجعل قراءة الغلفانومتر = صفر تساوي 12Ω جدي 1- قيمة المقاومة R_x 2- قراءة الأمتير

قراءة الغلفانومتر = صفر ، المقاومات تحقق شرط جسر وتستون عندها

$$\frac{R_x}{6} = \frac{24}{12} \Rightarrow R_x = 12\Omega$$

المقاومة 20Ω تلغى لأنه يمر بها تيار

الدارة بسيطة : حسب معادلة الدارة

$$I = \frac{\varepsilon\varepsilon}{\Sigma R} \quad , \quad \varepsilon\varepsilon = 12+18 = 30\ V$$

$$\Sigma R = \underset{\text{داخلية}}{\Sigma r} + \underset{\text{خارجية}}{\Sigma R} \quad , \quad \Sigma r = 1+1 = 2\Omega$$

$$(12,6)_{\text{توالي}} = 12+6 = 18\Omega$$

$$(24,12)_{\text{توالي}} = 24+12 = 36\Omega$$

$$(18,36)_{\text{توازي}} = \frac{18\times36}{18+36} = \frac{18\times36}{54} = 12\Omega$$

I_1 I_2 I

$$\Sigma R\,(12,1)_{\text{توالي}} = 12+1 = 13\Omega$$

$$\therefore I = \frac{30}{2+13} = \frac{30}{15} = 2\ A$$

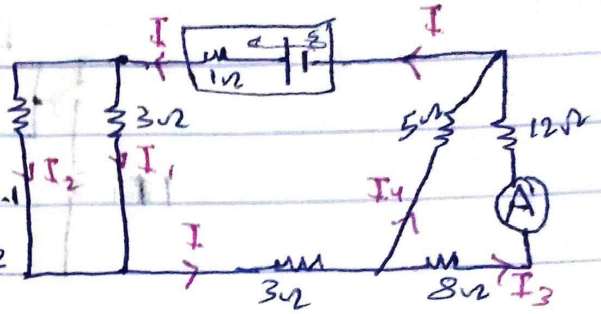
$$18\times I_1 = I\times 12$$

$$18\times I_1 = 2\times 12 \Rightarrow I_1 = \frac{24}{18} = \frac{4}{3}\ A$$

$$36\ I_2 = 2\times 12$$

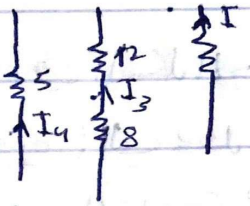
$$I_2 = \frac{24}{36} = \frac{2}{3}\ A$$

س: في الشكل المجاور إذا كانت قراءة الأميتر تساوي 1 أمبير جدي
1- مقدار القوة الدافعة ε
2- القدرة المستنفدة في المقاومة 6Ω



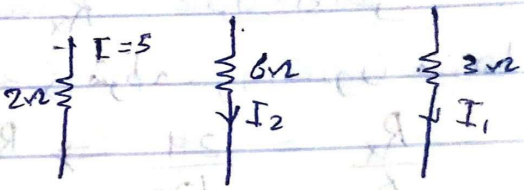
① $I_3(12+8) = I_4 \times 5$

$1(20) = I_4 \times 5 \Rightarrow I_4 = \frac{20}{5} = 4A$



$I = I_3 + I_4 = 1+4 = 5A$

$(6,3)_{\text{توازي}} = \frac{6\times3}{6+3} = 2\Omega$ (I_2, I_1)



$I \times 2 = I_1 \times 3$

$5 \times 2 = I_1 \times 3 \Rightarrow I_1 = \frac{10}{3} A$

$I \times 2 = I_2 \times 6$

$5 \times 2 = I_2 \times 6$

$10 = I_2 \times 6 \Rightarrow I_2 = \frac{10}{6} A$

الدارة بسطة:

$I = \frac{\Sigma\varepsilon}{\Sigma R}$

$\Sigma R = \Sigma r_{\text{داخلية}} + \Sigma R_{\text{خارجية}}$

$\Sigma r = 1\Omega$

$(12,8)_{\text{توالي}} = 12+8 = 20\Omega$

$(20,5)_{\text{توازي}} = \frac{20\times5}{20+5} = 4\Omega$

$(6,3)_{\text{توازي}} = \frac{6\times3}{6+3} = 2\Omega$

$\Sigma R(4,3,2)_{\text{توالي}} = 4+3+2 = 9\Omega$

$\Sigma R = 1+9 = 10\Omega$

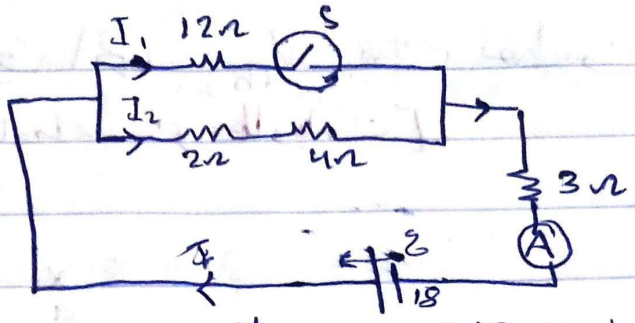
$I = \frac{\Sigma\varepsilon}{\Sigma R}$

$\therefore \frac{5}{1} = \frac{\varepsilon}{10} \Rightarrow \varepsilon = 50\ V$

② $P = I^2 R$

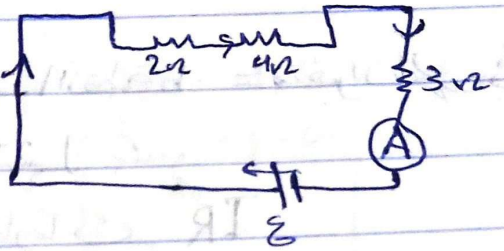
$= I_2^2 \times 6$

$= \left(\frac{10}{6}\right)^2 \times 6 = \frac{100}{6} = \frac{50}{3}\ W$



س: في الشكل المجاور إذا كانت قراءة الأميتر A تساوي 2A والمفتاح (S) مفتوح جدي قراءة الأميتر والمفتاح (S) مغلق

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



$$2 = \frac{\varepsilon}{2+4+3}$$

$$\frac{2}{1} = \frac{\varepsilon}{9} \Rightarrow \varepsilon = 18V$$

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

$$(2,4)_{\text{توالي}} = 2+4 = 6\Omega$$

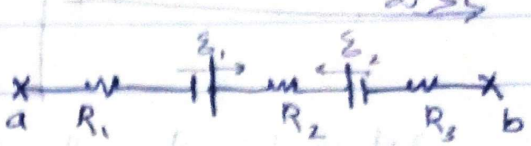
$$(6,12)_{\text{توازي}} = \frac{6 \times 12}{6+12} = 4\Omega$$

$$\varepsilon R = (4,3)_{\text{توالي}} = 4+3 = 7\Omega$$

$$\therefore I = \frac{\varepsilon}{\varepsilon R} \Rightarrow I = \frac{18}{7}\ A$$

* الصيغة العامة لحساب فرق الجهد V_{ab} بين نقطتين

[عندما يقع بين النقطتين مقاومات وبطاريات]



العلاقة الرياضية لفرق الجهد V_{ab}

$$V_a + \varepsilon \Delta V_{a \to b} = V_b$$

جهد النقطة b = متغيرات الجهد بين a,b + جهد النقطة a

* حيث $\varepsilon \Delta V_{ab}$ تشمل :

1- فرق الجهد للمقاومات IR

2- القوى الدافعة للبطاريات ε

* V_{ab} تعني $V_{ab} = V_a - V_b$

* تعويض إشارة IR, ε يعتمد على اتجاه الحركة من $a \to b$ على النحو التالي :

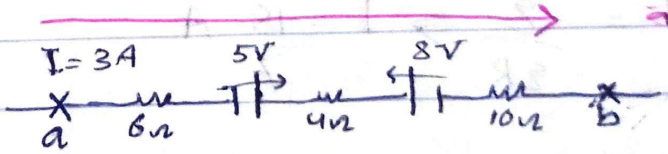
* IR موجبة ، الحركة من $a \to b$ عكس اتجاه التيار

* IR سالبة ، الحركة من $a \to b$ مع اتجاه التيار

* بينما ε تعوض موجبة إذا كان سهم البطارية مع اتجاه الحركة

* ε تعوض سالبة إذا كان سهم البطارية عكس اتجاه الحركة

توضيح : جدي فرق الجهد بين النقطتين a,b في الشكل المجاور



$$V_a + \varepsilon \Delta V_{ab} = V_b$$

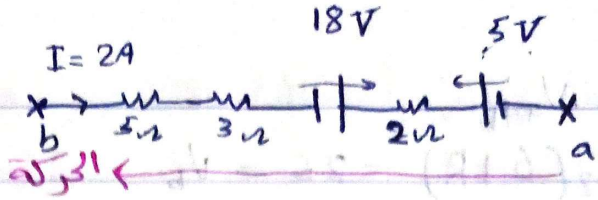
$$V_a - I(6+4+10) + 5 - 8 = V_b$$

$$V_a - 3(20) - 3 = V_b \Rightarrow V_a - 63 = V_b$$

$$V_a - V_b = 63$$

$$V_{ab} = 63\ V$$

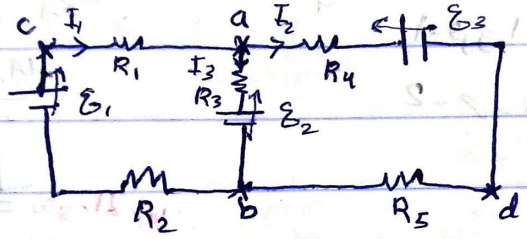
جدي فرق الجهد بين a, b (V_{ab})



$$V_a + \mathcal{E} \Delta V_{ab} = V_b$$
$$V_a + I(5+3+2) + 5 - 18 = V_b$$
$$V_a + 2(10) - 13 = V_b$$
$$V_a + 7 = V_b$$
$$V_a - V_b = -7$$
$$V_{ab} = -7\ V$$

* فرق الجهد بين a, b مقدار ثابت لا يعتمد على المسار المتبع

توضيح



$$V_{ab} = V_{acb} = V_{adb}$$

توضيح :

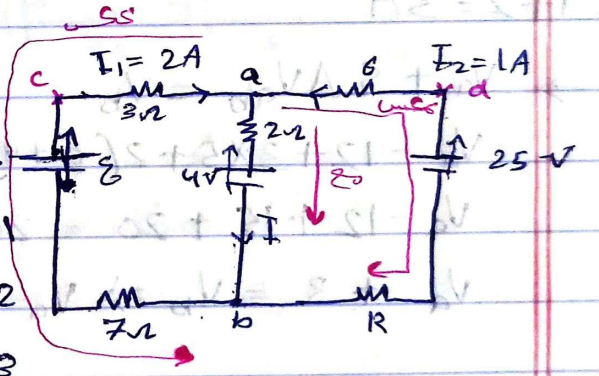
في الشكل المجاور جدي

1- شدة التيار المار في الفرع ab

2- فرق الجهد بين النقطتين a, b

3- مقدار القوة الدافعة $\mathcal{E}$

4- مقدار المقاومة R



1) $I = I_1 + I_2$
$= 2 + 1 = 3\ A$

2) $V_a + \mathcal{E} \Delta V_{ab} = V_b$
$V_a - I(2) - 4 = V_b$
$V_a - 3(2) - 4 = V_b$
$V_a - 6 - 4 = V_b$
$V_a - 10 = V_b$
$V_a - V_b = 10V$

3) $V_{ab} = V_{acb}$
$V_a + I_1(3+7) - \mathcal{E} = V_b$
$V_a + 2(10) - \mathcal{E} = V_b$
$V_a - V_b = -20 + \mathcal{E}$
$10 = -20 + \mathcal{E}$
$\mathcal{E} = 10 + 20 = 30\ Volt$

4) $V_{ab} = V_{adb}$

$V_a + I_2(6+R) - 25 = V_b$

$V_a + 1(6+R) - 25 = V_b$

$V_a - V_b = -(6+R) + 25$

$10 = -6 - R + 25$

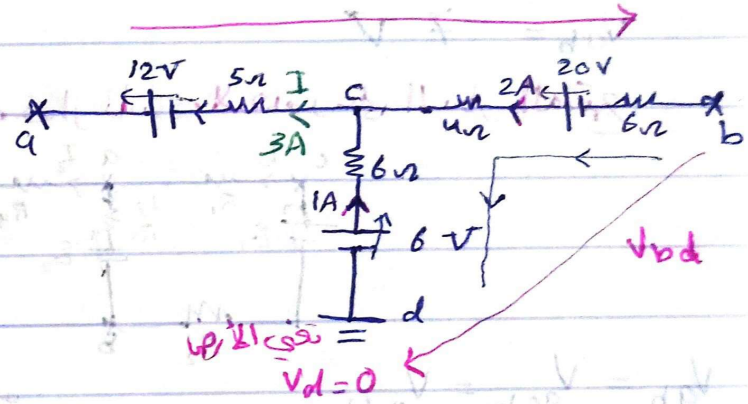
$10 = -R + 19$

$R = 19 - 10 = 9\,\Omega$

في الشكل المجاور جد

1- فرق الجهد بين النقطتين a, b

2- جهد النقطة b



$I = 1 + 2 = 3A$

1) $V_{ab} \rightarrow V_a + \Sigma \Delta V_{ab} = V_b$

$V_a - 12 + 3\times5 + 2(6+4) - 20 = V_b$

$V_a - 12 + 15 + 20 - 20 = V_b$

$V_a + 3 = V_b \Rightarrow V_a - V_b = -3\ V$

2) $V_{bd} \Rightarrow V_b + \Sigma \Delta V_{bd} = V_d$

$V_b - 2(6+4) + 20 + 1\times6 - 6 = 0$

$V_b - 20 + 20 + 6 - 6 = 0$

$V_b = 0$

$V_b = V_d = 0$

* القدرة الكهربائية الداخلة للفرع (a,b):
والقدرة المستنفذة في الفرع (a,b)

* حسب قانون حفظ الطاقة :

يكون دائماً : معدل الطاقة (القدرة) الداخلة للفرع $[P_{in}]$
يساوي دائماً معدل الطاقة التي تستنفذه في الفرع $[P_{out}]$

حيث P_{in} للفرع تحسب من العلاقة

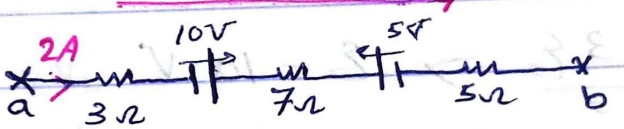
قدرة الفرع
$$P_{in} = I V_{ab} + I \mathcal{E} \mathcal{E}_{\text{مع التيار}}$$

و القدرة المستنفذة P_{out} تحسب من العلاقة

$$P_{out} = I^2 \Sigma R + I \mathcal{E} \mathcal{E}_{\text{عكس التيار}}$$

القدرة الكهربائية المستنفذة في كل المقاومات

مثال (1) :



جدي : 1- فرق الجهد بين a,b
2- القدرة الداخلة للفرع ab
3- القدرة المستنفذة في الفرع ab

1- $V_{ab} \rightarrow \quad V_a + \Sigma \Delta V_{ab} = V_b$

$$V_a + 2(3+7+5) + 10 - 5 = V_b$$

$$V_a - 30 + 10 - 5 = V_b$$

$$V_a - 25 = V_b \Rightarrow V_a - V_b = 25\ V$$

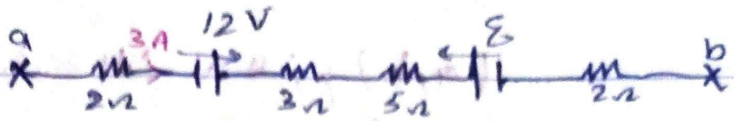
2- $P_{in} = I V_{ab} + I \Sigma \mathcal{E}_{\text{مع التيار}}$

$$= 2 \times 25 + 2 \times 10 = 70\ W$$

3- $P_{out} = I^2 \Sigma R + I \Sigma \mathcal{E}_{\text{عكس}}$

$$= (2)^2 (3+7+5) + 2 \times 5$$

$$= 60 + 10 = 70\ W$$



س: في الشكل المجاور إذا كانت القدرة المستنفذة في الفرع ab تساوي 138W جد:

1. مقدار القوة الدافعة ε
2. فرق الجهد بين النقطتين ab
3. المقدرة الداخلية للفرع ab

1. $P_{out} = I^2 \Sigma R + I \Sigma \varepsilon_{عكس}$

$138 = (3)^2(2+3+5+2) + 3 \times \varepsilon$

$138 = 9 \times 12 + 3\varepsilon$

$138 = 108 + 3\varepsilon$

$108 \quad\quad -108$

$\frac{30}{3} = \frac{3\varepsilon}{3} \Rightarrow \varepsilon = 10\ V$

2. $V_a + \Sigma \Delta V_{ab} = V_b$

$V_a - 3(2+3+5+2) + 12 - 10 = V_b$

$V_a - 3 \times 12 + 12 - 10$

$V_a - 36 + 2 = V_b$

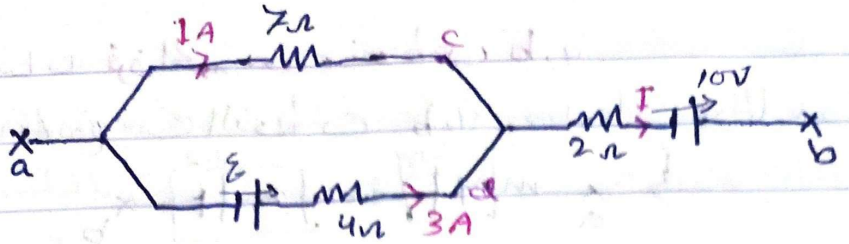
$V_a - 34 = V_b$

$V_a - V_b = 34\ V$

3. $P_{in} = I V_{ab} + I \Sigma \varepsilon_{ع}$

$= 3 \times 34 + 3 \times 12$

$= 102 + 36 = 138\ W$



في الشكل المجاور جدي:

1- فرق الجهد بين ab

2- مقدار القوة الدافعة ε

3- القدرة الداخلة للفرع ab

4- القدرة المستنفذة في الفرع ab

$I = 1+3 = 4A$

1- V_{ab} عبر المسار acb

$V_a + \Sigma \Delta V_{ab} = V_b$

$V_a - 1\times 7 - I\times 2 + 10 = V_b$

$V_a - 7 - 4\times 2 + 10 = V_b$

$V_a - 5 = V_b$

$V_a - V_b = 5V$

2- V_{ab} عبر المسار adb

$V_a + \varepsilon - 3\times 4 - I\times 2 + 10 = V_b$

$V_a + \varepsilon - 12 - 4\times 2 + 10 = V_b$

$V_a - V_b = -\varepsilon + 10 = 5 \Rightarrow \varepsilon = 10 - 5 = 5V$

3- $P_{in} = IV_{ab} + I\Sigma\varepsilon_{عع}$

$= 4\times 5 + 3\times \varepsilon + 4\times 10$

$= 20 + 3\times 5 + 40 = 75\ w$

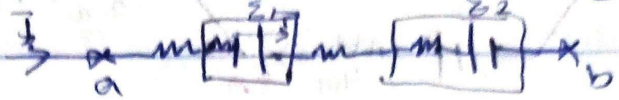
4- $P_{out} = I^2 \Sigma R + I\Sigma\varepsilon_{عكس}$

$= 1^2\times 7 + 3^2\times 4 + 4^2\times 2$

$= 7 + 36 + 32 = 75\ w$

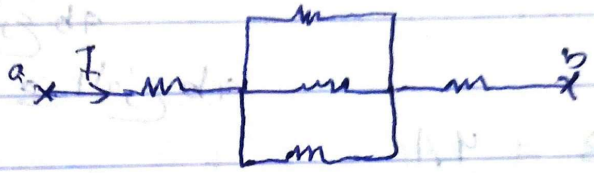
* حالات حساب فرق الجهد بين نقطتين a,b

1- الحالة العامة/ تقع بين النقطتين a,b مقاومات وبطاريات



$$V_{ab} \rightarrow V_a + \sum \Delta V_{ab} = V_b$$

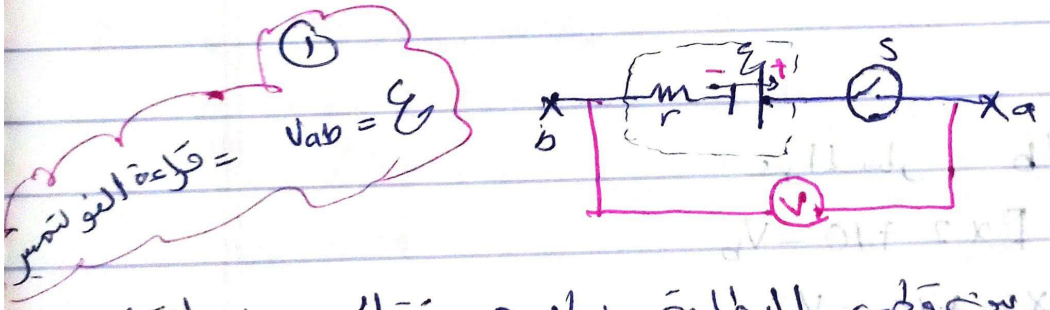
2- إذا وقع بين النقطتين مقاومات فقط



$$V_{ab} = I \sum R$$

3- إذا وقع بين النقطتين a,b بطاريات فقط

يتم قياس فرق الجهد بين قطبي البطارية بواسطة فولتميتر



حيث أن: فرق الجهد بين قطبي البطارية V_{ab} هو فرق الجهد بين القطب الموجب والقطب السالب $V_a - V_b$ ويساوي قراءة الفولتميتر المتصل بين قطبي البطارية

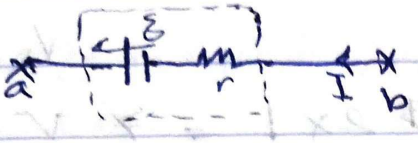
$$V_{\text{بطارية}} = V_{ab} = \text{قراءة الفولتميتر}$$

ولها ثلاث حالات :

① عندما يكون المفتاح (s) مفتوح أي لا يسري في البطارية تيار كهربائي في هذه الحالة يكون فرق الجهد للبطارية مساوياً لقوتها الدافعة

$$V_{ab} = \mathcal{E}$$

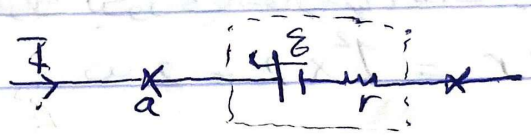
② عندما يسري في البطارية تيار بنفس اتجاه القوة الدافعة .



$$V_{ab} = \mathcal{E} - Ir$$

فرق الجهد بين قطبي البطارية أقل من قوتها الدافعة ويمثل المقدار Ir الهبوط في جهد البطارية

③



عندما يسري في البطارية تيار عكس سهم البطارية

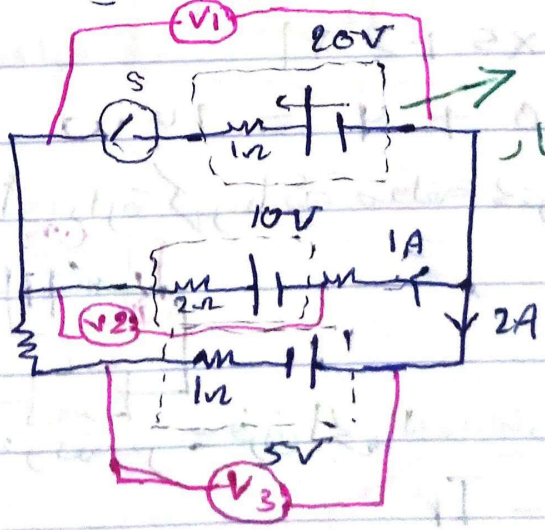
$$V_{ab} = \mathcal{E} + Ir$$

أي أن فرق الجهد بين قطبي البطارية أكبر من قوتها الدافعة في هذه الحالة تكون البطارية في حالة شحن .

في الشكل المطروحي :

1- فرق الجهد بين قطبي البطارية [قراءة الفولتميتر]

2- القدرة المنتجة أو المستفدة في البطاريات .



قراءة الفولتميتر V_1 لا يمر تيار $V_1 = \mathcal{E} = 20\ V$

قراءة الفولتميتر V_2

$$V_2 = \mathcal{E} - Ir$$
$$= 10 - 1 \times 2 = 8\ V$$

مقدار الهبوط في جهد هذه البطارية

$$Ir = 1 \times 2 = 2\ V$$

قراءة الفولتميتر V_3

$$V_3 = \mathcal{E} + Ir = 5 + 2 \times 1 = 7\ V$$

البطارية المنتجة للقدرة الكهربائية $\mathcal{E} = 10V$ لأن التيار خارجها مع سهم البطارية 2

$$P_{\text{منتجة}_2} = I\mathcal{E} = 1 \times 10 = 10\ w$$

القدرة التي تستنفدها هذه البطارية يكون في مقاومتها الداخلية

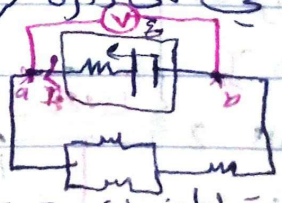
$$P_{\text{مستنفدة}_2} = I^2 r = 1^2 \times 2 = 2\ w$$

البطارية المستنفدة للقدرة هي $\mathcal{E} = 5$ فولت لأن التيار الخارجها عكس سهم البطارية.

وتكون القدرة المستنفدة فيها

$$P_{\text{مستنفدة}_3} = I\mathcal{E} + I^2 r$$
$$= 2 \times 5 + 2^2 \times 1$$
$$= 10 + 4 = 14\ w$$

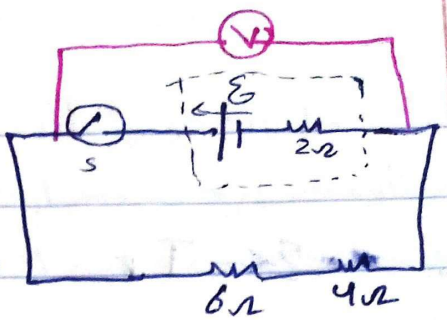
ملاحظة هامة: في أي دارة كهربائية مغلقة تحتوي على بطارية واحدة فقط يكون



فرق الجهد للبطارية = قراءة الفولتميتر = فرق الجهد للمقاومات الخارجية

1- $V_{ab} = \mathcal{E} - Ir$

2- $V_{ab} = IER$ خارجية



في الشكل المجاور إذا كانت قراءة الفولتميتر والمفتاح (S) مفتوح تساوي 24 V فكم تصبح قراءة الفولتميتر والمفتاح S مغلق

عندما يكون المفتاح S مفتوح لا يسري تيار في الدارة

$V = \varepsilon = 24\ V$

عند إغلاق المفتاح (S) يسري في البطارية تيار مع سهم البطارية

$V = \varepsilon - Ir$

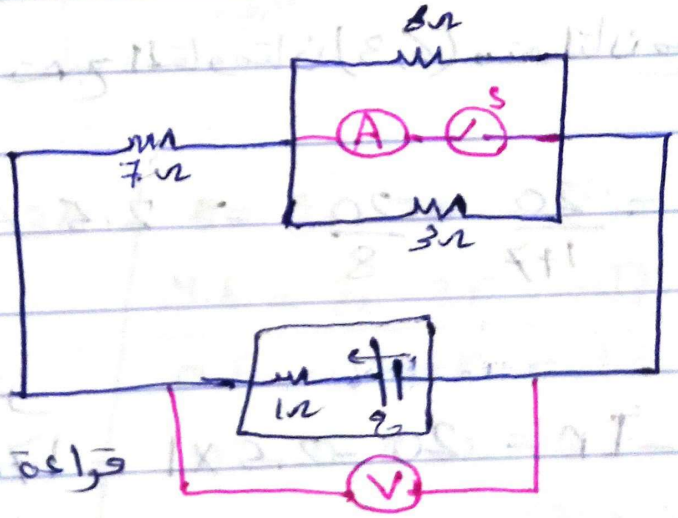
نحسب I الدارة بسيطة

$$I = \frac{\varepsilon}{\varepsilon R} = \frac{24}{6+4+2} = \frac{24}{12} = 2A$$

$$\therefore V = 24 - 2 \times 2$$

$$= 20\ V$$

س2: في الشكل المجاور إذا كانت قراءة الفولتميتر والمفتاح (S) مفتوح تساوي 18 V جد قراءة الفولتميتر والمفتاح (S) مغلق



1- الدارة مبسطة

2- الدارة تحتوي على بطارية واحدة فقط

6- $V_{\text{فولتميتر}} = \mathcal{E} - Ir$

2 $V = I \Sigma R_{\text{خارجية}}$ $\quad (6,3)_{\text{توازي}} = \frac{6\times3}{6+3} = \frac{18}{9} = 2\ \Omega$

من 2 $18 = I \Sigma R_{\text{خارجية}}$ $\quad \Sigma R(2,7)_{\text{توالي}} = 2+7 = 9\ \Omega$

$\therefore \frac{18}{9} = I \times 9 \Rightarrow I = 2A$

من 1 $V = \mathcal{E} - Ir$

$18 = \mathcal{E} - 2\times1$

$\underset{+2}{18} = \mathcal{E} \underset{+2}{- 2} \Rightarrow \mathcal{E} = 20V$

عند إغلاق المفتاح (S) تصبح المقاومتان (6,3) متصلتان مع سلك عديم المقاومة تلغى

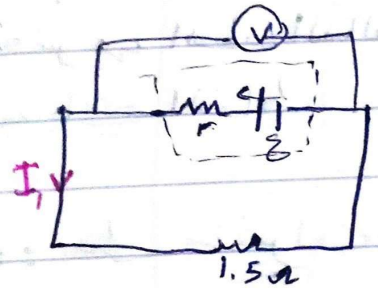
$I = \frac{\mathcal{E}}{\Sigma R} = \frac{20}{1+7} = \frac{20}{8} = 2.5\ A$

عندها قراءة الفولتميتر

$V = \mathcal{E} - Ir = 20 - 2.5\times1 = 17.5\ V$

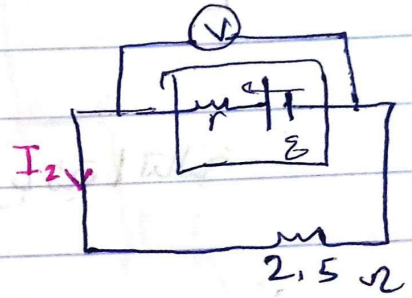
س: بطارية قوتها الدافعة ε ومقاومتها الداخلية r متصلة بمقاومة خارجية مقدارها 1.5Ω كما في الشكل
فرق الجهد بين قطبي البطارية يساوي 4.5V عندما استبدلت المقاومة الخارجية بمقاومة مقدارها 2.5Ω أصبح فرق الجهد بين قطبي البطارية 5V جد:

1- مقدار القوة الدافعة للبطارية ε
2- المقاومة الداخلية r



$V_1 = 4.5\ V$

⇒



$V_2 = 5\ V$

1- $V = \varepsilon - Ir$ دارة بسيطة
2- $V = I \varepsilon R_{\text{خارجية}}$ تحتوي على بطارية واحدة

$V_1 = I_1 \times \varepsilon R_{\text{خارجية}}$
$4.5 = I_1 \times 1.5 \Rightarrow I_1 = 3A$
$V_1 = \varepsilon - I_1 r$
$4.5 = \varepsilon - 3r$ ---①

$V_2 = I_2 \varepsilon R_{\text{خارجية}}$
$5 = I_2 \times 2.5$
$I_2 = \frac{5}{2.5} = 2A$

$V_2 = \varepsilon - I_2 r$
$5 = \varepsilon - 2r$ ---②
$4.5 = \varepsilon - 3r$ ---①

$5 = \varepsilon - 2r$ ---②
$4.5 = \varepsilon - 3r$ ---①
$0.5 = 0 + r$
$r = 0.5\ \Omega$

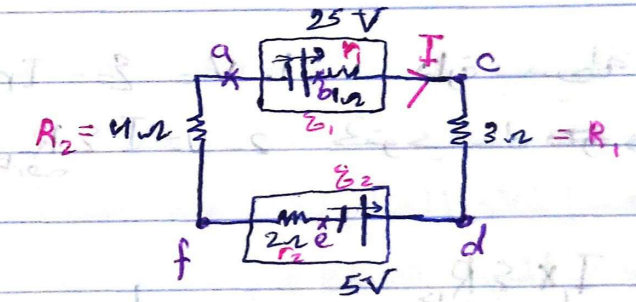
نعوض في ①
$4.5 = \varepsilon - 3 \times 0.5$
$\varepsilon = 4.5 + 1.5 = 6\ V$

تمثيل متغيرات الجهد للدارات الكهربائية بيانياً :

الخطوات :

1. نحسب شدة التيار المار في الدارة
2. نحسب فرق الجهد لكل مقاومة في الدارة مع معرفة قيم القوى الدافعة
3. نضع نقاط بين طرفي كل مقاومة
4. نرسم الدارة خط مستقيم
5. نعتبر جهد القطب السالب للبطارية الأقوى يساوي صفر ثم نعتمدها لحساب جهد باقي النقاط .

س : مثلي متغيرات الجهد للدارة الكهربائية التالية :



* الدارة بسيطة حسب معادلة الدارة

$$I = \frac{\mathcal{E}\mathcal{E}}{\Sigma R} = \frac{25 - 5}{(1+3+2+4)} = \frac{20}{10} = 2A$$

$$V\,25 = \mathcal{E}_1$$

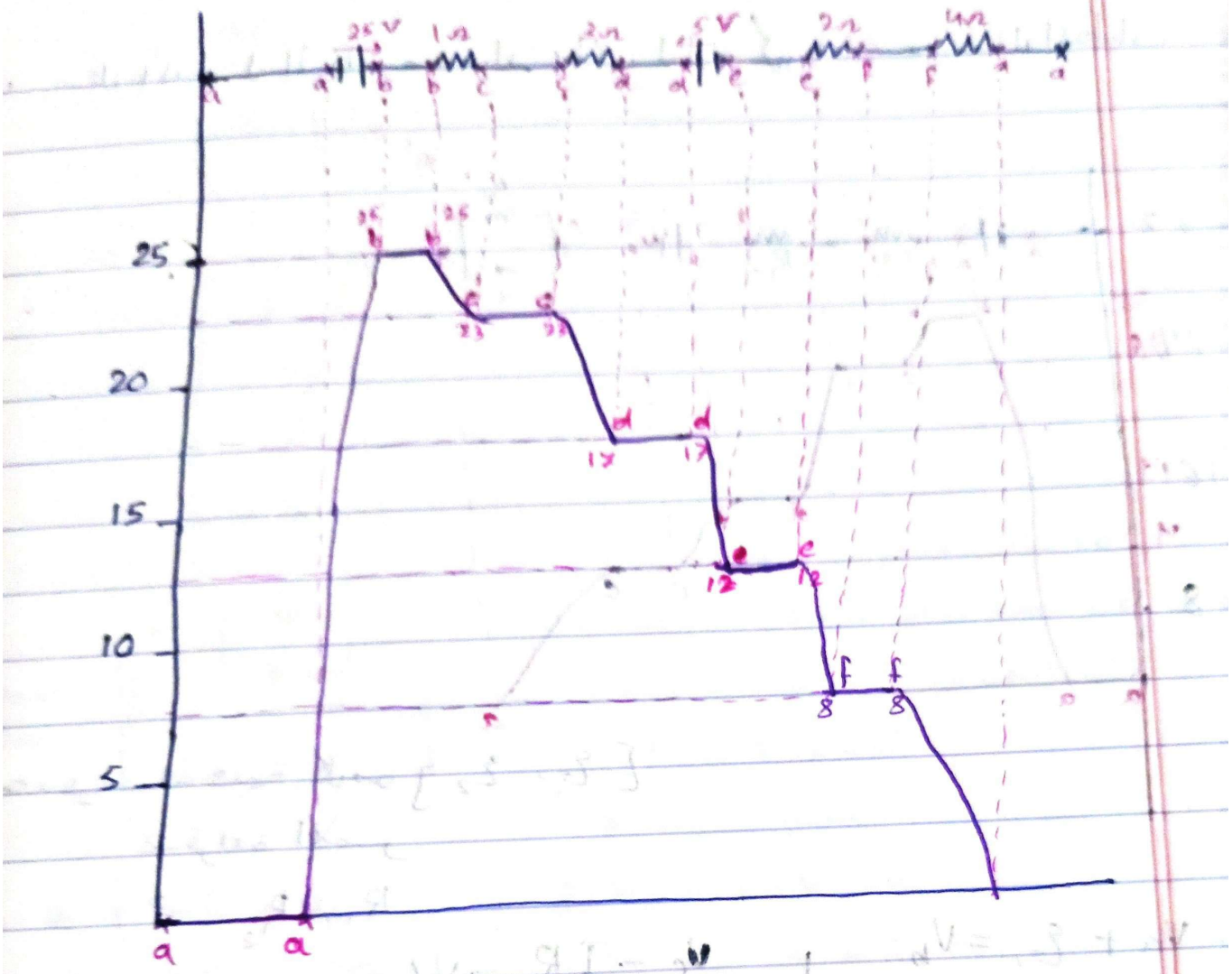
$$V\,5 = \mathcal{E}_2$$

$$Vr_1 = Ir_1 = 2 \times 1 = 2V = Vr_1$$

$$VR_1 = IR_1 = 2 \times 3 = 6V = VR_1$$

$$Vr_2 = Ir_2 = 2 \times 2 = 4V = Vr_2$$

$$VR_2 = IR_2 = 4 \times 2 = 8V = VR_2$$



$V_a + 25 = V_b$

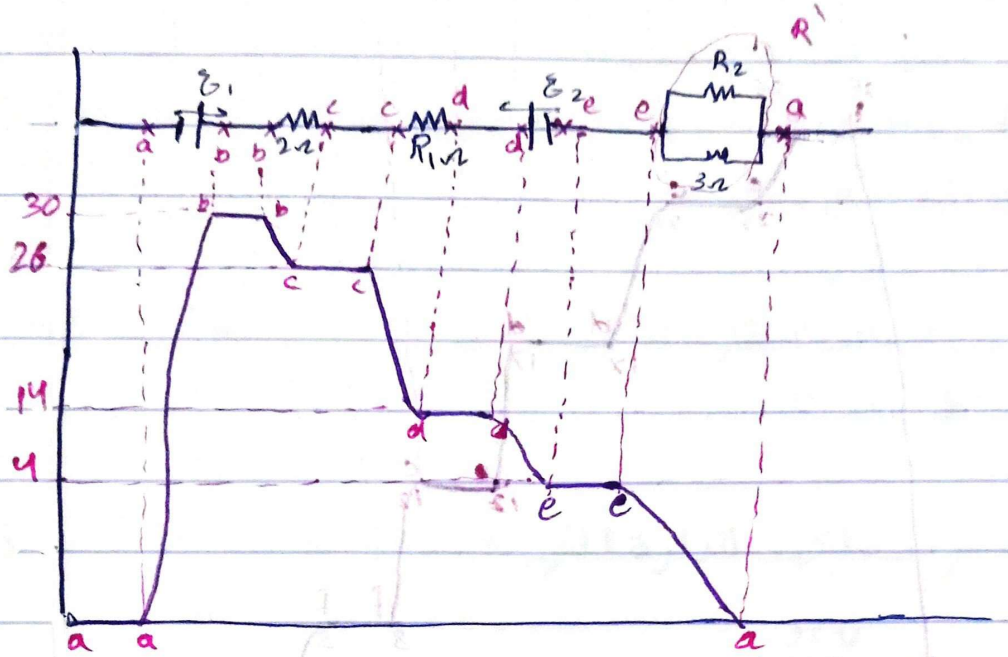
$0 + 25 = V_b$

$V_b - 2 = V_c$

$25 - 2 = V_c$

$23 = V_c$

س: يمثل الشكل المجاور متغيرات الجهد لدارة كهربائية من خلال المعطيات جدي:



جدي 1- قيمة كل من $[\varepsilon_1, \varepsilon_2]$

2- قراءة الأميتر

3- R_1, R_2

1. $V_a + \varepsilon_1 = V_b$

$0 + \varepsilon_1 = 30$

$\varepsilon_1 = 30\ V$

$V_d - \varepsilon_2 = V_e$

$14 - \varepsilon_2 = 4$

$\varepsilon_2 = 14 - 4 = 10V$

2. $V_b - I \times 2 = V_c$

$30 - I \times 2 = 26$

$30 - 2I = 26$

$2I = 30 - 26 = 4$

$I = 2A$

$V_c - I R_1 = V_d$

$26 - 2R_1 = 14$

$2R_1 = 26 - 14$

$2R_1 = 12$

$R_1 = 6\Omega$

$V_e - I R' = V_a$

$4 - 2R' = 0$

$2R' = 4$

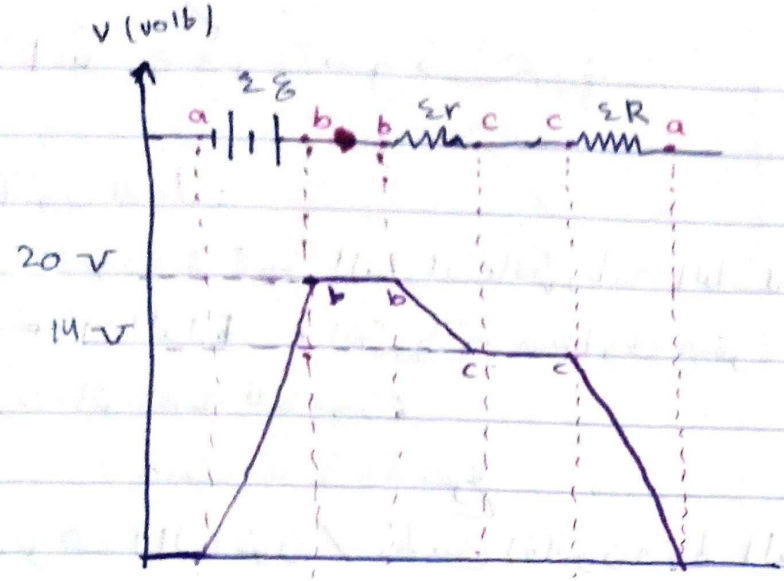
$R' = 2\Omega$

$R'(3, R_2) = \dfrac{3 \times R_2}{3 + R_2} = 2$

توازي

$3R_2 = 6 + 2R$

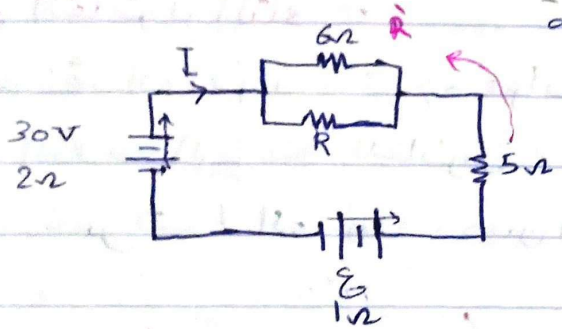
$\boxed{R_2 = 6\Omega}$



س: مثلث متغيرات الجهد لدائرة الكهربائية في الشكل المجاور من خلال المعطيات في الشكل جدي: 1- القوة الدافعة ε

2- شدة التيار I

3- مقدار المقاومة R



1. $V_a + \Sigma\varepsilon = V_b$

$0 + \Sigma\varepsilon = 20$

$30 - \varepsilon = 20$ (البطاريتان عكس بعض)

$30 - 20 = \varepsilon$ (سنوي ε طوكس)

$\varepsilon = 10\ V$

2. $V_b - I\Sigma r = V_c$

$20 - I(2+1) = 14$

$20 - 3I = 14$

$20 - 14 = 3I$

$6 = 3I$

$2A = I$

3. $V_c - I\Sigma R = V_a$

$14 - 2\Sigma R = 0$

$2\Sigma R = 14$

$\Sigma R = 7\Omega$

$\Sigma R = 5 + R'$

$7 = 5 + R'$

$R' = 2\Omega$

$R' = \frac{6 \times R}{6+R}$

$\frac{2}{1} = \frac{6R}{6+R}$

$6R = 12 + 2R$

$4R = 12 \Rightarrow R = 3\Omega$

قوانين كيرتشوف :

* القانون الأول :

* نص القانون : مجموع التيارات الكهربائية الداخلة والخارجة عند أي نقطة تفرع في الدارات الكهربائية تساوي صفر

* العلاقة الرياضية للقانون :

$$\sum I_c = 0 \quad \text{أو} \quad \sum I_{cin} = \sum I_{cout}$$

حيث c نقطة تفرع

* يعتبر هذا القانون / تطبيق لقانون حفظ الشحنة

* القانون الثاني :

* نص القانون : مجموع متغيرات الكمون لأي حلقة كهربائية مغلقة يساوي صفر

* العلاقة الرياضية للقانون :

$$\sum \Delta V_{aa} = 0$$

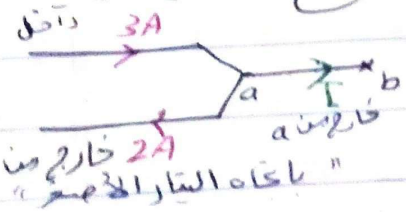
* يعتبر هذا القانون تطبيق لقانون حفظ الطاقة .

*** أهمية قوانين كيرتشوف ***

حساب شدة التيار الكهربائي المار في المقاومات والبطاريات في الدارات الكهربائية المعقدة .

*** تدريبات على قانون كيرشوف الأول :

س: جدي مقدار واتجاه شدة التيار الكهربائي في الفرع ab فيما يلي :



$$\sum I_{ain} = \sum I_{aout}$$

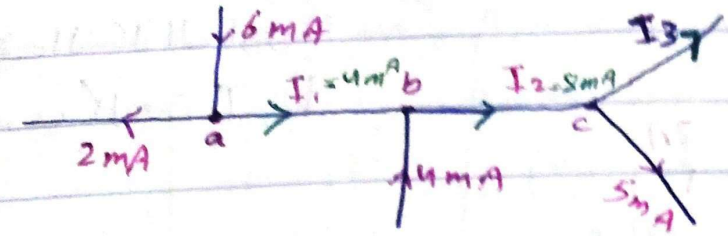
$$3 = I + 2$$

$$I = 3 - 2 = 1A$$ خارج

س ٤ :

جد ي مقدار واتجاه كل من

I_1, I_2, I_3



1- $\Sigma I_{ain} = \Sigma I_{aout}$

$6 = 2 + I_1$

$I_1 = 4\,mA$

2- $\Sigma I_{bin} = \Sigma I_{bout}$

$4 + 4 = I_2$

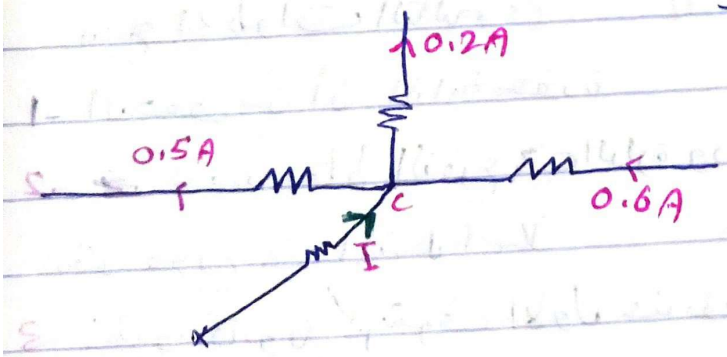
$I_2 = 8\,mA$

3- $\Sigma I_{cin} = \Sigma I_{cout}$

$8 = 5 + I_3$

$I_3 = 3\,mA$

جد ي مقدار واتجاه شدة التيار I



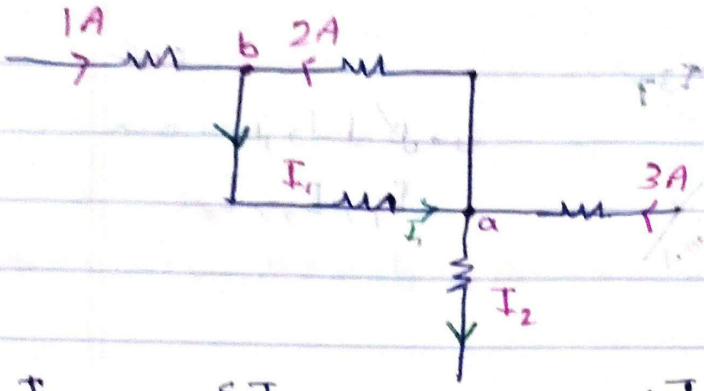
$\Sigma I_{cin} = \Sigma I_{cout}$

$I + 0.6 = 0.2 + 0.5$

$I + 0.6 = 0.7$

$I = 0.1\,A$

في الشكل المجاور
جدي كل من I_1, I_2



$$\Sigma I_{bin} = \Sigma I_{bout}$$
$$1+2 = I_1$$
$$I_1 = 3A$$

$$\Sigma I_{ain} = \Sigma I_{aout}$$
$$3+3 = I_2 + 2$$
$$6 = I_2 + 2$$
$$I_2 = 4A$$

~~***~~ تطبيق قوانين كيرشوف ~~***~~

* تستخدم قوانين كيرشوف في الدارات الكهربائي المعقدة (المكونة من أكثر من حلقة) حيث تكون البطاريات في عدة فروع لا يسري بها نفس التيار .

خطوات تطبيق قوانين كيرشوف :

أولاً : في الدارات المعقدة التي يكون فيها جميع قيم القوى الدافعة والمقاومات معلومة نتبع الخطوات التالية :

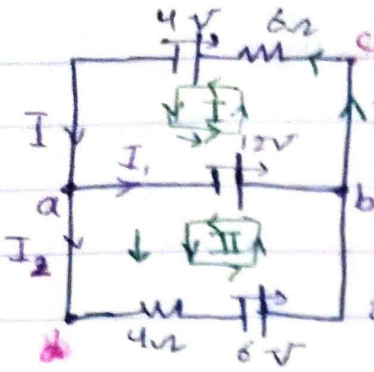
1- التحقق من أن الدارة معقدة

2- تحديد نقاط التفرع في الدارة وتوزيع التيار الكهربائي عند احداها إذا لم يكن موزع في الشكل أصلاً .

3- نطبق قانون كيرشوف الأول عند نقطة التفرع $\Sigma I_{ain} = \Sigma I_{aout}$

4- نطبق قانون كيرشوف الثاني $\Sigma \Delta V_{aa} = 0$ على الحلقات .

5- يتم حل المعادلات الرياضية



في الشكل المجاور

1- جد شدة التيار الكهربائي في كل بطارية

2- فرق الجهد بين النقطتين bc (V_{bc}) 12 V

3- أثبت أن القدرة الداخلة في الدارة تساوي القدرة الكهربائية المستنفذة في الدارة

حسب قانون كيرشوف الأول:

$$\Sigma I_{ain} = \Sigma I_{aout}$$

$$I = I_1 + I_2 \quad \cdots\cdots ①$$

حسب قانون كيرشوف الثاني:

$$\Sigma \Delta V_{aa} = 0$$

حلقة I

$$12 - 6 \times I - 4 = 0$$

$$8 - 6I = 0$$

$$I = \frac{8}{6} A$$

حلقة II

$$-4I_2 + 6 - 12 = 0$$

$$-4I_2 - 6 = 0$$

$$4I_2 = -6$$

$$I_2 = \frac{-6}{4} A$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$\frac{8}{6} = I_1 + \frac{-6}{4}$$

$$I_1 = \frac{8}{6} + \frac{6}{4}$$

$$= 1.33 + 1.5 = 2.83 A$$

$I_1 = 2.83 A$
$I_2 = -1.5 A$
$I = 1.33 A$

I_2 سالب يعني عكس
عكس سهم البطارية

2- V_{cd} عن اليسار $c \to a \to b$

$V_c + \Sigma \Delta V_{cad} = V_d$

$V_c - I \times 6 - 4 = V_d$

$V_c - \frac{8}{6} \times 6 - 4 = V_d$

$V_c - 8 - 4 = V_d \Rightarrow V_c - V_d = 12$

$V_{cd} = 12\ V$

V_{cd} للتحقق من الحل عن اليسار c - b - d

$V_c - 6 + I_2 \times 4 = V_d$

$V_c - 6 + -1.5 \times 4 = V_d$

$V_c - 6 - 6 = V_d \Rightarrow V_c - V_d = 12\ V$

3- P_{in} للبطارية $= I V_{aa} + I \Sigma \mathcal{E}$ سهما مع البطارية

$= 0 + I_1 \times 12$

$= 2,83 \times 12$

$= 34\ w$

$P_{out} = I^2 \Sigma R + I \Sigma \mathcal{E}$ سهما عكس البطارية

$= I^2 \times 6 + I_2^2 \times 4 + I \times 4 + I_2 \times 6$

$= (1.33)^2 \times 6 + (1.5)^2 \times 4 + 1.33 \times 4 + 1.5 \times 6$

$= 10.6 + 9 + 5.3 + 9$

$= 33.9 \approx 34\ w$

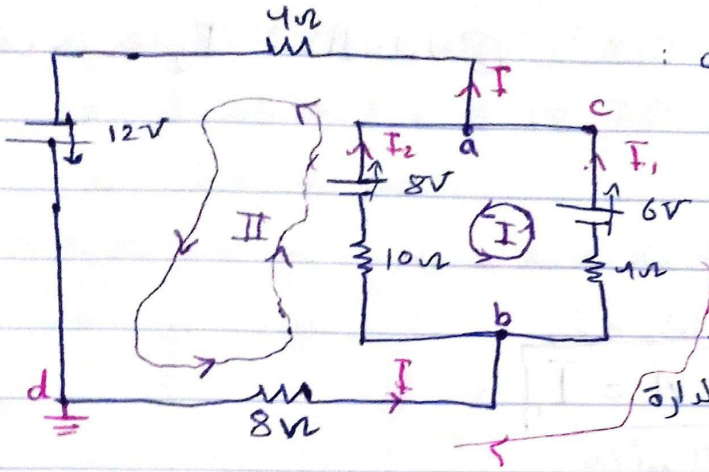
س2:- في الشكل المجاور جد :

1- شدة التيار المار في كل بطارية

2- جهد النقطة c

3- القدرة الداخلة للدارة .

4- القدرة المستنفذة في الدارة



حسب قانون كيرشوف الأول

$$\varepsilon I_{ain} = \varepsilon I_{aoub}$$

$$I_1 + I_2 = I \quad \text{---} \ (1)$$

حسب قانون كيرشوف الثاني

$$\varepsilon \Delta V_{aa} = 0$$

حلقة (I)

$$10 I_2 - 8 - 4 I_1 + 6 = 0$$

$$10 I_2 - 4 I_1 = 2 \quad \text{---} \ (2)$$

حلقة (II)

$$-I(4+8) + 12 - 10 I_2 + 8 = 0$$

$$-12 I - 10 I_2 = -20 \quad \div -2$$

$$6 I + 5 I_2 = 10 \quad \text{---} \ (3)$$

نعوض قيمة I من المعادلة (1)

$$6(I_1 + I_2) + 5 I_2 = 10$$

$$6 I_1 + 11 I_2 = 10 \quad \text{---} \ (4)$$

$$1.5 \times \quad 10 I_2 - 4 I_1 = 2$$

$$\frac{26 I_2}{26} = \frac{13}{26}$$

$$\boxed{I_2 = 0.5 \ A}$$

نعوض قيمة I_2 في المعادلة ②

$$10 \times 0.5 - 4I_1 = 2$$
$$5 - 4I_1 = 2$$
$$4I_1 = 5 - 2$$
$$4I_1 = 3$$
$$I_1 = \frac{3}{4} = \boxed{0.75\ A = I_1}$$

من المعادلة ①

$$I = 0.75 + 0.5 = 1,25\ A$$

2- V_{cd} عبر المسار cbd

$$V_c + \varepsilon \Delta V_{cbd} = V_d$$
$$V_c + I_1 \times 4 - 6 + I \times 8 = 0$$
$$V_c + 0.75 \times 4 - 6 + 1.25 \times 8 = 0$$
$$V_c + 3 - 6 + 10 = 0$$
$$V_c + 7 = 0 \Rightarrow V_c = -7\ V$$

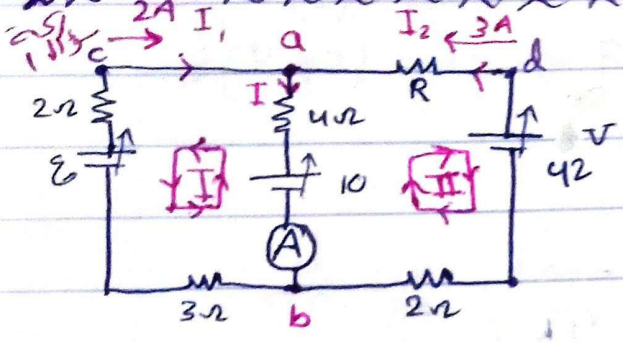
3- $P_{in} = I \varepsilon \varepsilon$ مع البطاريات

$$= I_1 \times 6 + I_2 \times 8 + I \times 12$$
$$= 0.75 \times 6 + 0.5 \times 8 + 1.25 \times 12$$
$$= 4.5 + 4 + 15 = 23.5\ w$$

4- $P_{out} = I^2 \varepsilon R + I \varepsilon \varepsilon$ مع المكثف الكبير

$$= I_1^2 \times 4 + I_2^2 \times 10 + I^2 (4+8)$$

$$= (0.75)^2 \times 4 + (0.5)^2 \times 10 + (1,25)^2 \times 12$$
$$= 2.25 + 2.5 + 18.75$$
$$= 23.5 \ w$$



عندما تكون الدارة معقدة ولكن فيها بعض قيم التيارات معلومة في هذه الحالة يمكن حل المسألة بطريقتين :

1- تطبيق قوانين كيرشوف .

2- البحث عن مسار في الدارة يمكن حساب فرق الجهد بين طرفيه ثم تطبيقه على باقي المسارات كما في الأسئلة التالية .

س 1 : جدي 1- قراءة الأمبير

2- القوة الدافعة ε

3- مقدار المقاومة R

حسب قانون كيرشوف الأول

1-

$$\Sigma I_{ain} = \Sigma I_{aout}$$
$$I_1 + I_2 = I$$
$$2 + 3 = I \Rightarrow I = 5A$$ قراءة الأمبير

* نستخدم خصائص فرق الجهد

فرق الجهدين نقطتين متساوي لا يعتمد على المسار المتبع

2 $V_a + \Sigma \Delta V_{ab} = V_b$

$V_a - I(4) - 10 = V_b$

$V_a - 5 \times 4 - 10 = V_b$

$V_a - 30 = V_b$

$V_a - V_b = 30 V$

V_{ab} عبر المسار acb

$V_a + I_1(2+3) - \mathcal{E} = V_b$

$V_a + 2(5) - \mathcal{E} = V_b$

$V_a + 10 - \mathcal{E} = V_b$

$V_a - V_b = \mathcal{E} - 10$

$30 = \mathcal{E} - 10 \Rightarrow \mathcal{E} = 40V$

3- V_{ab} عبر المسار adb

$V_a + I_2(R+2) - 42 = V_b$

$V_a + 3(R+2) - 42 = V_b$

$V_a - V_b = -3(R+2) + 42$

$30 = -3(R+2) + 42$

$3(R+2) = 42 - 30$

$\frac{3}{3}(R+2) = \frac{12}{3}$

$R + 2 = 4$

$R = 2\Omega$

الحل بطريقة أخرى على قوانين كيرشوف

1- القانون الأول كما هو

2- $\sum \Delta V_{aa} = 0$ حلقة I

$(2+3)I_1 - \mathcal{E} + I(4) + 10 = 0$

$5 \times 2 - \mathcal{E} + 5 \times 4 + 10 = 0$

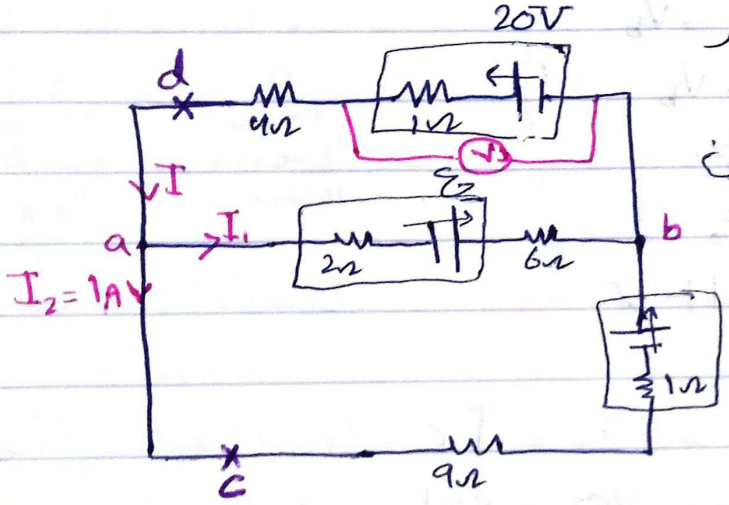
$10 - \mathcal{E} + 20 + 10 = 0$

$40 - \mathcal{E} = 0 \Rightarrow \mathcal{E} = 40V$

حلقة (II)

$$I_2(R+2) - 42 + 10 + I \times 4 = 0$$
$$3(R+2) - 42 + 10 + 5 \times 4 = 0$$
$$3(R+2) - 42 + 30 = 0$$
$$3(R+2) - 12 = 0$$
$$3(R+2) = 12 \Rightarrow R+2 = 4 \Rightarrow R = 2\Omega$$

س: في الشكل المجاور



حدد :

1- فرق الكمون بين النقطتين (a,b)

2- مقدار القوة الدافعة ε

3- قراءة الفولتمتر V

1- V_{ab} عبر المسار acb

$$V_a + \varepsilon \Delta V_{ab} = V_b$$
$$V_a - I_2(9+1) + 5 = V_b$$
$$V_a - 1 \times 10 + 5 = V_b$$
$$V_a - 5 = V_b \Rightarrow V_a - V_b = 5\ V$$

2 V_{ab} عبر المسار adb

$$V_a + I(4+1) - 20 = V_b$$
$$V_a + 5I - 20 = V_b$$
$$V_a - V_b = 20 - 5I$$
$$5 = 20 - 5I$$
$$5I = 20 - 5 = 15$$
$$I = \frac{15}{5} = 3A$$

$$\Sigma I_{ain} = \Sigma I_{aoub}$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$3 = I_1 + 1$$

$$I_1 = 2A$$

V_{ab} عبر المسار ab

$$V_a - I_1(2+6) + \mathcal{E} = V_b$$

$$V_a - 2(8) + \mathcal{E} = V_b$$

$$V_a - V_b = 16 - \mathcal{E}$$

$$5 = 16 - \mathcal{E}$$

$$\mathcal{E} = 16 - 5 = 11\ V$$

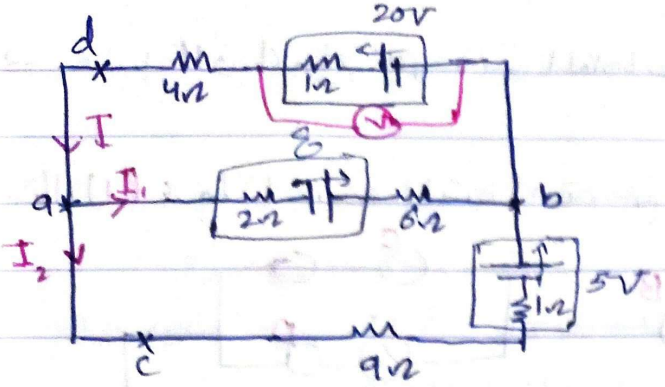
3- قراءة الفولتميتر = $V_{\text{للبطارية}}$ $= \mathcal{E} - Ir$

$$= 20 - 3 \times 1$$

$$= 17\ V$$

البوطاج بين البطارية $= Ir$

$$= 3 \times 1 = 3\ V$$



س/ في الشكل المجاور إذا كانت القدرة المستنفذة في البطارية كفولت تساوي 1 W

جدي :

1- فرق الجهد بين ab

2- مقدار القوة الدافعة ε

3- قراءة الفولتميتر

$$\underset{\text{مستنفذة في البطارية 5V}}{P} = \underset{\text{مستنفذة في مقاومتها الداخلية}}{P} = I_2^2 r$$

$$I_2^2 \times 1 = 1$$

$$I_2 = \sqrt{1} = 1A$$

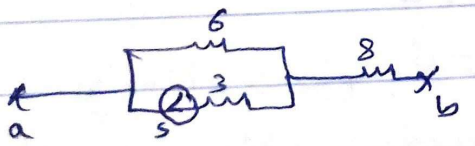
نفس خطوات حل المسألة السابقة

xxxxx أسئلة استنتاجية عن شدة استضاءة المصابيح المماثلة في الدارة الكهربائية البسيطة عند فتح أو إغلاق مفتاح في الدارة

* القواعد الأساسية :

1- أي مصباح يتصل بالبطارية على التوازي يبقى شدته ثابتة عند فتح أي مفتاح أو إغلاقه ما لم يكون المفتاح متصل مع هذا المصباح.

2- عند إغلاق المفتاح للمصابيح المتصلة على التوازي تقل المقاومة الكلية للدارة عندها تزداد شدة التيار المار فيها



S مفتوح $R_{eq} = 6 + 8 = 14\Omega$

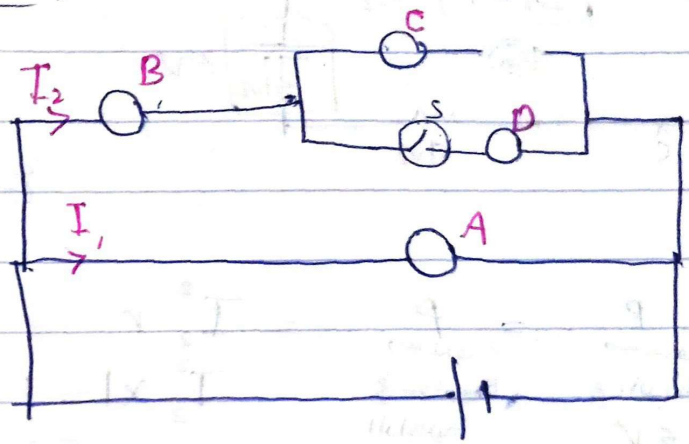
S مغلق $R_{eq} = \frac{3 \times 6}{3+6} + 8$

$= 2 + 8 = 10\Omega$

تقل المقاومة الكلية وتزيد التيار

3- عند إغلاق المفتاح لمجموعة من المقاومات على التوازي / يتوزع التيار .

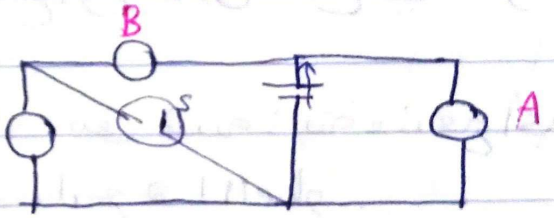
مثال (1) : ماذا يحدث لشدة استضاءة المصابيح في الدارة التالية عند إغلاق المفتاح (K)



A : تبقى شدته ثابتة

C : تقل شدة الاستضاءة / يتوزع التيار I_2

B : تزداد لأن شدة التيار I_2 تزداد وبالتالي فرق الجهد لا يزداد



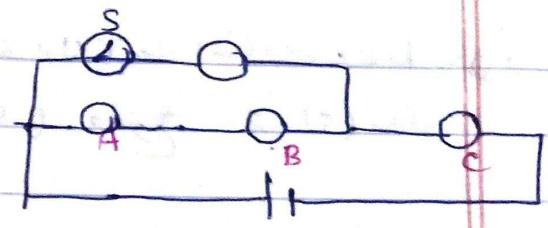
عند إغلاق المفتاح

A : تبقى شدته ثابتة

B : تزداد شدة استضاءته

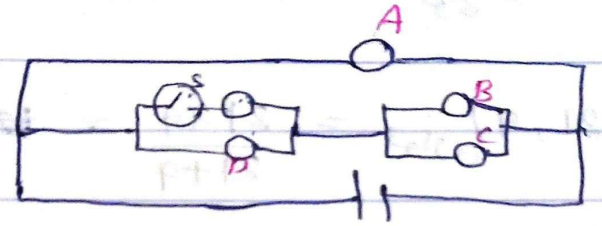
C : يلغى ينطفئ يصبح موصول مع سلك عديم المقاومة .

عند إغلاق المفتاح (S)



1- [B, A] : تقل شدة الاستضاءة التيار الكهربائي يتوزع

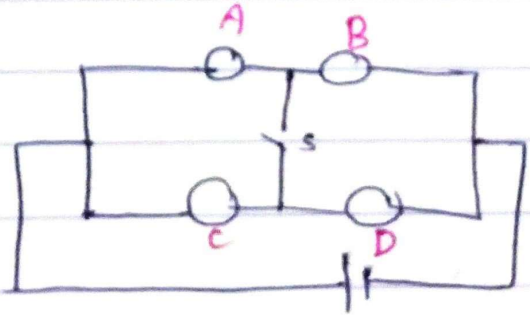
2- C : تزداد / المقاومة الكلية تقل شدة التيار المار في المصباح تزداد



D : تقل شدة استضاءته يتوزع التيار بإغلاق المفتاح s

A : يبقى ثابت موصول بين طرفي البطارية .

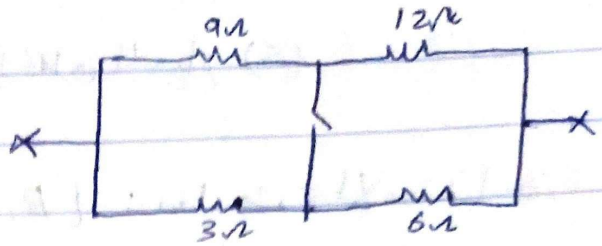
(B, C) : تزداد لأن شدة التيار الكلي المار فيها تزداد حيث إغلاق المفتاح يقلل مقاومة الفرع .



تبقى جميع المصابيح شدتها ثابتة لا يمر في المفتاح (S) تيار عند إغلاقه لأن المصابيح مقاومتها متساوية لذلك تشكل معاً قنطرة وتستون

جدي مقدار المقاومة المكافئة عندما يكون

مفتوح (S) = 1 ، مغلق (S) = 2



(S) مفتوح

$(9, 12)_{\text{توازي}} = 21\ \Omega$

$(3, 6)_{\text{توازي}} = 3 + 6 = 9\ \Omega$

$Req_{ab}(21, 9)_{\text{توازي}} = \frac{21 \times 9}{21 + 9} = \frac{21 \times 9^3}{30} = \frac{63}{10} = 6.3\Omega$

عند إغلاق المفتاح (S)

$(9, 3)_{\text{توازي}} = \frac{9 \times 3}{9 + 3} = \frac{27}{12} = \frac{9}{4} = 2.25\ \Omega$

$(12, 6)_{\text{توازي}} = \frac{12 \times 6}{12 + 6} = 4\Omega$

$Req(2.25, 4)_{\text{توالي}} = 2.25 + 4 = 6.25\ \Omega$