الكهرباء المتحركة

III/(ELECTROCINÉTIQUE)

مقياس: الكهرباء1 - ف122 - السنة أولى علوم دقيقة

الدكتورة باباغيو فتيحة

F.BABAG

الفهرس

1) مقدمة
2) التيار الكهربائي
3) اتجاه التيار الكهربائي
4) شدة التيار الكهربائي
5) كثافة التيار الكهربائي
6) تطبيق
7) قانون أوم (loi d'hom)
8) علاقة كثافة التيار بالحقل الكهربائي
9) (المفعول الحراري للتيار)مفعول جول

F.BABAG

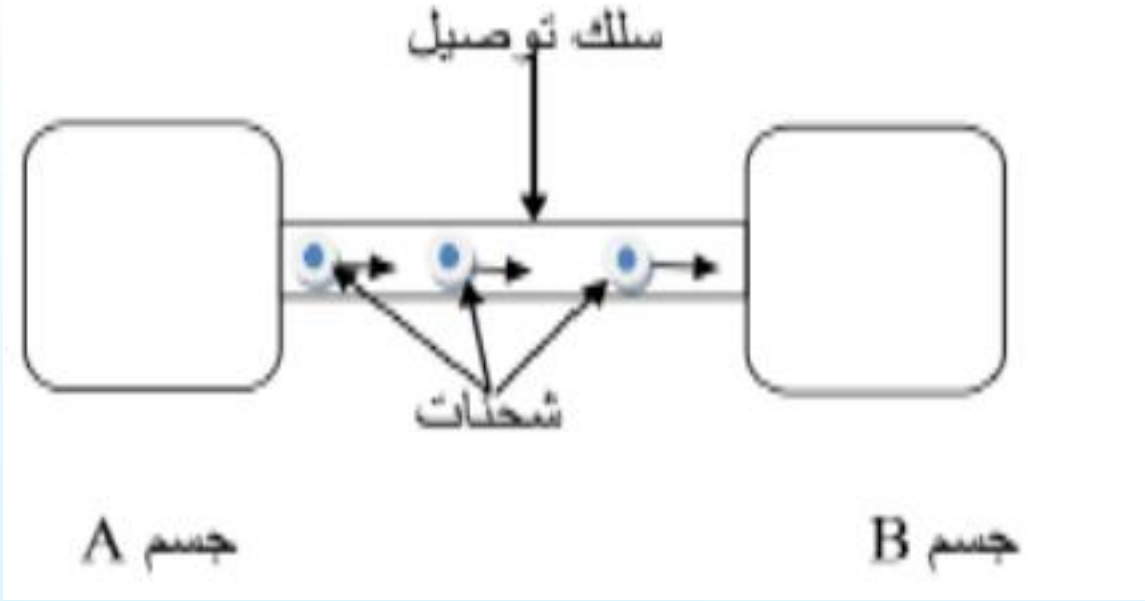
1) مقدمة

لقد تطرقنا في الفصلين السابقين إلى دراسة ما يسمى بالكهرباء الساكنة والتي كانت فيها الشحنات في حالة سكون اما في هذا الفصل سندرس ما يسمى بالكهرباء المتحركة والتي تكون فيها الشحنات في حالة حركة في اوساط مادية تسمى النواقل و ندخل مصطلح التيار الكهربائي و كثافة التيار.

يتناول الفصل أيضا تحليل بعض الشبكات الكهربائية البسيطة التي تحتوي على مولدات و مستقبلات و مقاومات. يعتمد تحليل مثل هذه الشبكات على قانوني كيرشوف الذين هما نتيجة انحفاظ الطاقة و انحفاظ الشحنة الكهربائية.

F.BABAG

2) التيار الكهربائي

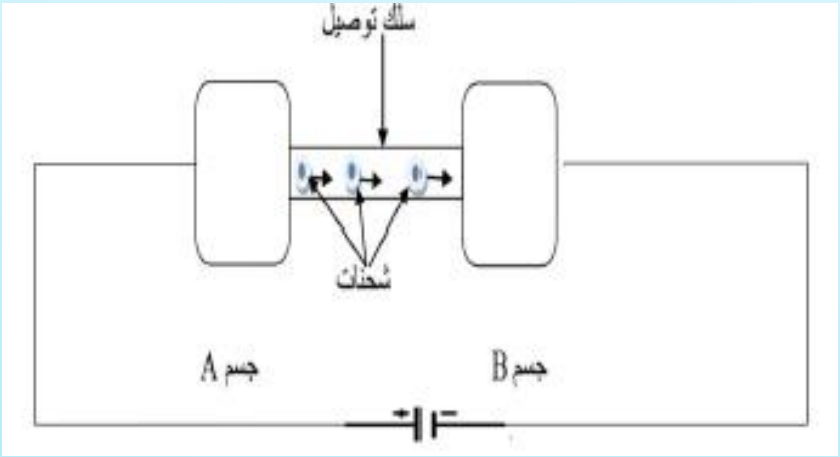


الشكل 1 - مرور التيار الكهربائي من A إلى B

تم تفسير هذا المرور للتيار الكهربائي بانتقال للشحنات الكهربائية من A إ Bلى عبر السلك الواصل ومنه **نعرف التيار الكهربائي بأنه انتقال منظم وموجه لحاملات الشحن** ويحدث هذا الانتقال في الفراغ (حزمة الكترونات في أنبوب مهبطي) أو في النواقل.

يظهر التيار الكهربائي في الناقل عندما يكون هناك فرق في الكمون بين طرفيه.

يمكن إطالة الحالة السابقة للتيار، أي الحصول على تيار مستمر بفضل استخدام **مولد** الجهد وهو جهاز **يحافظ على فرق كمون ثابت بين طرفيه** أي يفرض حالة عدم توازن دائمة.



ملاحظة :

مولد الجهد لا يخلق الشحنات بل يقوم بنقلها من جسم A إلى جسم B مثل: البطاريات، المولدات الكهربائية....

الدكتورة باباغيو فتيحة

F.BABAG

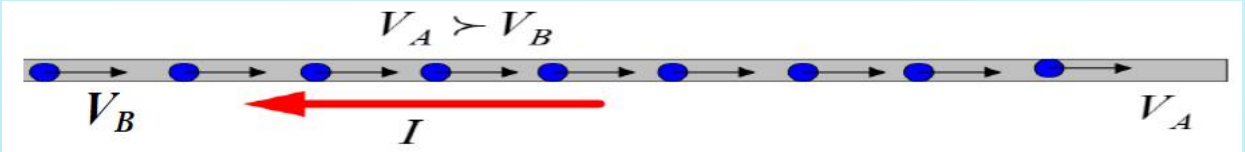
3) اتجاه التيار الكهربائي

هناك العديد من الظواهر الفيزيائية التي تفسر مرور التيار الكهربائي مثل:

- فعل جول الحراري.
- التحليل الكهربائي.
- انحراف الإبرة الممغنطة.

برهنت معظم هذه التجارب على أن للتيار الكهربائي اتجاها، و **قد اصطلح** على أنه نتيجة لحركة الشحنات الموجبة من **القطب السالب الى القطب الموجب داخل المولد، و من القطب الموجب إ لى القطب السالب خارج المولد**، بغض النظر عن المسبب الحقيقي للتيار.

- ✓ في **النواقل الكهربائية و أنصاف النواقل** مثل النحاس و الالمنيوم، يكون التيار **بسبب حركة الالكترونات السالبة**، لذلك فان الاتجاه الأصطلاحي هو معاكس لاتجاه انسياب الالكترونات، المسؤول الحقيقي عن التيار.
- ✓ في **المسرعات** هناك حزم من البروتونات الموجبة مسببة للتيار فيكون اتجاه التيار الاصطلاحي **باتجاه انسياب البروتونات**.
- ✓ قد توجد حالات حيث يكون فيها السبب في إنشاء التيار **شحنات موجبة و سالبة** في آن واحد **(التحليل الكهربائي و تأين الغازات** (البلازما)).



F.BABAG

4) شدة التيار الكهربائي

تعرف شدة التيار الكهربائي I على انها هي كمية الكهرباء dq المارة عبر Sمقطع خلال زمن قدره dt

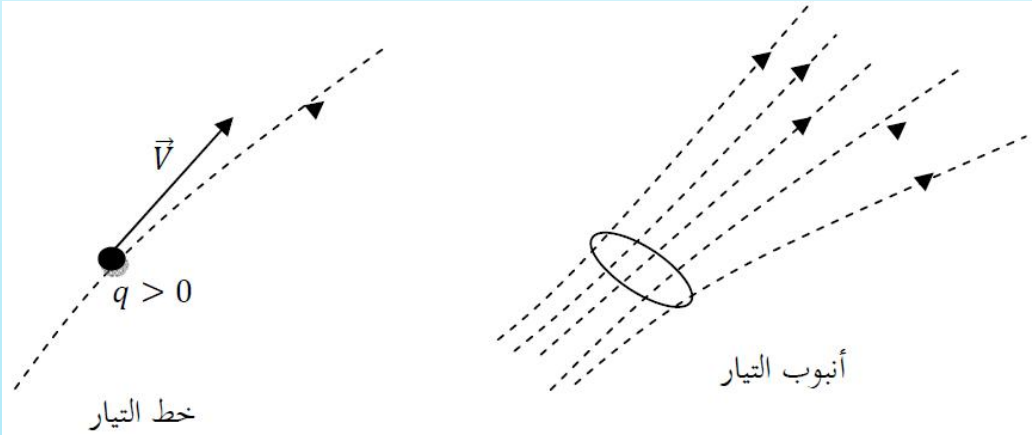
$$I = \frac{dq}{dt} \qquad (1)$$

وحدة التيار في النظام الدولي SI هي الأمبير(Ampère): A=C/S.

تعريف الأمبير: الأمبير (1A) هي شدة التيار المكافئة لشحنة قدرها 1كولومب (1C) تمر خلال زمن قدره ثانية واحدة (1S).

هناك أجزاء لهذه الوحدة تستعمل لقياس التيارات الكهربائية الضعيفة كالملي أمبير mA ويعادل واحد من ألف من الأمبير والميكرو أمبير µA ويعا دل واحد من مليون من الأمبير.

- ✓ سنهتم خلال دراستنا بالنظام المستقر، Régime stationnaireالذي يكون فيه كمون نقطة ما من الدارة الكهربائية غير متغيرمع الزمن، و ينتج عن ذلك أن شدة التيار ثابتة عبرأي مقطع من مقاطع الدارة.
- ✓ نعرف خط التيار ligne de courant المسار الموجه لحركة الشحنات الموجبة، حيث شعاع السرعة لهذه الشحنات مماسي لخطوط التيار في كل نقطة منها. و أنبوب التيار tube de courant هو مجموعة من خطوط التيار التي تستند على مسار مغلق.

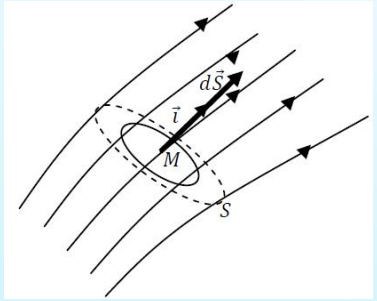


F.BABAG

5) كثافة التيار الكهربائي

لقد عرفنا فيما سبق أن التيار الكهربائي هو انتقال لسيل من الشحنات في الفراغ أو في ناقل ومنه يمكن أن نعبر عن هذا التيار بدلالة سرعة هذه الشحنات المتحركة.

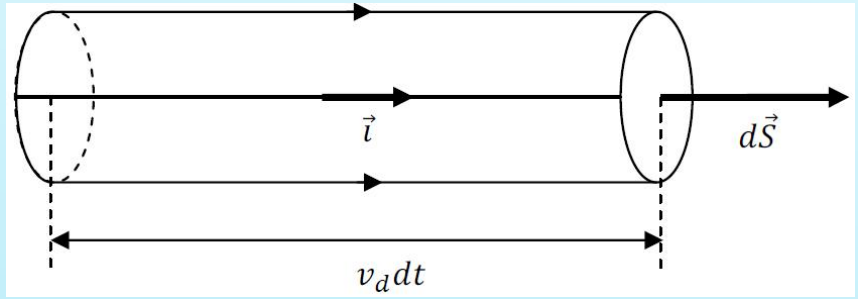
نعرف في كل نقطة M من وسط تتحرك فيه الشحنات، شعاعا $\vec{i}$ مبدؤه هذه النقطة و اتجاهه حركة الشحنات الموجبة و مماسي لخط التيار المار بـ M و طويلته:



$$i = \frac{dI}{dS} \qquad (2)$$

dI حيث هي شدة التيار الكهربائي المارة عبر السطح العنصري dS يسمى هذا الشعاع بكثافة التيار في نقطة M، وحدته في النظام الدولي: A/m^2 يتغير مقدار $\vec{i}$ و اتجاها من نقطة إ لى أخرى في الناقل، فمن أجل ناقل مقطعه S يكون لدينا:

$$I = \int_S \vec{i}\,.\,d\vec{S}$$



لنعتبر داخل ناقل أنبوب تيار مستقيما ذا مقطع يسر، dS في خلاله تيار شدته dI، و لتكن $\vec{v}_d$ السرعة المتوسطة للشحنات الحرة و w كثافتها الحجمية المحلية (C/m^3) (كمية الشحنة في وحدة الحجم) لنحسب dq كمية الشحنة التي تعبر dS خلا ل dt و تشغل في لحظة معينة الحجم الأسطواني $dV = v_d\,dt\,dS$

$$dq = wdV = wdsv_d\,dt \Rightarrow dI = dq/dt = wdsv_d \Rightarrow i = dI/dS = wv_d \Rightarrow \vec{i} = w\vec{v}_d$$

فإذا كان n عدد الشحنات الحرة في وحدة الحجم فإن $w = nq$ ، حيث q قيمة كل شحنة حرة (الجبرية):

$$\vec{i} = nq\vec{v}_d \qquad (3)$$

يتعلق شعاع كثافة التيار بالكثافة المحلية للشحنات الحرة و سرعة انتقال الشحنات.

F.BABAG

ملاحظات :

- ✓ في حالة المعادن و السبائك و أنصاف النواقل مرور التيار لا يقابله انتقال للمادة .
- ✓ أما في حالة التحليل الكهربائي و تأين الغازات (البلازما) يعبر عن مرور التيار الكهربائي بانتقال المادة.

6) تطبيق :

سلك نحاس له مساحة مقطع عرضي $31,3x10^{-6}m^2$ فإ ذا كان يحمل تيارًا مقداره 10A فما هي السرعة المتوسطة لحاملات الشحنة الإلكترونات ، حيث نفرض أن كل ذرة نحاس تساهم بإلكترون حر واحد للتيار. الكتلة الحجمية للنحاس $8,95g/cm^3$ و الكتلة المولية للنحاس 63, 5g/mol و كل مول يحتوي على $N=6,02 \times 10^{23}$ (عدد فوقادرو) من الذرات.

الحل نعتبر $\vec{S}$ فيكون لدينا: $\vec{i}$ $I = iS = nqv_dS \Rightarrow v_d = I / nqS$ $q = e = 1,6,10\text{-}19\ C$

n : عدد الإلكترونات الحرة في وحدة الحجم.

من معرفتنا للكتلة الحجمية للنحاس، يمكننا حساب الحجم المشغول بواسطة (=1mol) 63,5 g من النحاس :

V= الكتلة المولية / الكتلة الحجمية = 63,5 / 8,95g x 10^6 g/m^3 = $7,09.10^{-6}$ m^3

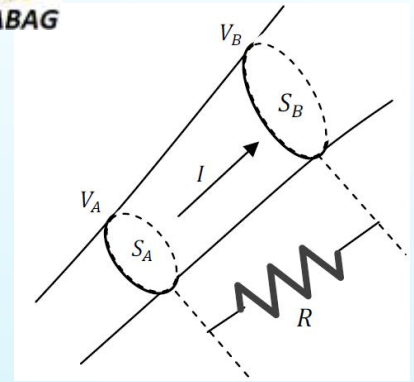
وبما أن كل ذرة نحاس تساهم بإلكترون حر واحد فإن:

n = عدد الإلكترونات / الحجم = $6,02.10^{23}$ / 7,09 x 10^{-6} = $78,49.10^{28}$ electrons/m^3

$v_d = I/nqs = 10 / (78,49.10^{28})(1,6.10^{-19})(3,31.10^{-6}) \Rightarrow v_d = 2,22 . 10^{-4}$ m/s

F.BABAG

7) قانون أوم (loi d'hom) :



يعد قانون أوم أحد القوانين التجريبية في الفيزياء و ينص: نسبة فرق الكمون $V = V_A - V_B$ بيننقطتين A و B من ناقل معدني متجانس موجود عند درجة حرارة ثابتة، على التيار ا Iالكهربائي تكون ثابتة ' و نسمي هذا الثابت بالمقاومة الكهربائية (résistance électrique) للناقل بين نقطتين ويرمز لها بـ R حيث:

$$R = \frac{V_A - V_B}{I} = \frac{V}{I} \qquad \textbf{(4)}$$

وحدتها في النظام الدولي الأوم : Ω=V/A (ohm)

8) علاقة كثافة التيار بالحقل الكهربائي :

ناقل معدني أسطواني طوله $l=AB$ و مساحة مقطعه S موضوع في حقل كهربائي E يعطى فرق الكمون الكهربائي بين طرفيه بـــ :

$$V = V_A + V_B = \int_A^B \vec{E}.\vec{dl} \qquad \textbf{(5)}$$

الحقل منتظم على طول السلك وهذا كون مقطع السلكاS ثابت وعليه: $V=El$, $I=JS$ حيث J هي كثافة التيار

لدينا فيصبح: $V=RI=EL \Rightarrow RJS=EL$

F.BABAG

ومنه نحصل على عبارة جديدة للحقل الكهربائي بدلالة كثافة التيار :

$$J = \left[\frac{l}{RS}\right] \mathrm{E} = \sigma E$$

يدعى الثابت σ بالناقلية الكهربائية conductivité électrique. وحدته في النظام الدولي هي : Ω-1.m-1 و مقلوب الناقلية هو: ρ résistivité والتي بدورها تميز الوسط :

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{RS}{l} \qquad \textbf{(6)}$$

وحدتها هي الأوم.متر : Ω.m تمتلك كل المواد الأومية مقاومة تعتمد على خواص المادة و درجة الحرارة.

و منه يمكننا كتابة عبارة المقامة للناقل الاومي:

$$R = \frac{\rho l}{S} = \frac{l}{\sigma S} \qquad \textbf{(7)}$$

لحساب المقاومة نطبق قانون أوم و نظرية غوص

$$i=E/\rho=I/S \;\Rightarrow\; I=ES/\rho, \qquad R=V/I=\rho V/ES$$

العبارة (7) تبين مقاومة سلك اسطواني وخصائصه الهندسية معروفة بقانون بوييه : Claud Pouillet يمثل المخطط أدناه تصنيفا عاما للمواد من وجهة نظر كهربائية

تصنيف المواد (مرتبة حسب الناقلية والمقاومية)

F.BABAG

ملاحظات:

- ✓ في الواقع، حساب المقاومات معقد جدا إلا إذا كان الشكل الهندسي بسيطا.
- ✓ قانون أوم صالح من أجل كل المعادن الاعتيادية أو المألوفة، وتدعى النواقل الأومية conducteurs ohmiques
- ✓ العديد من المواد مثل أنصاف النواقل لا تخضع لقانون أوم.
- ✓ الأوم هو مقاومة ناقل يمر عبره تيار قيمته واحد أمبير عندما يظهر بين طرفيه فرق كمون مقداره 1 فولط.
- ✓ يكون قانون أوم صحيحا لكل المعادن ضمن مجال واسع لدرجة الحرارة، و هي تؤثر على الأبعاد الهندسية، و لكن هذا التاثير ضعيف عند
- ✓ مقارنته بمفعولها على المقاومية ρ.

مثال : حساب مقاومة سائل على شكل أسطوانة:

أسطوانتان متمحورتان طولهما L و نصف قطريهما R_1 و R_2 حيث $(R_1<R_2)$. ملئ فضاء المساحة الفاصل بينهما بسائل مقاو مته النوعية ρ ، فإذا كان كمونا الأسطوانتين على التوا لي V_1 و V_2.

1. أحسب مقاومة السائل R بطريقة التكامل
2. أحسب مقاومة السائل R باستعمال قانون أوم

F.BABAG

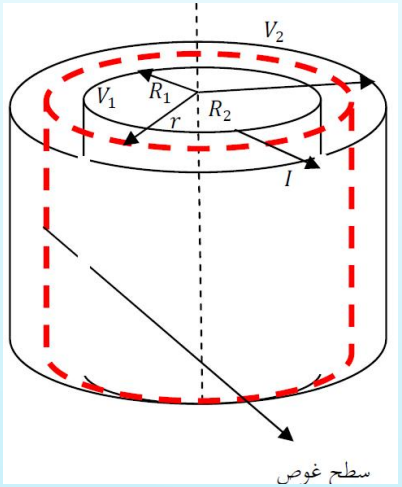
الحل : حساب مقاومة سائل على شكل أسطوانة:

لدينا: $S=2\pi rL$ $dl=dr,$ (بما أنه بعد متغير من اسطوانة لاخرى)

1. تعطى مقاومة طبقة عنصرية :

$$dR=\rho\frac{dr}{S}\Rightarrow R=\frac{\rho}{2\pi L}\int_{R_1}^{R_2}\frac{dr}{r}=\frac{\rho}{2\pi L}ln\frac{R_2}{R_1}$$

2. يعطى الحقل الكهربائي باستعمال نظرية غوص من أجل : $R_2 < r < R_1$



$$E=\frac{q}{2\pi\varepsilon_0 rL}$$

و فرق الكمون بين الأسطوانتين:

$$E=-\frac{\partial V}{\partial r}\Rightarrow V_1-V_2=\int_{R_1}^{R_2}Edr$$

$$V_1-V_2=\int_{R_1}^{R_2}\frac{q}{2\pi\varepsilon_0 L}\frac{dr}{r}=\frac{q}{2\pi\varepsilon_0 L}ln\frac{R_2}{R_1}$$

والمقامة:

$$R=\frac{V_1-V_2}{\frac{ES}{\rho}}=\rho\frac{\frac{q}{2\pi\varepsilon_0 L}ln\frac{R_2}{R_1}}{\frac{q}{2\pi\varepsilon_0 rL}2\pi rL}=\frac{\rho}{2\pi L}ln\frac{R_2}{R_1}$$

F.BABAG

9) المفعول الحراري للتيار (مفعول جول) :

تتسارع الشحنات الموجهة في الناقل بفعل الحقل المسلط عليها من الخارج، لكنها في نفس الوقت تتعرض للتصادمات مع دقائق المادة؛ أي أنها تكتسب في كل قفزة طاقة حركية ثم تبددها في القفزة الموالية وتمنحها للجسيم الذ تصطدم به، فترتفع الطاقة الحركية لهذا الأخير ويؤدي ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة الناقل بشكل محسوس. وهذا ما يدعى **"مفعول جول"**.

لحساب القدرة المصر فة بمفعول جول، دعنا نعتبر ناقلا يعبره تيار I إثر تأثره بحقل خارجي. فانتقال ا dqلشحنة بين نقطتين بينهما فرق في الكم ون V يحتاج الى dwعمل حيث :

وهذا يوافق استطاعة قدرها : $dW = V.dq$

ومنه يمكن كتابة: **(8)** $P = VI$ **(لأن** $I=dq/dt$ $W=P.t$ **)**

هذا العبارة تعرف باسم مفعول جول effet joule في الحالة العامة.

وحدة الاستطاعة هي (w) الواط