جامعة القدس المفتوحة

الفيزياء العلاجي

اعداد: ناجي عمران القزاز

الفهرس

الوحدة الأولى

ميكانيكا الموائع السكونية والمتحركة

الفصل الأول

أولاً : ميكانيكا الموائع السكونية .

1) ما المائع ؟

إن المادة تكون على الأغلب في حالات ثلاث هي : الصُلبة ، السائلة ، الغازية .

إن القوة الموجودة في الحالة الصلبة ، بين جزيئاتها تكون كبيرة جداً ، بحيث تبقى الجزيئات في مكانها ، أي لا تتحرك حركة انتقالية . بينما تكون في الحالة الغازية والسائلة ضعيفة أو معدومة تقريباً كما في الغازية ، مما يسمح للجزيئيات بالانتقال من مكان لآخر في المادة .

* سؤال : لماذا يكون شكل المادة الغازية أو السائلة هو شكل الوعاء الذي يحويها ؟

إن قوى التماسك الضعيفة الموجودة بين جزيئات المادة الغازية والسائلة تجعلها قابلة للاستجابة لقوى خارجية تغير شكلها ، ولهذا سميت بالموائع .

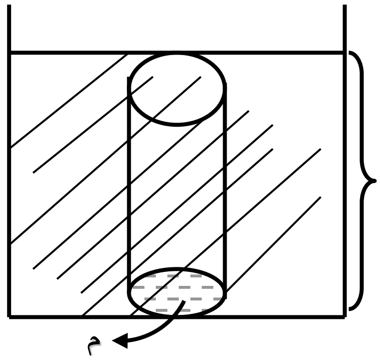
2) ضغط الموائع :

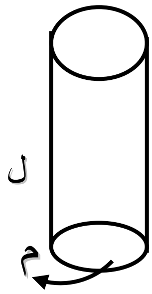
يُعرّف الضغط بأنه حاصل مقدار القوة المؤثرة على وحدة المساحة .

$$ض = \frac{ق}{أ} \quad ...... ①$$

$$= \frac{\text{نيوتن}}{\text{متر}^2} = N/\text{م}^2 = \text{باسكال} .$$

ولقياس الضغط الناجم عن مائع (سائل) في أسفل الوعاء ، دعنا نتخيل عمودا من المائع على شكل اسطوانة ارتفاعها هو ارتفاع المائع (ل) ومساحة مقطعها هو (أ) . كما في الشكل .





علينا أن نجد وزن الاسطوانة .

الوزن = الكتلة × تسارع الجاذبية الأرضية

و = ك × ج

ض = $\frac{\text{الوزن}}{\text{المساحة}}$ = $\frac{\text{و}}{\text{أ}}$ (الوزن هو قوة)

ض = $\frac{\text{و}}{\text{أ}}$ = $\frac{\text{كج}}{\text{أ}}$

نعلم أن الكتلة = الكثافة × الحجم

ك = ث × ح

ونعلم أن حجم الاسطوانة = مساحة القاعدة × الارتفاع

ح = أ × ل

أي أ = $\frac{\text{ح}}{\text{ل}}$

بالتعويض في معادلة الضغط :

$$\text{ض} = \frac{\text{ك جـ}}{\text{أ}} = \frac{\text{ث ح جـ}}{\text{ح / ل}}$$

$$= \frac{\text{ث }\cancel{\text{ح}}\text{ جـ ل}}{\cancel{\text{ح}}} = \underline{\text{ث ح جـ}}$$

$$\text{ض}_{\text{سائل}} = \text{ث ل جـ} \quad \text{.......................} \quad ②$$

أي أن ضغط المائع يعتمد على كثافته وطول عمود السائل

سؤال : هل يكون ضغط المائع متساوياً عند نفس الارتفاع ؟ **الجواب :** نعم ، فلو أخذنا وعاء يحوي ماء ، وثقبنا الوعاء من نفس الارتفاع عدة فتحات ، لوجدنا أن الماء يخرج من الفتحات بنفس التدفق .

<u>الضغط الكلي الواقع عند نقطة في المائع .</u>

هل الضغط الكلي عند نقطة في المائع هو ضغط المائع في المعادلة ②

_ ماذا يوجد فوق رؤوسنا . الهواء .

فالهواء أيضاً من الموائع . وله وزن . أي له ضغط ويسمى بالضغط الجوي .

أن الضغط الكلي عند نقطة في المائع يساوي ضغط السائل مضافاً إليه الضغط الجوي .

$$\text{ض}_{\text{كلي}} = \text{ض}_{\text{جوي}} + \text{ض}_{\text{سائل}}$$

$$\text{ض}_{\text{المطلق}} = \text{ض}_{0} + \text{ض}_{\text{المعيار}}$$

$ض_{السائل}$ يسمى ضغط المعيار .

$ض_{الكلي}$ يسمى الضغط المطلق .

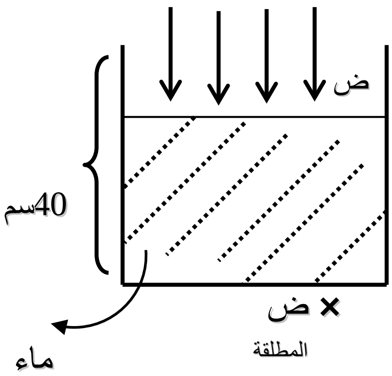
$\boxed{ض = 1.013 \times 10^5 \text{ باسكال}}$

مثال : احسب الضغط المؤثر في أسفل وعاء ارتفاعه 50سم ، ويرتفع الماء فيه إلى 40سم .
اعتبر أن الضغط الجوي 1.013×10^{ن} باسكال .

الحل :

$ث_{ماء} = 1000$ كغم/م^3

$ض_0 = 1.013 \times 10^5$ باسكال يؤثر على سطح المائع



$ض_{مطلق} = ض_{معيار} + ض_0$

$= ث\,ل\,جـ + ض_0$

$= 10\cancel{00} \times \frac{40}{1\cancel{00}} \times 10 + 1.013 \times 10^5$

$4000 + 1.013 \times 10^5$

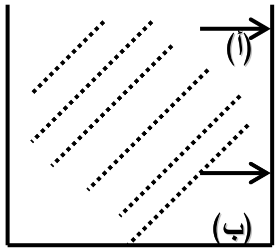
$4\times10^3 + 1013 \times 10^3 = 1017 \times 10^3$ باسكال .

ملاحظة : لاحظ تحويل الوحدات إلى النظام المتري أي
كغم ، متر ، ثانية .

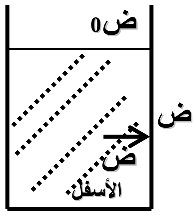
والآن : ماذا عن الضغط على الجوانب .

هل الضغط على الجانب متساوياً عند أي نقطة ، هل الضغط عن (أ) على الجانب هو نفسه عند (ب) .

(الجواب : لا ، لأن ارتفاع ب ≠ أ

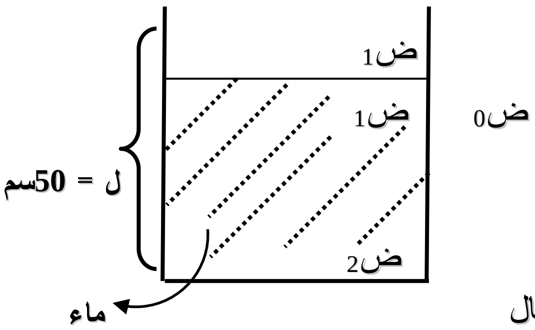


ولهذا يجب أن نحسب معدل الضغط ، ويتم ذلك بحساب الضغط عند السطح ، عند الأسفل ، وقسمته على / 2



$$ض_{الجانب} = \frac{ض_0 + ض_{الأسفل}}{2}$$

مثال : احسب الضغط الناجم على جدار الوعاء من السائل :



الضغط عند السطح = $ض_1$ = صفر باسكال

الضغط عند القاع = $ض_2$

= ث ل جـ

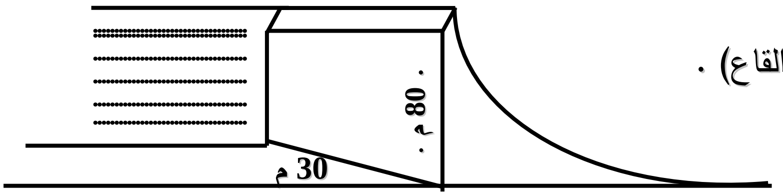
$$1000 \times \frac{50}{100} \times 10 = 5000 \text{ باسكال}$$

$$\text{معدل الضغط} = \frac{\text{صفر} + 5000}{2} = 2500 \text{ باسكال}$$

السّد :

مثال : سد ارتفاعه 80م ، وعرضه 30م كما في الشكل ،

احسب :



1) القوة التي يتأثر بها الجدار .
2) ضغط الماء في أسفل السد (القاع) .

ث$_{\text{حار}}$ = 1000 كغم/م^3

لحساب الضغط على الجدار ، نحسب معدل الضغط على الجدار

ض$_{\text{السطح}}$ = صفر

ض = القوة / المساحة

المساحة = الطول × العرض

$80 \times 30 = 2400$ م^2

القوة = الضغط × المساحة

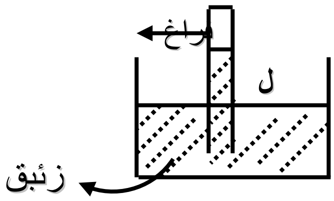
$8\times10^5 \times 2.4\times10^3 = 19.2 \times 10^8$ نيوتن

وهي قوة كبيرة ، وتكون كبيرة عند القاع ، ولهذا يكون سمك السد في الأسفل عريضاً ، ويقل كلما ارتفعنا .

<u>أجهزة قياس الضغط :</u>

① الباروميتر الزئبقي . لقياس الضغط الجوي

قام العالم تورشلي بملء أنبوب طوله تقريباً متر واحد بالزئبق ، وقلبه في وعاء يحوي زئبق ، فهبط الزئبق في الأنبوب وتوقف . كما في الشكل .



إن الضغط على سطح الزئبق في الوعاء الخارجي يساوي مقدار ضغط عمود الزئبق في الأنبوب .

☑ قام بقياس الضغط الجوي . في مناطق مختلفة . جبل ، سطح بحر ، غور ...الخ

☑ أخذ سطح البحر كمرجع ، فوجد أن ارتفاع عمود الزئبق في يوم طبيعي ، درجة الحرارة تقارب 25° "ظروف طبيعية" 76سم .

أي أن 76سم زئبق يعادل الضغط الجوي

76سم زئبق = 1 ض$_0$

ولمعرفة مقدار الضغط الجوي بالباسكال

ض$_0$ = ث ل جـ = $13600 \times \frac{76}{100} \times 10$

ث = 13.6 غم/سم^3 كثافة المادة (الزئبق) .

مثال : وجد أن الفرق بين قراءتي باروميتر زئبقي في موقعين جغرافيين مختلفين 6سم . احسب الفارق بينهما إذا علمت أن :

ث$_{\text{زئبق}}$ = 13.6 غم/سم^3 و ث$_{\text{هواء}}$ = 1.26 كغم/م^3

الحل :

إن الفارق 6سم زئبق يعادل ضغط هواء عموده ل .

ض$_{\text{5سم}}$ = ث ل جـ

$136\cancel{00} \times \frac{5}{1\cancel{00}} \times 10$ = 6800 باسكال

هذا الضغط يعادل = ث$_{\text{هواء}}$ × ل × **جـ**

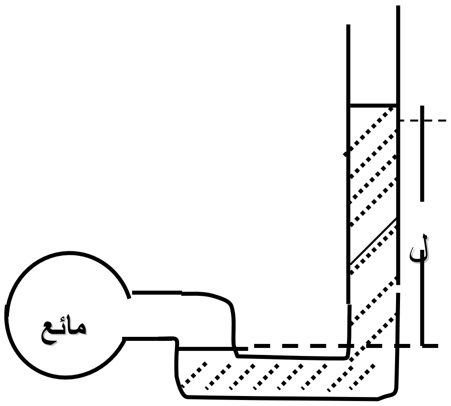
6800 = 1.26 × ل × 10

ل = $\frac{6800}{12.6}$ = 539.6م .

② **المانوميتر :**

ويستخدم لقياس ضغط غاز محصور في اسطوانة مثلاً . أو سوائل .

إن ضغط المائع ⟵ يعادل ضغط
عمود السائل في الشعبة الطويلة (ل)
بالإضافة إلى الضغط الجوي .



ض$_{\text{مائع}}$ = ض$_{\text{السائل}}$ + ض$_{0}$

ل = المسافة بين سطحي المائع .

مثال (1) : وصل غاز محصور مع مانوميتر زئبقي ، فهبط السائل في الشعبة القصيرة 3سم ، احسب ضغط المائع إذا علمت أن

ث$_{\text{زئبق}}$ = 13.6 غم/سم^3

ملاحظة : عندما يهبط السائل في الشعبة القصيرة ، يرتفع في الشعبة الطويلة بنفس المقدار .
أي أن طول عمود السائل يصبح

ل = 2× 3 = 6سم

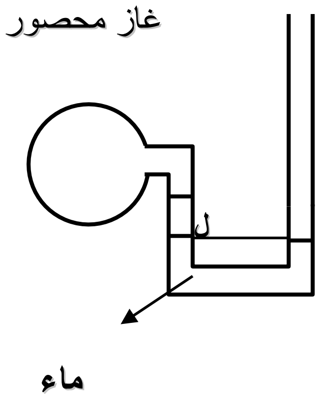
$$ض_{مائع} = ض_{0} + ثلجـ$$

$$= 10^{5} + 1300 \times \frac{6}{100} \times 10 = 1.082 \times 10^{5} \text{ باسكال}$$

مثال (2) : في الشكل المبين ، احسب ضغط الغاز المحصور في الحجرة

$ث_{ماء} = 1000$ كغم/م^3

ل = 18 سم



في هذا الشكل يكون ضغط المائع منخفضاً

$$ض_{0} = ض_{غاز} + ض_{سائل}$$

$$ض_{غاز} = ض_{0} - ض_{سائل}$$

$$= 10^{5} - ثلجـ$$

$$10^{5} - 10\cancel{00} \times \frac{18}{\cancel{100}} \times 10 = 9.82 \times 10^{4} \text{ باسكال}$$

<u>قاعدة باسكال :</u>

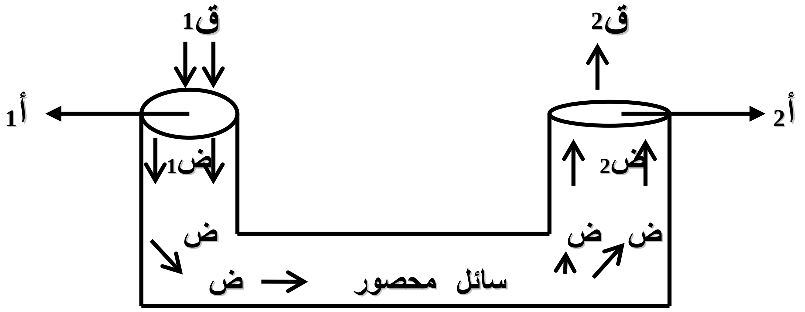
إذا أثر ضغط على سائل محصور فإن هذا الضغط سينتقل إلى كل نقطة في السائل بالتساوي وإلى جدران الوعاء الموجود فيه .

ومن التطبيقات عليه :

① المكبس .

② المكابح في السيارات .

1) المكبس :



أنبوب على شكل الحرف U مختلف الفتحات

أ_1 ⇦ المساحة الصغرى أ_2 ⇦ المساحة الكبرى

والسائل محصور

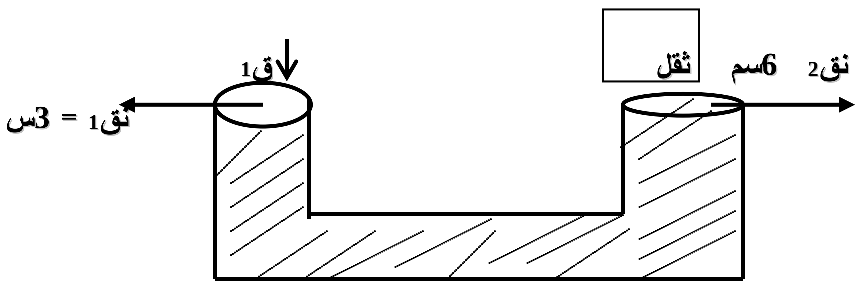
عندما ينشأ الضغط عند المساحة الصغرى ، فإن الضغط ينتشر في المائع وفي جميع الاتجاهات حتى يصل إلى نفس المستوى وبنفس المقدار عند أ_2

$\text{ض}_1 = \text{ض}_2$ نفس السائل ونفس المستوى .

$$\frac{\text{ق}_1}{\text{أ}_1} = \frac{\text{ق}_2}{\text{أ}_2}$$

ويمكن أن تكون ق_2 = وزن ، مثل سيارة أو ثقل

مثال : احسب القوة اللازمة لرفع سيارة كتلتها 1200 كغم ، باستعمال مكبس زيتي نصف قطر الاسطوانة الصغرى 3سم ، ونصف الكبرى 60سم .   اعتبر ج = 10م/ث^2



$\frac{ق_1}{ق_2} = \frac{أ_1}{أ_2}$

ق$_2$ = ق$_2$ = كج

$1200 \times 10 = 12000\ N$

$\frac{ق_1}{كج} = \frac{\cancel{\pi}\ نق_1^2}{\cancel{\pi}\ نق_2^2}$

أ$_1$ = π نق$_1^2$ (دائرة)

$\frac{ق_1}{1200} = \frac{(3\times10^{-2})^2}{(60\times10^{-2})^2}$

$\frac{ق_1}{1200} = \frac{6\times\cancel{10^{-4}}}{3600\times\cancel{10^{-4}}}$

3600 ق$_1$ = 6×1200

ق$_1$ = $\frac{6 \times 1200}{3600}$ = $20\ N$

2) الكوابح :

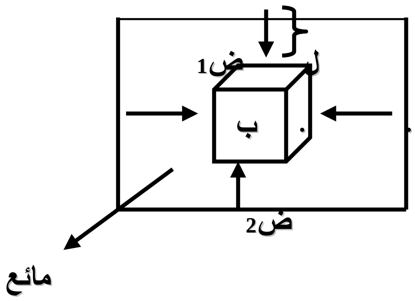
عند الضغط على دواسة الكوابح ترتفع الضغط في المائع (الزيت) في الاسطوانة الرئيسية بمقدار ضغط القدم حيث يتوزع هذا الضغط الإضافي على جميع الاسطوانات الخلفية بالتساوي فتتحرك القطع المعدنية كل منها على الاسطوانة الداخلية للدولاب مما يولد قوة احتكاك كبيرة بينها وبين اسطوانة الدولاب تكفي لإيقاف السيارة .

الفصل الثاني

قاعدة آرخميدس

قاعدة آرخميدس للأجسام المغمورة :

كل جسم مغمور كلياً أو جزيئاً في مائع يفقد من وزنه بمقدار وزن المائع المزاح .



مكعب ضلعه (س) مغمور في الماء .

ما القوى المؤثرة عليه .   أ

1) القوى من الجوانب :

إن المائع سيؤثر بضغط على جانبي الجسم بمقدار متساوٍ
عند نفس الارتفاع ، وباتجاه متعاكس .
أي أن محصلة القوى المؤثرة على الجانبين = صفراً .

2) القوى على السطحين العلوي والسفلي :

إن ضغط المائع على السطح العلوي يختلف عن السفلي نظراً لاختلاف الارتفاع . فيكون على السطح السفلي أكثر لأنه (أعمق) .

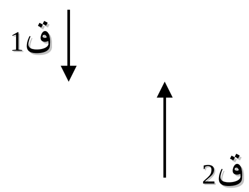
ض$_{\text{علوي}}$ = ث ل **جـ**

ض$_{\text{سفلي}}$ = ث ل **جـ** + ث س **جـ** = ث **جـ** (ل+س)

القوة المؤثرة على العلوي = ق$_1$ = ض$_1$ × أ$_1$

القوة المؤثرة على السفلي = ق$_2$ = ض$_2$ × أ$_2$

إن القوة المؤثرة على السفلي أكبر من العلوي ، ولهذا تكون محصلة القوة لأعلى .



ث$_{\text{سائل}}$ = كثافة السائل

3ق = ق$_2$ – ق$_1$ (3 : رمز المجموع)

ث$_{\text{سائل}}$ **جـ** (ل+س) × أ$_2$ - ث$_{\text{سائل}}$ **جـ** (ل+س) × (أ)

أ$_1$ = أ$_2$ = أ

ث$_{\text{سائل}}$ **جـ** (ل+س) أ - ث$_{\text{سائل}}$ **جـ** (ل+س) (أ)

ث$_{\text{سائل}}$ ~~جـ ل~~ أ + ث **جـ** س أ - ث ~~جـ ل~~ أ

3 ق = ث$_{\text{سائل}}$ **جـ** س أ

$\boxed{\text{س × أ = ح}}$ ح ⇦ حجم الجسم المغمور

أي أن الجسم سيتأثر بقوة لأعلى ، مما تقلل من وزنه فيصبح وزنه ظاهرياً .

هذه القوة تسمى قوة الطفو .

الوزن الحقيقي = الوزن الظاهري + قوة الطفو

الوزن الظاهري = الحقيقي – الطفو

الوزن الحقيقي = ك جـ = ث$_{\text{جسم}}$ ح جـ **ث$_{\text{جسم}}$ = كثافة الجسم**

الطفـو = ث$_{\text{سائل}}$ جـ ح

الوزن الظاهري = ث$_{\text{جسم}}$ جـ ح - ث$_{\text{سائل}}$ جـ ح

الوزن الظاهري = جـ ح (ث$_{\text{جسم}}$ - ث$_{\text{سائل}}$)

حالات الجسم المغمور :

① عندما تكون $ث_{جسم} > ث_{سائل}$

عندما ينغمر الجسم ويخسر جزءاً من وزنه .

② عندما تكون $ث_{جسم} = ث_{سائل}$

الوزن الظاهري = صفر / أي يصبح الجسم معلق .

③ عندما تكون $ث_{جسم} < ث_{سائل}$

عندها سيتعرض الجسم لمحصله قوة تدفعه إلى أعلى حتى يطفو . فيصبح الوزن الظاهري بعد أن يطفو يساوي صفراً .

أمثلة محلولة :

مثال (1) : علقت كرة كتلتها 400غم وكثافتها 1.5 غم/سم^3 بميزان نابضي احسب قراءة الميزان إذا:

1. كانت في الهواء .
2. كانت في الماء .

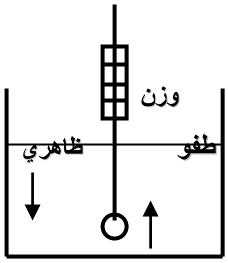
$ث_{ماء}$ = 1000كغم/م^3 لا

الحل :

1. وزن الكرة في الهواء هو وزنها الحقيقي = ك جـ

$$\frac{400}{1000} \times 10 = 4 \text{ نيوتن}$$

2. الوزن الظاهري = الوزن الحقيقي − قوة الطفو



علينا إيجاد حجم الكرة أولاً .

$$ث = \frac{ك}{ح}$$

$$ح = \frac{ك}{ث} = \frac{0.4}{1500} = 2.66 \times 10^{-4} م^3$$

لاحظ حولنا الكتلة إلى كغم/ والكثافة إلى كغم/م^3

الوزن الظاهري = الوزن الحقيقي – الطفو

$$= ث_{جسم}\ ح \times جـ - ث_{سائل}\ ح\ جـ$$

$$1500 \times 2.66 \times 10^{-4} \times 10 - 10^3 \times 2.66 \times 10^{-4} \times 10$$

$$= 4 - 2.7$$

$$= 1.3$$ نيوتن .

مثال (2) :

سبيكة معدنية وزنها في الهواء 360 N ووزنها في الماء 320 N احسب حجمها وكثافتها :

الحل :

الوزن الحقيقي = الظاهري + الطفو

$$360 = 320 + ث\ ح\ جـ$$

$$360 = 320 + 10^3 \times ح \times 10$$

$$40 = ح \times 10^4$$

$$ح = 4 \times 10^{-3} م^3$$

من وزنها الحقيقي نجد كتلتها

$$360 = ك \times جـ \qquad ك = 36 كغم .$$

$$ث_{جسم} = \frac{ك}{ح} \quad ، \quad ث_{جسم} = \frac{36}{4 \times 10^{-3}}$$

$$= 9000 كغم/م^3$$

مثال (3) :

قارب كتلته 200كغم ، يطفو على سطح الماء احسب الجزء المغمور منه ، إذا علمت أن $ث_{ماء}$ = 10^3كغم/$م^3$

الحل :

بما أن الجسم طافٍ ، فإنه معلق ، أي أن الوزن الظاهري = صفراً .

الوزن الحقيقي = الطفو

ك جـ = ث ح جـ

$200\times10 = 10^3\times ح\times10$

$2\times10^3 = 1\times10^4$ ح

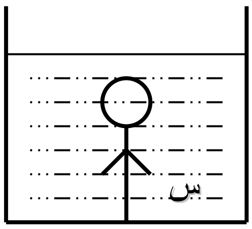
ح = 2×10^{-1} = 0.2$م^3$

مثال (4) :

كرة بلاستيكية مثبتة تحت سطح الماء بخيط مربوط إلى قعر الماء ، حجم الكرة 0.2$م^3$ ، الشد في الخيط 500 نيوتن . احسب

1) قوة الطفو 2) كثافة الكرة

3) إذا انقطع الحبل احسب تسارع الكرة



ح = 0.2$م^3$

س = 500 N

الشد في الخيط = محصلة القوة المؤثرة على الكرة .

محصلة القوة = الطفو – الوزن الحقيقي .

دائماً تتأثر الأجسام ذات الكثافة القليلة ، والتي تكون أقل من المائع الموجودة فيه بمحصلة قوة لأعلى .

1) الطفو = $ث_{مائع}$ح جـ = 10×0.2×1000 = 2000N

2) الوزن الحقيقي = $ث_{جسم}$ح جـ = $ث_{جسم}$×10×0.2 = 2 $ث_{جسم}$

500 = 2000 − 2 $ث_{جسم}$

1500 = 2 $ث_{جسم}$

$ث_{جسم}$ = 750كغم/م^3

3) ق3 = ك ت

= $ث_{جسم}$ح جـ

500 = 750×0.2×10×ت

500 = 1500 ث = 0.33م/ث^2

قاعدة آرخميدس في الغازات :

كل جسم مغمور في الهواء يتعرض لقوة طفو تدفعه لأعلى تساوي وزن الهواء المزاح ، وبالتالي يخسر من وزنه بقدر وزن الهواء المزاح .

تنطبق القوانين المعمول بها في الماء والسوائل ، تنطبق في الغازات .

مثال :

بالون حجمه 1500م^3 ، مملوء بالهيدروجين ، إذا كانت كثافة الهواء 1.3كغم/م^3 احسب

1) قوة الطفو .
2) الكتلة الإضافية التي يمكن حملها مع إهمال كتلة الغشاء .

ث للهيدروجين 0.09كغم/م^3

1) قوة الطفو = $ث_{هواء}$ح جـ

10×1500×1.3

= 19500 N

2) لحساب الكتلة الإضافية ، نحسب الوزن الإضافي

قوة الطفو = وزن الغاز + الوزن الإضافي + وزن البالون (الغشاء) (وهو مهمل)

قوة الطفو = $و_{الإضافي}$ + $ك_{الغاز} ج$ + صفر ← الغشاء (مهمل) .

قوة الطفو = $و_{الإضافي}$ + $ث_{غاز} ح ج$ + صفر الغشاء (مهمل) .

$19500 = و_{الإضافي} + 0.09 \times 1500 \times 10$

$و_{الإضافي} = 19500 - 1350 = 18150\ N$

الوزن = ك × جـ

$18150 = ك_{الإضافي} \times 10 \Longrightarrow ك_{الإضافي} = 1815$كغم

سؤال :

بالون أرصاد جوية حجمه 250 لتر ، مملوء بالهيليوم ، كثافته 0.178كغم/م^3 ، احسب مقدار قوة الطفو $ث_{هواء}$ 1.29كغم/م^3 إذا صعد إلى ارتفاع 500م ثم توقف ، ما مقدار كثافة الهواء عندها .

سؤال : خزان ماء على شكل متوازي مستطيلات طوله 2م وعرضه 1 وارتفاعه 1 اذا كان مملوءا بالماء احسب القوة المؤثرة في كل سطح من اسطح الخزان اذا كانت كثافة الماء 1000كغ/م3

سؤال : جسم حجمه 0.001م3 علق في نهاية ميزان نابضي فاصبح مغمورا في الماء فكانت قراءة الميزان 16.7 نيوتن احسب كثافة الجسم ؟

سؤال : قطعة خشب وزنها في الهواء 90 نيوتن وقطعة رصاص وزنها في الماء 130نيوتن اذا ربطت القطعتان معا واصبح وزنهما في الماء 100 نيوتن احسب كثافة الخشب ؟

تطبيقات على قاعدة آرخميدس :

1) السفينة / تطفو السفينة بسبب متوسط كثافتها القليل مقارنة مع كثافة الماء .

متوسط الكثافة $<<$ كثافة الماء

ويتم ذلك بعمل التجويف في باطنها .

تتساوى قوة الطفو مع وزنها الحقيقي ، فيصبح وزن الماء المزاح مساوياُ لوزنها ، أي يظل جزءاً من حجمها مغموراً في الماء .

2) الغواصة / تحتوي على حجرات يمكن إدخال الماء وتفريغه منها ، فإذا دخل الماء إليها زاد وزنها ونزلت في الماء ، وإذا تم إخراجه قل وزنها عن قوة الطفو ، وبالتالي ترتفع إلى أعلى .

3) البالون / يتم تسخين الهواء أو الغاز بداخله فيقل الوزن الكلي وبالتالي يرتفع إلى أعلى والعكس صحيح .

<u>**الفصل الثالث**</u>

<u>ميكانيكا الموائع المتحركة</u>

<u>المائع المثالي :</u>

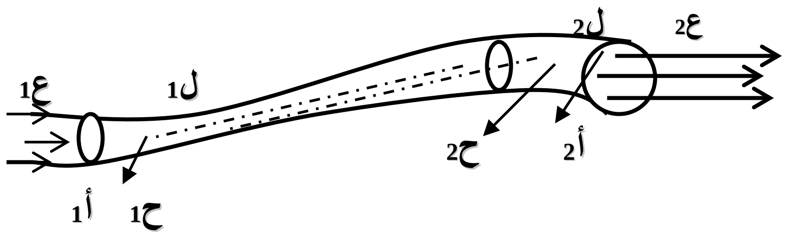
وصف لسلوك مائع معين يتميز بعدة صفات :

1. غير قابل للإنضغاط ، وبالتالي تبقى كثافته وحجمه ثابتين ، وكذلك درجة حرارته . {لا يعطى حرارة} .
2. عديم اللزوجة ، كل مائع يتكون من صفوف من الجزيئات ، تتحرك هذه الجزيئات مما يعطيه خاصية الجريان ، فإذا كانت هنالك قوة احتكاك بين صفوف الجزيئات تنشأ اللزوجة .
3. الجريان منتظم ، تنساب جزيئات المائع في خطوط ثابتة لا تتغير مع الجريان ، ولها عدة صفات :
   أ. سرعة الانسياب ثابتة ، إذا ظل المقطع ثابتاً .
   ب. الخطوط لا تتداخل أو تتقاطع .
   ج. إذا اقتربت الخطوط من بعضها زادت سرعة المائع وإذا ابتعدت قلت السرعة.
4. الجريان غير دوراني ، أن يكون جريان المائع غير دوراني ، فإذا تم وضع عجلة خفيفة في مجرى المائع ، فإذا دارت العجلة كان المائع دورانياً .

هآخجهغ ˇ غؤ مك لؤظك لثكى غبذ لهجهخ غىكضعيع ب .

معادلة الاستمرارية :

لنفرض أن مائعاً مثالياً يجري في أنبوب مختلف المقطع ، كما في الشكل



كمية المائع التي تدخل المقطع الأول يساوي كمية المائع الخارجة من المقطع الثاني .

كمية المائع الموجدة في الحجم ($ح_1$) يساوي كمية المائع الموجودة في ($ح_2$)

كل من ($ح_1$ /$ح_2$) هو اسطواني الشكل $\qquad$ $ح_1 = أ_1\ ل_1$

$ح_2 = أ_2\ ل_2$

$ك_1 = ك_2$

$ث\ ح_1\ جـ = ث\ ح_2\ جـ$

$ث\ أ_1 ل_1\ جـ = ث\ أ_2 ل_2\ جـ$ $\qquad$ $ل_1 = ع_1\ ز$

$ل_2 = ع_2\ ز$

$\cancel{ث}\ أ_1\ ع_1 \cancel{ز}\ \cancel{جـ} = \cancel{ث}\ أ_2\ ع_2 \cancel{ز}\ \cancel{جـ}$

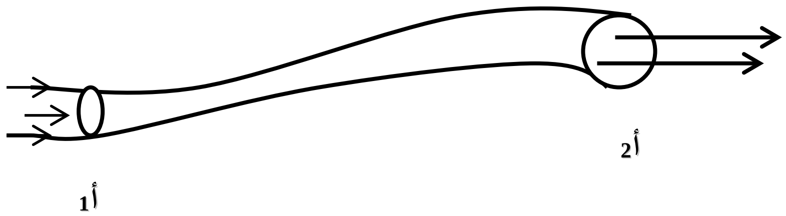
$$\mathbf{أ_1\ ع_1 = أ_2\ ع_2}$$

ويدعى أ ع / التدفق .

ووحدته $م^2.م/ث = م^3/ث$

معدل التدفق عبر أي مقطع من الأنبوب مقداراً ثابتاً .

مثال (1) :



يعبر سائل أنبوباً بسرعة 0.5م/ث ،
فإذا كان مساحة الأنبوب عندها 0.02م^2 ، فما سرعة السائل عند مساحة مقطع 0.025م^2 .

الحل :

أ$_1$ ع$_1$ = أ$_2$ ع$_2$

0.02 × 0.5 = 0.025 × ع$_2$

0.01 = 0.025 ع$_2$

ع$_2$ = 0.4م/ث .

مثال (2) :

يتدفق ماء بمعدل 0.5م^3/ث في خزان ، فمتى يمتلئ إذا كانت سعته 150م^3 .

الحل :

التدفق = أع

0.5م^3 ⟵ 1 ث

150م^3 ⟶ س

$\frac{150}{0.5}$ = 300 ث

أي بعد خمس دقائق .

سؤال :

اشتق معادلة الاستمرارية إذا كان المائع غير مثالي .

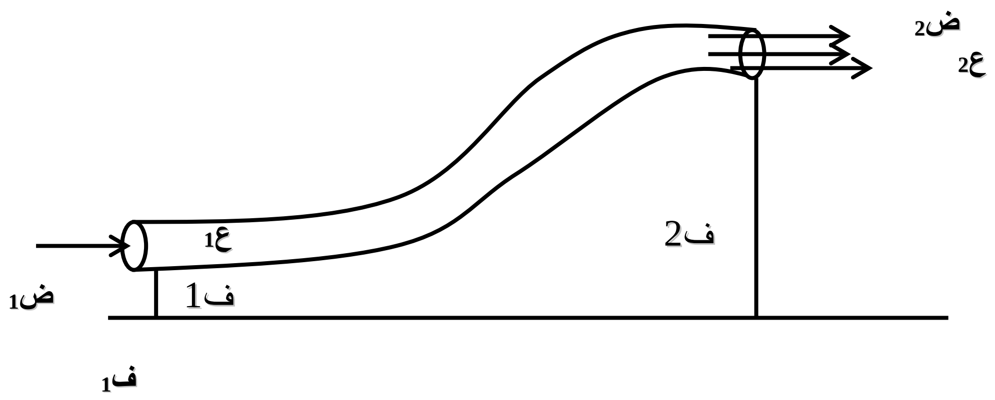
مبدأ برنولي :

علمت أن سرعة المائع تتغير حسب مساحة مقطع الأنبوب ، فإذا ضاق الأنبوب زادت السرعة ، وإذا زادت قلت السرعة ، أي يحدث تغير في طاقته الحركية ، فأين ذهب مقدار التغير في الطاقة .

إن مجموع طاقة الحركة والوضع لجسم ما يدعى :
بالطاقة الميكانيكية .

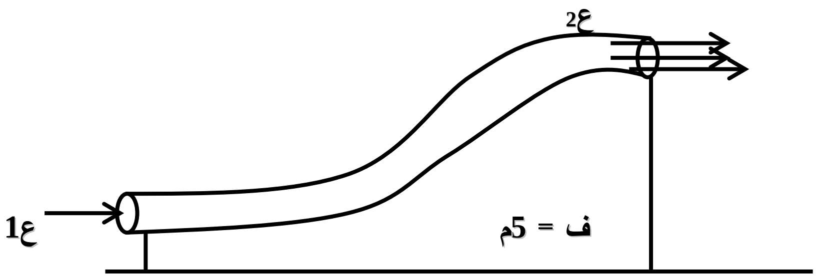
فإن أي زيادة في طاقة الحركة يقابله نقص في طاقة الوضع . فإذا كان الأنبوب أفقياً ، في هذه الحالة لا تغير في طاقة الوضع .

إن مجموع الضغط والطاقة الحركية لوحدة الحجوم وطاقة الوضع لوحدة الحجوم هو مقدار ثابت على طول مجرى المائع .



$$\text{ض}_1 + \frac{1}{2}\,\text{ث}\ \text{ع}_1^{\,2} + \text{ث ج ف}_1 \;=\; \text{ض}_2 + \frac{1}{2}\,\text{ث}\ \text{ع}_2^{\,2} + \text{ث ج ف}_1$$

مثال (1) :



يرتفع أنبوب عن الأرض مسافة 5م ، فإذا كان المائع يعبر الأنبوب بسرعة 3م/ث ، وبضغط مقداره 3×10^5 باسكال ، فما سرعة الماء عند خروجه من الأنبوب إذا كان الضغط 2.5×10^5 باسكال . (ث = 1000كغم/م^3) ض$_0$ = 1×10^5 باسكال

الحل :

$$\text{ض}_1 + \frac{1}{2}\,\text{ث ع}_1^{\,2} + \text{ث ج ف}_1 \;=\; \text{ض}_2 + \frac{1}{2}\,\text{ث ع}_2^{\,2} + \text{ث ج ف}_1$$

$$\cancel{1\times10}^5 + 3\times10^5 + \frac{1}{2}\times1000\times(3)^2 = \cancel{1\times10}^5 + 2\times10^5 + \frac{1}{2}\times1000\,\text{ع}_2^{\,2}$$

$$3\times10^5 + 4500 = 2\times10^5 + 500\,\text{ع}_2^{\,2} + 50000 + 5\times10\times1000$$

$$3\times10^5 + 4500 - 2\times10^5 - 50000 = 500\times\text{ع}_2^{\,2}$$

$$1\times10^5 - 45500 = 500\,\text{ع}_2^{\,2} \qquad \text{ع}_2^{\,2} = 109$$

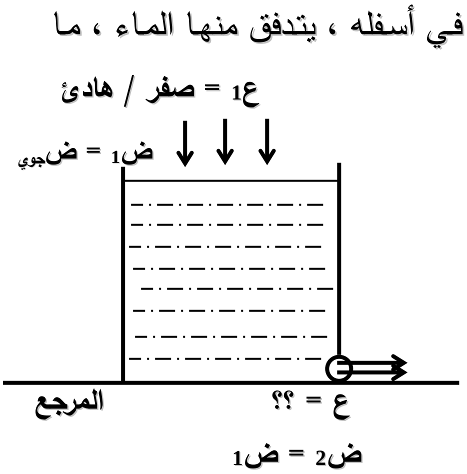
$$\text{ع}_2 = \sqrt{109} = 10.4\,\text{م/ث}$$

نلاحظ أنه عندما يقل الضغط تزيد سرعة المائع .

مثال (2) : خزان مكشوف الغطاء ، عمقه 1م توجد فتحة في أسفله ، يتدفق منها الماء ، ما سرعة التدفق .

الحل:

إذا كان الماء هادئاً في السطح كانت سرعته صفر



$$\cancel{\text{ض}}_1 + \frac{1}{2}\,\text{ث ع}_1^{\,2} + \text{ث ج ف}_1 \;=\; \cancel{\text{ض}}_2 + \frac{1}{2}\,\text{ث ع}_2^{\,2} + \text{ث ج ف}_1$$

$$\frac{1}{2} \times 1000 \times \therefore + 1000\times10\times5 \;=\; \frac{1}{2} \times 8000\ \text{ع}_2^{\,2} + \text{صفر}$$

$$5000 = 500\ \text{ع}_2^{\,2}$$

$$\text{ع}_2^{\,2} = 100$$

$$\text{ع}_2 = 10\ \text{م/ث}$$

هذه السرعة تدعى بسرعة الانبجاس .

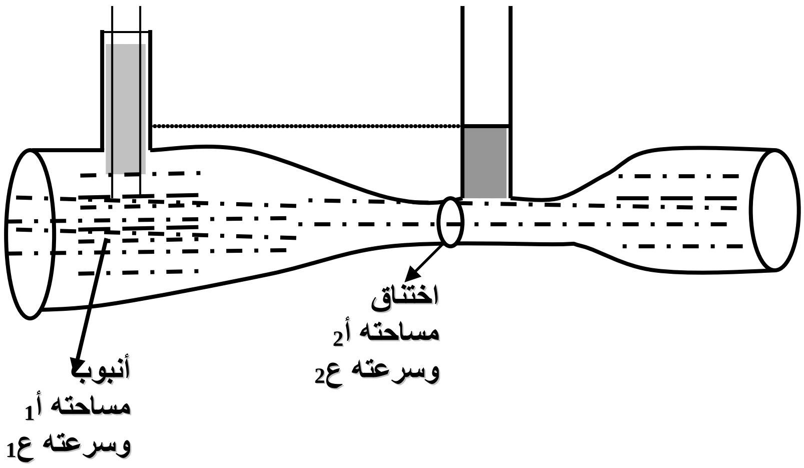
لاحظ أن الضغطتين في النقطتين متساوياً .

أما إذا كان الخزان مغلق عندهما يدخل ضغط الهواء فوق سطح الماء بالاعتبار .

من الأمثلة والتطبيقات على هذه الحالة السد . بحيث يخرج الماء من فتحات في جدار السد بسرعة الانبجاس .

<u>مقياس فنتوري :</u>

جهاز أو أداة تقيس سرعة المائع في أنبوب معين وفق تأثير فنتوري ، الذي ينص على أنه إذا ضافت مساحة مقطع جريان مائع تزداد سرعته ويقل ضغطه ، وإذا اتسع الجريان قلت سرعته وزاد ضغطه .



لاحظ أن عند الاختناق ، تكون سرعة المائع كبيرة وضغطه قليل "مستوى الماء قليل في الأنبوب الرفيع" العمودي وفي الأنبوب الواسع سرعة المائع قليلة وضغطه عالٍ مما يرفع مستوى المائع في الأنبوب الرفيع العمودي الآخر .

بتطبيق مبدأ برنولي :

$$\text{ض}_1 + \frac{1}{2}\,\text{ث}\,\text{ع}_1^{\,2} + \cancel{\text{ث جـ ف}_1} \;=\; \text{ض}_2 + \frac{1}{2}\,\text{ث}\,\text{ع}_2^{\,2} + \cancel{\text{ث جـ ف}_1}$$

1) الأنبوب أفقي / لا تغير في طاقة الوضع .

$$\text{ض}_1 - \text{ض}_2 \;=\; \frac{1}{2}\,\text{ث}\,\text{ع}_2^{\,2} - \frac{1}{2}\,\text{ث}\,\text{ع}_1^{\,2}$$

$$\Delta\,\text{ض} \;=\; \frac{1}{2}\,\text{ث}\,(\text{ع}_2^{\,2} - \text{ع}_1^{\,2})$$

Δ ض = التغير في الضغط ويساوي ضغط عمود الماء بين مستويين الأنبوبين

من السابق $\Delta\,\text{ض} = \text{ث جـ ف}$

$$\cancel{\text{ث}}\,\text{جـ ف} \;=\; \frac{1}{2}\,\cancel{\text{ث}}\,(\text{ع}_2^{\,2} - \text{ع}_1^{\,2})$$

$$\text{ع}_2^{\,2} - \text{ع}_1^{\,2} \;=\; 2\,\text{جـ ف}$$

وبتطبيق معادلة الاستمرارية $\text{أ}_1\text{ع}_1 = \text{أ}_2\text{ع}_2$

يمكن إيجاد أياً من سرعة المائع في الأنبوب (ع_1) أو سرعته في الاختناق (ع_2)

$$\text{ع}_1 \;=\; \text{أ}_2\sqrt{\frac{2\,\text{جـ ف}}{(\text{أ}_1^{\,2} - \text{أ}_2^{\,2})}}$$

$$\text{ع}_2 \;=\; \text{أ}_1\sqrt{\frac{2\,\text{جـ ف}}{(\text{أ}_1^{\,2} - \text{أ}_2^{\,2})}}$$

مثال (1) :

أنبوب مساحة مقطعه 40سم^2 ، ينقل زيتاً كثافته 0.8غم/سم^3 ، يوجد فيه اختناق مساحته 25سم^2 ، يـراد قيـاس سـرعة الزيـت فـي الأنبـوب (ع_1) فـإذا كانـت قـراءة الضـغط الأول 2.34×10^5 باسكال ، والثاني 2.24×10^5 باسكال ، فما سرعة المائع في الأنبوب .

الحل :

$$\underbrace{\left(\text{ض}_1 + \frac{1}{2}\,\text{ث}\,\text{ع}_1^2\right)}_{\text{\{الأنبوب\}}} = \underbrace{\left(\text{ض}_2 + \frac{1}{2}\,\text{ث}\,\text{ع}_2^2\right)}_{\text{\{الاختناق\}}}$$

$\text{ع}_2 = ؟؟$

$\text{أ}_1\text{ع}_1 = \text{أ}_2\text{ع}_2$

$40\text{ع}_1 = 25\text{ع}_2 \qquad \text{ع}_2 = \frac{40}{25}\,\text{ع}_1$

يجب تحويل الكثافة من غم/سم^3 إلى كغم/م^3

$$\frac{0.8\ \text{غم}}{\text{سم}^3} = \frac{0.8}{1000} \div \frac{1}{(100)^3}$$

$$\frac{0.8}{\cancel{1000}} \times \frac{100\cancel{0000}}{1} = 800\ \text{كغم/م}^3$$

$$2.34\times10^5 + \frac{1}{2}\times800\times\text{ع}_1^2 = 2.24\times10^5 + \frac{1}{2}\times800\times\text{ع}_2^2$$

$$2.34\times10^5 + 400\text{ع}_1^2 = 2.24\times10^5 + 400\text{ع}_2^2$$

$$2.34\times10^5 + 400\text{ع}_1^2 = 2.24\times10^5 + 400\left(\frac{40}{25}\,\text{ع}_1\right)^2$$

$$2.34\times10^5 - 2.24\times10^5 = 400 \times \frac{1600}{625}\,\text{ع}_1^2$$

$$0.1\times10^5 = 1024\ \text{ع}_1^2$$

$$\text{ع}_1^2 = 9.76$$

$$\text{ع}_1 = 3.125\ \text{م/ث}$$

مثال (2) :

ما سرعة المائع في الاختناق في المثال السابق ؟

الحل :

$أ_1 ع_1 = أ_2 ع_2$

$40 \times 3.125 = 25 \times ع_2$

$ع_2 = \frac{40 \times 3.125}{25}$

$= 5$ م/ث

من التطبيقات الأخرى على مبدأ برنولي :

1) المرذاذ { بخاخ العطر ، الماء } .
2) المازج في السيارة (الكاربوريتر) .
3) قوة الرفع في الطائرة .

الاسئلة :

سؤال : مضخة تضخ الماء من البحر عبر انبوب قطره 28سم الى خزان يرتفع عن مستوى البحر 6م اذا كان قطر فتحة الانبوب الذي يصب في الخزان 14سم وكان معدل الضخ 2.4م3/دقيقة

1- احسب سرعة الماء عند دخوله الانبوب وخروجه منه؟

2- احسب ضغط الماء عند دخوله الانبوب ؟ اعتمد ان الضغط الجوي = 10^5 باسكال ؟

سؤال : اذا كانت سرعة الماء في الانبوب في مقياس فنتوري 0.1 م/ث ونصف قطر تلك الانبوب 2سم ونصف قطر الاختناق 1سم وكثافة الماء 1000كغم/م3 احسب

1- الانخفاض في ضغط الماء

2- سرعة الماء في الاختناق

الوحدة الثانية

خصائص كهربائية

الفصل الأول

الكهرباء السكونية

أولاً : التكهرب

عندما ندلك قضيب من البلاستيك بقطعة من الصوف تصبح له القدرة على جذب قصاصات ورق صغيرة ، نقول أن القضيب أصبح مشحوناً .

إن عملية شحن القضيب البلاستيكي تسمى التكهرب ، فكيف يتم ذلك ؟

إن الشحنة الكهربائية هي خاصية من خواص المواد كالكتلة .

نعلم أن المادة تتكون من ذرات ، وكل ذرة تحوي إلكترونات وبروتونات ، والإلكترونات تتحرك حول البروتونات الموجودة في النواة .

عندما ندلك القضيب البلاستيكي بالصوف ، تكتسب الإلكترونات الموجودة في ذرات الصوف طاقة تمكنها من الإفلات فتصبح شحنة الصوف موجبة ، تنتقل هذه الإلكترونات إلى البلاستيك فتصبح شحنة سالبة .

إن مقدار الشحنة السالبة التي شحن بها جسم هي نفسها مقدار الشحنة الموجبة التي شحن بها الجسم الأخر .

بما أن الإلكترونات هي التي تتسبب في شحن الجسم ، فإن أقل شحنة يمكن أن يُشحن بها الجسم هي شحنة الإلكترون الواحد . لا يمكن أن تكون هنالك شحنة أقل من شحنة الإلكترون أو عدداً كسرياً ، وهذا يعني أن الشحنة مكماة . { تكميم الشحنة }

تعتمد عملية شحن جسم على مدى ارتباط إلكترونات الذرة بالنواة .

من الظواهر على التكهرب :

1) نزع بلوزة صوفية / سماع صوت طقطقة .
2) السير على سجادة / ومسك مقبض الباب المعدني .
3) البرق / وهو تفريغ بين الشحنات الموجبة والسالبة في الغيوم .

إن تيارات الهواء الصاعدة هي التي تحتك بقطرات الماء وتشحنها

سؤال :

هل هنالك ظواهر أخرى للتكهرب ؟

ثانياً : المواد الموصلة والعازلة :

1) المواد الموصلة :

تلك المواد التي تتحرك من خلالها الشحنات وهي :

أ. المواد الفلزية كالحديد ، لاحتوائها على إلكترونات حرة .

ب. المحاليل الكهرلية ، كمحلول ملح الطعام لاحتوائه على أيونات موجبة وأخرى سالبة .

2) المواد العازلة :

تلك المواد التي لا تتحرك من خلالها الشحنات مثل البلاستيك ، الخشب .

3) اشباه الموصلات :

تلك التي تقع بين المواد الموصلة والعازلة مثل الجرمانيوم ، والسيلكون .

ملاحظة : الكربون هو العنصر اللافلزي الذي تتحرك فيه الشحنات {موصل} .

ثالثاً : طرق الشحن :

1) الدلك :

فرك البلاستيك بالصوف .

فرك الزجاج بالحرير .

2) اللمس (التوصيل) :

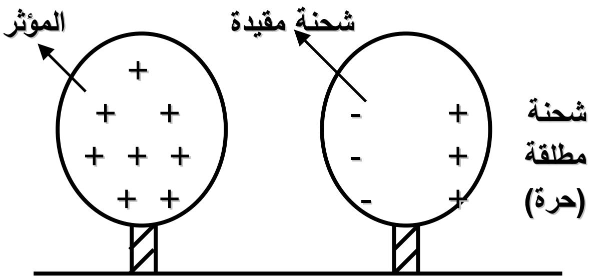
كيف يمكن شحن موصل ، هل يمكن شحنه بدلكه بالصوف كما مع البلاستيك الواقع :
لا ، لا نستطيع بالدلك ، وبذلك يمكن أن نشحنه بطريقة أخرى .

شحن جسم بالدلك وملامسته بالموصل فتنتقل الشحنة إلى الجسم الموصل .

إذا تلامس موصلان متماثلان بالشكل والحجم ومساحة السطح وكان أحدهما مشحوناً ، فإن الشحنة بعد التوصيل ستكون متساوية على كل منها .
{ كل منها يأخذ نصف الشحنة } .

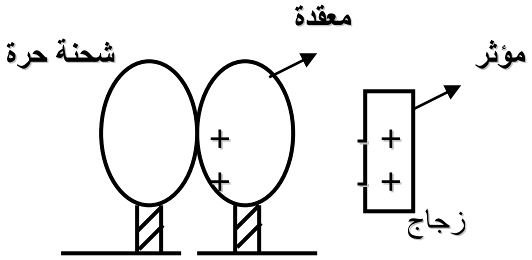
3) التأثير :

بتقريب جسم مشحون من موصل غير مشحون دون ملامسته ، فتنشأ شحنة تأثيرية معاكسة في النوع بالقرب من المؤثر .

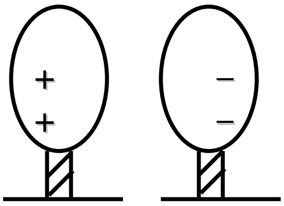


مثال (1) :

أعطيت كرتان متماثلتان ، غير مشحونتان ويراد شحنهما بشحنتين مختلفتين ، نأتي بشحنة موجبة مثلاً مثل قضيب زجاجي مدلوك بالحرير وتقريبه من الكرتان من أحد الجانبين كما في الشكل



إن الكرة القريبة من الزجاج تتشحن بشحنة سالبة والكرة الأخرى موجبة إبعاد الكرتين بوجود المؤثر عن بعضهما .



وحدة الشحنة :

تقاس الشحنات بوحدة الكولوم نسبة للعالم كولوم الذي بحث في قوى التجاذب والتنافر بين الشحنات .

خصائص الشحنات الكهربائية :

الشحنات المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب .

رابعاً : قانون كولوم :

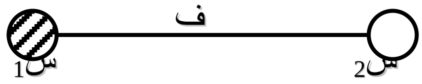
وجد العالم شارل كولوم أن الشحنات الكهربائية تتبادل بقوى تجاذب أو تنافر وهذه القوى تعتمد على :

1) مقدار الشحنة الكهربائية الأولى والثانية . / طردياً

ق $\propto$ س$_1$ س$_2$

تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بينهما .

ق $\propto$ $\frac{1}{ف^2}$



ق $\propto$ $\frac{س_1 س_2}{ف^2}$

ووجد كولوم أن التناسب يعتمد على الوسط الموجود فيه كل من الشحنات .

ق $\propto$ $\frac{س_1 س_2}{ف^2}$ أ ثابت التناسب ويعتمد على سماحية الوسط

أ = $\frac{1}{4 \pi \Sigma}$

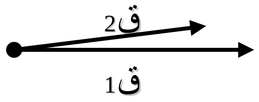
Σ. سماحية الوسط وتدعى بِ "أبسلوم نود"

وهي للفراغ = 8.85×10^{-12} كولوم^2/نيوتن.م^2

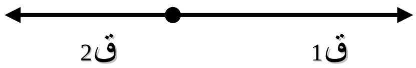
إن القوة هي كمية متجهة ، لها قيمة واتجاه

<u>**حالات محصلة القوى :**</u>

1) Σ ق = ق$_1$ + ق$_2$

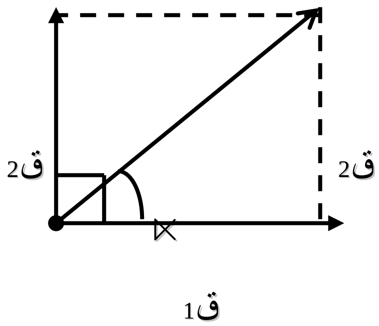


2) ح = ق1 + ق2



المحصلة هي باتجاه الأقوى ، وهي حاصل طرحهما .

3)



المحصلة هي :

نكمل الشكل الرباعي ، ويكون اتجاهها مع القطر

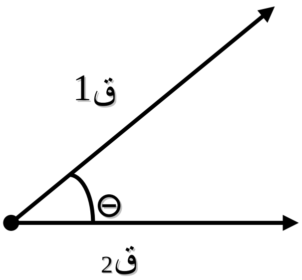
ح = $\sqrt{\text{ق}_1 + \text{ق}_2}$ / فيتاغورس

اتجاه المحصل يكون ظل الزاوية المحصورة بين المحصلة واتجاه إحدى القوتين

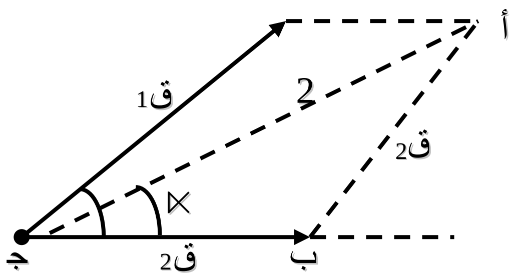
ظا ⋉ = $\frac{\text{ق}_2}{\text{ق}_1}$

ويمكن معرفة ⋉ من الجداول الخاصة .

4)



عندما تكون الزاوية θ / حادة أو منفرجة

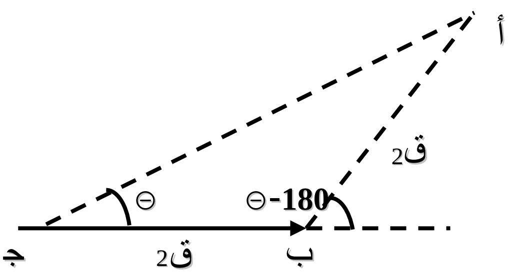


$$\text{ح}^{/} = \sqrt{\text{ق}_1^2 + \text{ق}_2^2 + 2\,\text{ق}_1\,\text{ق}_2\ \text{جتا}\ \theta}$$

أما اتجاه المحصلة ، كما في بند رقم (3)

لكن تنطبق قانون لامي في المثلثات

نأخذ المثلث أ ب ج



والتي تنص على أن

$$\frac{\text{الضلع}_1}{\text{جا الزاوية المقابلة له}} = \frac{\text{الضلع}_2}{\text{جا الزاوية المقابلة له}}$$

$$\frac{ح}{جا\ 180 - \Theta} = \frac{ق_1}{جا\ \ltimes}$$ وبالضرب التبادلي يمكن معرفة $\ltimes$.

مثال (1) :

شحنتان نقطيتان الأولى 3×10^{-12} كولوم والأخرى -6×10^{-12} والمسافة بينهما 20سم . فما القوة المتبادلة .

ف = 20سم

$س_1$ **3×10^{-12}** ——— **$س_2$** **-6×10^{-12}**

$$ق = \frac{أ\ س_1\ س_2}{ف^2}$$

$$أ = \frac{1}{4\ \pi\ \Sigma.} = \frac{1}{4\times3.14\times8.85\times10^{-12}} = 9\times10^{9}$$

أي يمكننا أن نكتب القانون بالصورة العامة

$$\overline{ق_{21}} = \frac{9\times10^{9}\ س_1 س_2}{ف^2}$$

$\overline{ق_{21}}$ ⟵ القوة المؤثرة من الشحنة الأولى على الثانية

$$\overline{ق_{12}} = \frac{9\times10^{9}\times س_1 س_2}{ف^2}$$

القوة من الشحنة الثانية على الأولى

يمكننا معرفة القوة ما إذا كانت تجاذب أو تنافر :

① إذا كانت الإشارة في الجواب سالبة / تكون تجاذب

$$ق^{/} = \frac{9\times10^{9}\times(+س_1)\,(-س_2)}{ف^2} = \frac{9\times10^{9}\times3\times10^{12}\times(-6\times10^{-12})}{\left(\frac{20}{100}\right)^2}$$

لاحظ حولت المسافة إلى التر

$$= \frac{9\times10^{9}\times3\times10^{12}\times-6\times10^{-12}}{(0.2)^2} = \frac{-162\times10^{-15}}{0.04}$$

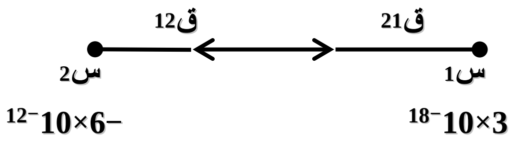
$$= -\frac{162\times10^{-15}}{4\times10^{-2}} = -\frac{162\times10^{-15}\times10^{2}}{4}$$

$$-40.5\times10^{-13}\ N$$

معناها تجاذب .

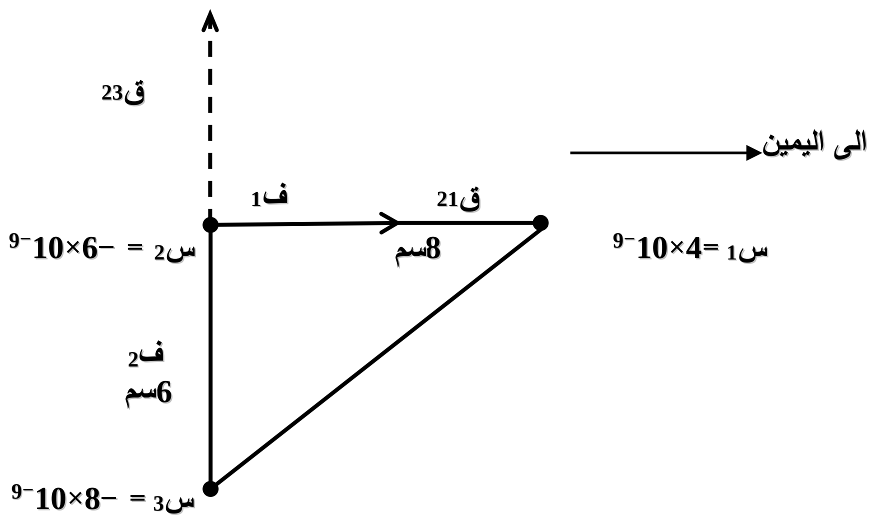
كذلك القوة $\overline{ق_{12}} = \frac{9\times10^{9}\times س_1 س_2}{ف^2} = -40.5\times10^{13}\ N$

② كذلك يمكن معرفة تجاذب أو تنافر بوضع سهم على امتداد الخط الواحد بين الشحنتين .



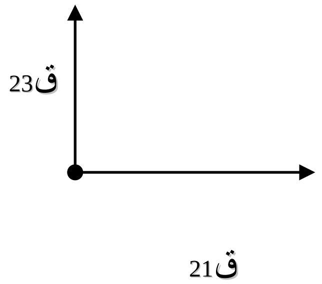
مثال (2) :

احسب القوة المؤثرة على $س_2$ كما في الشكل .



لاحظ أن ق$_{23}$ تنافر / وتكون على امتداد الخط بين س$_3$ و س$_2$

يصبح الشكل



$$ق_{12} = \frac{9\times10^{9} \times س_1 س_2}{ف_1^{2}} = \frac{9\times10^{9} \times 4\times10^{-9} \times 6\times10^{-9}}{\left(\frac{8}{100}\right)^{2}}$$

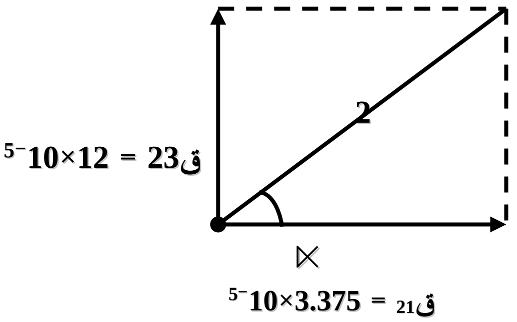
$$= \frac{9\times10^{9} \times 4\times10^{-9} \times 6\times10^{-9}}{(0.2)^{2}} = \frac{216}{64} \times 10^{-9} \times 10^{4}$$

$$3.375\times10^{-5}\ N$$

$$ق_{23} = \frac{9\times10^{9} \times س_1 س_2}{ف_2^{2}} = \frac{9\times11^{9} \times 6\times10^{-9} \times 8\times10^{-9}}{\left(\frac{6}{100}\right)^{2}}$$

$$= \frac{9\times10^{9} \times 6\times10^{-9} \times 8\times10^{-9}}{36\times10^{-4}} = \frac{432 \times 10^{-9} \times 10^{4}}{36}$$

$$\underline{\underline{12 \times 10^{-5}\ N}}$$



ق23

$$ح^{/} = \sqrt{ق_{21}^{2} + ق_{23}^{2}} \qquad ح = \sqrt{(3.375\times10^{-5})^{2}}$$

$$\text{ح}^{/} = \sqrt{11.4\times10^{-10} + 144\times10^{-10}}$$

$$\text{ح}^{/} = \sqrt{156\times10^{-10}}$$

$$\text{ح}^{/} = 12.48\times10^{-5}\ N$$

$$\text{ظا}\ \theta = \frac{\text{ق}_{23}}{\text{ق}_{21}}$$

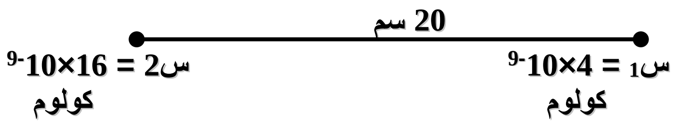
$$= \frac{12\times\cancel{10^{-5}}}{3.375\times\cancel{10^{-5}}} = 3.55$$

$$\theta = \text{ظا}^{-1}\ 3.55 \qquad \theta = \underline{74.2}\ \text{درجة}$$

مثال (2) :

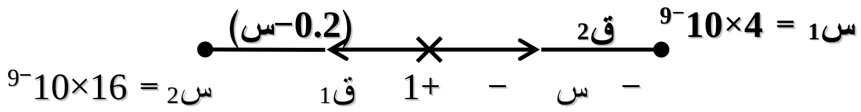
حساب نقطة التعادل بين شحنتين متماثلتين في النوع .

احسب نقط التعادل في الشكل .



الحل :

نفرض وجود شحنة مقدارها +1 كولوم في مكان ما بين الشحنتين ، على بعد (س) من إحداهما .



لاحظ حولنا المسافة إلى م .

التعادل معناها أن القوّتين متساويتين ومتعاكستين في الاتجاه

$$\text{ق}_1 = \text{ق}_2$$

$$\frac{9\times10^{9}\times4\times\text{س}_1\times(+1)}{\text{س}^2} = \frac{9\times10^{9}\times\text{س}_2\times(+1)}{(0.2-\text{س})^2}$$

$$\underline{9\times10^{9}\times4\times10^{9}\times1} = \underline{9\times10^{9}\times16\times10^{9}}$$

$$\text{س}^2 \qquad\qquad (0.2-\text{س})^2$$

ونأخذ الجذر للطرفين واختصار المتماثل

$$\frac{\cancel{9\times10^{9}}\times4\times10^{9}}{\text{س}^2} = \frac{\cancel{9\times10^{9}}\times16\times10^{9}}{(0.2-\text{س})^2}$$

$$\sqrt{\frac{4}{\text{س}^2}} = \sqrt{\frac{16}{(0.2-\text{س})^2}}$$

$$\frac{2}{\text{س}} = \frac{4}{(0.2-\text{س})}$$

وبالضرب التبادلي :

$$4\text{س} = 2(0.2-\text{س})$$

$$4\text{س} = 0.4 - 2\text{س}$$

$$6\text{س} = 0.4 \qquad \text{س} = 0.067 \text{ م}$$

$$\text{س} = 6.7\text{سم} .$$

<u>ملاحظة :</u>

إذا كانت الشحنتان مختلفتين في النوع تكون النقطة خارج الخط الواصل بينهما وبالقرب من الصغرى .

من هنا يمكن تعريف الكولوم بالتالي :

*** **إذا كان لدينا شحنتان مقدار كل منهما 1 كولوم والبعد بينها 1م وموجودتان في الفراغ فإنهما ستتبادلان بقوة مقدارها 9×10^{9} N**

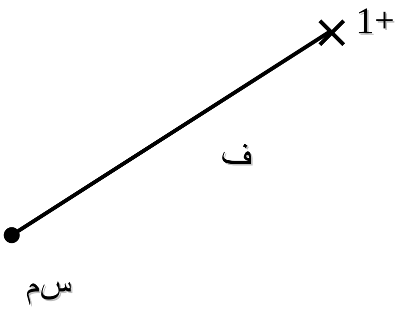
<u>خامساً : المجال الكهربائي :</u>

المجال الكهربائي : المنطقة المحيطة بالشحنة والتي تظهر فيها آثار القوة الكهربائية .

شدة المجال الكهربائي :

هنالك تعريف آخر للمجال الكهربائي :

مقدار القوة المؤثرة على وحدة شحنات موجبة (+1) .



$$\vec{م} = \frac{9\times10^{9} \times س_2 \times +1}{ف^2}$$

ووحدتها N 1 كولوم .

كذلك = $\vec{م} = \frac{ق}{س}$

مثلها مثل القوة هي كمية متجهة .

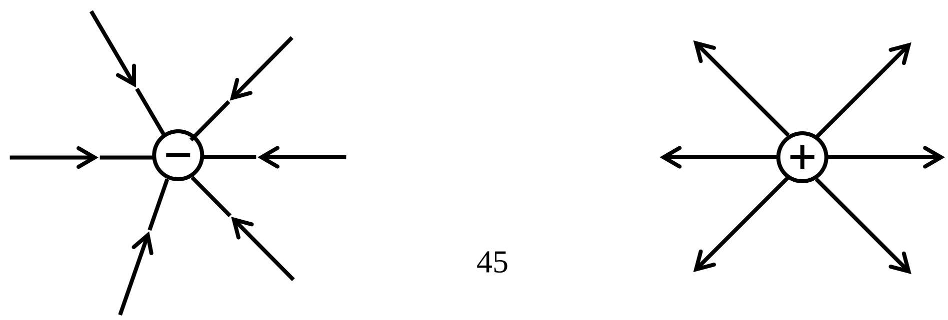
أما اتجاه المجال ، فهو حركة وحدة الشحنات الموجبة .

فلو افترضنا أن (+1) كولوم وضعت بالقرب من شحنة مركزية موجبة ، فإنه تبتعد عنها .

وأما إذا كانت سالبة فإنها ستتحرك باتجاهها

أي

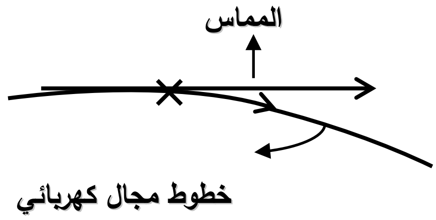
هي خطوط وهمية خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة في الشحنة السالبة .



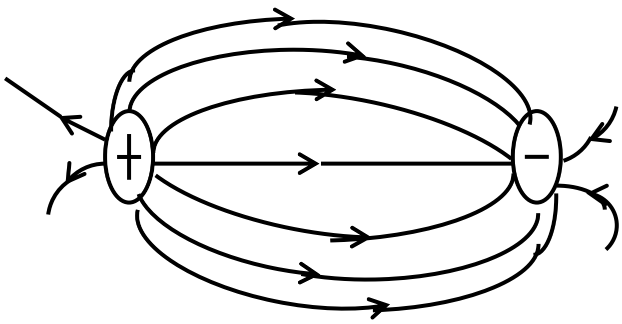
خطوط المجال الكهربائي

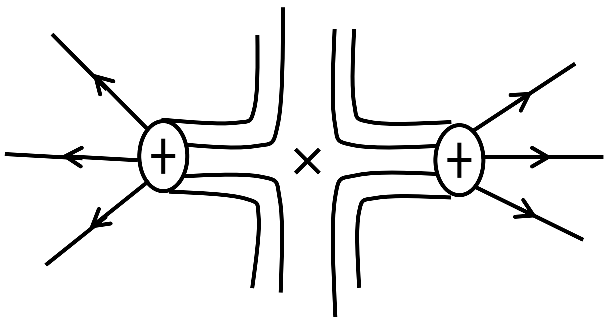
<u>خصائص خطوط المجال الكهربائي :</u>

1) خطوط خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة في السالبة .
2) خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع .
3) تزداد عدد الخطوط بزيادة كمية الشحنة وبالتالي يزداد المجال .
4) إذا كانت الخطوط منحنية ، فإن اتجاه المجال يكون اتجاه المماس عند نقطة .

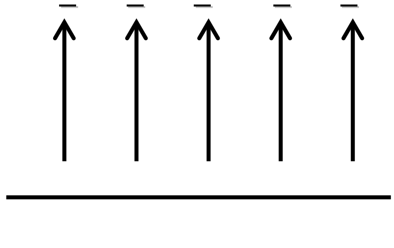


<u>أشكال خطوط المجال الكهربائي :</u>





مجال منتظم .



+ + + + +

المجال المنتظم ينجم عن لوحين متوازيين مشحونين بشحنتين مختلفتين ، ويمتاز هذا المجال أنه :

1) مقداراً ثابتاً عند أي نقطة .
2) المسافة بين الخطوط متساوية .
3) الخطوط مستقيمة وعمودية على اللوحين .

مثال (1) :

احسب القوة المؤثرة على شحنة مقدارها -4×10^{9} كولوم موجودة في مجال كهربائي شدته 4×10^{-5} N كولوم .

الحل :

ق = $\xleftarrow[\rho]{}$ × س

$= 4\times10^{-5} \times -4\times10^{9}$

$= -16\times10^{4+}$ N . (تجاذب) .

مثال (2) :

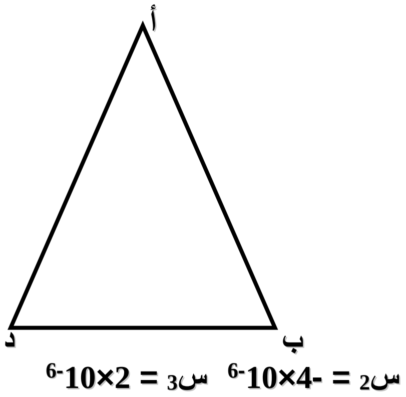
أ ب د مثلث متساوي الأضلاع (ضلعه 10سم) وضعت على رؤوسه الشحنات (−5 ، +4 ، +2) ميكروكولوم على الترتيب احسب :

1) القوة المؤثرة على النقطة (د) .
2) شدة المجال عند منتصف (أ ب) .

ملاحظة ، المكروكولوم هو 10^{-6} كولوم .

الحل :

س$_1$ = -5×10^{-6}



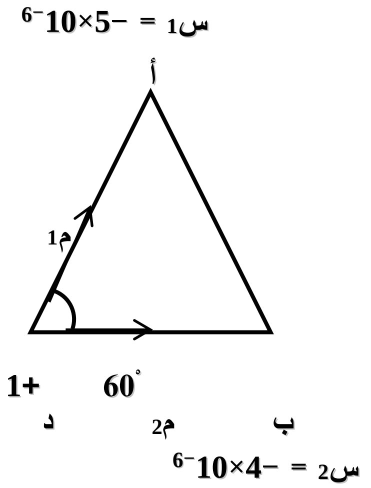
1) القوة المؤثرة على النقطة (د)

هي القوة المؤثرة على الشحنة $+2\times10^{-6}$

يمكن ذلك حلها بقانون كولوم السابق الذكر .

ويمكن حساب المجال عند (د) .

نفرض وجود شحنة عند (د) مقدارها (+1)



Error! Bookmark not defined.

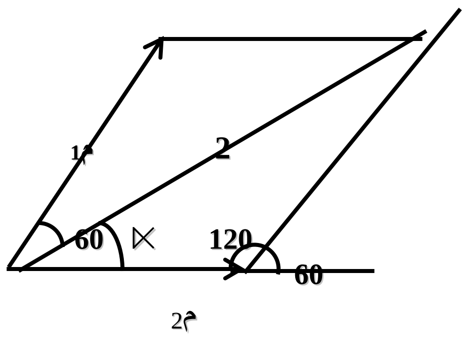
لاحظ اتجاه كل من المجالين .

$$\text{م}_1 = \frac{9\times10^{9}\times \text{س}_1}{\text{ف}^2} = \frac{9\times10^{9}\times5\times10^{-6}}{\left(\frac{10}{100}\right)^2} = \frac{9\times10^{9}\times5\times10^{-6}}{0.01}$$

$= 45\times10^{5}$ N كولوم

$$\text{م}_2 = \frac{9\times10^{9}\times \text{س}_2}{\text{ف}^2} = \frac{9\times10^{9}\times4\times10^{-6}}{\left(\frac{10}{100}\right)^2}$$

= 36×10^{5} N كولوم



لاحظ الزاوية 60° / متساوي الأضلاع

ح = $\sqrt{م_1^2 + م_2^2 + 2\ م_1 م_2\ جتا\ \theta}$

= $\sqrt{(45\times10^{5})^2 + (36\times10^{5})^2 + 2\times45\times10^{5}\times36\times10^{5} \times جتا\ 60}$

لاحظ جتا 60 = $\frac{1}{2}$

ح = $\sqrt{2.25\times10^{10} + 1296\times10^{10} + 1620\times10^{10}}$

= $\sqrt{4941 \times 10^{10}}$

= 40.3×10^{5} N / كولوم

الآن ق = م × س

= $70.3\times10^{5} \times 2\times10^{-6}$

= 14.06 N

الاتجاه :

$\frac{ح}{\quad} = \frac{م_1}{\quad}$

جا 120   جا⋉

$\frac{70.3\times10^{5}}{\text{جا }120} = \frac{45\times10^{5}}{\text{جا}⋉}$

جا⋉ = $\frac{\text{45 جا 120}}{70.3} = \frac{38.97}{70.3}$

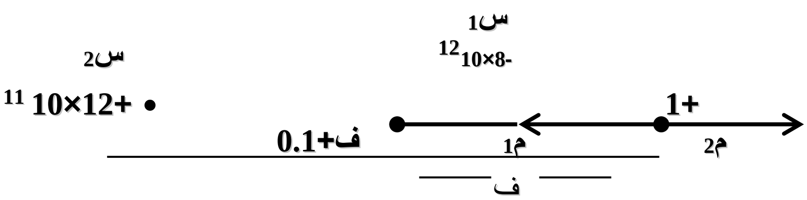
= 0.55

⋉ = جا$^{-1}$ 0.55 ومن الجدول نحول أن

⋉ = 33.3 $^{\text{درجة}}$

مثال (2) :

شحنتان نقطيتان ، الأولى −8×10^{-12} كولوم ، والثانية 12×10^{-11} كولوم ، المسافة بينهما 10سم ، أين تقع نقطة التعادل "وهي التي ينعدم عندها المجال " .



بما أن الشحنتان مختلفتان في النوع فإن نقطة التعادل خارجاً وبالقرب من الأصغر .

م1 = م2

$$\frac{9\times10^{5} \times 8\times10^{-12}}{\text{ف}^{2}} = \frac{9\times10^{5} \times 12\times10^{-12}}{(\text{ف}+0.1)^{2}}$$

وكما في المثال السابق ، نأخذ الجذرين

$$\frac{\sqrt{8}}{\text{ف}} = \frac{\sqrt{12}}{\text{ف}+0.1}$$

$$\frac{2.83}{\text{ف}} = \frac{3.46}{\text{ف}+0.1}$$

$$2.83\text{س} + 0.283 = 3.46\text{س}$$

$$0.283 = 0.36\ \text{ف}$$

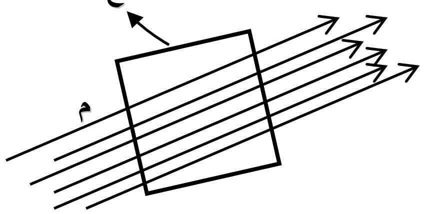
$$\text{ف} = 0.45\ \text{م}$$

$$\text{ف} = 45\text{سم}$$

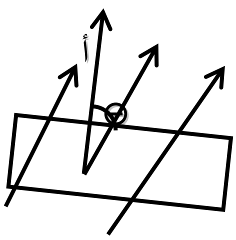
نقطة التعادل ⇐ هي النقطة التي ينعدم عندها المجال الكهربائي

سادساً : التدفق الكهربائي :

يُعرف التدفق الكهربائي بأنه عدد خطوط المجال الكهربائي العابرة مساحة معينة . / (سطح معين) .



يكون التدفق أكبر ما يمكن عندما تكون الخطوط عمودية على مستوى السطح .
أو موازية على العمودي على المستوى (أ) .
ملاحظة : المساحة هي كمية متجهة ، وهي عبارة عن خط يكون خارجاً من السطح باتجاه الناظر ، ويرمز له بالرمز (أ) .

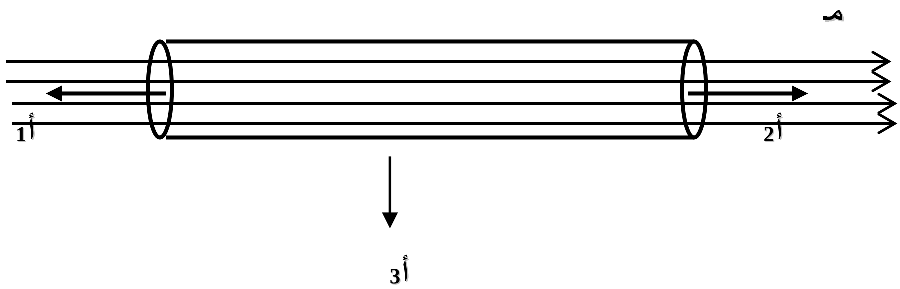


$$\Phi = \text{م أ جتا } \Theta$$

ϕ $\Longleftarrow$ التدفق ويطلق عليها فاي

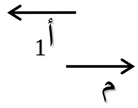
مثال (1) :

اسطوانة موجودة في مجال كهربائي منتظم ، احسب التدفق الكهربائي على سطحها .



هنالك ثلاثة أسطح للاسطوانة / القاعدتين والجانبية .

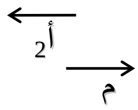
$\Phi_1 =$ م أ$_1$ جتا Θ



$\Theta = 180^\circ$

$\Phi_1 =$ م أ$_1$ جتا 180 $=$ −م أ$_1$ (جتا 180 = −1)

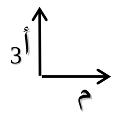
$\Phi_2 =$ م أ$_2$ جتا Θ



$\Theta = \therefore$

$\Phi_2 =$ م أ$_2$جتا $\therefore$ $=$ م أ$_2$

$\Phi_3 =$ م أ$_3$ جتا Θ



$\Theta = 90$

= صفر (جتا 90 = صفر)

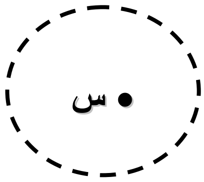
أ$_1$ = أ$_2$ = أ (متساويتين)

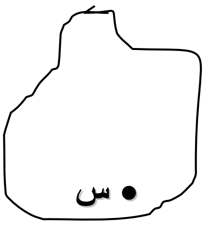
$\Phi_{\text{كلي}} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3$ = مأ + مأ + صفر = صفر

سابعاً : قانون غاوس :

وجد غاوس أن التدفق الكهربائي هو مقدار ثابت يعتمد فقط على الوسط الموجودة فيه. وعلى مقدار الشحنة .

تخيل غاوس أن سطحاً يغلف الشحنة بحيث تخترقه جميع الخطوط الناجمة عن الشحنة . وقد وجد أن مقدار التدفق هو مقدار ثابت ، لا يعتمد على المسافة .





$$\Phi = \frac{\text{س}_{\text{كلية}}}{\Sigma_{\bullet}} \qquad \Phi = \frac{\text{س}_{\text{كلية}}}{\Sigma_{\bullet}}$$

لاحظ لا يعتمد على شكل السطح المغلق .

مثال (1) :

شحنة مقدارها 8.85×10^{-9} كولوم ، ما مقدار التدفق عبر سطح مساحته 25سم^2 ، وسطح آخر مساحته 35سم^2 إذا كان الفراغ هو الوسط .

{السطحان يغلفان الشحنة} .

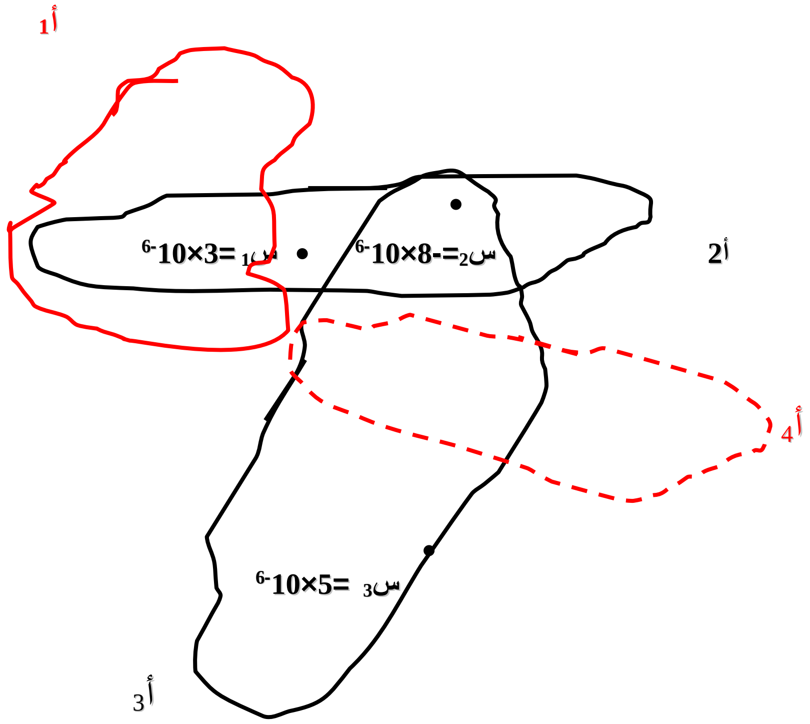
الحل :

بما أن السطحين يغلقان الشحنة

$$\Phi_1 = \Phi_2 = \frac{\text{س كلية}}{\varepsilon_0} = \frac{8.85\times10^{-9}}{8.85\times10^{-11}}$$

$$= 10^{3}\ N\ \text{م}^{2} / \text{كولوم}$$

مثال (2) : احسب التدفق عبر كل سطح من التالي :



الحل :

هنالك أربعة أسطح

Φ_1 = التدفق عبر السطح الأول

$$\Phi_1 = \frac{س_{كلية}}{\Sigma_\circ} = \frac{س_1}{\Sigma_\circ} = \frac{3\times10^{-6}}{8.85\times10^{-11}}$$

$= 0.34\times10^{3}$ N م/كولوم

$$\Phi_2 = \frac{س_{كلية}}{\Sigma_\circ} \qquad \frac{س_1+س_2}{\Sigma_\circ}$$

أ$_2$ يغلف شحنتان

$$= \frac{3\times10^{-6} + -8\times10^{-6}}{8.85\times10^{-11}} = \frac{-5\times10^{-6}}{8.85\times10^{-12}} = 0.56\times10^{3}\ \text{N}\ م^2/كولوم$$

$$\Phi_3 = \frac{س_{كلية}}{\Sigma_\circ} = \frac{س_2 + س_3}{\Sigma_\circ} = \frac{-8\times10^{-6}+5\times10^{-6}}{8.85\times10^{-12}} = \frac{-3\times10^{-6}}{8.85\times10^{-12}}$$

$-0.34 \times10^{+3}$ N م^2 /كولوم

Φ_4 = صفر لا يغلف أياً من الشحنات

ثامناً : حساب المجال الكهربائي باستخدام قانون غاوس :

توصل غاوس إلى قانون يمكن بواسطته إيجاد المجال الكهربائي عند نقطة معينة والناجم عن شحنة كهربائية .

Φ = م أ جتا Θ

كذلك $\Phi = \frac{س_{كلية}}{\Sigma_\circ}$

$\Phi = \Phi$

م أ جتا Θ = $\frac{س_{كلية}}{}$

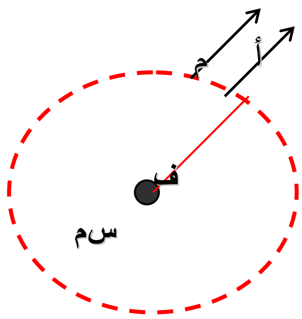
$\Sigma_\bullet$

$$\boxed{\text{م} = \frac{\text{س}_{\text{كلية}}}{\text{أ}\ \Sigma_\bullet\ \text{جتا}\ \theta}} \quad ①$$

نتخيل سطحاً منتظماً يغلف الشحنة الكلية عند النقطة المراد إيجاد المجال عندها .

أ) المجال الناجم عن شحنة نقطية :

أنسب سطح منتظم هو الكرة



$$\text{م} = \frac{\text{س}_{\text{كلية}}}{\text{أ}\ \Sigma_\bullet\ \text{جتا}\ \theta}$$

$\theta = \text{صفر}$ / $\text{جتا صفر} = 1$

$\text{أ} = 4\,\pi\,\text{نق}^2$ مساحة الكرة

$$\text{م} = \frac{\text{س م}}{4\,\pi\,\text{نق}^2\,\Sigma_\bullet} = \frac{\text{س م}}{4\,\pi\,\Sigma_\bullet\,\text{نق}^2}$$

$$= \frac{1}{4\,\pi\,\Sigma_\bullet} \times \frac{\text{س}_{\text{م}}}{\text{نق}^2}$$

$$= \boxed{\frac{9\times10^{9} \times \text{س م}}{\text{نق}^2}} \quad ②$$

وهو القانون الأساس السابق

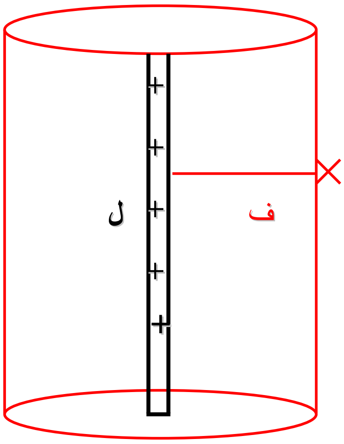
لاحظ أننا استخدمنا هذا القانون سابقاً .

ب) المجال الناجم عن شحنة موزعة على سلك رفيع بانتظام

تتوزع الشحنة على السلك الرفيع بانتظام بحيث يكون معياراً ثابتاً لكل وحدة طول .

ويرمز لهاب الحرف λ (λ)

$$\lambda = \frac{\text{الشحنة الكلية}}{\text{ل}}$$



ل = طول السلك

أنسب سطح هو الاسطوانة .

أ = 2 π ف ل

فقط المساحة الجانبية ويمكن إهمال القاعدتين .

$$\text{م} = \frac{\text{س كلية}}{\text{أ } \varepsilon_{.} \text{ جتا } \theta}$$

جتا θ = 1

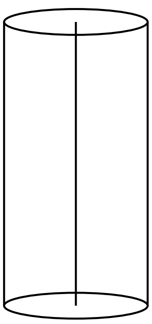
$$\text{م} = \frac{\lambda \text{ ل}}{\text{أ } \varepsilon_{.} \text{ جتا } \theta} = \frac{\lambda \text{ ل}}{2\pi \text{ ف ل } \varepsilon_{.}} = \boxed{\frac{\lambda}{2\pi \text{ ف } \varepsilon_{.}}} \quad \boxed{3}$$

مثال (1) :

سلك طوله 40سم ، يحمل شحنة مقدارها 3×10^{-6} كولوم ، ما مقدار المجال عند نقطة تبعد 5سم منه .

الحل :

$$\lambda = \frac{\text{س الكلية}}{\text{ل}}$$



$┤ = \frac{3\times10^{-6}}{40\times10^{-2}} = 0.075\times10^{-4}$ 5سم

7.5×10^{-6} كولوم / م

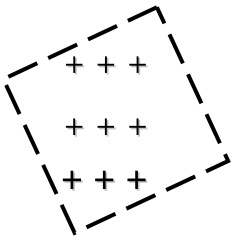
م = $\frac{┤}{2\,\pi\,\Sigma.\,ف}$

$= \frac{7.5\times10^{-6}}{2\times3.14\times8.85\times10^{-12}\times5\times10^{-2}} = \frac{7.5\times10^{-6}}{277.89\times10^{-14}}$

م = 0.027×10^{8}

2.7×10^{6} N / كولوم

<u>ج) المجال الكهربائي عن شحنة كهربائية موزعة بانتظام على لوح / صفيحة رقيقة :</u>



تتوزع الشحنة بانتظام على الصفيحة

بمقدار كولوم/م^2 وتسمى الكثافة السطحية

ويرمز لها (   ) (سيغما)

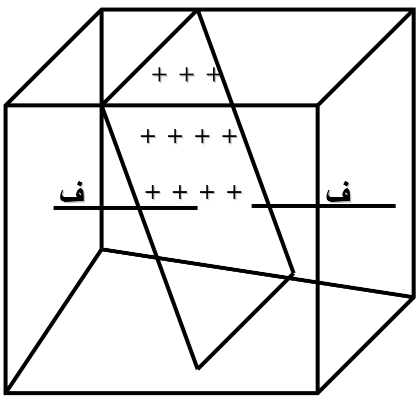
ومساحة الصفحة (أ)

أنسب سطح يغلف الصفيحة متوازي المستطيلات كما في الشكل :

نظراً لأن الصفيحة رقيقة جداً

فإن خطوط المجال تكون خارجة من

جانبي الصفيحة .



مساحة السطح المغلق = 2 أ ++ ++

حيث أ مساحة الصفيحة

فيكون السطح مطابقاً للصفيحة كما في الشكل

م = $\frac{\text{س}_{\text{كلية}}}{\Sigma_\circ \text{ أ جتا } \Theta}$

مساحة سطح غاوس

Θ = صفر / جتا ∴ = 1

سيغما = $\frac{\text{س}_{\text{كلية}}}{\text{أ}}$

م = $\frac{\text{س } \cancel{\text{أ}}}{\Sigma_\circ\, 2\, \cancel{\text{أ}}}$ = $\frac{1}{2\, \Sigma_\circ}$ – 4

← المجال الناجم عن شحنة موزعة على صفيحة رقيقة لا يعتمد على المسافة .

مثال (1) :

لوح رقيق يحمل شحنة مقدارها 14×10^{-8} كولوم ومساحته 0.2م^2 ما المجال الناجم عن هذه الشحنة ؟

الحل :

سيغما = $\frac{\text{س}_{\text{كلية}}}{\text{أ}}$ = $\frac{14\times10^{-8}}{0.2}$

= 70×10^{-8} كولوم /م^2

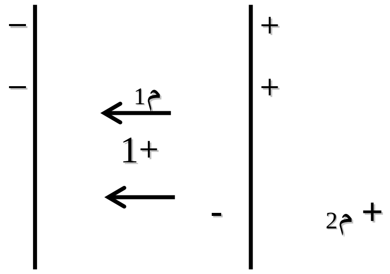
م = $\frac{\text{س}}{2\, \Sigma_\circ}$ = $\frac{70\times10^{-8}}{2\times8085\times10^{-12}}$

= 3.95×10^{4} N/كولوم

مثال (2) :

أوجد المجال الناجم عن لوحين متوازيين يحملان كل منهما شحنة مقدارها 5×10^{-8} كولوم/م^2

أحدهما سالبة والأخرى موجبة .   سيغما$_1$ سيغما$_2$



الحل :

نفرض وجود شحنة موجبة

مقدارها +1 بين اللوحين

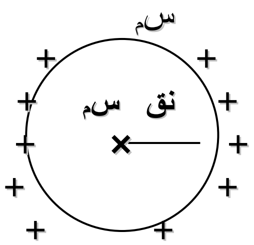
3 م = $\dfrac{\text{سيغما}}{2\Sigma_{\bullet}}$ + $\dfrac{\text{سيغما}}{2\Sigma_{\bullet}}$ / نفس الاتجاه

3 م = $\dfrac{\text{سيغما}}{\Sigma_{\bullet}}$ = $\dfrac{5 \times 10^{-8}}{8.85 \times 10^{-12}}$ = 5.6×10^{3} N/كولوم

تاسعاً : الموصل الكروي :

الموصل الكروي هو كرة معدنية جوفاء يتم شحنها بإحدى الطرق السابق ذكرها . ولنقل أنها باللمس

تتوزع الشحنة على الموصل الكروي على السطح ولا تكون في الداخل أبداً "خطوط المجال لا تتقاطع" . ولهذا فإن المجال داخل الموصل الكروي يساوي صفراً .



لإيجاد المجال الكهربائي الناجم عن

الموصل نعتبر أن الشحنة موجودة في المركز "افتراضاً" ويتم تطبيق القانون

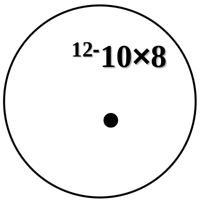
م = $\dfrac{9 \times 10^{9} \times \text{س}_{\text{م}}}{\text{ف}^2}$ ف / البعد عن المركز

مثال (1) : موصل كروي نصف قطره 5سم ، جد المجال الناجم عن شحنة موزعة عليه ، ومقدارها 8×10^{-12} كولوم .

أ) عند 3 سم .

ب) عند السطح .

ج) عند 20سم من المركز .



الحل :

أ) عند 3سم = صفر $<$ من نق

ب) عند السطح أي ف = نق

$$م = \frac{9\times10^{9}\times س}{نق^{2}} = \frac{9\times10^{9}\times8\times10^{-12}}{(5\times10^{-2})^{2}}$$

$$= 2.88\times10^{1}\ N/كولوم$$

ج) عند مسافة 20سم

$$م = \frac{9\times10^{9}\times س}{ف^{2}} = \frac{9\times10^{9}\times8\times10^{-12}}{(20\times10^{-2})^{2}}$$

$$= 0.18\times10$$

$$= 1.8\ N/كولوم$$

مثال (2) :

موصل كروي يحمل كثافة سطحية 7×10^{-4}كولوم/م^{2} ، ما مقدار المجال عند مسافة السطح .

الحل :

سيغما = $\frac{س_{كلية}}{أ}$ / الشحنة على المساحة

س $_{كلية}$ = **سيغما** × أ

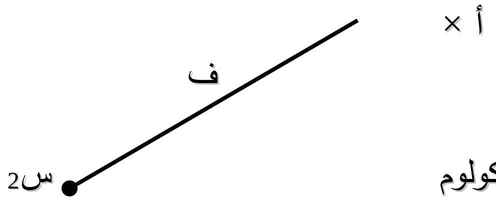
س $_{كلية}$ = $7\times10^{-4}\times4.4$ نق^{2} = 87.92×10^{-4} نق^{2}

$$\text{م السطح} = \frac{9\times10^{9} \times \text{س}_{\text{كلية}}}{\text{نق}^2} = \frac{9\times10^{9}\times 87.92\times10^{-4}\ \cancel{\text{نق}^2}}{\cancel{\text{نق}^2}}$$

$$= 7.9 \times 10^{-2}\ \text{N/كولوم}$$

عاشراً : الجهد الكهربائي الناشئ عن شحنة نقطية :

يُعرف الجهد الكهربائي الناجم عن شحنة كهربائية عند نقطة معينة تبعد (ف) عن الشحنة بأنه مقدار الشغل اللازم لتحريك شحنة كهربائية مقدارها $(+1)^{\text{كولوم}}$ من ∞ (المالانهائية) إلى النقطة تلك .



ويعطى بالعلاقة

$$\text{جـ} = \frac{9\times10^{9} \times \text{س}_{\text{م}}}{\text{ف}}$$

ووحدته الفولت . أو جول/كولوم

ويخزن الشغل كطاقة وضع كهربائية في الشحنة المنقولة .

مثال (1) :

شحنة نقطية مقدارها 9×10^{-9} كولوم ، ما الجهد عند مسافة تبعد 6سم .

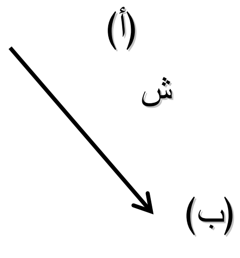
الحل :

$$\text{جـ} = \frac{9\times10^{9} \times \text{س}_{\text{م}}}{\text{ف}} = \frac{9\times10^{9}\times9\times10^{-9}}{6\times10^{-2}}$$

$$= 13.5\times10^{2} = 1350\ \text{فولت}$$

مثال (2) :

نقلت شحنة مقدارها 3×10^{-6} كولوم من نقطة (أ) جهدها 5 فولت إلى نقطة جهدها (ب) جهدها 9 فولت ، ما مقدار الشغل المبذول ؟



1. من (أ) إلى (ب) .
2. من (ب) إلى (أ) .

الحل :

الشفل المبذول من (أ) إلى (ب) هو حاصل التغير في طاقة الوضع

شأب = Δ طو

شأب = طوب – طوأ

شأب = شجب – شأ جأ

شأب = ش (جب – جأ)

$= 3\times10^{-6}\ (5-9) = 12\times10^{-6}$ جول

أما الشغل من (ب) إلى (أ)

شبأ شجأب

ش (جأ – جب)

$3\times10^{-6}(9-5) = -12\times10^{-6}$ جول

الإشارة السالبة أي أن الشغل مبذول على الشحنة .

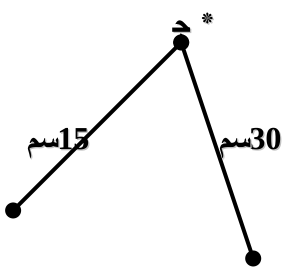
يدعى جأب بفرق الجهد بين النقطتين (أ) و (ب) وتساوي

جأب = جأ – جب

الجهد هو كمية قياسية أي ليست متجهة وتجمع جبرياً .

مثال (3) :

شحنتان مقدار كل منها 5×10^{-8} كولوم و 8×10^{-8} كولوم ، أوجد الجهد الناجم عنهما على بُعد 15سم و 30سم منهما على الترتيب .



س1

س2

جـ = الجهد عند د

= $جـ_1 + جـ_2$

$جـ_1 = \frac{9\times10^9\ س_1}{ف_1}$

$= \frac{9\times10^9 \times 5\times10^{-8}}{15\times10^{-2}} = 3\times10^3$ فولت .

$جـ_2 = \frac{9\times10^9\ س_2}{ف_2} = \frac{9\times10^9(-8\times10^{-8})}{30\times10^{-2}} = -2.4\times10^3$

جـ $= 3\times10^3 - 2.4\times10^3 = 0.6\times10^3$ فولت .

<u>الجهد الناشئ عن شحنة موزعة على موصل كروي :</u>

كما في المجال الكهربائي – نعتبر أن الشحنة الكهربائية هي نقطية متمركزة في مركز الموصل . ولهذا فإن الجهد يساوي

$جـ = \frac{9\times10^9\ س_م}{ف}$

ف : هي المسافة بين النقطة المراد إيجاد الجهد عندها والمركز .

أما عند السطح ، فيسمى جهد السطح أو الجهد المطلق

$جـ_{مطلق} = \frac{9\times10^9\ س_2}{نق}$

مثال (1) : شحنة موجودة على سطح موصل كروي نق له 7سم ، ما مقدارها إذا علمت أن جهدها المطلق 2500 فولت .

الحل :

$جـ = \frac{9\times10^9\ س}{نق}$

$2500 = \frac{9\times10^9 \times س_م}{} = س_م = \frac{2500 \times 7\times10^{-2}}{}$

$$9\times10^{9} \qquad\qquad 7\times10^{-2}$$

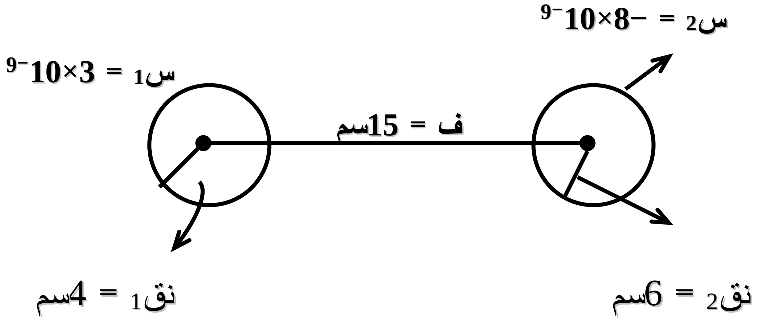
$= 1.94\times10^{-8}$ كولوم

<u>الجهد المطلق والجهد التأثيري :</u>

إذا وُجد موصل كروي بالقرب من شحنة كهربائية أو موصل كروي آخر مشحون فإنه يتأثر بجهد تأثيري من ذلك الموصل . ويسمى بالجهد التأثيري .

فإذا كان الموصل الأول مشحوناً أصلاً ، فإن له جهدان الأول مطلق والثاني تأثيري .

مثال (1) : موصل كروي نصف قطره 4سم يحمل شحنة 3×10^{-9} كولوم ، والآخر نصف قطره 6سم ، فإذا كان البعد بين مركزيهما 15سم ، فما جهد كل منهما .



جهد الكرة الأولى = جـ مطلق + جـ تأثيري

$$= \frac{9\times10^{9}\times س_1}{نق_1} + \frac{9\times10^{9}\times س_2}{ف}$$

$$جـ_{كلي} = \frac{9\times10^{9}\times 3\times10^{-9}}{4\times10^{-2}} + \frac{9\times10^{9}\times(-8\times10^{-9})}{15\times10^{-2}}$$

$$6.75\times10^{2} + -4.8\times10^{2}$$

$675 - 480 =$ <u>195 فولت</u>

أما جهد الكرة الثانية :

جـ = جـ مطلق + جـ تأثيري

$$\frac{9\times10^{9}\times س_2}{نق_2} + \frac{9\times10^{9}\times س_1}{ف}$$

$$\frac{9\times10^{9}\times3\times10^{-9}}{15\times10^{-2}} + \frac{9\times10^{9}\times(-8\times10^{-9})}{6\times10^{-2}}$$

$$1.8\times10^{2} + -12\times10^{2}$$

$$-1200 + 180 = -1020 \text{ فولت}$$

<u>ملاحظة</u> : لاحظ أن الجهد يجمع جبرياً أي أن الإشارة مهمة . فالكرة الأولى جهدها موجب والثانية سالب .

مثال (2) : احسب فرق الجهد بين الكرتين في المثال السابق .

$ج_{12} = ج_1 - ج_2$

$= 195 - 120 = 1215$ فولت

$ج_{21} = ج_2 - ج_1$

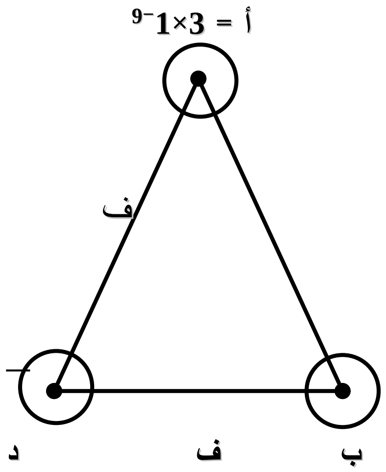
$= -1020 \quad 195 = -1215$ فولت

1) مثال (3) : ثلاثة موصلات كروية نصف قطر كل منها 5سم موضوعه على رؤوس مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه 20سم (أ) (ب) (د) ، موضوعة على كل من (أ) (ب) شحنة مقدارها 3×1^{-9} ، كولوم -8×10^{-9} كولوم على الترتيب . بينما الكرة (د) مربوطة بالأرض ، ما

2) الشحنة الموجودة على الكرة (د) .

3) جهد الكرة (أ) .

الحل :



جهد الكلي للكرة (د) = صفر { موصولة بالأرض}

$\text{س}_2 = -8\times10^{-9}$

$\text{ج}_{\text{كلي}} = \text{ج}_{\text{مطلق}} + \text{ج}_{\text{تأثيري}1} + \text{ج}_{\text{تأثيري}2}$

$\text{صفر} = \dfrac{9\times10^{9}\times\text{س}_{\text{د}}}{\text{نق}_1} + \dfrac{9\times10^{9}\times\text{س}_{\text{أ}}}{\text{ف}} + \dfrac{9\times10^{9}\,\text{س}_{\text{ب}}}{\text{ف}}$

$\text{صفر} = \dfrac{9\times10^{9}\times\text{س}_{\text{د}}}{5\times10^{-2}} + \dfrac{9\times\cancel{10^{9}}\times3\times\cancel{10^{-9}}}{20\times10^{-2}} + \dfrac{9\times10^{9}\times -8\times10^{-9}}{10\times10^{-2}}$

$\text{صفر} = 1.8\times10^{11}\,\text{س}_{\text{د}} + 1.35\times10^{2} - 3.6\times10^{2}$

$-1.8\times10^{11}\,\text{س}_{\text{د}} = 135 - 360$

$-1.8\times10^{11}\,\text{س}_{\text{د}} = -225$

$\text{س}_{\text{د}} = \dfrac{225}{1.8}\times10^{-11}$

$\text{س}_{\text{د}} = 125\times10^{-11}$

$\text{س}_{\text{د}} = 1.25\times10^{-9}$ كولوم (موجبة)

2) $\text{ج}_{\text{أ}} = \text{ج}_{\text{مطلق}} + \text{ج}_{\text{تأثيري}1} + \text{ج}_{\text{تأثيري}2}$

$= 9\times10^{9}\left(\dfrac{\text{س}_{\text{أ}}}{\text{نق}} + \dfrac{\text{س}_{\text{ب}}}{\text{ف}} + \dfrac{\text{س}_{\text{د}}}{\text{ف}}\right)$

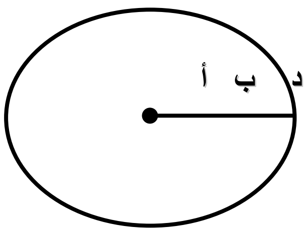
$= 9\times\cancel{10^{9}}\left(\dfrac{3\times\cancel{10^{-9}}}{5\times10^{-2}} + \dfrac{-8\times\cancel{10^{-9}}}{20\times10^{-2}} + \dfrac{1.25\times\cancel{10^{-9}}}{20\times10^{-2}}\right)$

$9\,(60 - 40 + 6.25)$

$\text{ج}_{\text{أ}} = 236.25$ فولت

مثال (3) : ما الجهد الكهربائي داخل موصل كروي ؟

الجهد داخل الموصل الكروي هو جهد السطح

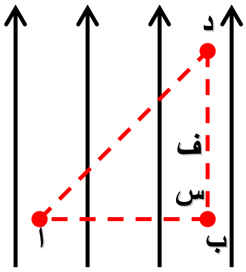


× × × $\text{س}_{\text{م}}$

$\text{ج}_{\text{أ}} = \text{ج}_{\text{أ}} = \text{ج}_{\text{د}}$

أي $= \text{ج}_{\text{أ}} = \dfrac{9\times10^{9} \times \text{س}_{\text{م}}}{\text{نق}}$

فرق الجهد بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم :



نفرض أن شحنة كهربائية تتحرك من (ب) إلى (د) ، ما مقدار الشغل المبذول عليها من (ب) إلى (د) .

$\text{ش}_{\text{ب د}} = \text{ق ف جتا } \ominus$

كذلك $\text{ش}_{\text{ب د}} = \text{س } (\text{ج}_{\text{د ب}})$

$\text{ج}_{\text{د ب}} =$ فرق الجهد بين (د) و (ب)

$\text{ش}_{\text{ب د}} = \text{ش}_{\text{ب د}}$

$\text{ق ف جتا } \ominus = \text{س } (\text{ج}_{\text{د}} - \text{ج}_{\text{ب}})$

$\text{م } \cancel{\text{س}} \text{ ف جتا } \ominus = \cancel{\text{س}} \, (\text{ج}_{\text{د ب}})$

$$\boxed{\text{م ف جتا } \ominus = \text{ج}_{\text{د ب}}} \quad\text{———}\quad \boxed{1}$$

أما الشكل من (أ) إلى (ب)

$\text{ش}_{\text{أ ب}} = \text{ق ف جتا } \ominus$

$\ominus = 90$ $\ominus$ الزاوية بين ق و ف

$\therefore \; \text{ش}_{\text{أ ب}} = \text{ق ف جتا } 90 =$ صفر   {لا يوجد شغل}

أي :

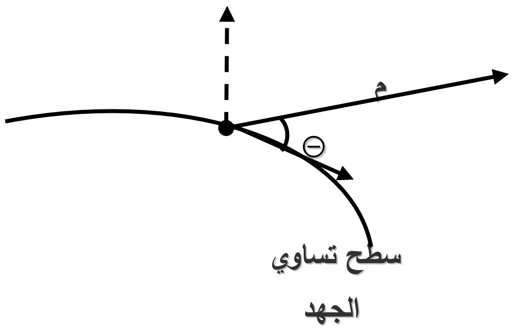
$ش_{أب} = س\,(ج_{أ} - ج_{ب}) = صفر$

أي أن : $ج_{أ} = ج_{ب}$ / وهذا يسمى سطح تساوي الجهد .

خصائص أسطح تساوي الجهد :

① سطوح تساوي الجهد لا تتقاطع فلو تقاطع سطحان فإن معنى ذلك أن عند نقطة التقاطع جهدان أي مجالان وهذا لا يكون .

② سطوح تساوي الجهد متعامدة مع المجال ، فلو افترضنا أن المجال يميل بزاوية على سطح الجهد ، لكان هنالك حركتان إحداهما عمودية والأخرى موازية له .



أما المركبة الموازية فهذا معناه أن هنالك قوة مع السطح ، أي إذا وجدت شحنة على سطح لتأثرت بقوة وشغل ، وهذا يتنافى مع الحقيقة أن الشغل في سطح تساوي الجهد = صفر

الفصل الثاني

المواسعة الكهربائية

لنفرض أن لدينا موصلاً مشحوناً ، وأردنا أن نزيد من شحنته ، فإلى متى نستطيع رفع مقدار شحنته ؟

يظل الموصل يستوعب شحنات إلى حد معين ، بحيث لا يستطيع بعدها استيعاب كمية أخرى عن الشحنات .

تعرف المواسعة الكهربائية قدرة الموصل على تخزين الشحنات الكهربائية .

يطلق على كمية الشحنة اللازمة لرفع جهد جسم ما وحدة جهد واحدة (1 فولت) باسم المواسعة الكهربائية

$$س = \frac{ش}{ج} \qquad = \text{كولوم / فولت " الفاراد "}$$

س = المواسعة .

ش = الشحنة .

ج = جهد الموصل .

بما أن وحدة الشحنة هي كمية كبيرة جداً ، فإن الفاراد هو كمية كبيرة ، ولهذا فإننا سنستخدم وحدات قياس أقل وهي :

1) الميكرو M = 10^{-6}

2) الميكرو ميكرو MM = بيكو = 10^{-12}

3) النانو n = 10^{-9}

مثال :

أوجد مواسعة موصل كروي يحمل شحنة مقدارها س ونصف قطره نق .

$$س = \frac{س}{ج} \quad ، \quad ج = \frac{9\times10^{9} \times س}{نق}$$

$$س = \frac{س}{\frac{9\times10^{9}\, س}{نق}} = \boxed{\frac{نق}{9\times10^{9}}}$$

من هنا يمكن معرفة أن مواسعة تعتمد على أبعاد الموصل الكروي أي نصف قطره

المواسع الكهربائي :

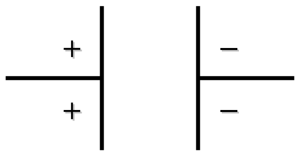
كيف يمكن أن تزيد من قدرة الموصل على استيعاب كمية إضافية من الشحنات / أي زيادة سعته .

يمكن ذلك بتقريب موصل آخر غير مشحون من الموصل المشحون مما يقلل من جهده وبالتالي يزيد من إمكانية استيعابه لشحنات أخرى . حسب المعادلة

$$\text{س} = \frac{\text{ش}}{\text{جـ}}$$

إذا قل الجهد فإن المواسعة ستزداد .

ويمكن زيادة المواسعة أكثر ، بتقريب موصل يحمل شحنة مخالفة لشحنة الموصل الأصلي . فمثلاً لوح مشحون بشحنة موجبة ، نقرب منه موصل (لوح) آخر مشحون بشحنة سالبة .



<u>أنواع المواسعات :</u>

1) اللوحين المتوازيين ، لوحان متوازيان يحملان شحنتين مختلفتين متساويتين .

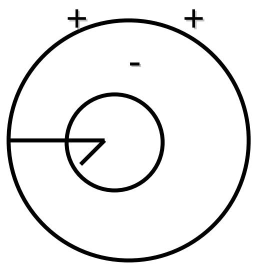
$$\text{س} = \frac{\text{ش}}{\text{جـ}} = \frac{\text{ش}}{\text{مـ}\times\text{ف}}$$

$$\text{م} = \frac{\text{سيغما}}{2\Sigma\bullet} + \frac{\text{سيغما}}{2\Sigma\bullet} = \frac{\text{سيغما}}{\Sigma\bullet}$$

$$\text{س} = \frac{\text{ش}}{\frac{\text{ش}}{\Sigma\bullet\text{أ}} \times \text{ف}}$$

$$\text{س} = \frac{\Sigma\bullet\ \text{أ}}{\text{ف}}$$

2) الكرتين الممتدتين في المركز $\text{س} = \frac{\text{نق}}{9\times10^{9}}$



$+$ $-$ نق$_1$

$+$ نق

$-$ $-$

$+$

مثال (1) :

مواسع كهربائي مواسعته 6×10^{-6} فإذا ربط بفرق جهد 12 فولت ، ما الشحنة الموجودة عليه .

الحل :

س = $\frac{\text{س}}{\text{جـ}}$

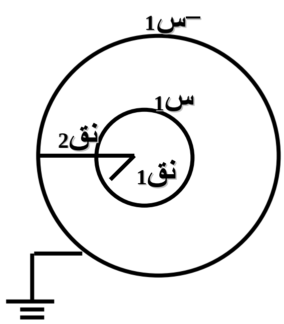
6×10^{-6} = $\frac{\text{ش}}{12}$ ⟸ ش = 72×10^{-6} كولوم

مثال (2) : مواسع يحمل شحنة مقدارها 3×10^{-8} كولوم ، ما مواسعته إذا ربط بفرق جهد مقداره 100 فولت .

الحل :

س = $\frac{\text{ش}}{\text{جـ}}$ = $\frac{3\times10^{-8}}{100}$ = 3×10^{-10} فولت .

مثال (3) : احسب سعة مواسع كروي ، كما في الشكل .



جـ$_{1\,2}$ = جـ$_1$ − جـ$_2$

جـ$_2$ = صفر {موصول بالأرض}

جـ$_1$ = مطلق + تأثيري

= $\frac{9\times10^{9}\times \text{ش}_1}{\text{نق}_1}$ - $\frac{9\times10^{9}\times \text{ش}_1}{\text{نق}_2}$

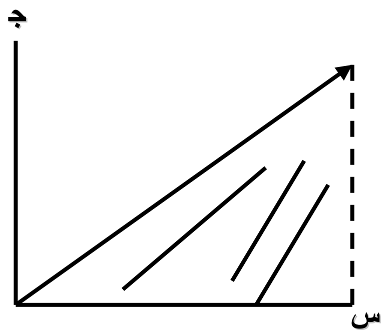
$$\text{ج}_1 = 9\times10^{9}\,\text{ش}_1\left(\frac{1}{\text{نق}_1} - \frac{1}{\text{نق}_2}\right)$$

$$\text{س} = \frac{\text{ش}_1}{9\times10^{9}\,\text{س}_1\left(\frac{1}{\text{نق}_1} - \frac{1}{\text{نق}_2}\right)} \Longleftarrow \frac{1}{9\times10^{9}}\;\frac{(\text{نق}_1\text{نق}_2)}{\text{نق}_2-\text{نق}_1}$$

الطاقة المخزونة في المواسع :

الطاقة = س × ج

فكلما زاد الجهد زادت الشحنة على المواسع ، وهي عبارة عن طاقة وضع كهربائية (التناسب طردي) .



إن الطاقة الكلية هي عبارة عن المساحة تحت المنحنى

$$\text{ط} = \frac{1}{2}\,\text{س ج} \qquad \{\text{المثلث}\}$$

أشكال القانون :

① $\text{ط} = \frac{1}{2}\,\text{ش ج}$

② $\text{ط} = \frac{1}{2}\,\text{س ج}^2$

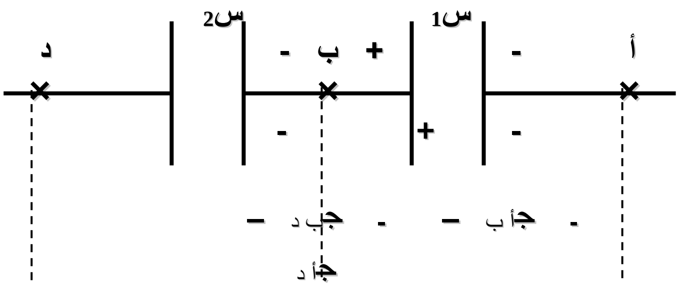
③ $\text{ط} = \frac{1}{2}\,\frac{\text{ش}^2}{\text{س}}$

توصل المواسعات :

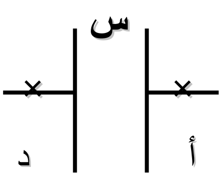
أ) التوالي :

توصيل أكثر من مواسع ، بحيث يتصل المواسع الأول بالثاني ، اللوح الموجب للمواسع الأول يتصل مع اللوح السالب للثاني .

في هذه الحالة تكون الشحنة نفسها على كل من المواسعات .



في التوالي يتجزأ الجهد



$$\text{ج}_{\text{أ د}} = \text{ج}_{\text{أ ب}} + \text{ج}_{\text{ب د}}$$

وهذا الجهد يكافئ – مواسعاً واحداً

$$\text{ج}_{\text{أ د}} = \frac{\text{ش}}{\text{س}_{\text{م}}}$$

بالتعويض في المعادلة السابقة

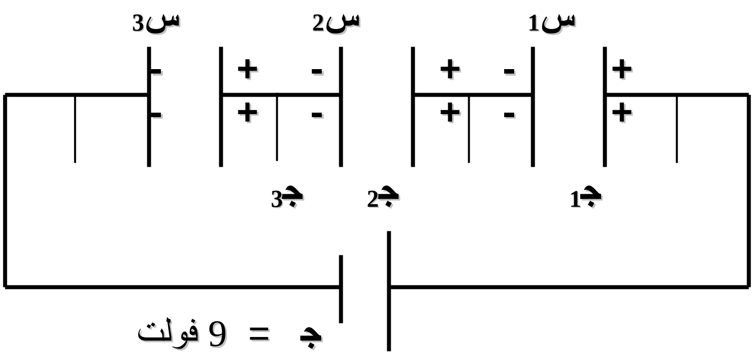
$$\frac{\text{ش}}{\text{س}_{\text{م}}} = \frac{\text{ش}_1}{\text{س}_1} + \frac{\text{ش}_2}{\text{س}_2}$$

ولان $\text{ش}_1 = \text{ش}_2 = \text{ش}$

$$\frac{1}{\text{س}_{\text{م}}} = \frac{1}{\text{س}_1} + \frac{1}{\text{س}_2}$$

حيث $س_م$ هي السعة المكافئة

مثال (1) : احسب السعة المكافئة للدارة التالية ، ثم احسب جهد كل مواسع .



س1 = 2 ميكرو فاراد
س2 = 4 ميكرو فاراد
س3 = 8 ميكرو فاراد

الحل :

$$\frac{1}{س_م} = \frac{1}{س_1} + \frac{1}{س_2} + \frac{1}{س_3}$$

$$\frac{1}{س_م} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8}$$

$$\frac{1}{س_م} = \frac{4 + 2 + 1}{8} = \frac{7}{8}$$ (هذه بالميكرو)

$$س_م = \frac{8}{7} \times 10^{-6} \text{ فاراد .}$$

لإيجاد جهد كل منها يجب إيجاد شحنة كل منها وهذا يساوي الشحنة الكلية .

الشحنة الكلية = $س_م \times ج$

$$= \frac{8}{7} \times 10^{-6} \times 9 = 8 \times 10^{-9} \text{ كولوم .}$$

$$ش_1 = ش_2 = ش_3 = 8\times10^{-6} \text{ كولوم}$$

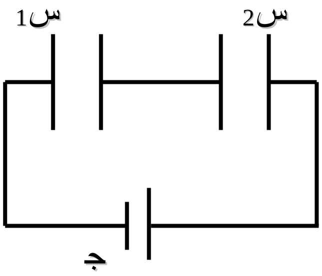
$$ج_1 = \frac{ش_1}{س_1} = \frac{8\times10^{-6}}{2\times10^{-6}} = 4 \text{ فولت}$$

$ج_2 = \frac{ش_2}{س_2} = \frac{8\times10^{-6}}{4\times10^{-6}} = 2$ فولت

$ج_3 = \frac{ش_3}{س_3} = \frac{8\times10^{-6}}{8\times10^{-6}} = 1$ فولت

فإذا جمعت الجهود الثلاث = نجدها 9 فولت وهي الكلية .

مثال (2) : في الشكل المجاور إذا علمت أن الطاقة المخزونة في $س_1 = 12\times10^{-6}$ جول . ما



1) شحنة المواسع $س_2$
2) الجهد الكلي {البطارية}

$س_1 = 6\times10^{-6}$ فاراد

$س_2 = 3\times10^{-6}$ فاراد

الحل :

$ط = \frac{1}{2}$ ش ج

$ط = \frac{1}{2}\,\frac{ش^2}{س}$

$12\times10^{-6} = \frac{1}{2} \times \frac{ش^2}{6\times10^{-6}}$

$ش^2 = 144 \times 10^{-12} =$

$ش = 12\times10^{-6}$ كولوم

$ج_1 = \frac{ش_1}{س_1} = \frac{12\times10^{-6}}{6\times10^{-6}} = 2$ فولت

$ج_1 = \frac{ش_1}{س_2} = \frac{12\times10^{-6}}{3\times10^{-6}} = 4$ فولت

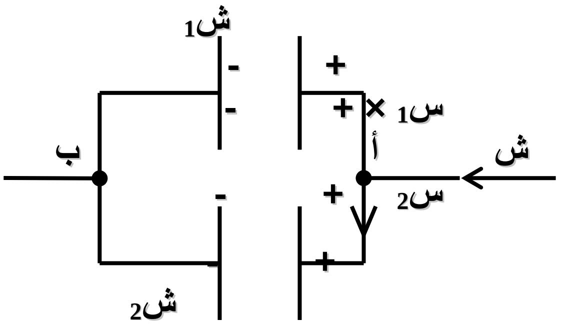
$ج = ج_1 + ج_2$

$2 + 4 = 6$ فولت

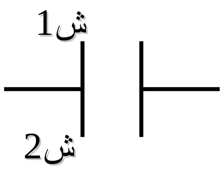
ب) التوازي :

ترتبط المواسعات على التوازي ، حيث يربط اللوح الموجب للمواسع الأول مع اللوح الموجب للمواسع الثاني .

ويكون في الدارة نقطة تفرع تتفرع منها الشحنات .



يكون الجهد في المواسع الأول = الجهد للمواسع الثاني



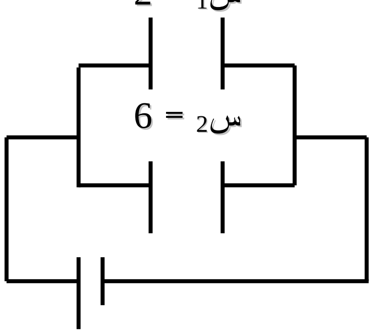
$\text{ج}_1 = \text{ج}_2$

$\text{ش} = \text{ش}_1 \ \text{ش}_2$

$\text{س}_\text{م}\text{ج} = \text{س}_1 \text{ج}_1 + \text{س}_2 \text{ج}_2$

$\text{س}_\text{م} = \text{س}_1 + \text{س}_2$

مثال (1) : ربط المواسعات $\text{س}_1 = 2$.ميكرو فاراد و س_2=6 ميكرو فاراد بين طرفي بطارية مقدارها 20 فولت . احسب



أ) جهد كل منها .

ب) شحنة كل منها .

ج) طاقة المواسع الثاني .

د) السعة المكافئة

أ) جهد كل منها يساوي جهد المصدر = 20 لأنها مربوطة توازي .

ب) ش$_1$ = س$_1$ جـ = $2 \times 10^{-6} \times 20 = 40 \times 10^{-6}$ كولوم .

ش$_2$ = س$_2$ جـ = $6 \times 10^{-6} \times 20 = 120 \times 10^{-6}$ كولوم .

ج) ط$_2$ = $\frac{1}{2}$ ش$_2$ جـ = $\frac{1}{\cancel{2}} \times \cancel{120} \times 10^{-6}$ كولوم .

د) س$_م$ = $\frac{ش_م}{جـ}$ = $\frac{ش_1 + ش_2}{جـ}$

لاحظ جمعت الشحنة (توازي)

س$_م$ = $\frac{(40 + 120) \times 10^{-6}}{20} = 8 \times 10^{-6}$ فاراد

ويمكن حل الفرع الأخير

س$_م$ = س$_1$ + س$_2$

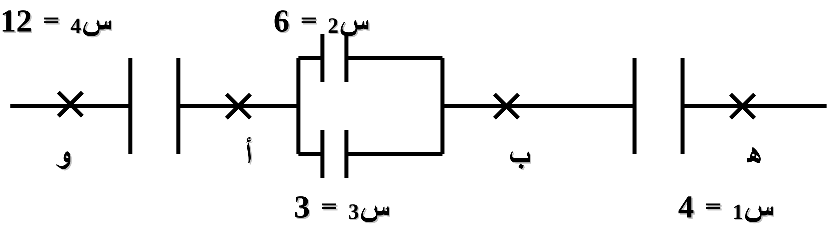
$2 + 6 = 8\times10^{-6}$ميكرو فاراد

مثال (3) :

في الشكل المجاور إذا كان جـ$_{أب}$ = 6 فولت احسب

1) شحنة س$_3$

2) فرق الجهد هـ و



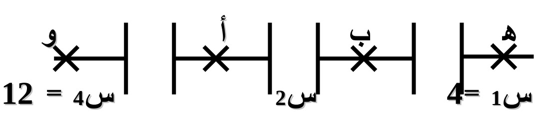
الحل :

جـ$_{أب}$ = جـ$_2$ = جـ$_3$

ش$_2$ = س$_2$ جـ$_2$ = $6\times10^{-6} \times 6$ = 36×10^{-6} كولوم

1) $ش_3$ = $س_3$ $ج_3$ = $3\times10^{-6} \times 6$ = 18×10^{-6} كولوم

$ش_{م1}$ الموجودة في كل من $س_2$/$س_3$ = $36\times10^{-6} + 18\times10^{-6} \times 6 = 18\times10^{-6}$ كولوم



إن كل من $س_1$ ، $س_{م1}$ ، $س_4$
توالي / أي لكل منها نفس الشحنة

$س_{م1}$ = $س_2$ + $س_3$

6 + 3 = 9 ميكرو فاراد

2) لإيجاد $ج_{و د}$ = يجب حساب $س_م$ لها

$$\frac{1}{س_م} = \frac{1}{س_1} + \frac{1}{س_{م1}} + \frac{1}{س_4}$$

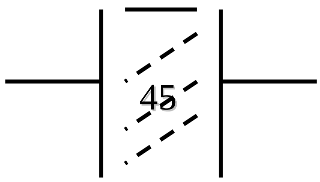
$$\frac{1}{س_م} = \frac{1\times9}{4\times9} + \frac{1\times4}{9\times4} + \frac{3\times1}{3\times12}$$

$$\frac{1}{س_م} = \frac{16}{36}$$

$$س_م = \frac{36}{16} \text{ ميكروفاراد}$$

$$ج_{هو} = \frac{ش}{س_م} = \frac{54 \times 10^{-6}}{36/16\times10^{-6}} = 24 \text{ فولت}$$

مثال (4) : ما العوامل التي يعتمد عليها المواسع أو اللوحين ؟



$\Leftarrow$ س = $\frac{\text{ش}}{\text{جـ}}$

الحل :

جـ = م × ف   م المجال داخل اللوحين ويساوي $\frac{\text{سيغما}}{\Sigma.}$

بالتعويض في المعادلة :

س = $\frac{\text{ش}}{\text{م ف}}$ = $\frac{\text{ش}}{\frac{\text{سيغما}}{\Sigma.}\text{ ف}}$

س = $\frac{\text{س}}{\text{أ}}$ / أ هي المساحة $\Leftarrow$ س = $\frac{\text{ش أ } \Sigma.}{\text{ش ف}}$

$\Leftarrow$ $\frac{\text{أ}}{\text{ف}}\ \Sigma.$ -

1) المساحة
2) البعد
3) الوسط بين اللوحين

<u>أسئلة الفصل</u>

1) شحنة نقطية 3×10^{-6} كولوم تبعد مسافة 12سم عن شحنة أخرى ، 1.5×10^{-6} كولوم ، احسب مقدار القوة المتبادلة بينهما .

2) كرتان تحملان شحنة موجبة مجموع الشحنتين تساوي 5×10^{-5} كولوم ، فإذا تنافرتا بقوة 0.9 N عندما كانتا على بعد 2م ، ما مقدار كل من الشحنتين .

3) شحنتان الأولى -4×10^{-9} كولوم والثانية 16×10^{-9} كولوم والمسافة بينهما 5سم ، أين ينعدم المجال الكهربائي .

4) كرتان معدنيتان نق لهما 3سم ، تحمل الأولى شحنة مقدارها 1×10^{-8} كولوم والثانية -8×10^{-8} كولوم إذا كانت المسافة بين مركزيهما 3م ، احسب

1. الجهد في منتصف المسافة بينهما .
2. جهد كل منها .

5) كرتان معدنيتان معزولتان نق$_1$ = 1سم و نق$_2$ = 2سم شحنت الأولى 2×10^{-7} كولوم ، ووصلت بالثانيو رفيع وطويل جداً {اهمل الجهد التأثيري} ، احسب

1) شحنة كل منهما
2) جهد كل منهما .

6) وضعت شحنة 0.5×10^{-6} كولوم في مجال منتظم شدته 4.5×10^{5} N/كولوم ما مقدار القوة المؤثرة عليها .

7) شحنة نقطية مقدارها 5×10^{-8} كولوم ، احسب الجهد عند :

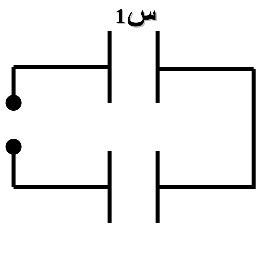
أ) 5سم ب) 8سم .

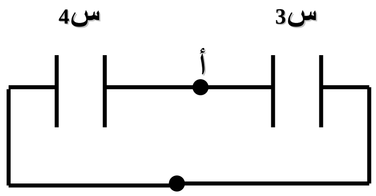
فإذا انتقلت شحنة أخرى مقدارها 3×10^{-6} كولوم من (أ) إلى (ب) ما مقدار الشغل المبذول .

8) وصل كروي نصف قطره 5سم ويحمل شحنة 4×10^{-6} كولوم محاط إحاطة تامة بموصل كروي آخر قطره 9سم ويحمل شحنة مقدارها -3×10^{-6} كولوم احسب :

1) فرق الجهد بينهما .
2) الجهد وشدة المجال على بعد 6سم من المركز و 15سم منه .

9) ما السعة المكافئة للتالية :

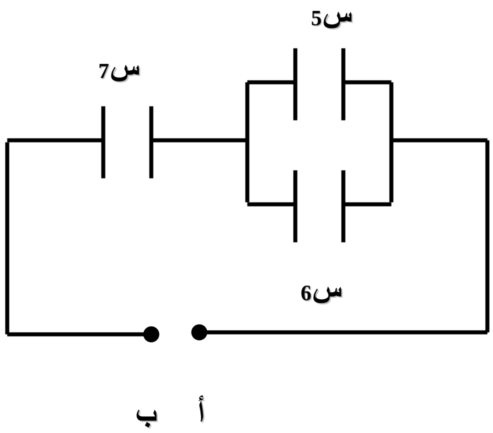


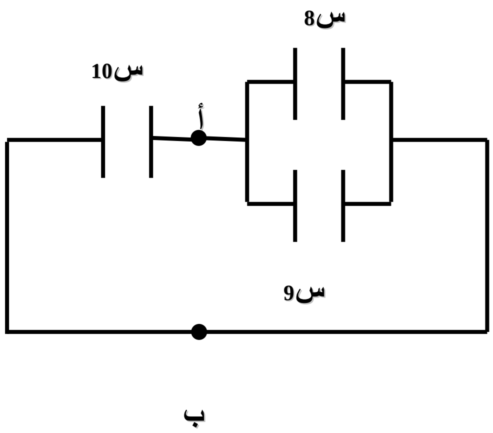


أ

ب

ب   س2





س$_1$ = 6 ميكروفاراد

س$_2$ = 3 ميكروفاراد

س$_3$ = 5 ميكروفاراد

س$_4$ = 8 ميكروفاراد

س$_5$ = 6 ميكروفاراد

س$_6$ = 2 ميكروفاراد

س$_7$ = 3 ميكروفاراد

س$_8$ = 3 ميكروفاراد

س$_9$ = 1 ميكروفاراد

س$_{10}$ = 7 ميكروفاراد

10) ثلاث مواسعات 6،3،2 ميكروفاراد ، وصلت على التوالي مع بطارية قوتها الدافعة 12 فولت احسب :

1) السعة المكافئة .
2) شحنة كل من المواسعات .
3) الطاقة المخزونة في كل منها .
4) فرق الجهد بين كل مواسع .

11) مواسع مواسعته 20 **ميكروفاراد** وصل بفرق جهد مقداره 100 فولت ثم وصل طرفاه بعد إزالة المصدر بمواسع آخر مواسعته 5 **ميكروفاراد** ، احسب :

1) الشحنة على المواسع الأول قبل وصله بالثاني .
2) فرق الجهد بين طرفي كل منهما بعد التوصيل .
3) الطاقة الكلية للمواسعين بعد التوصيل .

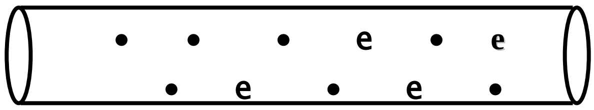
الفصل الثالث

الكهرباء المتحركة

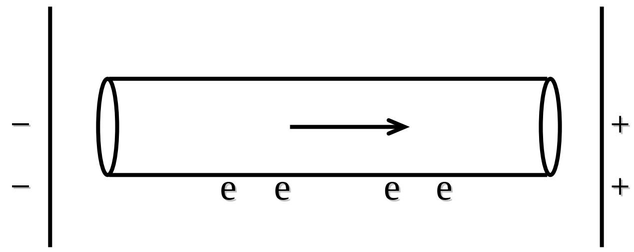
التيار الكهربائي :

ماذا ينتج عندما يتعرض موصل إلى مجال كهربائي ؟

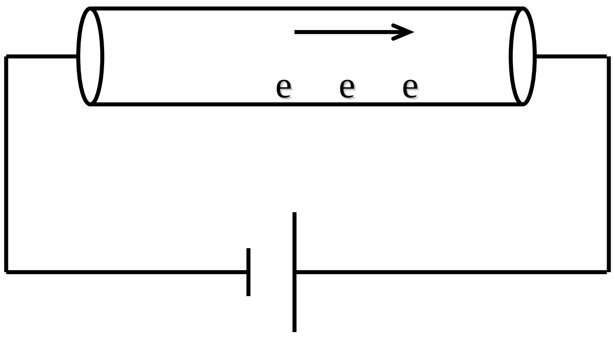
إن الموصل كسلك معدني يحتوي على إلكترونات حرة بين الذرات ، وهي تتنقل من ذرة لأخرى باستمرار في المعادن



الآن لو وضعنا مجالاً كهربائياً ، فرق جهد بين طرفي الموصل فإن الإلكترونات الحرة هذه ستندفع بسرعة نحو القطب الموجب للمجال .



هذا المجال عبارة عن مصدر كهربائي (بطارية) .



إن حركة الإلكترونات أو الشحنات الكهربائية التي تعبر الموصل خلال زمن معين تسمى بالتيار الكهربائي

$$ت = \frac{ن \Delta ش}{\Delta ز} = \frac{كولوم}{ث} = (أمبير) \longrightarrow ①$$

Δ ش ⇐ التغير في الشحنة ويسمى (دلتا) ش

ن ⇐ عدد الإلكترونات

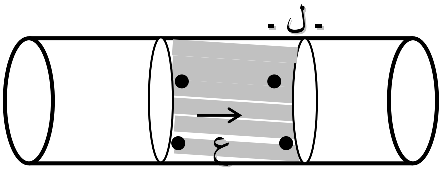
مثال : عبر 8×10^{15} إلكترون في موصل خلال نصف دقيقة / ما التيار الناجم ؟ إذا علمت أن شحنة الإلكترون تساوي 1.6×10^{-19} كولوم .

الحل :

$$ت = \frac{8\times10^{15} \times 1.6\times10^{-19}}{30} =$$

$$= 0.43 \times 10^{-4}\ A$$

العوامل التي يعتمد عليها التيار :



لنفرض أن الموصل اسطواني الشكل

مساحة مقطعه (أ)

لنفرض أن عدد الإلكترونات في وحدة الحجوم = ن/

انظر إلى الشكل أن عدد (e) في الحجم المبين

$$ت = \frac{ن \Delta ش}{\Delta ز}$$

ن ⇐ ن/ ح

حيث ح = الحجم ويساوي أ ل

$$ت = \frac{ن/ ح \Delta ش}{\Delta ز}$$

$$= \frac{\text{ن}^{/}\text{أ ل } \Delta \text{ ش}}{\Delta \text{ ز}}$$

ل = ع ز ⟸ المسافة = السرعة × الزمن

ع = السرعة الانسياقية / الاندفاعية .

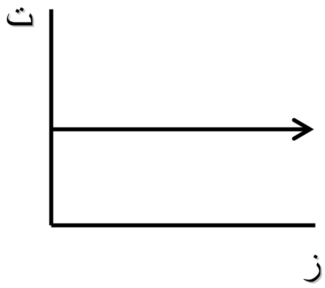
$$= \frac{\text{ن}^{/}\text{أ } \cancel{\text{ع ز}} \Delta \text{ ش}}{\cancel{\text{ع ز}}} \qquad \text{ن}^{/}\text{أ ع } \Delta \text{ ش} \ \text{—— ②}$$

ع/ ⟸ السرعة الاندفاعية أو الانسياقية .

أنواع التيار :

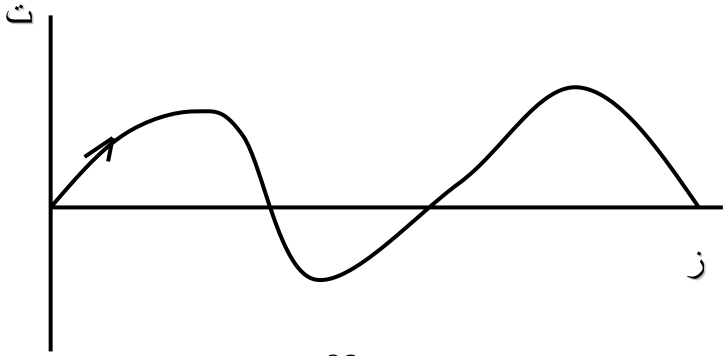
① التيار الثابت قيمة واتجاهاً Direct current Dc مع الزمن .

كالتيار الناتج من التفاعل الكيماوي في البطارية الجافة .

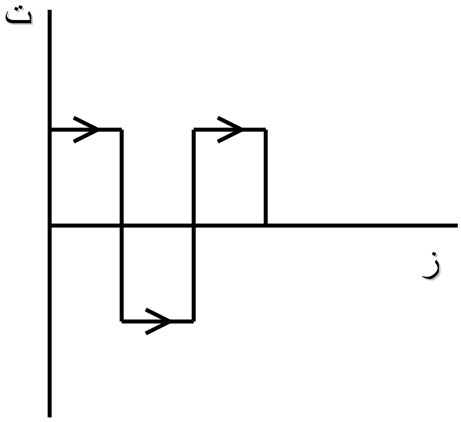


② التيار المتغير :

1) التيار الذي تتغير قيمته واتجاهه مع الزمن ، كالتيار الناتج من مولد كهربائي يغذي المنازل . وهو ملف يدور في مجال مغناطيسي .



2) التيار الذي يكون متغيراً في الاتجاه وثابتاً في المقدار .

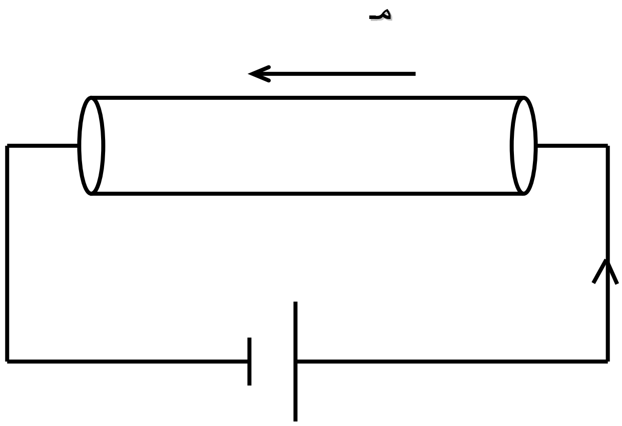


من الطرق الأخرى لتوليد التيار الكهربائي :

الطاقة الشمسية .

الطاقة الكيميائية .

<u>المقاومة الكهربائية :</u>



تعرف كثافة التيار بأنها التيار لكل وحدة مساحة

$$\text{ث}_{\text{ت}} = \frac{\text{ث}}{\text{أ}}$$

وجد أن كثافة التيار تتناسب طردياً مع المجال

$$ث_ت \propto م$$

$$ث_ت = هـ\ م$$ هـ ثابت الموصلية

$$ث_ت = \frac{هـ\ جـ}{ل}$$ $$جـ = م \times ل$$

$$\frac{ت}{أ} = \frac{هـ\ جـ}{ل}$$

$$\frac{ت\ ل}{هـ أ} = جـ$$

بترتيب المعادلة

$$جـ = \frac{ت\ ل}{هـ أ}$$

يسمى $\frac{ل}{أ هـ}$ = م ـــ ③

حيث م المقاومة

$$\boxed{جـ = ت\ م}$$ ـــ ④

يعرف هذا القانون بقانون أوم

يمكن كتابة المعادلة ③ بطريقة أخرى

$$\frac{ل}{أ هـ} = \frac{P\ ل}{أ}$$

حيث **P** ثابت المقاومية وتسمى (رو)

أنواع المقاومات :

1) ثابتة ورمزها 

2) متغيرة ورمزها 

من العوامل التي تعتمد عليها المقاومة :

1. درجة الحرارة ⟵ المقاومة الفلزية مثل المعادن تزداد مع ارتفاع درجة الحرارة.

2. وبعضها تقل ، مثل المطاط والزجاج وهنالك مقاومات لا تتأثر بدرجة الحرارة مثل الكربونية وهي تستخدم في الأجهزة .

{الكربونية مشهورة وهي قطعة تحوي على عدة ألوان}

مثال (1) : مر تيار قيمته 5 A في مقاومة مقدارها 13 ما فرق الجهد بين طرفيها

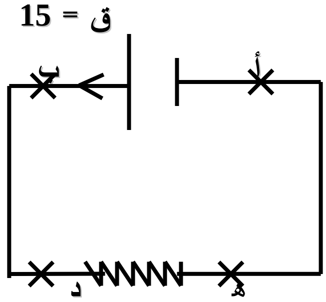
جـ = ت م

= 5 × 13 = 65 فولت

لاحظ وحدة المقاومة هي الأوم ورمزها

مثال (2) : في الشكل احسب فرق الجهد بين طرفي المقاومة .

ق = 15



م = 5

الحل :

إن المصدر الكهربائي مربوط مع المقاومة على التوازي لأن

$\text{جـ}_{\text{أ}} = \text{جـ}_{\text{هـ}}$ ، $\text{جـ}_{\text{ب}} = \text{جـ}_{\text{ر}}$

أي أن جهد البطارية هو نفسه جهد المقاومة

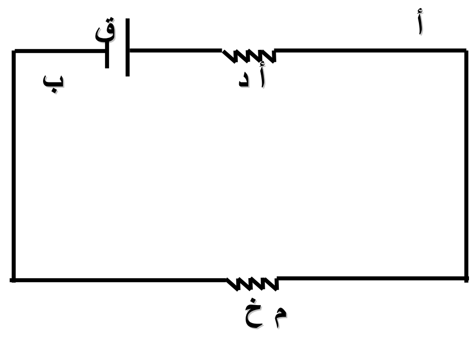
أي أن $\text{جـ}_{\text{رهـ}}$ = 15 فولت .

القوة الدافعة الكهربائية :

إذا نظرنا إلى مصدر كهربائي (بطارية) ، وقرأنا مقدار جهدنا ، مثلاً ، فإننا نراه 1.5 فولت مثلاً ، وإذا ربطنا فولتميتر بين طرفيها والدارة مغلقة فإننا سنلاحظ أنه أقل من ذلك مع أنها جديدة . فأين ذهب النقص .

إن كل بطارية تحوي مواداً ، مما يجعل لها مقاومة داخلية تقلل من الجهد الكلي للبطارية

تعرف القوة الدافعة الكهربائية : بأنها مقدار الشغل اللازم بذله لنقل شحنة كهربائية في مسار خارجي من القطب الموجب إلى السالب . (افتراضاً) .

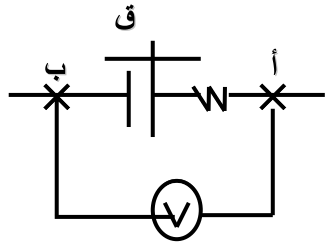


ترسم المقاومة الداخلية بجانب البطارية . كما في الشكل

فالقوة الدافعة ستدفع بالشحنة عبر المقاومة الداخلية والخارجية .

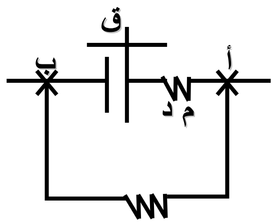
إن فرق الجهد بين طرفي البطارية سيكون :

أ) جـ = ق د   إذا كانت الدارة مفتوحة



$ج_{أب} = ق$

ب) جـ ≠ ق د



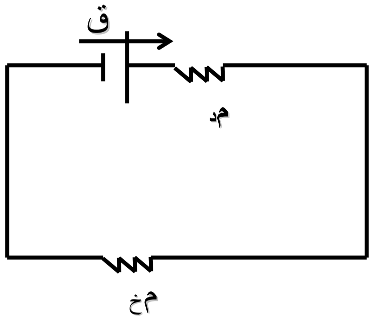
$ج_{أب}$ = فرق الجهد حول المقاومة الخارجية المكافئة

$ق = ج_{أب} + ج_{م د}$

أي ستتجزأ القوة الدافعة عبر المقاومة الخارجية والداخلية .

<u>معادلة الدارة الكهربائية :</u>

لننظر إلى الدارة التالية :



$ق = ج_{م د} + ج_{م خ}$

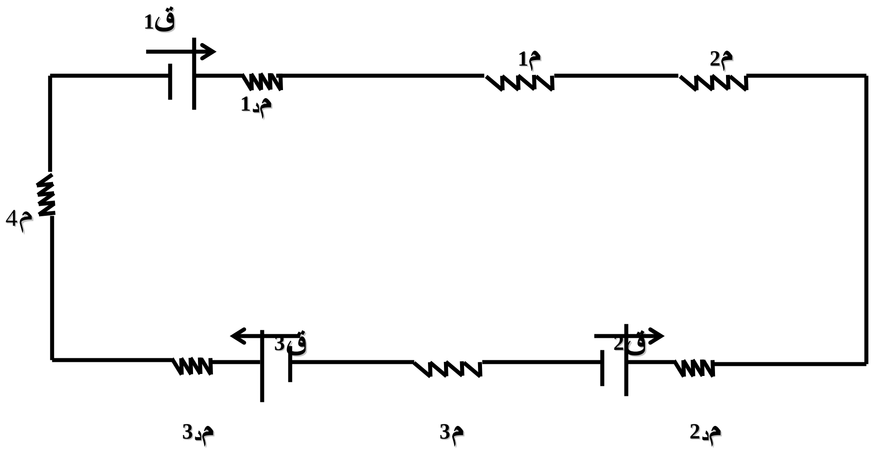
$$ق = ت م_د + ت م_خ$$

$$ق = ت(م_د + م_خ)$$

$$ت = \frac{ق}{م_د + م_خ} \quad — \quad ①$$

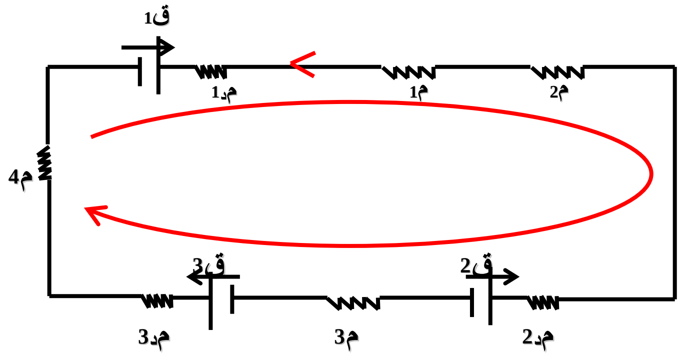
لاحظ أن مخ دائماً توالي مع مد

أما إذا كانت الدارة مكونة من أكثر من بطارية ومقاومات



<u>**الخطوات :**</u>

1. نختار مسار للتيار الكهربائي



2. نبدأ بزاوية / نقطة معينة من الدارة

3. إن الجهد عبر المقاومة عندما يكون التيار مع المسار المفترض (الحلقة) – يكون سالباً . وإذا كان التيار ضد المسار يكون الجهد موجباً .

4. كذلك القوة الدافعة / القوة مع المسار موجب وضد المسار سالب

5. نطبق القانون .

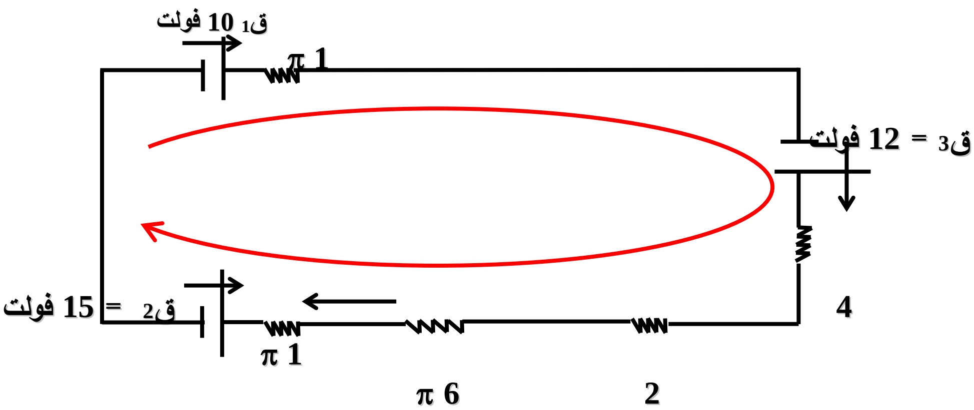
ت = $\frac{\sum \text{ق}}{\sum \text{م}}$

$\sum$ تعني مجموع هنا

ت = $\frac{\text{ق}_1 - \text{ق}_2 + \text{ق}_3}{\text{م}_{د1} + \text{م}_{د2} + \text{م}_{د3} + \text{م}_1 + \text{م}_2 + \text{م}_3 + \text{م}_4}$

لاحظ الإشارات

مثال (1) :



ق2 = 15 فولت

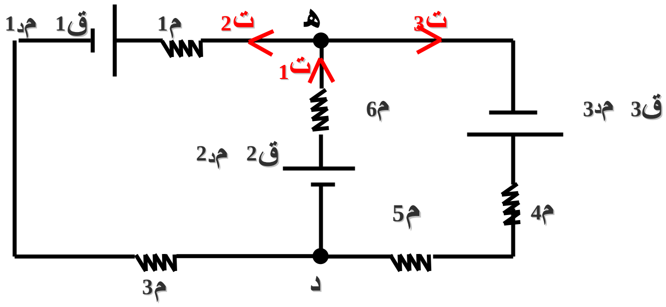
(π) هذا رمز الاوم

$$ت = \frac{\sum ق}{\sum م} = ق_1 + ق_3$$

$$= \frac{15 - 12 + 10}{1+6+2+4+1} = \frac{7}{14} = 0.5 \text{ امبير}$$

قانون كيرتشوف :

والآن ماذا لو كانت الدارة مكونة من أكثر من حلقة وكل حلقة تحتوي على مصدر كهربائي أو أكثر كما في الشكل :



1) نختار نقطة نفرع للتيار

وهناك نقطتان (هـ) (د)

2) نفرض التيارات العابرة والخارجة من إحدى النقطتين

$$ت_1 = ت_2 + ت_3$$

3) نستطبق معادلة الدارة لكل حلقة

لاحظ أن

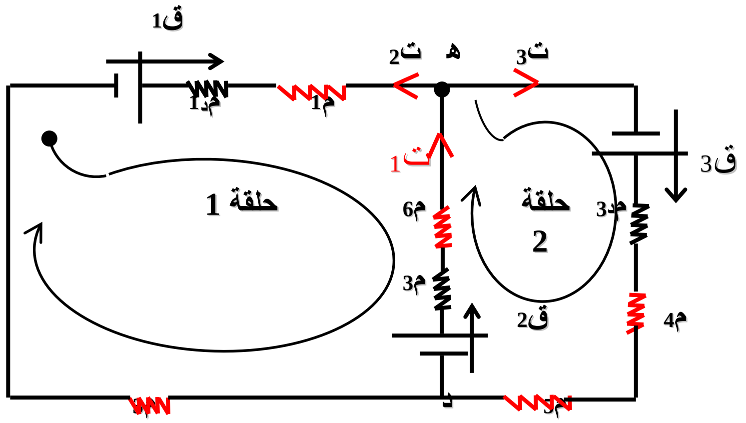
$$ت = \frac{\sum ق}{م_د + م_خ}$$

$$ت \left(م_د + م_خ\right) = \sum ق$$

أي أن $\sum ق - ت \left(م_د + م_خ\right) =$ صفر

أي أن مجموع الجهود عبر مسار مغلق في الحلقة يساوي صفراً

نعيد رسم الدارة



ت$_1$ = ت$_1$ + ت$_2$ ــ ①

حلقة 1 = Σ الجهود = صفر .

ق$_1$ + ت$_2$ مد$_1$ + ت$_2$ م$_1$ + ت$_1$ م$_6$ + ت$_1$ مد$_2$ – ق$_2$ + ت$_2$ م$_3$

ق$_1$ – ق$_2$ + ت$_2$ (مد$_1$ + م$_1$ + م$_3$) + ت$_1$ (م$_6$ + مد$_2$) = صفر

كذلك الحلقة ②

Σ الجهود = صفر

ق$_3$ + ت$_3$ مد$_3$ + ت$_3$ م$_4$ + ت$_3$ م$_5$ – ق$_2$ + ت$_1$ مد$_3$ – ت$_1$ م$_6$

ق$_3$ + ق$_2$ – ت$_3$ (مد$_3$ + م$_5$ – م$_4$) – ت$_1$ (مد$_2$ + م$_6$) = صفر

مثال (1) :

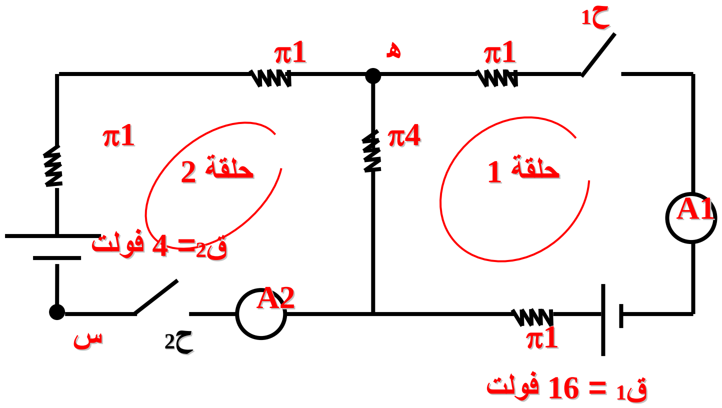
اعتماداً على الشكل المجاور أجب على الأسئلة :

1) احسب قراءة الأميتر A_1 ، A_2 عند إغلاق ح1 فقط .

2) احسب قراءة الأميتر A_1 ، A_2 عند إغلاق ح2 فقط .

3) احسب قراءة الأميتر A_1 ، A_2 عند إغلاق المفتاحين .

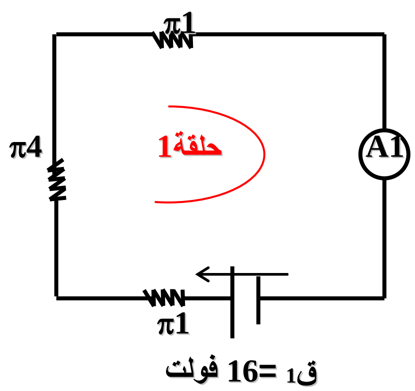
4) الجهد ه س جهس



الحل :

عند إغلاق ح1 تكون

الدارة فقط الحلقة الأولى



نطبق معادلة الدارة

هنا تيار واحد فقط في الدارة

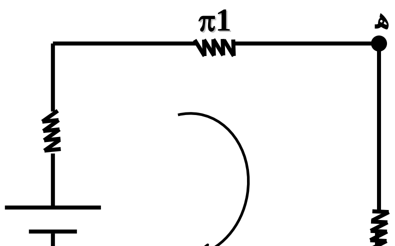
وهي قراءة A_1

ت1 = 3 ق / 3 م = 16 / 6

= 2.7 A

عند إغلاق ح2

تكون الحلقة 2 هي الدارة



π1

حلقة 2

التيار واحد فقط في الدارة

وهي قراءة A_2

π4

ق$_2$=4 فولت

$$ت_2 = \frac{ق_3}{م_3} = \frac{4}{6}$$

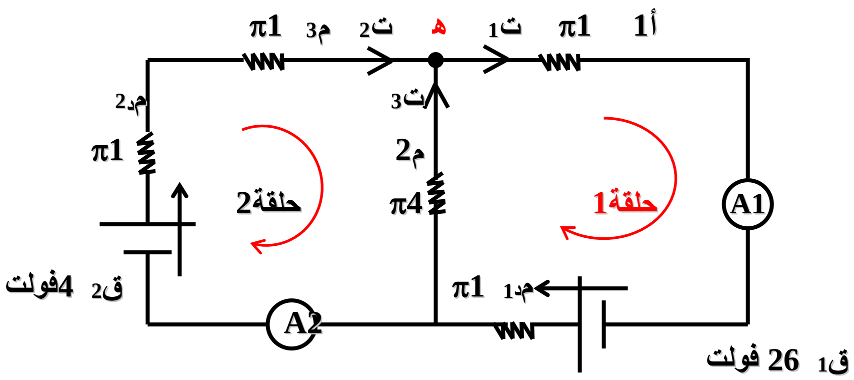
A2

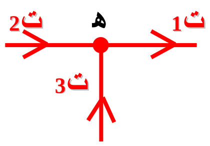
$$= 0.67\ A$$

س

أما عند اغلاق ح$_1$ / ح$_2$ / فينطبق كيرتشوف

لأن هنالك أكثر من حلقة / وأكثر من مصدر





① نختار نقطة تفرع (هـ)

② نختار اتجاه للتيار في كل مسار .

تكون المعادلة الأولى

$$ت_2 + ت_3 = ت_1$$

تياران داخلان النقطة وواحد خارج .

الحلقة ① Σ الجهد = صفر

$$- ت_1 \times م_1 + ق_1 - ت_1 م_{د1} - ت_3 \times م_2$$

− ت$_1$×1 + 16 − ت$_1$×1 − ت$_3$×4

− 2ت$_1$ − 4ت$_3$ + 16 = صفر

$\boxed{−2ت_1 − 4ت_3 = −16}$ ـ ②

هذه المعادلة الأولى

الحلقة ② − ت$_2$ ×م$_3$ + ت$_3$×م$_2$ + ق$_2$ − ت$_2$×مد$_2$ = صفر

− ت$_2$×1 + ت$_3$×4 + 4 − ت$_2$×1 = صفر

− 2ت$_2$ + 4ت$_3$ + 4 = صفر

$\boxed{−2ت_2 + 4ت_3 = −4}$ ـ ③

ت$_2$ + ت$_3$ = ت$_1$ ـ ①

−2 ت$_1$ − 4ت$_3$ = −16 ـ ②

−2ت$_2$ + 4ت$_3$ = −4 ـ ③

بتعويض ت$_1$ من المعادلة الأولى في المعادلة الثانية

−2(ت$_2$+ت$_3$) − 4ت$_3$ = −16

−2ت$_2$ − 2ت$_3$ − 4ت$_3$ = −16

−2ت$_2$ − 6ت$_3$ = −16

−2ت$_2$ − 6ت$_3$ = −16 ـ ④

بالحذف أو التعويض مع المعادلة ③

−2ت$_2$ − 6ت$_3$ = −16 ـ ④

$- / \mp 2$ت$_2$ ∓ 4ت$_3$ = ∓ 4 - ③

-10 ت$_3$ = -12

ت$_3$ = 1.2 A

لمعرفة ت$_2$ نعوض في ④

-2ت$_2$ $- 6(1.2)$ = -16

-2ت$_2$ $- 7.2$ = -16

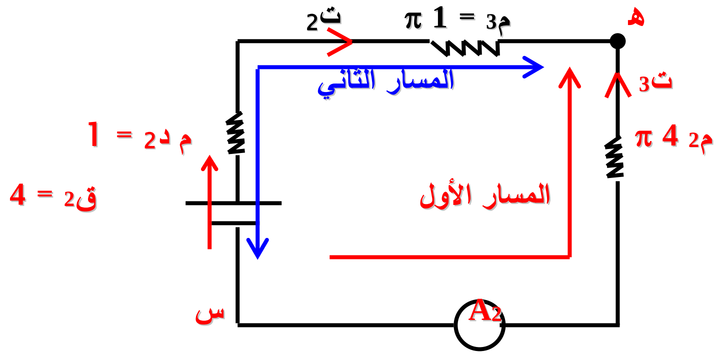
-2ت$_2$ = -8.8

ت$_2$ = 4.4 A

ت$_2$ + ت$_3$ = ت$_1$

$4.4 + 1.2 = 5.6$ A

الآن إذا كان أحد التيارات سالباً ، نقول عكس الاتجاه المفروض .



لمعرفة جـهس لدينا مساران

المسار الأول

فولت

يمكن أن نمشي في المسار

من س إلى هـ

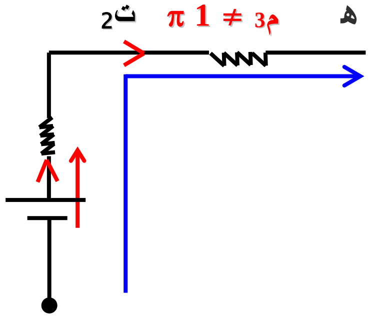
نطبق كيرتشوف

جـهس = $-$ ت$_3$ × م$_2$

= -1.2×4 = -4.8 فولت

المسار الثاني :

جـهس = ق$_2$ $-$ ت$_2$ مد$_1$ $-$ ت$_2$ × م$_3$



$= 4 - 4.4\times1 - 4.4\times1$ م د = 1

$ج_{هس}$ = 4 − 8.8 ق$_2$ = 4فولت

$ج_{هس}$ = −4.8 فولت

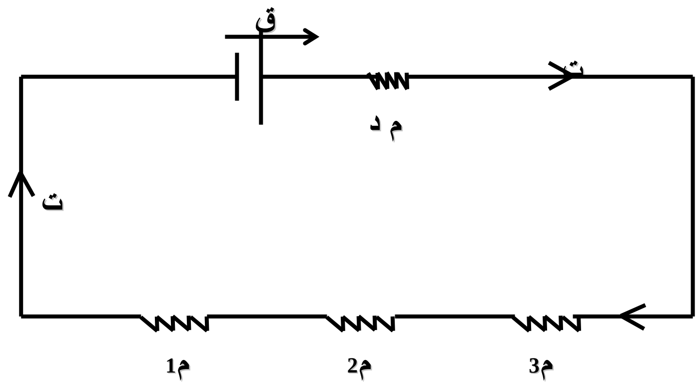
س

أي ⎫ إذا طلب منك $ج_{أب}$ ، **نمشي من ب إلى أ**
عبر أي مسار . مع الاخذ بعين الاعتبار اتجاه التيارات والقوى الدافعة
كل مع المسار موجب وكل ما هو عكسه سالب

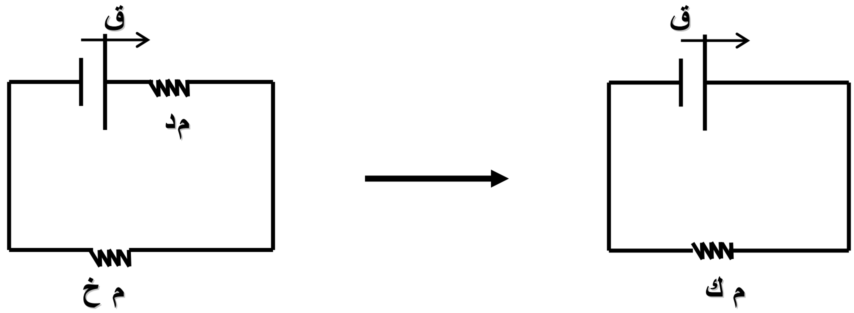
<u>توصيل المقاومات :</u>

<u>1) التوالي :</u>

عندما يمر التيار الكهربائي في مجموعة مقاومات مربوطة على التوالي فإنه يمر عليها بالتساوي :



القوة الدافعة تجزئ جهدها إلى على مقاومة . بحيث يمر في كل منها نفس التيار (التيار الكلي).
يمكن تحليل الدارة إلى واحدة تحوي مقاومة مكافئة ومصدر كهربائي .



ق = جـ + جـ$_1$ + جـ$_2$ + جـ$_3$

ت$_{م ك}$ = ت$_{م د}$ + ت$_{م1}$ + ت$_{م2}$ + ت$_{م3}$

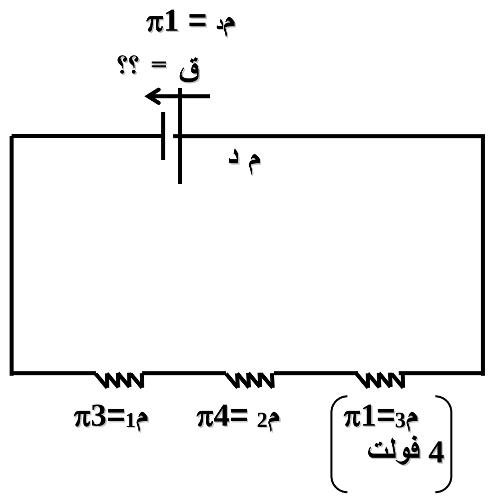
مخ

مك = مد + م$_1$ + م$_2$ + م$_3$

أو مك = مد + مخ

مثال (1) :

1. ما قيمة التيار المار في الدارة إذا علمت أن جـ$_3$ = 4 فولت
2. القوة الدافعة ق .



جـ$_3$ = 4 فولت = ت م$_3$

4 = ت × 1

ت = 4 A

وهو نفس التيار المار في كل من $م_د$ ، $م_2$ ، $م_1$.

2. ق = ت($م_د$ + $م_خ$)

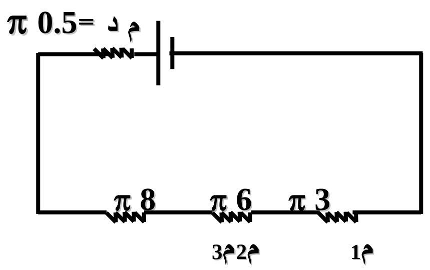
$م_خ$ = $م_1$ + $م_2$ + $م_3$ = 3 + 4 + 1 = 8 π / توالي

ق = 4(1+8) = 4×9 = 36 فولت

مثال (2) :

إذا كان الهبوط في الجهد = 1.5 فولت

1. ما قيمة جهد كل مقاومة .
2. احسب القوة الدافعة



الحل :

الهبوط في الجهد هو الجهد بين طر في المقاومة الداخلية .

1. $جـ_د$ = $ت_{م د}$

1.5 = ت × 0.5 ت = 3 A

$جـ_1$ = $ت_{م_1}$ = 3×3 = 9 فولت

$جـ_2$ = $ت_{م_2}$ = 3×6 = 18 فولت

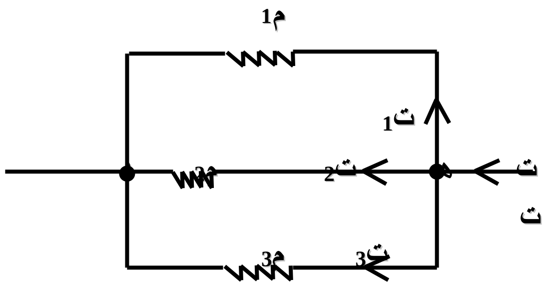
$جـ_3$ = $ت_{م_3}$ = 3×8 = 24 فولت

2. ق = $جـ_د$ + $جـ_1$ + $جـ_2$ + $جـ_3$

1.5 + 9 + 18 + 24 = 52.5 فولت

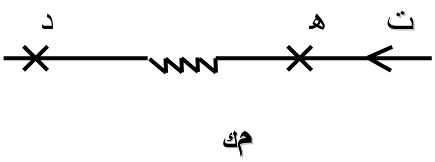
<u>2) التوازي :</u>

عندما يمر التيار في مجموعة مقاومات مربوطة على التوازي فإنه يتجزأ بحيث يمر في كل منها جزء ، بحيث يكون الجهد الكهربائي متساوٍ لكل منها .



فرق الجهد هـ د متساوٍ

$$\text{ت} = \text{ت}_1 + \text{ت}_2 + \text{ت}_3$$



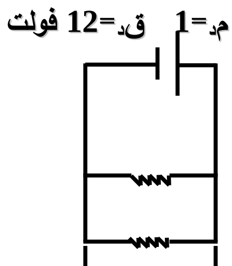
$$\frac{\text{جـهد}}{\text{مك}} = \frac{\text{جـ}_1}{\text{م}_1} + \frac{\text{جـ}_2}{\text{م}_2} + \frac{\text{جـ}_3}{\text{م}_3}$$

$$\text{جـ}_1 = \text{جـ}_2 = \text{جـ}_3 = \text{جـهد}$$

$$\frac{1}{\text{مك}} = \frac{1}{\text{م}_1} + \frac{1}{\text{م}_2} + \frac{1}{\text{م}_3}$$

مثال (1) :

في الدارة المجاورة احسب تيار كل منها المقاومات



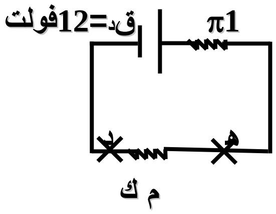
م1=6

م2=3

م3=2

الحل :

نرى أن م1 / م2 / م3 توازي



$$\frac{1}{\text{مخ}} = \frac{1}{\text{م}_1} + \frac{1}{\text{م}_2} + \frac{1}{\text{م}_3}$$

$$= \frac{1}{6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2} = \frac{1+2+3}{6}$$

$$\frac{1}{\text{مخ}} = \frac{6}{6} \qquad \text{م ك} = 1\ \pi$$

$$\text{ت كلي} = \frac{\text{ق}\,3}{\text{مك}\,3} = \frac{12}{\text{مخ} + \text{مد}} = \frac{12}{1+1} = 6\ A$$

لاحظ أن م ك دائماً مخ + مد / توالي

جهد المقاومة الداخلية = ت مد = 6×1 = 6 فولت

دائماً التيار الكلي يمر في المقاومة الداخلية .

الهبوط في الجهد = 6 فولت .

أي أن جهد = 12 – 6 = 6 فولت وهو جهد كل مقاومة من المقاومات الخارجية

$\text{ت}_1 = \frac{\text{ج}}{\text{م}_1} = \frac{6}{6} = 1\ A$

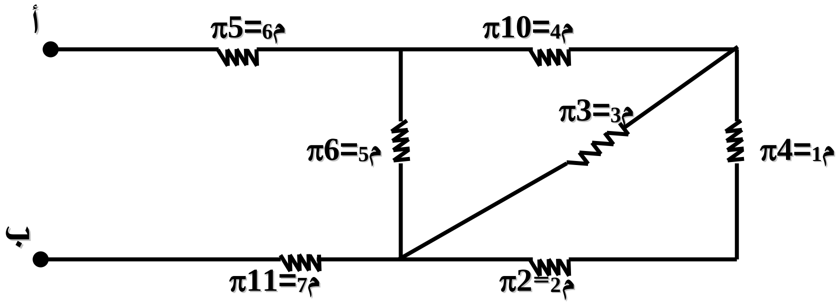
$\text{ت}_2 = \frac{\text{ج}}{\text{م}_2} = \frac{6}{3} = 2\ A$

$\text{ت}_3 = \frac{\text{ج}}{\text{م}_3} = \frac{6}{2} = 3\ A$

ولو أننا جمعنا التيارات الثلاث نجدها 6 A وهو الكلي قبل أن يتجزأ .

مثال (2) :

ما المقاومة المكافئة في الدارة التالية / بين طر في أب



م1 ، م2 توالي

$\text{م}_{12} = \text{م}_1 + \text{م}_2 = 4+2 = 6\ \pi$

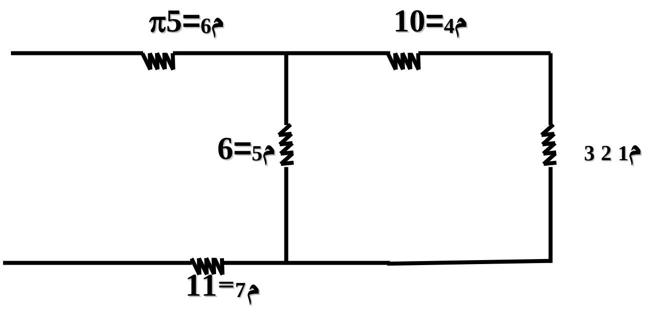
م12 / م3 توازي

م123 = ؟؟؟

$\frac{1}{\text{م}_{123}} = \frac{1}{\text{م}_{12}} + \frac{1}{\text{م}_3}$

$= \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{1+2}{6} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$

م1 2 3 = 2 π



م1 2 3 ، م2 توالي

م1 2 3 4 = م1 2 3 + م2 =

= 2 + 10 = 12 π

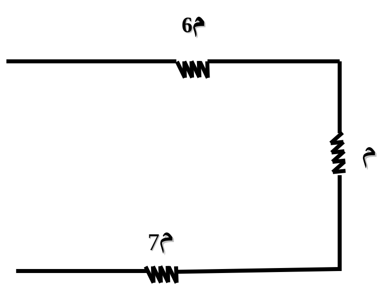
م1 2 3 4 ، م5 توازي

م1 2 3 4 5 = ؟؟؟

$$\frac{1}{\text{م}} = \frac{1}{\text{م}_{1\,2\,3\,4}} + \frac{1}{\text{م}_{5}}$$

$$= \frac{1}{12} + \frac{1}{6} = \frac{3}{12}$$

$$\frac{1}{\text{م}} = \frac{1}{4}\ \pi \qquad \text{م} = 4\ \pi$$



م / م6 / م7 توالي

$م_ك = م + م_6 + م_7$

$4 + 5 + 11 = 20\ \pi$

مثال (3) :

وصلت مقاومتان على التوالي فكانت مقاومتها المكافئة 25 π وعندما وصلتا على التوازي كانت 4 π ، ما قيمة كل منها .

التوالي	التوازي
$م_ك = 25\ \pi$	$م_ك = 4\ \pi$
$م_ك = م_1 + م_2$	$\frac{1}{م_ك} = \frac{1}{م_1} + \frac{1}{م_2}$
$25 = م_1 + م_2$	$\frac{1}{4} = \frac{1}{م_1} + \frac{1}{م_2}$

من المعادلة الثانية

$25 = م_1 + م_2$

$م_1 = 25 - م_2$

بتعويضها في الأولى :

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{م_1} + \frac{1}{م_2}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{(25-م_2)} + \frac{1}{م_2}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{\cancel{م_2} + 25-\cancel{م_2}}{(25-م_2)\,(م_2)}$$

$100 = (25 - م_2)\,(م_2)$

$100 = 25م_2 - م_2$

$م_2 - 25م_2 + 100 =$ صفر

$(م_2 - 5)(م_2 - 20)$ $\qquad م_2 = 5$

أو $م_2 = 20$

إذا كان $م_2 = 5\pi$ كانت $م_1 = 20\pi$

إذا كان $م_2 = 20\pi$ كانت $م_1 = 5\pi$

<u>الطاقة المستنفذة في المقاومة :</u>

إن الشغل المبذول لنقل الشحنة عبر المقاومة هو فرق الجهد

$$ج = \frac{ش}{س}$$

والشغل هو طاقة ،

$$ج = \frac{ط}{س}$$

$$ط = س ج$$

$$\frac{ط}{ز} = \frac{س ج}{ز}$$

القدرة $=$ س ج $\qquad$ — ①

القدرة المستنفذة في المقاومة هي التيار × الجهد

أو

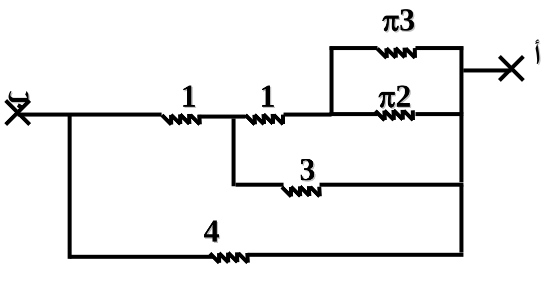
القدرة = ت^2 م ـــ ②

القدرة = $\frac{ج^2}{م}$ ــــــ ③

الأسئلة

1) مقاومتان م$_1$ ، م$_2$ ، عندما وصلتا معاً على التوالي كانت مقاومتها المكافئة 10 π ، وعندما وصلت على التوازي كانت مقاومتها المكافئة 2.4 ، أوجد م$_1$ ، م$_2$.

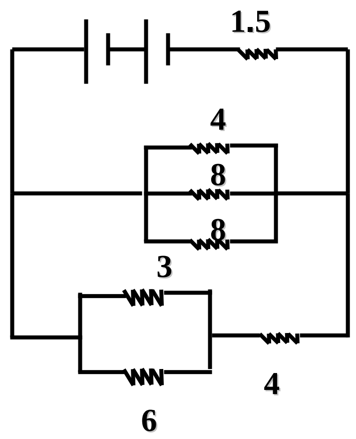
2) احسب المقاومة المكافئة للشكل التالي بين أ ، ب



3) مصدر كهربائي قوته الدافعة 5 فولت ، عندما وصل بمقاومة خارجية مقدارها 1.6 π ، كانت شدة التيار في هذه المقاومة 2.5 A ، ما قيمة المقاومة الداخلية ، احسب الجهد بين طرفي الخارجية .

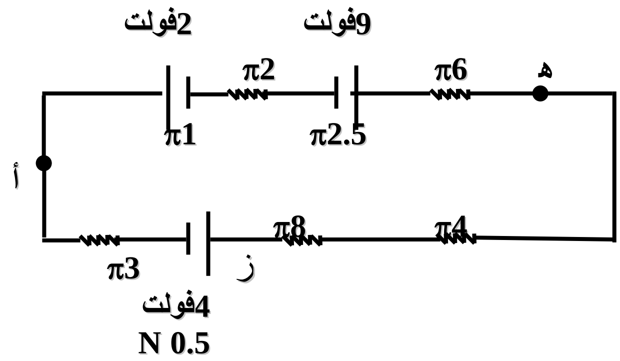
4) في الشكل التالي احسب :
   1. المقاومة المكافئة .
   2. قراءة الأميتر والفولتميتر .

6فولت 6فولت
π0.5 π0.5

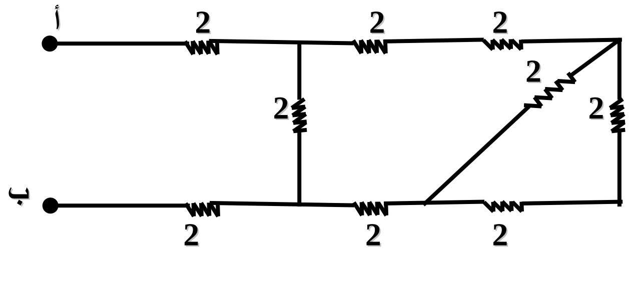


5) في الشكل التالي احسب

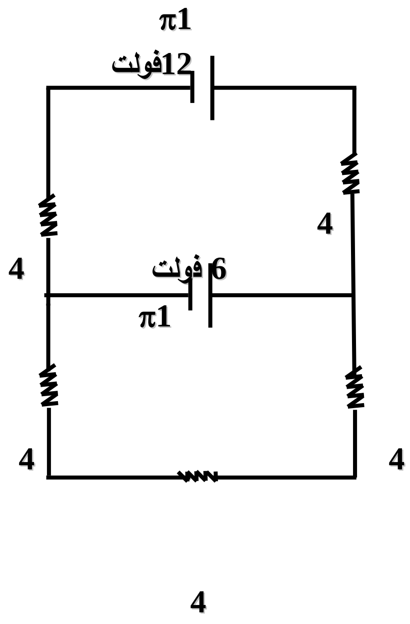
1. جـ أز   2. جـ بهـ



6) احسب المقاومة المكافئة بين أ ب



7) أوجد التيار المار في كل مصدر في الذرة التالية .


π1
12فولت
4
4
6 فولت
π1
4
4
4

الوحدة الثالثة

المغناطيسية

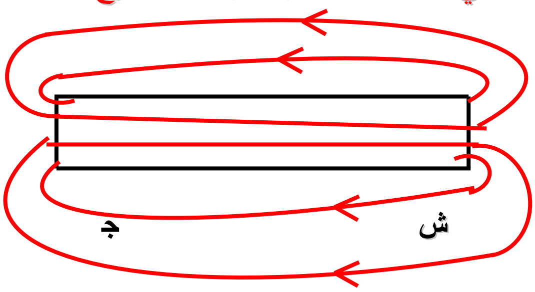
الفصل الأول

المجال المغناطيسي

1) للمغناطيس قطبان شمالي وجنوبي .
2) الأقطاب المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب .

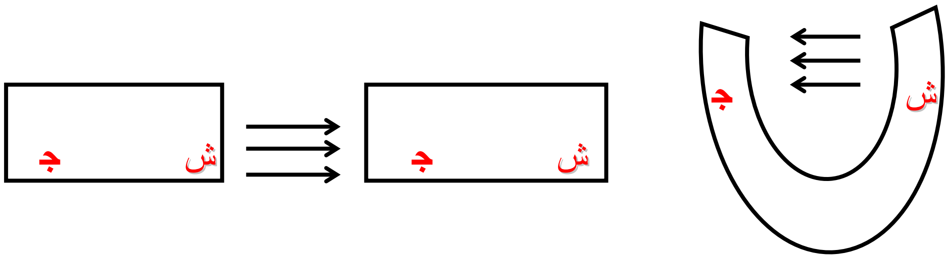
يُعرف المجال المغناطيسي بأنها المنطقة المحيطة بالمغناطيس والتي تظهر فيها آثار القوة المغناطيسية .

كذلك نعرف المجال المغناطيسي ، بأنها خطوط وهمية تخرج من القطب الشمالي للمغناطيس باتجاه الجنوبي.



تتركز القوة المغناطيسية عند الاقطاب
وتضعف عند المنتصف.

هنالك مجال مغناطيسي منتظم كذلك الناجم عن مغناطيس حدوة الفرس او قطبان مختلفان من مغناطيسيين.



خصائص المجال المغناطيسي

1) الخطوط تخرج من الشمالي باتجاه الجنوبي.
2) الخطوط لا تتقاطع.
3) إذا كان الخط مائلاً، فان الاتجاه يكون باتجاه المماس عند النقطة المراد إيجاد المجال عندها .
4) تزداد عدد الخطوط المغناطيسية العابرة بوحدة المساحة إذا زادت شدة المجال .

القوة المؤثرة على شحنة كهربائية تتحرك في المجال المغناطيسي :

كما في المجال الكهربائي – فان المجال المغناطيسي يؤثر بقوة على شحنة كهربائية ، لكن هنالك شرط أن تكون الشحنة متحركة وموجبة .

يعرف المجال كذلك بأنه القوة المغناطيسية المؤثرة في شحنة كهربائية تتحرك فيه بسرعة ع .

$$غ = \frac{ق}{ش ع جا \Theta}$$

غ ⟸ شدة المجال المغناطيسي .

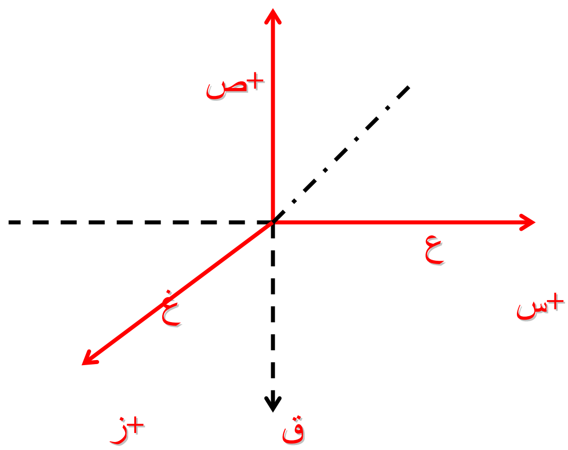
ع ⟸ سرعة الشحنة الكهربائية (الموجبة) .

Θ ⟸ الزاوية بين ع / غ.

وتكون محصلة القوة دائماً عمودية على المستوى لكل من ع و غ .

ق = ش ع غ جا Θ ـــ ①

فلو كانت الشحنة تتحرك باتجاه السينات الموجب والمجال باتجاه الزيني الموجب – كانت القوة باتجاه (الصادي السالب).



يمكن معرفة اتجاه القوة بإحدى الطرق :

1- قاعدة اليد اليمنى ، بحيث تكون الكف مفتوحة ويشير الإبهام لاتجاه السرعة ، والأصابع للمجال ، وباطن اليد للقوة .
2- نحرك الأصابع (اليد اليمنى) من ع إلى غ (الزاوية الصغيرة) ، ويكون الإبهام باتجاه القوة .

ملاحظة : إذا كانت الشحنة سالبة- نفرض وجودها موجبة – ونعكس الاتجاه الأخير للقوة .

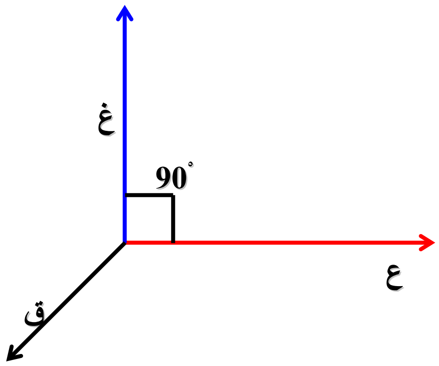
<u>وحدة قياس شدة المجال</u>

$$غ = \frac{ق}{س\ ع} \qquad \frac{N\ ث}{كولوم\ م} \qquad \text{أو ويبر/م}^2$$

مثال (1) : بروتون طاقته 5 مليون إلكترون فولت يتحرك إلى اليمين في مجال مغناطيسي شدته 1,5 ويبر/م^2 لأعلى إذا علمت أن كتلة البروتون $1,7 \times 10^{-27}$ كغم.

احسب القوة المؤثرة عليه

الحل :



ط = $\frac{1}{2}$ ك ع^2

كل أ.ف = 1.6×10^{-19} جول

$5 \times 10^{6} \times 1.6 \times 10^{-19}$

8×10^{-13} جول

هذه الطاقة هي طاقة حركية

ط$_2$ = $\frac{1}{2}$ ك ع^2

$8 \times 10^{-13} = \frac{1}{2} \times 1.7 \times 10^{-27} \times$ ع^2

ع^2 = $\frac{2 \times 10^{-13}}{1.7 \times 10^{-27}}$

= 1.176×10^{14}

= 1.08×10^{7} م/ث

ق = س ع غ جا θ

$1.6 \times 10^{-19} \times 1.08 \times 10^{7} \times 1.5$ جا 90

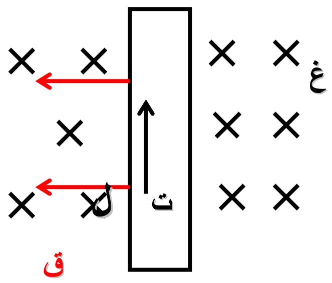
2.592×10^{-12} N وتكون خارجة من الصفحة ⊙

القوة المؤثرة على سلك طوله (ل) يحمل تياراً

إن حركة الشحنة هي التيار – فيما القوة المؤثرة على سيل من الشحنات الكهربائية

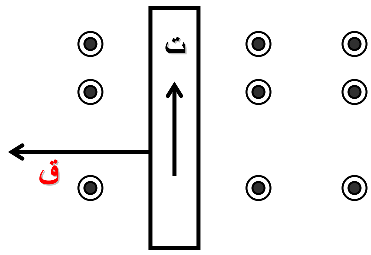
ق = ت ل غ جا θ ـــــ ②

(×) المجال داخل الصفحة



مثال (1) : سلك طوله 50 سم يحمل تياراً مقداره A5 احسب القوة المؤثرة عليه من قبل مجال شدته 3 ويبر/م^2 (كما في الشكل).

(θ = 90)



(·)

ق = ت ل غ جا θ

$$\cancel{5}^{1} \times \frac{50}{\cancel{100}_{2}} \times 3 \times \text{جا } 90$$

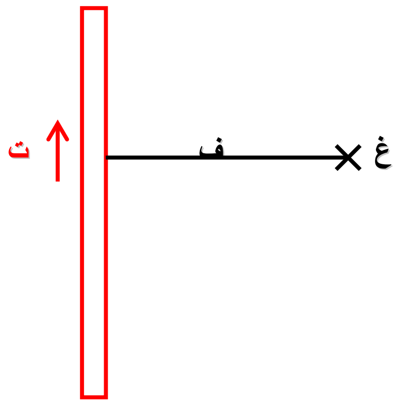
= 7.5 N (يساراً)

نفس قاعدة اليد اليمنى (الإبهام التيار والأصابع المجال)

<u>المجال المغناطيسي الناشئ عن سريان تيار كهربائي</u>

لاحظ العالم اورستد ان سريان تيار كهربائي يؤثر في إبرة مغناطيسية فيحرفها عن مكانها.

المجال المغناطيسي الناشيء عن سلك لا نهائي يحمل تياراً



$$\text{غ} = \frac{\text{u.}\ \text{ت}}{2\ \pi\ \text{ف}}$$

u. = النفاذية المغناطيسية

وتساوي $4\ \pi \times 10^{-7}$

خطوط المجال المغناطيسي هي خطوط دائرية مركزها السلك. والاتجاه يكون باستخدام قاعدة اليد اليمنى بحيث يشير الإبهام إلى التيار **وحركة** الأصابع المجال

مثال (1) : سلك لا نهائي يحمل تياراً 3 A ما المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد 50 سم.

الحل :

$$\text{غ} = \text{u.}\ \frac{\text{ت}}{2\ \pi\ \text{ف}} \qquad = \qquad \frac{\overset{2}{\cancel{4}}\ \cancel{\pi} \times 10^{-7} \times 3}{2 \times \cancel{\pi} \times 0.5}$$

$\text{u.} = 4\ \pi \times 10^{-7}$ $\qquad\qquad$ $= 12 \times 10^{-7}$ ويبر/م^2

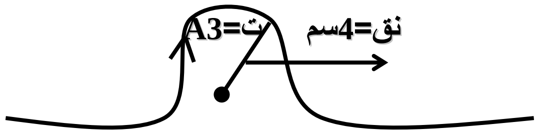
المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار يسري في ملف دائري (في مركزه)

$$\textbf{غ} = \frac{\textbf{ن}\ \text{u.}\ \textbf{ت}}{\textbf{2 نق}}$$

ن = عدد اللفات

ت = التيار

مثال (1) : ما المجال الناجم عن تيار يسري في الموصل التالي عند النقطة م.



الحل :

$$غ = \frac{u.ن\ ت}{2\ نق}$$

ن = $\frac{1}{2}$ (نصف لفة)

$$غ = \frac{0.5 \times \cancel{4}\pi \times 10^{-7} \times 3}{2 \times \cancel{4} \times 10^{-2}}$$

= 2.35×10^{-2} ويبر/ م^{2}

هنالك وحدة أخرى هي (تسلا)

مثال (2) : ملف دائري عدد لفاته 200 لفة فإذا كان المجال المغناطيسي في مركزه يساوي 5,4 × 10^{-4} تسلا ويحمل تيار مقداره 4 أمبير ما نق له؟

الحل :

$$ع = \frac{u.\ ت}{2\ نق}$$

$$5.4 \times 10^{-4} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 4}{2\ نق}$$

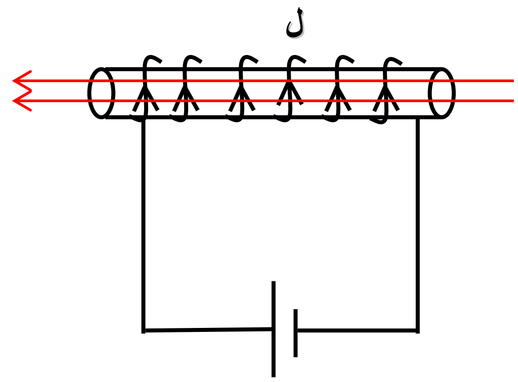
10.8×10^{-4} نق = $4\pi \times 10^{-7} \times 4$

نق = 4.7×10^{-3}م

= 0,47 سم

<u>المجال المغناطيسي الناشئ عن تيار يسري في ملف حلزوني</u>

الملف الحلزوني هو مجموعة من الملفات الدائرية بجانب بعضها



لنفرض ان الملف الحلزوني مكون من عدد من اللفات لكل وحدة طول

حيث ن/ = $\frac{\text{ن}}{\text{ل}}$

ن/ = عدد اللفات بوحدة الطول . لفة/م

ن = عدد اللفات الكلية

ل = طول الملف

غ المجال المغناطيسي في المنتصف

غ = u. ت ن/

مثال (1) : ملف طوله 25 سم – عدد لفاته 400 لفة يحمل تياراً مقداره A0 ما المجال في مركز الملف

الحل :

ن/ = $\frac{\text{ن}}{\text{ل}}$ = $\frac{400}{25 \times 10^{-2}}$ = 1600 لفة /م

غ = u. ت ن/

$4\ \pi \times 10^{-7} \times 5 \times 1600$ = (0.01) تسلا

الأسئلة

1) سلك طوله 1م يحمل تياراً شدته A10 يصنع زاوية 30° مع مجال مغناطيسي شدته 1.2 ويبر/م^2 ما القوة المؤثرة على السلك ؟

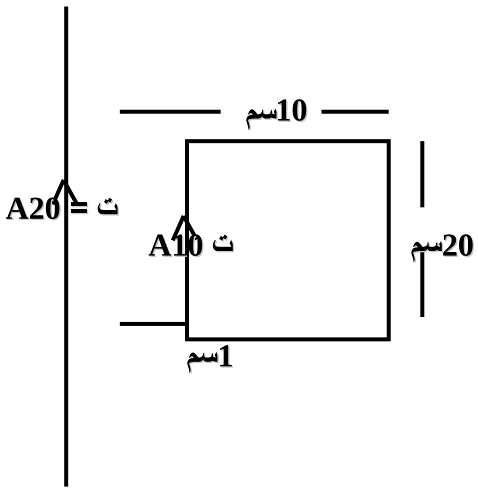
2) ملف دائري قطره 40 سم يحمل تياراً شدته A2,5 كم تكون عدد لفاته ليكون مقدار شدة المجال في المركز 1.26×10^{-4} ويبر/م^2.

3) ملف حلزوني طوله 20سم عدد لفاته 200 لفة يحمل تياراً مقداره A5 ما مقدار المجال في محوره .

4) في أي اتجاه تتحرك شحنة كهربائية في مجال مغناطيسي دون أن تتأثر بقوة .

5) سلك طويل لا نهائي يحمل تياراً مقداره A2 ما مقدار المجال المغناطيسي الناشيء عند نقطة تبعد 10سم ، 15سم منه .

6) احسب القوة المؤثرة على الحلقة في الشكل التالي:



ملاحظة احسب المجال الناشئ من قبل السلك الطويل ثم طبق قانون القوة المؤثرة.

الفصل الثاني

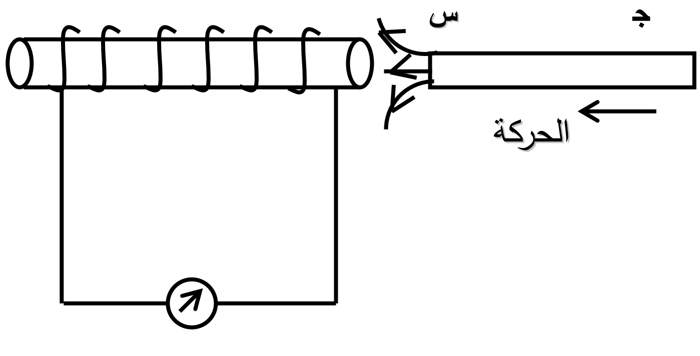
الحث الكهرومغناطيسي

التيار الحثي :

علمنا أن مرور التيار الكهربائي في موصل يولد مجالاً مغناطيسياً . فهل يمكن أن تتولد الكهرباء من مجالٍ مغناطيسي .

وكان أول من توقع هذا الأمر هو العالم فارادي بحيث لاحظ أنه عندما يقطع موصل خطوط المجال المغناطيسي فإنه يولد تياراً .

كذلك إذا تحرك مغناطيس داخل موصل كما في الشكل



يتولد التيار ما دامت الحركة إما للمغناطيس أو الموصل . بحيث يتم تقطيع عدد من الخطوط يدعى هذا التيار بالتيار الحثي .

ويمكن تفسير هذه الظاهرة ، بأنه تتولد قوة دافعة حثية عندما يتغير التدفق المغناطيسي .

فمتى يمكن أن يتغير التدفق المغناطيسي ؟

يمكن أن يتغير التدفق المغناطيسي بإحدى الطرق :

انظر إلى معادلة التدفق :

$$\phi = \text{غ أ جتا } \theta$$

غ   شدة المجال .

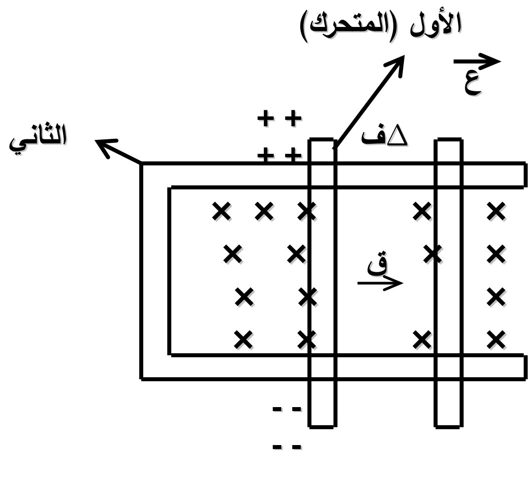
أ   المساحة التي ستعبر منها الخطوط .

θ الزاوية بين غ/أ .

يمكن أن تتغير بإحدى الطرق :

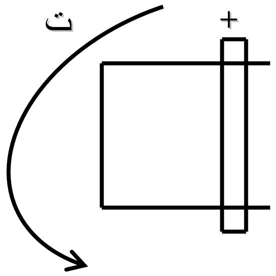
1) إما أن تتغير غ مثل المجال المغناطيسي الناجم عن تيار متغير .
   أو تغير غ نفسها .
2) أو تغير المساحة .
3) او ان تتغير الزاوية

بمثل الشكل موصلاً طوله (ل) ينزلق بحرية فوق موصل آخر على شكل الحرف U وموضوعان في مجال مغناطيسي متعامد مع مستوى الموصل الثاني .



إذا حركنا الموصل (ل) بقوة ثابتة إلى اليمين ، فإنه سيتحرك بسرعة نابغة مقدارها (ع)

إن الحركة إلى اليمين ، والمجال داخل الصفحة ، فإن الشحنات ستتأثر بقوة بحيث تصبح الشحنات الموجبة في أعلى الموصل ، والسالبة في أسفله .



هذا يشبه مصدر (بطارية) مما يؤدي
إلى سريان الشحنات التيار بعكس عقارب الساعة

الآن ، أصبح هنالك تيار في الموصل اتجاهه لأعلى
سيتعرض الموصل حسب المعادلة

$\text{ق}_{\text{مغناطيسية}} = -\text{ت ل غ جا}\,\theta$ إلى اليسار

$\text{ق}_1 = \text{ق}_{\text{مغناطيسية}}$

إن القوة الدافعة = $\frac{\text{شغل}}{\text{الشحنة}}$

$\text{ق}_{\text{د}} = \frac{\text{ق}_1 \times \Delta\,\text{ف}}{\text{ش}}$

$\mathbf{\text{ق}_{\text{د}} = \frac{-\text{ت ل غ}\,\Delta\,\text{ف}}{\text{ش}}}$ ——— ①

لكن $\text{ع}/ = \frac{\Delta}{\text{ز}}$

$\overrightarrow{\text{ع}}\,\text{ز} = \Delta\,\text{ف}$

$\text{ق}_{\text{د}} = \frac{\cancel{\text{ت}}\text{ل غ ع}}{\cancel{\text{ت}}}\text{جا}\,\theta$

$\mathbf{\text{ق}_{\text{د}} = -\text{ل غ ع جا}\,\theta}$ ——— ②

الآن : لنعد إلى المعادلة الأولى

$$\text{ق}_{\text{د}} = \frac{-\text{ت ل غ}\,\Delta\,\text{ف}}{\text{ش}}$$

ل Δ ف = التغير في المساحة = Δأ

$$\text{ق}_{\text{د}} = \frac{-\text{ت غ}\,\Delta\,\text{أ}}{\text{ش}}$$

$$\text{ت} = \frac{\text{ش}}{\text{ز}}$$

غ Δأ = Δ ϕ / ش = ت ز

التغير في التدفق

$$\text{ق}_{\text{د}} = \frac{-\cancel{\text{ت}}\,\text{غ}\,\Delta\,\text{أ}}{\cancel{\text{ت}}\,\text{ز}}$$

$$\text{ق}_{\text{د}} = \frac{-\Delta\,\phi}{\text{جـ ز}} \quad \text{———} \quad ③$$

وهذا يعرف بقانون فاراداي ، والذي ينص على :

إن القوة الدافعة الحثية المتولدة في دارة تتناسب طردياً مع

معدل التغير في التدفق المغناطيسي بالنسبة للزمن

إن الإشارة السالبة تعني معاكسة

مثال (1) :

تغيرت عدد الخطوط العابرة مساحة ما من 20 خطا إلى 50 خطا خلال 3 ثواني ، احسب القوة الدافعة المتولدة في ملف يتكون من 200 لفة .

الحل :

$$ق = ت \frac{\Delta \phi}{جـ ز}$$

$$\frac{200 \times (20-50)}{3} = \frac{200 \times \cancel{30}^{10}}{\cancel{3}} = 2000 \text{ فولت}$$

مثال (2) :

تغيرت شدة المجال المغناطيس من 3.5 تسلا إلى 8 تسلا خلال 3 ثواني في ملف يتكون من 400 لفة ، فإذا كانت مساحة الملف 20سم^2 ، ما القوة الدافعة إذا كان مستواه عموديا على المجال .

الحل :

$$ق = ت \frac{\Delta \phi}{جـ ز}$$

$\Delta \phi = \Delta$ غ أ جتا Θ

$\Theta = \therefore$ بين أ × غ

$\Delta \phi = (3.5 - 8) \times 20 \times 10^{-2} \times 1$

$= 0.9$ تسلا م^2

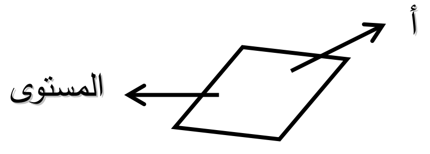
$$ق = - \frac{200 \times 0.9}{3} = -60 \text{ فولت}$$

ملاحظة :

إذا كان مستوى الملف عمودي على الخطوط كانت $\Theta = \therefore$

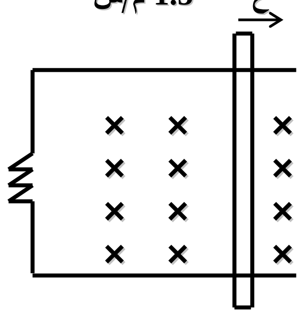
وإذا كان مستوى الملف موازياً للخطوط كانت $\Theta = 90$

لأن أ / هو العمودي على المستوى



مثال (3) :

ينزلق موصل طوله 20سم فوق موصل آخر . كما في الشكل . ما مقدار التيار المار في الموصل الثاني إذا كانت مقارمته 2 اوم وشدة المجال 4×10^{-3} تسلا وسرعة الانزلاق = 1.5 م/ث



ق = − ل غ ع جا θ

− 20 ×10^{-2} × 4×10^{-3} × 1.5 × جا 90

= 1.2 × 10^{-3} فولت .

من قانون أوم

ق = ت م

1.2×10^{-3} = ت × 2

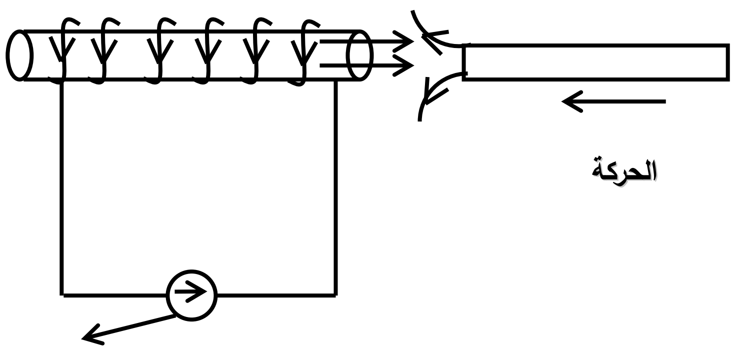
ت = 6×10^{-4} A

<u>قاعدة لتحديد اتجاه القوة الدافعة الحثية :</u>

إن اتجاه القوة الدافعة الحثية المتولدة بحيث يسبب تياراً من شأنه أن يقاوم الحركة أو التغير في التدفق المسبب لهذه القوة .

مثال (1) :

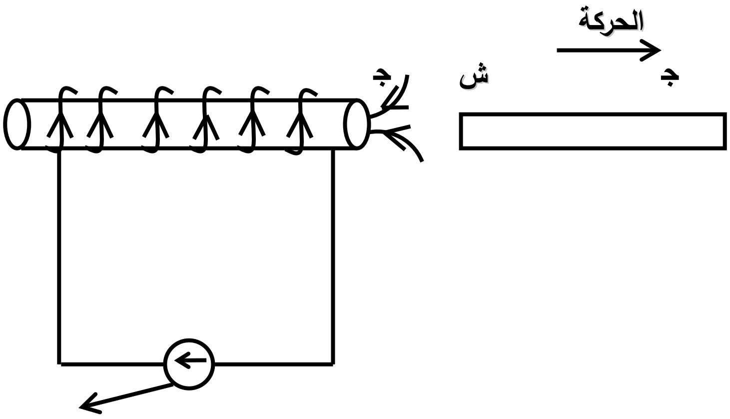
يقترب مغناطيس من ملف حلزوني كما في الشكل ما اتجاه التيار المسار في الموصل



عند اقتراب المغناطيس من الموصل ، يصبح الطرف القريب من المغناطيس قطباً شمالياً ليتنافر مع القطب المغناطيسي ليمانع حركته

وباستخدام قاعدة اليد اليمنى ، يكون اتجاه الإبهام (اتجاه المجال المغناطيسي التأثيري) وحركة الأصابع هو اتجاه التيار ، فيكون اتجاه التيار نازلاً في الحلقات القريبة من الناظر .

وعند سحب المغناطيس ، يصبح القطب للملف جنوبياً ليمانع الحركة ، فيصبح اتجاه التيار صاعداً .



كذلك يمكن تحديد اتجاه التيار

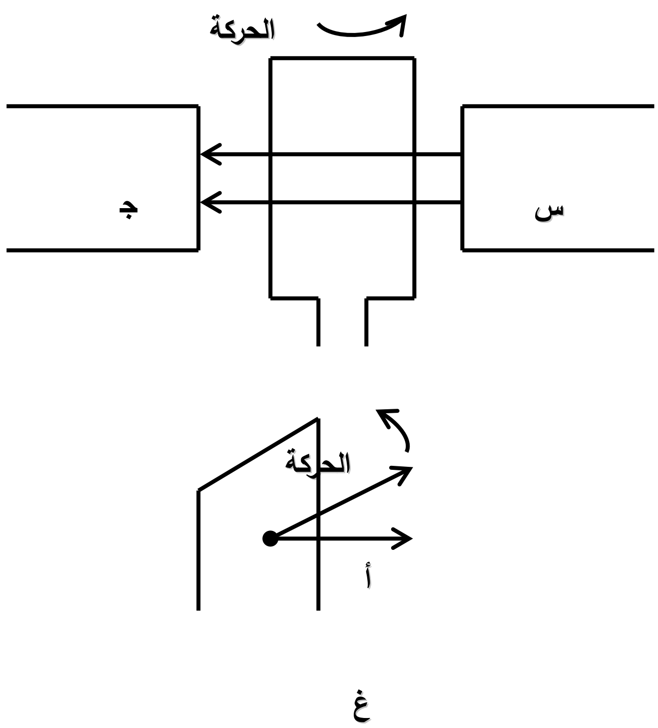
الحالة الأولى : والمغناطيس يقترب من اللف فإن عدد الخطوط العابرة في الملف تزداد ، فيتولد تيار لـه مجال تأثيري معاكس للأصلي وباستخدام قاعدة اليد اليمنـى ، فيكون التيار نازلاً .

وعند سحب المغناطيس ، تقل عدد الخطوط ، فيتولد تيار .... له مجال تأثيري مع الأصلي وباستخدام قاعدة اليد اليمنى ، يكون التيار صاعداً .

تطبيقات على الحث الكهرومغناطيسي :

المولد الكهربائي :

ملـف يتكـون مـن عـدد مـن اللفـات ، يتحـرك هـذا الملـف فـي مجـال مغناطيسـي منتظم . هنا التغير في التدفق ناجم عن تغير في الزاوية التي يمسحها الملف خلال زمن



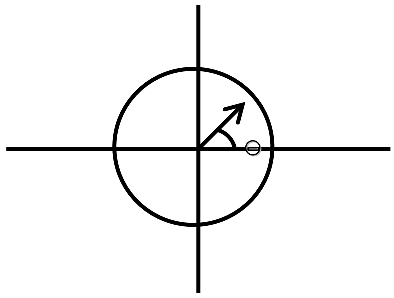
يدور الملف بسرعة زاوية فائقة = ω وتساوي

الزاوية الممسوحة خلال زمن

$$\phi = \text{غ أ جتا } \Theta$$

$$\Theta = \omega \text{ ز}$$

$$\omega = \frac{\Theta}{\text{ز}}$$



اشتق العلاقة بالنسبة للزمن

$$\phi = \text{غ أ جتا } \omega \text{ ز}$$

تصبح $\Delta \phi = \omega \text{ غ أ جتا } \omega \text{ ز}$

$$\text{ق} = \omega \text{ غ أ جتا } \omega \text{ ز}$$

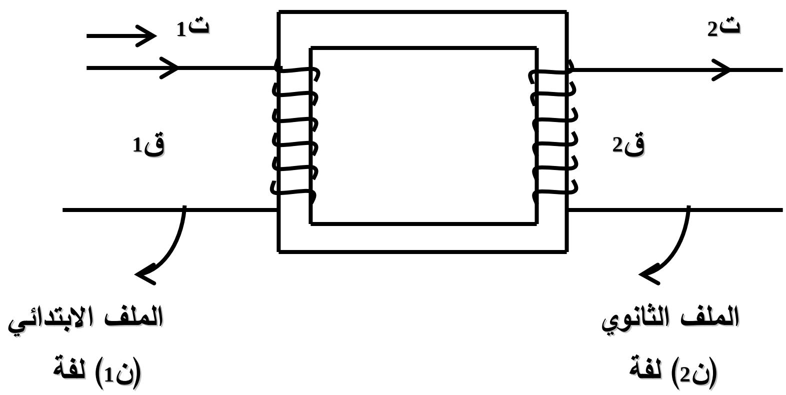
وإذا كان الملف له ن لفة

تصبح ق = ن ω غ أ جتا ω ز

المحول الكهربائي :

المحول الكهربائي هو أداة تستخدم لرفع الجهد الكهربائي أو لتقليله ، فالمحول الذي يستخدم لشحن جهازك النقال هو محول أدنى ، ينخفض فرق الجهد من 220 فولت إلى 9 فولت ، وأحياناً 6 فولت . فمما يتكون المحول .

يتكون المحول الكهربائي من قلب حديدي ملفوف عليه ملفان ، الابتدائي وهو الملف الذي يفرق الجهد الداخل ، والملف الثانوي وهو الذي يعطي فرق الجهد الناتج .



عند مرور التيار في الملف الابتدائي فإنه سينشأ تدفقاً مغناطيسياً فيه

$$\text{ق}_1 = \text{ن}_1 \frac{\Delta \phi}{\Delta \text{ز}} \quad \text{①}$$

حيث $\frac{\Delta \phi}{\Delta \text{ز}}$ هو التدفق

هذا التدفق سينتشر عبر القبل الحديدي ليصل إلى الملف الثانوي . فتنشأ فيه قوة دافعة تأثيرية (ق_2)

$$\text{ق}_2 = \text{ن}_2 \frac{\Delta \phi}{\Delta \text{ز}} \quad \text{②}$$

وبتعويض $\frac{\Delta \phi}{\Delta \text{ز}}$ في المعادلة ②

$$\text{ق}_2 = \text{ن}_2 \frac{\text{ق}_1}{\text{ن}_1} \quad \text{②}$$

وبالتعديل تصبح $\frac{\text{ق}_2}{\text{ق}_1} = \frac{\text{ن}_2}{\text{ن}_1}$

إذا كانت $\text{ن}_2 : \text{ن}_1 < 1$ يكون المحول أدنى

وإذا كانت $\text{ن}_2 : \text{ن}_1 > 1$ يكون المحول أعلى

مثال (1) :

محول يعمل على 220 فولت فإذا كانت عدد لفاته الابتدائية إلى الثانوية هي 1 : 5 كم فرق الجهد الذي سيعطيه .

الحل :

$$\frac{ق_2}{ق_1} = \frac{ن_2}{ن_1}$$

$$\frac{ق_2}{220} = \frac{1}{5}$$

$$ق2 = \frac{220}{5} = 44 \text{ فولت}$$

ونوعه أدنى

مثال (2) :

تعمل أداة على فرق الجهد 480 فولت فكيف يمكن أن تساعده لتشغيلها في منزلك حيث فرق الجهد 220 فولت . ما المحول المناسب؟

الحل :

$$\frac{ق_2}{ق_1} = \frac{ن_2}{ن_1}$$

$$\frac{480}{220} = \frac{ن_2}{ن_1}$$

$$\frac{\overset{24}{\cancel{48}}}{\underset{11}{\cancel{22}}} = \frac{ن_2}{ن_1}$$

نأتي محول عدد لفاته الثانوية إلى الابتدائية

24 : 11

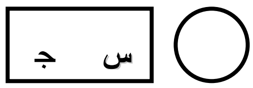
أسئلة

1) ملف عدد لفاته 50 لفة ، مساحة مقطعه 10سم^{2} ، احسب القوة الدافعة المتولدة إذا تغير المجال المغناطيسي من : 0.1 تسلا إلى 0.01 تسلا خلال 1×10^{-3} ثانية .

2) محول كهربائي نسبة لفاته الابتدائية إلى الثانوية 5 : 1 إذا كان يعمل على 380 فولت ، ما القوة الكهربائية الناتجة .

3) دخلت حلقة في مغناطيس كما في الشكل

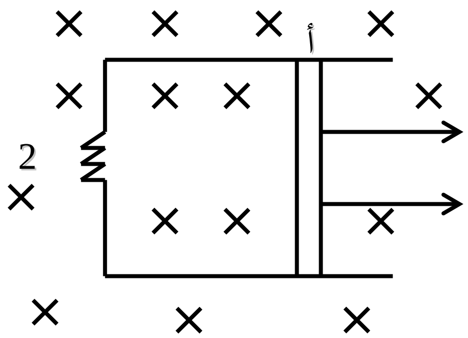
حدد اتجاه التيار الحثي فيها



4) إذا تحرك الموصل أب إلى اليمين بسرعة 2م/ث احسب القوة الدافعة التأثيرية المتولدة – احسب التيار المار في المقاومة

غ = 0.5 تسلا .

ل = 50سم



5) يتحرك إلكترون في مجال مغناطيسي شدته 4×10^{-2} تسلا ، بين كيف يتحرك ، وما مقدار الفترة المؤثرة .

س$_{أ}$ = 1.6×10^{-19} كولوم

الوحدة الرابعة

الميكانيكا والديناميكا

الفصل الأول

قوانين نيوتن في الحركة

لنفرض أن الكتاب الساكن أمامك تريد تحريكه ، فهل يتحرك دون أن تبذل عليه قوة .

ولنفرض أن سيارة تسير بسرعة ما ، وأريد أن تزيد من سرعتها– فهل يمكن ذلك بدون أن يدوس السائق على البنزين لزيادة قوة المحرك؟

ولنفرض أن سيارة أريد لها أن تتوقف ، فهل يمكن ذلك بدون قوة الفرامل ؟

إن العالم اسحق نيوتن ، درس هذه الظاهرة إلى أن توصل إلى :

إن الجسم الساكن أو المتحرك بسرعة ثابتة يظل على حاله ، ما لم تؤثر عليه قوة تغير من حالته الحركية.

والحالة الحركية تتضمن ، زيادة سرعته أو تخفيضها ، أو تغير اتجاه الجسم ، أو جميعها معاً

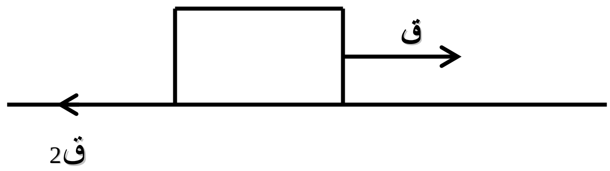
يصف هذا القانون ميل الأجسام للمحافظة على حالتها الحركية وممانعة تغييرها ، وتدعى بخاصية القصور الذاتي . (الاحتكاك)

تزداد الخاصية بزيادة كتلة الجسم.

مثال (1) : جسم وزنه N 50 – يتحرك بسرعة ثابتة بقوة مقدارها N25 – ما قوة الاحتكاك.

الحل :

بما أن السرعة ثابتة فان محصلة القوى = صفر



3 ق = صفر

ق – $ق_2$ = صفر

ق = $ق_2$ = 25 N

<u>القانون الثاني :</u>

يهتم قانون نيوتن الثاني بتوضيح العلاقة بين القوة المؤثرة وتسارع الجسم أي التغيير في سرعته .

لقد توصل نيوتن أن محصلة القوى المؤثرة على جسم تسبب له تسارعاً

3 ق = ك ت

ك = كتلة الجسم

ت= تسارعه

$ت = \frac{ع_2 - ع_1}{ز}$

$ع_1$ – سرعته الابتدائية

$ع_2$ – سرعته النهائية

ز – زمن التغير في سرعته

مثال (1) : أثرت قوة مقدارها N15 على جسم كتلته 3 كغم فكم يتسارع

الحل :

$\sum$ ق = ك ت

15 = 3×ت

ت= 5م/ ث^2

مثال (2) : أثرت قوة مقدارها 50 N فإذا كانت قوة الاحتكاك تساوي N10 ما تسارع الجسم إذا كان كتلته = 2 كغم

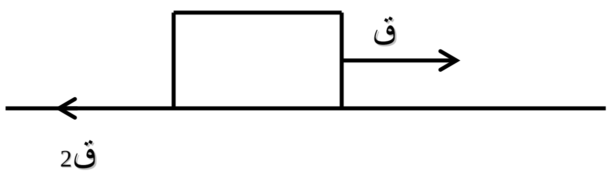
الحل :

$\sum$ ق = ك ت

ق−ق$_2$ = ك ت

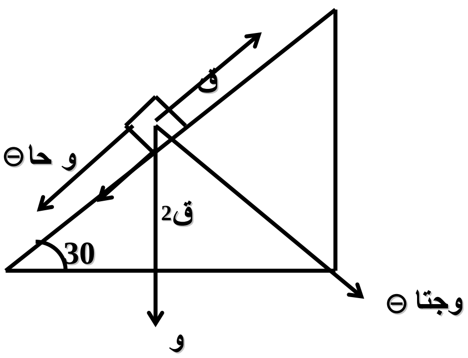
50 − 10 = 2 × ت

ت = 20 م/ ث^2



السطح المائل :

لنفرض أن جسما تؤثر فيه قوة لأعلى وبموازاة السطح المائل إلى يميل بزاوية ˚30 عن الأفقي – فما القوى المؤثرة عليه



تؤثر عليه :

1) مركبة الوزن الموازية للسطح (وجا ϴ). ϴ زاوية الميل

2) قوة الاحتكاك ودائما تكون عكس الحركة .

3) القوة المؤثرة .

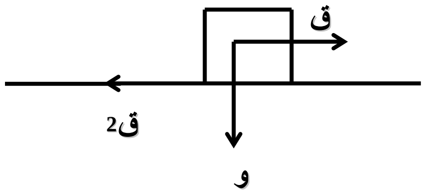
مثال (1) : جسم وزنه N100 ، تؤثر عليه قوة مقدارها N180 ، فإذا كانت قوة الاحتكاك تساوي 0.1 وزنه. ما التسارع للجسم؟

1- إذا كان السطح أفقياً .

2- إذا كان السطح مائلاً بزاوية 60 ْ .

الحل:

1- إذا كان السطح أفقياً .



الوزن = ك × ج

100 = ك × 10

ك = 10 كغم

3 ق = ك ت

ق – ق$_2$ = ك ت

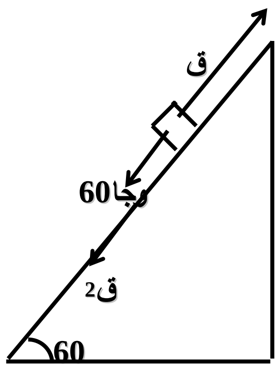
ق$_2$ = 0.1 × و = 0.1 × 100 = 10 N

180 – 10 = 10 × ت

170 = 10 ت

ت = 17م/ث^2

2– اذا كان السطح مائلاً.



3 ق = ق – وجا 60 – ق$_2$ = ك ت

180 – 100 × جا 60 − 10 = 10 × ت

= 83.4 = 10 ت

ت = 8.34 م/ ث^2

<u>القانون الثالث :</u>

لكل فعل رد فعل مساوٍ له بالمقدار ومعاكس بالاتجاه .

فعند ضرب كرة بوساطة مضرب فان المضرب سيؤثر بقوة على الكرة ونفسها الكرة تؤثر بنفس القوة على المضرب

عندما يقوم اللاعب بدفع الماء إلى الخلف في قارب التجديف – فان الماء سيدفعه بنفس القوة إلى الأمام .

ومن الأمثلة الأخرى :

1– حركة البالون عند انفلاته .

2– حركة الصاروخ .

3– المشي .

4– اصطدام كرة بالجدار .

هل عندك ظواهر أخرى يتم تفسيرها حسب قانون نيوتن الثالث ؟

مثال (1) : أثرت قوة على جسم كتلته 50 كغم فتغيرت سرعته من السكون إلى 4م/ث خلال ثانيتين ، ما مقدار القوة المؤثرة.

الحل :

ق = ك × ت

$$ت = \frac{ع_2 - ع_1}{ز} = \frac{4 - ٠}{2} = 2\ م/ث^2$$

ق = 50 × 2 = 100N

بعض الظواهر الطبيعية المرتبطة بقوانين نيوتن :

1) المصعد الكهربائي :

عندما يتسارع المصعد لأعلى لنفرض أن شخصاً يقف على ميزان داخل مصعد وهو يتسارع لأعلى فان القراءة ستكون اكبر من الحقيقي أن هذا الوزن يسمى الوزن الظاهري . وإذا كان المصعد يتسارع لأسفل فان الوزن الظاهري سيكون اقل من الحقيقي .

الوزن الظاهري = ك (ت+جـ) اذا كان صاعدا لاعلى

اما اذا كان نازلا فان الوزن الظاهري = ك (جـ – ت)

هذا التسارع يكون < **جـ** (تسارع الجاذبية الأرضية) لكن إذا اصبح المصعد يتسارع بمقدار **جـ** = 10م/$ث^2$

فان الوزن الظاهري سيكون صفراً.

2) الصاروخ :

إن الصاروخ ينفث غازات إلى الخارج – وهذا معناه أن تغيراً في سرعة الصاروخ ستحدث

$$ق = \frac{ك\,(ع_2-ع_1)}{ز}$$

$$\boxed{ق = ك\ ت}$$

إن الغازات ستؤثر بقوة على الهواء الخارجي وحسب قانون نيوتن الثالث سيتم دفع الصاروخ للأمام .

3) قانون الجذب العام :

أي جسمين يتأثران بقوة جذب متبادلة تعتمد على كتلة كل منهما والبعد بينهما.

$$ق = \frac{ج\ ك_1\ ك_2}{ف^2} \qquad \underset{ك_2}{0}\ \underline{\quad ف \quad}\ \underset{ك_1}{0}$$

ح = ثابت الجذب العام = 6.67×10^{-11} نيوتن م^2/كغم^2

ف المسافة بينهما

4) الوزن :

قوة جذب الأرض للكتلة وتساوي

ق= و = ك × ج

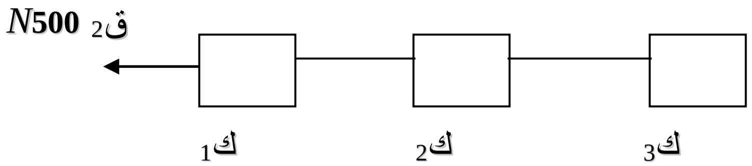
ج= 10 م/ث^2

الجسم الساقط يتأثر بتسارع ثابت مقداره 10م/ث^2

الأسئلة

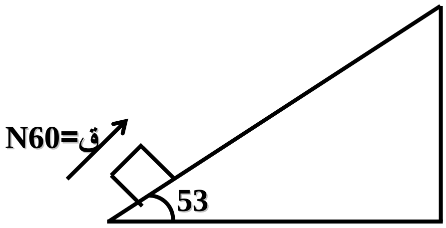
1) رجل يجر صندوقا كتلته 50 كغم بقوة $400\ N$ ما مقدار تسارع الجسم ؟

2) احسب تسارع كل من الكتل التالية :



ك1= 2 كغم ، ك2= 1 كغم ، ك3= 3 كغم.

3) جسم كتلته 3 كغم على سطح مائل أملس يميل 53° أثرت قوة موازية للسطح مقدارها $60N$، ما تسارع الجسم، فإذا استغرقت الرحلة 3 ثواني احسب تسارع الجسم عند القمة. (اعتبر أن الجسم كان ساكناً).



4) أثرت قوة $50N$ على جسم كتلته 3 كغم، فإذا كان السطح خشناً ، وكانت قوة الاحتكاك $5N$ ما:

1) محصلة القوة .

2) التسارع .

الفصل الثاني

الشغل والطاقة

ينتج الشغل بمعناه الفيزيائي عندما تؤثر قوة على جسم فتزيحه إزاحة (ف) .
وحامل مقدار هذا الشغل.

ش = ق × ف × جتا Ө (ووحدته الجول)

Ө = الزاوية المحصورة بين ق/ف

مثال (1) : تؤثر قوة تميل على الأفقية بزاوية ˚30 فتزيحه مسافة 5م . ما الشغل المبذول إذا كان الجسم يتسارع بمقدار 3م/ث^2 وكتلته 2 كغم.

الحل :

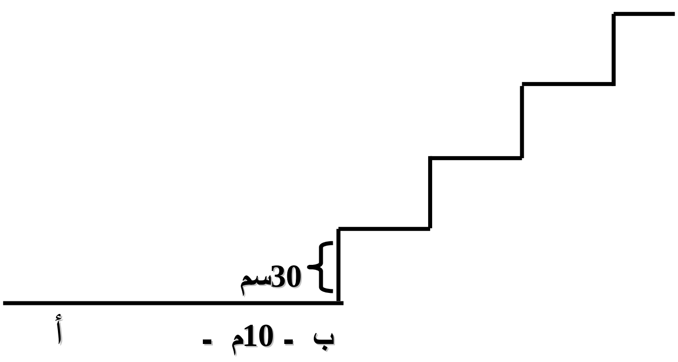
ش = ق ف جتا Ө

ك ت × ف جتا Ө   من قانون نيوتن الثاني

2×3×5×جتا 30

= 25.98 جول

مثال (2) : يحمل رجل كيساً من الإسمنت وزنه $500N$ يسير باتجاه (درج – فإذا قطع مسافة 10 أمتار وبعدها بدأ بصعود الدرج، ما الشغل المبذول : إذا كان ارتفاع كل درجة 30 سم وعددها 10 درجات ؟



أولاً : الشغل من أ ب

ش$_1$ = ق × ف × جتا Θ

القوة المؤثرة هي لأعلى (ضد الجاذبية) الإزاحة لليمين

Θ = 90˚

ش$_1$ = ق ف جتا 90 = صفر

∴ 500 × 10 × ∴ = صفر جول

ثانيا: الشغل خلال الدرج :

∴ الإزاحة مع القوة Θ = ∴

ش$_2$ = ق ف جتا Θ

∴ $\cancel{100} \times \frac{30}{\cancel{100}} \times$ جتا ∴

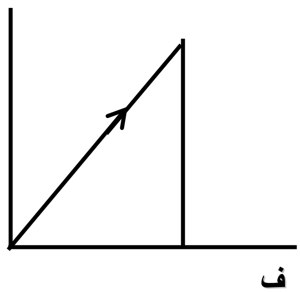
= 30 جول

الشغل الكلي = ش$_1$ + ش$_2$

∴ 30 + 30 = 30 جول

<u>الشغل المبذول من خلال قوة متغيرة :</u>

انظر إلى الشكل أنه يبين مقدار قوة تتغير مقداراً فقط مع الإزاحة مثل هذه القوة تنجم من نابض.



يمثل الشغل الكلي – الإزاحة تحت المنحنى ، وهو عبارة عن مثلث

ش = $\frac{1}{2}$ × ف × ق

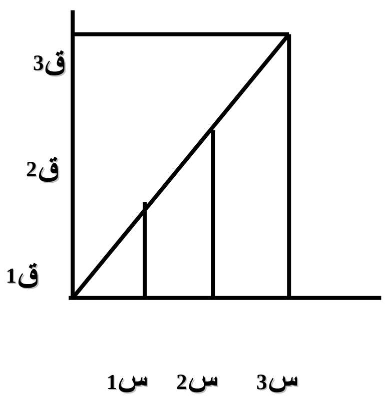
مثال (1) : ما الشغل المبذول على نابض إذا استطال مسافة (س) :

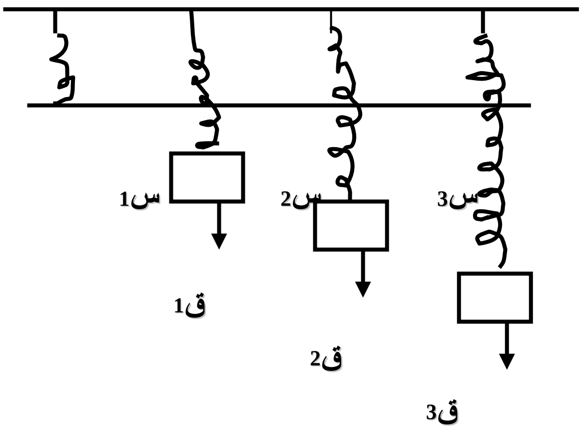
الحل : وجد العالم روبرت هول ، أننا إذا اتزنا بقوة على زنبرك ، فانه يستطيل ، وذلك بتناسب طردي .

ق + س أ ثابت المرونة

ق = أس

ويمثل الشكل التالي رسما بين استطالة زنبرك عندما تؤثر عليه قوة متغيرة.





إن الشغل المبذول على الزنبرك

$$ش = \frac{1}{2} س ق$$

$$= \frac{1}{2} س أ س$$

$$\boxed{ش = \frac{1}{2} أ س^{2}} \text{ جول}$$

هذا الشغل يخزن في الزنبرك على شكل طاقة وضع.

الطاقة

الطاقة هي المقدرة على تنفيذ شغل أو عمل ما . إن للطاقة أشكالا متعددة في الطبيعة منها ما يظهر على هيئة طاقة حركة – أو كامنة– أي مخزنة وتسمى وضع والتي تسمى معاً بالميكانيكية .

فالطاقة الميكانيكية هي مجموع طاقتي الوضع والحركة التي يمتلكها الجسم .

لنفرض أن جسما وزنه (و) رفعناه إلى سطح طاولة ارتفاعها (ف) فإننا نبذل شغلاً مقداره ش = و × ف

لنفرض الآن سمح للجسم بالسقوط فانه يعمل شغلاً على أي جسم آخر واقع في سقوطه فمن أين أتى بهذا الشغل .

لا بد انه أتى به من الشغل المبذول عليه في البداية والذي خُزن بين جزيئاته على شكل طاقة وضع .

أي أن وجود الجسم في مجال الجاذبية الأرضية يمتلك طاقة وضع.
هل هنالك أمثلة أخرى على طاقة الوضع.

تكون طاقة الوضع في النظام المشتمل على أجسام متفاعلة (الأرض ، الجسم) ، (مغناطيسيان)، (زنبرك مضغوط) النواة الإلكترون .

تعرف طاقة الوضع بأنها الطاقة التي يكتسبها الجسم بفضل وضعه وحالته وتقاس بمقدار الشغل الذي يبذله الجسم أثناء انتقاله من وضعه إلى الوضع الأصلي .

كذلك فان مقدار التغير في طاقة الوضع يساوي الشغل المبذول أثناء انتقاله من وضع الأول إلى الثاني .

مثلا سقط جسم من ارتفاع $ف_1$ عن الأرض إلى مسافة $ف_2$ ، في هذه الحالة ، إن النقص في طاقة الوضع يساوي الشغل المبذول .

$ش = -\Delta ط_و = ط_{و1} - ط_{و2}$

$ش = -\Delta ط_و$ والإشارة السالبة معناها النقص في الطاقة .

والآن أين ذهب الشغل ؟

<u>طاقة الحركة :</u>

لنفرض أن قوة ثابتة أثرت على جسم فزادت سرعته من $ع_1$ إلى $ع_2$ خلال زمن (ز) ومسافة (ف)

$$ع_2^2 = ع_1^2 + 2ت\,ف$$

$$ت = \frac{ع_2 - ع_1}{2\,ف}$$

وتطبيق قانون نيوتن الثاني

$$ق = ك\,ت$$

$$= \frac{ك\,(ع_2^2 - ع_2^2)}{2\,ف}$$

$$ق \times ف = \frac{ك\,(ع_2^2 - ع_2^2)}{2}$$

$$ق\,ف = ش = \frac{1}{2}\,ك\,ع_2^2 - \frac{1}{2}\,ك\,ع_1^2$$

إن $\frac{1}{2}$ ك ع^2 = طاقة الحركة،

وهي طاقة يكتسبها الجسم نتيجة حركته.

مثال (1) : سيارة تتحرك بسرعة 15 م/ث وكتلتها 1200 كغم، كم تمتلك من طاقة حركة؟

ط$_م$ = $\frac{1}{2}$ ك ع^2

= $\frac{1}{2}$ × 1200 ×15^2

= $\frac{1}{2}$ × 1200 × 225 =135000 جول

(أ) ع$_1$= صفر *

مثال (2) : سقط جسم كتلته 2 كغم من ارتفاع 60 م

احسب طاقة الوضع والحركة له عند:

أ- أعلى ارتفاع.

ب-بعدما يكون قد قطع 40 م.

ت-قبل اصطدامه بالأرض .

ع (ب) *

أ) ط$_{وأ}$ = ك جـ ف

2×10×60=1200 جول

ط$_{2أ}$ = $\frac{1}{2}$ ك ع^2 = صفر {في الأعلى}

ب) ط$_{وب}$ = ك جـ ف$_1$

2 × 10 × 20 = 400 جول

لإيجاد طاقة الحركة يجب حساب سرعة الجسم عندها

ع (ج) * الارض

ع$^2{}_2$ = ع$^2{}_1$ + 2ج ف {سقوط حر}

ع$^2{}_2$ = 2 × 10 × 40= 800

ع$_2$ = $\sqrt{800}$ م/ث^2

ط$_{ح ب}$ = $\frac{1}{2}$ ك ع^2

$$\frac{1}{2} \times 2 \times 800 \;=\; 800 \text{ جول}$$

ج) $\text{ط}_{\text{وج}}$ = صفر {المرجع} أي سطح الأرض

$$\text{ط}_{\text{ح ج}} = \frac{1}{2} \text{ ك ع}^2$$

يجب حساب سرعة الجسم قبل اصطدامه بالأرض

$$\text{ع}_3^2 = \text{ع}_1^2 + 2\text{جـ ف}$$

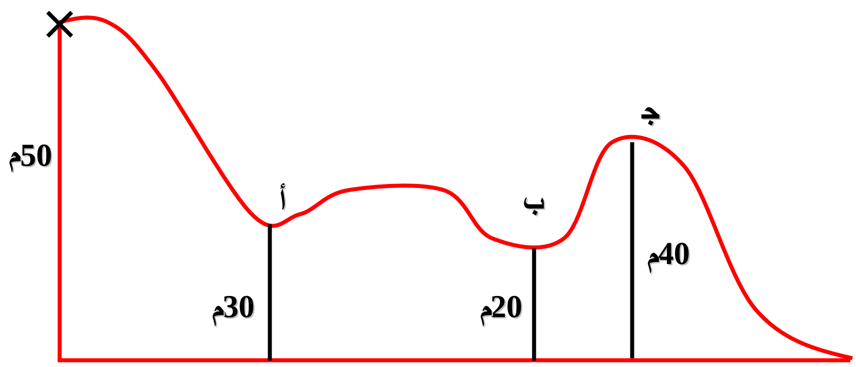
$$\text{ع}_3^2 = 2\times10\times60=1200$$

$$\text{ع}_2 = \sqrt{1200} \text{ م/ث}$$

$$\text{ط}_2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 1200 = 1200 \text{ جول}$$

نلاحظ أن الخسارة في طاقة الوضع تحولت إلى طاقة حركة. كذلك فان مجموع طاقتي الوضع والحركة ثابتة. إن مجموع الطاقتين يسمى الطاقة الميكانيكية

مثال (3) : ينزلق جسم على المسار المبين في الشكل احسب سرعة الجسم عند (أ) (ب) (ج)



باستخدام الطاقة الميكانيكية

$\text{ط}_{\text{م}}$ = ثابتة على المسار

$$\text{ط}_{\text{م}} = \frac{1}{2} \text{ ك ع}^2 + \text{ك ج ف} \text{ (عند القمة)}$$

$$= \text{صفر} + \text{ك} \times 10 \times 50 = 500\text{ك (جول)}$$

$\text{ط}_{\text{م}}$ عند أ = 500 ك (جول)

$$500\,\cancel{\text{ك}} = \frac{1}{2}\cancel{\text{ك}}\,\text{ع}^2_{\text{أ}} + \cancel{\text{ك}}\,\text{ج}\,\text{ف}_{\text{م}}$$

$$500 = \frac{1}{2}\,\text{ع}^2_{\text{م}} + 10\times 30$$

$$500 = \frac{1}{2}\,\text{ع}^2_{1} + 300$$

$$400 = \text{ع}^2_{1} \Longrightarrow \text{ع}_1 = 20\ \text{م/ث}$$

$\text{ط}_{\text{م}}$ عند ب = 500ك (جول)

$$\text{ط}_{\text{م ب}} = \frac{1}{2}\,\text{ك}\,\text{ع}^2_{\text{ب}} + \text{ك}\,\text{ج}\,\text{ف}_{\text{ب}}$$

$$500\cancel{\text{ك}} = \frac{1}{2}\,\cancel{\text{ك}}\,\text{ع}^2_{\text{ب}} + \cancel{\text{ك}}\times 10\times 20$$

$$500 = \frac{1}{2}\,\text{ع}^2_{\text{ب}} + 200$$

$$600 = \text{ع}^2_{\text{ب}} \Longrightarrow \text{ع}_{\text{ب}} = 24.5\ \text{م/ث}$$

$\text{ط}_{\text{م}}$ عند ج = 500ك (10 جول)

$$\text{ط}_{\text{م ج}} = \frac{1}{2}\text{ك}\,\text{ع}^2_{\text{ج}} + \text{ك}\,\text{ج}\,\text{ف}_{\text{ج}}$$

$$500\cancel{\text{ك}} = \frac{1}{2}\cancel{\text{ك}}\,\text{ع}^2_{\text{ج}} + \cancel{\text{ك}}\times 10\times 40$$

$$200 = \text{ع}^2_{\text{ج}} \Longrightarrow \text{ع}_{\text{ج}} = 14\ \text{م/ث}$$

إن هذه النتيجة صحيحة فقط إذا كان النظام معزولاً أي لا يشمل قوة خارجية مثل الاحتكاك / مقاومة الهواء ، لأنها قد تعمل شكلاً أو تمتص طاقة ، أي لا تتحول الطاقة كلياً إلى شكل آخر واحد من الطاقة فلو انك رفعت حقيبة عن سطح الأرض إلى الطابق الثاني يلزمك شغلاً يعمل على زيادة الطاقة الكلية للنظام المكون من الأرض والحقيبة ، وإذا كنت ضمن النظام فان طاقتك الكيميائية سوف تقل بمقدار الشغل الذي بذلته .

وبعبارة أخرى ، إذا كان الشغل المبذول لتحريك جسم ما على مسار مغلق مساوياً الصفر كان النظام محافظاً- كذلك القوة وإذا لم يكن يساوي صفراً ، كان النظام غير محافظ ، أي هنالك شغل ضائع مثل الشغل ضد الاحتكاك .

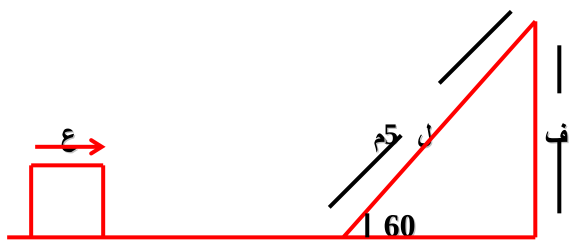
مثال : يتحرك جسم بسرعة 20 م/ث ، باتجاه سطح مائل ، احسب أعلى ارتفاع يصله الجسم:

1- إذا كان السطح أملس.

2- إذا كان السطح خشناً.

إذا كانت كتلة الجسم 500 غم ومعامل الاحتكاك = 0.1/ وقطع 3 م قبل ان يتوقف

(1)



السطح أملس ، إن النظام محافظ

$ط_م$ عند اسفل السطح = $ط_م$ في الأعلى

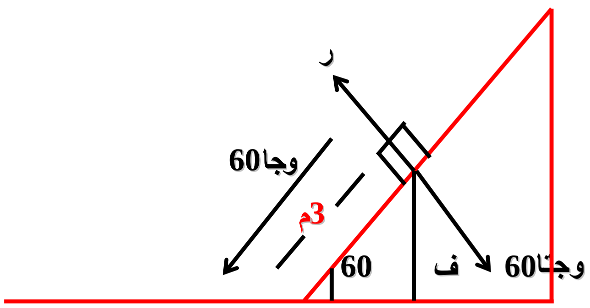
$$ط_م = \frac{1}{2} ك ع^2 = \frac{1}{2} \times \frac{\cancel{500}^{1}}{\cancel{1000}_{2}} \times (20)^2 = 100 \text{ جول}$$

$ط_م$ في الأعلى = $ط_و$ = ك ج ف

$$\cancel{100} = \frac{500}{1000} \times \cancel{10} \times ف$$

ف = 20م

(2)



النظام غير محافظ لان جزءاً من الطاقة الميكانيكية ضاعت شغل ضد الاحتكاك.

$ط_{م\ الأسفل}$ = $ط_{و}$ + شغل ضد الاحتكاك.

$\frac{1}{2}$ ك $ع^{2}$ = ك ج ف + $ق_{2}$ ف

$ق_{2}$ = قوة الاحتكاك

$ق_{2}$ =م ر

م = معامل الاحتكاك ، ر= رد السطح العمودي ، والذي يساوي و جتا 60

$ق_{2}$ = $0.1 \times \frac{500}{1000} \times 10 \times$ جتا 60

$= 0.1 \times \frac{\cancel{500}}{\cancel{1000}} \times \cancel{10} \times \frac{1}{2} = 1.25$ N

$ش_{ح}$= $ق_{ح}$ف = 3×0.25 = 0.75 جول

$ط_{م}$ = $ط_{و}$ + $ش_{ح}$

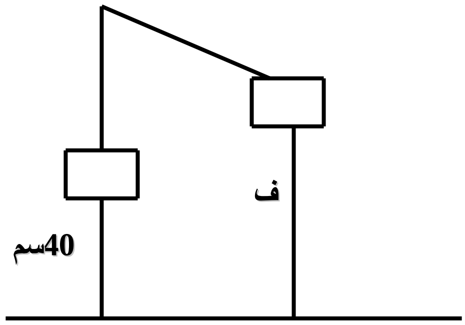
$\frac{1}{2} \times \frac{\cancel{500}}{\cancel{1000}} \times (20)^{2} = \frac{\cancel{500}}{\cancel{1000}} \times 10 \times$ ف + 0,75

100 = 5 ف + 0.75

ف = $\frac{100 - 0.75}{5}$ = 19.85م

الأسئلة

1) أطلقت رصاصة كتلتها 30 غم وسرعتها 300 م/ث باتجاه قطعة خشبية كتلتها 970 غم احسب أعلى ارتفاع تصله القطعة . إذا أصبحت الرصاصة داخل القطعة .



2) يتحرك جسم سرعته 30 م/ث ، وكتلته 2كغم على سطح خشن ، احسب المسافة التي سيقطعها قبل أن يتوقف إذا علمت أن $ق_ح = \frac{1}{4}$ وزنه .

3) جسم كتلته 100غم موضوع أمام نابض مضغوط (15سم) معامل مرونة 800 N/م. إذا حرر النابض احسب :

1- سرعة الجسم لحظة الانطلاق .

2- المسافة التي سيقطعها إذا علمت أن السطح خشن وقوة الاحتكاك = N0.2

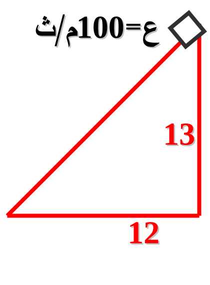
4) أطلقت رصاصة كتلتها 10غم وسرعتها 600م/ث باتجاه لوح خشبي فخرجت من الجهة الأخرى بسرعة 400 م/ث احسب :

1- التغير في طاقة الحركة .

2- الشغل المبذول للاختراق .

3- متوسط قوة مقاومة الخشب للرصاصة .

5) سطح مائل طوله 13م وطول قاعدته الأفقية 12 م ينزلق جسم كتلته 0.8كغم من أعلى بسرعة 100م/ث احسب طاقته الحركية عند وصوله اسفل السطح (اهمل الاحتكاك) .



أنماط من الحركة

الحركة المستقيمة

هي الحركة التي تكون في اتجاه واحد . العلاقة بين المسافة (الإزاحة) والزمن تعطي السرعة . فإذا كانت السرعة ثابتة – أي محصلة القوى تساوي صفراً فان

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} \quad \text{ووحدتها م/ث} \qquad ①$$

أما إذا لم تكن محصلة القوى تساوي صفراً فان الجسم سيتسارع

$$\text{ت} = \frac{\text{ع}_2 - \text{ع}_1}{\text{ز}}$$

$$\text{ت ز} = \text{ع}_2 - \text{ع}_1$$

$$\boxed{\text{ع}_2 = \text{ع}_1 + \text{ت ز}} \qquad ②$$

ع_1 = السرعة الابتدائية .

ع_2 = السرعة النهائية .

هنالك علاقات أخرى .

$$\boxed{\text{ع}_2^2 = \text{ع}_1^2 + 2\ \text{ت ف}} \qquad ③$$

$$\boxed{\text{ف} = \text{ع}_1\text{ز} + \tfrac{1}{2}\text{ت ز}^2} \qquad ④$$

ملاحظة إذا كان الجسم يتباطأ فان المعادلات تصبح :

$$\text{ع}_2 = \text{ع}_1 - \text{ت ز}$$

$$\text{ع}_2^2 = \text{ع}_1^2 - 2\ \text{ت ف}$$

$$\text{ف} = \text{ع}_1\text{ز} - \frac{1}{2}\text{ت ز}^2$$

مثال (1) : جسم ساكن أثرت عليه قوة مقدارها $N15$ لمدة 3 ثواني احسب السرعة التي سيتحرك بها الجسم إذا علمت أن كتلته 2 كغم .

الحل :

$ع_1$ = صفر (ساكن)

$ت = \frac{ق}{ك} = \frac{15}{2} = 7.5$ م/ث^2

$ع_2$ = ؟؟ (مطلوب)

ز = 3 ث

$ع_2 = ع_1 + ت\ ز$

$= \therefore + 7.5 \times 3 = 22.50$ م/ث

مثال (2) : سيارة كتلتها 1200 كغم تتحرك بسرعة 72كم/س ضغط سائقها على الكوابح لمدة 5 ثواني إلى أن توقفت ، احسب :

1) التباطؤ.
2) المسافة المقطوعة.
3) قوة الكوابح.

الحل :

$ع_1 = 72$ كم/س $= \frac{72 \times 10\cancel{00}}{36\cancel{00}} = 20$ م/ث

$ع_2$ = صفر (توقفت)

1) $ع_2 = ع_1 + ت\ ز$

$\therefore = 20 + ت \times 5$

ت = -4م/ث^2

(إشارة السالب معناها تباطؤ)

2) $ف = ع_1ز + \frac{1}{2}ت\ ز^2$

$$= 20\times5 - \frac{1}{2} \times 4 \times (5)^2$$

$$= 100 - 50 = 50 \text{ م}$$

3) ق = ك × ت

$$1200 \times 5 = 6000 \ N$$

السقوط الحر

إذا رفعت جسما عن سطح الأرض وتركته فانه يسقط باتجاه الأرض سقوطا حراً لقد تم حساب التسارع الذي سيحققه الجسم أثناء نزوله فوجد انه تقريباً 10 م/ث^2 هو مقدار ثابت لكافة الأجسام .

ج = 10 م/ث^2 // أو 9.8م/ث^2 فتصبح المعالات

الجسم نازلاً لأسفل:

ع$_2$ = ع$_1$ + جـ ز

ع$_2^2$ = ع$_1^2$ + 2 جـ ف

ف = ع$_1$ز + $\frac{1}{2}$ جـ ز^2

الجسم صاعداً لأعلى:

ع$_2$ = ع$_1$ − ج ز

ع$_2^2$ = ع$_1^2$ − 2 جـ ف

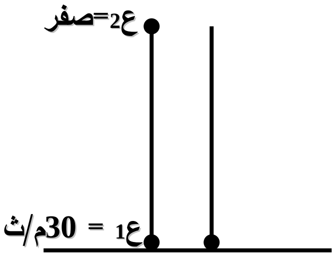
ف = ع$_1$ز − $\frac{1}{2}$ جـ ز^2

مثال (1) : قذف جسم إلى أعلى بسرعة 30 م /ث إلى أعلى ، احسب :

1− أعلى ارتفاع يصله.

2− الزمن اللازم لوصوله إلى الأرض (التحليق).

3– سرعة الجسم لدى اصطدامه بالارض.



المرحلة الأولى –من الأرض لأقصى ارتفاع

1) ع$^2_2$ = ع$^2_1$ – 2 جـ ف

∴ = 30^2 – 2×10×ف

900 = 20 ف

ف = 45م

2) الزمن اللازم وصوله للأرض

يمكن حساب الزمن للمرحلة الأولى ومضاعفته

ع$_2$ = ع$_1$ – جـ ز

∴ = 30 – 10 ز

ز = 3 ثواني

الزمن الكلي/ التحليق = 2×3 = 6 ثواني

سرعته لدى وصوله

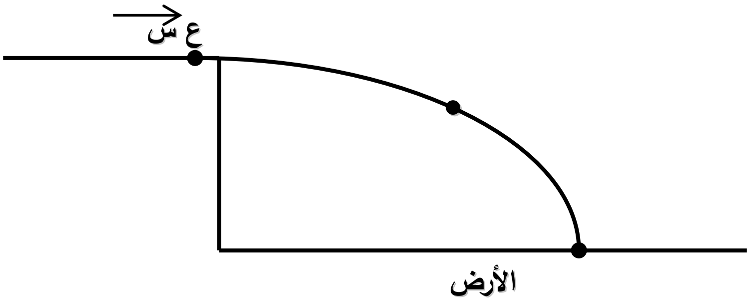
3) ع$_3$ = ع$_2$ + جـ ز

ع$_3$ = ∴ + 10×3 = 30 م/ث نفس السرعة التي صعد بها.

<u>المقذوفات :</u>

لنفرض إن جسماً موجوداً على سطح طاولة وقد أعطى دفعة بحيث تحرك أفقياً ثم سقط على الأرض .

إن الشكل التالي يبين حركة الجسم أثناء مغادرته الطاولة .



يتحرك الجسم بسرعة أفقية ثابتة طوال الرحلة عندما يغادر الجسم الطاولة تبدأ حركة السقوط الحر. في نفس الوقت يظل يتحرك أفقياً أي أن له حركتان :

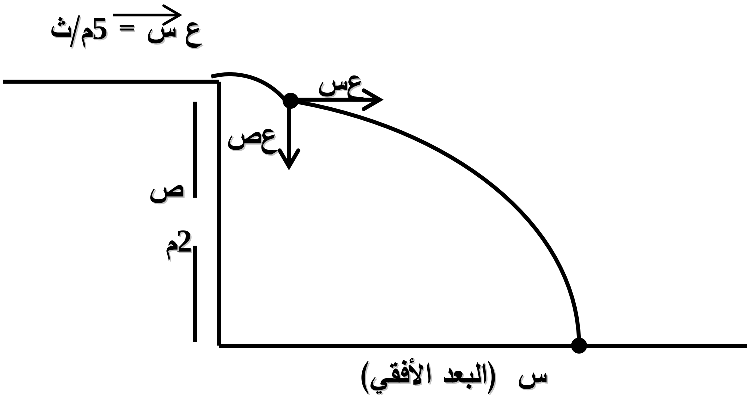
1- أفقية/ تبقى ثابتة.

2- عمودية/ تتغير.

إن العنصر المشترك بين الحركتين هو الزمن.

فالمقذوفات – هي حركتين في آن واحد. فيأخذ المسار الاهليجي (المنحنى)

مثال (1) : يتحرك جسم على سطح طاولة بسرعة 5 م/ث ، احسب البعد الأفقي الذي سيقطعه الجسم. (أين يسقط) إذا علمت أن ارتفاع الطاولة 2م



س= ع س× ز

عليه ايجاد الزمن وهذا يمكن حسابه من الحركة العمودية

$ع_{2ص} = ع_{1ص} + جـ\, ز$

$ع^2_{2ص} = ع^2_{1ص} + 2\, جـ\, ص$

ص = ع$_{1ص}$ز + $\frac{1}{2}$ جـ ز^2

تستخدم الثالث

ص = ع$_{1ص}$ز + $\frac{1}{2}$ جـ ز^2

2 صفر + $\frac{1}{2}$ × 10 × ز^2

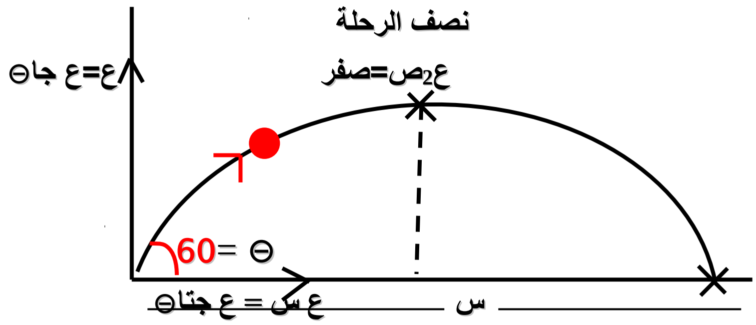
4 = 10 ز^2

ز^2 = 0.4

ز = 0.63 ث

البعد الأفقي = س = 5×0.63 = 3.2م

مثال (2) : أطلقت قذيفة بسرعة 50 م/ث وبزاوية 60° عن الأفقي – احسب أين يقع الجسم



أولاً نجد كل من المركبة الأفقية والعمودية.

نجد الزمن اللازم لقطع نصف الرحلة كما في مثال السقوط الحر (رقم 1)

ع$_{2ص}$ = ع$_{1ص}$ – ح ز

∴ = ع جا Θ – 10ز

50 × جا 60 – 10 ز = صفر

ز = 4.33 ث

الزمن الكلي = 8.66 ث

س = ع$_{س}$ × ز$_{كلي}$

ع جتا 60 × ز

$50 \times \frac{1}{2} \times 8.66 = 216.5$م

من التطبيقات على المقذوفات :

1- حركة قذيفة المدفع .

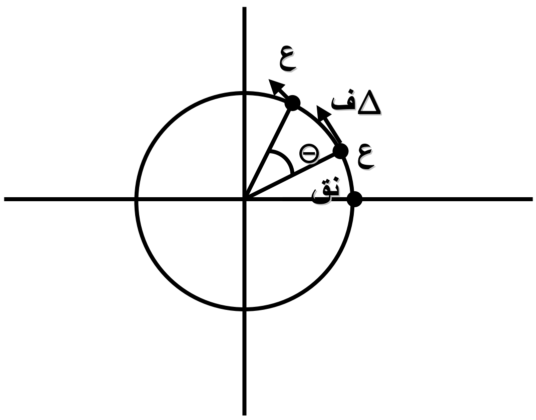
2- حركة قذيفة الطائرة .

3- لعبة كرة السلة .

<u>الحركة الدائرية :</u>

لنفرض أننا ربطنا حجراً بخيط طوله (ل) وبدأنا بتحريكه بشكل دائري .

إن الشكل التالي يمثل الحركة



إن السرعة المماسية هي ثابتة

Δف يمثل طول القوس

Δف = نق θ   حيث نق = ل طول الخيط

$ع = \frac{\Delta ف}{ج\ ز} = \frac{نق\ \theta\Delta}{\Delta ز}$

$\omega = \frac{\Delta \Theta}{\Delta ز}$ (السرعة الزاوية)

ع = نق ω ــــ ①

ع = السرعة الخطية

إن الجسم المتحرك بحركة دائرية له تساوي مركزيا مقدار

ت = $\frac{ع^2}{نق}$ ــــــــ ②

ولو عوضنا معادلة ① في ②

ت = $\frac{نق^2 \omega^2}{نق}$

ت = نق ω^2 ــــــ ③

$\omega = \frac{2\pi}{ن}$

ن = الزمن الدوري

ت = $\frac{نق\ 4\pi^2}{ن^2}$ ــــــ ④

كذلك فان التردد = $\frac{1}{ن}$

W = 2 π د ــــ ⑤

ت = (2 π د)^2 نق

ت = 4π^2 د^2 نق

ومن قانون نيوتن الثاني :

ق = ك ت

$$\text{ق} = \frac{\text{ك} \times \text{ع}^2}{\text{نق}} \quad \text{—— ⑥}$$

وتدعى بالقوة الجاذبة المركزية

مثال (1) : ربط حجر كتلته $\frac{1}{2}$ كغم بخيط طوله 50 سم – احسب القوة الجاذبة المركزية إذا دار 30 دورة في الدقيقة

الحل :

ع = نق ω

$$\omega = \frac{2\,\pi \times \text{عدد الدورات}}{\text{الزمن}}$$

$$= \frac{2\,\pi \times 30}{60_2} = 3.14 \text{ راد /ث}$$

$$\text{ع} = \text{نق}\ \omega = \frac{50}{100} \times 3.14 = 1.57 \text{م/ث}$$

$$\text{ق} = \frac{\text{ك ع}^2}{\text{نق}}$$

$$= \frac{0.5 \times (1.57)^2}{0.5} = 2.46 \text{ نيوتن}$$

مثال (2) : جسم يتحرك بسرعة 8م/ث وبمسار دائري قطره 8م ، احسب :

1) التسارع المركزي .

2) القوة الجاذبة المركزية إذا كانت كتلته 5 كغم .

الحل :

1) $ت = \frac{ع^2}{نق}$

$= \frac{8 \times 8}{4} = 16$ م/ث^2

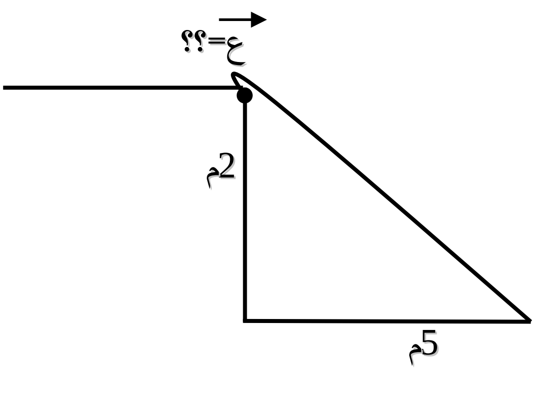
2) ق = ك ت = 5 × 16 = 80 N

من التطبيقات على الحركة الدائرية حركة الأقمار الاصطناعية ، حيث تتحرك بحرية ، فقوة التجاذب مع الأرض والقوة الجاذبة المركزية (المعاكسة لها) تجعلها في وضع اتزان فتكون محصلة القوة عليها = صفراً.

<u>الأسئلة</u>

1) رجل يقف فوق سطح بناية ارتفاعها 50م، قذف جسم إلى أعلى بسرعة 25م/ث- احسب
   1- أعلى ارتفاع يصله الجسم عن سطح الأرض .
   2- الزمن اللازم للعودة إلى الأرض.

2) سقط جسم عن سطح طاولة ارتفاعها 2 م ، فإذا سقط على بعد 5م ما السرعة التي انطلق بها.



3) انزلق جسم على سطح مائل تحت تأثير وزنه- احسب
   1- السرعة التي سيصل فيها الجسم اسفل السطح إذا كان طول السطح 5م.

2- الزمن اللازم لذلك.

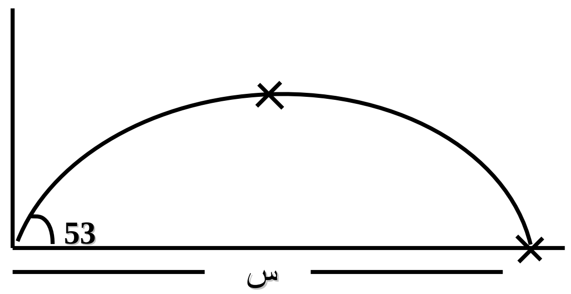
(ك = 1 كغم).

4) قذف جسم بزاوية 53° وسرعة 5م/ث :

1- احسب ابن يقع الجسم .

2- احسب أعلى ارتفاع يصله .

3- زمن التحليق .



5) أثرت قوة مقدارها 20 N على جسم ساكن كتلته 2 كغم لمدة 4 ثواني احسب :

1- تسارع الجسم .

2- سرعة الجسم لحظة زوال القوة .

3- المسافة المقطوعة .

6) جسم كتلته 2 كغم يتحرك في مسار دائري نصف قطره 50 سم، وبسرعة 2 م/ث احسب :

1- التسارع المركزي .

2- القوة الجاذبة المركزية .

7) يدفع رجل صندوق كتلته 80 كغم على سطح خشن وبقوة مقدارها N100 ، فإذا كانت قوة الاحتكاك تعادل 0.1 وزنه ما :

1- التسارع الذي سيكتسبه الجسم .

2- السرعة التي يتحرك فيها الجسم إذا أثرت القوة لمسافة 10 م.

3- الزمن المستغرق .

الوحدة الخامسة

الزخم وكمية التحرك

<u>الزخم وكمية التحرك</u>

لنفرض أننا نريد تحريك جسمين مختلفين بالكتلة بسرعة واحدة فأيهما يحتاج إلى قوة أكبر ؟ طبعاً الكتلة الأكبر تحتاج إلى قوة أكبر .

إن الزخم أو كمية التحرك هو مفهوم فيزيائي يربط كتلة الجسم بسرعته .

الزخم = كتلة الجسم × السرعة

= كغم م/ث.

كت = ك ع ــ ①

مثال (1) : سيارة كتلتها 1000 كغم تتحرك بسرعة 90 كم/س ، ما زخمها؟

الحل :

$$ع^{/} = \frac{90 \times 1\cancel{000}}{36\cancel{00}} = 25 \text{ م/ث}$$

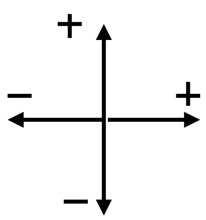
$$كت^{/} = ك \times ع^{/}$$

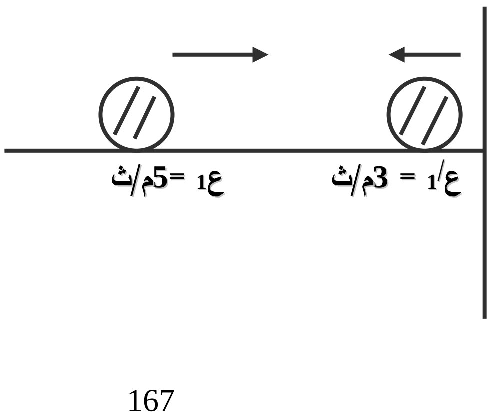
$$= 1000 \times 25 =$$

25000 كغم م/ث

إن كمية التحرك هي متجهة فالاتجاه مهم جداً.

مثال (2) : تتحرك كرة كتلتها 10 كغم باتجاه اليمين بسرعة 5م /ث اصطدمت بجدار وارتدت بسرعة 3م/ث. احسب مقدار التغير في كمية التحرك؟





Δ كت = ك ع$_1^/$ − ك ع$_1$

= 10 (−3) − 10 (5)

−30 − 50 = − 80 كغم م /ث

لاحظ الإشارات

الدفع :

Δ كت = ك (ع$_2$ − ع$_1$)

ع$_2$ ⟸ سرعة الجسم الثانية

ع$_1$ ⟸ سرعة الجسم الابتدائية

Δ كت = ك (ع$_2$ − ع$_1$)

قسم الطرفين من الزمن

$\frac{\Delta \text{كت}}{\text{ز}}$ = ك $\frac{(\text{ع}_2 - \text{ع}_1)}{\text{ز}}$

$\frac{\Delta \text{كت}}{\text{ز}}$ = ك ت

Δ كت = ق

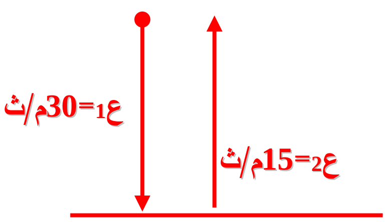
ق = قوة الدفع

ق ز = الدفع

Δ **كت = ق ز** ــــ ②

إن مقدار التغيير في كمية التحرك تعطي الدفع

مثال (2) : سقطت كرة كتلتها 1.5 م/ث ، وارتدت عنها بسرعة 10 م/ث احسب القوة التي أثرت بها الكرة على الأرض إذا علمت أن زمن التلامس معها كان 0.02 ث



Δ كت في الكرة = ك (ع$_2$ – ع$_1$)

1.5 (15 – $^{-}30$)

1.5 × 45 = 67.5 كغم م/ث.

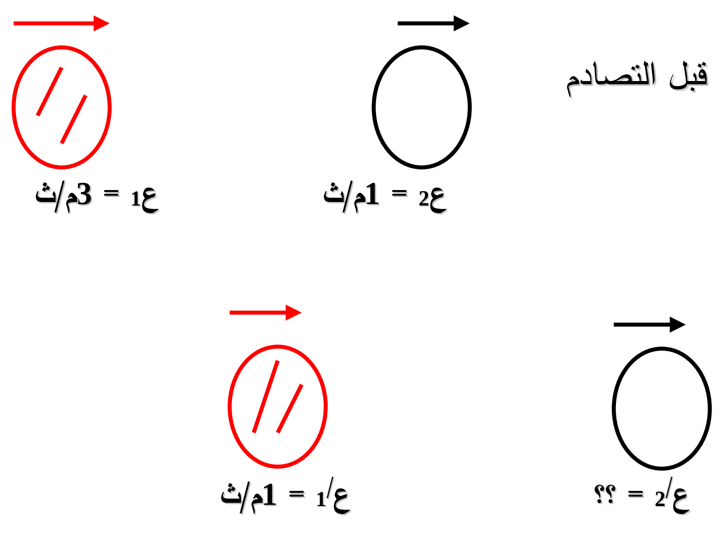
ق ز = Δ كت

$$ق = \frac{\Delta \text{كت}}{\text{ز}} = \frac{67.5}{0.02} = 3375\,N$$

التصادمات وحفظ كمية التحرك

لنفرض إن جسمين يتحركان بسرعة ع$_1$ ، ع$_2$ ، تصادما واصبحا يتحركان بسرعة ع$_1^/$ ع$_2^/$ فان مجموع كمية تحركهما قبل التصادم تساوي مجموع كمية تحركها بعد التصادم . أي كمية التحرك محفوظة على اعتبار انه النظام المكون من كل من الجسمين معزولين أي ليس هنالك أي ضياع للطاقة ، مثل تلك الضائعة في الاحتكاك .

مثال (1) : يتحرك جسم كتلته 2 كغم بسرعة 3م/ث متجهاً نحو جسم آخر كتلته 1 كغم ويسير بسرعة 1م/ث وبنفس الاتجاه فاصطدم به وتحرك الأول بسرعة 2 م/ث ، احسب سرعة الجسم الثاني واتجاهه .



مجموع كمية التحرك قبل التصادم = مجموع كمية التحرك بعد التصادم

ك$_1$ ع$_1$ + ك$_2$ع$_2$ = ك$_1$ع$_1^/$ + ك$_2$ع$_2^/$

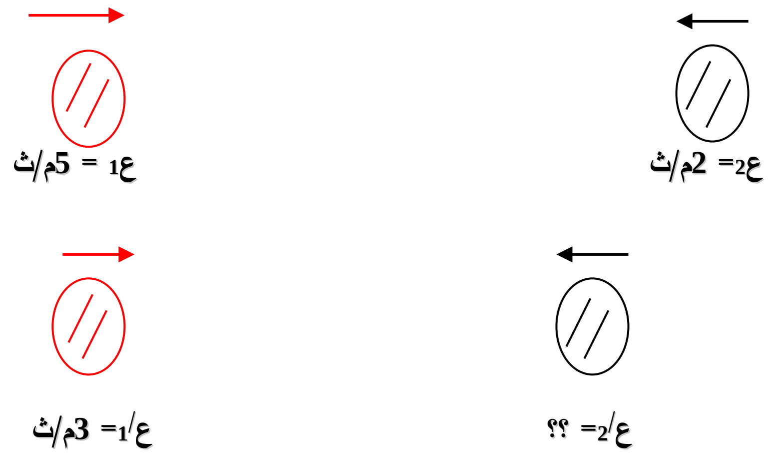
$$2\times3+1\times1 = 2\times2+1\times \text{ع}'_2$$
$$6+1 = 4+\text{ع}'_2$$
$$7 = 4+\text{ع}'_2$$
$$\text{ع}'_2 = 3\ \text{م/ث}$$

بما أن الإشارة موجبة أي أن الجسم يسير بنفس الاتجاه المفترض (اليمين).

مثال (2) : كرة كتلتها 500غم تتحرك بسرعة 5م/ث ، بينما تتحرك كرة أخرى مماثلة تسير بسرعة 2م/ث بالاتجاه المعاكس ، إذا أصبحت سرعة الكرة الأولى 3م/ث وظلت في نفس الاتجاه ، فما سرعة واتجاه الثانية .

قبل التصادم

بعد التصادم



افترضنا أن سرعة الكرة الثانية باتجاه اليسار

$\sum$ كت قبل = $\sum$ كت بعد

$\text{ك}_1\text{ع}_1 + \text{ك}_2\text{ع}_2 = \text{ك}_1\text{ع}'_1 + \text{ك}_2\text{ع}'_2$

$$\frac{500}{1000}\times 5 + \frac{500}{1000}(-2) = \frac{500}{1000}\times(3) + \frac{500}{1000}(-\text{ع}'_2)$$

2.5

$$-1 = 1.5 - \frac{1}{2}\text{ع}'_2$$

$1.5 - 1.5 = -\frac{1}{2}$ ع$'_2$

ع$'_2$ = صفر (الجسم توقف)

<u>أنواع التصادمات :</u>

1) التصادم المرن :

إذا كان مجموع طاقة الحركة للنظام قبل التصادم يساوي مجموع طاقة الحركة بعد التصادم كان التصادم مرناً.

2) التصادم عديم المرونة.

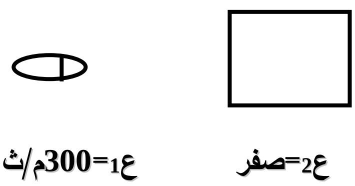
هذا التصادم عندما تكون طاقة الحركة غير محفوظة هنالك طاقة ضائعة . مثل رصاصة اخترقت قطعة خشبية واستقرت فيها .

مثال (1) : رصاصة كتلتها 50 غم تسير بسرعة 300 م/ث اخترقت قطعة خشبية كتلتها 950 غم واستقرت فيها

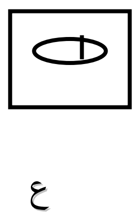
1- ما سرعة الجسمين بعد التصادم ،

2- هل التصادم مرن.

قبل التصادم



بعد التصادم



(1) الجسمان كونا جسماً واحداً

Σ كت قبل التصادم = Σ كت بعد التصادم

$ك_1ع_1 + ك_2ع_2 = (ك_1+ك_1)$ ع

50 × 300 + 950 × صفر = $\frac{(50 + 950)}{1000}$ ع

15 = 1ع

ع = 15م/ث

(2) لمعرفة هل التصادم مرن نحسب طاقة الحركة قبل وبعد التصادم.

3 $ط_2$ قبل

$= \frac{1}{2} ك_1ع_1^2 + \frac{1}{2} ك_2ع_2^2$

$\frac{1}{2}$ × $\frac{50}{1000}$ × $(300)^2$ + صفر

2250 جول

3 $ط_2$ بعد

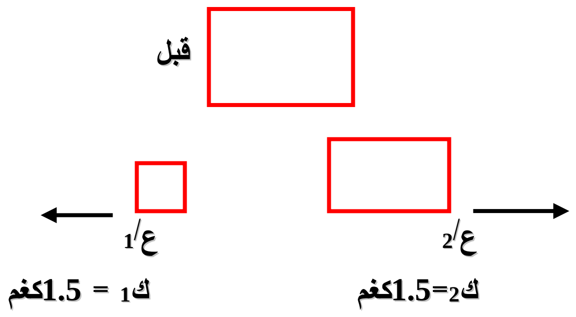
$= \frac{1}{2} (ك_1 + ك_2)ع^2$

$\frac{1}{2} (1) (12)^2$

= 112.5 جول

فالطاقة قبل ≠ الطاقة بعد

مثال (2) : جسم كتلته 2 كغم انفجر إلى قسمين ، الأول 1.5 كغم وتحرك بسرعة 5م/ث ، ما سرعة الجسم الثاني ؟



$\sum$ كت قبل = $\sum$ كت بعد

صفر = ك$_1$ ع$^{/}_1$ + ك$_2$ ع$^{/}_2$

صفر = 1.5 × 5 + 0.5 (−ع$^{/}_2$)

$\cancel{-}$ 7.5 = $\cancel{-}$0.5ع$^{/}_2$

ع$^{/}_2$= 15 م/ث

معامل المرونة :

يعرف معامل المرونة (ر) بأنه النسبة بين السرعة النسبية بعد التصادم الى السرعة النسبية قبل التصادم .

$$ر = -\frac{(ع^{/}_1 - ع^{/}_2)}{ع_1 - ع_2}$$

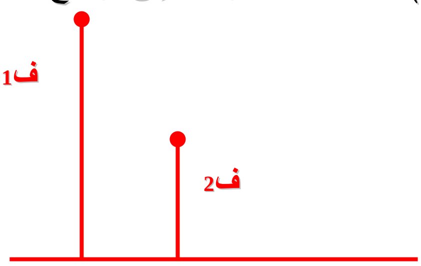
تتراوح قيمة ر بين ∴ و 1

$$0 \leq ر \leq 1$$

إذا كانت قيمة ر = صفر كان عديم المرونة.

إذا كانت قيمة ر = 1 كان تام المرونة.

مثال (1) : سقطت كرة من ارتفاع (ف$_1$) فاصطدمت وارتدت إلى ارتفاع ف$_2$ ما معامل الارتداد؟



$$\text{ر} = \frac{-(\text{ع}'_2 - \text{ع}'_1)}{\text{ع}_1 - \text{ع}_2}$$

باستخدام قوانين السقوط الحر نعلم أن

$$\text{ع}'^2_2 = 2\text{جـ ف}_2$$

$$\text{ع}^2_2 = 2\text{جـ ف}_1$$

$$\text{ع}'_1 \text{، ع}_1 = \text{صفر}$$

$$\text{ر} = \frac{\text{ع}'_2}{\text{ع}_2} = \sqrt{\frac{2\text{جـ ف}_2}{2\text{جـ ف}_1}}$$

$$\text{ر} = \sqrt{\frac{\text{ف}_2}{\text{ف}_1}}$$

مثال (2) : إذا كان معامل الارتداد 0.6 بين الكرة والأرض وسقطت من ارتفاع 60 م، فما الارتفاع الذي ستصل إليه .

الحل :

$$\text{ر} = \sqrt{\frac{\text{ف}_2}{\text{ف}_1}} = 0.6 = \sqrt{\frac{\text{ف}_2}{60}}$$

$$0.36 = \frac{\text{ف}_2}{60}$$ بتربيع الطرفين

$$\text{ف}_2 = 21.6\text{م}$$

الأسئلة

1) رصاصة كتلتها 0.02 كغم تتحرك بسرعة 150 م/ث استقرت في قطعة خشبية كتلتها 0.98 كغم معلقة بخيط احسب:

1- سرعة القطعة والرصاصة عقب التصادمات.

2- طاقة حركة الرصاصة قبل الاصطدام.

3- الطاقة الحركية المفقودة.

4- أقصى ارتفاع تصله القطعتان.

2) كرة كتلتها 1كغم تتحرك بسرعة 10م/ث اصطدمت بأخرى تسير في نفس الاتجاه كتلتها 5كغم وتتحرك بسرعة 3م/ث، ما الطاقة الحركية الضائعة إذا كان معامل الارتداد = 0.75.

3) سقطت كرة من ارتفاع 100 م وارتدت الى الارتفاع ف ومن ثم سقطت لترتد الى مسافة 36م احسب الارتفاع (ف).

4) أطلقت رصاصة باتجاه قطعة خشبية كتلتها 1500 غم مثبته بزنبرك فإذا انضغط الزنبرك مسافة 5سم احسب سرعة الرصاصة قبل اصطدامها إذا علمت أن معامل المرونة 100 N/م وكتلة الرصاصة = 30 غم.

5) مسدس كتلته والرصاصة بداخله 320غم ، فإذا أطلقت رصاصة كتلتها 20 غم بسرعة 300م/ث ما سرعة ارتداد المسدس ؟

6) تحركت كرة كتلتها بسرعة 5 م/ث باتجاه جدار لترتد عنه بسرعة 3 م/ث ما الدفع المؤثر في الكرة إذا كان زمن التلامس يساوي 1.01 ث وكتلة الكرة = 500 غم.