الفيزياء

الثانية

[redacted]

المحاضرة : الرابعة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026



0931497960 What's app-Telegram SMS

# القوة المحركة الكهربائية وقانوني كيرشوف

## Electromotive Force
## Kirchhoff's circuit laws

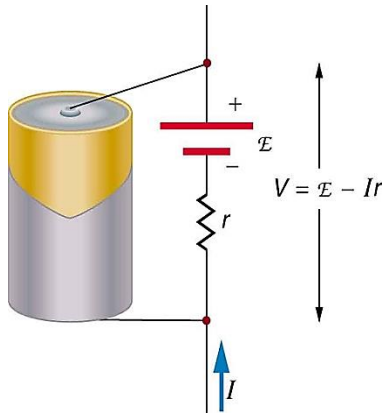
### أهداف التجربة:

1. التعرف على القوة المحركة الكهربائية.
2. التعرف على قانوني كيرشوف.

انطلاقاً من مبدأ انحفاظ الطاقة، والذي يقتضي بأن الطاقة لا تنفذ ولا تُستحدث من العدم، وإنما تتحول من شكلٍ إلى آخر. تمكنا من تحويل أنواع الطاقة المختلفة إلى طاقات أخرى، فمثلاً تمكنا من تحويل الطاقة الميكانيكية والحرارية والشمسية وطاقة الرياح والمياه و... إلى طاقة كهربائية. حيث أن المصدر الكهربائي لا يخلق الطاقة الكهربائية، وإنما يحولها من أحد أشكال الطاقة الأخرى إلى شكلها الكهربائي.

ولكل مصدر كهربائي **قوة محركة كهربائية Electromotive Force (emf)**، تتمثل هذه القوة بقدرة المصدر على سحب الالكترونات من الدارة الخارجية باتجاه قطبه الموجب ودفعها عبره باتجاه قطبه السالب. ومن هنا يمكننا تعريف القوة المحركة الكهربائية التي تحول أنواع الطاقات المختلفة إلى طاقة كهربائية، حيث أن تسميتها بالقوة ليس دقيقاً وإنما هي الطاقة التي يعطيها المنبع لدفع الشحنات من القطب السالب على القطب الموجب. ويعبر عن ذلك بالعلاقة التالية:

$$E = \frac{dW}{dq}$$

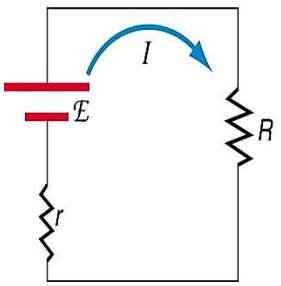


الشكل (1)

حيث أن: $dq$ والتي تقدر بالكولوم **(C)** هي الشحنة الكهربائية التي تكتسب الطاقة $dW$ والتي تقدر **بالجول (J)**. وتكون واحدة $E$ هي الفولت **(V)**.

تعتبر جميع مصادر الجهد في الدارات الكهربائية مؤلفة من جزأين أساسيين، كما في الشكل **(1)**، الجزء الأول هو مصدر الطاقة الكهربائية**(E)**، والثاني هو المقاومة الداخلية**(r)**. وتعد المقاومة الداخلية Internal Resistance المتحكم الأساسي بمرور التيار داخل المصدر نفسه، وتكون موصولة على التسلسل معه، حيث أنه كلما كانت المقاومة الداخلية لمصدر القوة المحركة الكهربائية أصغر، زاد التيار وازدادت الطاقة الي يمكن للمصدر توفيرها.

بفرض لدينا دارة كهربائية كما في الشكل **(2)**، نلاحظ وجود مقاومة حمولة $R$، ومقاومة داخلية **r**، فعند تطبيق جهد عليها يمر تيار **I** في $R$، وفي المصدر الكهربائي ذاته **E** وفي **r** أيضاً، ونعبر عن الكمون الضائع في $R$ بالعلاقة:



الشكل (2)

$$V_R = \frac{R}{R+r}\mathrm{E}$$

أما الكمون الضائع في **r** فيعبر عنه بالعلاقة:

$$V_r = \frac{r}{R+r}\mathrm{E}$$

فيكون التيار المار في الدارة:

$$\mathrm{I} = \frac{\mathrm{E}}{R+r} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_r}{r}$$

نظراً لوجود مقاومة داخلية للمصدر الكهربائي، فلن يكون هناك استفادة كاملة من **emf**، وبمحاولة إيجاد طريقة للاستفادة منها بالكامل، بحيث أنه إذا جعلنا $\boldsymbol{R \gg r}$ ستهمل المقاومة الداخلية للمصدر، لكننا وجدنا أن ذلك سيضعف التيار.

- بفرض لدينا بطارية ذات قوة محركة كهربية $E = 12\ V$ ومقاومة داخلية قدرها $\boldsymbol{r = 0.100\ \Omega}$ .
- احسب جهد الخرج عند توصيله بمقاومة حمل تساوي إلى $\boldsymbol{R = 10\ \Omega}$.
- كم يكون جهد الخرج عند توصيله بمقاومة حمولة تساوي إلى $\boldsymbol{R = 0.50\ \Omega}$ ؟
- ما الاستطاعة التي تصرفها مقاومة الحمولة ذات القيمة $\boldsymbol{R = 0.50\ \Omega}$ ؟
- إذا زادت المقاومة الداخلية إلى $\boldsymbol{r = 0.50\ \Omega}$ ، أوجد شدة التيار، وجهد الخرج، والاستطاعة المصروفة عندما تكون مقاومة الحمولة تساوي إلى $\boldsymbol{R = 0.50\ \Omega}$.

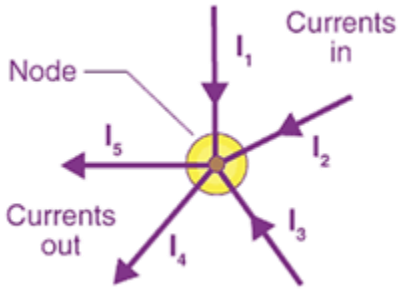
## قانونا كيرشوف في الدارات الكهربائية Kirchhoff's circuit laws:

في الدارات الكهربائية البسيطة الموصولة على التسلسل أو التفرع يمكننا إيجاد التيارات والجهود باستخدام قوانين أوم، أما في حالة الدارات المعقدة الموصولة على التفرع نلجأ لاستخدام قانوني كيرشوف، الذي وضعهما العالم الألماني غوستاف كيرشوف عام 1845، وهما من أهم القوانين المستخدمة في تحليل الدارات الكهربائية المعقدة.

- يطبق قانون كيرشوف في الدوائر الكهربائية الموصولة على التفرع (فسر!)
- يعرف قانون كيرشوف الأول بقانون انحفاظ الشحنة (فسر!)

## قانون كيرشوف الأول Kirchhoff's Current Law (KCL):

أو ما يعرف بقانون كيرشوف الأول للتيار، ينص هذا القانون على أنه عند أي عقدة في الدارة الكهربائية يكون مجموع التيارات الداخلة للعقدة يساوي إلى مجموع التيارات الخارجة منها. كما في الشكل **(3)**.
أي أن المجموع الجبري لشدات التيارات (الداخلة والخارجة) في عقدة الفرع يساوي إلى الصفر.
ونقول عن نقطة تلاقي 3 أفرع على الأقل بأنها عقدة Node.



الشكل (3)

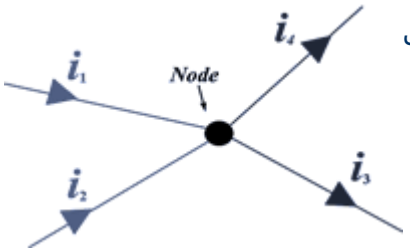
$$\sum_{inside} \mathrm{I} = \sum_{outside} \mathrm{I}$$

$$\mathrm{I}_1 + \mathrm{I}_2 + \mathrm{I}_3 = \mathrm{I}_4 + \mathrm{I}_5$$

أي أن:

$$\mathrm{I}_1 + \mathrm{I}_2 + \mathrm{I}_3 - \mathrm{I}_4 - \mathrm{I}_5 = 0$$

- احسب شدة التيار $\mathrm{I}_1$ الموضحة في الشكل **(4)** إذا كانت قيم التيارات المارة عبر العقدة تساوي إلى:
$\mathrm{I}_4 = 4A$ و $\mathrm{I}_2 = \mathrm{I}_3 = 2A$

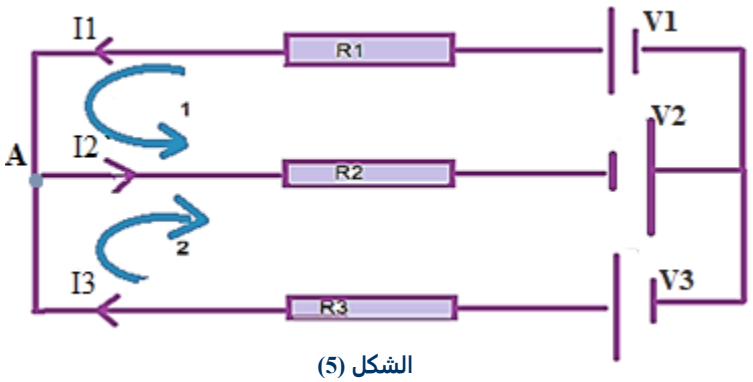


الشكل (4)

## قانون كيرشوف الثاني Kirchhoff's Voltage Law (KVL):

أو ما يعرف بقانون كيرشوف الثاني للجهود، ينص هذا القانون على أن المجموع الجبري للجهود في أي حلقة مغلقة لدارة كهربائية يساوي إلى الصفر.

لنأخذ الدارة الموضحة بالشكل المجاور ولنفرض أن التيارات في فروع هذه الدارة تأخذ الاتجاهات المبينة في الشكل **(5)**. نحدد في الدارة حلقتين (Loops)، أول حلقة مكونة من الفرع الأول والثاني، ثاني حلقة مكونة من الفرع الثاني والثالث. مع العلم أنه يمكننا تحديد حلقة ثالثة مكونة من الفرع الأول والثالث، ولكن هذه الحلقة لا تكون مستقلة خطياً عن الحلقتين السابقتين، ولا تساعد في إيجاد المجاهيل المتعلقة بالدارة.




الشكل (5)

نحدد في الحلقتين الجهتين **1** و**2** افتراضيتين للدوران، ونعتبر أن التيار في فرع ما موجب أو سالب إذا وافقت جهته أو عاكست على الترتيب جهة الدوران الافتراضية، ونعتبر فرق الكمون **V** موجب أو سالب إذا كانت جهة الدوران الافتراضية تمر داخلها من السالب إلى الموجب أو من الموجب إلى السالب على الترتيب، وعليه فإننا نكتب من دارة الشكل **(5)** ما يلي:

$$\mathbf{V_1 + V_2 + V_3 = I_1R_1 + I_2R_2 + I_3R_3} \qquad \mathbf{(1)}$$

**من الحلقة الأولى:**

$$V_1 - V_2 = I_1R_1 + I_2R_2 \qquad (2)$$

وبالتالي:

$$V_1 - V_2 - I_1R_1 - I_2R_2 = 0 \qquad (3)$$

**ومن الحلقة الثانية:**

$$-V_2 + V_3 = I_2R_2 + I_3R_3 \qquad (4)$$

وبالتالي:

$$-V_2 + V_3 - I_2R_2 - I_3R_3 = 0 \qquad (5)$$

وبالعموم يمكننا أن نكتب:

$$\sum \boldsymbol{V_i} - \sum \boldsymbol{R_i I_i} = \mathbf{0} \qquad \mathbf{(6)}$$

تعبر العلاقة **(6)** عن قانون كيرشوف الثاني.

إن تطبيق العلاقة **(1)** على عقدة التيار الموجودة في دارة كهربائية، والعلاقة **(6)** على الحلقات المستقلة فيها يعطي عدداً من المعادلات الخطية المستقلة والتي يكون فيها عدد المجاهيل مساوياً لعدد المعادلات.

بحل هذه المعادلات بطريقة الحذف بالتعويض، أو بأي طريقة رياضية نحصل على قيم المجاهيل، وهي قيم التيارات المارة في الفروع المختلفة.

**مثال:**

نفرض أنه في دارة الشكل **(5)** لدينا القيم التالية:

| | | |
|---|---|---|
| $V_1 = 10V$ | $V_2 = 0V$ | $V_3 = 5V$ |
| $R_1 = 16\Omega$ | $R_2 = 12\Omega$ | $R_3 = 8\Omega$ |

ولنفرض بأن التيارات $I_1$،$I_2$،$I_3$ تسير بالاتجاهات المبينة بالأسهم على الشكل **(5)**، نطبق قانون كيرشوف الأول على النقطة A نجد أن:

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0 \qquad (1)$$

نطبق قانون كيرشوف الثاني على الحلقتين المستقلتين المشار إليهما بالرقمين 1 و2 فنحصل على المعادلتين:

$$10 - 0 - 16.I_1 - 12I_2 = 0$$

$$-16\,I_1 - 12\,I_2 = -10 \qquad (2)$$

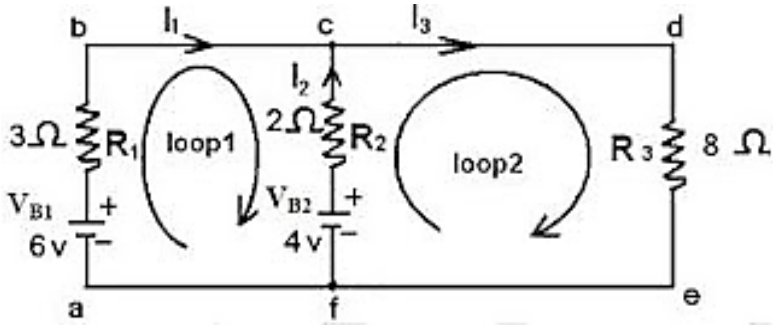
$$-0 + 5 - 8I_2 - 12I_3 = 0$$

$$-12\,I_2 - 8\,I_3 = -5 \qquad (3)$$

وهكذا نكون قد حصلنا عل ثلاث معادلات خطية بثلاثة مجاهيل $I_1$،$I_2$،$I_3$ وذلك بالحل المشترك لهذه المعادلات الثلاث، فيكون:

| | | |
|---|---|---|
| $I_1 = 0.3365384615\ A$ | $I_2 = 0.3846153846\ A$ | $I_3 = 0.04807692308\ A$ |

- أوجد شدة التيارات المارة في كل مقاومة من المقاومات الموضحة بالشكل **(6)** ثم احسب فرق الجهد بين طرفيها.




**الشكل (6)**

**إعداد المدرسين:**

مكتبة A to Z