الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

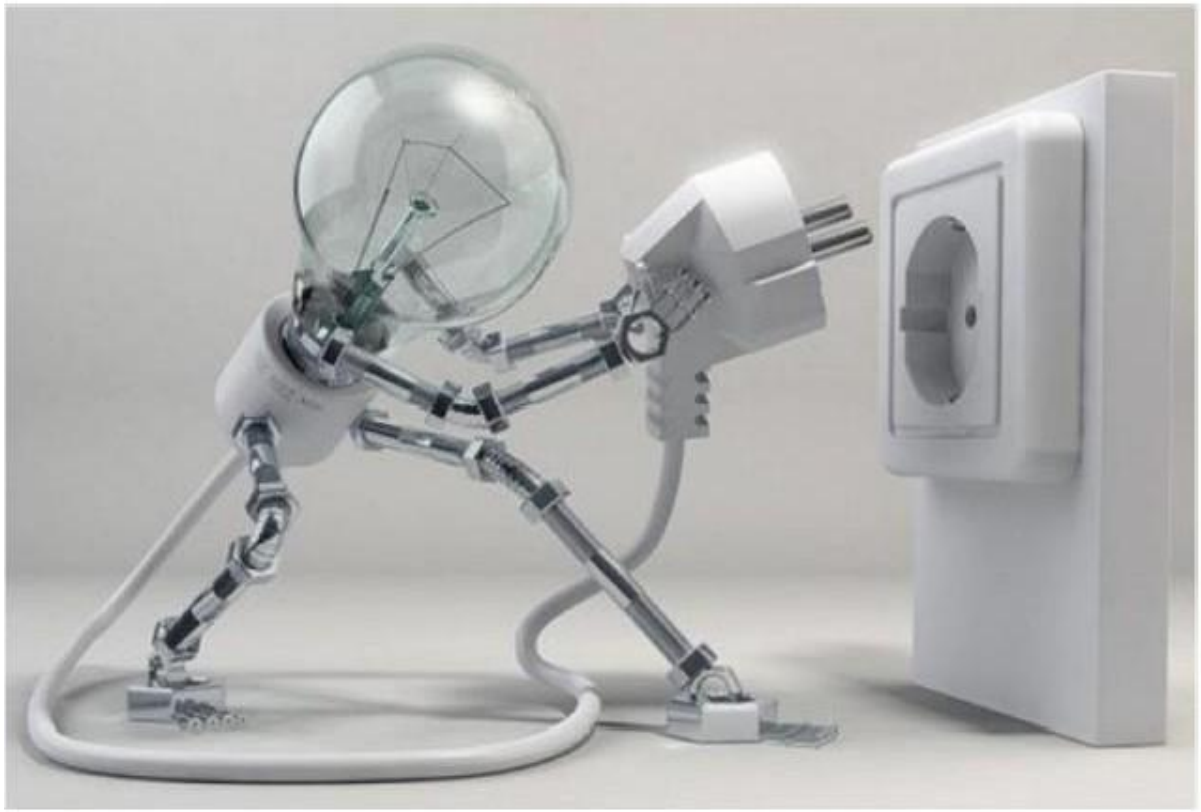
أسس الهندسة الكهربائية

الدكتور المهندس عبد القادر عمر الور

الأكاديمية العربية الدولية – منصة أعد

الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

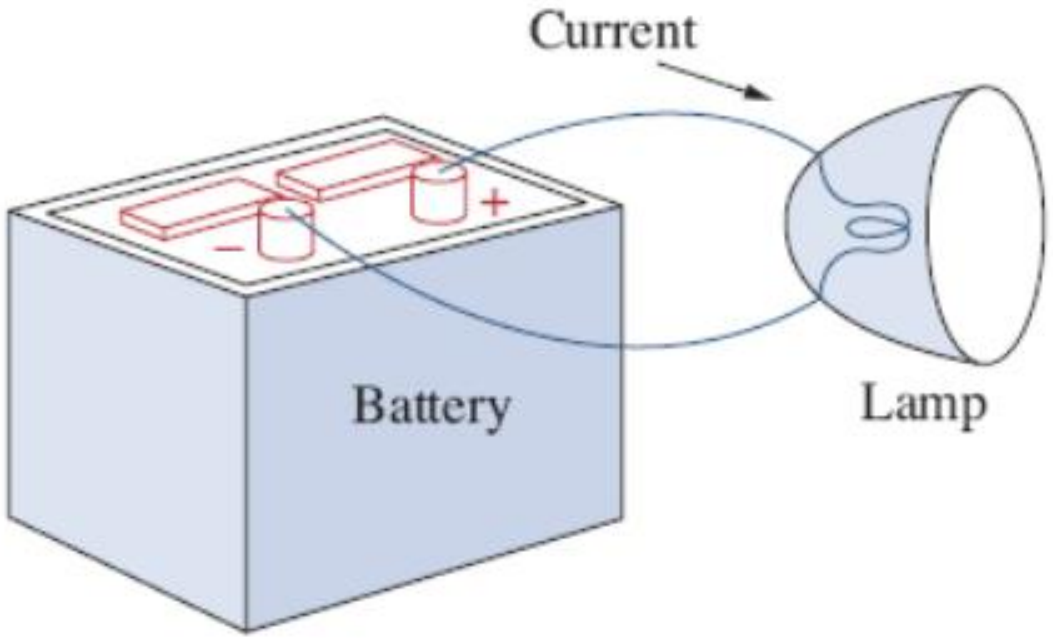
محتويات المحاضرة



- مقدمة
- الوحدات الأساسية
- الشحنة الكهربائية والجسم المشحون
- الجهد الكهربائي
- التيار الكهربائي
- الاستطاعة والطاقة

مخطط المادة

- المقاومة الكهربية
- المكثف الكهربائي
- الملف الكهربائي



أنظمة الوحدات

كمهندسين كهربائيين، فإننا نتعامل مع كميات قابلة للقياس. قياسنا ومع ذلك، يجب أن يتم توصيلها بلغة قياسية يمكن لجميع المهنيين تقريبًا أن يفهموا ذلك، بغض النظر عن البلد حيث يتم إجراء القياس. مثل هذا القياس الدولي اللغة هي النظام الدولي للوحدات SI، الذي اعتمده العالم المؤتمر العام للأوزان والمقاييس عام ١٩٦٠. وفي هذا النظام هناك وحدات رئيسية يمكن استخلاص الكميات منها.

يوضح الجدول ١ الكميات الأساسية و واحدات القياس الخاصة بها

أنظمة الوحدات

الكمية	الرمز العام	الوحدة SI	الرمز الدال على الوحدة
الطول	L.l	متر	M
الكتلة	M.m	كيلوغرام	Kg
الزمن	T.t	ثانية	S
التيار	I.i	أمبير	A

أنظمة الوحدات

الكمية	الرمز العام	الوحدة SI	الرمز الدال على الوحدة
الشحنة الكهربائية	Q.q	كولوم	C
الكمون الكهربائي	V.v	فولط	V
المقاومة	R	أوم	Ω
الناقلية (الموصلية)	σ	سيمنز	S
الحث (التحريض)	L	هنري	H
السعة	C	فاراد	F
التردد	f.	هيرتز	Hz
القوة	F	نيوتن	N
العمل (الشغل)	W	جول	J
القدرة (الاستطاعة)	P	واط	W
الفيض المغناطيسي	Φ	ويبر	Wb
كثافة الفيض المغناطيسي	B	تسلا	T

أنظمة الوحدات

يوضح الجدول ٢ بادئات SI ورموزها. على سبيل المثال، فيما يلي تعبيرات لنفس المسافة بالأمتار (م):

معامل التصغير أو التكبير	قيمة المعامل	الرمز
Yotta	10^{24}	Y
Zetta	10^{21}	Z
Exa	10^{18}	E
Peta	10^{15}	P
Tera	10^{12}	T
Giga	10^{9}	G
Mega	10^{6}	M
Kilo	10^{3}	K
Hecto	10^{2}	H
Deca	10^{1}	Da

أنظمة الوحدات

يوضح الجدول ٢ بادئات SI ورموزها. على سبيل المثال، فيما يلي تعبيرات لنفس المسافة بالأمتار (م):

D	10^{-1}	Deci
C	10^{-2}	Centi
M	10^{-3}	Milli
μ	10^{-6}	Micro
N	10^{-9}	Nano
P	10^{-12}	Pico
F	10^{-15}	Femto
A	10^{-18}	Atto
Z	10^{-21}	Zepto
Y	10^{-24}	Yocto

الشحنة الكهربائية

اكتشف الإغريق منذ أكثر من 600 سنة أنه عند دلك المطاط القاسي بالصوف يصبح قادراً على جذب الأجسام الأخرى إليه. وهذا ماندعوه في وقتنا الحاضر في مشاهدات كثيرة من حياتنا اليومية، فمثلاً يكتسب المشط هذه الخاصية عند استعماله في شعر جاف.
وللكشف عن أثر الشحنات الكهربائية تستخدم عادة قطعة من المطاط القاسي وقطعة من الصوف، حيث يمكن شحن قطعة من المطاط بدلكها بقطعة من الصوف، وعند تلامسها مع كرتين صغيرة من الفلين معلقتين بخيطين خفيفين كما في الشكل (1-1):

(أ)

قبل شحنهما

(ب)

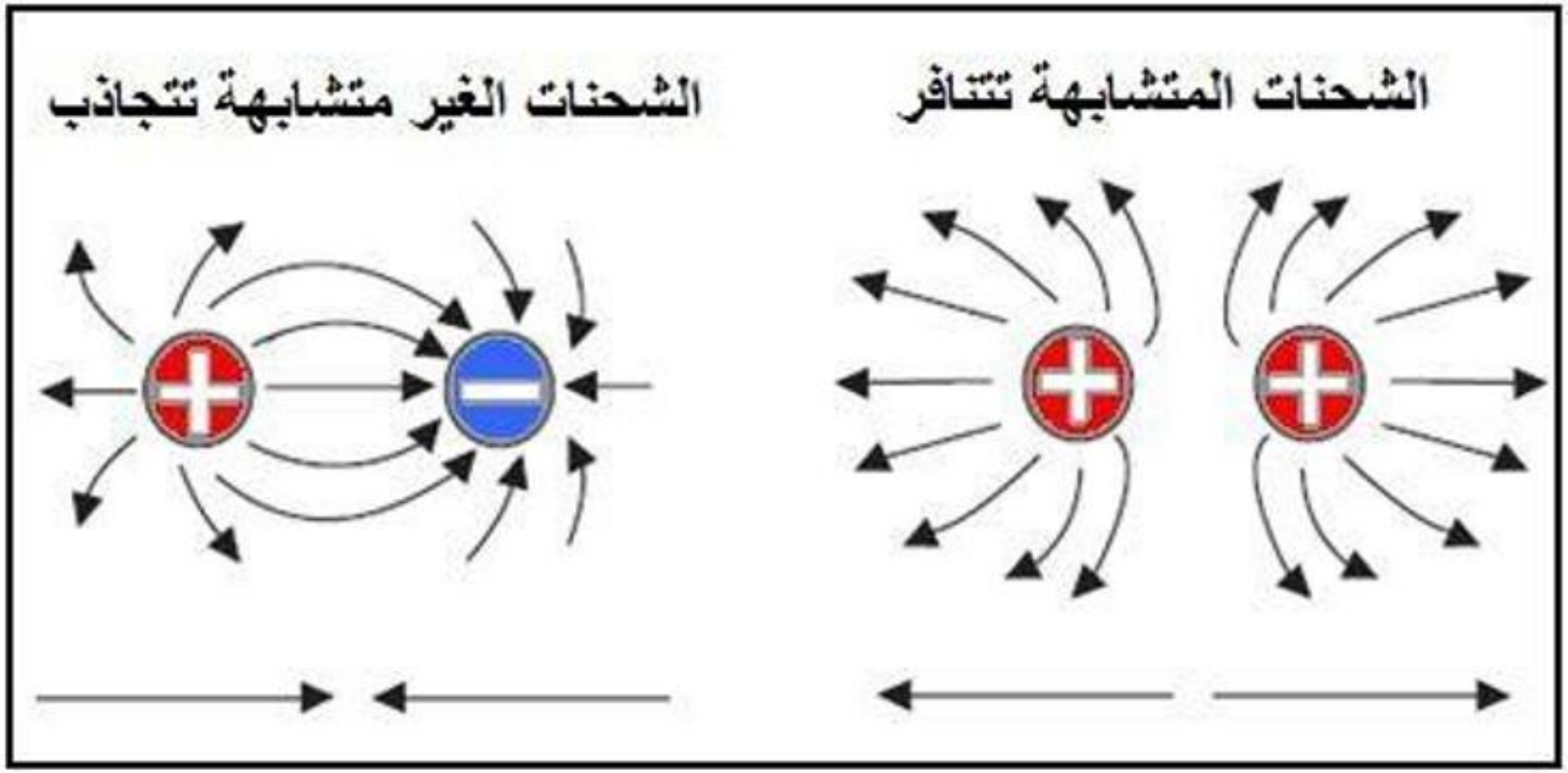
بعد شحنهما

الشحنة الكهربائية

وإذا استعضنا عن قطعة المطاط المدلوك بالصوف بقطعة من الزجاج المدلوك بالحرير، فإننا سنلاحظ نفس النتائج السابقة، مما يدل على أن شحنتي الكرتين المعلقتين متماثلتين من حيث النوع في هذه الحال أيضاً.

ولكن لو شحنا الكرتين باستخدام قطعة المطاط المدلوك بالصوف ثم قربنا منهما قطعة الزجاج المدلوك بالحرير، نلاحظ اقتراب الكرتين من قطعة الزجاج، مما يدل على أن شيئاً جديداً يأخذ مجراه، فلو كانت شحنة الزجاج مماثلة لتلك التي للمطاط لتنافرت الكرتان كما سبق في الحالة الأولى وهذا يدل على أن نوعاً جديداً من الشحنات يختلف عن النوع الأول موجوداً الآن على قطعة الزجاج المعامل بالحرير، وعند إجراء التجربة باستخدام مواد مختلفة نجد أن الشحنة التي تكتسبها المواد إما أن تكون مشابهة لشحنة المطاط المدلوك بالصوف أو لتلك التي يحملها الزجاج المعامل بالحرير، ومن هنا اقترح العالم بنيامين فرانكلين أن هناك نوعان من الشحنات: الأول يعرف بالشحنة الموجبة والثاني يعرف بالشحنة السالبة.

الشحنة الكهربائية



الشحنة الكهربائية

وتقاس الشحنة الكهربائية بوحدة الكولوم ويرمز لها بالرمز C . وشحنة الإلكترون الواحد هي: $1.6\times10^{-19}C$ ، والكولوم يساوي جول/فولط ، ويعرف بأنه مقدار الشحنة الكهربائية التي إذا وضعت على بعد 1 م من شحنة مماثلة لها كانت قوة التنافر الكهروستاتيكية بينهما 9×10^{9}نيوتن.

الشحنة الكهربائية

خصائص الشحنة الكهربائية

١. الكولوم وحدة كبيرة للشحنات. في شحنة كولوم واحد (1C) هناك $1/(1.602 \times 10^{-19}) = 6.24 \times 10^{18}$ إلكترونات. وبالتالي فإن قيم الشحنات الواقعية أو المختبرية تكون في حدود pC، nC. .

٢. وفقا للملاحظات التجريبية، فإن الشحنات الوحيدة التي تحدث في الطبيعة هي مضاعفات متكاملة للشحنة الإلكترونية .

٣. ينص قانون حفظ الشحنة على أنه لا يمكن إنشاء الشحنة أو فناؤها ، بل تنتقل فقط. وبالتالي فإن المجموع الجبري للشحنات الكهربائية في النظام لا يتغير.

الجسم المشحون

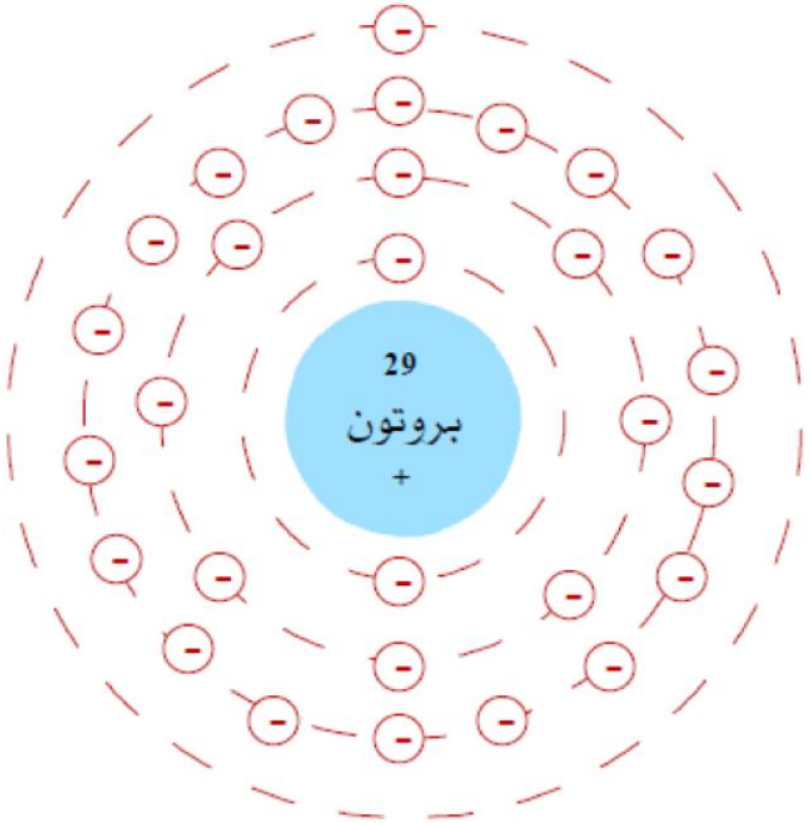
يسمى الجسم سالب الشحنة إذا زادت الكهربائية السالبة وموجب الشحنة إذا زادت الكهربائية الموجبة.

تحتوي المادة على عدد كبير من الذرات التي ترتبط مع بعضها البعض بعدة انواع من الروابط، وتحتوي ذرة كل عنصر من عناصر الطبيعة على ثلاثة مكونات رئيسة هي:

1. الإلكترونات: وهي جسيمات مشحونة بكمية من الكهربائية السالبة.
2. البروتونات: وهي جسيمات مشحونة بكمية من الكهربائية الموجبة.
3. النيوترونات: وهي جسيمات لاتحتوي على شحنة ولذا تكون متعادلة كهربائياً.

ويوضح الشكل (1-2) تركيب ذرة عنصر النحاس، حيث تتكون ذرة النحاس من 29 إلكتروناً سالب الشحنةن و29 بروتوناً موجب الشحنة، ولكي تكون الذرة متعادلة كهربائياً فإن عدد الإلكترونات يساوي عدد البروتونات. أما إذا زاد عدد البروتونات عن عدد الإلكترونات فإن الذرة تكون أيوناً (شاردة) موجباً، وإذا زاد عدد الإلكترونات عن عدد البروتونات فإن الذرة تكون أيوناً (شاردة) سالباً.

الجسم المشحون



تركيب ذرة النحاس

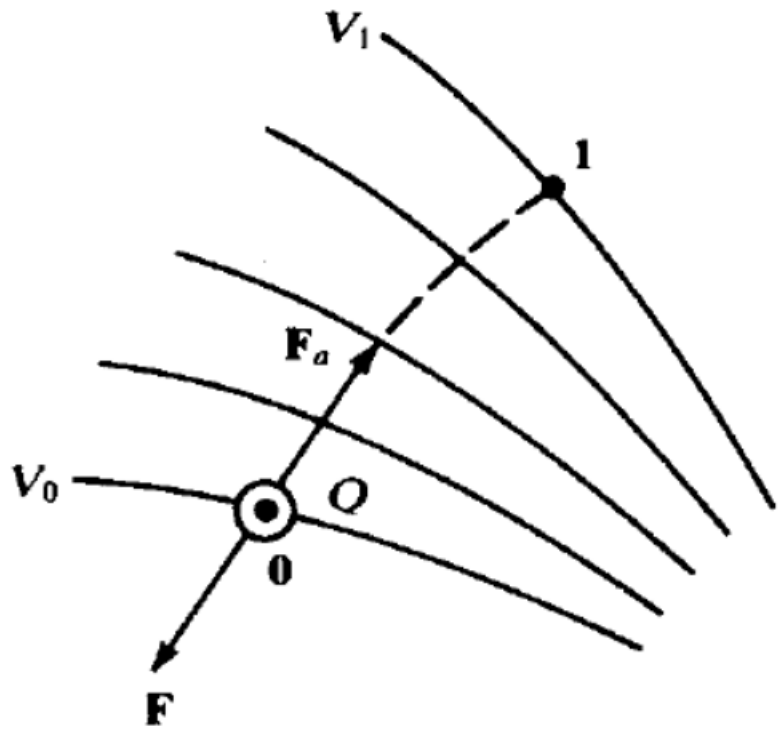
الجهد (الكمون) الكهربائي

يذكرنا لفظ الكمون بمصطلح طاقة الوضع أو الطاقة الكامنة، وهنا ارتباط وثيق بين الكلمتين، حيث يرتبط مفهوم طاقة الوضع بنوع مهم من القوى يعرف بالقوى المحافظة كقوة الجاذبية وقوة المرونة في النوابض ولايعتمد العمل (الشغل) الذي تعمله هذه القوى على المسار الذي يسلكه الجسم بل موضعه في البداية والنهاية، ولو نظرنا إلى قانون كولوم الذي يعطي صيغة القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين نقطيتين $F_E = K\frac{q_1 q_2}{r^2}$ لأدركنا التشابه بين هذا القانون وقانون الجذب العام بين كتلتين $F_G = G\frac{mM}{r^2}$ حيث تتناسب كل من القوتين مع $\frac{1}{r^2}$ لذلك نتوقع أن تكون القوة الكهربائية قوة محافظة يمكن ربطها بنوع من طاقة الوضع الكهربائية.

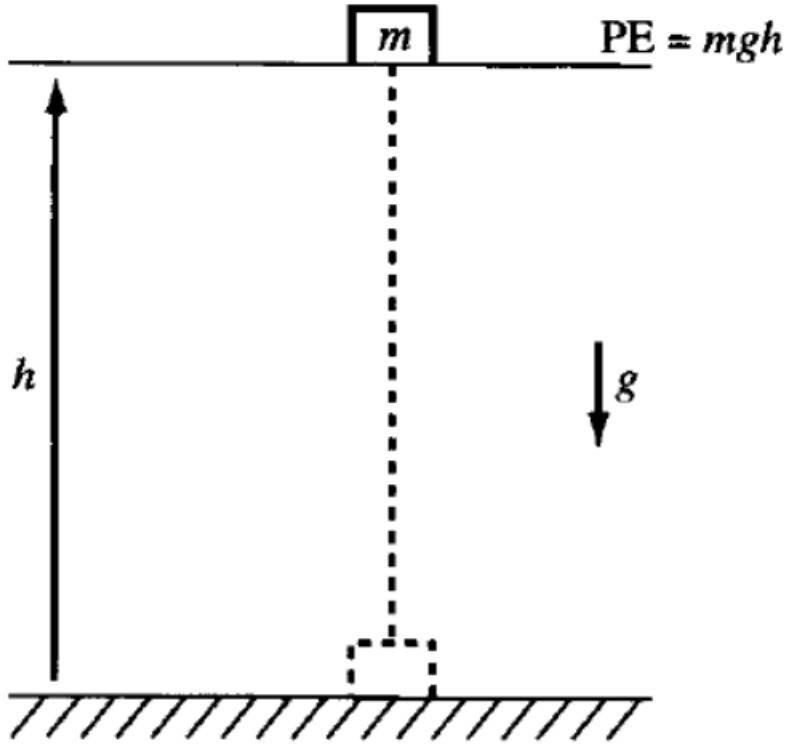
ونلاحظ أنه عند دراسة الجاذبية نتوصل إلى تعريف التغير في طاقة وضع الجاذبية بأنه "سالب" العمل (الشغل) المبذول على كتلة من قبل قوة الجاذبية، وسوف نتبع هنا نفس الطريقة بتعريف التغير بطاقة الوضع الكهربائية بأنه "سالب" العمل الذي تعمله القوة الكهربائية:

$$\Delta V = U_b - U_a = -\underset{a\to b}{W}$$

الجهد (الكمون) الكهربائي



(a)



(b)

الجهد (الكمون) الكهربائي

يعتمد العمل W على الشحنة الاختبارية المتحركة q_0 وعلى المسافة $a \rightarrow b$ ، وبقسمة العمل على الشحنة الاختبارية q_0 فإننا سنحصل على كمية لاتعتمد على خواص الشحنة المتأثرة q_0 ، بل مرتبطة بالحقل المؤثر وهي العمل المبذول لكل شحنة اختبار موجبة أي:

$$\frac{W_{\frac{a\leftarrow b}{}}}{q_0} = \frac{U_b}{q_0} - \frac{U_a}{q_0}$$

ويحسب الكمون الكهربائي في الحالة العامة من العلاقة:

$$V = \frac{W}{Q}$$

حيث W هي الطاقة بالجول (J)، و Q هي الشحنة الكهربائية بالكولوم (C).

الجهد (الكمون) الكهربائي

ويعرف فرق الكمون بين نقطتين a وb كالتالي:

$$\frac{U_b}{q_0} - \frac{U_a}{q_0} = V_b - V_a$$

لذلك فإن فرق الكمون يقاس بوحدة الجول لكل كولوم (جول/كولوم) وهو مايسمى بالفولط نسبة إلى العالم الإيطالي إليساندرو فولطا (1745-1827) .

ويمكن تعريف الكمون عند نقطة بأنه العمل اللازم لإحضار وحدة شحنة اختبارية من اللانهاية إلى تلك النقطة. ويجب التأكيد أننا عندما نتحدث عن كمون نقطة ما فإنما نقصد فرق الكمون بين هذه النقطة ونقطة مرجعية تقع في اللانهاية كونها يساوي صفراً.

الجهد (الكمون) الكهربائي

إذا احتجنا إلى (50J) من الطاقة لنقل (10C) من الشحنة، ماهو فرق الكمون اللازم؟

الحل:

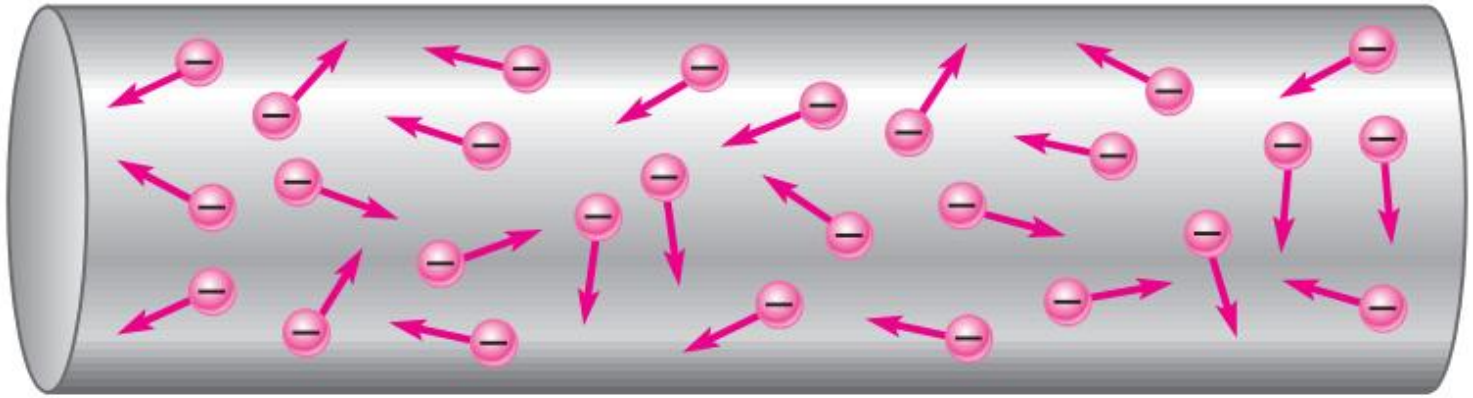
$$V = \frac{W}{Q}$$

$$V = \frac{50J}{10C}$$

$$V = 5V$$

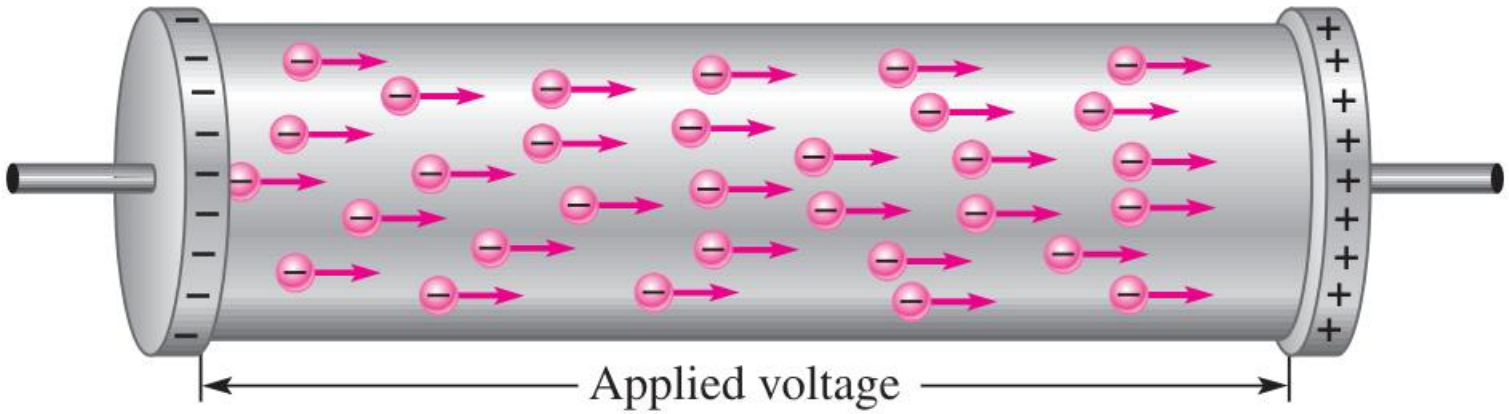
التيار الكهربائي

تحتوي الإلكترونات ذات الشحنات السالبة على طاقة كامنة تجعلها تتحرك بصورة دائمة وعشوائية في جميع الاتجاهات داخل النواقل كما هو موضح في الشكل



التيار الكهربائي

ولكن عند وضع فرق كمون كهربائي بين أطراف الناقل، بحيث يكون أحد الأطراف موجباً والآخر سالباً، فإن الإلكترونات تبدأ في التحرك باتجاه القطب الموجب وذلك لخاصية انجذاب الشحنات المختلفة كما في الشكل



التيار الكهربائي

تسمى حركة الإلكترونات الحرة من القطب السالب إلى القطب الموجب بالتيار الكهربائي ويرمز له بالرمز I ويقاس بوحدة تسمى الأمبير نسبة للعالم الفرنسي اندري أمبير (1775ـ 1836).

وبذلك تعرف شدة التيار الكهربائي بأنها معدل انسياب الشحنة. و رياضيا يمكننا صياغة شدة التيار بالعلاقة

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

حيث Q تمثل مقدار الشحنة المارة في الناقل في زمن مقداره t .

التيار الكهربائي

تسمى حركة الإلكترونات الحرة من القطب السالب إلى القطب الموجب بالتيار الكهربائي ويرمز له بالرمز I ويقاس بوحدة تسمى الأمبير نسبة للعالم الفرنسي اندري أمبير (1775ـ 1836).

وبذلك تعرف شدة التيار الكهربائي بأنها معدل انسياب الشحنة. و رياضيا يمكننا صياغة شدة التيار بالعلاقة

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

حيث Q تمثل مقدار الشحنة المارة في الناقل في زمن مقداره t .

التيار الكهربائي

و إذا كانت شدة التيار ثابتة فانه يمكننا كتابة العلاقة:

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

أي أن القيمة العددية لشدة التيار تساوى عدد الكولومات التي تمر خلال مقطع من ناقل في الثانية الواحدة.

التيار الكهربائي

مسألة

يعبر 30 كولوم من الشحنات خلال نقطة معينة في ناقل خلال 6 ثواني. ماهو مقدار التيار بالأمبير؟

الحل:

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

$$I = \frac{30c}{6t}$$

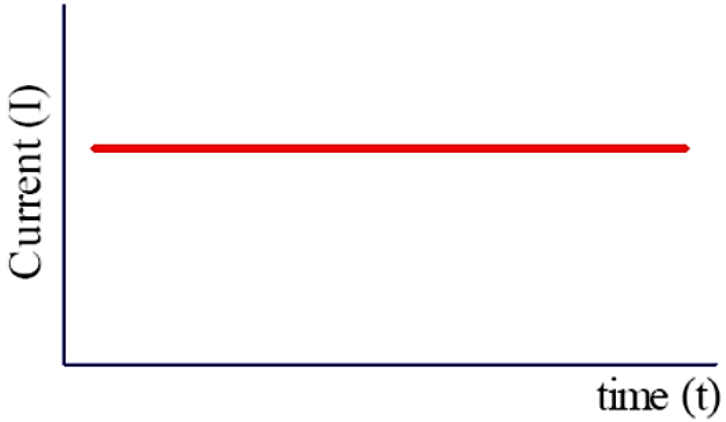
$$I = 5A$$

التيار الكهربائي

- **أنواع التيار الكهربائي :**

١. تيار مستمر نقي Pure D.C. Current

التيار المستمر ثابت القيمة ولا يغير اتجاهه بالنسبة للزمن، كما هو مبين في شكل



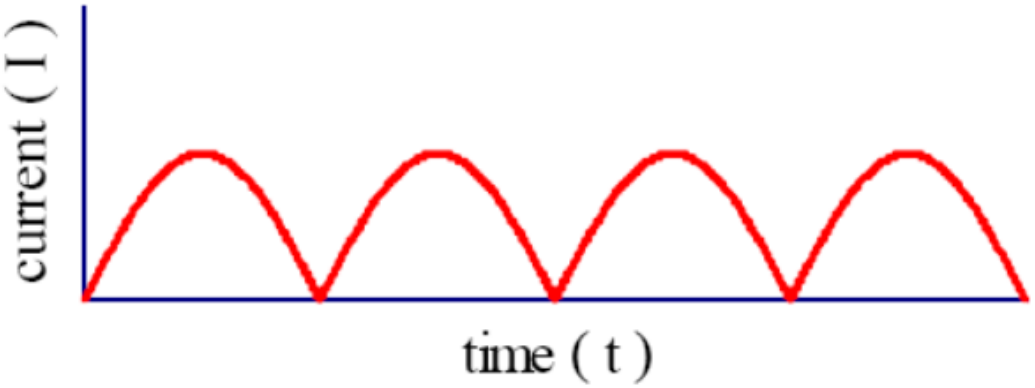
تيار مستمر نقي

التيار الكهربائي

- **أنواع التيار الكهربائي :**

٢. تيار موضعي Pulsating Current

وهو تيار مستمر تتغير قيمته دوريا ولا يغير اتجاهه، كما هو مبين في شكل

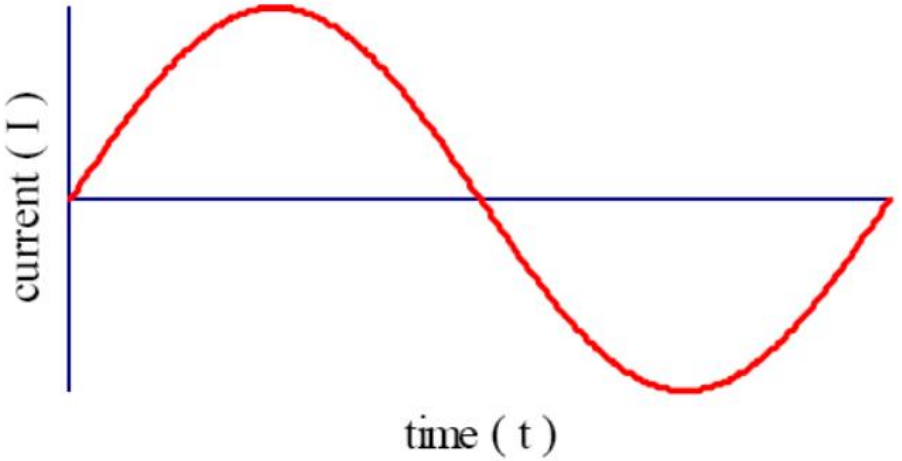


التيار الكهربائي

- **أنواع التيار الكهربائي :**

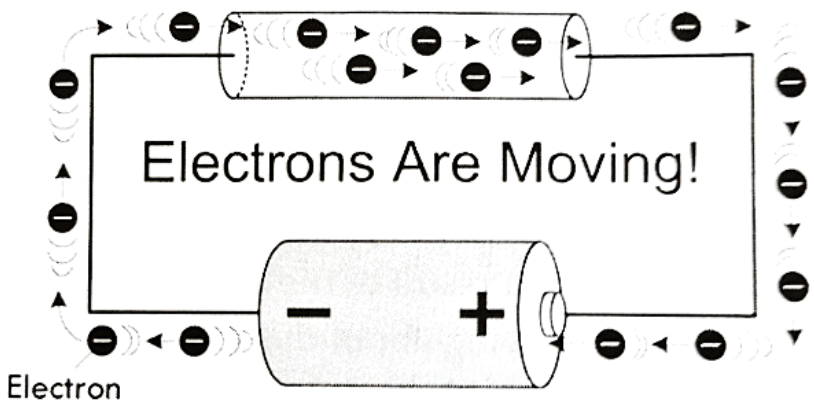
٣. تيار متردد Alternating Current

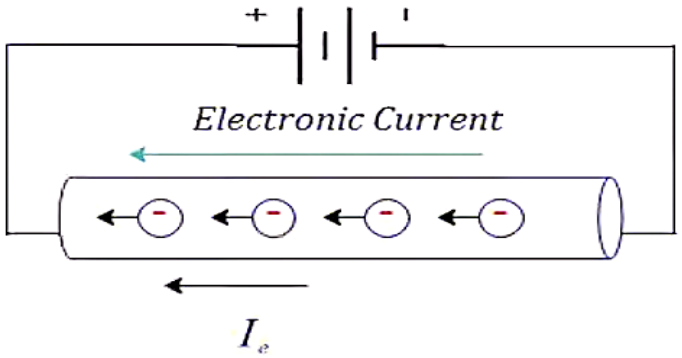
وهو تيار يتغير في القيمة والاتجاه دوريا. فمثلا الموجة الجيبية sin wave تعتبر شكلاً من أشكال التيار المتردد Alternating Current.

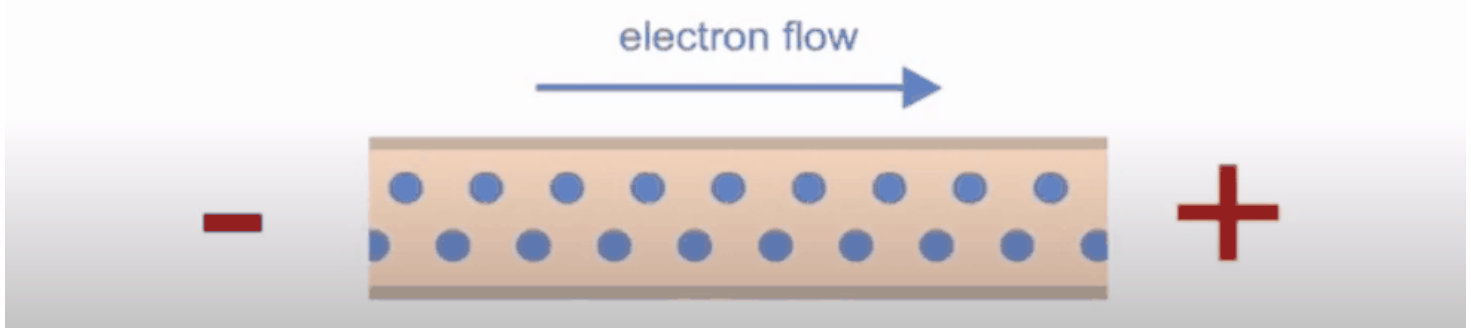


التيار الكهربائي

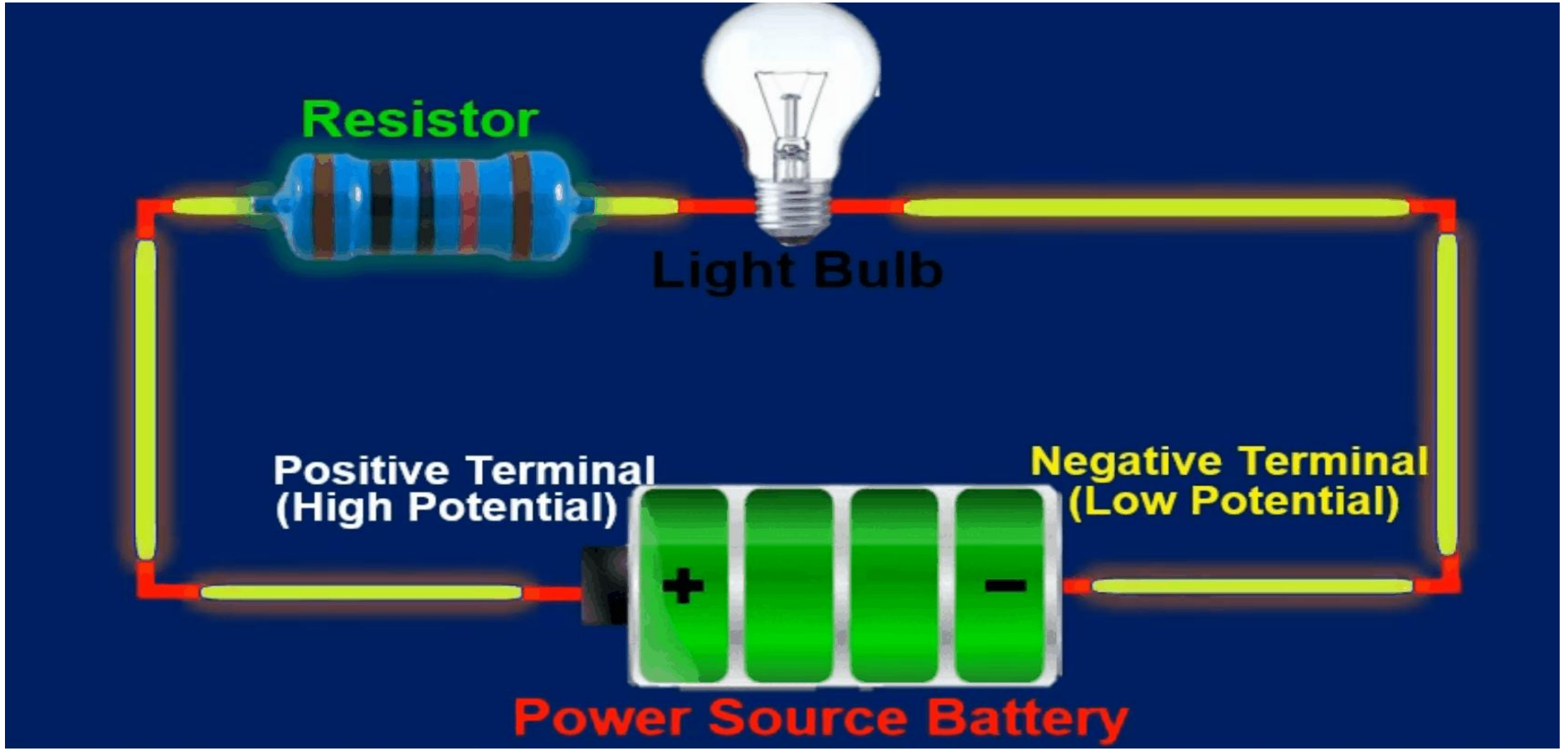
- اتجاه التيار الكهربائي
- تيار الالكترونات :
- التيار يتجه من القطب السالب إلى القطب الموجب







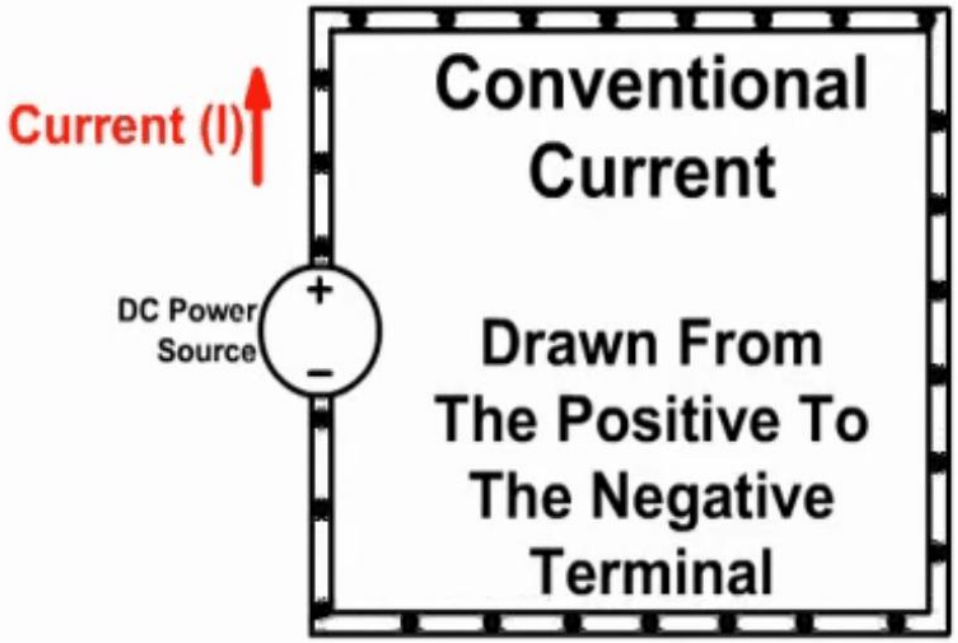
التيار الكهربائي

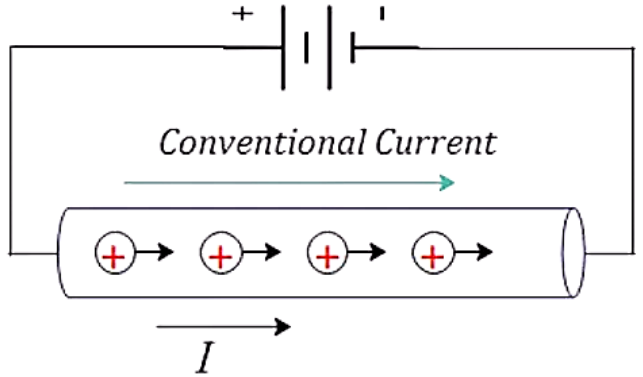


- اتجاه التيار الكهربائي
- تيار الالكترونات :

التيار الكهربائي

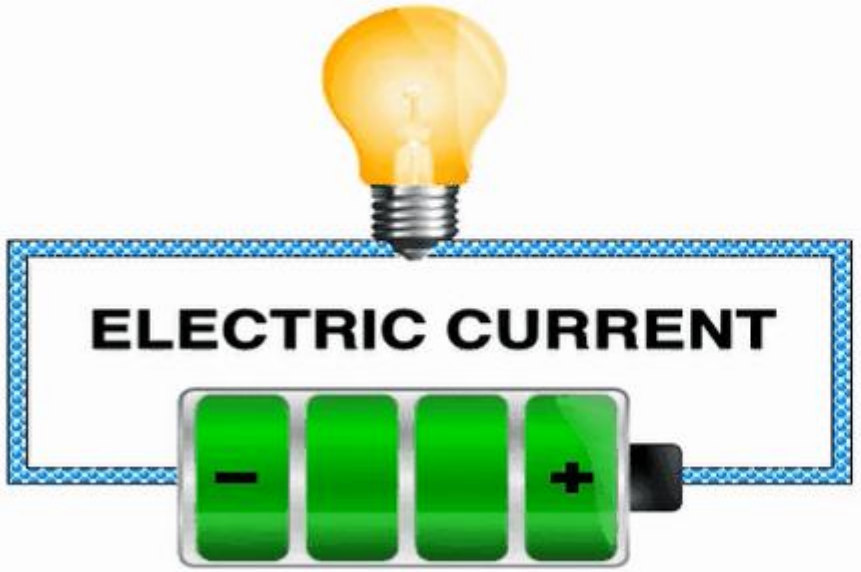
- اتجاه التيار الكهربائي
- التيار الاصطلاحي
- التيار يتجه من القطب الموجب إلى القطب السالب





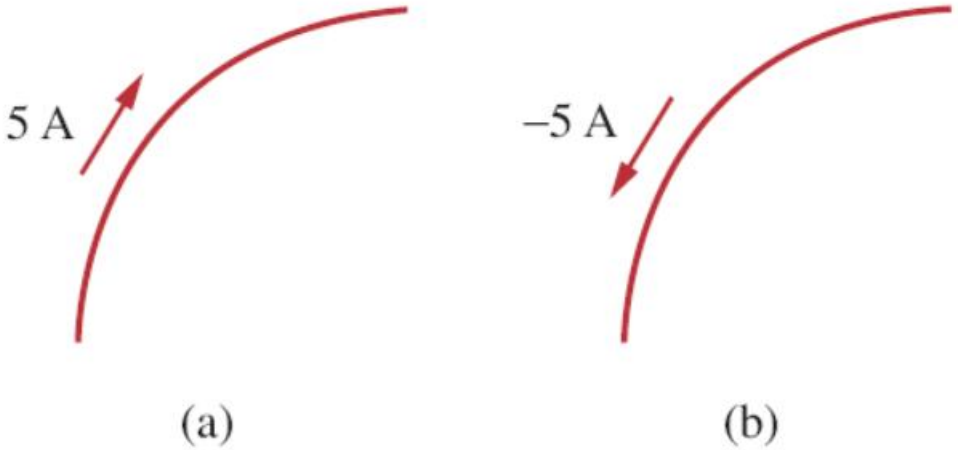
التيار الكهربائي

- اتجاه التيار الكهربائي
- التيار الاصطلاحي



التيار الكهربائي

- **اتجاه التيار الكهربائي**



- **ايهما صحيح التيار التقليدي أم تيار الالكترونات ؟**
- كلاهما صحيح والاختلاف فقط في الاتجاه.
- من الناحية الفيزيائية فتيار الالكترونات صحيح ومن الناحية النظرية فالتيار الاصطلاحي صحيح وهو المستخدم في قوانين الكهرباء وقانون أوم وكيرشوف والمعتمد في حل مسائل التيار الكهربائي.

الطاقة والاستطاعة

على الرغم من أن التيار والجهد هما المتغيران الأساسيان في الدائرة الكهربائية، إلا أنهما ليسا كافيين في حد ذاتهما. لأغراض عملية، نحتاج إلى معرفة مقدار الطاقة التي يمكن للجهاز الكهربائي التعامل معها. نعلم جميعًا من خلال التجربة أن لمبة ١٠٠ واط تعطي ضوءًا أكثر من لمبة ٦٠ واط. ونعلم أيضًا أنه عندما ندفع فواتيرنا لشركات المرافق الكهربائية، فإننا ندفع مقابل الطاقة الكهربائية المستهلكة خلال فترة زمنية معينة. وبالتالي، تعتبر حسابات الطاقة والاستطاعة مهمة في تحليل الدوائر

الطاقة والاستطاعة

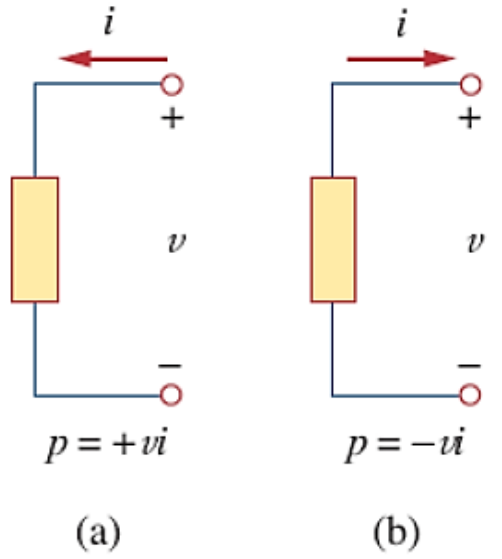
الاستطاعة Power هي المعدل الزمني لصرف أو امتصاص الطاقة، وتقاس بالواط (W)

$$p \triangleq \frac{dw}{dt}$$

حيث p هي الاستطاعة بالواط W، و w هي الطاقة بالجول (J) و t هو الوقت بالثواني (ث).

$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = vi$$

$$p = vi$$



الطاقة والاستطاعة

في الواقع، يجب الالتزام بقانون حفظ الطاقة في أي دائرة كهربائية. لهذا السبب، يجب أن يكون المجموع الجبري للقدرة في الدائرة، في أي لحظة زمنية، صفرًا:

$$\sum p = 0$$

هذا يؤكد مرة أخرى حقيقة أن إجمالي الطاقة الموردة للدائرة يجب أن يوازن إجمالي الطاقة الممتصة.

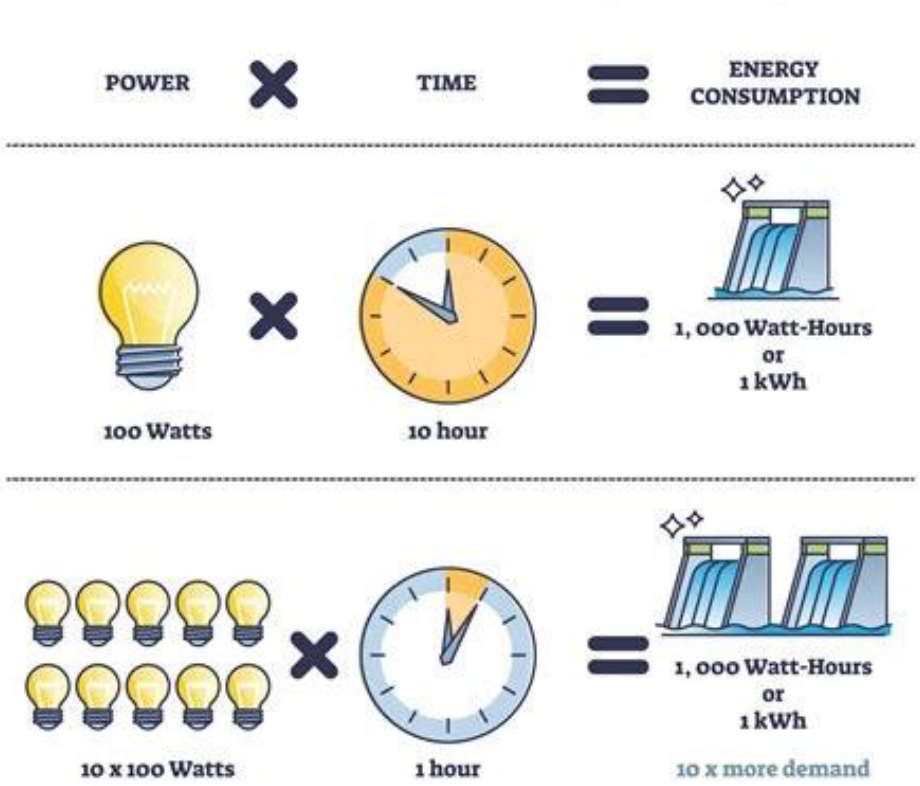
$$w = \int_{t_0}^{t} p\,dt = \int_{t_0}^{t} vi\,dt$$

الطاقة والاستطاعة

تقوم شركات مرافق الطاقة الكهربائية بقياس الطاقة بالواط/ساعة (Wh)

، حيث

$$1\ \text{Wh} = 3{,}600\ \text{J}$$



الطاقة والاستطاعة

تقوم شركات مرافق الطاقة الكهربائية بقياس الطاقة بالواط/ساعة (Wh)

، حيث