جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

الصناعي /العُلوم الصناعية

توليد الطاقة الكهربائية ونقلها

الاول

تأليف

د . ضاري يوسف السامرائي

حسين كاظم سلمان

د . حسين مجيد صالح

عامرة ماجد ثابت

عبد الوهاب عبد الرزاق

مهدي صالح الحمداني

صفاء شوكت عباس

الطبعة الرابعة 1443هـ - 2021 م

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

تسعى المديرية العامة للتعليم المهني الى المساهمة الفاعلة في بناء العراق الجديد جنبا الى جنب مع المؤسسات الاخرى من خلال إعداد الكوادر الفنية القادرة على العمل في القطاع الحكومي والخاص وفي مختلف الاختصاصات .

وبالنظرلحاجة بلدنا العزيز للطاقة الكهربائية فقد تم أستيراد وبناء أعداد كثيرة من محطات توليد وشبكات نقل الطاقة الكهربائية وبأنواع وقدرات مختلفة وستزداد مستقبلا وهذا يتطلب إعداد الكوادر الفنية القادرة على القيام بأعمال الصيانة والتشغيل الكهربائية والميكانيكية وبذلك تم إستحداث قسم

(توليد ونقل الطاقة الكهربائية)

لقد تم إعداد هذا الكتاب (العلوم الصناعية) للصف الاول ليساعد الطالب على فهم أساسيات عمل الفني في مجالي الكهرباء والميكانيك وبوقت واحد ، حيث يتألف من بابين .

الباب الاول (الكهرباء) ويتكون من عدد من الفصول والتي تبحث في كهربائية التيار المستمر والكهربائية المستقرة والمتسعات الكهربائية ومفهوم المغناطيسية والكهرومغناطيسية وأشباه الموصلات ، يعطيها للطالب مدرس إختصاص وبواقع حصتين في الاسبوع .

الباب الثاني (الميكانيك) يتكون من عدد من الفصول تبحث في مجال أدوات القياس والتخطيط ومبدأ عملها ومساحات وحجوم الاشكال الهندسية ، ومعرفة القوة والشغل والعزم والكفاءة ، الاحتكاك فوائده ومضاره والتزييت ، الحديد والمعادن الاخرى ، والمواد المركبة . طرق نقل الحركة ، ماكنة الخراطة أجزاءها وعملها ، يعطيها للطالب مدرس إختصاص ميكانيك وبواقع حصتين أسبوعيا .

نرجو قد وفقنا الله في إعداد هذا الكتاب

المؤلفون

الفهرست

الباب الاول 5

الفصل الاول - كهربائية التيار المستمر 6

الفصل الثاني - الكهربائية المستقرة 46

الفصل الثالث - المغناطيسية 76

الفصل الرابع - المواد شبه الموصلة 111

الباب الثاني - الميكانيك 136

الفصل الاول - القياس 137

الفصل الثاني - المساحات والحجوم للأشكال الهندسية 154

الفصل الثالث - القوى ، الشغل ، العزم ، القدرة ، الكفاءة 171

الفصل الرابع – الاحتكاك والتزييت 185

الفصل الخامس – المعادن والمواد الصناعية 196

الفصل السادس - نقل الحركة والقدرة 218

الفصل السابع - الخراطة 232

الباب الأول

الكهرباء

الفصل الاول

كهربائية التيار المستمر Electricity

1 – 1 - التيار الكهربائي Electrical current

مجموعة من الالكترونات المتحركة تسرى داخل جسم موصل وهو من الكميات الكهربائية الأساسية ويرمز له بالرمز (I) ويقاس التيار الكهربائي بوحدة قياس تسمى بالأمبير (Ampere) ويرمز لها بالحرف (A) .

الأمبير = كولوم لكل ثانية (C/S)

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

$$A = \frac{\text{COULOMB}}{\text{SECOND}} = \frac{C}{S} = \frac{\text{كولوم}}{\text{ثانية}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1 - 1$$

إذ إن :

$\Delta \emptyset$: التغير في الشحنات الكهربائية (Ø) كولوم

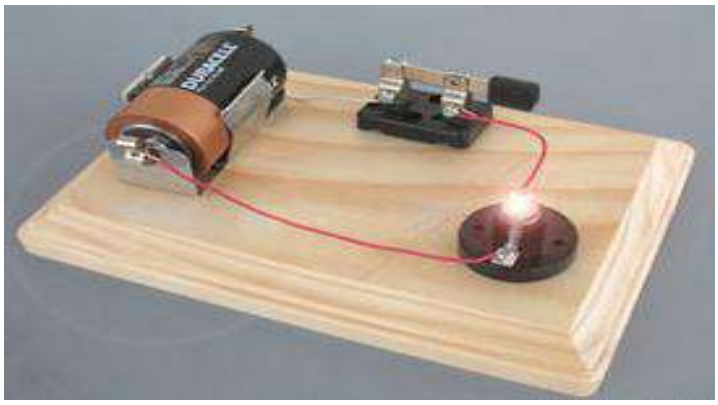
Δt : التغير في الزمن ثانية (S)

و لكي يمر تيار في دائرة كهربائية يتطلب ذلك وجود مصدر خارجي (ق . د. ك) قوة دافعة كهربائية لتحريك الالكترونات خلال الموصل بين نقطتي المصدر وبذلك ينشأ فرق جهد بينهما.

وان فرق الجهد يعتبر الطاقة اللازمة لتحريك وحدة شحنة بين نقطتين محددتين

ولذلك تكون حركة التيار من النقطة الأعلى جهدا إلى النقطة الأقل جهداً .

شكل (1-1) يوضح دائرة كهربائية بسيطة مكونة من مصدر كهربائي (بطارية) وأسلاك توصيل متصلة بمصباح إذ يؤدى مرور التيار (I) في الدائرة إلى توهج المصباح الكهربائي .



شكل (1 – 1) يوضح دائرة مصباح كهربائي

2 – 1 مصادر التيار الكهربائي Sources of electric current

ا- التيار المستمر Direct Current (DC)

يمثل تدفقاً ثابتاً للالكترونات من نقطة ذات جهد عالٍ إلى أخرى ذات جهد واطئ ، ويكون التيار المستمر عادة ثابت القيمة والاتجاه مع مرور الزمن وقد استخدم التيار الكهربائي لأول مرة في تجهيز الطاقة الكهربائية للمستهلكين في أواخر القرن التاسع عشر .

ولكننا اليوم نستخدم التيار المتناوب بدلاً عنه وذلك لأنه اكثر كفاءة .

يمكن الحصول على مصدر للتيار الكهربائي المستمر بإحدى الطرق الآتية :

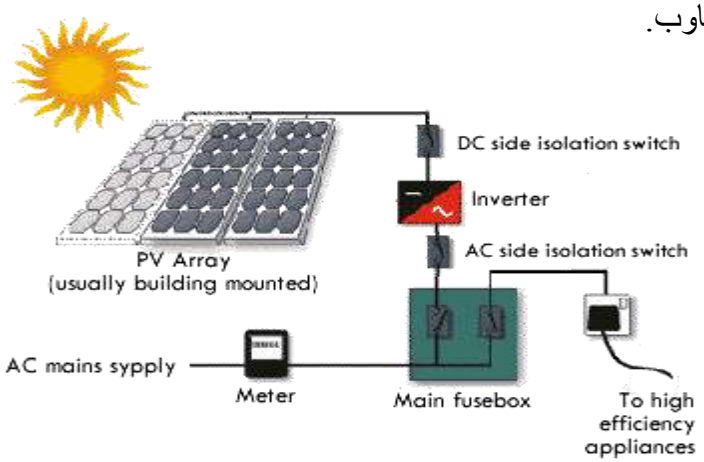
1- **البطاريات (Batteries)** : تستخدم البطاريات بأنواعها كافة في الحصول على مصدر تيار كهربائي مستمر عالي ألجوده. شكل (1-2) وضح شكل موجة تيار مستمر .

شكل (1-2) موجة التيار الكهربائي المستمر

2- مولدات التيار المستمر (DC Generator) :

يمكن الحصول على مصدر تيار كهربائي مستمر عن طريق مولدات التيار المستمر بأنواعها المختلفة .

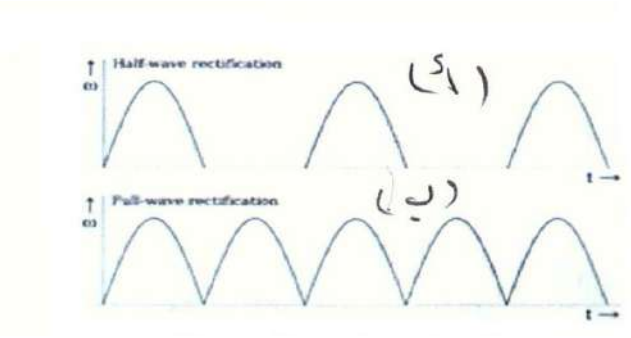
شكل (1-3) يمثل احد أنواع المولدات للحصول على تيار مستمر باستخدام الطاقة الشمسية ثم بواسطة الـ (Inverter) يبدل إلى تيار متناوب.



شكل (1-3) يمثل إحدى الطرق المستعملة للحصول على تيار مستمر

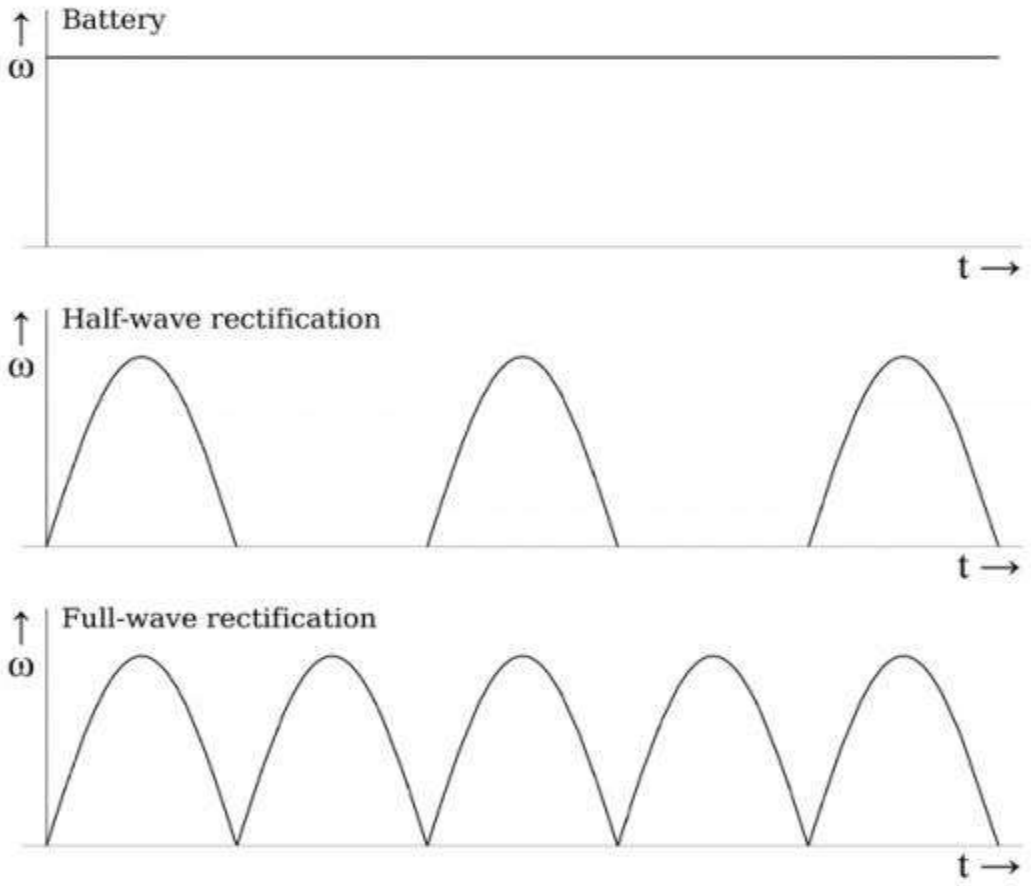
3- استخدام المبدلات الالكترونية (Rectifiers) :

تستخدم المبدلات الالكترونية المحكومة وغير المحكومة في الحصول على مصدر تيار كهربائي مستمر عالي القيمة ولكن بجودة تيار واطئ مقارنة مع الطريقتين السابقتين شكل (4-1)يوضح شكل موجة التيار الكهربائي المستمر الخارج من مبدل غير محكوم نصف موجة وموجة كاملة



شكل (4-1) موجة خارجة من مبدل غير محكوم

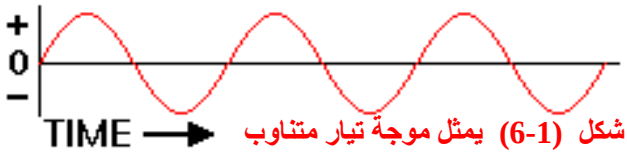
(أ) نصف موجة (ب) موجة كاملة



شكل (5-1) يمثل تبديل موجة التيار المتناوب إلى مستمر باستعمال المبدلات(نصف موجة) (Half wave) وموجة كاملة (full wave)

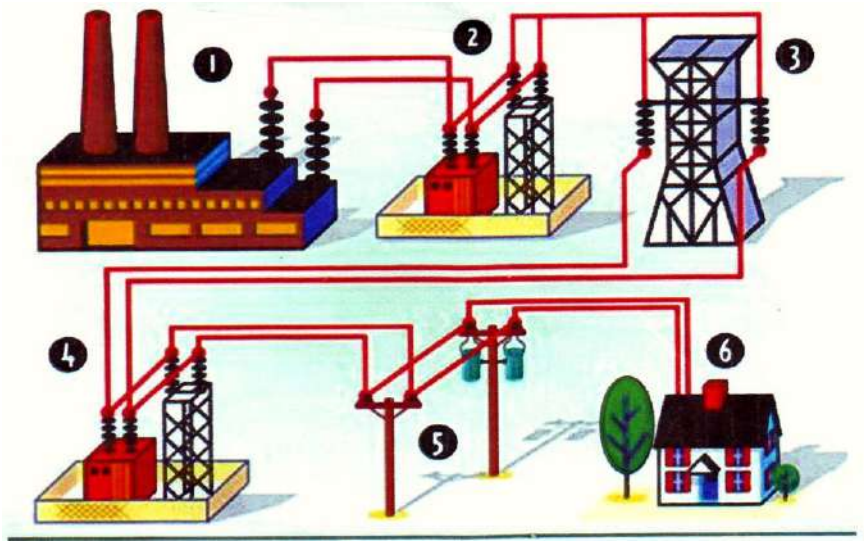
2 - التيار المتناوب Alternating current(AC) :

هو مصدر كهربائي متغير القيمة مع الزمن إذ تتغير قيمته من الموجب إلى السالب بحدود (50) أو (60) مرة في الثانية الواحدة حسب النظام الكهربائي المستخدم شكل (1 - 6) يمثل موجة تيار كهربائي متناوب . يمكن الحصول على مصدر كهربائي متناوب عن طريق المولدات الكهربائية التزامنية و الحثية .



شكل (1-6) يمثل موجة تيار متناوب

في شكل (1-7) والذي يمثل محطة لتوليد ولنقل وتوزيع الطاقة الكهربائية للتيار المتناوب .



شكل (1-7) يمثل محطة لتوليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية للتيار المتناوب نلاحظ إن الأرقام المثبتة إزاء كل جزء تمثل كالاتى

1- محطة التوليد التي تحتوى على المولد والتوربين الذي يقوم بتدوير المولد .

2- محطة رفع الجهد وتوزيع الطاقة الكهربائية .

3- محطة رئيسة لنقل الطاقة الكهربائية باستعمال الجهد العالي.

4- محطة ثانوية لخفض الجهد العالي إلى الجهد الواطئ .

5- أعمدة وأسلاك لنقل الطاقة الكهربائية .

6- وصول الجهد المستعمل لتغذية المستهلكين وبحسب الجهد المستعمل لكل دولة فمثلاً في العراق يستعمل 220 فولت 50 هيرتز

2–1 الجهد الكهربائي Electric voltage

وهو الشغل (work) اللازم لنقل وحدة شحنة من نقطة لأخرى ويقاس الجهد بالفولت والذي يساوى جول لكل كولوم اى إن :

$$V = \frac{\Delta W}{\Delta \emptyset} = \frac{J}{C} \qquad \text{.....(2-1)}$$

إذ إن :

ΔW : التغير في الطاقة (جول) .

$\Delta \emptyset$: التغير في الشحنة (كولوم) .

علماً إن الفولت الواحد يمثل الجهد الذي يجب أن يستهلكه جول من الشغل لجلب كولوم من الشحنة الكهربائية من اللانهاية إلى تلك النقطة .

3- 1 المقاومة الكهربائية Electric Resistance

هي الممانعة التي يبديها الموصل الكهربائي عند مرور التيار من خلاله وتقاس بالاوم (Ω) عندما تكون قيمة المقاومة كبيرة أو تمر كمية قليلة من التيار والعكس صحيح لذا تكون العلاقة بين المقاومة والتيار الكهربائي عكسية ويعبر عنها كما يأتي :

$$I = \frac{1}{R}$$

تسبب المقاومة الكهربائية بنقل جزء من الطاقة الكهربائية المنقولة خلالها وكلما كانت المقاومة قليلة والتيار عالياً يكون فقدان الطاقة كبيراً.

4- 1 العوامل المؤثرة في المقاومة (مقاومة الأسلاك) :

1- طول السلك (length) تزداد قيمة المقاومة كلما ازداد طول السلك ويرمز للطول (L)
2- مساحة المقطع العرضي (Cross- Sectional Area) تزداد قيمة المقاومة كلما قلّ سمك السلك (أو قلت مساحة مقطعه العرضي) ويرمز للمساحة (A).
3- نوع المادة (المقاومة النوعية) تتغير قيمة المقاومة بحسب نوع ألماده ويرمز لها (P) وتقاس في درجة حرارة ثابتة .

من العوامل المذكورة آنفاً يمكن حساب قيمة المقاومة من القانون الآتي :

$$R = \frac{PL}{A} \quad (\Omega) \qquad \text{.....(3-1)}$$

اذ ان :

R : تمثل مقاومة الأسلاك (اوم).

P: تمثل المقاومة النوعيه للمادة (Ω.m) (اوم . متر)

L : يمثل طول السلك (متر)

A: مساحة مقطع السلك (متر^2)

جدول(1 - 1) يبين المقاومة النوعية لبعض الموصلات فى درجة 20ْم

المادة	المقاومة النوعية (P) $(\Omega.M)x\ 10^{-8}$
الالمنيوم	2.82
النحاس	1.68
الفضة	1.59
الذهب	2.44
الحديد	10
النيكل	6.99

أمثلة محلولة

مثال (1-1) :

موصل من النحاس مساحة مقطعه (0.005) m^2 جد مقاومته ، إذا كانت مقاومتـــــه النوعيـــة ($1.72\ X\ 10^{-8}$) (Ω-m) وطول السلك (5) m؟

الحل : المعطيات

$A = 0.005\ m^2$

R = ?

$P= 1.72\ X\ 10^{-8}$

L = 5m

$$R = \frac{PL}{A} = \frac{1.72 \text{ X } 10^{-8} \text{ X } 5}{0.005}$$

$R=1.72 \text{ X } 10^{-5} \Omega$

مثال (1-2):

موصل من النـــــحاس دائري الشكل قطره (4) سم ومقاومتـــه النوعية ($1.72 \text{ X } 10^{-8}$) اوم .متر ، جد مقاومته عندما يكون طوله 15 متر ؟

المعطيات

$D= 4 \text{ cm}$

$P= 1.72 \text{ X } 10^{-8}$

$L=15 \text{ m}$

R ؟ :

الحل :

مساحة الدائرة = نق ^{2} X ط

$$A = 3.14 \text{ X } (\frac{4}{2})^2$$

$A = 12.56 \text{ cm}^2$

$$R = \frac{PL}{A}$$

$$R = \frac{1.72 \text{ X } 10-8 \text{ X } 15}{12.56 \text{ X } 10-4}$$

$R= 0.001369 \text{ X } 10^{-1} \Omega$

1–5- أنواع المقاومات Types of electric Resistances

من هذه المقاومات :

ا- المقاومات الضوئية photo resistances : تتغير قيمتها بتغير كمية الضوء المسلط عليها ونجد أن قيمتها تقل عند تسليط الضوء على سطحها وتزيد مقاومتها عند حجب الضوء عنها وتكون ذات قيمة عالية جداً عند انعدام الضوء عنها .

ب-المقاومات الحرارية (Thermal resistances) :

تتغير قيمتها بتغير درجة الحرارة إذ تقل قيمتها عند زيادة درجة الحرارة وتزداد عند تقليل درجة الحرارة

جـ- المقاومات التى تعتمد على الجهد Voltage Dependant Resistance :

وتقل قيمتها بزيادة الجهد ويرمز لها (VDR)

د- المقاومات الخطية Linear Resistances وتشمل :-

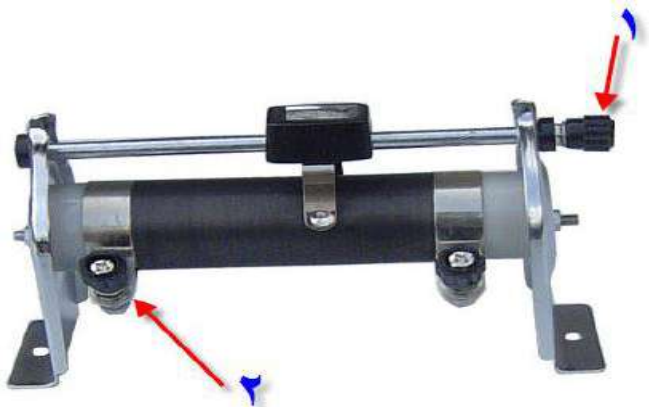
1 - مقاومات السلك الملفوف .

2- المقاومات المتغيرة (Variable resistances) :

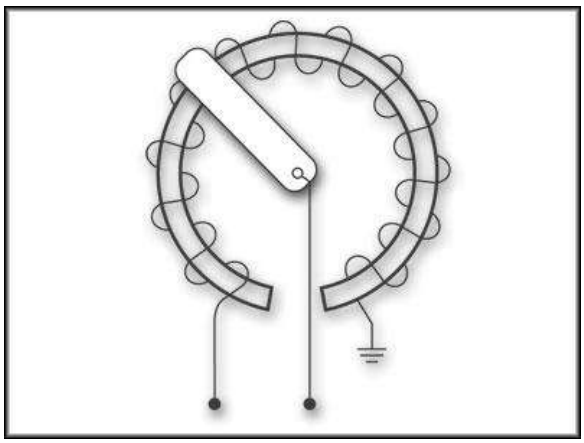
يمكن الحصول منها على قيم مختلفة بتغير عتلة تنزلق على المقاومة وتوجد أنواع منها :-

ا- مقاومات مجزئ الجهد (Potential voltage divider) .

ب- ريوستات (Rheostat) : تتكون من سلك ملفوف تنزلق عليه عتلة وتكون ذات قدرة عالية وتستخدم للتحكم في قيمة التيار وتستعمل في مجالات واسعة كما في شكل (1-8) .



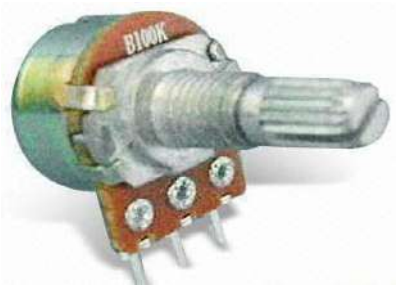
شكل (1-8) يمثل ريوستات رقم 1 ، 2 يمثل أطراف المقاومة



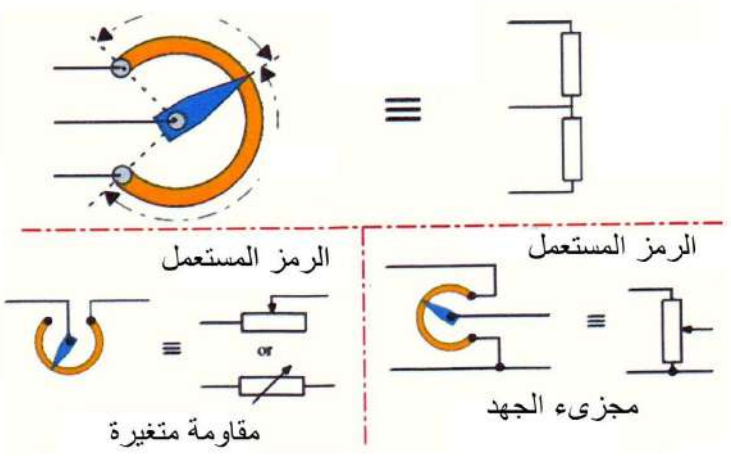
شكل (1-9) مقاومة سلكية متغيرة

المقاومات المتغيرة والثابتة :

يمثل الشكل (1-10) مقاومة متغيرة تستعمل بشكل واسع في أجهزة الراديو والتلفاز للسيطرة على شدة الصوت



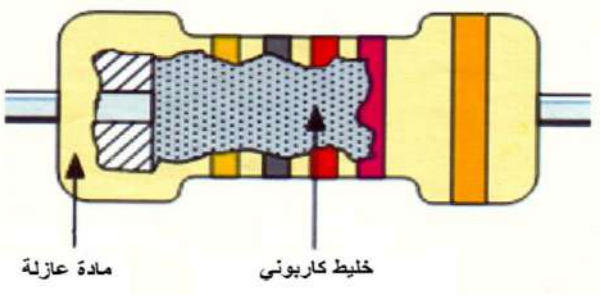
شكل (1– 10) مقاومة متغيرة



شكل (1– 11) تمثل بعض المقاومات (مجزىء الجهد والمقاومات المتغيرة)

هـ- المقاومات الكربونية :- تُعد شائعة الاستعمال وتصنع بقيم مختلفة إذ يمكن معرفة قيمة كل منهما عن طريق الألوان المثبتة عليها او بواسطة جهاز الاوميتر شكل (1-12) يوضح المقاومة الكاربونية .

شكل (1-12) مقاومات كاربونية



شكل (1- 13) يمثل مقاومة كاربونية

1–6 -الموصلية (Conductance)

هي مقلوب المقاومة وتعنى انه كلما ازدادت موصلية السلك (الموصل) قلّت المقاومة ويرمز لها بالحرف (G) وتقاس بالسيمنس (أمبير لكل فولت) أو 1 اوم

$$G = \frac{1}{R} \qquad \text{..... (4-1)}$$

R: المقاومة بالاوم (Ω)

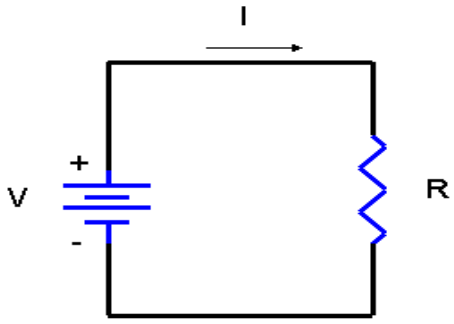
G : الموصلية (مقلوب الاوم)

1–7 الدائرة الكهربائية ومكونا تها (Electrical circuit):

عبارة عن مجموعة من العناصر الكهربائية والتي يجب أن تكون متصلة فيما بينها لتسمح بذلك للتيار الكهربائي للمرور من خلالها وأداء بعض المهام المفيدة شكل (1 – 14) ، (1 – 15) يوضح دائرة كهربائية بسيطة

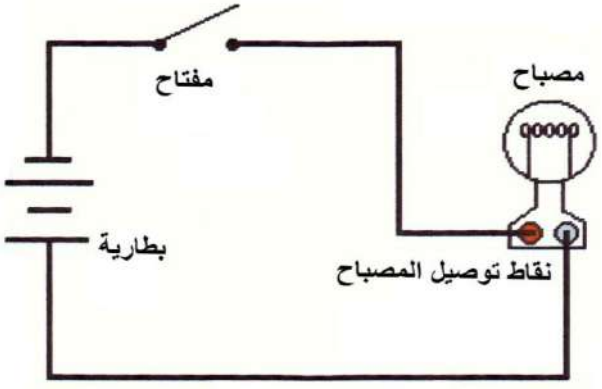
عناصر الدائرة الكهربائية هي : المقاومات ، المحاثات ،المتسعات ، المفاتيح ، المحولات ، محركات كهربائية ..... الخ

وتستعمل الدائرة الكهربائية إما لنقل الطاقة الكهربائية أو لنقل الإشارات (Signals) كما في بعض الأجهزة



شكل (1-14) يمثل دائرة كهربائية عناصرها مصدر تيار مستمر V ومقاومة R وأسلاك موصلة بين المصدر والحمل(مقاومة)

شكل (1-15) يمثل دائرة كهربائية مكونة من بطارية ومصباح مقيد بمفتاح



شكل (1- 16) يمثل دائرة كهربائية مكونة من مصدر تيار مستمر (بطارية) ومفتاح ومصباح واسلاك موصلة

1-8 أنواع المواد :

تختلف المواد من حيث صفاتها الطبيعية والكيماوية وتختلف ايضاً في توصيلها للكهرباء والحرارة .

1- المواد الموصلة للكهرباء (Conductors) :

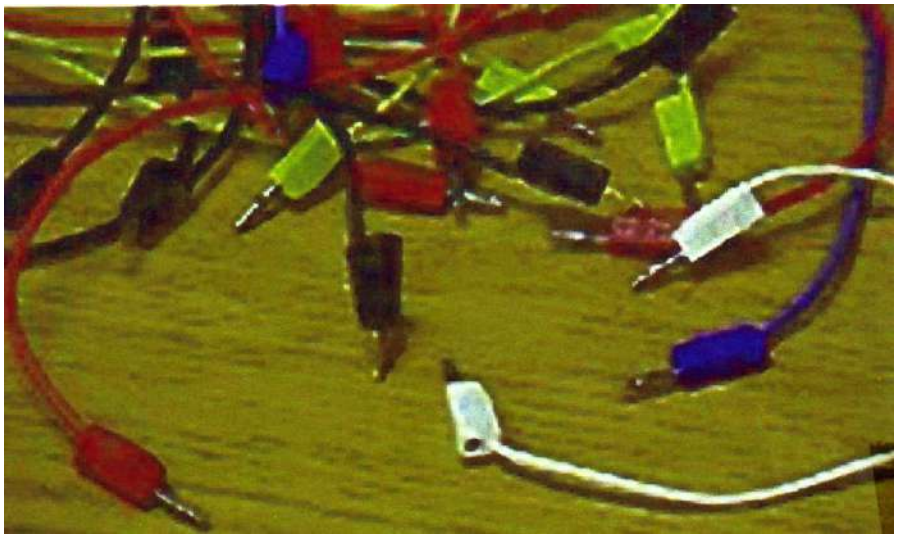
هي المادة التي تسمح بمرور التيار الكهربائي عبرها مثل النحاس ،الالمنيوم ، الحديد ،الفضــة ، الذهب ،.....الخ ، شكل (1 – 17) يوضح لفة سلك من النحاس .

شكل (1– 17) لفة سلك من النحاس

2- المواد العازلة (INSULATORS) :

وهى المواد التي لاتسمح بمرور التيار الكهربائي مثل البلاستيك ،الورق المقوى ، الصمغ ،الخيوط ، المايكا ،.... الخ وتستخدم العوازل بكثرة في العديد من الدوائر الكهربائية وذلك لحماية تلك الدوائر الكهربائية من حدوث تماس كهربائي بين عناصر الدائرة الكهربائية شكل (1 – 18) يوضح عوازل بلاستيكية تستخدم في أسلاك توصيل كهربائية .

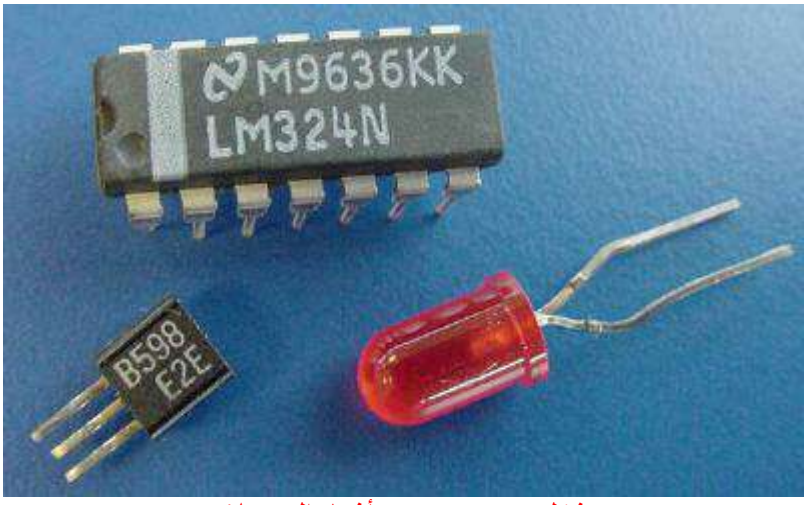
شكل (1 – 18) يمثل العوازل المستعملة مع الأسلاك الكهربائية



شكل (1 – 19) يمثل مجموعة من الاسلاك

3- أشباه الموصلات (Semi conductors) :

هي المواد الواقعة بين المواد الموصلة والمواد العازلة في توصيلها للكهرباء مثل السيلكون والجيرمانيوم (ذات التكافؤ الرباعي) فهي ذات انتشار واسع في التطبيقات الالكترونية فهي المادة الأساسية المكونة للترانزستور والثنائيات وغيرها كما في شكل (1-20) ، (1– 21)



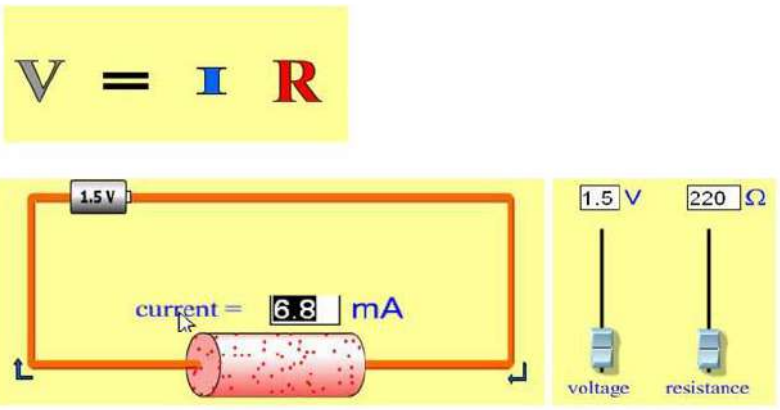
شكل (1–20) يبين أشباه الموصلات

شكل (1 -21) خلية ضوئية مصنوعة من مادة شبه موصلة

1- 9 قانون اوم (Ohm,s Law):

اثبت العالم الالمانى (اوم) من خلال دراسته إن التيار الكهربائي يتناسب طردياً مع الجهد وعكسياً مع المقاومة في الدائرة الكهربائية وان العلاقة بين التيار والجهد هي علاقة خطية في حالة حمل مقاومة

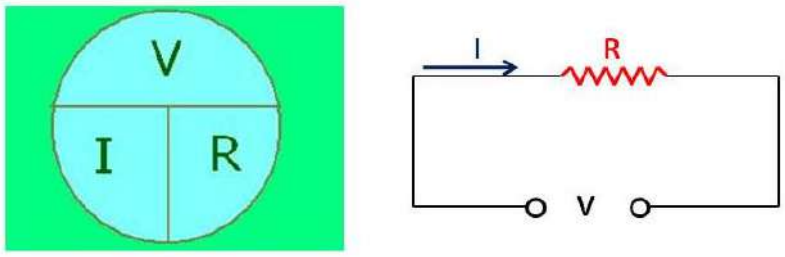
شكل (1-22) :



شكل (1 -22) يمثل تطبيق قانون اوم

ينص القانون : على إن التيار المار في مقاومة يتناسب طردياً مع الجهد على طرفي المقاومة وعكسياً مع قيمة المقاومة ويمكن أن تصاغ العلاقة الرياضية كما يأتي:

$$I = \frac{V}{R} \qquad \text{.....(5- 1)}$$



شكل (1– 23) يوضح العلاقة بين الجهد والمقاومة والتيار

I: التيار المار في المقاومة ويقاس بالأمبير (A).

V : فرق الجهد على طرفي المقاومة ويقاس بالفولت (V).

R : قيمة المقاومة وتقاس بالاوم (Ω).

مثال (1-3):-

احسب التيار المار في مقاومة قيمتها (20)أوم وفرق الجهد على طرفيها (40) فولت ؟

الحل:

المعطيات

I= ?
R = 20Ω
V = 40V

$$I = \frac{V}{R} = \frac{40}{20} = 2\ A$$

مثال (1-4):

اذا اعتبر ان التيار المار في المقاومة (R) يساوي (10) ملي امبير وعند قراءة الفولت ميتر على طرفي المقاومة كانت (40) فولت احسب قيمة المقاومة .

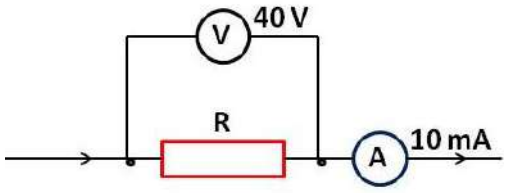
الحل :

المعطيات

V=40V

I = 10 mA

R = ?



لتحويل ملى امبير الى امبير نضرب X 10^{-3} أو نقسم على 1000

$$I = \frac{10}{1000} = 0.01 \ A$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{40}{0.01} = 4000 \ \Omega$$

$$R = 4 \ K\Omega$$

باستعمال قانون اوم يمكن حساب :

10-1 الهبوط في الجهد (VOLTAGE DROP)

إن الهبوط في الجهد هو حاصل ضرب التيار والمقاومة.

فالهبوط الحاصل في الأسلاك (الموصلات) التي توصل بين الحمل والمصدر هو مقدار التيار المار في الحمل مضروب في مقاومة الأسلاك .

وأيضاً تخضع مقاومة الأسلاك إلى عدة عوامل مؤثره في مقدار قيمة الهبوط ، هي نوع المادة وطول السلك ومساحة المقطع ودرجة الحرارة . ويرمز لهبوط الجهد (Vd) . وهو تطبيق لقانون اوم.

$$Vd = I \cdot R \quad volt \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6\text{-}1)$$

Vd : الهبوط فى الجهد (فولت).

I : التيار المار فى الحمل (امبير).

R: مقاومة الموصل (اوم) أو اى مقاومة في دائرة كهربائية يراد ايجاد الهبوط التي تسببه.

مثال (1-5):-

دائرة كهربائية تحتوى على حمل وصل إلى مصدر جهد مقداره (220) فولت بواسطة أسلاك بطول(100) متر مقاومتها (0.1) اوم للمتر الواحد فكان التيار المار في الحمل (2) أمبير احسب الفقدان في مقاومة السلك وفرق الجهد على طرفى الحمل ؟

المعطيات

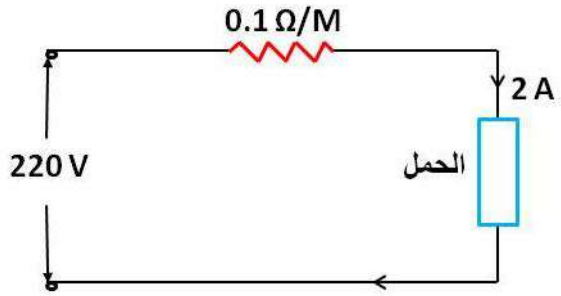
Vd = IR

L = 100 M

V = 220 V

I = 2A

R = 0.1Ω



الحل:

المقاومة الكلية للسلك = 0.1 x 100 = 10 Ω

الفقدان في الجهد الحاصل في السلك = 2 x 10 = 20v

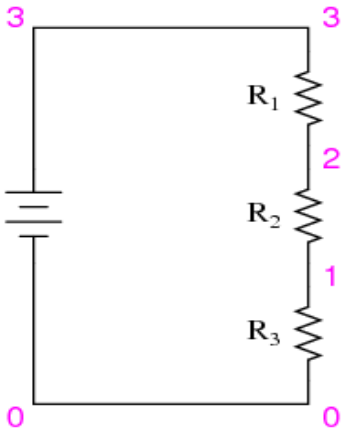
فرق الجهد على طرفي الحمل = 220 – 20

= 200 volt

1 – 11 ربط المقاومات في الدوائر الكهربائية :

(1-11-1) ربط المقاومات على التوالي Series connection :

تربط نهاية المقاومة الأولى مع بداية الثانية ونهاية الثانية مع بداية الثالثة ونهاية الثالثة مع ..... وهكذا كما موضح فى شكل (1– 24)



شكل (1-24) يمثل الربط المقاومات على التوالى

يتميز الربط على التوالي بما يأتي:

1- يكون التيار الرئيس المار في الدائرة هو نفسه في جميع المقاومات الموصولة على التوالي اى ان:

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

2- فرق الجهد الرئيس (جهد المصدر) يتجزءا على عدد المقاومات بحسب قيمة كل مقاومة بحيث يكون المجموع الكلى لهبوط الجهد على كل مقاومة يساوى فرق الجهد الكلي :

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots$$

3- تكون المقاومة الكلية للدائرة كبيرة وتساوى مجموع المقاومات الموصلة على التوالي.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots$$

4-لا يكمل التيار سريانه عند قطع إحدى المقاومات وتكون الدائرة مفتوحة اي إن التيار في كل مقاومة يساوى صفراً.

يستفاد من هذا الربط تجزئة الجهد إلى جهود مختلفة .

اشتقاق ايجاد المقاومة الكلية للدائرة

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 \ldots\ldots\ldots\ldots (1-7)$$

$$I_T \times R_T = I_T \times R_1 + I_T \times R_2 + I_T \times R_3$$

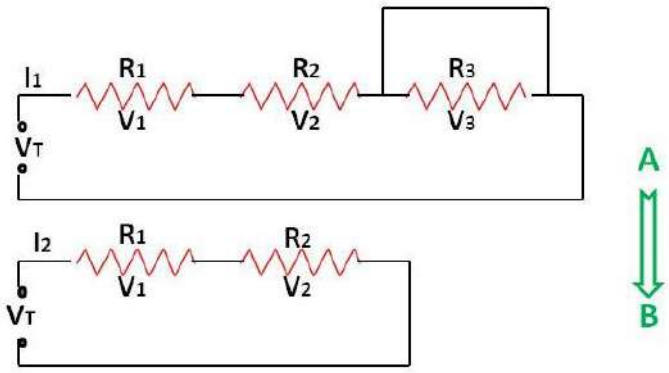
$$I_T \times R_T = I_T (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-8)$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-9)$$

ملاحظه (1) :

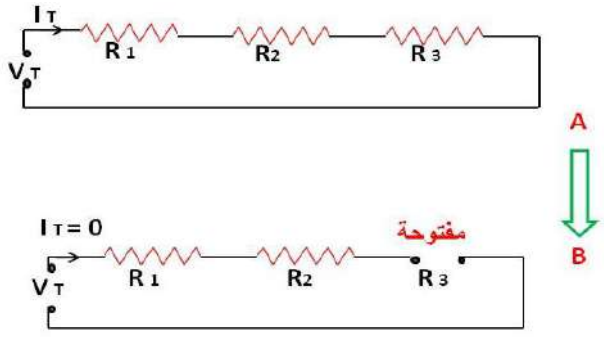
في حالة قُصر أي مقاومة من المقاومات الموصلة على التوالي سيزداد التيار بسبب تقليل قيمة المقاومة الكلية. وزيادة الجهد على الأخريات كما في شكل (1–25)



شكل (1–25) يوضح قُصر في مقاومة R3 ضمن دائرة توالي

ملاحظه (2):

في حالة حذف إحدى المقاومات واعتبارها دائرة مفتوحة سيكون التيار صفراً في جميع المقاومات كما في شكل (1–26).



شكل (1-26) يوضح فتح مقاومة R3
ضمن دائرة توالي

مثال (1-6):

ثلاث مقاومات قيمها (4,6,8) اوم موصولة على التوالي من مصدر جهد (36) فولت ارسم الدائرة ثم احسب التيار الرئيس للدائرة وفرق الجهد على كل مقاومة ؟

المعطيات

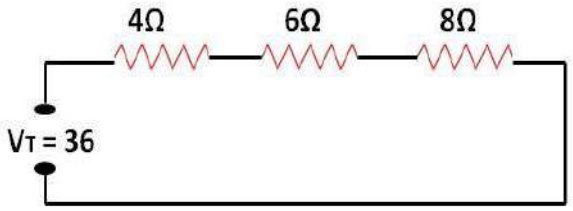
$R_1 = 4\Omega$

$R_2 = 6\Omega$

$R_3 = 8\Omega$

$V_T = 36V$

$V_1 =$?



$V_2 = ?$

$V_3 = ?$

$I_T = ?$

الحل:-

$R_T = R_1 + R_2 + R_3$

$R_T = 4 + 6 + 8 = 18 \ \Omega$

$I_T = \frac{VT}{RT} = \frac{36}{18} = 2A$

فرق الجهد $V = I \cdot R$

فرق الجهد على المقاومة الاولى $V_1 = I_T \times R_1 = 2 \times 4 = 8 \ V$

فرق الجهد على المقاومة الثانية $V_2 = I_T \times R_2 = 2 \times 6 = 12 \ V$

فرق الجهد على المقاومة الثالثة $V_3 = I_T \times R_3 = 2 \times 8 = 16 \ V$

التحقيق :

$V_T = V_1 + V_2 + V_3$

$36 = 8 + 12 + 16 = 36V$

مثال (1-7):-

قيس فرق الجهد باستعمال جهاز الفولت ميتر على طرفي المقاومة الأولى (6) فولت وعلى طرفي الثانية (4) فولت عند ربطهما على التوالي مع مقاومة ثالثة ووصلت المجموعة إلى مصدر جهد (18) فولت فكان التيار الرئيس (2) أمبير جد قيمة كل مقاومة ؟ ثم المقاومة المكافئة للدائرة ؟

المعطيات :

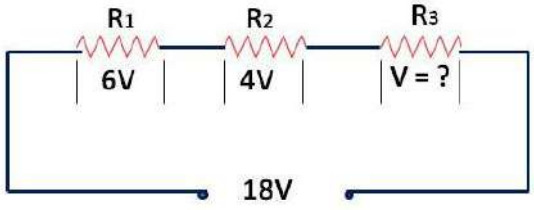
$V_T = 18 \ V$

$I_T = 2A$

$V_1 = 6V$

$V_2 = 4 \ V$

$R_1 = ? \ R_2 = ? \ R_3 = ? \ R_T = ?$



الحل :-

$V_T = V_1 + V_2 + V_3$

$18 = 6 + 4 + V_3$

$V_3 = 18 - 10 = 8$ V فرق الجهد على المقاومة الثالثة

$$R_1 = \frac{V1}{IT} = \frac{6}{2} = 3\ \Omega$$

$$R_2 = \frac{V2}{IT} = \frac{4}{2} = 2\Omega$$

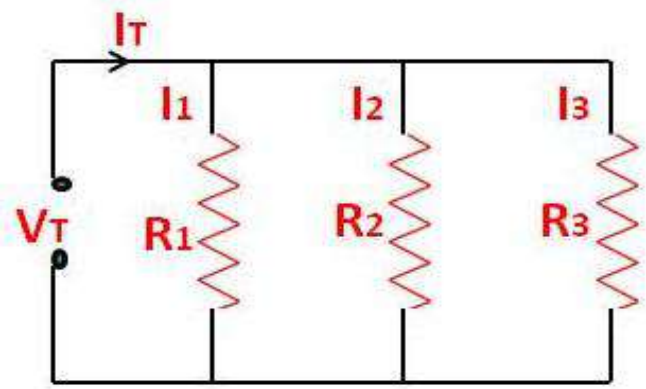
$$R_3 = \frac{V3}{IT} = \frac{8}{2} = 4\Omega$$

$R_T = R_1 + R_2 + R_3$

$R_T = 3 + 2 + 4 = 9\ \Omega$ المقاومة المكافئة

(1- 2-11) الربط على التوازي Parallel Connection

يتم ربط المقاومات على التوازي بحيث تكون البدايات موصلة في نقطة واحدة والنهايات أيضاً في نقطة واحدة كما في شكل (1-27) .



شكل (1-27) يوضح ربط المقاومات على التوازي

يتميز هذا النوع من الربط بما يأتي:

1- يتوزع التيار الرئيس على كل مقاومة

$I_T = I_1 + I_2 + I_3 +$ ---------- 10-1

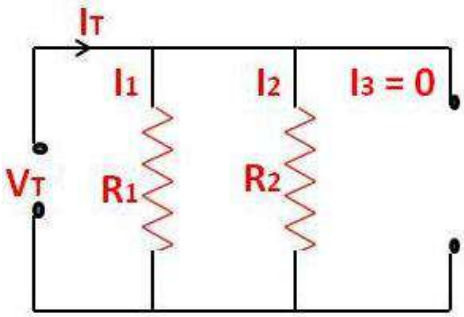
2- الجهد الرئيس يساوى مقدار فرق الجهد على كل مقاومة

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \text{----------} \quad (11\text{-}1)$$

3- المقاومة الكلية (المكافئة) تحسب كما يأتي

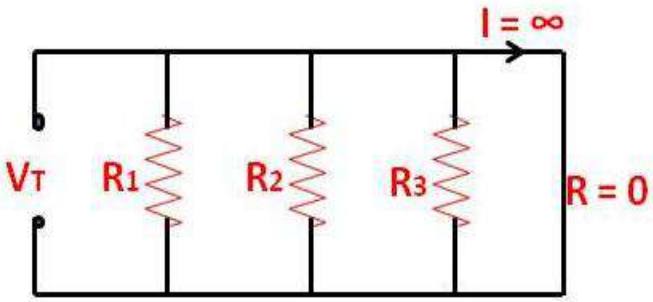
$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \quad \text{----------} \quad (12\text{-}1)$$

4- لا تتأثر المقاومات الباقية عند فتح إحدى المقاومات (دائرة مفتوحة) كما في شكل (28-1) .



شكل (1–28) يمثل فتح إحدى المقاومات

5- في حالة قُصر على إحدى المقاومات يصبح التيار ذا قيمة عالية جدا ويصل إلى أقصى قيمة للدائرة بسبب مرور التيار في المقاومة ذات القيمة الأقل (R=0) كما في شكل (1-29).



شكل (1-29) يمثل قصر على إحدى المقاومات

اشتقاق لإيجاد المقاومة الكلية المكافئة للدائرة (R_T)

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\frac{VT}{RT} = \frac{VT}{R1} + \frac{VT}{R2} + \frac{VT}{R3} + \ldots\ldots\ldots$$

$$\frac{1}{RT} \times V_T = V_T \left(\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \ldots\ldots\ldots \right)$$

$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \ldots\ldots\ldots\ldots$$

6- يمكن ايجاد المقاومة المكافئة للمقاومات المتساوية والمربوطة على التوازي بتطبيق القانون الآتي :

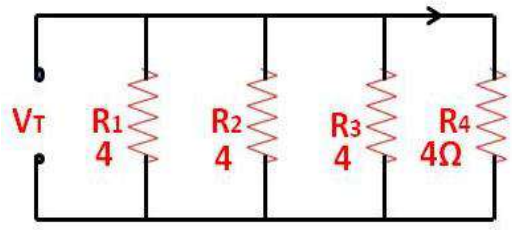
$$R_T = \frac{R}{n} = \frac{\text{قيمة مقاومة واحدة}}{\text{عدد المقاومات}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(13\text{-}1)$$

R: قيمة المقاومة بالاوم

n : عدد المقاومات

مثال (1-8)

من الرسم ادناه شكل (1–30) جد مقدار المقاومة الكلية (المكافئة).



شكل (1–30)

الحل :

$$R_T = \frac{R}{n}$$

$$R_T = \frac{4}{4} = 1\Omega$$ المقاومة المكافئة

أو بتطبيق العلاقة (1-9)

$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{R4}$$

$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1+1+1+1}{4}$$

$$\frac{1}{RT} = \frac{4}{4} = 1\ \Omega$$

7- في حالة وجود مقاومتين فقط على التوازي يمكن ايجاد المقاومة الكلية(المكافئة) لهما كما يأتي

$$R_T = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2} \quad \ldots\ldots\ldots \boxed{14\text{-}1}$$

مثال (1-9):

وصلت مقاومتان على التوازي قيمة كل منهما (6 , 3) اوم من مصدر خارجي ذى جهد (12) فولت جد التيار المار في كل مقاومة ثم اوجد التيار الكلى والمقاومة المكافئة ؟

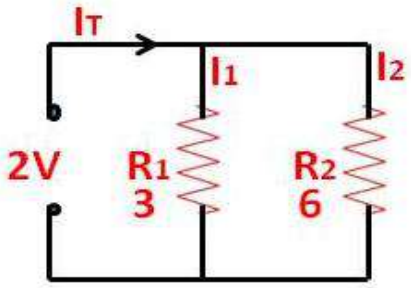
المعطيات

$R_1=3\ \Omega$

$R_2=6\ \Omega$

$V_T=12\ V$

$I_1=?\quad I_2=?$



الحل :-

$$R_T = \frac{R1 \times R2}{R1+R2}$$

$$R_T = \frac{3\times6}{3+6} = \frac{18}{9} = 2\Omega$$ المقاومة المكافئة

$$I_1 = \frac{VT}{R1} = \frac{12}{6} = 2\ A$$ التيار في المقاومة الاولى

$$I_2 = \frac{VT}{R2} = \frac{12}{3} = 4\ A$$ التيار في المقاومة الثانية

$IT = 4 + 2 = 6\ A$ التيار الكلي

طريقة ثانية لايجاد التيار الكلي :

$$I_T = \frac{VT}{RT} = \frac{12}{2} = 6\ A$$

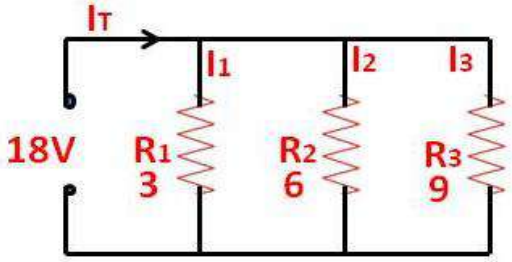
مثال (1-10):

ثلاث مقاومات (9,6,3) اوم موصلة على التوازي من مصدر (18) فولت احسب المقاومة المكافئة للدائرة ثم احسب التيار في كل مقاومة ؟

المعطيات

$R_1=3\ \Omega$

$R_2=6\ \Omega$



$R_3=9\ \Omega$

$V_T=18\ V$

$I_1?\ I_2?\ I_3?\quad R_T?$

الحل:

$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}$$

$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9}$$

$$\frac{1}{RT} = \frac{6+3+2}{18} = \frac{11}{18} = 1.64\ \Omega$$ المقاومة المكافئة

$$I_1 = \frac{VT}{R1} = \frac{18}{3} = 6\ A$$ التيار في المقاومة الاولى

$$I_2 = \frac{VT}{R2} = \frac{18}{6} = 3\ A$$ التيار في المقاومة الثانية

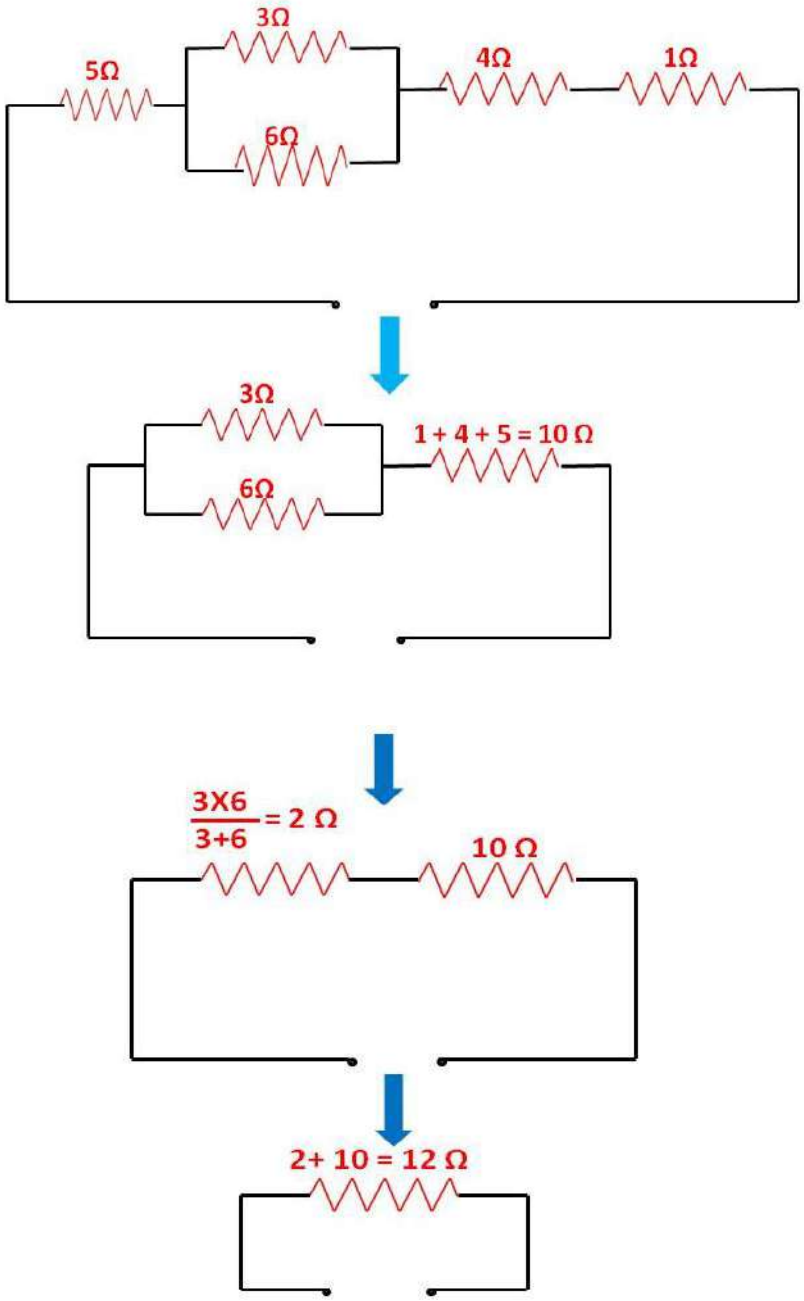
$$I_3 = \frac{VT}{R3} = \frac{18}{9} = 2\ A$$ التيار في المقاومة الثالثة

(3-11 -1) الربط المختلط للمقاومات Series –Parallel Connection:

يحتوى هذا النوع من الربط على مقاومات مربوطة توالى وأخرى توازي ، نستخدم قوانين التوالي والتوازي .

مثال (11-1) :

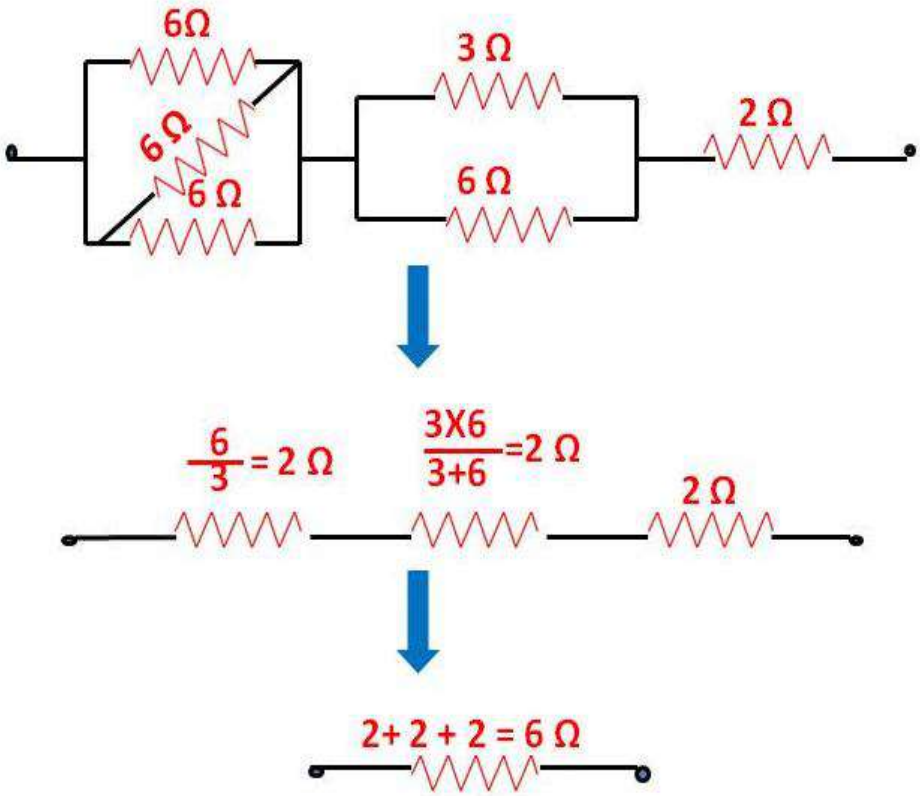
اوجد المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية التى تحتوى على مجموعة مقاومات موصولة على التوالي مع مقاومتين موصولتين على التوازي كما في شكل (1 – 31)



شكل (1– 31) يوضح الربط المختلط للمقاومات

مثال (1-12) :-

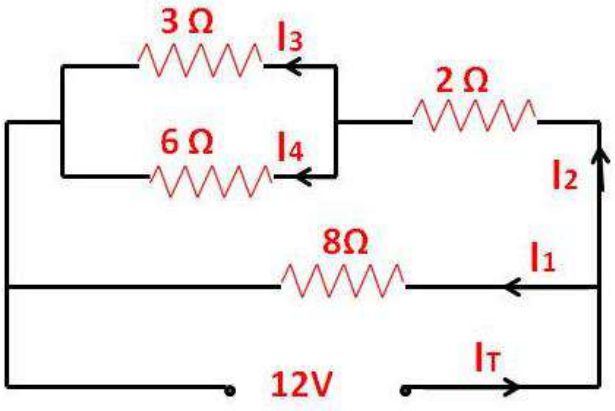
احسب المقاومة الكلية (المكافئة) للدائرة الاتية .



قيمة المقاومة المكافئة = 6 أوم

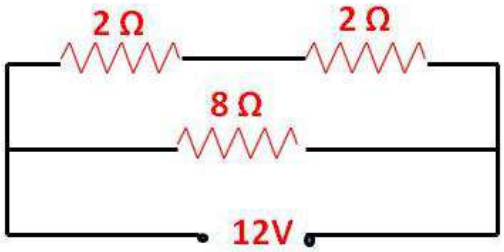
مثال(1-13) :-

في الشكل (1–32) أوجد مقدار التيار في كل مقاومة



شكل (1–32)

الحل :



$$I_1 = \frac{VT}{R1} = \frac{12}{8} = 1.5\ A$$

$$R_T = \frac{3 \times 6}{3+6} = \frac{18}{9} = 2\Omega$$

$$I_2 = \frac{VT}{R2} = \frac{12}{4} = 3\ A$$

فرق الجهد على مقاومات التوازي (3,6) = 6 فولت

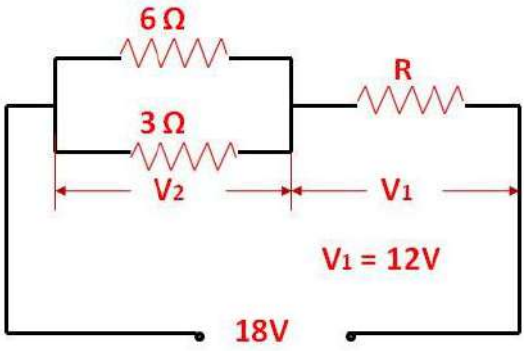
3 x 2 = 6 فولت

$$I_3 = \frac{6}{3} = 2\ A$$

$$I_4 = \frac{6}{6} = 1\ A$$

مثال (1-14)

في شكل (1 – 33) احسب قيمة المقاومة المجهولة (R) ؟



شكل (1–33)

الحل:

$V_T = V_1 + V_2$

$18 = 12 + V2$

$V_2 = 18 - 12 = 6$ Volt

$I_1 = \frac{V2}{R1} = \frac{6}{6} = 1$ A

$I_2 = \frac{V2}{R2} = \frac{6}{3} = 2$ A

$I_T = I_1 + I_2 = 1 + 2 = 3A$ التيار الكلي للدائرة

$R = \frac{12}{3} = 4\ \Omega$ قيمة المقاومة المجهولة

12 – 1 القدرة والطاقة الكهربائية :Power and electrical Energy

1- القدرة (Power): هي المعدل الزمني لتدفق الطاقة الكهربائية في دائرة كهربائية . وتعرف ايضاً بأنها معدل الطاقة المستخدمة بالنسبة للزمن وتقاس القدرة بالواط (Watt) .

الواط (Watt): هو كمية الشغل المبذول مقداره (1) جول لفترة زمنية (1) ثانية . أي ان :

$$W = \frac{J}{S} \quad \text{..... (15-1)}$$

الرمز : W — الوحدة : واط

الرمز :J — الوحدة : جول

الرمز : S — الوحدة : ثانية

واحياناً تقاس القدرة للمحركات (بالحصان) وهي كمية كبيرة بالنسبة للواط إذ ان :

1 حصان = 746 واط

يمكن حساب القدرة الكهربائية في دوائر التيار المستمر بأستخدام احد القوانين الاتية :

$$P = IV \quad \text{.....(16-1)}$$

$$P = I^2 V \quad \text{..... (17-1)}$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{.....(18-1)}$$

الرمز : P — الوحدة : Watt

مثال (1-15)

مصباح مثبت عليه قدرة (100) واط ، أحسب التيار المار في المصباح عند تشغيله على مصدر جهد (220) فولت ؟

المعطيات

P = 100 Watt

V= 220 V

I = ?

الحل:-

$$P = I\,V$$

$$I = \frac{100}{220} = 0.45\ A$$

مثال (1-16):-

وصلت ثلاث مقاومات قيمها (9,6,3) اوم على التوازي من مصدر جهد (18) فولت ،أحسب قدرة كل مقاومة ثم أحسب القدرة الكلية للدائرة .

المعطيات

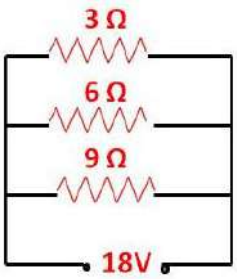
$R_1 = 3\ \Omega$

$R_2 = 6\ \Omega$

$R_3 = 9\ \Omega$

$P_1, P_2, P_3 = ?$

$P_T = ?$



الحل :

$V_T = 18\ V$

$$I_1 = \frac{VT}{R1} = \frac{18}{3} = 6\ A$$

$P_1 = I_1\ V_T = 6 \times 18 = 108\ Watt$

$$I_2 = \frac{VT}{R2} = \frac{18}{6} \quad 3\ A$$

$P_2 = I_2 \times V_T = 3 \times 18 = 54$ Watt

$I_3 = \frac{VT}{R3} = \frac{18}{9} = 2$ A

$P_3 = I_3 \times V_T = 2 \times 18 = 36$ Watt

$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 108 + 54 + 36 = 198$ Watt القدرة الكلية

طريقة ثانية لايجاد القدرة الكلية للدائرة :

نجد المقاومة المكافئة للدائرة كالاتي :

$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3}$$

$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9} = \frac{6+3+2}{18} = \frac{11}{18}$$

$$R_T = \frac{18}{11} \ \Omega$$

$$P_T = \frac{V^2}{R} = \frac{18^2}{\frac{18}{11}} = \frac{18 \times 18 \times 11}{18} = 198 \text{ Watt}$$

2 - الطاقة الكهربائية :Electric Energy

يعتبر الشغل (Work) شكلاً من أشكال الطاقة نتيجة مرور التيار الكهربائي خلال الأجهزة الكهربائية إذ تتحول الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية في المكواة مثلاً والى طاقة ضوئية في المصابيح وطاقة حركية في المحركات وهكذا لبقية الاجهزة . ويرمز للطاقة (E) .

وبما إن الطاقة هي شغل فتقاس بالجول (Joul) .

هنالك علاقة مباشرة بين الطاقة والقدرة والزمن .

$$E = P \times T \quad \text{(Joul)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (19\text{-}1)$$

الرمز : E — الوحدة : جول

الرمز: P — الوحدة : واط

الرمز : T — الوحدة : ثانية

مثال (1-17) :-

اذا كانت كمية القدرة (100) واط والزمن اللازم لتلك القدرة (30) ثا ماهي الطاقة بالجول .

الحل :-

المعطيات

P = 100 W
T = 30 S
E = ?

$E = P \times T$

$E = 100 \times 30 = 3000$ Joul

$= 3$ K J الطاقة

مثال(1-18):-

طاقة (100) جول أستخدمت لفترة (5) ثانية ، ماهي القدرة المقاسة بالواط ؟

الحل :-

المعطيات

E = 100 J
T = 5 Sec
P = ?

$P = \frac{E}{t}$

$P = \frac{100}{5} = 20$ Watt

3- حساب الطاقة الكهربائية :

تحسب الطاقة الكهربائية المصروفة من قبل الدور السكنية والمنشآت الحكومية والمعامل بسعر الوحدة الكهربائية المقررة . وتمثل الوحدة الكهربائية : هي مقدار القدرة الكهربائية المصروفة بـ (KW) خلال ساعة واحدة ويرمز للوحدة الكهربائية المستهلكة بـ (Kwhr).

كيلو واط – ساعة وتقاس مباشرة بعدّاد القدرة أو جهاز (مقياس الطاقة) ويوضع في مدخل كل بيت ومنشأة ومعمل لبيان مقدار ما صرفته (أستهلكته) الأجهزة الكهربائية من (Kwhr).

ويمكن حساب كلفة القدرة المصروفة لأي جهاز كهربائي كالآتي :

Cost = K W x number of hours x Price

أي :

$$\text{الكلفة} = \frac{\text{القدرة بالواط}}{1000} \times \text{عدد الساعات} \times \text{سعر الوحدة الكهربائية} \quad \text{.....} \quad (20\text{-}1)$$

مثال (1-19):-

ما كلفة الطاقة الكهربائية لمكواة كهربائية قدرتها (1500) واط اذا أشتغلت لمدة (30) ساعة اذا علمت ان سعر الوحدة الكهربائية (الاستهلاكية) تساوي (10) دنانير ؟

الحل :-

الكلفة = القدرة بالواط x عدد الساعات x سعر الوحدة الكهربائية

$$= \frac{10 \times 30 \times 1500}{1000}$$

الكلفة = 450 دينار

المعطيات

hr = 30 hour

الكلفة P = ? الكلفة

Price of Kwhr= 10 ID

مثال (1-20) :-

دار تحتوي على الأجهزة الكهربائية المثبتة في الجدول ، أحسب الكلفة الكلية للدار ولمدة (30) يوماً إذا علمت إن سعر الوحدة الاستهلاكية (10) دنانير ؟

ت	نوع الجهاز	قدرته	عدد الساعات	اليوم	الأسبوع	الشهر	عدد الأجهزة
1	مصباح	40 واط	10	30	/	1	10
2	تلفزيون	100 واط	12	30	/	1	4
3	مكيف	2000واط	4	30	/	1	2
4	ثلاجة	¼ حصان	20	30	/	1	1

الحل :-

1 - كلفة المصابيح = $\frac{P}{1000}$ x hr x اليوم x الشهر x العدد x سعر الوحدة

$$= \frac{40}{1000} \times 10 \times 30 \times 1 \times 10 \times 10 = 1200 \text{ دينار}$$

2 - كلفة التلفزيون = $\frac{100}{1000}$ x 12 x 30 x 1 x 4 x 10 = 1440 دينار

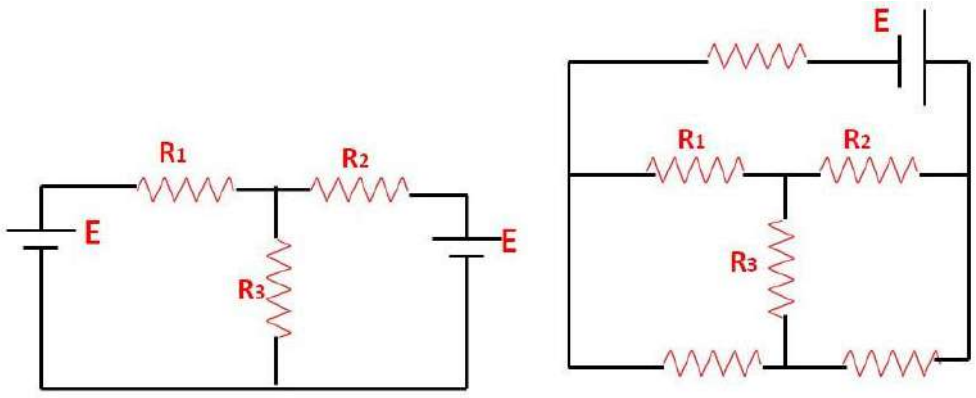
3 - كلفة المكيف = $\frac{2000}{1000}$ x 4 x 30 x 1 x 2 x 10 = 2400 دينار

4 - كلفة الثلاجة = $\frac{1/4 \times 746}{1000}$ x 20 x 30 x 1 x 1 x 10 = 1119 دينار

الكلفة الكلية = 1200 + 1440 + 2400 + 1119 = 6159 دينار

13-1 قانونا كيرتشوف Kirchhoffs Laws: -

هنالك بعض الدوائر الكهربائية المعقدة إذ تحتوي على مجموعة من المقاومات لايمكن حسابها بطريقة قوانين التوالي والتوازي الا بتطبيق قوانين كيرتشوف او قوانين اخرى او احياناً هذه الدوائر الكهربائية تحتوي على اكثر من مصدر . لذلك نلجأ الى استخدام قانوني كيرتشوف لسهولة تطبيقهما . وشكل (1 -34) وشكـــل (35-1) يبين احدى هذه الدوائر اذ ان المقاومات R_1,R_2,R_3 لايمكن اعتبارها توالي او توازي . لذا يمكن حسابها بقانوني كيرتشوف .



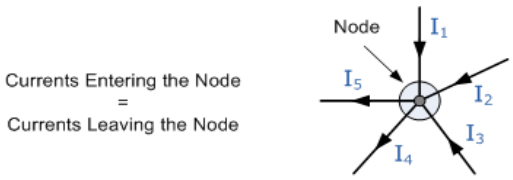
شكل (1–34) شكل (1–35)

القانون الأول :

المجموع الجبري للتيارات الداخلة الى عقدة يساوي صفر . أو التيارات الداخلة في نقطة (عقدة) تساوي التيارات الخارجة من نفس النقطة (العقدة) .

العقدة : هي نقطة التقاء المقاومات المشتركة في هذه النقطة (العقدة).كما في شكل (1-36)

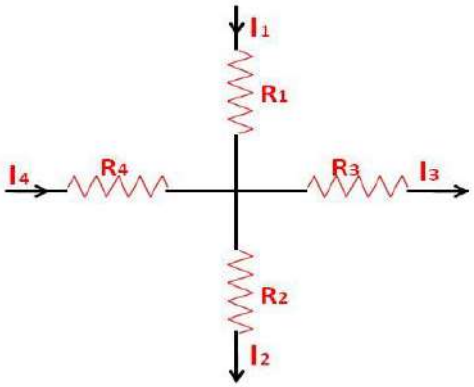
$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$ .....(21-1)



$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5 = 0$$

شكل رقم (1– 36)

في الشكل (1 –37) يمكن تطبيق قانون كيرشوف الأول لإيجاد محصلة التيارات .

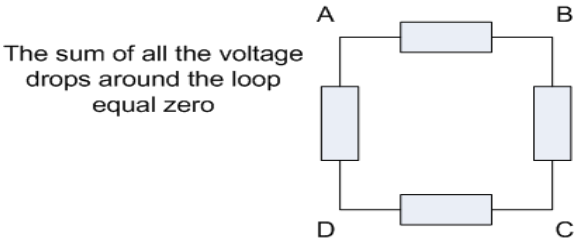


شكل (1-37)

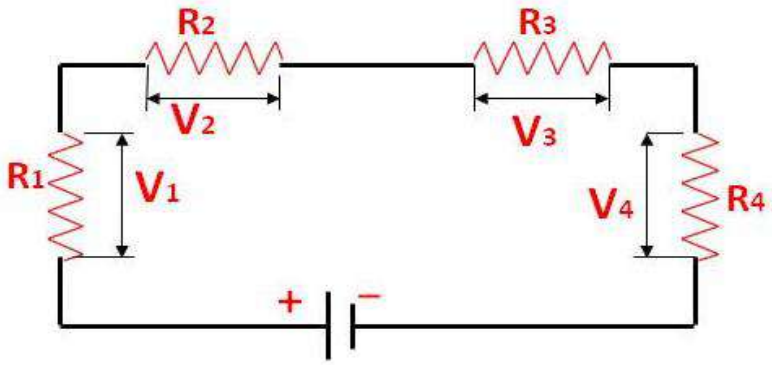
$$I_1 + I_4 - I_2 - I_3 = 0$$

القانون الثاني :

مجموع الهبوط في الجهد للمقاومات في دائرة مغلقة يساوي صفراً ، كما في شكـــــل (1–38) .



$$V_{AB} + V_{BC} + V_{CD} + V_{DA} = 0$$



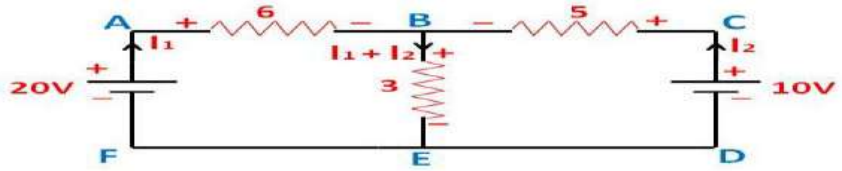
شكل (1-38)

$$-V_1 - V_2 - V_3 - V_4 + E = 0$$

$$E = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

مثال (1-21):-

في الدائرة الكهربائية في شكل (1 –39) ، احسب فرق الجهد على المقاومة التي قيمتها (6) اوم والتيار المار في كل فرع ؟



شكل (1–39)

نطبق قانون كيرشوف على الدائرة ABEFA

$$-6\ I_1 - 3\ (I_1 + I_2) + 20 = 0$$

$$-9\ I_1 - 3\ I_2 = -20 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

نطبق قانون كيرشوف على الدائرة BCDEB

$$+ 5\ I_2 - 10 + 3\ (I_1 + I_2) = 0$$

$$5\ I_2 - 10 + 3\ I_1 + 3\ I_2 = 0$$

$$3\ I_1 + 8\ I_2 = 10 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

$$8 \times \quad -9\,I_1 - 3\,I_2 = -20$$
$$3 \times \quad 3\,I_1 + 8\,I_2 = 10$$

بالجمع

$$-27\,I_1 - 24\,I_2 = -160$$
$$9\,I_1 + 24\,I_2 = 30$$

$$-63\,I_1 = -130$$

$$I_1 = \frac{130}{} = 2.06 \simeq 2.1\ A$$

نطبق معادلة (2) لاستخراج (I_2)

$$3 \times 2.1 + 8\,I_2 = 10$$

$$6.3 + 8\,I_2 = 10$$

$$8\,I_2 = 3.7$$

$$I_2 = \frac{3.7}{8} = 0.46\ A$$

التيار في الفرع BC يساوي $I_2 = 0.46\ A$

التيار في الفرع AB يساوي $I_1 = 2.1\ A$

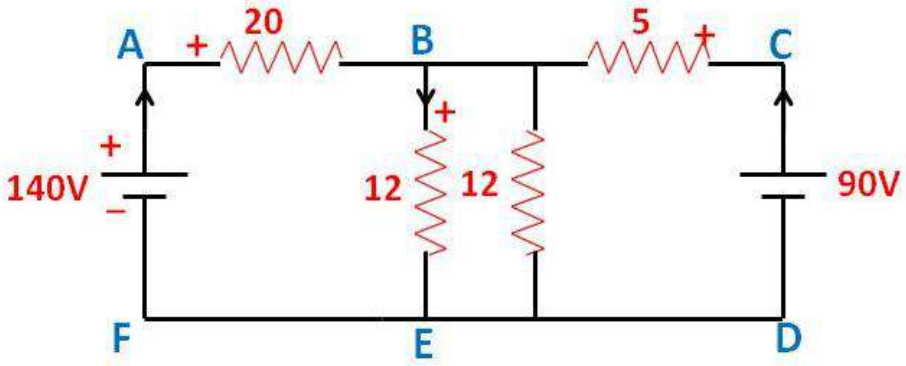
التيار في الفرع BE يساوي $I_1 + I_2 = 2.1 + 0.46 = 2.5\ A$

فرق الجهد على المقاومة التي قيمتها (6) تساوي

$$V = I_1 \times R = 2.1 \times 6 = 12.6\ v$$

<u>مثال (1-22):-</u>

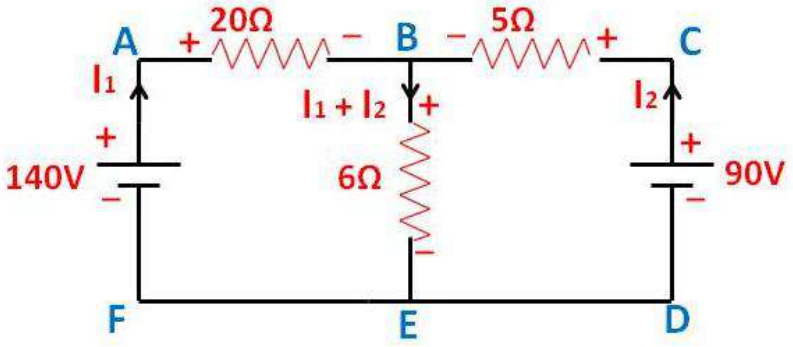
في الدائرة الكهربائية في شكل (1 –40) ، أحسب التيار في كل مقاومة ؟



شكل (1–40)

الحل :-

نبسط الشكل كالآتي :



$$R_T = \frac{R}{n} = \frac{12}{2} = 6\Omega$$

$$\frac{1}{RT} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} = \frac{1}{12} + \frac{1}{12} = \frac{2}{12}$$ او للمقاومتين على التوازي

$$R_T = \frac{12}{2} = 6\ \Omega$$

نطبق قانون كيرشوف على الدائرة ABEFA

في الشكل المبسط التالي :

$20\ I_1 - (\ I_1 + I_2\ )\ x\ 6 + 140$

$140 + -\ 20\ I_1 - 6\ I_1 - 6\ I_2 = 0$

$26\ I_1 + 6\ I_2 = 140$ ..... . (1)

نطبق قانون كيرشوف على الدائرة في الشكل المبسط BCDEB

$+ 90 - 5\ I_2 - 6\ (I_1 + I_2)$

$90 = 11\ I_2 + 6\ I_1$ ..... (2)

$6\ I_1 + 11\ I_2 = 90$ } x 6

$26\ I_1 + 6\ I_2 = 140$ } x 11

$36\ I_1 + 66\ I_2 = 540$ } بالطرح

$\overline{+}\ 286\ I_1\ \overline{+}\ 66\ I_2 = \overline{+}\ 540$ }

$-250\ I_1 = -1000$ ينتج

$I_1 = \frac{\mathbf{1000}}{\mathbf{250}} = 4\ A$ التيار في الفرع الأول

نعوض في (2) ينتج

$6 \times 4 + 11 I_2 = 90$

$11\ I_2 = 90 - 24 = 66$

$I_2 = \frac{\mathbf{66}}{\mathbf{11}} = 6\ A$ التيار في الفرع الثاني

$I_1 + I_2 = 6 + 4 = 10\ A$ التيار في الفرع الثالث

$\frac{\mathbf{10}}{\mathbf{2}} = 5\ A$ مقدار التيار في كل من المقاومتين التي قيمتيهما (12) أوم

أسئلة الفصل

1- ماذا نقصد بالتيار المستمر والتيار المتناوب ؟

2- ما العوامل المؤثرة في مقاومة الأسلاك ؟

3- ما أنواع المواد المستعملة في الكهرباء؟

4- ماذا يحدث للتيار عند رفع إحدى المقاومات من مجموعتها الموصلة على التوالي؟

5- عند جعل إحدى المقاومات الموصولة على التوازي في حالة قُصر ماذا يحدث للتيار في باقي المقاومات ؟

6- ماذا نقصد بالقدرة والطاقة ؟

7- اذكر قانون كيرشوف الثاني ؟

8- موصل من النحاس مساحة مقطعه مربع الشكل طول احد أضلاعه(2)سم جد مقاومته فى درجة (20مْ) إذا كان طول الموصل(20) متراً والمقاومة النوعيـــة للموصـــــــــل(1.72×10^{-8} Ω.M)، فى درجة حرارة 20مْ .

(ج : 0.85×10^{-3} Ω)

9- ما قيمة مقاومة كربونية تحتوى على الألوان الآتية : من اليسار إلى اليمين
GOLD و احمر و ازرق و اخضر

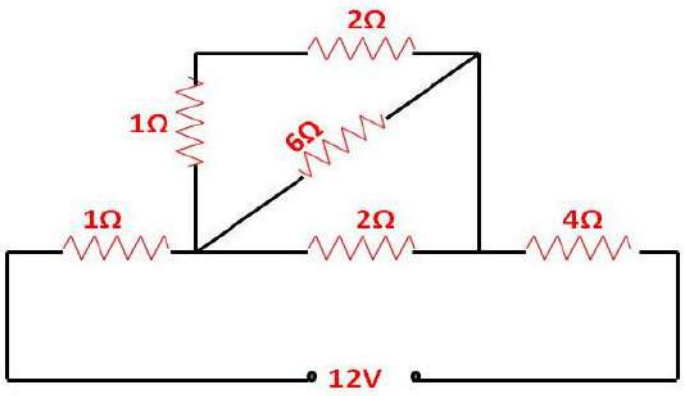
(ج: 56×10^{2} -+ 5%)

10- جد قيمة التيار المار في مقاومة قيمتها (20) اوم موصلة إلى فرق جهد 220 فولت ؟

(ج: 11A)

11- وصلت مقاومة قيمتها (4) اوم على التوالي مع مقاومتين موصلة على التوازي قيمة أحداهما (2) اوم والثانية مجهولة مار فيها تيار (2) أمبير ووصلت المجموعة جميعها بمصدر جهد (116) فولت احسب المقاومة المجهولة ؟ (ج: (18) اوم)

12- احسب فرق الجهد على المقاومة التي قيمتها (4) اوم في شكل (1 – 41) .



شكل (1 –41) (ج = 8 فولت)

13- دار تحتوى على الأجهزة أدناه احسب الكلفة الكلية للدار إذا علمت إن سعر الوحدة الكهربائية (10) دنانير ولمدة شهر (30 يوما) وان الأجهزة تعمل جميعاً (4)ساعات يومياً ؟

ا – (10) مصابيح إنارة قدرة كل منهما (100) واط ؟ (ج : 1200 دينار)

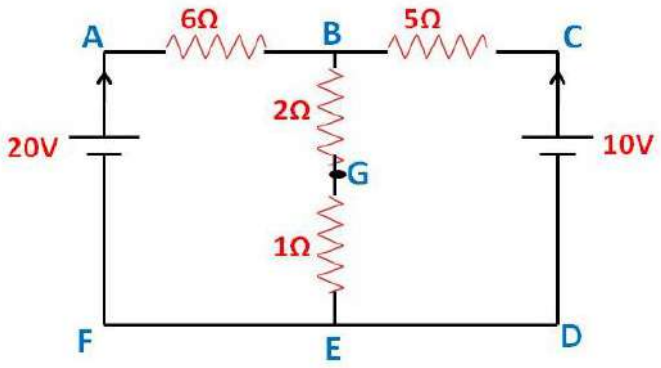
ب- مكواة قدرتها(1000)واط (ج : 1200 دينار)

ج- مكيف قدرته (2000)واط (ج : 2400 دينار)

د- ثلاجة قدرتها(300)واط (ج : 360 ديناراً)

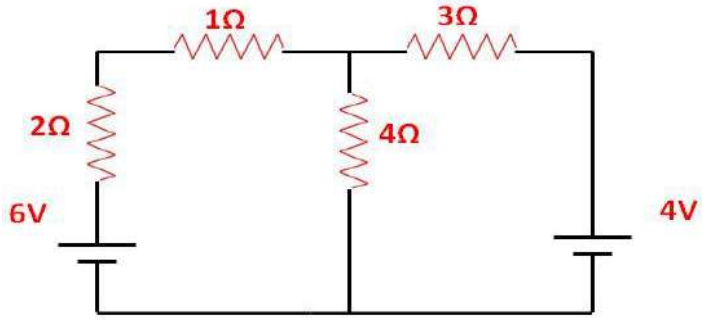
الكلفة الكلية للدار خلال شهر =5160 ديناراً

14- في الشكل (1 –42) احسب فرق الجهد على المقاومة التي قيمتها (1) اوم (بين (g,A)



شكل (1 –42) (ج : 2.56فولت)

15- في الشكل (1–43) احسب فرق الجهد على طرفي المقاومة التي قيمتها(1) اوم؟



شكل (1–43) (ج : 0.7878 فولت)

الفصل الثاني

الكهربائية المستقرة

Electrostatic

الهدف من الفصل

يتعرف الطالب على مفهوم الكهربائية المستقرة او الساكنة وعملية انتقال الشحنات الكهربائية من جسم الى اخر وكيفية استقرارها على السطوح وما المقصود بالمجال الكهربائي وما أنواعه وما هو قانون كولوم كما سيتعرف على مفهوم السعة الكهربائية والمتسعات وطرائق ربطها وكيفية خزن الطاقة فيها

1-2 تمهيـد

إن مفهوم الكهربائية المستقرة هي عملية توليد شحنات كهربائية موجبة او سالبة على سطح الجسم مسببة رجة كهربائية (تكهرب) او شرارة وتحدث هذه الظاهرة (التكهرب)عند المشي على سجادة صوفية ثم القيام بلمس جسم معدني مثل مقبض الباب ،كما في الشكل رقم (2-1).

شكل (2–1) يوضح الشرارة الكهربائية بين الجسم ومقبض الباب

وكذلك تحدث عملية التكهرب عند تمشيط الشعر إذ يمكن سماع صوت وانجذاب الشعر للمشط وكذلك عند دلك قضيب زجاجي بقطعة من الحرير يكتسب القضيب قابلية جذب للأجزاء الصغيرة والخفيفة وغيرها الكثير.

إذن التكهرب هو شحن الجسم شحنة كهربائية عن طريق اكتساب أو فقد الجسم للإلكترونات .

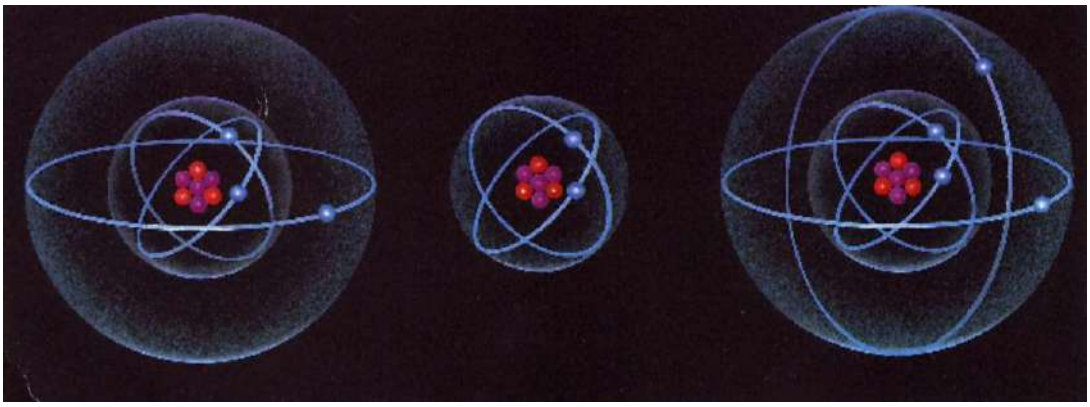
تشكل هذه الظاهرة مشكلة كبيرة في الصناعة والمعامل وخصوصا في الصناعة النفطية والغازية مثلا فان انتقال الشحنات قد يسبب شرارة تكون كافية لحدوث الحرائق، لذا كان من العادة ربط جميع الاجسام المعدنية في المعمل مع بعضها وربطها مع الأرض من خلال نظام للتأريض بهدف تفريغ كل الشحنات الكهربائية المتجمعة إلى الأرض.

لقد رتب العلماء سلسلة من المواد واتفقوا على ان المادة الموضوعة في جهة اليمين تفقد الكترونات وتصبح موجبة والمادة في جهة اليسار تكتسب الكترونات وتصبح سالبة والسلسلة هي:-

اعلى اكتساب ←									اعلى فقدان →
البلاستك	المطاط	القطن	الورق	الحرير	الفرو	الصوف	النايلون	الزجاج	اجسامنا

2 - 2 الشحنات الكهربائية

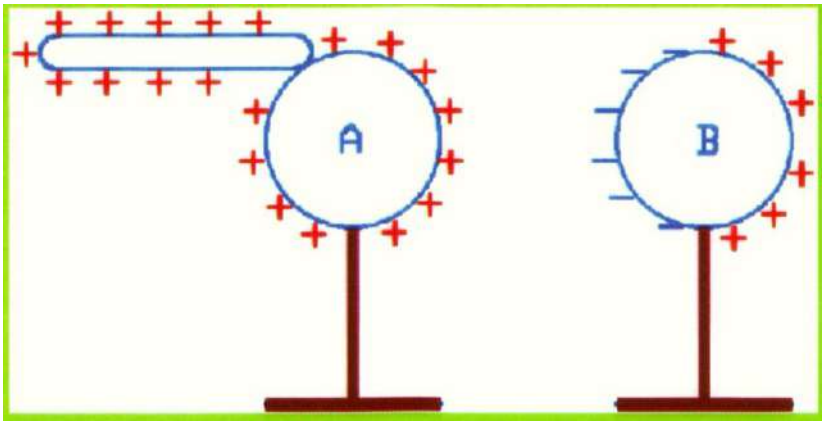
من المعلوم ان المادة تتكون من ذرات وكل ذرة عبارة عن نواة يدور حولها وعلى مسافات معينة مجموعة من الالكترونات موزعة بشكل منتظم على مدارات ثابتة، كما موضح في شكل رقم (2-2)



شكل (2 – 2) يوضح النواة ودوران الالكترونات حول النواة

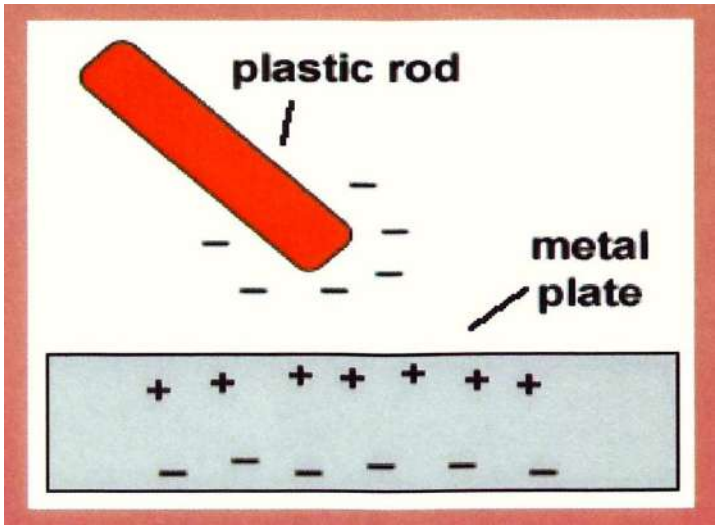
والذرة تشبه في تكوينها المجموعة الشمسية ويمكن اعتبار النواة كأنها الشمس والالكترونات التي تدور حولها كأنها الكواكب السيارة في المجموعة الشمسية فكما توجد قوى بين الكواكب والشمس تجعل المجموعة الشمسية في حالة استقرار، توجد كذلك بين النواة والالكترونات تجعل الذرة في حالة استقرار فإذا ترك إلكترون أو اكثر المدار الخارجي لذرته بتأثير طاقة خارجية فان الذرة تصبح موجبة الشحنة وإذا انتقل إلكترون أو اكثر من مادة إلى أخرى تصبح ذرات هذه المادة سالبة الشحنة ،وطرائق انتقال الالكترونات من جسم إلى آخر (التكهرب) هي :

1- **التلامس** : إذ يتم انتقال الشحنة عند تلامس جسم مشحون مع آخر غير مشحون وتكون الشحنة المنقولة هي نفس نوع شحنة الجسم المشحون، كما في شكل رقم (2-3) إذ يوضح الشكل في(B) كون الجسم متعادلاً وعند تقريب القضيب في (A) اكتسب الشحنات الموجبة وهي نفس شحنة القضيب .



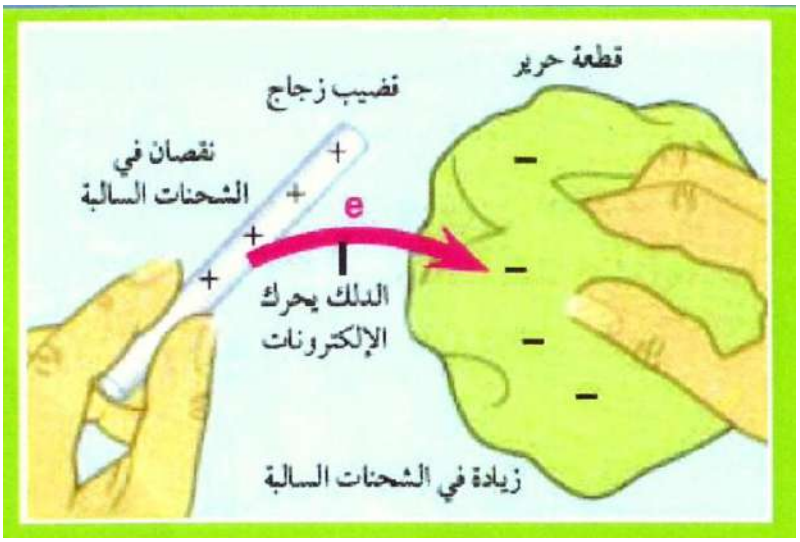
شكل (2-3) يوضح انتقال الشحنات من الكرة الى القضيب عند التلامس

2- **الحث** : عند تقريب جسمين من بعضهما احدهما مشحون وآخر غير مشحون كما في شكل رقم (2-4) نلاحظ تجمع الشحنة المخالفة لشحنة الجسم المشحون بالجهة القريبة من الجسم غير المشحون وابتعاد الشحنة المشابهة لها إلى الطرف الآخر البعيد .



شكل (2–4) يوضح انتقال الشحنات بالحث

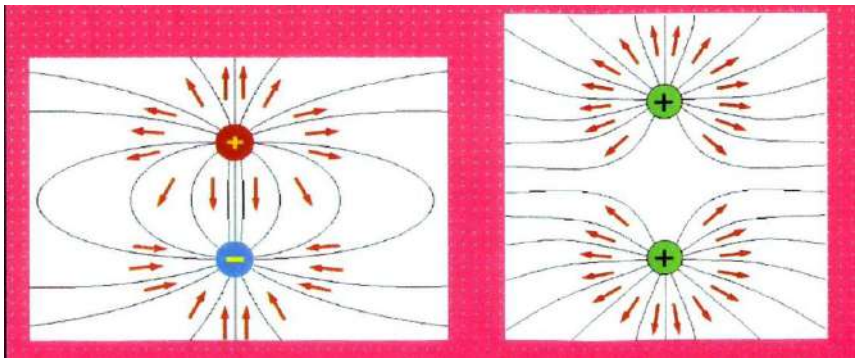
3- **الدلك** : إذ تنتقل الشحنات من جسم إلى آخر بعملية دلكهما وكلما كان الدلك اكثر كان انتقال الشحنات اكبر وعدد الالكترونات التي يفقدها احد الجسمين يساوي تماما عدد الالكترونات التي يكتسبها الجسم الآخر، لذلك تكون شحنتاها متساويتين في المقدار، مختلفتين في النوع ، مثل دلك ساق من الزجاج بالحرير فتنتقل الشحنة من الزجاج إلى الحرير ويكون الزجاج مشحوناً بشحنة سالبة كما في الشكل رقم (2-5)



شكل (2–5) يوضح انتقال الشحنات بالدلك

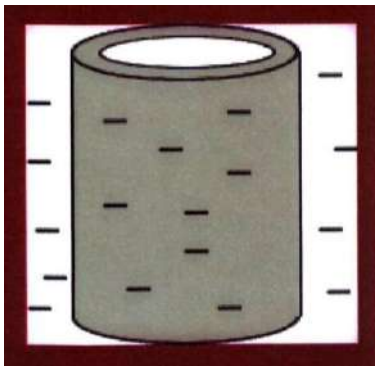
خواص الشحنات الكهربائية :-

1- المواد المشحونة بالشحنات المتشابهة تتنافر مع بعضها والمختلفة تتجاذب كما في شكل رقم (2– 6)



شكل (2–6) يوضح الشحنات المتشابهة والمختلفة

2- الشحنات الكهربائية تستقر على السطوح الخارجية للأجسام المشحونة كما في الشكل رقم (2-7) وعلى هذا الأساس لا يصاب ركاب الطائرة بالصاعقة عند مرورهم من خلال غيمة مكهربة إذ تستقر الشحنات على سطح الطائرة ولا تدخل إلى الداخل .



شكل (2–7) يوضح تجمع الشحنات على أسطح الاجسام

3- تتركز الشحنات الكهربائية في الأماكن الأكثر تحدبا في الأجسام المشحونة أو الأجسام المدببة الأطراف وعلى هذا الأساس كان مبدأ مانعة الصواعق الذي يقوم بتسريب الشحنات والجهد العالي للأرض بدلا من نزوله على المباني، شكل رقم (2-8) يوضح كيفية عبور الشرارة فلنفرض أن هذا المفتاح هو المانعة وان الموصل هو السحابة وان الشرارات الضوئية هي الشحنات .

شكل (2–8) يوضح تجمع الشحنات على الاجسام المحدبة

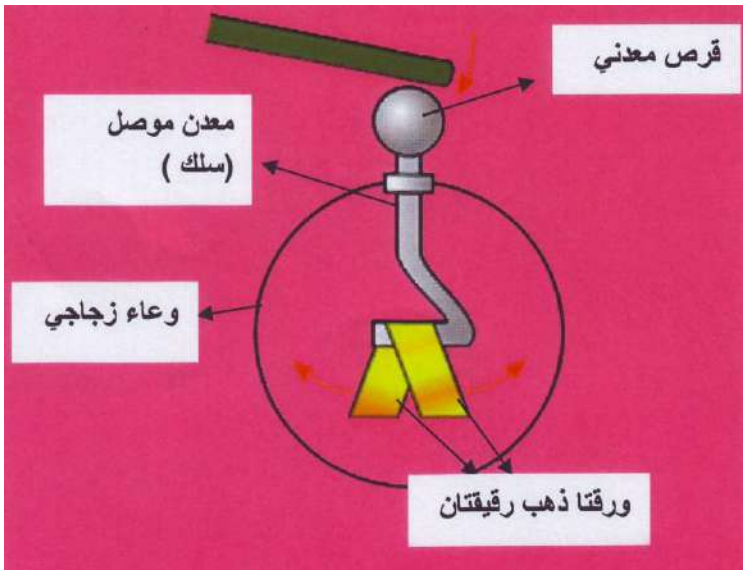
اذن يمكن تعريف الشحنة الكهربائية:- وهي كمية الالكترونات ذات الشحنة السالبة

حيث ان

الرمز : Q	الوحدة : كولوم

1كولوم = $6.25 * 10^{18}$ إلكترون

ومن الممكن قياس الشحنة الكهربائية أو الكشف عن وجودها وذلك باستخدام الكشاف الكهربائي ذو الورقتين الذهبيتين وكذلك يمكن الاستدلال عن وجود فرق جهد كهربائي كما في شكل رقم (2-9) وحديثا يمكن اعتبار الالكترومتر الالكتروني قد حلَ محله .



شكل (2–9) يوضح الكشاف الكهربائي

2–3- استخدامات الكشاف الكهربائي يستخدم الكشاف الكهربائي في الحالات الآتية:-

1- الكشف عن وجود الشحنة السالبة على جسم ما :

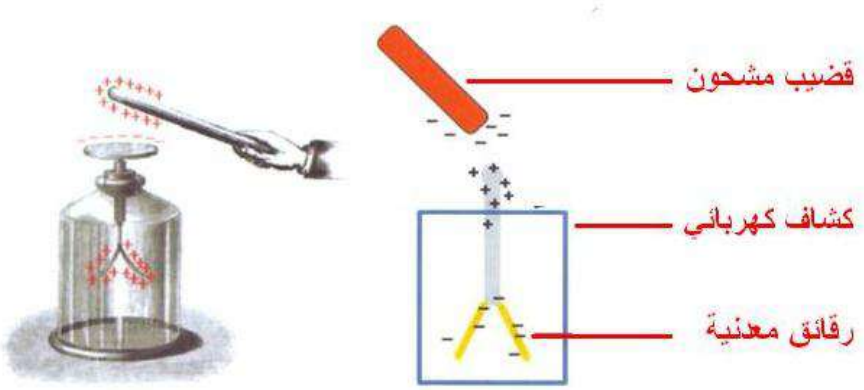
عن طريق جعل الجسم يلامس قرص الكشاف فنلاحظ انفراج الورقتين وسبب ذلك إن جزءا من الشحنات السالبة الموجودة على الورقتين تنتقل خلال القرص والقضيب المعدني إلى الورقتين فتصبحان مشحونتين بشحنتين متماثلتين فيحدث بينهما تنافر ويكون مقدار الانفراج بين الورقتين مقياسا لمقدار الشحنة فكلما زادت الشحنة زاد الانفراج والعكس صحيح .

2- الكشف عن وجود الشحنة الموجبة على جسم ما:

عن طريق جعل الجسم يلامس قرص الكشاف فنلاحظ انفراج الورقتين وسبب ذلك أن الشحنات الموجبة التي يحملها الجسم تجذب نحوها الالكترونات الحرة التي يحملها الموصل المعزول المكون من قرص الكشاف والقضيب المعدني والوقتين وينشا عن ذلك أن تترك هذه الالكترونات عددا من الشحنات الموجبة مساوية لعددها فتنفرج الورقتان وكأن الشحنة الموجبة على الجسم قد انتقلت إليها.

3- تحديد نوع الشحنة التي يحملها جسم مشحون :

نشحن الكشاف عن طريق دلك قضيب زجاج بقطعة حرير ثم نقرب القضيب من قرص الكشاف فنلاحظ انفراج الورقتين ، نلمس قرص الكشاف بالإصبع مع بقاء قضيب الزجاج قريبا من القرص ، نرفع الإصبع ثم نبعد القضيب نلاحظ أن الورقتين تبقيان منفرجتين دلالة على إن الكشاف أصبح مشحونا بشحنة موجبة ثم نقرب الجسم المشحون بشحنة مجهولة من قرص الكشاف فإذا لاحظنا زيادة في انفراج الورقتين فان ذلك يعني إن الشحنة المجهولة موجبة ، ويرجع ذلك لانجذاب الالكترونات الحرة من الورقتين وتجمعهما على القرص مما يؤدي إلى ازدياد عدد الشحنات الموجبة على الورقتين أما إذا قل الانفراج فتكون الشحنة المجهولـــة سالبةً ، كما موضح في شكل رقم (2-10) .

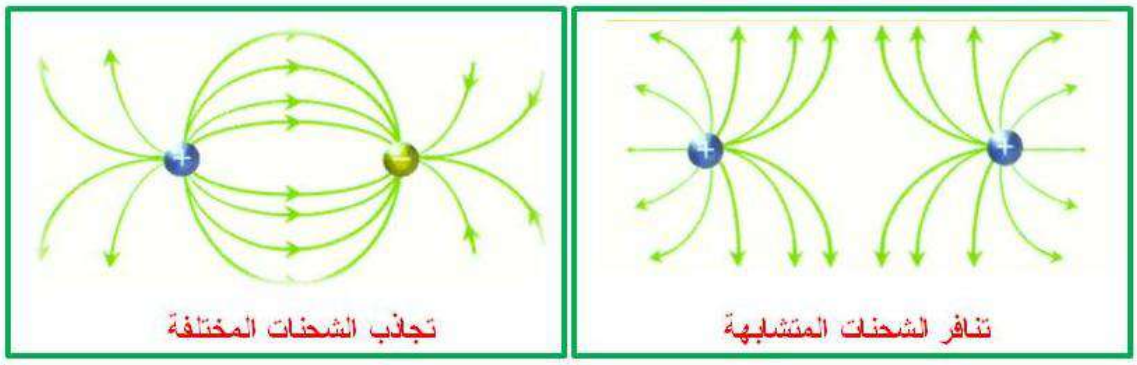


شكل (2-10) يوضح انفراج ورقتي الكشاف الكهربائي عند تقريب قضيب مشحون

2-4- المجال الكهربائي :

هو الحيز أو المنطقة المحيطة بالشحنة والتي تظهر فيه آثار القوى الكهربائية على أية شحنة تدخله أي إن الأجسام المشحونة تولد حولها مجالا كهربائيا غير مرئي تعتمد شدته على عدة أشياء منها كمية الشحنة، المسافة ، شكل الأجسام، فإذا كانت الشحنات متشابهة (بنفس الإشارة) ستظهر قوة تنافر بينها وإذا كانت مختلفة بالإشارة فسيكون هناك تجاذب بينهم ، كما في الشكل رقم (2-11) والمجال الكهربائي كمية متجهة ويمثل بخطوط وهمية تسمى خطوط القوة الكهربائية.

يمثل المجال الكهربائي بخطوط كهربائية على شكل اسهم وكثافة هذه الخطوط تسمى شدة المجال الكهربائي .



شكل (2-11) يوضح تنافر الشحنات المتشابهة وتجاذب المختلفة

خصائص خطوط المجال الكهربائي :

1-خطوط المجال تبتعد عن الشحنة الموجبة شكل (2 -12أ)وتتجه منها وتنتهي نحـــو الشحنات السالبة كما في الشكل (2-12ب) .

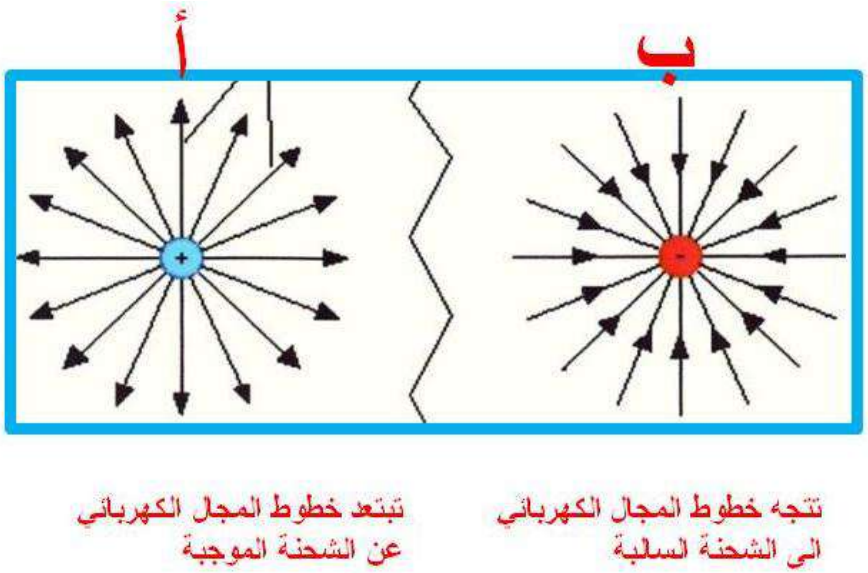
2- تتباعد خطوط المجال لشحنة مفردة كلما ابتعدنا عن الشحنة أي أن كثافتها تقل مـــــــع زيادة بعدها عن الشحنة.

3- تتناسب شدة المجال الكهربائي طرديـــــــاً مع خطوط المجال المارة عموديا على وحـــدة المساحة.

4- يدل اتجاه المماس لخط المجال في نقطة ما على اتجاه المجال عند تلك النقطة .

5- خطوط المجال الكهربائي لا تتقاطع لأنـــه لا يكون لشدة المجال الكهربائي عند نقطة إلا اتجاه واحد .

6- يتناسب عدد الخطوط الخارجة من الشحنــة الموجبة أو الداخلة في الشحنة السالبةوتتناسب طرديا مع مقدار الشحنة .

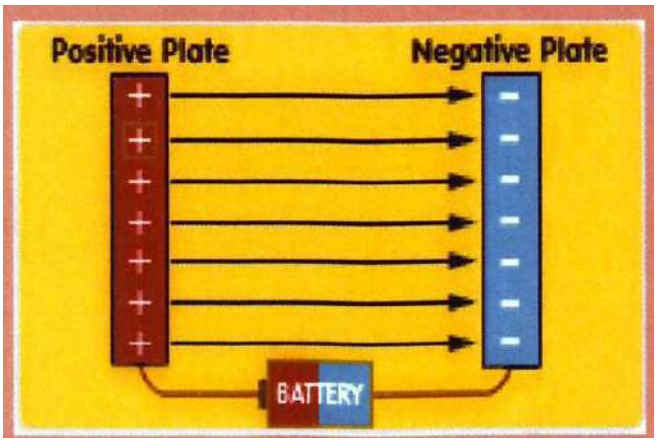


شكل (2 – 12) يوضح اتجاه خطوط المجال الكهربائي

2-1-3- انواع المجال الكهربائي

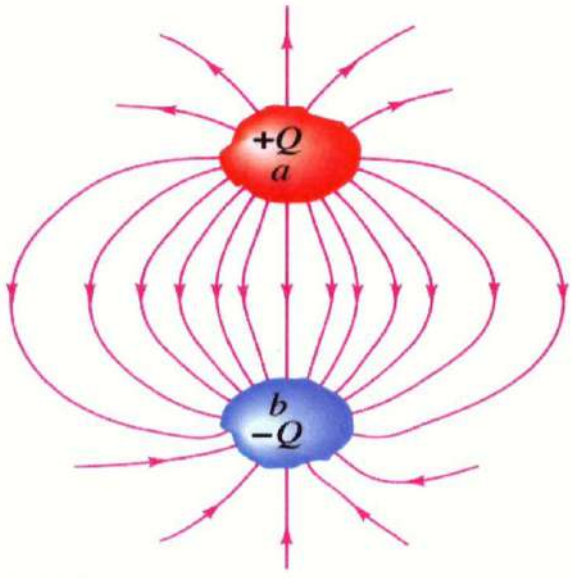
هنالك نوعان من المجال الكهربائي وهما :-

أولا/ المجال الكهربائي المنتظم:- وهو المجال الذي تكون الشدة فيه ثابتة في جميع نقاطه وتكون فيه خطوط القوى الكهربائية متوازية والبعد بينهما متساوياً ومنتظمة الكثافة ويمكن الحصول عليه من شحن لوحين موصلين متوازيين بشحنتين مختلفتين كما يحصل في شحن المتسعة ، كما موضح في الشكل رقم (2-13) .



شكل (2–13) يوضح المجال الكهربائي المنتظم

ثانيا: المجال الكهربائي غير المنتظم :- وهو المجال الذي تتغير شدته واتجاهه بين نقطة أخرى كما هو الحال في الشحنات المفردة كما في الشكل رقم (2-14) فان خطوط المجال غير المنتظم تتباعد عن بعضها كلما ابتعدنا عن الشحنة.

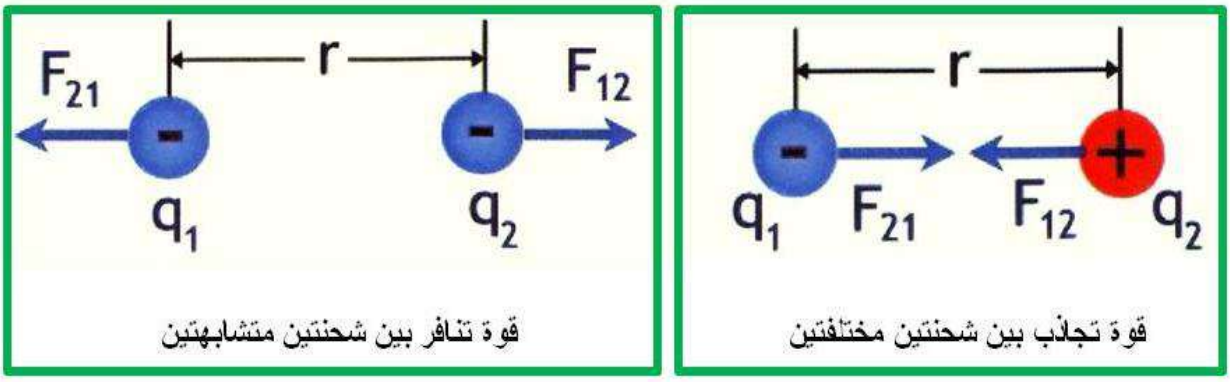


شكل (2–14) يوضح خطوط المجال الكهربائي غير المنتظم

2–5- قانون كولوم :

أجري العالم الفرنسي شارل كولوم عدة تجارب لتحديد العلاقة بين القوة الكهربائية ومقدار الشحنات الكهربائية والمسافة بينهما واستنتج مايأتي:-

1- خط عمل القوة التي تؤثر فيها إحدى الشحنتين على الأخرى يكون على امتداد الخط الواصل بين مركزي الشحنتين كما في الشكل رقم (2-15).



شكل (2–15) يوضح خط القوة بين شحنتين

2- القوة بين الشحنتين تتناسب طرديا مع حاصل ضرب مقدار كل من الشحنتين .

3- القوة بين الشحنتين تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بين الشحنتين .

ومن هذا نستنتج نص (قانون كولوم) :-

تتناسب القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتي نُقطتين موضوعتين في الفراغ مع حاصل ضرب مقداري الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما .

$$F = K \frac{q_1 \times q_2}{d^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1–2)$$

حيث أن :-

K : ثابت التناسب الذي يعتمد على نوع الوسط الفاصل بين الشحنتين ويساوي

$(9 \times 10^9 \ Nm^2 / c^2)$

q_1 , q_2 : تمثل الشحنة الأولى والثانية وتقاس بالكولوم .

d : المسافة بين الشحنتين وتقاس بالمتر .

F : القوة الكهربائية وتقاس بالنيوتن .

مثال (2-1) :

شحنة مقدارها (2) كولوم تبعد مسافة (6) سم عن شحنة أخرى مقدارها (3) كولوم ،احسب مقدار القوة المؤثرة في كل منهما ؟

الحل:

المعطيات	
q_1= 2c	$F = K \frac{q_1 \times q_2}{d^2}$
q_2= 3c	$F = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 3}{(6 \times 10^{-2})^2}$
d= 6 cm	F= (1.5×10^{13}) نيوتن
F= ?	

مثال (2-2) :

احسب المسافة التي تبعد شحنة مقدارها (4) مايكروكولوم عن شحنة أخرى مقدارها (3) مايكروكولوم ومقدار القوة التي تؤثر في الشحنتين (27×10^{-3}) نيوتن .

الحل:

المعطيات	
q1 = 4µC	F= K $\frac{q_1 \times q_2}{d^2}$
q2= 3µC	
F= 27 x 10-3 N	$F.d^2 = K \cdot q1 \cdot q2$
d = ?	$d^2 = K \frac{q_1 \times q_2}{F}$

$$d^2 = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-16}}{27 \times 10^{-3}}$$

d^2= 4

d= 2m

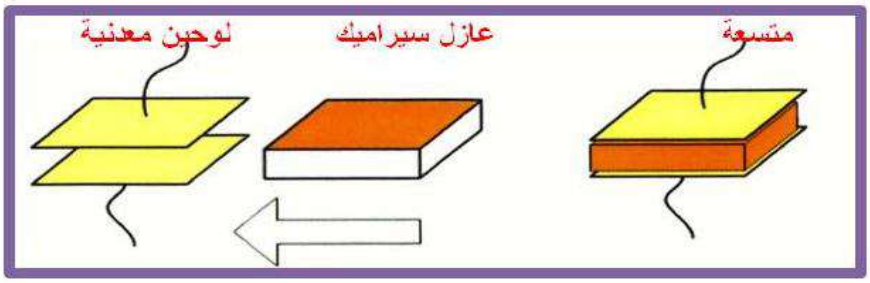
2-6- فرق الجهد

يرتبط مفهوم الجهد الكهربائي ارتباطا وثيقا بالمجال الكهربائي فالشحنة الصغيرة الموجودة داخل المجال الكهربائي تواجه قوة، ويتطلب نقل هذه الشحنة إلى صرف شغل أو طاقة ولهذا يمكن تعريف الجهد الكهربائي على انه الطاقة اللازمة لتحريك وحدة شحنة بين نقطتين محددتين ولكي يسري تيار كهربائي بين النقطتين فلا بد من وجود فرق في شحنتيهما الكهربائيتين وهذا الفرق في الشحنة هو فرق الجهد.

الرمز : V	الوحدة : الفولت (V)

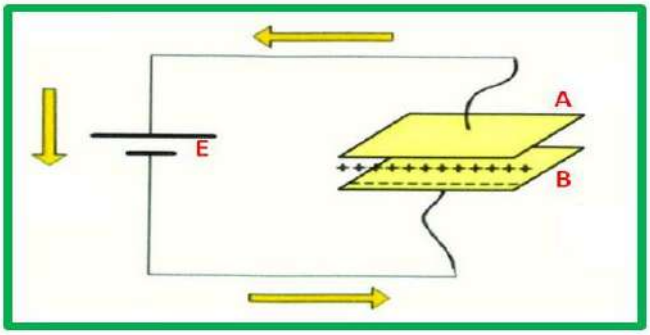
2–7- المتسعة أو المكثف الكهربائي

وهي عبارة عن صفيحتين أو لوحين معدنيين موصلين بينهما مادة عازلة مثـــــل السيراميك ، المايكا ، الورق ،الهواء، وغيره كما موضح في شكل رقم (2-16) وتستعمل لخزن الشحنة الكهربائية .

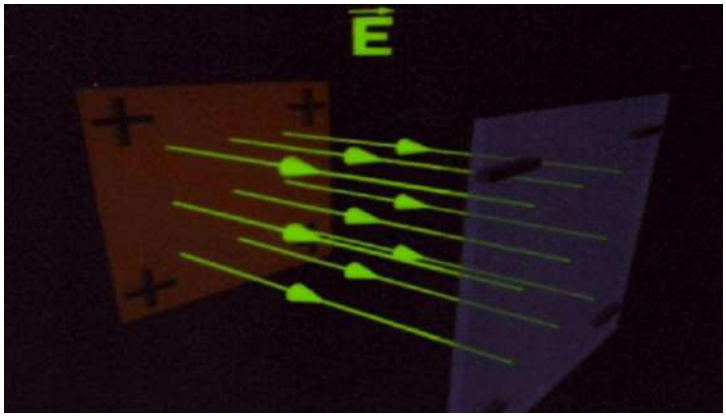


شكل (2–16) يوضح مكونات المتسعة

وعند تسليط جهد ثابت عليها فان شحنات موجبة وسالبة متساوية في المقدار ومتعاكسة في الإشارة تتجمع على اللوحين كما موضح في الشكل رقم (2-17) منتجة مجالاً كهربائياً ثابتاً بينهما مما يجعلها أداة لتخزين الشحنات الكهربائية ، في الشكل رقم (2-18) يوضح كيفية تكوين المجال الكهربائي بين اللوحين .

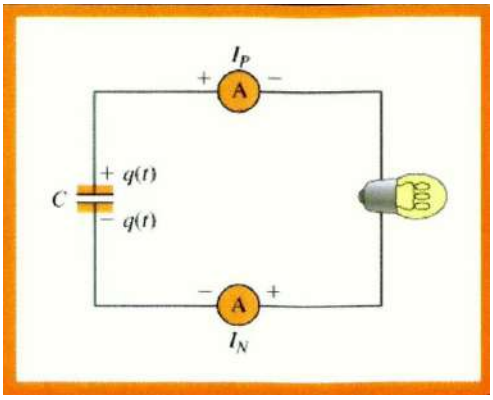


شكل (2–17) يوضح توصيل المتسعة بالجهد الكهربائي



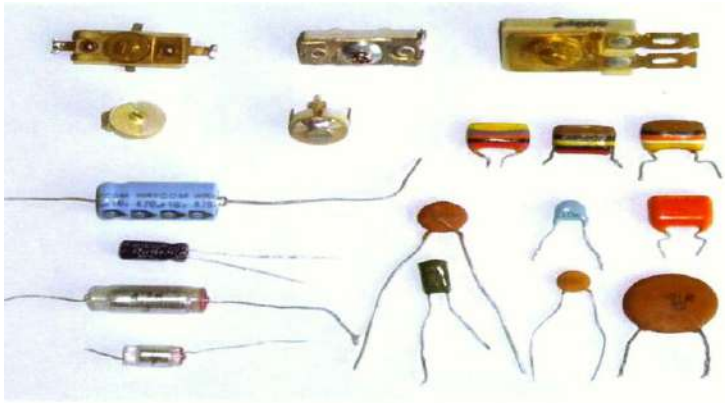
شكل (2–18) يوضح كيفية تكوين المجال الكهربائي بين لوحين

تتناسب كمية الشحنة المخزونة طرديا مع قيمة الجهد، وعند ربطه في دائرة كهربائية يمكنه تفريغ الشحنة المخزونة فيه فوراً كإضاءة مصباح مثلا كما في الشكل الرقم (2-19) .



شكل (2–19) يوضح عند تفريغ المتسعة من الشحنة يضيء المصباح بزمن لحظي

ويمكن إعادة شحن المتسعة ، وغالباً ما تتحدد خصائصها المختلفة من نوع العازل المستخدم فالعوازل تتفاوت في خصائصها الكهربائية من حيث تأثرها بدرجة الحرارة وسماحها لمرور التيار من خلالها .تصنع المتسعات بأحجام وأشكال متنوعة كما في الشكل رقم (2-20) وعادة تكتب القيم عليها أو تكون على شكل ألوان كما في المقاومات ، وبالنسبة إلى أطرافها فيمكن أن تكون أطرافها من جهة واحدة أو يكون كل طرف من كل جهة .



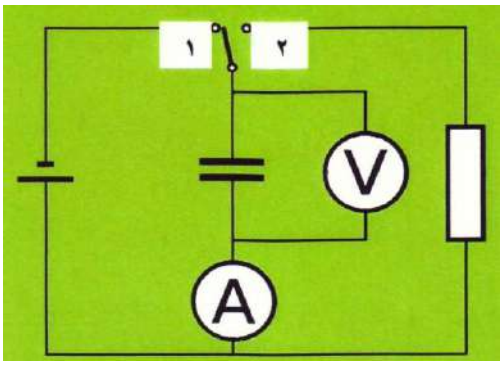
شكل (2– 20) يوضح أشكال مختلفة من المتسعات

ومن أهم خواص المتسعات إنها تتصرف كمقاومة عالية القيمة في حالة التيار المستمر وتعمل كأنها دائرة مفتوحة لأنها عندما تشحن لا يسري تيار من خلالها، أما في حالة التيار المتناوب فان مقاومتها تقل لأنها تُشحن وتفرغ الشحنة على التبادل وبذلك يسري التيار باستمرار.

يكثر استعمال المتسعات في الدوائر الإلكترونية وفي دوائر التنعيم التي تحول التيار المتناوب إلى تيار مستمر وفي دوائر فلاش كاميرا التصوير إذ تُخزن شحنات كهربائية عالية وعندما تُفرغ فجأة تعطي الضوء الأبيض الباهر اللازم لعملية التصوير وفي أجهزة المذياع و التلفاز وفي المحركات الكهربائية وفي تحسين معامل القدرة الذي سنتناوله في السنوات القادمة ،وهي تعمل تحت جهد كهربائي مختلف يتراوح من بضع عشرات الفولت إلى آلاف الفولت .

2–1–7- شحن وتفريغ المتسعة

عند ربط بطارية إلى لوحين متوازيين ومعزولين بعازل ما (وضع المفتاح على النقطة 1)، كما موضح في الشكل رقم (2-21) ، فان البطارية ستجعل الإلكترونات تتجمع في لوح وتترك اللوح الآخر وبذلك تجري عملية شحن اللوح الأول بالشحنة الموجبة و شحن اللوح الثاني بالشحنة السالبة وهذا ما نلاحظه على مؤشر جهاز الأميتر الذي يؤشر أعلى قيمة له عند بدء عملية الشحن ويبدأ في التناقص التدريجي إلى أن يصل إلى الصفر وهذا يعني أيضاً أن فرق الجهد بين اللوحين أصبح مساويا ومعاكسا إلى القوة الدافعة الكهربائية للبطارية ويلاحظ هذا على جهاز الفولتميتر الذي يوشر مقداراً مساوياً لفرق جهد المصدر، وتبقى ألواح المتسعة مشحونة حتى بعد فصل جهد البطارية عنه ، ويمكن تفريغ المتسعة من خلال ربط قطبيه إلى مقاومة أو سلك ووضع المفتاح على نقطة (2) فيتم تفريغ الشحنات المخزونة إلى المقاومة المربوطة أو إلى السلك ، ويمكن ملاحظة ذلك على جهاز الأميتر إذ انه يؤشر أعلى قيمة أما جهاز الفولتميتر فيبدأ بالانخفاض إلى أن يصل إلى الصفر .



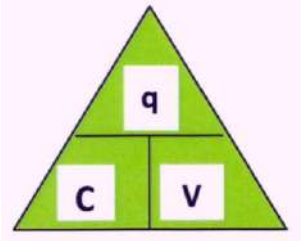
شكل (2–21) يوضح شحن وتفريغ المتسة

2–8- السعة : -

يتناسب فرق الجهد(v) بين اللوحين طردياً مع الشحنة المسلطة عليه ويسمى عامل التناسب بالسعة.

إذن يمكن تعريف السعة:- على إنها إمكانية المتسعة على خزن الشحنة وتقاس السعة بمقدار الشحنة التي يمكن تخزينها لارتفاع معلوم في الجهد، ويرمز لها بالرمز(C) وتقاس بوحدة الفاراد (F). ويمكن حسابها من القانون الآتي :-

$$C = \frac{q}{V} \quad \dots \ F \qquad \qquad \dots\dots\dots(2\text{-}2)$$



إذ إن:

V : تمثل فرق الجهد بين اللوحين ويقاس بالفولت

q: الشحنة المسلطة على اللوحين وتقاس بالكولوم

C : تمثل سعة المتسعة وتقاس بالفاراد

وحدة الفاراد هي وحدة قياس كبيرة لذا يتم تجزئتها إلى وحدات متعددة صغيرة لاستعمالها في قياس السعة وهي المايكروفاراد ($\mu F = 10^{-6}$ الفاراد) وهناك وحدات اصغر مثل النانو والبيكو فاراد.

10^{-6} F	Micro Farad مايكروفاراد	µF
10^{-9} F	Nano Farad نانوفاراد	nF
10^{-12} F	Pico Farad بيكو فراد	pF

مثال(2-3):

متسعه سعتها (10) مايكروفاراد ربط إلى مصدر جهده (100) فولت اوجد مقدار الشحنة التي تخزن فيها .

الحل:

المعطيات

V=100v

C =10 µF

q = ?

$C = \frac{q}{V}$

$q = C V = 10 \times 10^{-6} \times 100$

$q = (1 \times 10^{-3})$

مثال (2-4)

متسعة موصلة الى مصدر جهد مقداره (20) فولت اوجد مقدار سعته لكي يخزن شحنة مقدارها (50) كولوم ؟

الحل:

المعطيات

V = 20 v

q = 50 c

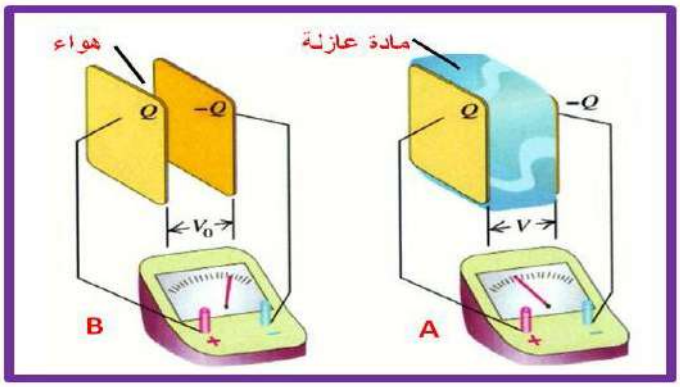
C = ?

$C = \frac{q}{V}$

$C = \frac{50}{20} = 2.5$ F

2–9 الفقد الكهربائي في المتسعات :

إن المادة الفاصلة بين اللوحين لا يمكن أن تكون عازلا مثاليا ، لهذا وبسبب وجود فرق جهد بين اللوحين فان الكترونات المادة العازلة التي تكون حرة الحركة ستتجه نحو اللوح ذي الشحنات الموجبة مكونة تياراً يسمى تيار التسرب ويكون هذا التيار قليلاً يمكن إهماله . كما موضح في شكل رقم (2-22) الذي يوضح الشكل (B) عندما يكون العازل هواء فان الجهاز يوشر أعلى من الحالة الثانية في (A) عندما يكون العازل مادة أخرى والسبب أن المادة العازلة (التي سيتم شرحها لاحقاً) تؤثر في سعة المتسعة والتي تتناسب عكسيا مع فرق الجهد.

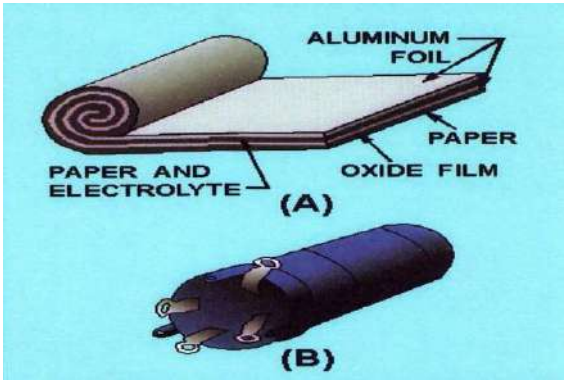


شكل (2 – 22) يوضح أن قرائة جهاز القياس تتغير بحسب نوع العازل في المتسعة

2–10- العوامل التي تؤثر في سعة المتسعات

(1) المساحة السطحية للألواح

كلما زادت المساحة للألواح زادت معها السعة للمتسعة وبذلك يزداد مقدار استيعاب الشحنات المخزونة ،أي إن العلاقة طردية بين المساحة وسعة المتسعة ولذلك نجد إن المكثفات الورقية تصنع من صفائح رقيقة جداً من الألمنيوم وتـلف على بعضها لزيادة المساحة السطحية لها للحصول على اكبر سعة كما في شكل رقم (2-23).



شكل (2 – 23) يوضح أن سعة المتسعة تزداد كلما إزدادت مساحة اللوح العدني

المسافة بين الألواح

عندما تقل المسافة بين الألواح تزداد السعة والعكس صحيح ولذلك يوضع بين الألواح المعدنية عازل خفيف ذو قابلية عزل كبيرة وتضغط الألواح على العازل بشدة لتقليل المسافة بينها وزيادة السعة.

(2) المادة العـازلة

تتغير سعة المتسعة بتغير المادة العازلة الموجودة بين الصفائح ويعتبر الهواء هو الوحدة القياسية في العزل عند مقارنته مع بقية المواد الأخرى المستعملة في المتسعات، وعند استعمال مواد غير الهواء يؤدي إلى زيادة الاستيعابية لخزن الشحنات أي زيادة السعة بسبب ظاهـــرة الاستقطاب الكهربائي ويعبـرعن هذه الخاصيـة بثبـات العـزل الكهربائي إذ إن لكـل مادة ثابت عزل يطلق عليه (ابسلون ε) والذي هو النسبة بين سعة

المتسعة الذي يفصل بين لوحيها عازل (Ca) وسعة المتسعة عندما يفصل بين لوحيها هواء (Cb) وهو كمية مجردة من الوحدات .

$$\varepsilon = \frac{Ca}{Cb} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3\text{-}2)$$

إذ إن :

ε : يمثل ثابت عزل المادة .

Cb : يمثل سعة المتسعة الذي يفصل بين لوحيها هواء .

Ca : سعة المتسعة الذي يفصل بين لوحيها عازل .

مثال (2-5) :

متسعة ذات لوحين مستويين متوازيين ويفصل بين لوحيها الهواء وسعتها (5) مايكروفاراد ،أحسب سعة المتسعة لو ادخل بين لوحيها مادة ثابت عزلها (2) فملأت المسافة بين اللوحين .

الحل :

المعطيات	
$Cb = 5\ \mu F$	$\varepsilon = \frac{Ca}{Cb}$
$\varepsilon = 2$	$2 = \frac{Ca}{5}$
$Ca = ?$	$Ca = 2 \times 5 = 10\ \mu F$ نلاحظ زيادة السعة بإدخال مادة عازل

2–11- أنواع المتسعات

هنالك نوعان رئيسيان من المتسعات هما :

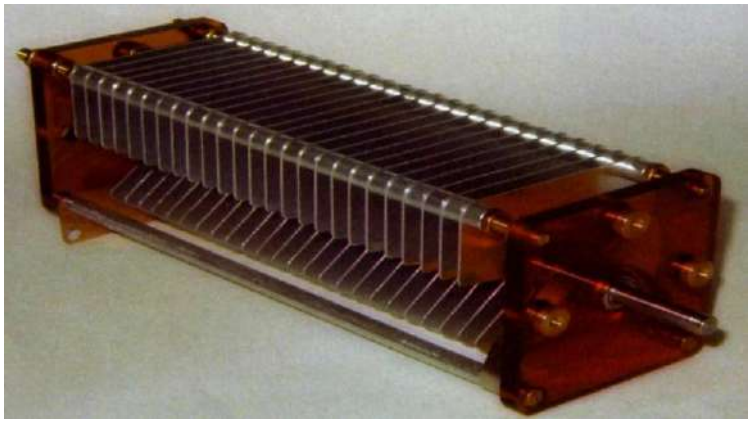
أولاً / المتسعات الثابتة :-

تكون هذه المكثفات ثابتة السعة ولا يمكن تغيير قيمتها وتمتاز بسعتها القليلة وتحملها للجهد العالي وتصنف المتسعات الثابتة بحسب نوع العازل المستعمل فإذا كان العزل هواء تسمى المتسعة هوائية ،وإذا كان بلاستيكياً تسمى متسعة بلاستيكية وهكذا إذا كان مايكا أو محلول الكتروليتي أو زيتي ، شكل رقم (2-24) يوضح أنواع من المتسعات الثابتة .

شكل (2–24) يوضح بعض أنوع المتسعات الثابتة

ثانياً /المتسعات المتغيرة :-

هي التي يمكن تغيير سعتها يدوياً بتغيير الجهد المطبق عليها فهي تتركب من ألواح من الألمنيوم أو النحاس متداخلة مع بعضها جزء منها ثابت والآخر يمكن تحريكه باليد والعازل بينهما الهواء ، وتتوقف سعة هذه المتسعات على مساحة الأجزاء المتداخلة إذ يكـــــون مقـــدار السعة قليلاً عندما تكون الألواح خارجة عن بعضها وتكون قيمتها كبيرة عندما تكون الألواح متاخلة تماماً ، يستعمل هذا النوع في أجهزة المذياع ، فعندما نريد أن نحول من محطة إلى أخرى فأننا نغير في قيمة هذهِ المتسعة ، والشكل رقم (2-25) يوضح هذا النوع من المتسعات .



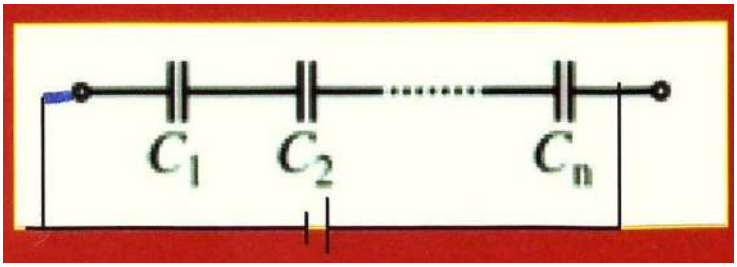
شكل (2– 25) يوضح متسعة متغيرة

2– 12 - طرائق ربط المتسعات :

الهدف من ربط المتسعات مع بعضها البعض بالتوالي أو بالتوازي أو مركب هو الحصول على مقدار للسعة غير متوفرة ، وهناك ثلاث طرائق للربط هي :-

(1) ربط التوالي

تربط المتسعات على التوالي للحصول على سعة كلية قليلة وفرق جهد عالٍ ويتم الربط بان توصل بداية المكثف الأول إلى القطب السالب للمصدر ونهايته مع بداية المتسعة الثانية أو نهايتها مع بداية الثالثة وهكذا إلى أن توصل نهاية المتسعة الأخيرة مع القطب الموجب ، كما في شكل رقم (2-26)



شكل (2 – 26) يوضح ربط المتسعات على التوالي

في هذه الطريقة تكون الشحنة الكلية تساوي شحنة كل متسعة وفرق الجهد للمصدر يتوزع على المتسعات. إذ أنّ (n) : تمثل عدد من المتسعات .

(أ) :قوانين ربط المتسعات على التوالي.

$$QT = Q_1 = Q_2 = Q_3 \ldots\ldots = Qn \longrightarrow (4\text{-}2)$$

$$VT = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots\ldots Vn \longrightarrow (5\text{-}2)$$

$$\frac{1}{CT} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} \ldots + \frac{1}{Cn} \longrightarrow (6\text{-}2)$$

اذ إن :-

QT : الشحنة الكلية

VT : فرق الجهد الكلي

CT : السعة الكلية للمجموعة

مثال (6-2):

رُبطت متسعتان على التوالي قيمها (5 ، 20) مايكوفارد إلى مصدر جهد مقدار (24) فولت احسب السعه الكلية ، والشحنة الكلية .

الحل :

المعطيات

C1 =20 µF

C2 = 5 µF

VT = 24 V

CT =?

QT = ?

$$\frac{1}{CT} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2}$$

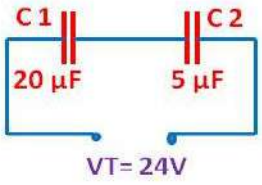
$$\frac{1}{CT} = \frac{1}{20} + \frac{1}{5} = \frac{1+4}{20}$$

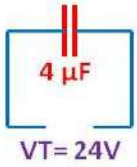
$CT = 4\ \boldsymbol{\mu F}$

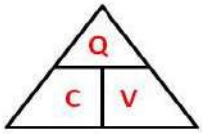
$q_t = c_t \cdot v_t$

$q_t = 4 \text{ X } 10^{-6} \text{ X } 24$

$q_t = (96 \text{ X } 10^{-6})$ كولوم







مثال (2-7)

رُبطت ثلاث متسعات على التوالي قيمها (2، 6، 3) مايكرو فاراد إلى مصدر جهده (24) فولت ، احسب:- 1- السعة الكلية 2- الشحنة الكلية 3- فرق الجهد على طرفي كل متسعة.

الحل:

المعطيات

$C_2 = 6\mu F$

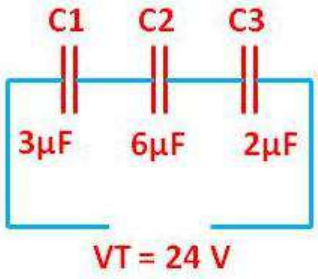
$C_3 = 2\mu F$

$V_T = 24V$

$C_T = ?$

$QT = ?$

$V_1, V_2, V_3 = ?$



$$\frac{1}{CT} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}$$

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

$C_T = 1\ \mu F$

$q_t = C_T \cdot V_T = 1 \times 10^{-6} \times 24 = (24 \times 10^{-6})$ كولوم

بما ان الربط توالي فان $q_t = q_1 = q_2 = q_3$

$$V_1 = \frac{qt}{C1} = \frac{24 \times 10^{-6}}{3 \times 10^{-6}} = 8V$$

$$V_2 = \frac{qt}{C2} = \frac{24 \times 10^{-6}}{6 \times 10^{-6}} = 4V$$

$$V_3 = \frac{qt}{C3} = \frac{24 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-6}} = 12V$$

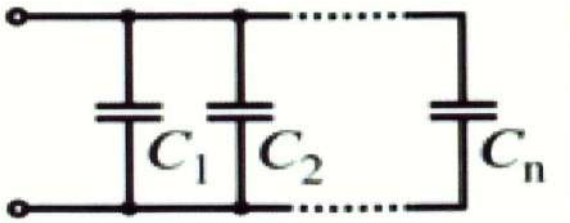
للتحقق من صحة النواتج لوجمعنا فرق الجهد للمتسعات الثلاث يجب أن (24V)

$V_T = V_1 + V_2 + V_3$

$V_T = 8 + 4 + 12 = 24\ v$

(2) ربط التوازي

في حاله ربط المتسعات على التوازي يربط احد أطراف المتسعات بنقطة وتوصل إلى القطب الموجب للبطارية وتربط الأطراف الثانية للمتسعات بنقطة أخرى وتوصل إلى القطب السالب للمصدر، وتختلف الشحنة في هذه الحالة من متسعة لأخرى وفرق الجهد يكون ثابتاً على جميع المتسعات ،أما السعة فتساوي مجموع السعات للمتسعات ، كما في شكل رقم (2-27)



شكل (2 – 27) يوضح ربط التوازي للمتسعات

(أ) قوانين ربط المتسعات على التوازي :-

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 \longrightarrow (7\text{-}2)$$

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 \longrightarrow (8\text{-}2)$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 \longrightarrow (9\text{-}2)$$

مثال (2-8):

ربطت ثلاث متسعات على التوازي قيمها (5,3,2) مايكروفاراد إلى مصدر جهد (100) فولت اوجد السعة الكلية والشحنة الكلية والشحنة على كل متسعة .

الحل :

المعطيات

$C_1 = 5\ \mu F$

$C_2 = 3\ \mu F$

$C_3 = 2\ \mu F$

$V_T = 100\ V$

$C_T = ?$

$Q_T = ?$

$Q_1 = ?$

$Q_2 = ?$

$Q_3 = ?$

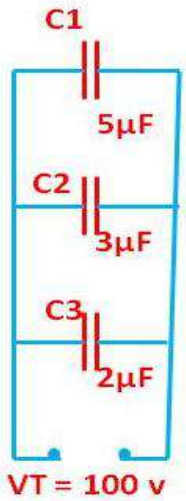
$C_T = C_1 + C_2 + C_3$

$C_T = 5 + 3 + 2 = 10\ \mu F$

$Q_T = C_T \cdot V_T$

$Q_T = 10 \times 10^{-6} \times 100$

$Q_T = (1 \times 10^{-3})$ كولوم



$Q_1 = C_1 \cdot V_1$

$Q_1 = 5 \times 10^{-6} \times 100$

$Q_1 = (5 \times 10^{-4})$ كولوم

$Q_2 = C_2 \cdot V_2$

$Q_2 = 3 \times 10^{-6} \times 100 = (3 \times 10^{-4})$ كولوم

$Q_3 = C_3 \cdot V_3$

$Q_3 = 2 \times 10^{-6} \times 100 = (2 \times 10^{-4})$ كولوم

مثال (2-9)

ثلاث متسعات (5 ، 10 ، 30) مايكروفاراد ربطت أولاً على التوالي ثم ربطت على التوازي ، قارن السعة الكلية في الحالتين ؟

الحل :-

1 - في حالة الربط على التوالي

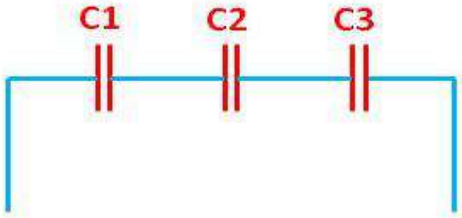
المعطيات

$C1 = 30\mu F$

$C2 = 10\mu F$

$C3 = 5\mu F$

$CT = ?$



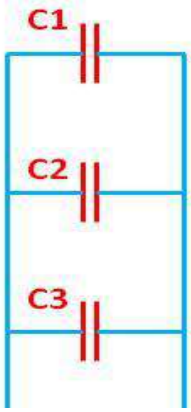
$$\frac{1}{CT} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}$$

$$\frac{1}{CT} = \frac{1}{30} + \frac{1}{10} + \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{CT} = \frac{1+3+6}{30} = \frac{10}{30}$$

$$C_T = \frac{30}{10} = 3\ \mu F$$

2 - في حالة التوازي



$C_T = C_1 + C_2 + C_3$

$C_T = 30 + 10 + 5 = 45\mu F$

نلاحظ : عند ربط المتسعات على التوازي فان مقدار السعة الكلية يساوي اقل من اصغر سعة للمتسعات المربوطة .

اما في حالة ربط المتسعات على التوازي فان السعة الكلية

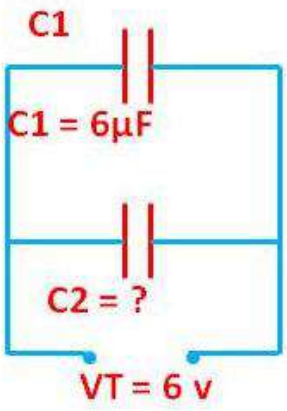
يساوي مجموع السعات للمتسعات المربوطة .

مثال (2–10)

متسعتان مربوطتان على التوازي سعة الأولى (6) مايكروفاراد وفرق الجهد على طرفيها (6) فولت والثانية مجهولة السعة وشحنتها (24) كولوم ، المطلوب :- 1/ رسم الدائرة . 2/ شحنة المتسعة الأولى . 3/ سعة المتسعة الثانية.

الحل :-

المعطيات
C1 = 6μ
V1 = 6 V
Q2 =24 Coul
Q1 =?
C2 =?



$$q1 = C_1 \cdot V_1 = 6 \times 10^{-6} \times 6$$

$$= (36 \times 10^{-6}) \text{ كولوم}$$

بما ان الجهد على المتسعة الأولى = 6 فولت والربط توازي يكون جهد المصدر

$$V_T = V_1 = V_2 = 6\ v$$

$$V = \frac{q}{C}$$

$$C_2 = \frac{q}{V} = \frac{24}{6} = 4\ \boldsymbol{\mu F}$$

(3) الربط المختلط

ويتم بتوصيل المتسعات على التوازي وعلى التوالي معا في دائرة كهربائية واحدة وتطبق على هذا الربط القوانين المتعلقة بربط التوالي والتوازي :

مثال (2-11) :- ربطت ثلاث متسعات كما في الشكل (2 - 28) ، اوجد السعة الكلية .

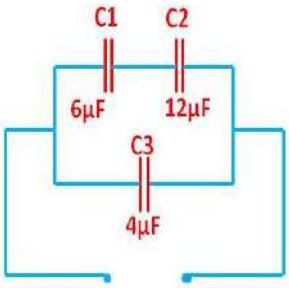
الحل :-

$$\frac{1}{CT1} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2}$$

$$\frac{1}{CT1} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{CT1} = \frac{2+1}{12} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4}$$

$$CT1 = 4\ \mu F$$



شكل(2-28)

$C_{T2} = C_{T1} + C_3$

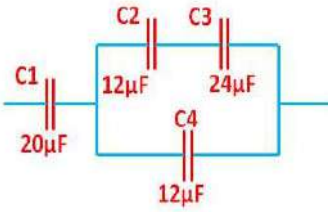
$C_{T2} = 4 + 4 = 8\ \mu F$

مثال (2–12) :-

ربطت مجموعة من المتسعات على التوالي والتوازي وكما موضح في الشكل

(2– 29) ، اوجد السعة الكلية للدائرة

الحل :-



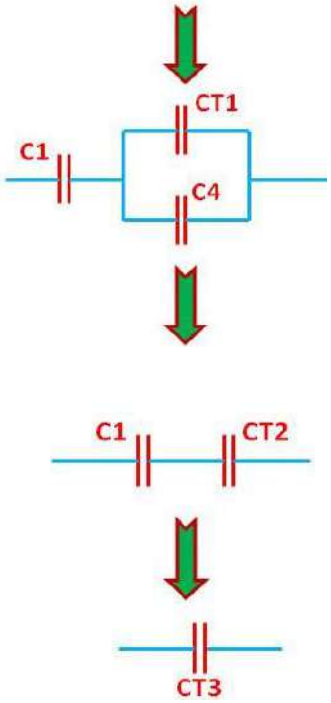
شكل(2-29)

$$\frac{1}{CT1} = \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}$$

$$\frac{1}{CT1} = \frac{1}{12} + \frac{1}{24}$$

$$\frac{1}{CT1} = \frac{2+1}{24} = \frac{3}{24} = \frac{1}{8}$$

C_{T1} = 8 µF



$C_{T2} = C_{T1} + C_4$

$C_{T2} = 8 + 12 = 20$ µF

$$\frac{1}{CT3} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{CT2}$$

$$\frac{1}{CT3} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{2}{20}$$

C_{T3} = 10 µF

مثال(2-13):-

ربطت متسعتان على التوازي قيمها (10 ، 10) مايكروفاراد وربطتا بالتوالي مع متسعة أخرى سعتها (5) مايكروفاراد وربطت الدائرة إلى مصدر مقداره (20) فولت ، اوجد السعة الكلية والشحنة على كل متسعة .

الحل :-

C1 = 10µF

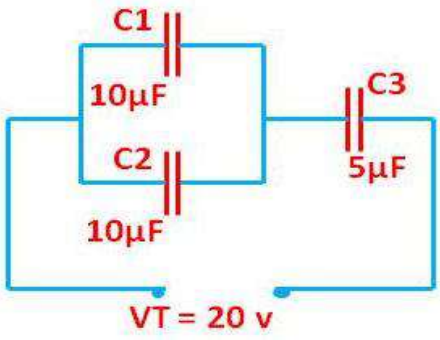
C2 =10µF

C3 = 5µF

VT = 20v

CT = ?

Q1=?



Q2=?

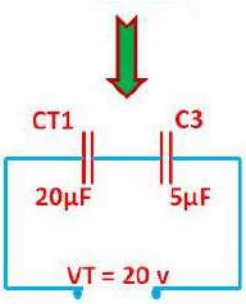
Q3=?

في ربط التوازي السعة الكلية تساوي

CT1 = C1 + C2

CT1 = 10 + 10 = 20 µF

اصبحت دائرة التوالي تحتوي على متسعتين السعة الكلية لهما تساوي



$$\frac{1}{CT2} = \frac{1}{CT1} + \frac{1}{C3}$$

$$\frac{1}{CT2} = \frac{1}{20} + \frac{1}{5} = \frac{1+4}{20} = \frac{5}{20} = \frac{1}{4}$$

CT2 = 4 µF

$QT = C_T \cdot V_T$

$QT = 4 \text{ X } 10^{-6} \text{ X } 20$

$QT = 80 \text{ X } 10^{-6}$

$QT = 8 \text{ X } 10^{-5}$ كولوم

وهي تساوي الشحنة على (C_3) وعلى (C_{T1})

لإيجاد الجهد على كل متسعة في دائرة التوالي (2) نجري الآتي :-

$$V1 = \frac{q1}{Ct1} = \frac{8 \text{ x } 10-5}{20 \text{ x } 10-6} = 4 \text{ v}$$

$$V2 = \frac{q2}{C3} = \frac{8 \text{ x } 10-5}{5 \text{ x } 10-6} = 16 \text{ v}$$

وألان يمكن أيجـاد شحنة (C2،C1)

$q_1 = C_1 \times V_1 = 10 \text{ x } 10^{-6} \text{ x } 4 = 4 \text{ x } 10^{-5}$

والشحنة على (C_2) تساوي الشحنة على (C_1) لأن السعة متســاوية،

والشحنة على (C_3) تساوي شحنة (CT_1) وتساوي

$q_3 = C_3 \times V = 5 \text{ x } 10^{-6} \text{ x } 16 = 80 \text{ x } 10^{-6}$

$q_3 = 8 \text{ x } 10^{-5}$ كولوم

2-13- الطاقة المخزونة في المتسعات

تعلمنا بان المتسعة هي الأداة التي يمكن أن تخزن الشحنات الكهربائية على سطحي لوحيها وهذه الشحنات تمثل الطاقة الكهربائية المخزونة وتقوم المتسعة بخزن الطاقة على شكل مجال كهربائي،

الرمز : En	الوحدة : جول

ويمكن حسابها من القانون الآتي:

$$En = \frac{1}{2} \times CV^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10\text{-}2)$$

أو

$$En = \frac{q2}{2C} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11\text{-}2)$$

إذ ان :-

En : تمثل الطاقة المخزونة في المتسعة وتقاس بوحدة الجول(Joul)

C : تمثل سعة المتسعة وتقاس بوحدة الفاراد.

V : تمثل جهد المتسعة أو فرق الجهد على طرفيها ويقاس بالفولت.

q : تمثيل شحنة المتسعة.

مثال (2-14):-

متسعة قيمتها (5) مايكرو فاراد موصـلة إلى مصدر جهد (20) فولـت احسب الطاقة المخزونة فيها ثم احسب شحنتها .

الحل:-

المعطيات

C= 5 µF

V = 20 v

EN = ?

Q = ?

$EN = \frac{1}{2} CV^2$

$EN = \frac{1}{2} 5 \text{ X } 10^{-6} \times 20 \times 20 = (10 \text{ X } 10^{-4})$ جول

$Q = C . V$

$Q = 5 \text{ X } 10^{-6} \text{ X } 20 = 100 \text{ X } 10^{-6}$

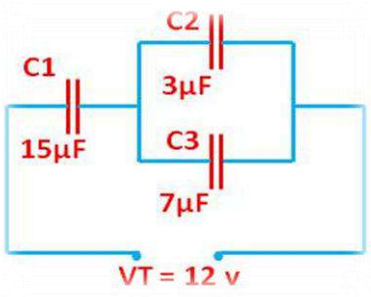
$Q = (1 \text{ X } 10^{-4})$ كولوم

مثال (2-15) :-

وصلت متسعتان كمـا في الشكل رقـم (2–30) أوجد ما يلي :

1- السعة الكلية 2- الشحنة الكلية 3- الطاقة المخزونة في الدائرة

الحل :-



شكل (2-30)

$CT = C2 + C3$

$CT = 3 + 7 = 10\ \mu F$

$$\frac{1}{CT1} = \frac{1}{CT} + \frac{1}{C1}$$

$$\frac{1}{CT1} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} = \frac{3+2}{30}$$

$$\frac{1}{CT1} = \frac{5}{30} = \frac{1}{6}$$

$CT1 = 6\ \mu F$

$QT = CT1.VT$

$QT = 6 \times 10^{-6} \times 12 = (36 \times 10^{-6})\ C$

$$En = \frac{1}{2} CV^2$$

$$En = \frac{6 \times 10-6 \times 12 \times 12}{2}$$

$En = (432 \times 10^{-6})$ جول

اسئلة الفصل

س1/ ماذا تعني الكهربائية المستقرة ؟

س2/ اذكر تطبيقات الكهربائية المستقرة في حياتنا العملية ؟

س3/ عرف الشحنة الكهربائية، ثم اذكر خواصها ؟

س4/ اذكر طرائق انتقال الشحنات الكهربائية من جسم إلى آخر مع الأمثلة؟

س5/ كيف تتوزع الشحنات الكهربائية على جسم مخروطي الشكل ؟

س6/ ما المجال الكهربائي؟ وما خواصه ؟

س7/ اذكر أشكال المجال الكهربائي ؟

س8/ اذكر نص قانون كولوم ؟

س9/ شحنتان البعد بينهما (20) سم ومقدار الشحنة الأولى (5) مايكروكولوم نشأت قوة بينهما مقدارها (10^{-3} x 18) نيوتن فما مقدار الشحنة الثانية ؟

ج/ كولوم $q2=(16x\ 10^{-9})$

س10/ ما لمقصود بسعة المتسعة ؟ وما رمزها ؟ وكيف تحسب ؟

س11/ ما العوامل المؤثرة في سعة المتسعة ؟

س12/عرف المتسعة الكهربائية ، ورموزها ، وأنواعها.

س13/عدد أنواع المتسعات الثابتة .

س14/ما لفرق بين المتسعات الثابتة والمتغيرة ؟

س15/أين تستعمل المتسعات المتغيرة ؟

س16/ما المتسعة المستقطبة ؟ واللامستقطبة ؟ اشرحها ؟

س17/ اذكر أهم خواص المتسعات ؟

س18/ أين تستعمل المتسعة الكهربائية ؟

س19/ ما الفائدة من ربط المتسعات؟

س20/ قارن بين السعة الكلية عند ربط المتسعات على التوالي والتوازي.

س21/ متسعتان على التوالي الأولى (5) مايكروفاراد والثانية (20) مايكروفاراد وكان فرق الجهد على طرفي الأولى (4) فولت، المطلوب:-

1 - رسم الدائرة الكهربائية 2- شحنة كل متسعة 3- السعة الكلية

الجواب $c_t = 4\mu F$, $q_t = q_1 = q_2 = 20 \times 10^{-6}$

س22/ متسعتان ربطتا على التوالي فكانت السعة الكلية لهما (4) مايكروفاراد وفرق الجهد على احدهما(2) فولت وشحنة الثانية (24×10^{-6}) كولوم احسب سعة المتسعتين وجهد المصدر؟

ج/ $c_1 = 12\mu F$, $c_2 = 6\ \mu F$, $VT = 6\ V$

س23/ متسعتان على التوازي سعة الأولى (6) مايكروفاراد وفرق الجهد على طرفيهما(6) فولت والثانية مجهولة وشحنتها (24) كولوم،احسب:-

1- شحنة المتسعة الأولى 2- سعة المتسعة الثانية 3- الطاقة المخزونة

ج/ $q1 = 36 \times 10^{-6}$, $c_2 = 4\ \mu F$, $En = (180 \times 10^{-6})$جول

س24/متسعة شُحنت من مصدر جهد مقداره (4) فولت وخزنـــت طاقـــــــة(16×10^{-6}) جول فما مقدار سعتها ؟ ج/ $C = (2 * 10^{-6})\ F$

س25/ ربطت متسعتان على التوازي قيمة الأولى(8) مايكروفاراد والثانية(2) مايكروفاراد وفرق الجهد عليها(4) فولت، ربطتا مع متسعة ثالثة فرق الجهد عليها(4) فولت، احسب:-

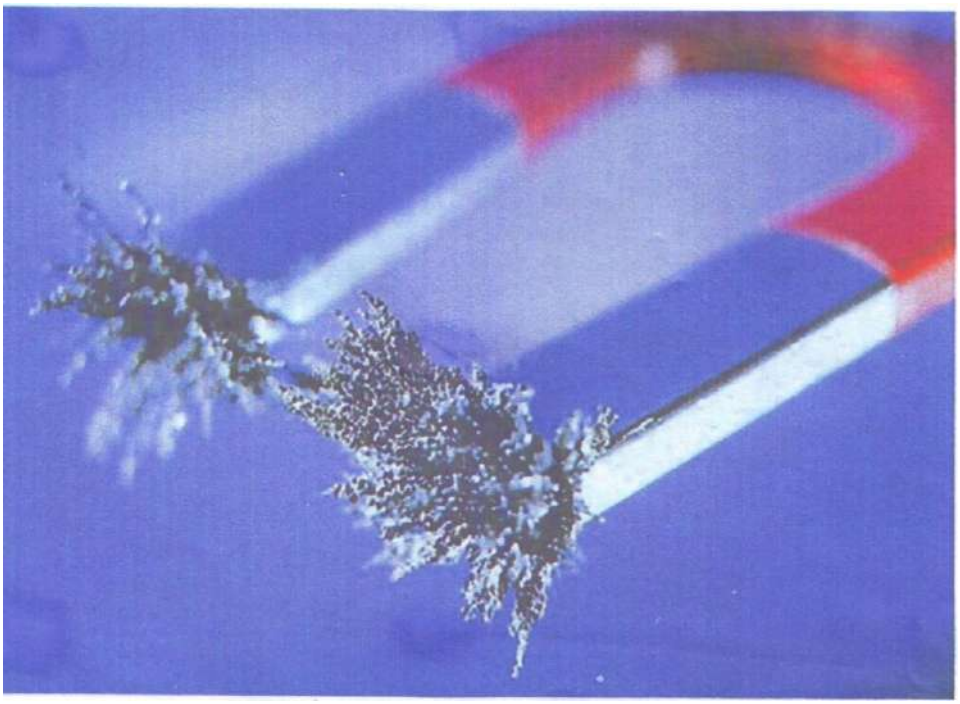
1- مقدار سعة المتسعة الثالثة 2- الطاقة المخزونة في الدائرة

ج / $C_3 = (10 \times 10^{-6})F$, $En = (160 \times 10^{-6})$جول

الفصل الثالث

المغناطيسية

Magnetism



الهدف :-

يدرس الطالب في هذا الفصل علم المغناطيسية للتعرف على المجال المغناطيسي ومفاهيم الفيض المغناطيسي وكثافة الفيض كما سيدرس الطالب الظاهرة ا لكهرومغناطيسية والتي تمثل العلاقة بين الكهربائية والمغناطيسية وسيتعرف الطالب في هذا الفصل على مفهوم النفاذية المغناطيسية وظاهرة التخلفية المغناطيسيـــــة وسيتـــــعرف أيضاً على مبدأ عمل المكائن الكهربائية كالمولدات والمحركات والمحولات وسيدرس الطالب أخيراً الدائرة المغناطيسية وأنواعها وإمكانية الاستفادة منها صناعياً .

3–1- تمهيد Introduction

إن الاستخدامات المتعددة للاستفادة من علم المغناطيسية في المكائن الكهربائية وأنتاج الطاقة الكهربائية وعلوم الاتصالات والالكترونيات والطب جعل من هذا العلم أحد البوابات الرئيسة للحضارة المعاصرة.

لقد عرفت الظاهرة المغناطيسية وتأثيراتها منذ القدم إذ عرفت العديد من الشعوب ومنهم العرب والإغريق والصينيون تأثيرات حجر المغناطيس في جذبه لقطع الحديد واستخدمته في تطبيقات متعددة كالبوصلة الملاحية وفي الطب القديم لإزالة بعض الأمراض.

وظل علم المغناطيسية بطيء التقدم حتى عام 1820 عندما أكتشف العالم اورستد التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي وعرفت بذلك الظاهرة الكهرومغناطيسية.

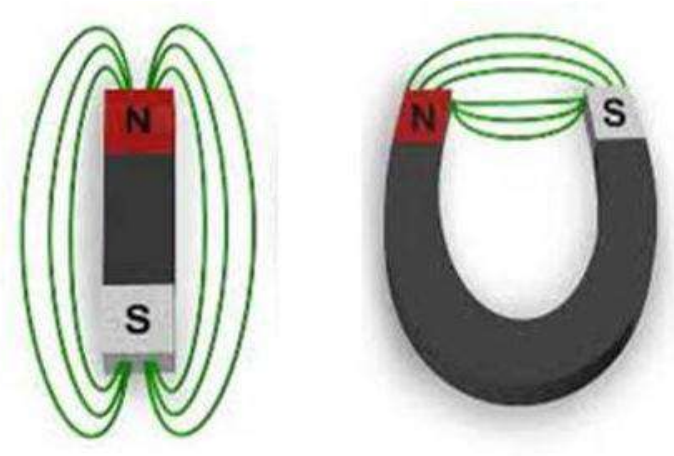
لم تمر فترة قصيرة على أكتشاف اورستد حتى أكتشف العالم فاراداي في نفس العام التأثيرات الكهربائية للمجال المغناطيسي أو ما يعرف بالحث الكهرومغناطيسي والتي حقّقتْ قفزة كبيرة في تطور الهندسة الكهربائية حتى بلغت أوجها عام 1890 عندما تم تصميم المكائن الكهربائية الأساسية كالمولدات والمحركات والمحولات .

أن الماكنة الكهربائية مهما كان شكلها أو وظيفتها ماهي إلا دائرة مغناطيسية متطورة تنطبق عليها قوانين الظاهرة الكهرومغناطيسية.

3-2 المغناطيس Magnet

المغناطيسية وهي ظاهرة يتميز بها حجر المغناطيس الطبيعي أو المغناطيس الصناعي وهي واضحة جداً للعيان في ظاهرة الجذب لبعض المواد المعدنية كالحديد والكوبلت.

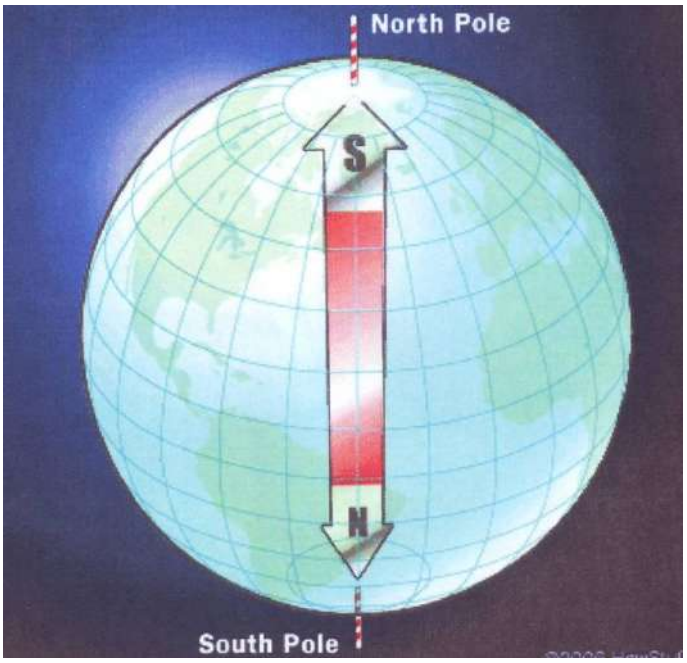
إن المغناطيس الطبيعي أو حجر المغناطيس هو خام الحديد المغناطيسي وهو معدن واسع الانتشار في الطبيعة وهو على هيئة أشكال طبيعية تم فيما بعد تشكيلها صناعياً كما هو واضح في الشكل(3-1) .



شكل (3-1) يوضح أنواع من المغانط

وللمغناطيس قطبان شمالي وجنوبي وسميت الأقطاب بهذه التسمية لان الأرض تعتبر مغناطيساً كبيراً له قطبان شمالي عند القطب الجغرافي الجنوبي والآخر جنوبي يتمركز عند القطب الشمال الجغرافي . فعند تعليق أي

مغناطيس صناعي تعليقاً حراً فأن أحد الطرفين يتجه نحو الشمال الجغرافي فيسمى بالقطب الشمالي والطرف الآخر يتجه نحو الجنوب الجغرافي فيسمى القطب الجنوبي وكما واضح في الشكل (3-2).



شكل (3-2) الأقطاب المغناطيسية للأرض

3 - 3 خصائص المغناطيس Specification of Magnet

يتميز المغناطيس الطبيعي أو الصناعي بمجموعة من الخصائص يمكن تلخيصها كما يأتي:

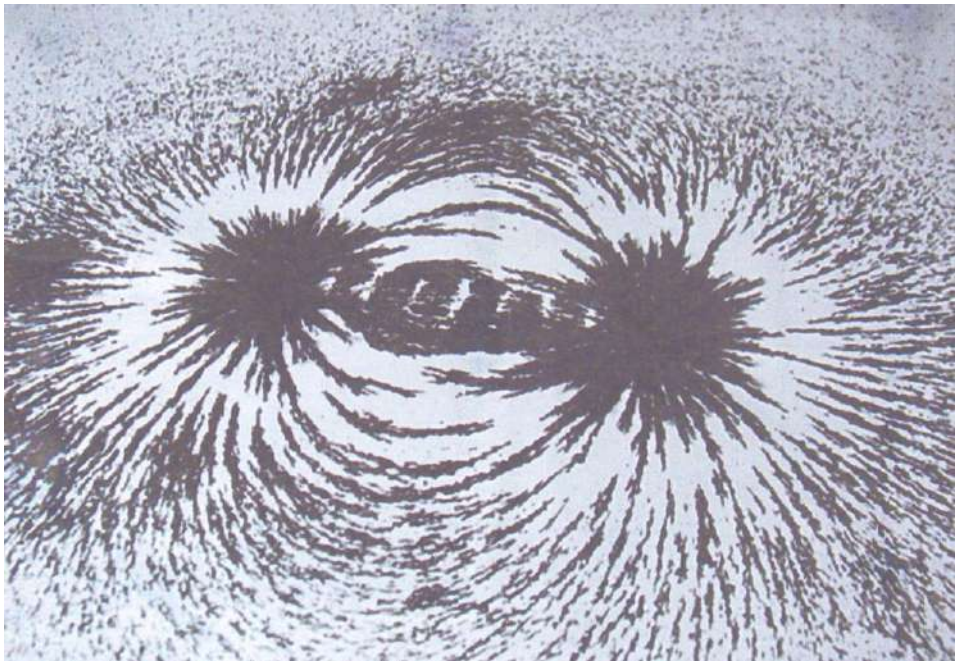
1. للمغناطيس قطبان شمالي وجنوبي عند تعليقهُ حراً يتجه شمالاً وجنوباً.
2. تتركز قوة الجذب المغناطيسي في قطبي المغناطيس وتقل في المناطق الاخرى .
3. الاقطاب المختلفة تتجاذب والاقطاب المتشابهة تتنافر.
4. إذا قُطع المغناطيس من أية منطقة فيه فأن القطع الجديدة المتكونة سيكون لها قطبان ولايمكن أن يكون لهُ قطب منفرد.

3- 4 المجال المغناطيسي Magnetic Field

إن جميع المغانط الطبيعية والصناعية تولّد في الفضاء المحيط بها مجالاً مغناطيسياً يظهر فيه تأثير هذا المغناطيس على الأجسام الأخرى .

فالمجال المغناطيسي هو المنطقة أو الحيز المحيط بالمغناطيس ويظهر فيها تأثيره على مواد معينة .

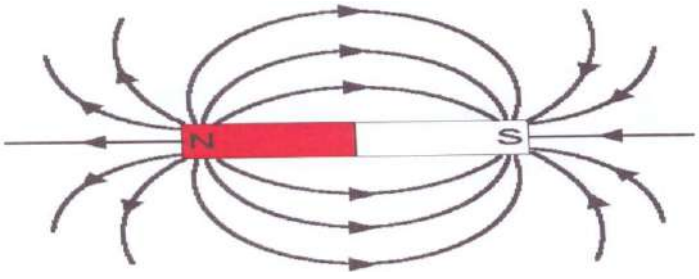
ويمكن مشاهدة المجال المغناطيسي بنثر برادة الحديد على ورقة موضوعة على مغناطيس فأن جزيئات برادة الحديد ستترتب في خطوط مستقيمة وأخرى منحنية متكاثفة حول الأقطاب ومتباعدة بعيداً عنها تسمى بخطوط المجال كما في الشكل (3-3).



الشكل (3-3) توزيع برادة الحديد حول المغناطيس .

وتمتاز خطوط المجال المغناطيسي بما يأتي :

1. تُعتبر خطوطاً وهمية لاوجود حقيقي فيزياوي لها.
2. كل خط من الخطوط يشكل مساراً مغلقاً ينبع من القطب الشمالي ماراً بالمنطقة المحيطة بالمغناطيس ويدخل ا لقطب الجنوبي ثم يكمل مساره داخل المغناطيس رجوعاً الى القطب الشمالي للنقطة التي خرج منها كما في الشكل (3-4) .
3. خطوط المجال المغناطيسي لاتتقاطع مع بعضها البعض ابداً.
4. إن هذه الخطوط تكون دائماً في حالة شد وتحاول أن تقصر مسارها إلى أقصى ما يمكن .



شكل (3-4) يوضح خطوط المجال المغناطيسي

3-5 الفيض المغناطيسي Magnetic Flux

تسمى مجموعة الخطوط المغناطيسية الممثلة للمجال المغناطيسي بالفيض المغناطيسي أو (التدفق المغناطيسي).

الرمز : Ø الوحدة :Wb : (ويبر)

إن وحدة الويبر تعتبر من الوحدات الكبيرة ولذلك يمكن قياس الفيض المغناطيسي بوحدات أصغر وهي الملي ويبر (mWb) أو المايكروويبر (MWb)

إذ أن :

$$1Wb = 10^{3}mWb \qquad 1mWb = 10^{-3}Wb$$

$$1\ \text{Wb} = 10^{6}\ \mu\text{Wb}$$

3- 6 كثافة الفيض المغناطيسي Magnetic Flux Density

يمكن تعريف كثافة الفيض المغناطيسي بانه عدد خطوط الفيض المغناطيسي المارة عمودياً خلال وحدة المساحة أو هي عدد خطوط الفيض المغناطيسي التي تعبر سطحاً معلوم المساحة وبشكل عمودي .

الرمز: B الوحدة : Tesla (T)

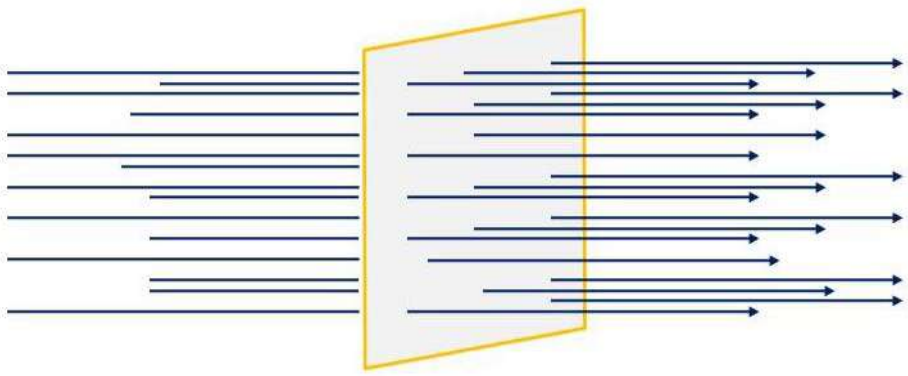
ويمكن إيجاد قيمة كثافة الفيض المغناطيسي من العلاقة التالية :

$$B = \frac{Ø}{A} \qquad \text{Tesla} = \frac{Wb}{M^2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1\text{-}3)$$

حيث إن: Ø = الفيض المغناطيسي العابر عمودياً (Wb) أو ويبر

A = مساحة السطح الذي يخترقه الفيض المغناطيسي (m^2) ($م^2$)

والشكل (3-5) يوضح مجموعة من خطوط الفيض المغناطيسي تعبر عمودياً على وحدة المساحة



الشكل (3-5) خطوط الفيض المغناطيسي تعبر عمودياً وحدة المساحة

ويمكن حساب كمية الفيض النافذ بصورة عمودية من خلال وحدة المساحة من المعادلة الاتية

$$Ø = B \cdot A \qquad \text{Wb} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2\text{-}3)$$

وهي أعلى قيمة للفيض المغناطيسي عندما يكون السطح واقعاً بشكل عمودي ولكن بعض الاحيان لاتعبر خطوط الفيض المغناطيسي خلال السطح بشكل عمودي وانما منحرفة بزاوية (Ø) . وبهذه الحالة يمكن كتابة المعادلة العامة للفيض النافذ بأي زاوية (Ø) وكما يأتي:

$$Ø = B\ A\ Sin\ Ø \quad Wb \quad \ldots\ldots\ldots (3\text{-}3)$$

وإذا كانت خطوط الفيض المغناطيسي موازية للسطح فعندئذ لايوجد فيض نافذ من خلال السطح أي في هذه الحالة ستكون قيمة (Ø) صفراً .

$$Ø = Zero$$

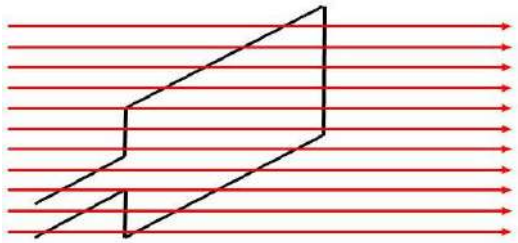
وبذلك يمكن القول إن قيمة الفيض المغناطيسي النافذ تعتمد على قيمة الزاوية Ø أي على مقدار انحراف الخطوط عن السطح .

مثال 1-3 : ملف على شكل مستطيل أبعاده (200 mm × 100 mm) يدور داخل مجال مغناطيسي كثافته (0.05T) . أحسب مقدار الفيض المغناطيسي خلال الملف للحالات الآتية :

أ- عندما يكون الملف عمودياً على خطوط المجال.
ب- عندما يكون الملف موازياً لخطوط المجال.
ج- عندما يكون مائلاً بزاوية 45° = Ø

الحل :

أ) عندما يكون الملف عمودياً على خطوط المجال (Ø= 90°)



$$Sin\ Ø = Sin\ 90 = 1$$

$$Ø = B\ .\ A$$

$$A = \frac{200}{1000} \times \frac{100}{1000} \quad M^2$$

$$= 200 \times 10^{-3} \times 100 \times 10^{-3}$$

$$= 20000 \times 10^{-6}\ m^2$$

$$= 0.02\ m^2$$

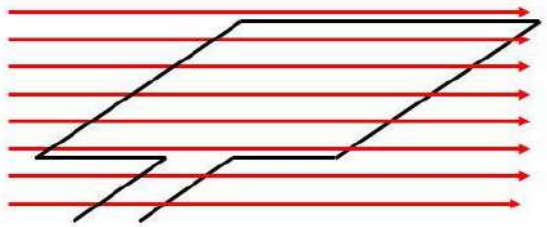
$$Ø = 0.05 \times 0.02$$

$$= 1 \times 10^{-3}\ Wb \quad = 1\ mWb$$ (أعظم نتيجة للفيض النافذ)

ب) عندما يكون الملف موازياً لخطوط المجال (Ø = 0)

$$SinØ = Sin\ 0 = 0$$

Ø = 0 (لايوجد فيض نافذ)



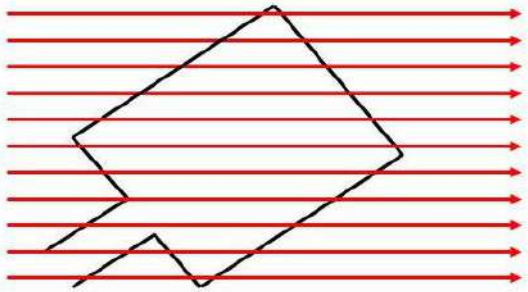
جـ) عندما يكون الملف مائلاً بزاوية 45˚ = Ø

Ø = B . A sin Ø

= 0.05 × 0.02 ×Sin 45

= 0.001 ×0.71 Wb

= 0.71 mWb



مثال 3-2 :

ملف على شكل مستطيل أبعاده (0.15 m ×0.2 m) يدور داخل مجال مغناطيسي منتظم . إذا كانت قيمة الفيض المغناطيسي النافذ 3 mWb عندما يكون عمودياً على خطوط المجال . فأحسب كثافة الفيض المغناطيسي .

الحل :- بما أن الملف عمودياً على خطوط المجال

Ø = B . A Ø = 3 mWb A = 0.15 × 0.2

$$B = \frac{Ø}{A} = \frac{3\times 10^{-3}}{0.15\times 0.2} = \frac{0.003}{0.03}$$

B = 0.1 Tesla

3–7 النفاذية المغناطيسية للمادة Permeability

وتسمى أحياناً بالنفاذية المطلقة للمادة وهي خاصية المادة في تغيير كثافة الفيض المغناطيسي المار من خلالها من قيمتها بالفراغ .وهي قابلية المادة للسماح بمرور خطوط الفيض المغناطيسي من خلالها .

الرمز : μ (H / m) Henry / metre

H : هنري

M : متر

إن نفاذية الفراغ المطلق أو الهواء يرمز لها بالرمز μ 0

إذ ان:

$$\mu_0 = 4\prod \times 10^{-7} \quad H/m$$

8–3 النفاذية المغناطيسية النسبية Relative Permeability

ان النسبة بين نفاذية المادة في أي وسط الى نفاذية الفراغ تسمى بالنفاذية النسبية .

الرمز : μ_r وهي بدون وحدات

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4\text{-}3)$$

ومن المعلوم ان نفاذية جميع المواد غير المغناطيسية كالخشب والكارتون .. وغيرها $= \mu_0$ وان

نفاذيتها النسبية = 1

9–3 شدة المجال المغناطيسي (قوة التمغنط) Field Strength (Magnetizing Force)

تعرّف شدة المجال المغناطيسي عند أية نقطة داخل ذلك المجال

"بأنها القوة المؤثرة في وحدة القطب المغناطيسي الموضوعة عند هذه النقطة".

علماً بأن وحدة القطب المغناطيسي تساوي 1Wb.

الرمز : H الوحدة : AT / Wb

A . T : Amp . turn أمبير . لفة

Wb : Weber ويبر

إن كثافة الفيض المغناطيسي (B) تتناسب طردياً مع شدة المجال المغناطيسي (H) وان النسبة بين المقدارين هي النفاذية (μ) وكما يأتي :

$$B = \mu H \quad T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5\text{–}3)$$

ويمكن كتابة هذه المعادلة كما يأتي

$$B = \mu_0 \mu_r H \quad T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6\text{–}3)$$

أما في الفراغ أو الهواء فأن المعادلة تصبح كما يأتي:

$$B = \mu_0 H \quad T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7\text{–}3)$$

مثال 3 – 3 : إذا كانت كثافة الفيض المغناطيسي في قلب حديدي (1 T) وكانت النفاذية النسبية للمادة الحديدية المصنوع منها القلب هي (1000) فاحسب شدة المجال المغناطيسي في القلب .

الحل : $B = 1\ T \qquad \mu r = 1000 \qquad H = ?$

باستخدام المعادلة (3– 6) فأن

$B = \mu 0\ \mu r\ H \qquad \mu 0 = 4 \prod \times 10^{-7}\ H/m$

$$H = \frac{B}{\mu 0 \mu r}$$

$$H = \frac{1}{(4 \prod \times 10^{-7}) \times (1000)}$$

$H = 796.17.4$ AT/Wb شدة المجال المغناطيسي

مثال 3–4:

أحسب قيمة الفيض المغناطيسي المار في حلقة حديدية مساحة مقطعها ($10\ cm^2$) ولها نفاذية نسبية (800) إذا علمت بان قوة التمغنـــط (شدة المجـــــال المغناطيسي) هـــــي 800 AT /Wb.

الحل:

$A = 10\ cm^2 = 10 \times 10^{-4} = 10^{-3}\ m^2$

$\mu r = 800$

$H = 800\ AT/Wb$

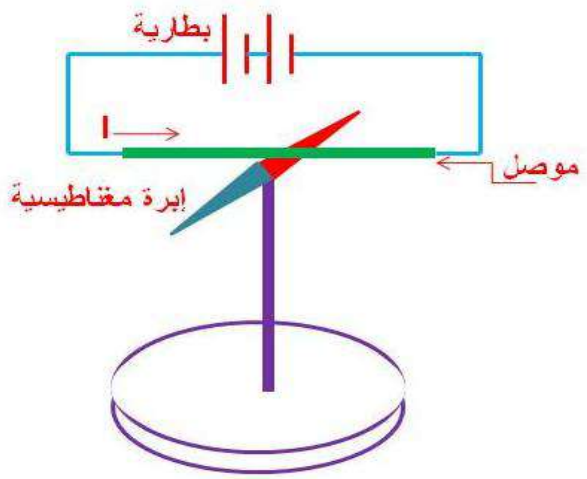
$B = \mu 0\ \mu r\ H = 4 \prod \times 10^{-7} \times 800 \times 800 = 0.8T$

$\emptyset = B \cdot A = 0.8 \times 10^{-3}\ Wb = 0.8\ mWb$

3–10 - الكهرومغناطيسية Electromagnetism

هناك علاقة واضحة وجوهرية بين علمي الكهرباء والمغناطيسية فالكهرومغناطيسية هي العلم الذي يقوم بدراسة توليد المجال المغناطيسي من خلال مرور التيار الكهربائي في سلك موصل أو ملف أو منظومة أسلاك .

فقد لاحظ العالم اورستد عام 1820 انه عند وضع ابرة مغناطيسية بالقرب من سلك موصل حامل للتيار فان الإبرة المغناطيسية تنحرف وكما في الشكل (3–6) مما يدل على وجود مجال مغناطيسي حول الموصل . كما لاحظ انَّ الإبرة تتجه بالاتجاه المعاكس عند تغيير اتجاه التيار مما يدل على انَّ اتجاه المجال المغناطيسي المتولد من مرور تيار كهربائي في سلك موصل يعتمد على اتجاه ذلك التيار .

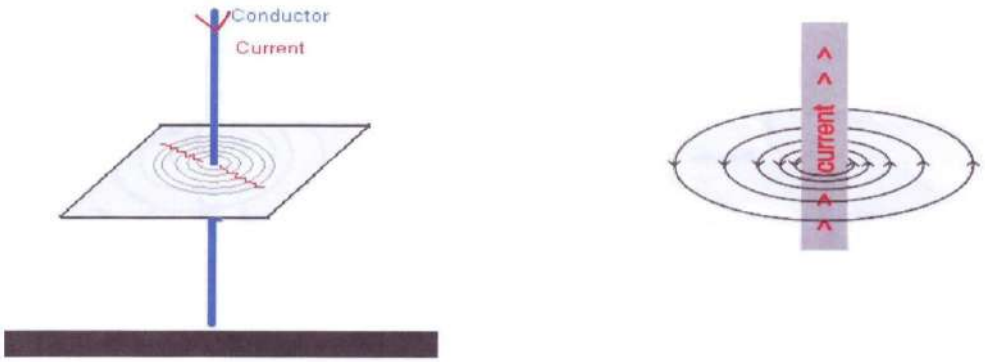


شكل (3-6) انحراف الإبرة المغناطيسية بسبب مرور التيار الكهربائي في الموصل

3–11- المجال المغناطيسي حول موصل مستقيم

Magnetic Field around Long Straight Conductor

عند مرور تيار كهربائي خلال موصل طويل جداً ومستقيم فان شكل المجال المغناطيسي حول الموصل سيكون عبارة عن دوائر متحدة المركز تقع في مستو عمودي على الموصل ويكون مركزها هو مركز الموصل وكما مبين في الشكل (3-7)

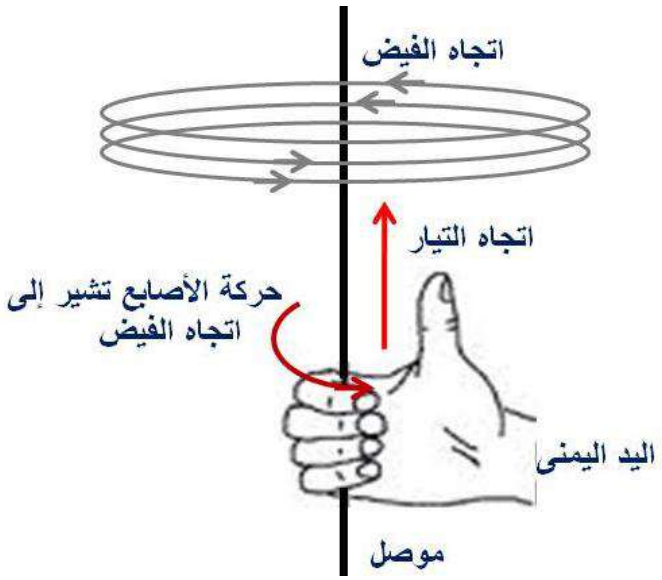


شكل (3–7) يوضح المجال المغناطيسي حول سلك يسري فيه تيار كهربائي

وهنالك عدة طرق لتحديد إتجاه المجال المغناطيسي حول الموصل

1- طريقة قاعدة اليد اليمنى Right – hand Rule:

يتم لف الأصابع الأربعة لليد اليمنى حول الموصل ويكون الإبهام باتجاه التيار . عندئذ سيكون اتجاه لف الأصابع يشير إلى اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي وكما في الشكل (3-8) .

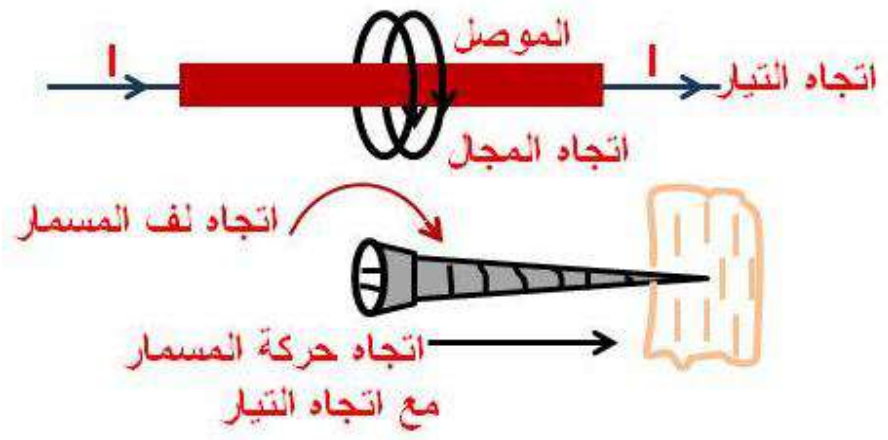


الشكل (3-8) يوضح قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي

حول موصل حامل التيار

2- قاعدة المسمار اللولبي Right hand Screw Rule :

يتم بهذهِ الطريقة وضع المسمار اللولبي طولياً بجانب الموصل الحامل للتيار وكما في الشكل (3-9) إذ يتم لف المسمار لتحريكه باتجاه التيار الكهربائي فإذا كانت حركة تقدم المسمار باتجاه التيار فان إتجاه لف المسمار سيمثل اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي .



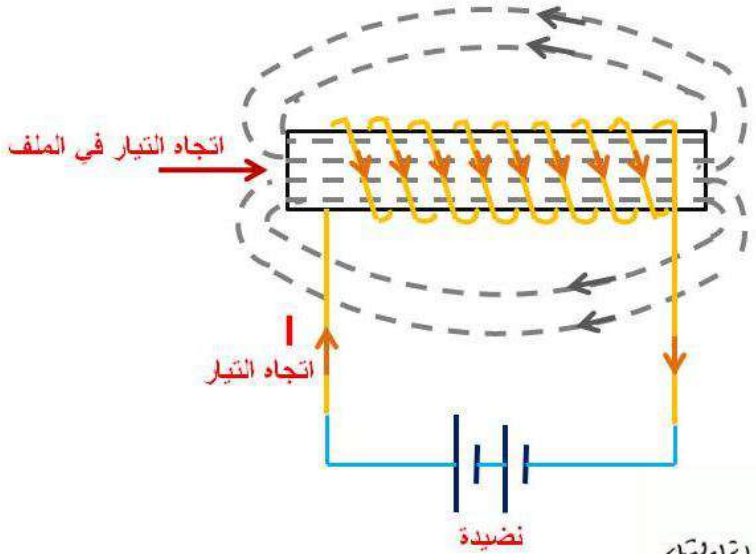
الشكل (3-9) يوضح قاعدة المسمار اللولبي لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول موصل

3- هنالك طريقة أخرى فلو نظرنا طولياً من خلال المقطع العرضي للموصل فإذا كان التيار مبتعداً سيشار إليه بالرمز (X) داخل الموصل وسيكون إتجاه المجال المغناطيسي حول الموصل باتجاه عقارب الساعة كما في الشكل (3A-10) . أما إذا كان التيار متجهاً إلينا (خارج من السلك) سيرمز له بالرمز (●) داخل الموصل وسيكون اتجاه المجال المغناطيسي حول الموصل باتجاه عكس عقارب الساعة وكما مبين في الشكل (3B-10).

شكل (3–10) يوضح اتجاه التيار واتجاه المجال المغناطيسي

12-3 المجال المغناطيسي للملف Magnetic Field Of a Solenoid :

عند توصيل ملف ملفوف على ساق حديدية إلى نضيدة وكما مبين في الشكل (3-11) سيمر تيار كهربائي في الملف وسيتولد مجال مغناطيسي وسيصبح الساق الحديدي كأنه مغناطيس دائم وسيكون شكل المجال المغناطيسي كما مبين في الشكل (3-11).



شكل (3-11) يوضح شكل المجال المغناطيسي حول ملفات يمر بها تيار كهربائي

يعتمد اتجاه المجال المغناطيسي المتولد على اتجاه التيار المـــاربالملف. ولتحديد اتجاه المجـــالالمغناطيسي ، هنالك عدة طرق نذكر منها :

1 - قاعدة اليد اليمنى الحاضنة

بهذه الطريقة يتم حضن الملف بواسطة الأصابع الأربعة لليد اليمنى بحيث يكون اتجاهها مع اتجاه التيار وبذلك سيشيـــــر الإبهام عند وضعه بشكل موازي لمحـــورالقلب الحديدي إلى اتجاه المجال المغناطيسي داخل الملف.

2- قاعدة المسمار اللولبي

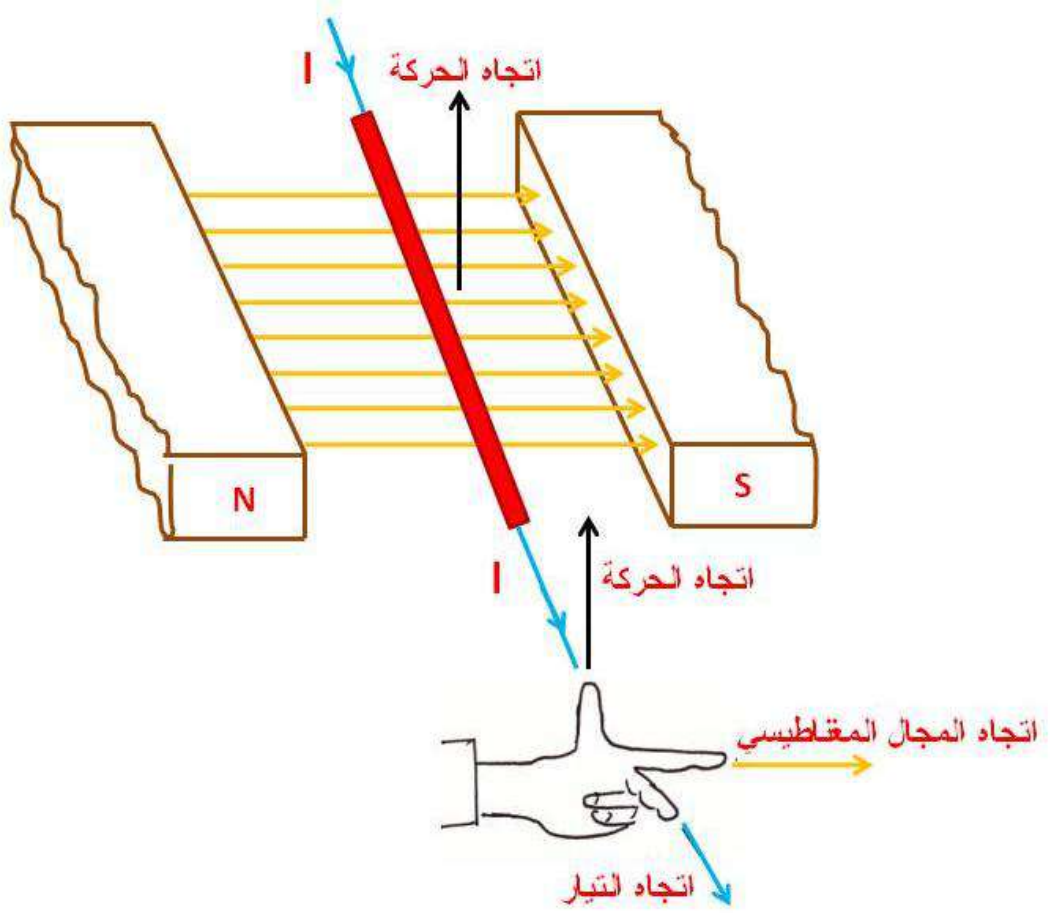
إذا وضع محور المسمار طولياً بموازاة قلب الملف فإذا دار المسمار لولبياً باتجاه حركة التيار فستكون حركة متقدمة باتجاه المجال المغناطيسي المتولد داخل الملف .

13-3 القوة المؤثرة في موصل يحمل تياراً موضوع داخل المجال المغناطيسي

Force on a Current – Carrying Conductor Lying in A Magnetic Field

لقد وجد انه في حالة وضع موصل يحمل تياراً كهربائياً داخل مجال مغناطيسي فان هذا الموصل سيتعرض إلى قوة ميكانيكية يكون اتجاه تأثيرها عمودياً في كل من اتجاه التيار الكهربائي واتجاه المجال المغناطيسي .

إن اتجاه القوة يمكن تحديده بواسطة قاعدة اليد اليسرى كما في الشكل (3-12) إذ يتم وضع الأصابع الثلاثة (الإبهام ، السبابة والوسطى) بشكل عمودي على بعضها البعض. فإذا كانت السبابة تشير إلى اتجاه المجال والوسطى تشير إلى اتجاه التيار فان الإبهام سيشير إلى اتجاه القوة (أو الحركة) .



شكل (3 –12) يوضح قاعدة اليد اليسرى في تحديد اتجاه الحركة والتيار والمجال المغناطيسي

تعتمد قيمة القوة المؤثرة في الموصل الموضوع داخل المجال المغناطيسي على كثافة الفيض المغناطيسي الموضوع فيه الموصل . وعلى طول الموصل وعلى قيمة التيار الكهربائي المار في الموصل وعلى مقدار الزاوية بين المجال المغناطيسي والموصل .

فاذا كان الموصل موضوعاً بشكل عمودي على خطوط المجال كما في الشكل (13-3) فان القوة الميكانيكية ستكون بقيمتها العظمى ويمكن ايجاد قيمتها من المعادلة التالية ومقاسة بالنيوتن (N).

$$F = B L I \qquad \text{Newton (N)} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8\text{-}3)$$

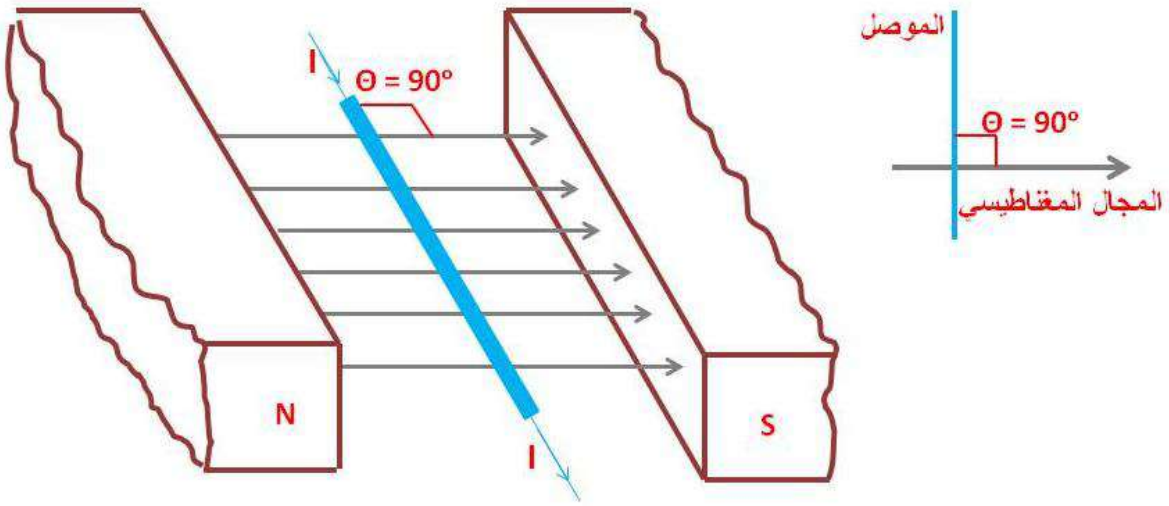
إذ إن :

F : القوة المؤثرة (نيوتن)

B : كثافة الفيض المغناطيسي وقيس بالتسلا (T)

L : طول الموصل الفعال وقيس بالمتر (M)

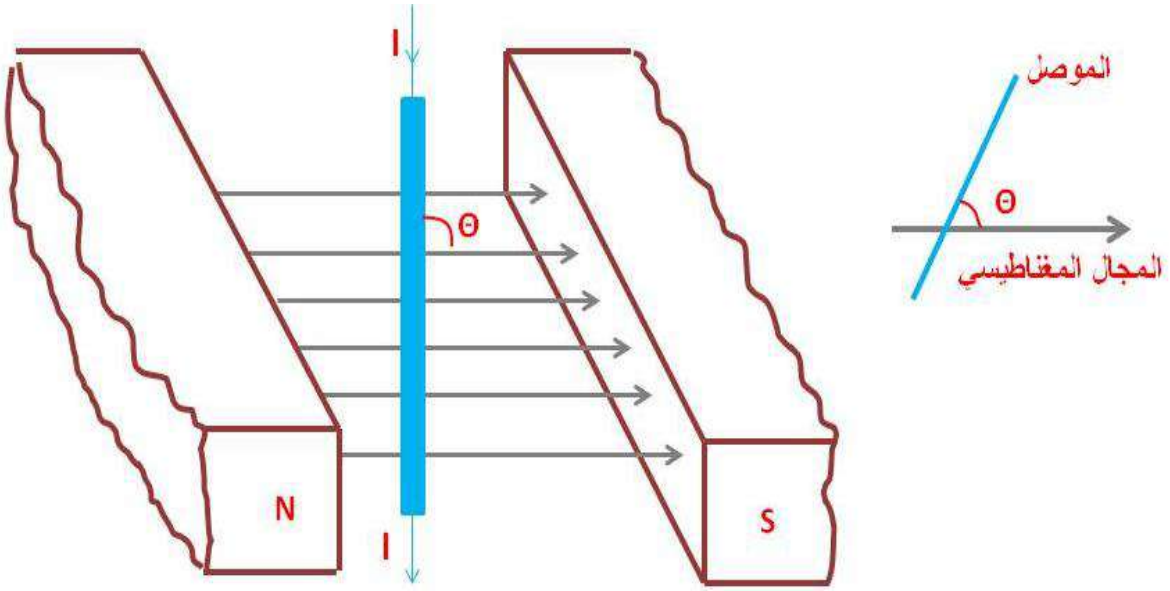
I : قيمة التيار الكهربائي وقيس بالأمبير (A)



الشكل (13-3) الموصل عمودياً على المجال

أما إذا حصلت زاوية مقدارها (Ø) بين المجال المغناطيسي والموصل وكما مبين بالشكل (14 – 3) فان القوة سيتم ايجاد قيمتها ومن المعادلة الآتية ومقاسة بالنيوتن :

$$F = BLI \sin Ø \qquad \text{N} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9\text{-}3)$$



الشكل (3-14) الموصل موضوع بزاوية Ø مع المجال

إن هذا المبدأ بشكل عام هو توليد حركة ميكانيكية نتيجة لوضع موصل أو ملف حامل للتيار داخل مجال مغناطيسي هو مبدأ عمل المحرك.

مثال 3-5 : موصل طوله (0.5m) موضوع داخل مجال مغناطيسي منتظم . فاذا كانت كثافة الفيض المغناطيسي (1T) والتيار المار خلال الموصل (100A) فأحسب القوة التي يتعرض لها الموصل في الحالات الاتية :

أ- اذا كان الموصل عمودياً على المجال .

ب- اذا كان الموصل موضوعاً مائلاً بزاوية (30) مع اتجـــــــــــــاه المجال . إذا علمـــــت بأن (Sin 30 = 0.5)

الحل: أ) عندما يكون الموصل عمودياً على المجال

L = 0.5 m F = ?

B = 1 T

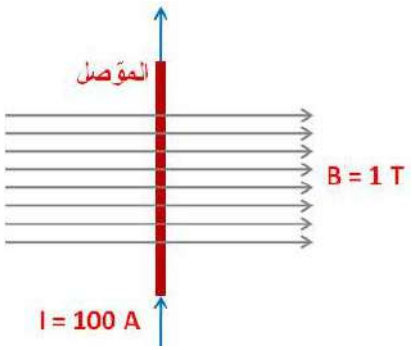
I = 100 A

Θ = 90 $\Longrightarrow$ Sin Θ = 1

F = B.L.I

F = 1 x 0.5 x 100

F = 50 N



شكل رقم (3-15)

ب) عندما يكون الموصل موضوعاً مائلاً بزاوية (30) مع المجال

L = 0.5 F = ?

B = 1 T

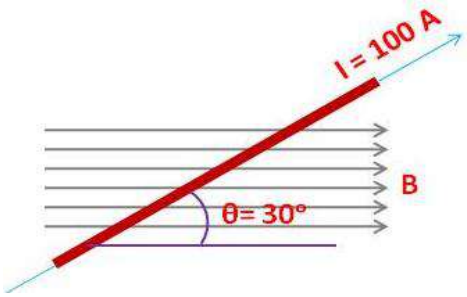
I = 100 A

Θ = 30 $\Longrightarrow$ Sin 30 = 0.5

F = B. L. I SinΘ

F= 1 x 0.5 x 100 x 0.5

F = 25 N



شكل (3-16)

مثال 3-6: موصل مستقيم طوله 0.1m يحمل تياراً كهربائياً وضع داخل مجال مغناطيسي منتظم وبشكل عمودي على اتجاه المجال فتعرض لقوة ميكانيكية مقدارها 10N . اذا كانت كثافة الفيض المغناطيسي 1T ، أحسب قيمة التيار المار في الموصل .

الحل :

L = 0.1 m

B = 1T

F = 10 N

بما ان الموصل عمودي على اتجاه المجال

F = B . L . I

I = $\frac{F}{B \times L}$ أو

I = $\frac{10}{1 \times 0.1}$ = 100 A مقدار التيار المار في الموصل

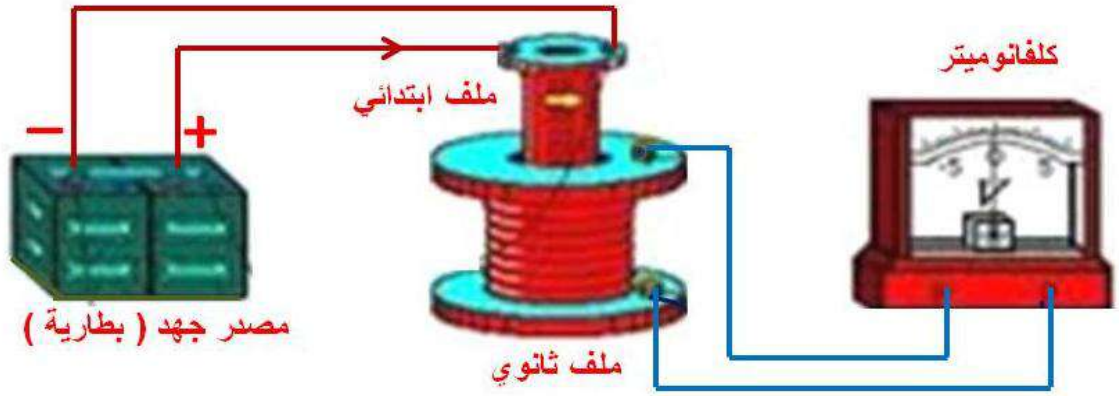
14-3 الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic Induction

استطاع العالم الانكليزي فارادي من تحقيق اكتشاف مهم وهو توليد التيار الكهربائي من المجال المغناطيسي أي عكس اكتشاف العالم اورستد . فقد اثبت العالم فارادي انه عند تحريك موصل كهربائي داخل مجال مغناطيسي منتظم قاطعاً المجال فأن قوة دافعة كهربائية (ق.د.ك) ستتولد على طرفي الموصل . أو يقال بأن قوة دافعة كهربائية تحتث فيه وهذا مايسمى بظاهرة الحث الكهرومغناطيسي ويمكن صياغة ذلك بعبارة أدق كما يأتي : " عندما يتغير المجال المغناطيسي الذي يتخلل ملف أو موصل فان قوة دافعة كهربائية ستحتث فيه . ويمكن أن يتم هذا التغيير إما بتحريك الملف بالنسبة للمجال الثابت أو أن يتم ذلك بتغيير التيار المسبب له مع بقاء الملف ساكناً "

وبالتالي يمكن تعريف ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي بأنها " توليد قوة دافعة كهربائية محتثة في ملف أو موصل موضوع داخل مجال مغناطيسي متغير أو عن طريق حركة الملف أو الموصل داخل المجال الثابت"

15-3 قانون فاراداي Faraday's Law

لإثبات ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي استخدم العالم فاراداي ملفين حلزونيين قام بتوصيل احدهما (الملف الابتدائي) بدائرة كهربائية فيها مصدر متغير للجهد ووصل الملف الثاني بكلفانومتر كما مبين في الشكل (3-15)



الشكل (3-15) إثبات ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي

وقد لاحظ فاراداي انحراف مؤشر الكلفانومتر في الدائرة الثانوية عند مرور تيار متغير في الملف الابتدائي مما يؤكد تولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف الثانوي .

كما وجد العالم فاراداي بان مقدار الـ (ق.د.ك) المحتثة في الملف يتناسب طردياً مع عدد لفات ومع مقدار المعدل الزمني الذي يقطع فيه الملف لخطوط الفيض المغناطيسي .

وبالتالي يمكن صياغة قانون فاراداي كما يأتي :

" إن مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في دائرة ما نتيجة التغير في الفيض المغناطيسي تساوي متوسط معدل التغير في الفيض المتخلل لها" ويعبّر عنه بما يلي :

$$E = N \frac{\Delta \emptyset}{\Delta t} \quad \text{Volt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10\text{-}3)$$

حيث ان

N : عدد لفات الملف

$\Delta \emptyset$: التغير في الفيض المغناطيسي

Δt : التغير في الزمن

ويمكن التعبير عن قانون فاراداي بشكل أدق رياضياً كما يأتي :

$$e = N \frac{d\emptyset}{dt} \quad \text{Volt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11\text{-}3)$$

مثال3-7: ملف عدد لفاته 20 لفة وضع داخل مجال مغناطيسي متغير . فاذا تغيرت قيمة الفيض من 1mWb الى 0.2mWb خلال 0.01Sec ، فأحسب معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف .

الحل :

N = 20 turn

$\Delta Ø = 1 - 0.2 = 0.8 \text{ mwb} = 0.8 \times 10^{-3} \text{ wb}$

$\Delta t = 0.01 \text{ Sec}$

$E = N \frac{\Delta Ø}{\Delta t} = 20 \times \frac{0.8 \times 10^{-3}}{0.01} = 1.6 \text{ Volt}$ القوة الدافعة الكهربائية المحتثة

مثال 3-8 : ملف عدد لفاته 100 لفة تخلله مقبض مغناطيسي قيمته 20mwb . اذا انعكس الفيض المغناطيسي خلال 2msec ، فأحسب معدل الــ (ق.د.ك) المحتثة في الملف .

الحل : N = 100 turns

$\Delta Ø = 20 - (-20)$

$= 40 \text{ mwb} = 40 \times 10^{-3} \text{ wb}$

$\Delta t = 2 \times 10^{-3} \text{ sec}$

$E = N \frac{\Delta Ø}{\Delta t}$

$E = 100 \times \frac{40 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}} = 2000 \text{ Volt}$ ق . د. ك المحتثة

مثال 3-9 : احسب عدد لفات ملف موضوع داخل مجال مغناطيسي متغير إذ تغيرت قيمته من 0.6 mwb الى 0.5mwb خلال 50msec وتولدت خلاله ق. د. ك محتثة مقدارها 3.6v .

الحل :-

$\Delta Ø = 0.6 - 0.5 = 0.1 \text{ mwb}$

$\Delta Ø = 0.1 \times 10^{-3} \text{ wb}$

$\Delta t = 50 \times 10^{-3} \text{ sec}$

$E = 3.6 \text{ V}$ $E = N \times \frac{\Delta Ø}{\Delta t}$

$3.6 = N \times \frac{0.1 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} =$

$N = \frac{3.6 \times 50}{0.1} = 1800$ عدد لفات الملف

16-3 : قانون لنز Lenz's Law

وهو قانون يمكن بواسطته تحديد إتجاه الـ (ق.د.ك) المحتثة والتيار الكهربائي الناتج عن الحث الكهرومغناطيسي وينص قانون لنز على مايلي :

" إن الــ ق.د.ك المحتثة في دائرة ما نتيجة تغير الفيض المغناطيسي تكون بقطبية بحيث تحاول توليد تيار يعاكس تغير الفيض المغناطيسي ".

أو بعبارة أخرى

" يكون إتجاه التيار المحتث في ملف أو موصل بحيث يعاكس التغير المسبب له " بمعنى ان الـ ق.د.ك والفيض المغناطيسي متعاكسان في الإشارة .

وعليه فان المعادلة (3-10) والمعادلة (3-11) تصبحان كما يأتي :

$$E = -N\frac{\Delta\emptyset}{\Delta t} \quad \text{volt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12–3)$$

$$e = -N\frac{d\emptyset}{dt} \quad \text{volt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13–3)$$

ويسمى حاصل الضرب (NØ) بوصلية الفيض أو وصلية التدفق أو الفيض المتخلل (Flux linkage) ويرمز لها بالرمز (ψ) وعليه يمكن كتابة المعادلة (3-13) كما يأتي :

$$e = -\frac{d\psi}{dt} \quad \text{volt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14–3)$$

17-3 قيمة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في موصل

Magnitude of Induced E .M. F in Conductor

كما ذكرنا سابقاً اذا تم تحريك موصل داخل مجال مغناطيسي منتظم قاطعاً هذا المجال بسرعة معينة فان قوة دافعة كهربائية (ق. د . ك) ستتولد في الموصل وان قيمة هذه الـ (ق.د.ك) تعتمد على :

أ- كثافة الفيض المغناطيسي B .

ب- سرعة حركة الموصل داخل المجال المغناطيسي V .

جـ - الطول الفعال للموصل (وهو طول الجزء الواقع ضمن المجال) L .

د. الزاوية بين إتجاه حركة الموصل واتجاه المجال المغناطيسي Θ.

وبذلك يمكن حساب قيمة الـ (ق.د.ك) المحتثة وفق المعادلة الآتية :

$$E = B\,L\,V\,\sin\Theta \quad \text{volt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15\text{-}3)$$

وسنقوم بدراسة ثلاث حالات

أولاً : إذا كانت حركة الموصل عمودية على اتجاه المجال المغناطيسي أي ان ($\Theta = 90^{\circ}$) وهي أعظم قيمة للـ (ق.د.ك)

$Sin90 = 1$

$$E = B\,L\,V \quad \text{volt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16\text{–}3)$$

ثانياً : اذا كانت حركـــة الموصل بزاوية Θ مع اتجاه المجال المغناطيسي وبهذه الحالة ستكون قيمة الـ (ق.د.ك) كما يلي:

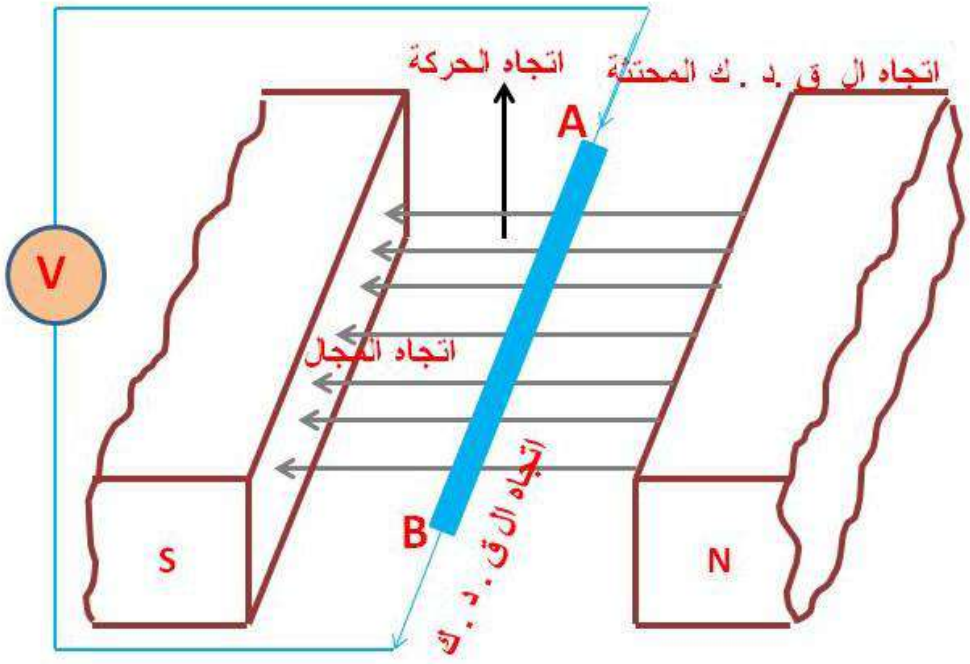
$$E = B\,L\,V\,Sin\Theta \quad \text{volt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (17\text{-}3)$$

ثالثاً : اذا كانت حركة الموصل بشكل موازٍ لاتجاه خطوط المجال ($\Theta = 0$) فلا تتولد أي ق.د.ك في هذه الحالة :

$$E = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (18\text{–}3)$$

18-3: إتجاه الـ (ق.د.ك) المحتثة Direction of Induced E.M.F

عند تحريك الموصل (AB) الموضح في الشكل (16-3) داخل المجال المغناطيسي وقاطعاً هذا المجال فان ق.د.ك ستحتث فيه .

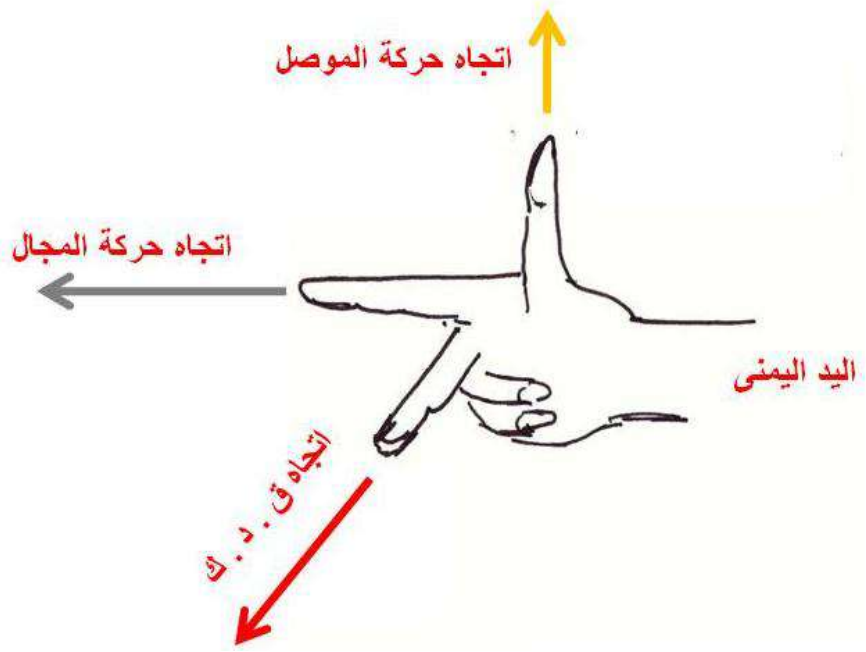


الشكل (16-3) يوضح حدوث قوة دافعة كهربائية محتثة في سلك يقطع مجال مغناطيسي

لو نفرض تحريك الموصل من أسفل إلى اعلى بشكل عمودي قاطعاً المجال فان اتجاه الـ (ق.د.ك) سيكون كما في الشكل أعلاه وان تياراً كهربائيا سيسري من A إلى B .

ويمكن تحديد إتجاه القوة الدافعة الكهربائية المتولدة وفق قانون فاراداي وذلك باستخدام قاعدة اليد اليمنى . وهي تتم كما يلي :

" نجعل الإبهام والسبابة والوسطى لليد اليمنى في حالة تعامد مع ضم الأصابع الباقية إذ يشير الإبهام إلى اتجاه حركة الموصل وتشير السبابة إلى اتجاه خطوط الفيض المغناطيسي وبذلك يكون إتجاه الوسطى يشير الى اتجاه الـ ق.د.ك المحتثة " كما في الشكل (3-17) .



الشكل (3-17) قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه الـ (ق.د.ك) المحتثة

إن مبدأ توليد الـ (ق.د.ك) نتيجة حركة الموصل أو الملف داخل مجال مغناطيسي هو مبدأ الذي تعمل فيه المولدات الكهربائية .

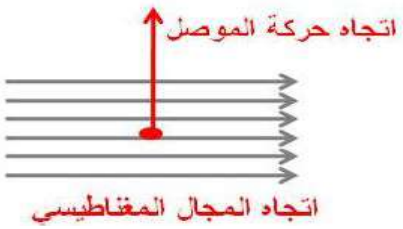
مثال3-10: موصل طوله (1M) يتحرك داخل مجال مغناطيسي منظم كثافته (1.5t) وقاطعاً هذا المجال بسرعة (50m/sec) .

أحسب الـ ق.د.ك المحتثة في الموصل في الحالات الآتية :

أ- إذا كانت حركة الموصل عمودية على اتجاه المجال .
ب- إذا تحرك الموصل وبنفس السرعة بزاوية 30° مع اتجاه المجال (sin30= 0.5)
جـ- إذا كانت حركة الموصل موازية لخطوط الفيض .

الحل:-

أ - عندما يتحرك الموصل عمودياً $\Theta = 90^{\circ}$ إن الـ ق.د.ك المحتثة هي



$L = 1m$

$B = 1.5T$

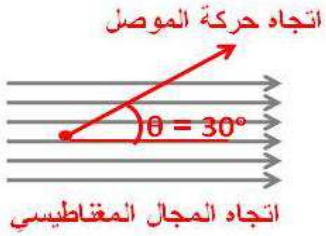
$V = 50\ m/sec$

$E = ?$

$E = B\ L\ V$

$E = 1.5x\ 1\ x\ 50=75V$

ب - عندما يتحرك الموصل بزاوية $\Theta = 30^{\circ}$ إن الــ ق.د.ك المحتثة هي



$E = B\ L\ V \sin\Theta$

$E = 1.5 \times 1 \times 50 \times \sin 30$

$E = 1.5 \times 1 \times 50 \times 0.5$

$E = 37.5\ volt$

ج - عندما يتحرك الموصل بشكل يوازي خطوط الفيض لاتتولد ق . د . ك

$E = Zero$

مثال 11-3 : تولدت ق.د.ك محتثة مقدارها (1.5v) في موصل مستقيم كان يتحرك بسرعة (5m/sec) وبشكل عمودي على إتجاه مجال مغناطيسي منتظم وكثافة الفيض فيه (0.75t) ، أحسب الطول الفعال للموصل .

الحل:

$E = 1.5v$

$V = 5m/sec \qquad L = ?$

$B = 0.75t$

بما إن الموصل يتحرك عمودياً على اتجاه المجال

يمكن حساب الـ ق.د.ك المحتثة كما يأتي :

$E = B\ .\ L\ .\ V$

$$L = \frac{E}{B\ V} = \frac{1.5}{0.75 \times 5} = 0.4m$$

الطول الفعال للموصل $L = 0.4 \times 100 = 40\ cm$

مثال 3-12 : موصل مستقيم طوله (0.5m) كان يتحرك بسرعة معينة داخل مجال مغناطسي منظم كثافته (1t) وقاطعاً المجال بشكل عمودي فتولدت فيه ق.د.ك محتثة مقدارها (15v) .

أحسب سرعة حركة الموصل داخل المجال .

الحل $L = 0.5m \quad , \quad B = 1T \quad , \quad E = 15v \quad , \quad V = ?$

$$E = B\,L\,V$$

$$V = \frac{E}{B\,L}$$

$$V = \frac{15}{1 \times 0.5} = 30\ m/sec$$

19-3منحني التمغنط أو منحني التشبع

Magnetizing Curve or Saturation Curve

كما تم ذكره سابقاً فان العلاقة بين B وH في الفراغ المطلق تكون ممثلة في العلاقة الآتية :

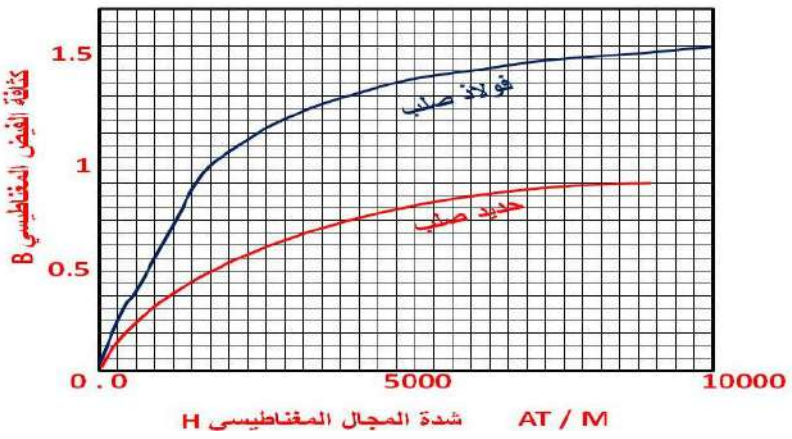
$$B = \mu_o H \quad T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (19\text{-}3)$$

وهي علاقة خطية لان μ_o كمية ثابتة

ولكن العلاقة بينهما في أية مادة مغناطيسية تكون غير خطية وهي ممثلة في العلاقة الآتية :

$$B = \mu_o \mu_r H \quad T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (20\text{-}3)$$

إن قيمة μ_r ليست ثابتة بل تعتمد على قيم كل من H وB كما موضح في الشكل (3-18) .نلاحظ من هذا الشكل إن كثافة الفيض B تزداد خطياً مع H عند قيم صغيرة لـ H ثم تصبح الزيادة غير خطية وعند قيم عالية جداً لـ H فان أي زيادة في قيم H لايناظرها زيادة كبيرة في قيم B . ويقال في هذه الحالة إن المادة المغناطيسية قد تشبعت .

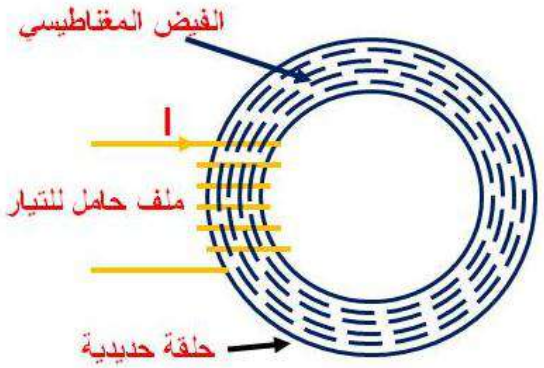


شكل (3-18)

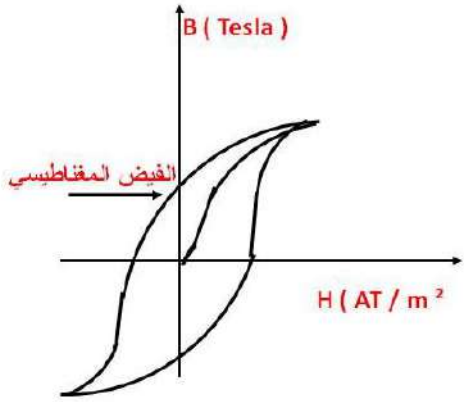
3– 20 الإدارة التخلفية Hysteresis Loop

التخلفية المغناطيسية أو مايسمى بالهسترة (Hysteresis) هي صفة من صفات المواد الفيرومغناطيسية . وتنشأ بسبب إن المواد المغناطيسية تكتسب صفاتها المغناطيسية من أن تركيباتها البلورية الأساسية تكون مشتتة قبل تسليط المجال المغناطيسي عليها وعند تسليط شدة مجال مغناطيسي خارجي على هذه المواد تنتظم هذه البلورات بنسق واحد مكونة الصفات المغناطيسية وعند زوال المجال المغناطيسي الخارجي لاترجع كل البلورات إلى صورتها العشوائية القديمة مما يسبب بقاء فيض مغناطيسي متخلف في المادة وهو سبب الهسترة .

فلو نأخذ الحلقة الحديدية المبينة في الشكل (3-19) ونلف عليها ملف من عدة لفات ونمرر فيه تياراً كهربائياً (I) .إذا أردنا رسم العلاقة بين شدة المجال المغناطيسي (H) الذي يولده التيار وبين كثافة الفيض المغناطيسي داخل الحلقة المغناطيسية (B) لدورة كاملة سنحصل على منحنٍ مغلق يسمى منحني التخلفية المغناطيسية أو حلقة الهسترة وكما في الشكل (3-20).



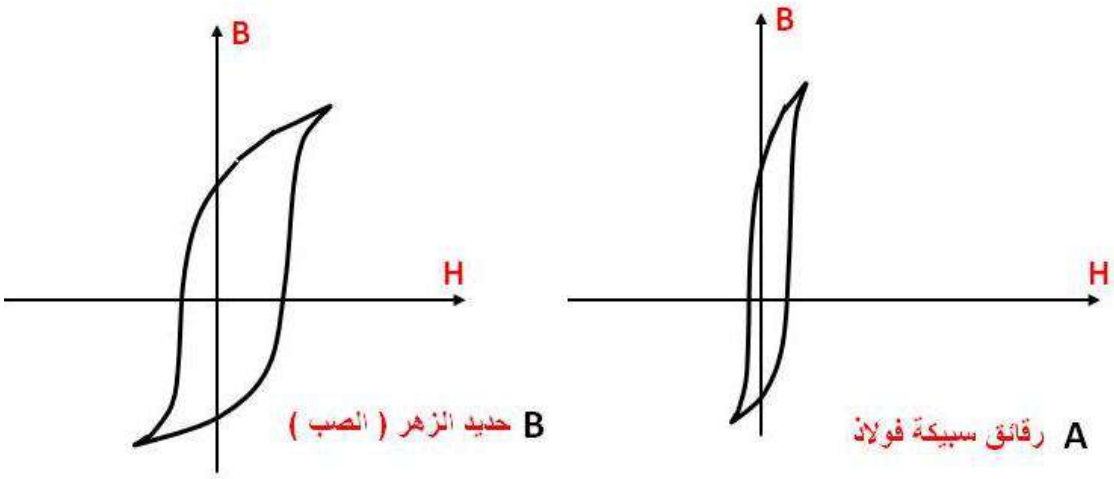
شكل (3–19) يوضح الفيض المغناطيسي في الحلقة الحديدية



شكل (3–20) يوضح منحني التخلفية أوحلقة الهسترة (دائرة التخلفية)

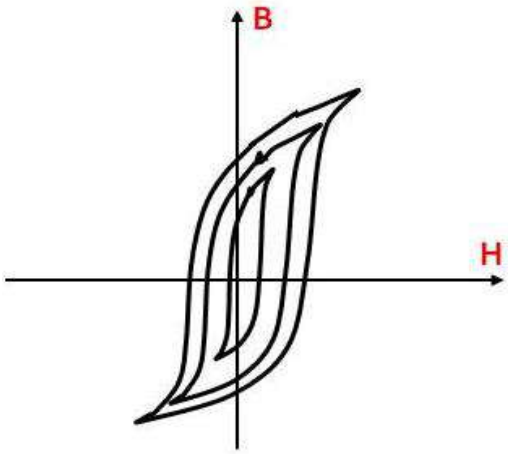
إن شكل وحجم الدائرة التخلفية تعتمد على العوامل الآتية :

أ- **نوع المادة المغناطيسية** : بالنسبة للمواد المغناطيسية التي تتمغنط بسهولة تكون دارة التخلفية ضيقة بينما تكون عريضة للمواد التي لاتتمغنط بسهولة كما في الشكل (3-21)



شكل (3–21) يوضح العلاقة بين الدائرة التخلفية ونوع سبيكة الحديد المستعمل للتمغنط

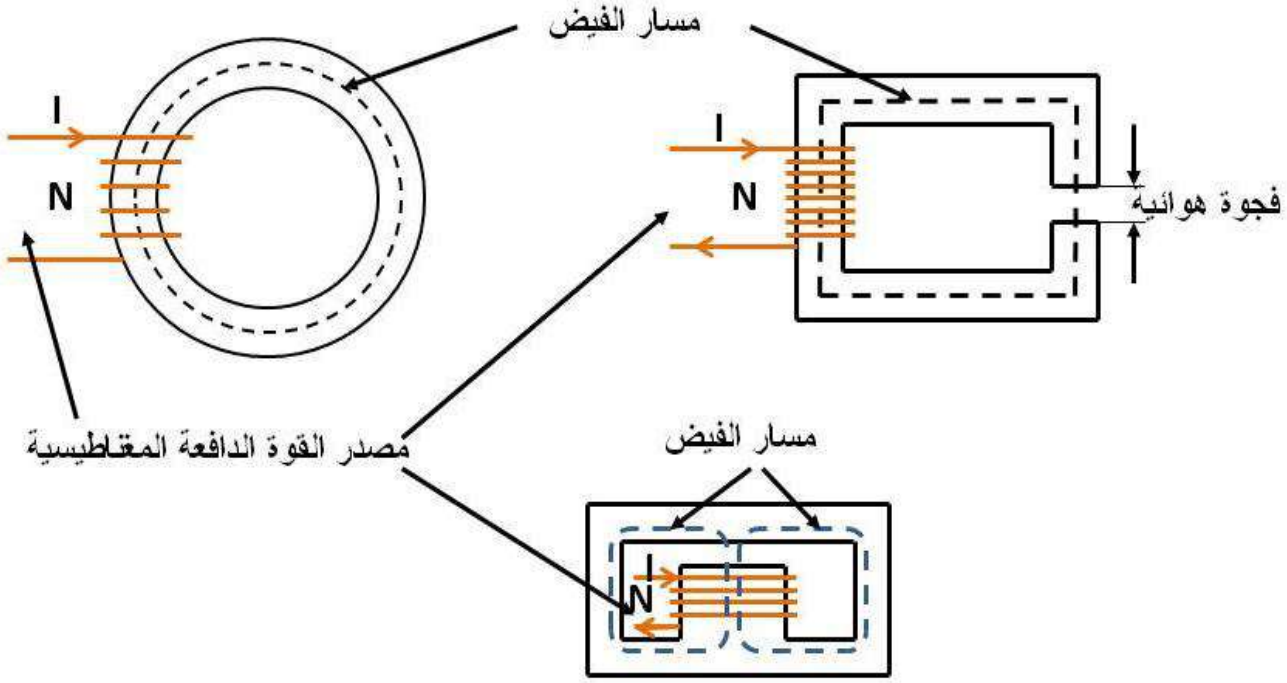
ب- القيمة العظمى لشدة المجال المغناطيسي : إن مساحة الدائرة التخلفية تزداد بالزيادة التدريجية للقيم العظمى لشدة المجال المغناطيسي وكما مبين في الشكل (3-22)



شكل (3-22) يوضح الدارات التخلفية لقيم مختلفة لشدة المجال

3 -21 الدائرة المغناطيسية Magnetic Circuit

الدائرة المغناطيسية عبارة عن مسار مغلق يجري فيه فيض مغناطيسي ويحتوي على مصدر للقوة الدافعة المغناطيسية ولها ممانعة تعاكس حركة الفيض المغناطيسي وكما في الشكل (3-23)



الشكل (3-23) أشكال مختلفة للدوائر المغناطيسية

3-22 القوة الدافعة المغناطيسية Magnetomotive Force

وتسمى احيانا بالقوة المحّركة المغناطيسية وهي المسؤولة عن توليد الفيض المغناطيسي وتحريكه في مسار الدائرة المغناطيسية وهي تكافي القوة الدافعة الكهربائية في الدوائر الكهربائية .

الرمز : MMF الوحدة : AT امبير لفة

ويمكن حساب قيمة الـ ق.د.م كما يلي

$$MMF = N \cdot I \quad AT \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (21\text{-}3)$$

حيث:

N :عدد اللفات للملف

I : التيار المار بالملف

3– 23 الممانعة المغناطيسية (المعاوقة) Reluctance

وهي خاصية المادة في معاكسة مسار الفيض المغناطيسي وهي مكافئة للمقاومة في الدائرة الكهربائية .

الرمز : S الوحدة : AT/ Wb امبير .لفة / ويبر

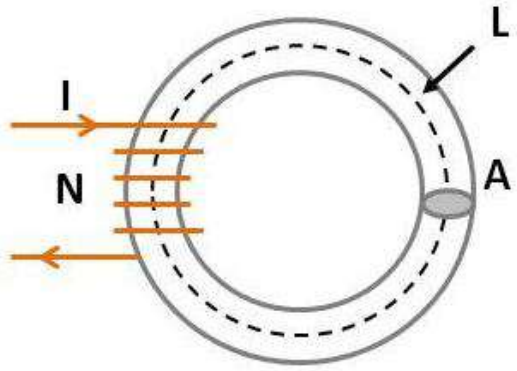
تعتمد قيمة الممانعة المغناطيسية على عدة عوامل وهي :

أ- طول المسار المغناطيسي الذي يسلكه الفيض المغناطيسي خلال الدائرة المغناطيسية اذ تتناسب فيه الممانعة المغناطيسية طردياً مع طول المسار .

ب- مساحة مقطع الدائرة المغناطيسية اذ تزداد قيمة الممانعة المغناطيسية بنقصان قيمة مساحة المقطع أي تتناسب تناسباً عكسياً .

جـ- تتناسب الممانعة المغناطيسية تناسباً عكسياً مع نفاذية المادة أي ان الممانعة تزداد كلما قلت نفاذية المادة المغناطيسية .

فلو نأخذ الدائرة المغناطيسية المبينة في الشكل (3-24) فان قيمة الممانعة المغناطيسية لهذه الدائرة هي كما ياتي :



(3-24) الشكل يوضح دائرة مغناطيسة

$$S = \frac{L}{\mu o \mu r A} \quad AT / Wb \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (22\text{-}3)$$

حيث ان

L : متوسط طول المسار المغناطيسي ويقاس بالمتر (m)

A: مساحة مقطع الحلقة مقاساً (m^2)

μ0: نفاذية الفراغ المطلق

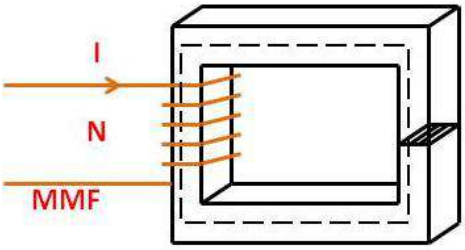
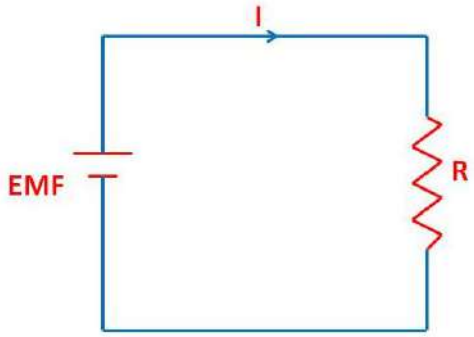
μr: النفاذية النسبية لمادة الحلقة

وبالنسبة للهواء والمواد غير القابلة للتمغنط فان الممانعة المغناطيسية تكون كما يأتي :

$$S = \frac{L}{\mu o A} \quad AT/ Wb \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (23\text{-}3)$$

3 –24- مقارنة الدائرة المغناطيسية مع الدائرة الكهربائية

إن الدائرة المغناطيسية تعتبر غالباً مكافئة للدائرة الكهربائية ويمكن إجراء المقارنة الآتية بين الدائرتين الكهربائية والمغناطيسية وكما مبين في الجدول الأتي :

ت	الدائرة المغناطيسية	الدائرة الكهربائية
1	 MMF = NI = ϕ .S	 EMF = I . R
2	MMF = Ø . S (AT) القوة الدافعة المغناطيسية	EMF = I . R القوة الدافعة الكهربائية
3	(Ø) Wb الفيض المغناطيسي	I (Amp) التيار الكهربائي
4	الممانعة المغناطيسية (S) $S = \frac{L}{\mu o\ \mu r\ A}$ $S = \frac{MMF}{\emptyset}$	المقاومة R $R = \rho . \frac{L}{A}$ $R = \frac{EMF}{I}$

مثال 3 – 13 :- دائرة مغناطيسية مكونة من حلقة حديدية معدل قطرها 15 cm ومساحة مقطعها $10\ cm^2$ لف حولها ملف وربط الى مصدر للجهد فتولد فيض مغناطيسي في الدائرة قيمته0.001wb . اذا كانت نفاذية الحديد المستخدم في الحلقة 800 ، فأحسب :

1- كثافة الفيض المغناطيسي B

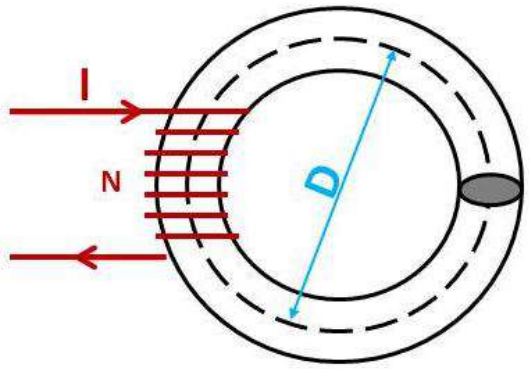
2-قوة التمغنط H

3- الممانعة المغناطيسية S

4- القوة الدافعة المغناطيسية MMF

الحل :

ان الدائرة المغناطيسية مبينة كما في الشكل (3-25)



شكل رقم (3-25)

$D = 15\ cm = 15 \times 10^{-2} = 0.15m$ متوسط قطر الحلقة

$A = 10\ cm2 = 10 \times 10^{-4} = 0.001m2$ مساحة مقطع الحلقة

$\mu r = 800$

$\emptyset = 0.001\ wb$

$L = \pi . D$

$= 3.14 \times 0.15 = 0.471\ m$ معدل طول الحلقة

1- B - كثافة الفيض المغناطيسي

$$B = \frac{\emptyset}{A} = \frac{0.001}{0.001} = 1\ Tesla$$

2- H - قوة التمغنط

$$H = \frac{B}{\mu o\ \mu r} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7} \times 800} = 994.7\ AT$$

3 - S - الممانعة المغناطيسية

$$S = \frac{L}{\mu o\ \mu r\ A}$$

$$= \frac{0.471}{4\pi \times 10^{-7} \times 800 \times 0.001} = 468512\ AT/wb$$

4 - MMF القوة الدافعة المغناطيسية

$MMF = \emptyset . S$

$= 0.001 \times 468512$

$= 468.512\ AT$

أو

$MMF = H . L$

$= 994.7 \times 0.471$

$= 468.512\ AT$

مثال (3-14) :- قلب حديدي حلقي الشكل معدل قطره 10cm لف حوله ملف عدد لفاته 2000T وربط الى مصدر كهربائي فاذا كان التيار المار في الملف 1000mA فاحسب

1- القوة الدافعة المغناطيسية MMF

2- شدة المجال المغناطيسي المتولد (قوة المغنطة H)

الحل : ان الدائرة المغناطيسية مبينة في الشكل (3-26)

N =2000T

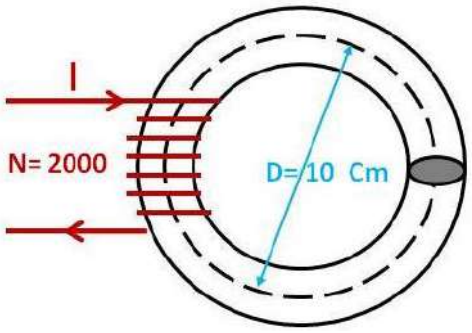
I = 1000mA

= 1000 x 10^{-3} = 1A

D =10cm

= 10 x 10^{-2}m

= 0.1m



الشكل(3-26)الدائرة المغناطيسية

1- MMF = NI القوة الدافعة المغناطيسية

= 2000 x 1

= 2000AT

2- H (شدة المجال المغناطيسي (قوة المغنطة

$$H = \frac{MMF}{L}$$

حيث أن

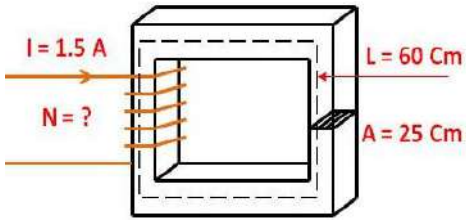
L = π.D

= 0.1 x 3.14 = 0.314

$$H = \frac{2000}{0.314} = 6369 \quad AT / M$$

مثال (3-15):- في الدائرة المغناطيسية المبينة في الشكل (3-27) ، يمر تيار قيمته 1.5A في الملف، أحسب عدد اللفات اللازمة للملف لتوليد فيض مغناطيسي قيمته 2.5 mwb ، اذا علمت بان منحني التمغنط للمادة الحديدية المصنوعة منها الحلقة كما يأتي :

B(T) :	0.2	0.5	0.7	1	1.2
H(AT/m):	300	540	650	900	1150



الشكل (3-27) الدائرة المغناطيسية للمثال

الحل:-

B كثافة الفيض المغناطيسي

$$B = \frac{\emptyset}{A} = \frac{2.5 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-4}} = 1 \text{ Tesla}$$

من منحني التمغنط نجد قيمة H المقابلة لقيمة B

B =1 Tesla ..... H = 900 AT/m

L =60cm = 60 x 10^{-2} = 0.6m

MMF = H .L

= 900 x 0.6 54 AT

MMF = N I

540 = N x 1.5

$$N = \frac{540}{1.5} = 360$$ عدد لفات الملف

مثال:- دائرة مغناطيسية على شكل حلقة قطرها الخارجي 17cm وقطرها الداخلي 15cm ومساحة مقطعها $12cm^2$. لف حولها ملف عدد لفاته 1200T وربط الملف الى مصدر كهربائي .اذا كانت كثافة الفيض المغناطيسي في الحلقة 1.5T ونفاذية المادة الحديدية النسبية المصنوعة منها الحلقة 1000 فاحسب:

1- الفيض المغناطيسي في الحلقة Ø .

2- الممانعة المغناطيسية للدائرة S .

3- التيار المار بالملف .

الحل :

ان الدائرة المغناطيسية مبينة في الشكل (3-28)

D1 = 17cm = 0.17m القطر الخارجي

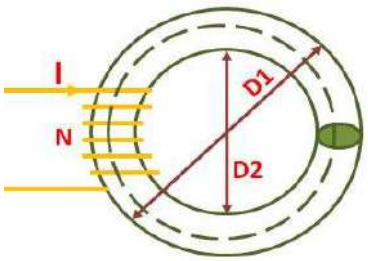
D2 = 15cm = 0.15m القطر الداخلي

D متوسط قطر الحلقة

$$D = \frac{D1+D2}{2} = \frac{0.17+0.15}{2} = 0.16 \text{ m}$$

D = 0.16m

N = 1200 عدد اللفات



شكل رقم (3-28)

$\mu r = 1000$ النفاذية النسبية

$A = 12cm^2 = 12 \times 10^{-4} m^2$ مساحة المقطع

1- الفيض المغناطيسي Ø $\quad \emptyset = B \times A$

$= 1.5 \times 12 \times 10^{-4}$

$= 18 \times 10^{-4}$ wb

2 - الممانعة المغناطيسية S $\quad s = \frac{L}{\mu o \, \mu r \, A}$

$L = \pi .D = 3.14 \times 0.16 = 0.5024$ m

$S = \frac{0.5024}{4\pi \times 10^{-7} \times 1000 \times 12 \times 10^{-4}} = 333333.3$ AT/wb

3 - القوة الدافعة المغناطيسية MMF

$MMF = \emptyset.S$

$= 18 \times 10^{-4} \times 333333.3$

$= 600AT$

$I = \frac{MMF}{N} = \frac{600}{1200} = 0.5$ A

أسئلة الفصل

س1: اختر الجواب الصحيح لكل مما يأتي :

أ- النفاذية النسبية للفراغ هي :

$4\pi \times 10^{-7}$H/m (1) 1H/m (2) 1 (3) 1/4Л (4)

ب- قوة المغنطة (التمغنط) H وكثافة الفيض المغناطيسي B تربطهما العلاقة الرياضية الاتية

$B = \frac{\mu r\, H}{\mu o}$ (1) $B = \frac{H}{\mu r\, \mu o}$ (2) $B = \frac{\mu o\, H}{\mu r}$ (3) $B = \mu o\, \mu r H$ (4)

جـ- القوة التي يتعرض لها موصل موضوع بموازاة المجال المغناطيسي هي

BIL (1) Zero (2) HIL (3) BIL Sinθ (4)

س2: اكمل الفراغات الاتية بكلمة او عبارة صحيحة .

1- المجال المغناطيسي هو الحيز ..... بالمغناطيسي ويظهر فيها ..... على مواد معينة .

2- خطوط المجال المغناطيسي هي خطوط ..... لاوجود لها فيزياوياً .

3- يتم تحديد إتجاه المجال المغناطيسي حول موصل طويل مستقيم بواسطة ..... او بواسطة .....

4- قانون لنز وهو قانون يمكن بواسطته تحديد ..... القوة الدافعة الكهربائية المتولدة من الحث الكهرومغناطيسي.

5- ظاهرة تخلف المغناطيسية في المواد عن المجال الممغنط تدعى .....

س3 : عرف ما يأتي :

1- المجال المغناطيسي 2- الدائرة المغناطيسية

3- الممانعة المغناطيسية 4- النفاذية المغناطيسية المطلقة

س4: عدد مزايا خطوط المجال المغناطيسي .

س5: اجب بصح او خطأ امام العبارات الاتية :

1- تتركز قوة الجذب المغناطيسي للمغناطيس في وسطه وتقل عند القطبين .

2- اذا قطع المغناطيس من اي منطقة فيه فان القطع الجديدة المتكونة ستكون مغانطاً جديدة لها قطبان.

3- خطوط الفيض المغناطيسي لاتتقاطع مع بعضها البعض ابداً .

4- ان خطوط الفيض المغناطيسي تكون في حالة ارتخاء وتحاول ان تأخذ أطول مسار.

5- تستخدم قاعدة اليد اليسرى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي حول موصل طويل مستقيم.

6- تسمى القوة الدافعة المغناطيسية احياناً بالقوة المحّركة المغناطيسية وهي مكافئة للقوة الدافعة الكهربائية في الدوائر الكهربائية .

س6: ملف على شكل مستطيل ابعاده (15cm x 25cm) يدور داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافته (0.5T) .أحسب مقدار الفيض المغناطيسي خلال الملف عندما يكون مائلاً عن المجال بزاوية°30 .

(الجواب: 0.0039WB)

س7: قلب حديدي مساحة مقطعه($10cm^2$) . لف عليه ملف يمر خلاله تيار فتولد فيض مغناطيسي داخل القلب مقداره (1mwb) .أحسب كثافة الفيض المغناطيسي داخل القلب .

س8: قوة دافعة كهربائية مقدارها (1.5v) أحتثت في موصل مستقيم يتحرك بسرعة (5m/sec) وبشكل عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافته(0.75T) .أحسب الطول المؤثر (الفعال) للموصل (الجواب : 0.4m)

س9: فيض مغناطيسي تتغير قيمته بانتظام من (0.6mwb) الى (0.5mwb) خلال (40 msec) ويتخلل خلال ملف عدد لفاته (2000) لفة .أحسب معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة .

(الجواب : 5v)

س10: موصل طوله المؤثر (250mm) يتحرك بسرعة (5m/sec) وبشكل عمودي قاطعاً مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.24T) .أحسب

أ- ق.د.ك المحتثة في الموصل.

ب- القوة المؤثرة في الموصل اذا كان يمر خلاله تيار قيمته (20A).

(الجواب: أ= 0.3V ، ب=1.2 N)

س11: دائرة مغناطيسية على شكل حلقة حديدية مساحة مقطعها ($12cm^2$) ومعدل قطرها (20cm) لف حولها ملف مربوط لمصدر جعد كهربائي فتولد فيض مغناطيسي مقداره (1mwb) .اذا علمت بان النفاذية النسبية للحديد المستخدم في الحلقة هي (1000) ،فأحسب

1- كثافة الفيض المغناطيسي .

2- شدة المجال المغناطيسي. 3- الممانعة المغناطيسية .

(الجواب : (1) = 0.83wb ، (2)= 6604AT/m ، (3)= 416666.6AT/wb)

س12: ملف عدد لفاته (350) لفة ويحمل تياراً مقداره (0.6A) لف حول حلقة حديدية معدل طولها (0.5m) .أحسب قوة التمغنط في الدائرة المغناطيسية .

(الجواب: 420AT/m)

س13: حلقة من الفولاذ مساحة مقطعها العرضي ($150mm^2$)ومعدل متوسط قطرها (85mm) لف عليها ملف عدد لفاته (250) لفة فتولد فيض مغناطيسي مقداره (0.35mwb) .أحسب التيار المار بالملف واللازم لتوليد هذا الفيض اذا علمت بان النفاذية النسبية للفولاذ هي (500) .

(الجواب: 3.96A)

س14: دائرة مغناطيسية حديدية حلقية الشكل متوسط محيطها (0.4m) ومساحـــــة مقطعهـــــــا ($5 \times 10^{-4}\ m^2$). لف عليها ملف عدد لفاته (300)لفة ويحمل تياراً قيمته (2.5A) . أحسب ما يأتي:

1- القوة الدافعة المغناطيسية .

2- قوة التمغنط.

3- الفيض المغناطيسي.

(النفاذية ةالنسبية للحديد 800)

(الجواب (1) = 750AT ، (2) = 1875AT/m ، (3) = 0.94 mwb)

الفصل الرابــع

المواد شبه الموصلة

Semiconductor materials

الهدف من الفصل :

1. دراسة المواد شبه الموصلة وكيف تختلف عن المواد العازلة والموصلة .
2. دراسة البناء الأساسي لذرة المواد شبه الموصلة والآصرة التساهمية في السيلكون والجرمانيوم.
3. التعرف على كيفية مرور التيار الكهربائي في المواد شبه الموصلة .
4. وصف خواص القطع شبه الموصلة P- type & N- type .
5. وصف القطعة ثنائية المعدن diode (PN- junction).
6. وصف العلاقة البيانية بين الضغط والتيار للموحد (diode) في حالة ألانحياز ألامامي وألانحياز العكسي .
7. التعرف على أنواع الموحد (diode) ومجالات أستخدامهِ.
8. وصف الترانزستور (transistor) والتعرف على أقطابهِ ورمزه في الدوائر ألالكترونية وعلى أنواعهِ.
9. التعرف على عملية ألانحياز في الترانزستور.
10. التعرف على الثايرستور وأقطابهِ وأنواعهِ ورمزه في الدائرة.
11. التعرف على مميزات الثايرستور وأهم أستخداماتهِ.

تمهيـــد :

من المهم والضروري أن يطلع ويتعرف الطالب في هذا الفصل على المواد شبه الموصلة لان أغلب العناصر الرئيسة التي تدخل في بناء الدوائر الالكترونية تصنع من المواد شبه الموصلة مثل الموحد (diode) والترانزستور (Transistors) والدوائر المتكاملة (Integrated circuts) I .C والثايرستور (Thyristor) .

ولكي يفهم الطالب بالشكل الصحيح كيف تعمل هذه العناصر يجب أن يمتلك المعرفة الأساسية للتركيب الذري والجزيئات للمواد شبه الموصلة وخواص هذه المواد .

كذلك من المهم أن يفهم الطالب أن هناك نوعين مختلفين من المواد شبه الموصلة احدهما قطعة سالبـــــة (N-type) والثانية قطعة موجبة (P- type) وعند توصيل هاتين القطعتين معاً السالبة والموجبة نحصل على قطعة ثنائية المعدن (PN- junction) وهو ألاساس في عمل العناصر الالكترونية مثل الموحد وأنواعه وكذلك الترانزستور والدوائر المتكاملة (I.C) .

4-1 المادة Material

لكي نفهم ماهي المواد سواء كانت موصلة للتيار الكهربائي أو عازلة أو شبه موصلة يجب أن يكون لدينا علم بتركيب المادة وتكوينها، فالمادة هي كل شيء ويشغل حيزاً في الفراغ وله كتلة مثل الماء والهواء وكل الأجسام المحيطة بنا، وقد تكون هذه المواد موجودة في الطبيعة بحالة صلبة أو سائلة أو غازية .

4-1-1 العنصر Element

العنصر هو المادة التي تتكون من نوع واحد من الذرات مثل عنصر الكاربون او عنصر النيتروجين ... الخ إلا إن العناصر توجد عادة بصورة نقية في الطبيعة او متحدة مع عناصر اخرى ، مثلاً كلوريد الصوديوم (Nacl) ملح الطعام مركب من ذرة واحدة من الصوديوم (مادة صلبة) وذرة واحدة من الكلور (غاز) ومن المهم أن نلاحظ إن كلا من الصوديوم والكلور ويعتبران ساميّن اذا تناولهما الانسان .

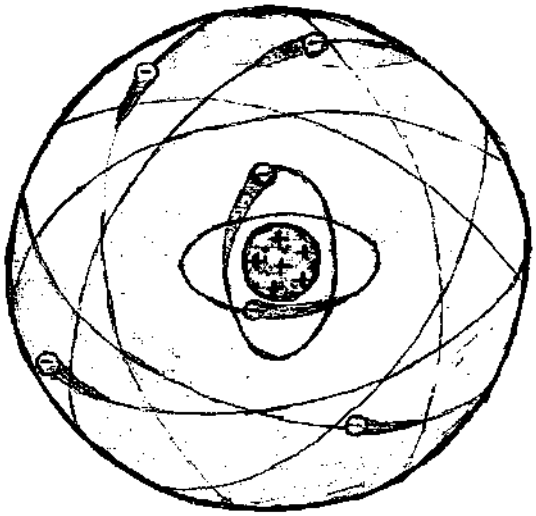
بينما يعتبر الملح مادة ضرورية للانسان ، كذلك جزيء الماء يتكون من ذرتين من عنصر الهيدروجين وذرة واحدة من عنصر الاوكسجين وكلا العنصرين يوجدان في الطبيعة على شكل غاز ولكن عند اتحادهما فأنهما يكونان الماء الذي يكون على شكل سائل .

4-1-2 التركيب الذري للمادة :

كل مادة في الطبيعة تحتوي على جزيء صغير يسمى الذرة وهذا الجزيء يحمل نفس خواص المادة الاصلية وهذه الذرة تحتوي على مركز صغير يسمى النواة (Nucleus) وتحتوي النواة على جسيمات اولية موجبة الشحنة تسمى البروتونات

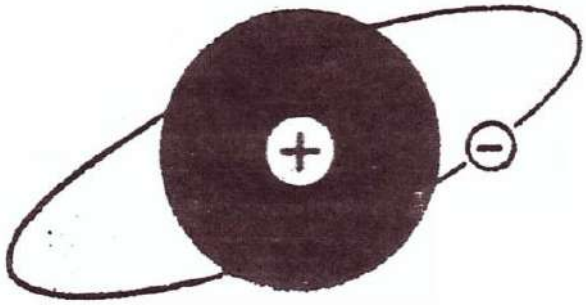
(Protons) وجسيمات اولية متعادلة الشحنة تسمى النيوترونات (Neutrons) وحول النواة تدور جسيمات سالبة الشحنة تسمى الالكترونات (Eletrons) وعدد الالكترونات التي تدور حول النواة يساوي عدد البروتونات الداخلة في تكوينها ويسمى بالعدد الذري ، وبذلك فان الذرة ككل متعادلة كهربائياً أي انها لاتحمل شحنة كهربائية معينة. وتدور الالكترونات حول النواة باستمرار في اغلفة منفصلة ولكل الكترون طاقة معينة تعتمد قيمتها على الغلاف الذري الذي يدور فيه.

ويبقى الالكترون متوازناً اثناء دورانه المستمر حول النواة تحت تاثير قوتين متساويتين في المقدار ومتعاكستين في الاتجاه، القوة الاولى هي قوة الجذب الكهربائي بين الالكترون والنواة والقوة الثانية هي قوة الطرد المركزي من دوران الالكترون حول النواة والشكل (1-4) يوضح ذلك .



شكل (4-1) يوضح الذرة ومركزها النواة وحركة الالكترونات حول النواة

ويختلف عدد مكونات النواة وعدد الالكترونات التي تدور حول النواة من ذرة عنصر الى ذرة عنصر اخر . فذرة الهيدروجين التي هي ابسط الذرات في تكوينها تحتوي نواتها على بروتون واحد فقط ويدور حولها الكترون واحد فقط كما موضحة في الشكل (4-2) .



شكل (4-2) يوضح ذرة الهيدروجين

يليه في البساطة عنصر الهيليوم الذي تحتوي نواته على بروتون ويدور حول النواة الكترونين في مدار واحد.

يعرف كل عنصر بعدد ذري يساوي عدد الالكترونات لذرة واحدة من ذرات العنصر . وتتوزع هذه الالكترونات في اغلفة حول النواة ، الغلاف الاول هو الغلاف الاصغر لايتسع لاكثر من الكترونين عندما تكون الذرة غير مشحونة .

والمدار الثاني يمكن ان يستوعب ثمانية الكترونات كما في ذرة عنصر النيون (العدد الذري للنيون 10) اذ ان عدد الكترونات الغلاف الاول اثنان وعدد الكترونات الغلاف الثاني ثمانية .

4 – 1 –3– جدول توزيع الالكترونات لبعض العناصر

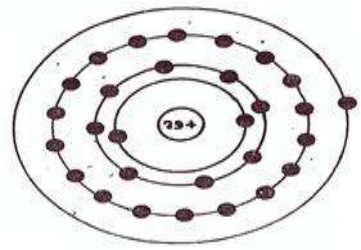
ت	العنصر	العداد الذري	المدار لأول	المدار الثاني	المدار الثالث	المدار الرابع	المدار الخامس	المدار السادس	المدار السابع
-1	Hهيدروجين	1	1						
-2	Heهيليوم	2	2						
-3	Cكاربون	6	2	4					
-4	Nنيتروجين	7	2	5					
-5	Oأوكسجين	8	2	6					
-6	Naصوديوم	11	2	8	1				
-7	Siسيليكون	14	2	8	4				
-8	Clكلور	17	2	8	7				
-9	Cuنحاس	29	2	8	18	1			
-10	Geجرمانيوم	32	2	8	18	4			
-11	U يورانيوم	92	2	8	18	32	18	12	2

4-1-4 كيفية توزيع الالكترونات في المدارات الخارجية :

تتوزع الالكترونات في اغلفة النواة حسب الجدول التالي :-

الغلاف الاول : 2 الغلاف الثاني : 8 الغلاف الثالث : 18 الغلاف الرابع : 32
الغلاف الخامس : 18 الغلاف السادس : 12 الغلاف السابع : 2

اذا كان الغلاف الاخير للذرة ممتلئاً لسعته القصوى تلك الذرة مستقرة ويطلق عليها ذرة نبيلة كما في ذرة عنصر النيون ، التي يكون غلافها الثاني مشبعاً بثمانية الكترونات ، اما اذا كان الغلاف الاخير غير ممتلىء لسعته القصوى فان ذرة العنصر تكون نشيطة كما في ذرة النحاس حيث ان الغلاف الاخير يحتوي الكتروناً واحداً فقط بينما يتشبع الغلاف الثالث بثمانية عشر الكتروناً وكما موضـــــــــحة في الشكـــــل (4-3) ادناه.

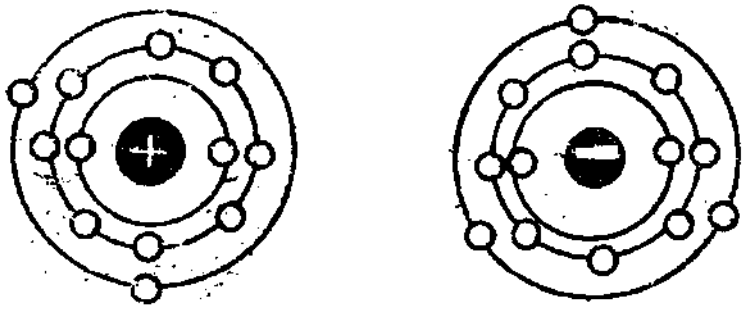


شكل (4–3) يوضح ذرة النحاس Copper atom

4-2 التأين Ionization

اذا ترك الكترون او اكثر من الكترونات المدار الخارجي ذرته فان عدد بروتونات هذه الذرة يصبح اكبر من عدد الكتروناتها وبذلك تصبح الذرة موجبة الشحنة وتصبح ايوناً موجباً (Positive ion) .

اما اذا التصق الكترون او اكثر بذرة عنصر ما فان الذرة تكتسب شحنة سالبة مساوية لشحنة الالكترونات التي انتقلت اليها الذرة ايوناً سالباً (Negative Ion) الشكل رقم (4 – 4) يوضح ذلك .



شكل (4 – 4) يوضح الذرة في حالة أيون سالب وأيون موجب

4-3 المواد الموصلة والمواد العازلة

Conductors and insulators material

في معظم المعادن تكون القوة التي تربط الكترونات الغلاف الاخير بنواتها قوة اقل نسبياً من القوة التي تربط الكترونات المدارات القريبة من النواة وذلك بسبب بعد الكترونات الغلاف الخارجي عن النواة وتترك هذه الالكترونات مدارها وتصبح حرة التنقل عشوائياً في المسافات البينية بين الذرات وتسمى هذه الالكترونات بالالكترونات الحرة (Free Electons) وهذه الالكترونات هي المسؤولة عن قابلية المعادن للتوصيل الكهربائي ،

وتسمى هذه المعادن بالموصلات (Conductors) مثال على ذلك النحاس والفضة والذهب والالمنيوم .

اما المواد العازلة فنجدها فقيرة جداً في شحناتها الحرة ، أي ان الالكترونات مرتبطة برباط قوي مع ذراتها ، ومن الامثلة على ذلك الزجاج والمايكا والمطاط والورق والبلاستك الاصطناعي .

4-4 المواد شبه الموصلة Semi conductor material

المواد شبه الموصلة سميت بهذا الاسم لانه تقع ما بين الموصلة والمواد العازلة للتيار الكهربائي .

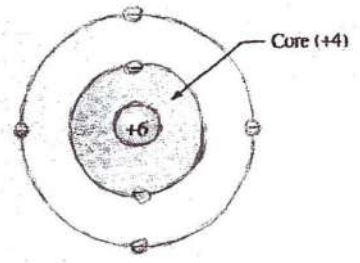
المواد شبه الموصلة مهمة جداً في مجال تصنيع العناصر والمواد التي تدخل في بناء الدوائر الالكترونية مثل الموحدات (Diodes) والترانزستورات (Transistors) والثايرستور (Thyristor) والدوائر المتكاملة (Integrated circuit—I.C) ويرجع لها الفضل في التطور السريع في عالم الالكترونيك.

وهذه الدوائر الالكترونية تستعمل في انظمة السيطرة والتشغيل لدوائر القدرة والمكائن الكهربائية والتي سندرسها لاحقاً

تصنع المواد شبه الموصلة من العناصر المعروفة وهي السيلكون (Silicon) والجرمانيوم (Germanium) والكاربون (Carbon) وكذلك الغاليوم (Gallium) ، هذه العناصر تمتاز في تركيبها الذري الخاص حيث تحتوي ذرات هذه المواد على اربع الكترونات تدور في المدار الخارجي للذرة ، فيما يلي رسم ذرة لكل عنصر من هذه العناصر .

1- ذرة الكربون Carbon atom

تحتوي ذرة الكاربون على ستة الكترونات موزعة على مدارين المدار الاول يحتوي على الكترونين والمدار الثاني يحتوي على اربع الكترونات والشكل رقم (4-5) يوضح ذلك .

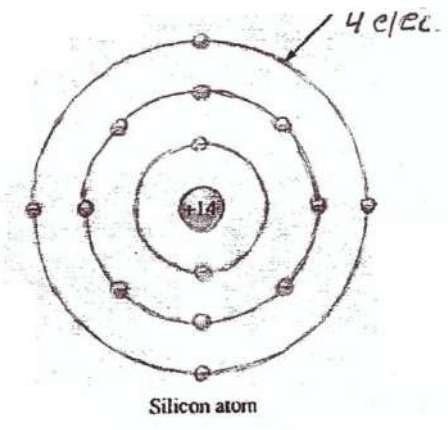


شكل (4-5) يوضح ذرة الكربون

2- ذرة السيلكون Sili con atom

تحتوي ذرة السيلكون على 14 الكتروناً موزعة على ثلاث مدارات وكما يلي :

(المدار الاول يحتوي على الكترونين والمدار الثاني يحتوي على ثمانية الكترونات والمدار الثالث يحتوي على اربعة الكترونات) . ولهذا السبب يستعمل السيلكون على نطاق واسع في صناعة الموحدات (Diodes) والترانزستورات (Transistors) والدوائر المتكاملة (I.c) الشكل رقم (4-6) يوضح ذرة السليكون وتوزيع الالكترونات في المدارات الثلاثة .

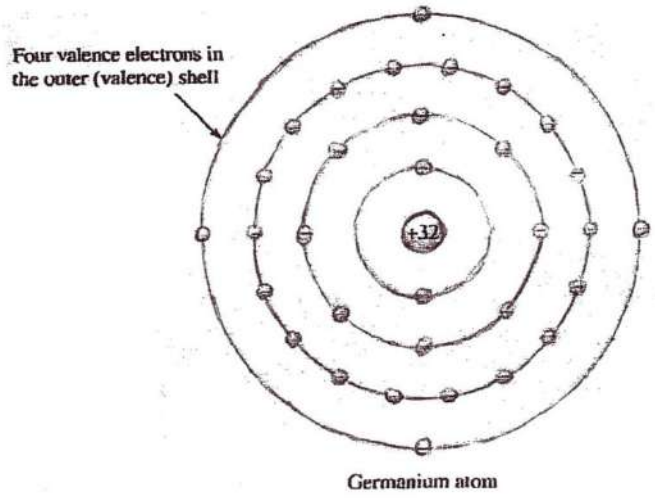


شكل (4-6) يوضح ذرة السليكون

3- ذرة الجرمانيوم Germanium atom

تحتوي ذرة الجرمانيوم على 32 الكترونا موزعة على اربعة مدارات وكما يلي :

(في المدار الاول الكترونين وفي المدار الثاني ثمانية الكترونات وفي المدار الثالث ثمانية عشر الكترون وفي المدار الرابع اربعة الكترونات) الشكل رقم (4-7) يوضح ذرة الجرمانيوم وكيفية توزيع الالكترونات في مداراتها .



شكل (4-7) يوضح ذرة الجرمانيوم

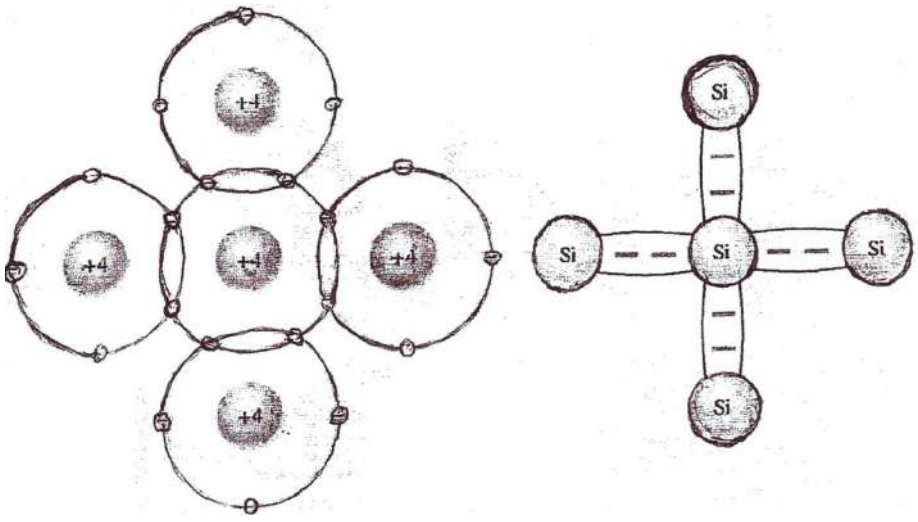
4-5 مقارنة بين مادتي السيلكون والجرمانيوم :

من خلال ما ذكرناه يبين ان ذرة الجرمانيوم فيها الكترونات التكافؤ موجودة في المدار الرابع بينما في ذرة السيلكون الكترونات التكافؤ موجودة في المدار الثالث هذا يعني ان ذرة الجرمانيوم لها مستوى طاقة اعلى من ذرة السيلكون مما يتطلب طاقة صغيرة لتحرير الالكترونات من الذرة لبعدها عن النواة مقارنة بالسيلكون وهذا يجعل خاصية الجرمانيوم غير مستقرة بشكل كبير اثناء ارتفاع درجة الحرارة ولهذ السبب يكون السيلكون اكثر واوسع استعمالاً من الجرمانيوم في صناعة المواد شبه الموصلة .

4-6 الاصرة التساهمية

وعلى هذا الاساس تكون خواص الجرمانيوم مشابهة الى خواص السيلكون والكاربون لان خواص المادة تعتمد على عدد الالكترونات في المدار الخارجي للذرة وتكون هذه المواد ذات طبيعة بلورية لذا يحصل اتحاد الالكترونات في مداراتها الخارجية بواسطة الكترونات تدعى بالكترونات التكافؤ (Valence electrons) .

فتكون ما يسمى بالاواصر التساهمية حيث ان كل الكترونين في المدارين الخارجين لذرتين متجاورتين يتحدان ليكونان الاصرة التساهمية الشكل رقم (4-8) يوضح ذلك .



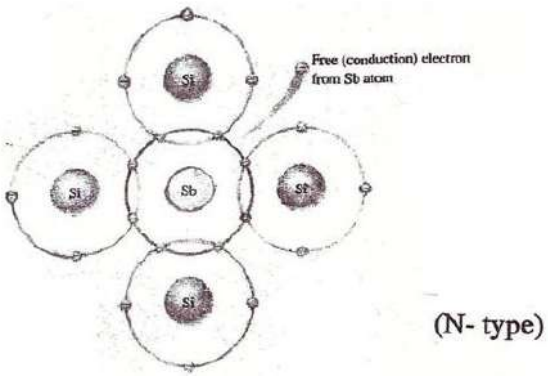
شكل (4–8) يوضح الأصرة التساهمية للسليكون

نفس الحالة تحصل بالنسبة لذرة الجرمانيوم لانها تحمل نفس خواص السيلكون حيث تحتوي في مدارها الاخير على اربع الكترونات فتكون نفس الاصرة التساهمية .

4-7 - كيفية الحصول على قطعة سالبة او موجبة للمواد شبه الموصلة .

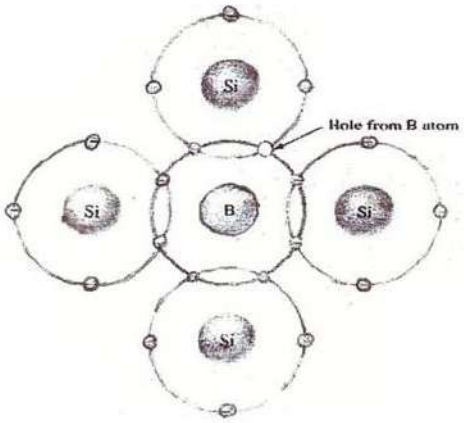
عند اضافة مواد شائبة الى المواد شبه موصلة النقية بطريقة كيمياوية صناعية بذلك يختلف عدد الالكترونات في المدار الخارجي عن عدد الالكترونات في المادة الاصلية فاذا كانت المادة الشائبة خماسية التكافؤ أي انها تحتوي على خمسة الكترونات في المدار الخارجي لها مثل الانتمون (Antimony) او البسموث (Bismuth) فسوف تتحد اربعة الكترونات من كل ذرة من هذه المادة مع اربعة الكترونات من ذرات السيلكون المحيطة بها مكونة اربعة اواصر تساهمية ويبقى الكترون حر .

وتكون نسبة المادة الشائبة الى مادة السيلكون كنسبة 10:10 ولهذا تكون عدد الالكترونات الحرة قليلة جداً وتسمى المادة الناتجة من هذا التركيب شبه موصل من نوع السالب (N Type) الشكل رقم (4-9) يوضح ذلك .



شكل (4–9) يوضح شبه موصل النوع السالب N – type

اما اذا كانت المادة الشائبة المضافة الى السيلكون او الجرمانيوم ثلاثية التكافؤ مثل عنصر الانديوم(indium) فان ثلاثة الكترونات من كل ذرة من المادة الشائبة تتحد مع السيلكون فتبقى فجوة واحدة وهذه الفجوة تكون لها القابلية لاكتساب الالكترونات من ذرة مجاورة وتسمى المادة النتاجة من هذا التركيب مادة شبه موصل من النوع الموجب (P Type) والشكل رقم (4-10) يوضح ذلك .

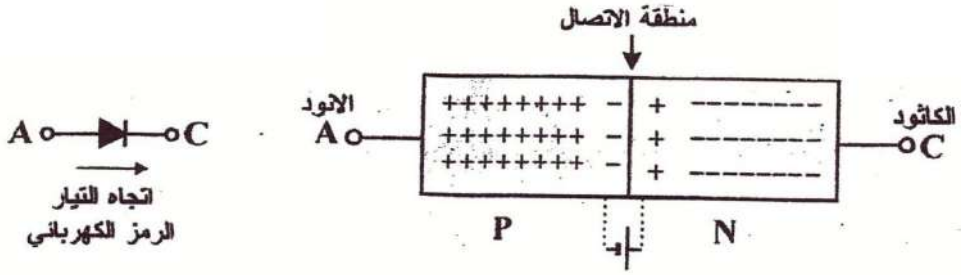


شكل (4–10) يوضح شبة الموصل النوع الموجب P – type

8-4 الثنائي شبه الموصل (Diode) :

يتكون الثنائي شبه الموصل (الموحد) من قطعتين من المواد شبه الموصلة احدهما موجبة والاخرى سالبة وعند وضع هاتين القطعتين بجانب بعضهما سوف يحصل ما يلي :

تتجه قسم من الالكترونات الحرة من قطعة من النوع السالب الى الفجوات المجاورة لها في القطعة من النوع الموجب وبذلك تحدث منطقة بين القطعتين تسمى منطقة الاتصال (Pn junction) وتسمى منطقة التعادل (الحاجز الجهدي) الشكل رقم (4-11) يوضح ذلك .



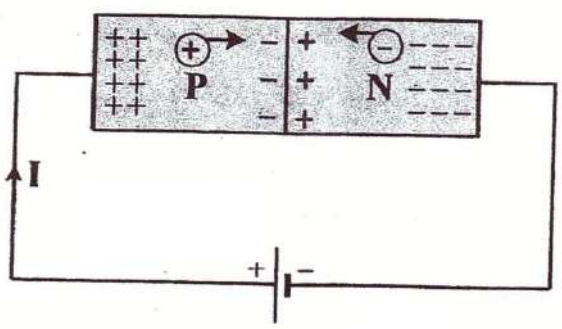
شكل (4–11) يوضح الثنائي شبه الموصل diode

يحتوي الطرف السالب على الكترونات كثيرة ويسمى الاكاثود (Cathode) اما الطرف الموجب فيحتوي على فجوات كثيرة ويسمى الانود (Anode) .

8-1-4 خواص ثنائي شبه الموصل

1. الانحياز الامامي للثنائي (diode)

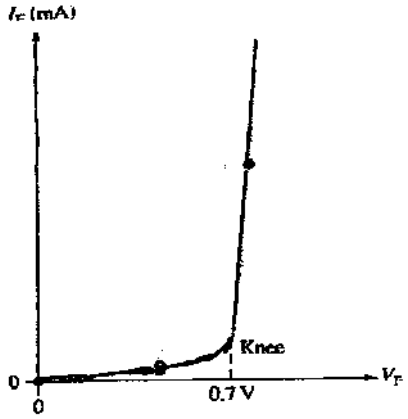
عند توصيل الثنائي الى بطارية (تسليط فرق جهد) بحيث يوصل الانود الى القطب الموجب للبطارية ويوصل الكاثود الى القطب السالب للبطارية كما في الشكل رقم (4-12) .



شكل (4–12) يوضح الانحياز الامامي للثنائي

في هذه الحالة سوف يحصل تنافر للشحنات المتشابهة أي ان الالكترونات الموجودة في القطعة السالبة (N) تبتعد عن سالب البطارية متجهة الى منطقة الاتصال (الحاجز الجهدي) وتضغط عليه وكذلك الفجوات الموجودة في القطعة الموجبة (P) تتجه نحو منطقة الاتصال (الحاجز الجهدي) وتضغط عليه وبذلك تقل مسافة الحاجز الجهدي وتقل مقاومته وبذلك

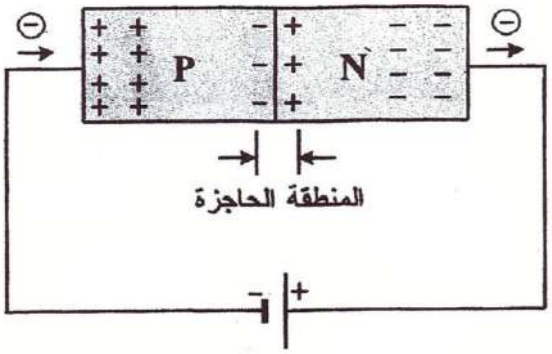
يسمح بمرور التيار من خلاله الشكل رقم (4-13) يمثل منحني العلاقة البيانية بين التيار والفولتية عند ربط الثنائي في حالة الانحياز الامامي .



شكل (4-13) يوضح العلاقة البيانية بين الضغط والتيار للدايود في حالة الانحياز الامامي

2. الانحياز العكسي للثنائي

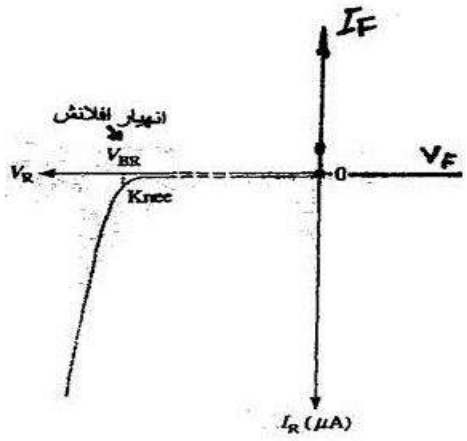
عند توصيل الثنائي الى بطارية بحيث يوصل الانود الى القطب السالب للبطارية ويوصل الاكاثود الى القطب الموجب للبطارية كما في الشكل رقم (4-14) .



شكل (4–14) يوضح الانحياز العكسي للثنائي

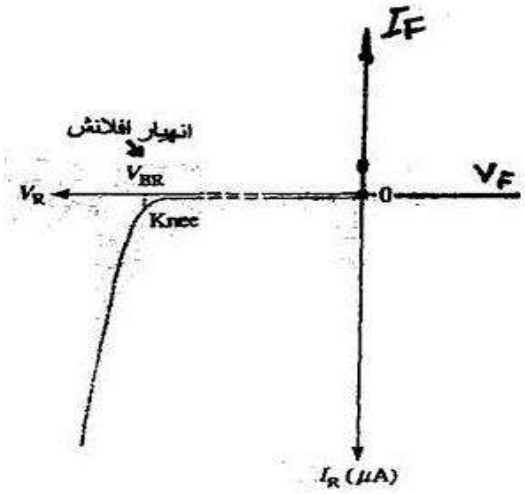
في هذه الحالة سوف يحصل تجاذب للشحنات المختلفة فأن الالكترونات(e) الموجودة في القطعة السالـــبة (N) تنجذب نحو موجب البطارية وفي نفس الوقت تجذب الفجوات الموجودة في القطعة الموجبة (P) نحو سالب البطارية هذا يعني ازدياد المسافة لمنطقة الحاجز ألجهدي منطقة الاتصال وتزداد مقاومة الثنائي وبذلك يقل مرور التيار من خلاله ويقترب إلى الصفر أي انه يمنع مرور التيار من خلاله .

الشكل رقم (4-15) يمثل منحني العلاقة بين التيار والفولتية في الانحياز العكسي للثنائي.



شكل (4–15) يوضح منحني العلاقة بين التيار والجهد في الانحياز العكسي للثنائي

نعني بانهيار افلانش المنطقة التي يكون فيها أي زيادة بسيطة للفولتية يقابلها زيادة كبيرة جدا في التيار.



شكل (4–16) يوضح العلاقة بين التيار والجهد للدايود فيحالتي الانحيازالامامي والعكسي

من هذا يتضح إن الثنائي شبه الموصل يسمح بمرور التيار باتجاه معين ولا يسمح له بالمرور بالاتجاه المعاكس ، وهذه هي أهم صفة للثنائي شبه الموصل (الدايود) .

8-2-4 استخدام الثنائي (الدايود – diode)

يستخدم في اغلب الدوائر الالكترونية إذ يستخدم لتحديد قيمة الفولتية الخارجة لقيمة معينه وتسمى هذه العملية التحديد (Limit Voltage) وكذلك يستخدم لمضاعفة الفولتية الخارجة وتسمى هذه العملية بالمضاعفـــة (Doubler voltage) ومن أهم استخدامات الدايود هو تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر وتسمى هذه العملية بالتوحيد (Rectifier) .

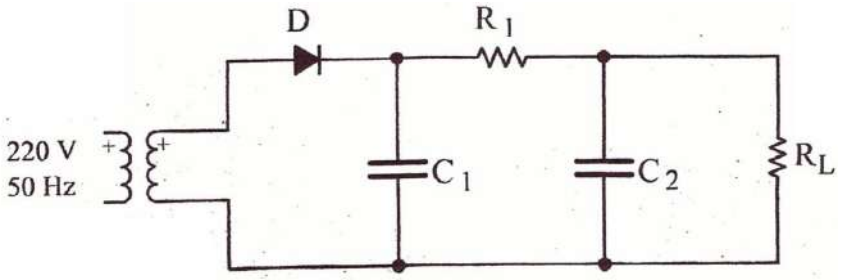
9-4 التقويم (التوحيد) Rectification

هو عملية تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر باستخدام الموحد لأنه يسمح بمرور التيار بالانحياز الأمامي ويمنع مروره بالانحياز العكسي (أي انه يسمح بمرور التيار باتجاه معين ويمنعه بالاتجاه المعاكس).

9-1-4 انواع المقومات

1- مقوم نصف موجة Half Wave Rectifier

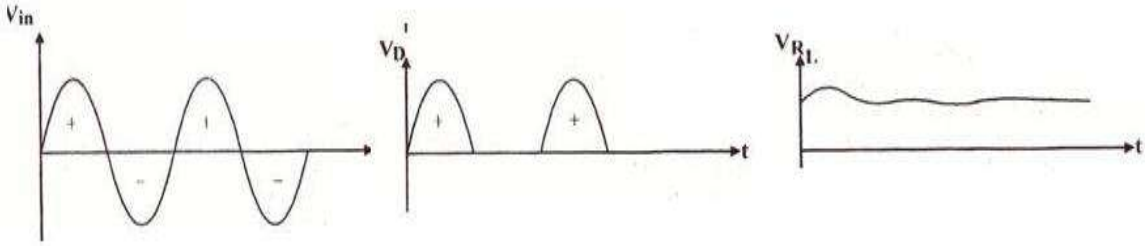
الدائرة البسيطة لمقوم نصف موجة تحتوي على محول خافض ودايود (D) مع متسعتان (C1,C2) والمقاومة R1 الشكل (4-17) يوضح توصيلة مقوم نصف موجة .



شكل (4–17) يوضح الدائرة الالكترونية لمقوم نصف موجة

عند دخول النصف الموجب للموجة ينحاز (D) أماميا فتقل مقاومتها ويمر من خلاله التيار ، وعند دخول النصف السالب للموجة ينحاز (D) عكسياً فتزداد مقاومته ولا يمر خلاله التيار .

تقوم دائرة الترشيح $C_1R_1C_2$ بعملية الشحن والتفريغ للتقليل من تموجات التيار ليتحول إلى تيار مستمر يظهر على مقاومة الحمل R_L الشكل (4-18) يتمثل منحنيات مقوم نصف الموجة الداخلة إلى الدائرة والظاهرة على مقاومة الحمل RL.

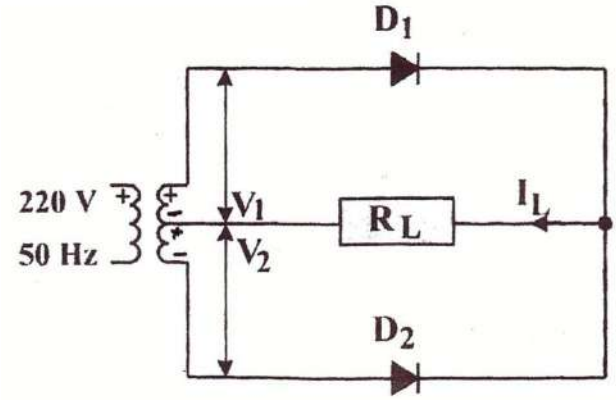


شكل (4–18) يوضح منحنيات مقوم نصف موجة

9-2-4 مقوم موجة كاملة Full wave rectifier

أ- باستخدام ثنائيين (Two diodes) ومحولة ذات نقطة وسطية

الشكل (4-19) يوضح التوصيلة الكاملة



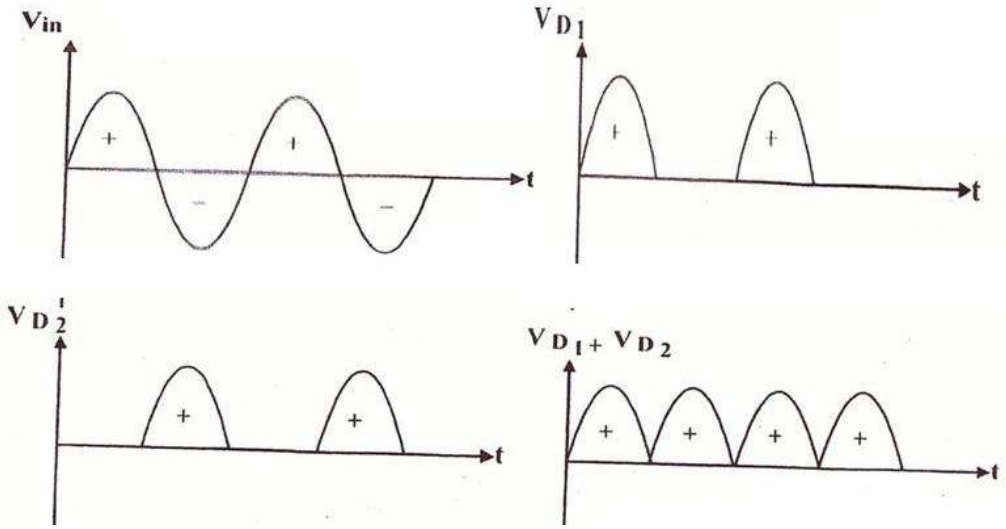
شكل (4–19) يوضح التوصيلة الكاملة لمقوم موجة كاملة

تحتوي هذه الدائرة على محاولة ذات نقطة وسطية تقسم الملفات الثانوية إلى نصفين متساوين على أساس v1= v2 ومتعاكسة بالاتجاه .

عند دخول النصف الموجب للموجة ينحاز D1 أماميا و D2 عكسياً فيمر التيار من خلال D1 إلى RL المتمثلة بالحمل .

عند دخول النصف السالب للموجة ينحاز D1 عكسياً و D2 أماميا فيمر التيار من خلال D2 إلى RL المتمثلة بالحمل وبنفس اتجاه التيار في الحالة السابقة .

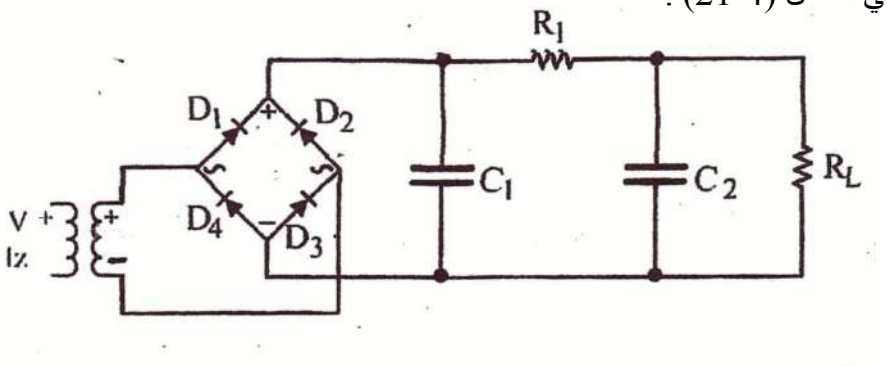
الشكل (4-20) يوضح منحنيات مقوم موجة كاملة باستخدام موحدين



شكل (4–20) يوضح منحنيات مقوم موجة كاملة

ب- باستخدام القنطرة Bridge Rectifier

للحصول على تيار مستمر وبكفاءة عالية يتم توصيل القنطرة والتي تحتوي على اربع موحدات كما موضح في الشكل (4-21) .

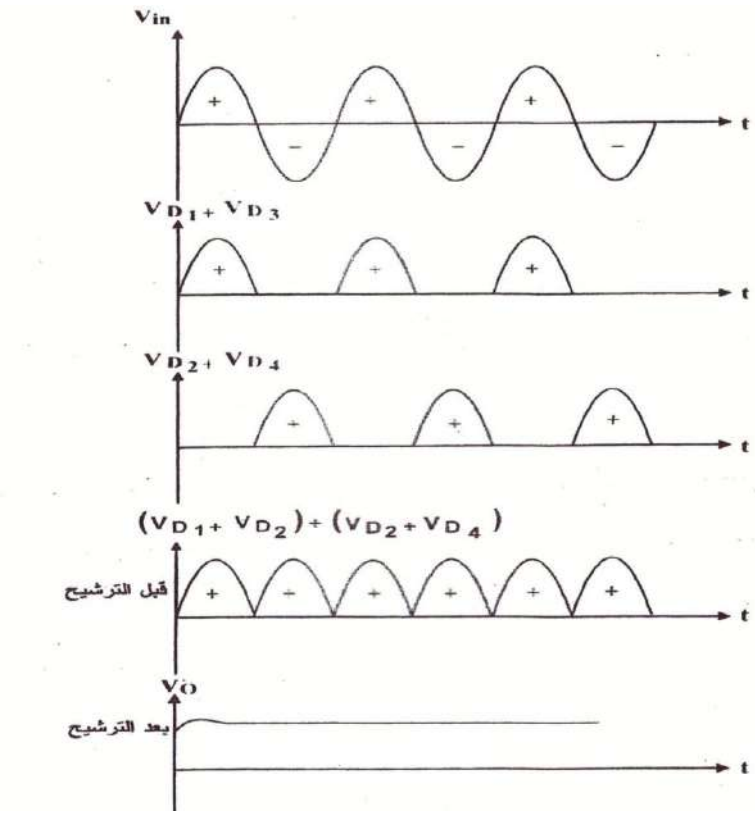


شكل (4-21) يوضح مقوم موجة كاملة بأستخدام القنطرة

من الشكل اعلاه نلاحظ ان المحولة الخافضة يوجد فيها طرفان فقط في الملف الثانوي بدون نقطة وسيطة عند دخول النصف الموجب للموجة ينحاز D_1,D_3 امامياً فيمر تيار خلال المقاومة R_L ، وعند دخول النصف السالب للموجة ينحاز D_2,D_4 امامياً فيمر تيار خلال المقاومة R_L .

دائرة الترشيح $C_1R_1C_2$ تعمل على تقليل تموجات الاشارة الخارجة للحصول على تيار مستمر D.C نقي ويظهر على المقاومة R_L .

منحنيات القنطرة

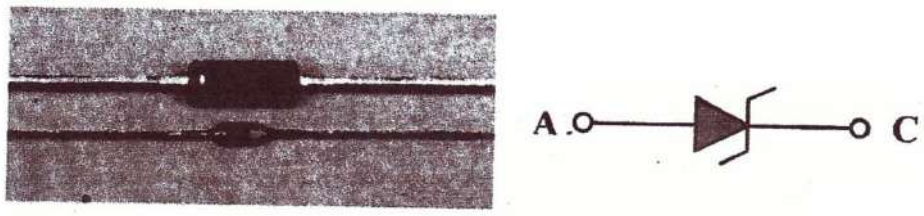


شكل (4-22) يوضح منحنيات مقوم موجة كاملة باستخدام القنطرة

10-4 انواع اخرى من ثنائيات شبه الموصل

1. ثنائي الزينر Zener diode

يتكون ثنائي الزينر من مكونات الثنائي الاعتيادي نفسها أي من قطعتين من اشباه الموصلات احداهما موجبة (P) واخرى سالبة (N) الا ان نسبة الشوائب في القطعتين المكونتين لهُ تكون اكثر بكثير من نسبتها في الثنائي الاعتيادي ، ونسبة هذه الشوائب تحدد خواص الثنائي الزينر وتؤثر في عمله خاصة عند توصيله بالانحياز العكسي اذ يؤثر ذلك على فولتية الانهيار والتي عندها تتغير مقاومة الثنائي من قيمة عالية جداً الى الى قيمة قليلة كما وضحنا عند شرح الثنائي الاعتيادي ، فان مقدار هذه الفولتية يتوقف على نسبة الشوائب في القطعتين المكونتين للثنائي ،الشكل (4-23) يوضح رمز ثنائي الزينر ونموذج لهُ .

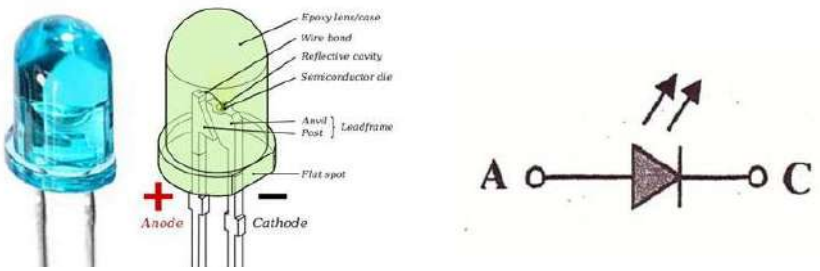


شكل (4–23) يوضح رمز ونموذج لدايود زنر

ومن اهم استخدامات الثنائي هو استخدامه في دوائر تثبيت الفولتية اذ يتم اختيار الزينر بحيث ان فولتية انهياره تساوي الفولتية الخارجة والمطلوب تثبيتها .

2. الثنائي الباعث للضوء (Light Emitting diode)LED

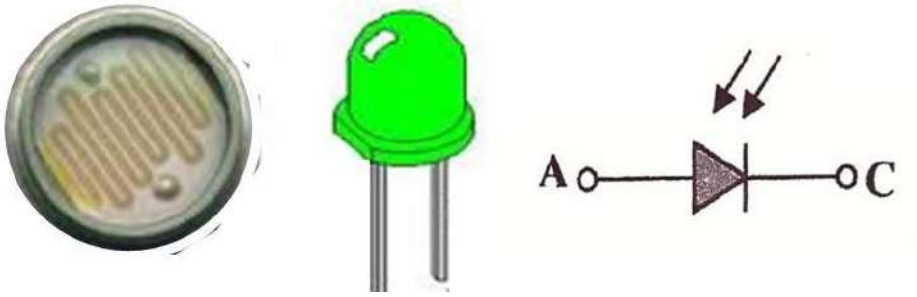
في هذا الثنائي تستخدم مواد شبه موصلة يتحول فيها الجزء الاكبر من الطاقة الناتجة عن حركة الفجوات والالكترونات الى اشعاع ضوئي . هذه المواد تدخل في تركيبها عناصر مشعة مثل الغاليوم والزرنيخ والفسفور ويكون الضوء الناتج عنها بالوان مختلفة كالاحمر والاصفر والاخضر والبرتقالي والابيض او قد تكون الطاقة المشعة غير مرئية للعين كالاشعة تحت الحمراء . يستخدم هذا الثنائي في شاشات عرض الارقام في الحاسبات والساعات الرقمية وغيرها من الاستخدامات الاخرى ويمثل الشكل (4-24) رمز الثنائي الباعث للضوء ونماذج لهُ .



شكل (4 – 24) يوضح رمز ونموذج لثنائي باعث للضوء

3. الثنائيات التي تتحسس بالضوء Photodiodes

ان توصيل الثنائي بالانحياز العكسي يعني سريان تيار قليل جداً خلاله نتيجة لانتقال اقلية من الفجوات والالكترونات عبر منطقة الاتصال ، ان هذ التيار القليل يزداد عند زيادة درجة حرارة منطقة الاتصال وباستخدام نافذة صغيرة تطل على هذه المنطقة يتحول الثنائي الاعتيادي الى ثنائي يتحسس بالضوء فبسقوط اشعة الضوء على منطقة الاتصال تزداد درجة حرارتها ومن ثم يزداد تيار الانحياز العكسي للثنائي. ويستخدم هذا النوع من الثنائيات كثيراً في دوائر السيطرة ودوائر الكشف عن الضوء . ويوضح الشكل (4-25) رمز الثنائي المتحسس بالضوء مع نموذج لهُ.



شكل (4–25) يوضح رمز ونموذج لثنائي متحسس بالضوء وخلية ضوئية

4. الثنائي السعوي Varactor diode

في هذا النوع من الثنائيات يعتمد عرض المنطقة العازلة المحيطة بمنطقة الاتصال على فولتية الانحياز العكسي المسلطة على طرفيه ،بزيادة هذه الفولتية يزداد عرض المنطقة ثم تقل السعة والعكس صحيح الا ان سعة الثنائي تتغير بتغير فولتية الانحياز العكسي على طرفيه أي ان الثنائي يعمل عمل المتسعة المتغيرة . ويوضح الشكل

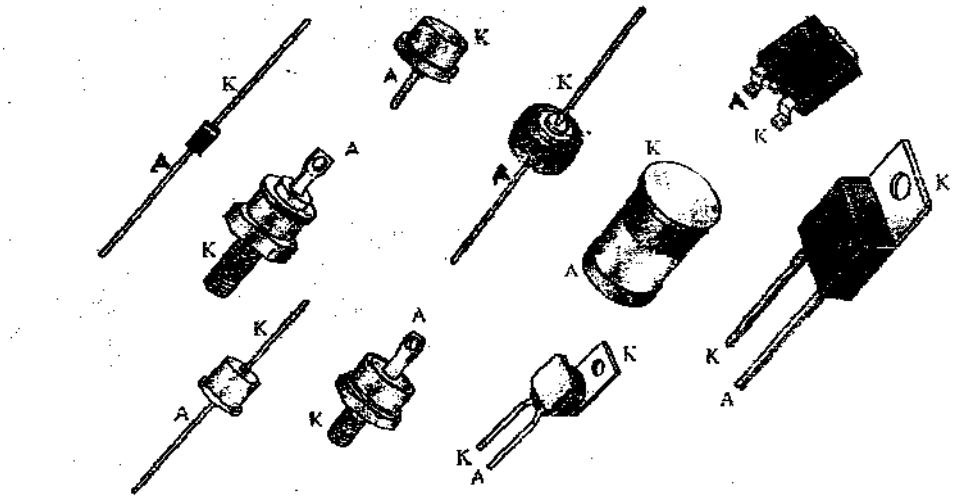
(4-26) رمز الثنائي السعوي .

شكل (4–26) يوضح رمز الثنائي السعوي

ويستخدم هذا الثنائي في اغلب الدوائر الالكترونية الحديثة بدلاً عن المتسعة التي تتغير ميكانيكياً فضلاً عن انه صغير الحجم يمكن من تغير السعة ضمن مدى واسع جداً مقارنة بالمتسعة .

في الشكل رقم (4-27) يوضح نماذج مختلفة من الموحدات (الدايود) التي تصنع لاستخدامها في الدوائر الكهربائية وبتصاميم مختلفة موضحاً عليها اطراف الدايود الكاثود (K) والانود (A) ، وكل نموذج يحمل رقم خاص هذا الرقم يوضح خواص الدايود بالنسبة الى الفولتية التي يعمل عليها ومقدار التيار الذي يتحمله ودرجة الحرارة

ويمكن معرفة هذه المعلومات من خلال كتاب مواصفات المواد الالكترونية (الدايود ، ترانزستور،ثايرستور، الدوائر المتكاملة) .

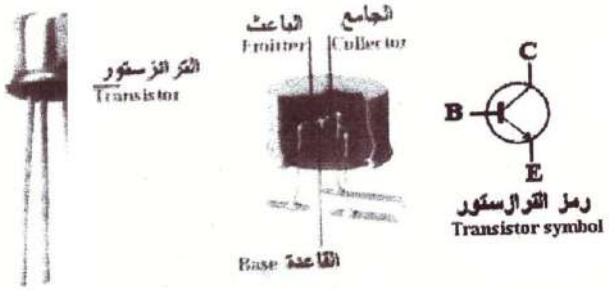


شكل (4–27) نماذج لانواع المحدات (الدايود)

4-11 الترانزستور Transistor

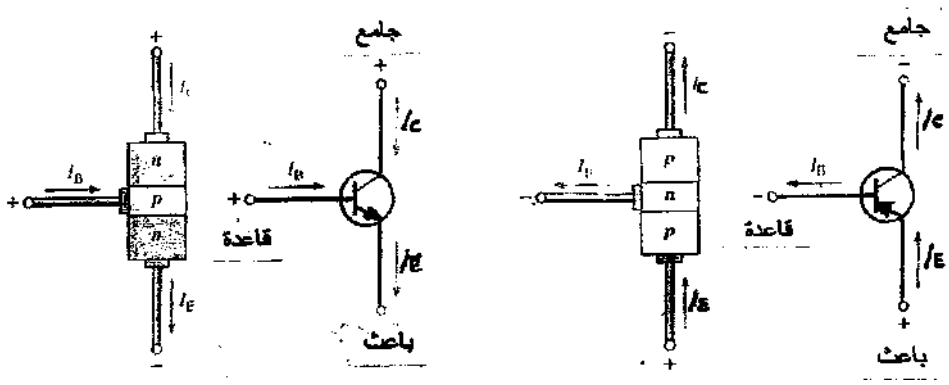
الترانزستور هو من ان الادوات الالكترونية المهمة والذي يدخل في اغلب الدوائر الالكترونية منها في مجال الاتصالات وفي مجال الدائرة الصوتية والمرئية كذلك يعمل على فتح وغلق الدوائر الالكترونية وخزن المعلومات داخلها ويستخدم لتقوية التيار الجاري بين الدوائر الالكترونية فهو يضاعف التيار في الحاسبة الالكترونية الاف المرات في الدقيقة ، ويعتبر الاساس لظهور الكثير من الاختراعات العلمية التي احدثت تطوراً كبيراً في مجال الالكترونيات المتقدمة اهمها الدوائر المتكاملة والحاسبات الدقيقة .

يتكون الترانزستور من قطعتين من مادة الشبه موصلة عند دمجها نحصل على ثلاثة اقطاب شبه موصلة رئيسية هي القاعدة (Base) يرمز لها (B) والباعث (Emitter) ويرمز لـــــــــــه (E) والجامـع (Collector) ويرمز له (C) الشكل (4-28) يوضح ذلك .



شكل (4–28) يوضح الترانزستور

هناك نوعان من الترانزستور نوع (NPN) ونوع (PNP) رموز الدائرة للنوعين متشابهة في المظهر ، الا ان الفرق كائن في اتجاه راس السهم هذا يبين اتجاه انسياب التيار الاصطلاحي الذي يكون في اتجاهين متضادين في النوعين ، يكون دائماً من المادة من النوع (P) الى المادة نوع (N) في دائرة القاعدة الباعث .



شكل (4–29) يوضح نوعا الترانزستور

11-1-4 اهم مميزات الترانزستور :

1. صغير حجمه.
2. لايحتاج لقدرة عالية لتشغيله.
3. يعمل بصورة مستمرة مقارنة بالصمام.
4. يعتبر طفرة نوعية في مجال الالكترونيات وتطورها السريع .

11-2-4 اقطاب الترانزستور

1. الباعث (المشع) Emitter

ويكون نسبة الشوائب فيه اعلى من نسبتها في القاعدة والجامع .

2. القاعدة Base

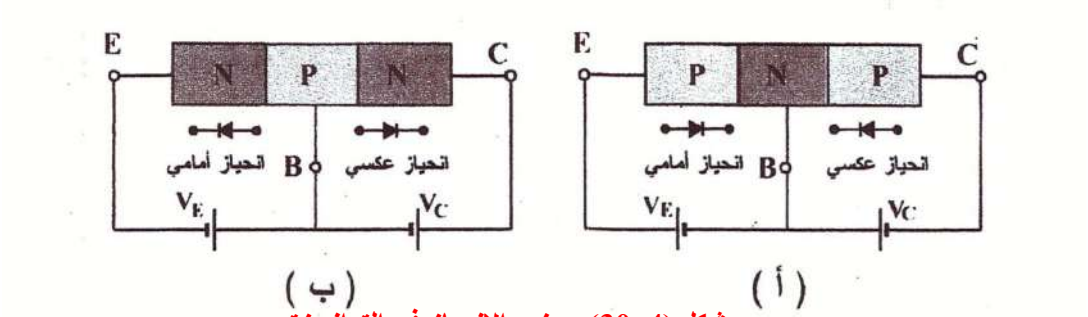
وتكون نسبة الشوائب فيها اقل من نسبتها في كل من الجامع والباعث كما ان حجم القاعدة يكون صغيراً نسبة الى الجامع والباعث .

3. الجامع Collector

ويكون حجمه اكبر من حجم القاعدة والباعث الا ان نسبة الشوائب فيه تكون اقل من الباعث واعلى من القاعدة .

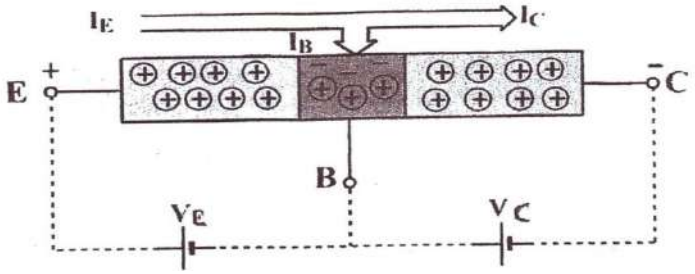
11-3-4 الانحياز في الترانزستور

في بعض استخدامات الترانزستور يكون انحياز وصلة الباعث والقاعدة انحيازاً امامياً في حين يكون انحياز وصلة الجامع والقاعدة انحيازاً عكسياً والشكل (4-30) أ ،ب يوضح ذلك .



شكل (4–30) يوضح الانحياز في الترانسزتور

لنتامل حركة الفجوات والالكترونات في الشكل (4-30) حيث نلاحظ ان الفجوات الموجبة الشحنة في قطب الباعث تتنافر مع الشحنة الموجبة للبطارية (V_E) فتنتقل الى القاعدة ولكون حجم القاعدة صغيراً والشوائب فيها قليلة فان الجزء الاكبر من الفجوات يتحرك نحو قطب الجامع تساعده في ذلك قوة جذب القطب السالب للبطارية (V_C) والمتصل بالجامع .



شكل (4–31) يوضح حركة الفجواتفي الترانزستورنوع PNP عند التوصيل بالبطاريات

وعليه فان التيار الباعث ينقسم الى قسمين قسم صغير يمر في القاعدة (I_B) والقسم الاكبر من التيار الباعث ينتقل الى الجامع مكوناً تيار الجامع (I_C) أي ان :

تيار الباعث = تيار الجامع + تيار القاعدة

$$I_E = I_C + I_B \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1\text{-}4)$$

ويعتبر تيار القاعدة اقل تيار في الترانزستور في حين يعتبر تيار الباعث اعلى تيار فيه ، ولان تيار القاعدة قليل جداً فان قيمة تيار الجامع تقترب من قيمة تيار الباعث .

$$I_E \cong I_C \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2\text{–}4)$$

11-2-4 العلاقة بين التيارات في الترانزستور

ان نسبة الفجوات المنتقلة من الباعث الى الجامع تكون حوالي 95% في حين ان 5% فقط تنتقل الى القاعدة . وان نسبة تيار الباعث تسمى (الفا) ويرمز لها بالرمز α.

$$\alpha = \frac{IC}{IE} = \frac{\text{تيار الجامع}}{\text{تيار الباعث}} \quad \ldots\ldots\ldots (3\text{-}4)$$

وتكون قيمة α اقل من واحد بقليل حيث تقع بين (0.95 الى 0.99) .

وان نسبة تيار الجامع الى تيار القاعدة تسمى (بيتا) ويرمز لها β أي ان :

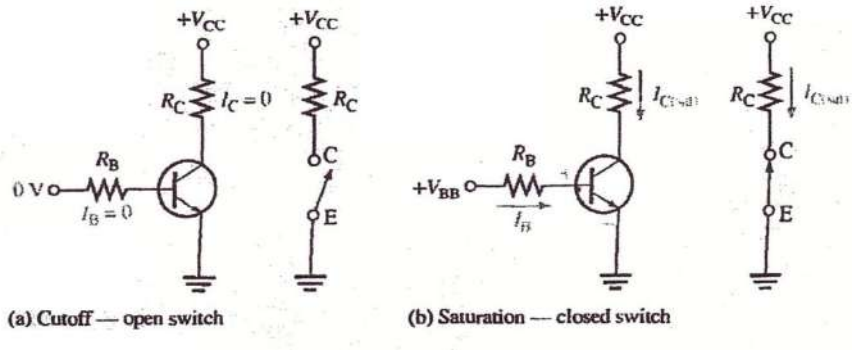
$$\beta = \frac{IC}{IB} = \frac{\text{تيار الجامع}}{\text{تيار القاعدة}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4-4)$$

وتكون قيمة β عالية لان تيار الجامع اكبر بكثير من تيار القاعدة وتقع بين (20 الى 200).

11-5-4 استخدام الترانزستور

هناك استخدامات كثيرة للترانزستور ومتنوعة وهذه بعض استخداماته .

1 - يستخدم كوسيلة لفتح وغلق الدوائر الالكترونية الشكل (32-4) يوضح الترانزستور في حالة القطع (cut off- open) وفي حالة الغلق (closed) .



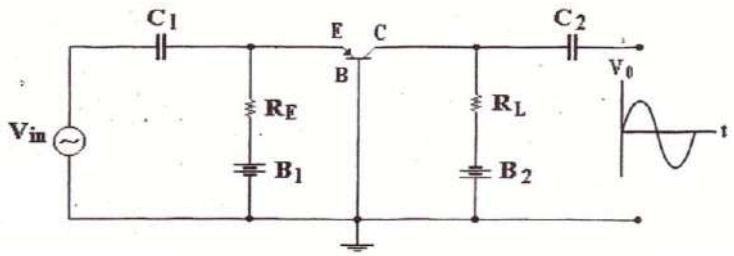
شكل (4–32) يوضح عمل الترانزستور كمفتاح SWITCH

2 - يستخدم كمكبر للاشارات الصغيرة small signal Amplifiers

من اهم استخدام الترانزستور هو استخدامه في دوائر التكبير وهناك ثلاث طرق ربط الترانزستور في دوائر التكبير وهذه واحدة منها هي :

3 - مكبر القاعدة المشتركة common base Amplifier

يوصل الترانزستور بحيث تكون القاعدة مشتركة بين الاشارة الداخلة والاشارة الخارجة والشكل (33-4) يوضح ذلك .



شكل (4–33) يوضح عمل الترانزستور كمكبر القاعدة المشتركة

تمتاز دائرة مكبر القاعدة المشتركة بالمميزات التالية :-

1- تكون مقاومة الدخول في هذا المكبر قليلة وتتراوح بين (100-300) اوم .

2- تكون المقاومة الخارجية عالية وتتراوح بين (100-500) كيلو اوم.

3- يكون ربح الفولتية عالياً ويساوي :

$$GV = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5–4)$$

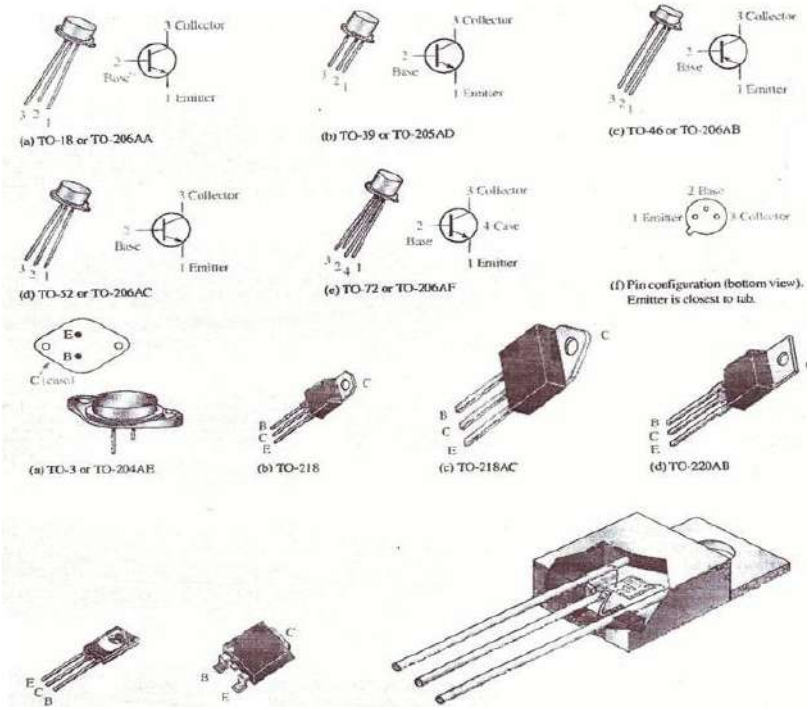
4 - ربح الفولتية $= \frac{\text{الفولتية الخارجة}}{\text{الفولتية الداخلة}}$

4- يكون ربح التيار اقل من واحد ويساوي ويحسب كالاتي :

$$G_1 = \frac{I_C}{I_E} = \alpha \quad \ldots (6–4)$$

6 - ربح التيار $= \frac{\text{التيار الخارج}}{\text{التيار الداخل}} = \frac{\text{تيار الجامع}}{\text{تيار الباعث}}$

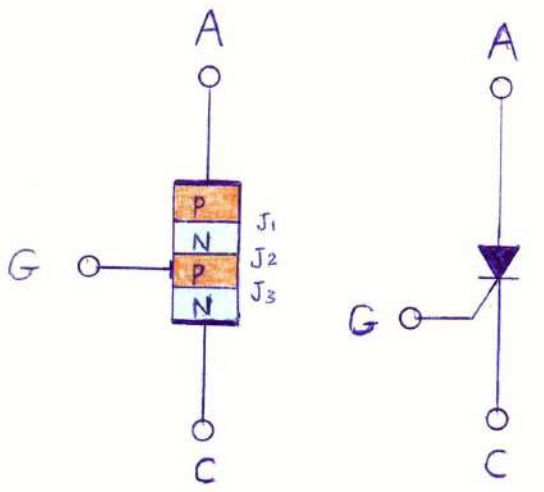
7 - لايحدث انقلاب في الاشارة الخارجة



شكل (4 – 34) يوضح مجموعة من الترانزستور بأشكال وقدرات مختلفة

12-4الثايرستور Thyristor

يصنع الثايرستور ايضاً من المواد شبه الموصلة ويحتوي على اربع طبقات (PNPN) أي توجد ثلاثة مناطق اتصال (Junction) كما موضح في الشكل (4-35).



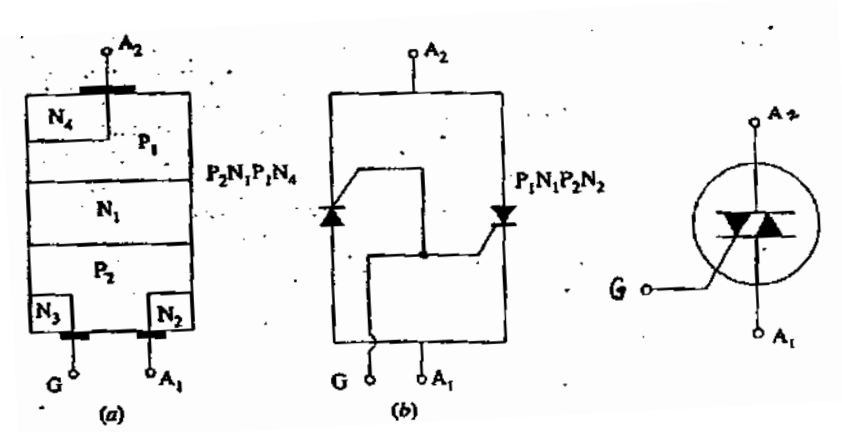
شكل (4–35) يوضح رمز وطبقات المواد شبه الموصلة في الثايرستور

في الحقيقة هو يحتوي على ثلاث موحدات (Three diode) موصلة بطريقة خلفية مع البوابة back to back with a gate توجد فيه ثلاث اقطاب رئيسية قطب الانود ويرمز لهُ (A) وقطب الكاثود ويرمز لهُ(C) وقطب البوابة (gate) ويرمز لهُ (G) .

12-1-4 انواع الثايرستور

1. ترياك ثايرستور Triac thyristor

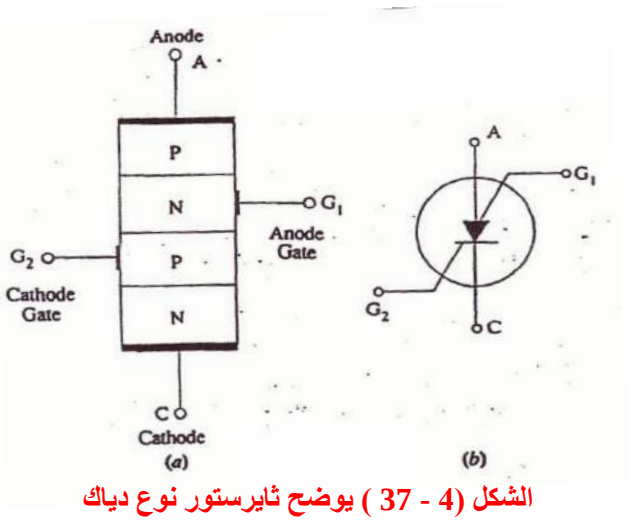
هذا النوع يحتوي على خمس طبقات من مواد شبه الموصلة أي انه يحتوي على ثايرستور عدد 2 كما موضح في الشكل (4-36) مع اقطابه .



شكل (4–36) يوضح الترياك

2. دياك ثايرستور Diac thyristor

هذا النوع موضح في الشكل (4-37) مبين فيه اقطاب الثايرستور حيث يوجد فيه بوابتين واحدة لقطب الانود G_1 والثانية لقطب الكاثود G_2.



الشكل (4 - 37) يوضح ثايرستور نوع دياك

12-2-4 اهم مميزات الثايرستور مقارنة بالترانزستور

1- يحتوي على اربع طبقات او اكثر من مادة شبه موصلة .
2- ذو استجابة سريعة جداً في العمل .
3- ذات كفاءة عالية جداً .
4- الفولتية المفقودة فيه قليلة جداً.
5- عمره طويل في العمل .
6- سريع القطع وسريع الغلق .

12-3-4 اهم استخدامات الثا يرستور

1- منظم القدرة regulated power supplies
2- السيطرة على سرعة محركات التيار المستمر D.C motor controls
3- يستخدم لشحن البطاريات ذات القدرات العالية battery charges
4- السيطرة على درجة الحرارة في الافر ان والمعامل Heater controls
5- يستخدم في العاكسات Inverters.
6- السيطرة على الانارة Lighting controls

اسئلة الفصل

1. عرف ما ياتي:
المادة ، الجزيء ، الالكترون ، البروتون .

2. لماذا يستمر الالكترون في دورانهُ حول النواة ولاينفصل عنها ؟
3. هل تتشابه ذرات المواد المختلفة ، ولماذا؟
4. اشرح تركيب ذرة عنصر النحاس مع الرسم ؟
5. ارسم شكلاً يمثل تركيب درات العناصر الاتية ، موضحاً ترتيب الالكترونات في مداراتها ؟
أ- الكاربون ب- الهيليوم ج - السيلكون

6. ما المادة الموصلة وما المادة العازلة ، اذكر امثلة لهذه المواد؟

7. متى تصبح الذرة ايوناً وضح ذلك مع الرسم ؟

8. ما المقصود بالمواد شبه الموصلة ؟

9. ماهو الثنائي شبه الموصل ومما يتكون؟

10. اشرح خواص الثنائي بالانحياز الامامي مع الاستعانة بالرسم ؟

11. اشرح خواص الثنائي بالانحياز العكسي مع الاستعانة بالرسم ؟

12. ما هي خواص الثنائي شبه الموصل ؟

13. ما هي استخدامات الثنائي ، عددها؟

14. ما التقويم ، اذكر انواعه؟

15. اشرح مع الرسم عمل دائرة مقوم نصف موجة مع رسم المنحنيات ؟

16. اشرح مع الرسم عمل دائرة مقوم باستخدام القنطرة ؟

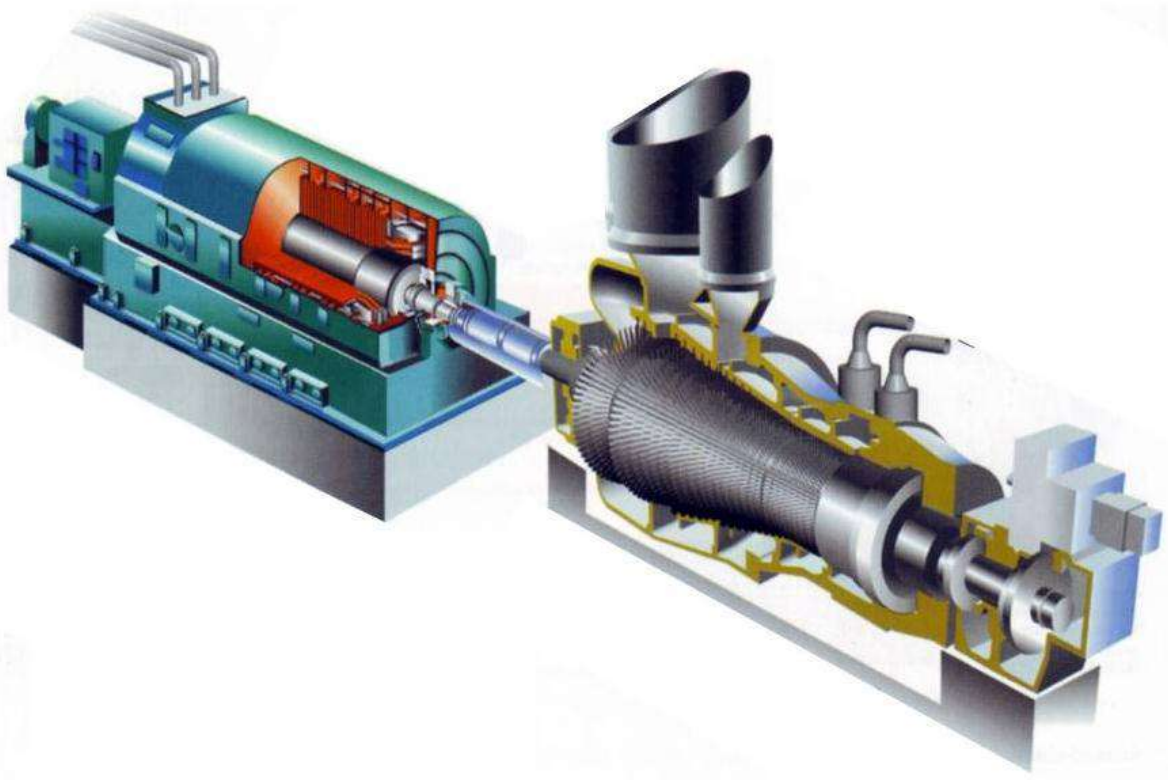
17. عدد انواع ثنائيات شبه الموصل ؟

18. ماهي استخدامات الثنائيات الاتية مع الرسم ورمزها الكهربائية؟

ثنائي الزينر ، ثنائي الانبعاث الضوئي ، الثنائي المتحسس للضوء ، الثنائي السعوي .

الباب الثاني

الميكانيك



الفصل الاول

القياس

Measurement

الهدف – التعرف على أدوات القياس المستعملة في الورش والمصانع ومبدأ عملها وطريقة إستعمالها ودقة القياس . ووحدات القياس العالمية .

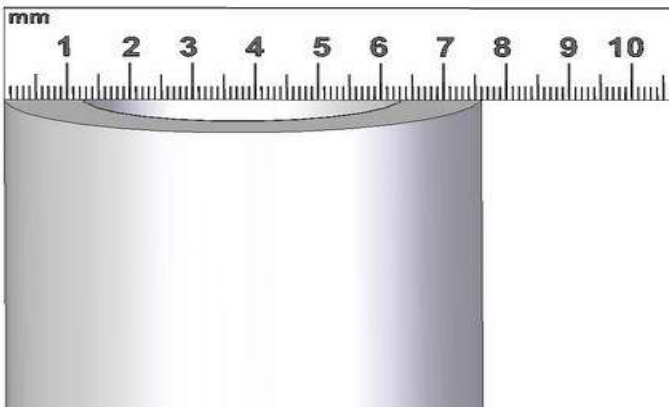
1 – 1 - نبذة تاريخية :

أستعمل الانسان منذ القدم القياس في الاطوال والاوزان وأستطاع بناء القصورالعملاقة والسدود بدقة عالية وأستعمل الميزان في تنظيم الحياة التجارية والمالية ولاتزال المعالم الاثرية في وادي الرافدين ووادي النيل خير شاهد على ذلك .

في الوقت الحاضر نعيش التطور التكنولوجي والصناعي الذي يعتمد كليا على الدقة العالية في القياس والخالية من الاخطاء والموحدة عالميا ، مثال ذلك الساعة لقياس الوقت وعداد السرعة ومقياس الحرارة ومقياس الوقود في السيارة كلها تعمل بمبدأ واحد في جميع انحاء العالم . والقياسات علم واسع يدخل في جميع العلوم الطبيعية والتكنولوجية وتطبيقاتها ، ومي مهمة جدا في جميع النشاطات . لقد اجمع العالم ومن خلال منظمات دولية على توحيد المقاييس والمواصفات مما سهل عملية التبادل التجاري والصناعي ونقل الخبرات من بلد لاخر وسهولة تداولها والعمل بها ، ومثال ذلك شمعات القدح التي تصنع في أي بلد وممكن أستخدامها لجميع السيارات في العالم ، وكذلك السيور لنقل الحركة ، أو محامل الكرات (كراسي التحميل) برقم معين تجده مصنعاً بنفس القياسات في أي بلد صناعي .

تعريف القياس : هو تحديد كمية فيزيائية (مثل الطول ، الزمن ، الكتلة ، درجة الحرارة ، شدة التيار أو الزاوية) وذلك بواسطة جهاز قياس .

1 – 2 - عملية القياس :- هي عملية مقارنة بين البعد المراد قياسه ووحدة قياس معلومة مجسدة في جهاز قياس أوعدة قياس . كما يوضح الشكل (1 – 1) .



شكل (1-1) يوضح القياس بالمسطرة

1 – 3 - نتيجة القياس :- وتحتوي المعلومات الأساسية الأتية :

1 – القيمة العددية : - هي القيمة التي من خلالها يحدد المقدار المقيس بواسطة جهاز القياس .

2 – وحدة القياس : - هي الاسم المتفق عليه ضمن وحدات القياس الدولية مثل (متر ، كيلوغرام ، ثانية .....) SI - International System Of Units

3 - نسبة الخطأ : كل عملية قياس فيها نسبة خطأ معينة تعود لاسباب خاصة بجهاز القياس والفني المستخدم للجهاز .

1 – 4 - قواعد القياس : عند إجراء أي عملية قياس من الواجب مراعاة الشروط الأتية :

1 – يجب تنظيف عدة القياس والشغلة المراد قياسها .

2– أختيار أداة القياس المناسبة ويجب تحديد ما هي نقطة الصفر .

3– عند قراءة القياس يجب أن يكون النظر عموديا على التدريج .

4– عدم قياس المشغولات أثناء دورانها إلا بعد توقفها .

5 – عدم قياس الشغلات الساخنة إلا بعد تبريدها .

6 – إستعمال أداة القياس برفق وعند القياس يجب أن لا تضغط بقوة .

1 – 5 - العناية بأدوات القياس : أن أدوات القياس المختلفة بحاجة الى عناية خاصة وعليه يجب مراعاة الشروط الأتية و العمل بها :

1 – وضع أدوات القياس بمفردها في أماكن خاصة تحميها من الضرر .

2 – عدم تعريضها للحرارة العالية لكي نحصل على دقة القياس ونحافظ عليها من التلف ومنها (الانواع ذات الدقة العالية والالكترونية خاصة) .

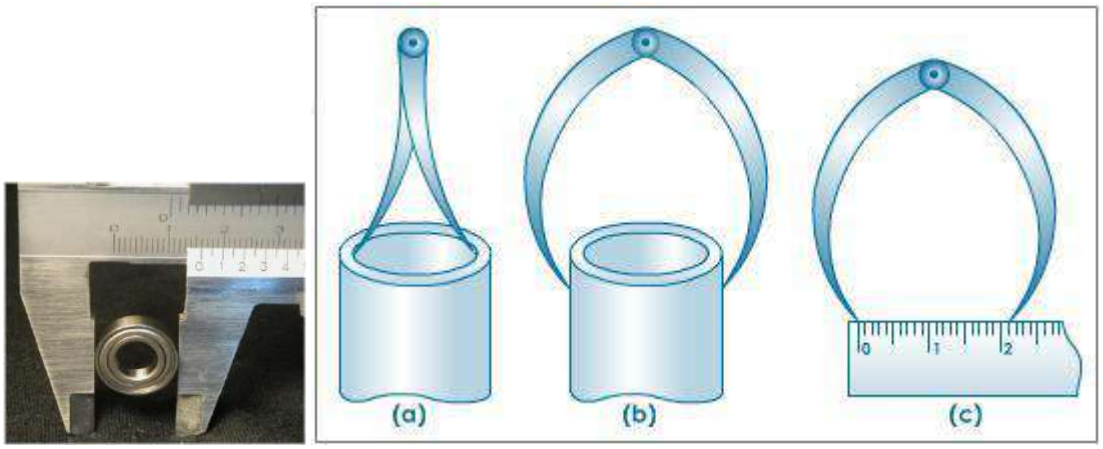
3– الحفاظ عليها من السقوط والاصطدام بالمشغولات والعدد .

4 – تنظيفها ووضعها في أماكن حفظها بعد الانتهاء من إستخدامها .

1 – 6 - طرق القياس : وتوجد طريقتان للقياس هما : -

1- الطريقة المباشرة - وفيه تؤخذ قيمة القياس بطريقة مباشرة عن طريق أداة القياس كالقياس بالمسطرة ، القدمة ، الميكرومتر .....

2- الطريقة غير المباشرة - وتكون بأستعمال وسائل بسيطة مساعدة مثل الفراجيل . إذ أنها تنقل القياسات من المشغولات الى عدة القياس وكما في الشكل (1 – 2) .



قياس مباشر قياس غيرمباشر

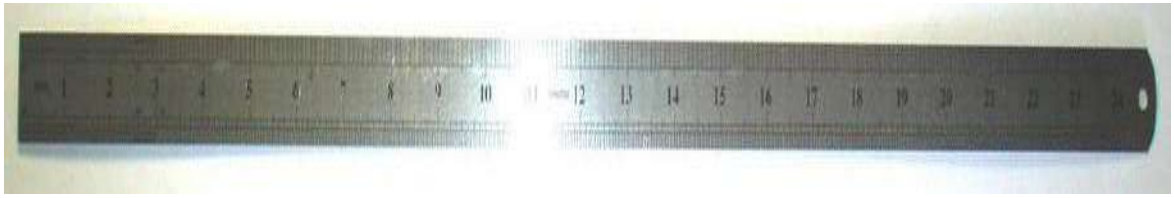
شكل (1- 2) يوضح القياس غير المباشر و المباشر

1 – 7 - أدوات القياس :-

1 - المساطر Rules

يعتبر قياس الابعاد من اهم العمليات التقنية في التصنيع ، على الرغم من وجود الاجهزة الالكترونية ذات التقنية العالية في القياس تبقى المسطرة الاداة البسيطة والاكثر إستعمالا في ورش التشغيل ومختبرات التدريب وفي متناول أيدي الفنيين وهي بأنواع مختلفة أهمها :-

أ - المساطر المصنوعة من الصلب steel rule : وهي عبارة عن أداة قياس خطية مدرجة بالملمترات أو البوصة (الانج) وتوجد بأطوال مختلفة وغالبا ما تكون المسطرة ذات الطول 30 سنتمتر هي الاكثر أستعمالا وتتصف بكونها قليلة المرونة .



شكل (1 -3) يوضح المسطرة الحديدية

ب - المساطر المرنة : هي مساطر ذات سمك أقل تستخدم للقياسات التي يصعب قياسها بالمسطرة الاعتيادية والتي تحتاج الى أنحنائات بالمسطرة .

شكل (1 – 4) يوضح المسطرة المرنة

ج- المساطر ذات الخطاف : تستعمل لقياس الاعماق التي لايمكن رؤية نهايتها .

د - المساطر الشريطية المرنة : هي مساطر ذات مرونة عالية تستعمل للمسافات الطويلة بعد الانتهاء منها تحفظ في علبة خاصة بها . الشكل (1 - 5)

شكل (1 – 5) يوضح المسطرة الشريطية المرنة

ه- مساطر قياس العمق : هي مساطرتحتوي على جزء ينزلق عليها بوضع يساعد على تحديد قياس الاعماق (يوضع الجزء المنزلق على المشغوله وتدفع المسطرة للداخل ثم يقرأ البعد) .

شكل رقم (1 – 6) يوضح مسطرة لقياس العمق مع الجزء المنزلق

على الفني أن يجيد أستخدام المساطر بالقياسين (الملمتر) و (الانج) ويعرف قانون التحويل (1 أنج = 25.4 ملم) .

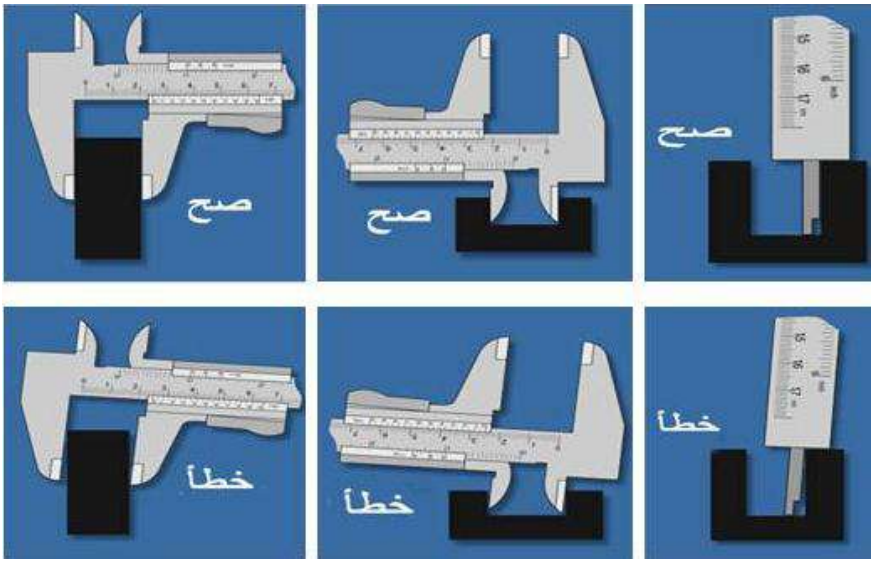
2 - القدمة ذات الورنية : Vernier Caliper

خلال عمليات التشغيل يقوم الفني بالتحقق من مطابقة أبعاد القطع المشغولة مع المواصفات الموضوعة على التصاميم وإن جودة المنتجات الصناعية تستدعي تصنيع قطع ميكانيكية بدقة عاليه تتجاوز دقة المسطرة الحديدية ، لهذا فإن القياسات الدقيقة تستلزم استعمال أجهزة أكثر دقة مثل القدمة ذات الورنية و الميكرومتر . كما تستعمل هذه الأجهزة الدقيقة أثناء تركيب الالات أوالاجهزة و أدوات القطع و أثناء إجراء عمليات الصيانة عليها.

وتعتبر القدمة ذات الورنية من بين أهم أجهزة القياس المستعملة في ورش الميكانيك بصفة عامة وورش التشغيل بصفة خاصة. ترجع هذه الأهمية للإمكانات المتعددة للقدمة في قياس الأبعاد وسهولة الإستعمال والدقة العالية .

1 - استعمالات القدمة ذات الورنية

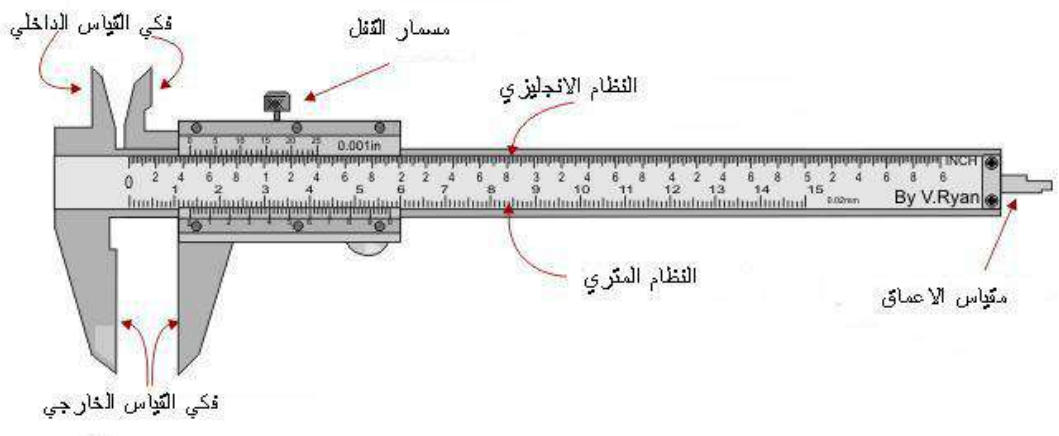
تستعمل القدمة ذات الورنية في الورش و المختبرات لقياس الأبعاد الخارجية والداخلية والأعماق وكما موضح في الشكل رقم (1 – 7) الطريقة الصحيحة أثناء القياس .



شكل (1 – 7) يوضح الطريقة الصحيحة والطريقة الخطأ عند إستعمال القدمة

2 - أجزاء القدمة ذات الورنية

الشكل (1 – 8) يوضح القدمة ذات الورنية .



شكل رقم (1- 8) القدمة ذات الورنية واجزاؤها

تتكون القدمة ذات الورنية من جزأين أساسيين:

أ - الجزء الثابت: ويحتوي على (فك ثابت) متصل (بمسطرة القياس الرئيسي) و تكون مسطرة القياس الرئيسي مدرجة بالملمتر . ونقرأ على مسطرة القياس الرئيس الملمترات الصحيحة.

ب - الجزء المتحرك: وهو على شكل منزلقة تحمل (الفك المتحرك) وعليه (ورنية القياس) تكون ورنية القياس مدرجة بأجزاء الملمتر المتمثل في دقة الجهاز .

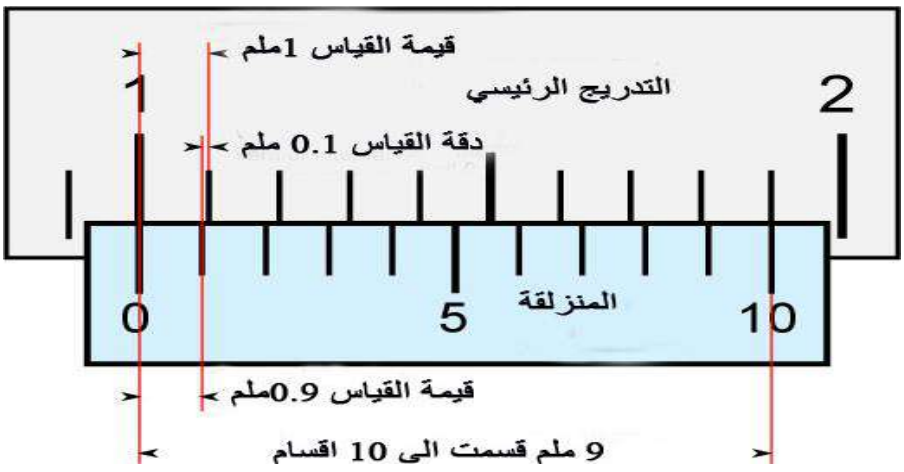
تتمكن الورنية من قراءة أجزاء الملمتر الموجودة على مسطرة القياس الرئيسي بدقة قياس عالية . تكون هذه الدقة : (0.1 =10/1ملم) أو (0.05 =20/1 ملم) أو (0.02 = 50/1). وتتم عمليه القياس بأستعمال القدمة ذات الورنية بوضع المشغولة المراد قياسها بين الفكين الثابت والمتحرك (من دون الضغط عليهما بقوة).

كما تحتوي القدمة ذات الورنية على ساق (عمود) لقياس أعماق الثقوب .

3 - نظرية القياس بالقدمة ذات الورنية :

لقد صممت القدمة للحصول على دقة عالية تصل إلى (0.1 ، 0.05 ، 0.02) ملمتر وترى هذه الدقة بالعين المجردة والشكل (1 – 9) يوضح قدمة القياس ذات الدقة (0.1) ملم اذ أخذت المسافة (9) ملم على التدريج الثابت وقسمت الى (10) أقسام متساوية على الجزء المنزلق بحيث ينطبق الصفر على المسطرة مع الصفر بالتقسيمات الجديدة على المنزلقة وينتهي التدريج التاسع بالمسطرة مقابل التدريج العاشر بالتقسيمات الجديدة على المنزلقة .

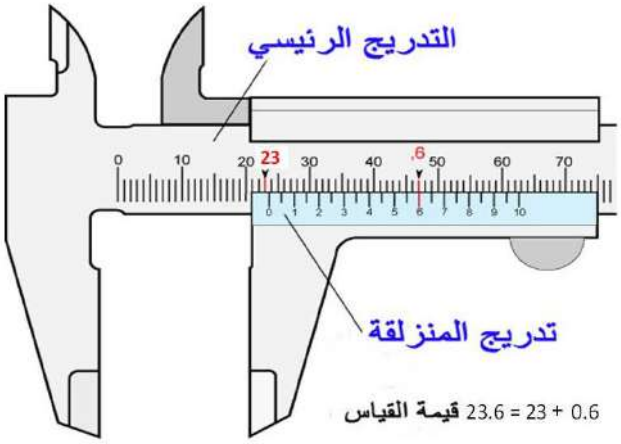
وبذلك يكون القسم الواحد من تدريجات المنزلقة (9 ÷ 10 = 0.9) ملم وهذا يعني أن الفرق بين القسم الواحد بالتدريج الرئيس على المسطرة وقيمة القسم الواحد بالتقسيم الجديد (1 – 0.9 = 0.1) ملم . أنظر جيدا في الشكل (1 – 9) .



شكل (1 – 9) يوضح القدمة ذات الدقة 0.1 ملم

والشكل (1 – 10) يوضح أحدى قراءات ألقدمة ذات الدقة (0.1) ملم ، وذلك بتحريك المنزلقة على المسطرة الثابتة ويكون ناتج القياس كما يأتي :

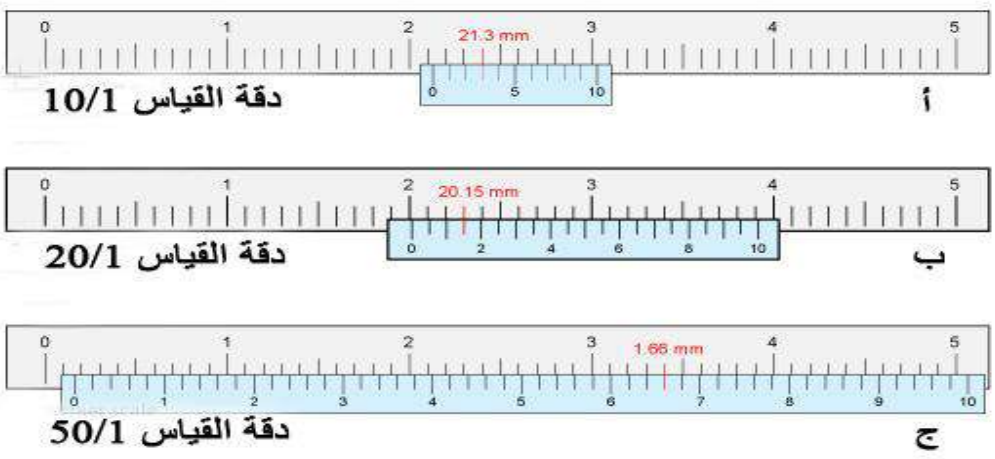
1 – تطابق صفر المسطرة مع الصفر على المنزلقة وهذا يعني أن المسافة بين الفكين = صفر وإذا وجد فرق فهذا يعني أن القدمة لاتعطي ناتجاً صحيحاً ، لذلك نستبدلها بأخرى .



شكل (1 – 10) يوضح القراءة 23.6 ملم والدقة 0.1 ملم

2 – عند تحريك المنزلقة على المسطرة الثابتة ليتجاوز صفرها صفر المسطرة تقرأ القراءة الجديدة على المسطرة الثابتة التي تقابل صفر المنزلقة وهي 23 ملم ، كما في الشكل (1 – 10) .

وعند تحريك المنزلقة على المسطرة ويتجاوز صفرها الرقم (23) ملم على المسطرة الثابتة ولم يصل الرقم (24) ملم ، أي أن القياس أكبر من(23) وأقل من (24) ملم وهذا يعني أن القياس (= 23 + عدد) من تقسيمات المنزلقة نبدأ بعدها من صفر المنزلقة حتى نصل الى تطابق أحد التقسيمات على المنزلقة مع أحدى تقسيمات المسطرة ونقرأ القياس .ويكون كل تدريج (= 0.1) وبذلك يكون الناتج (23.6) ملم . أنظر الشكل (1 – 10) مرة أخرى .



شكل (1 – 11) يوضح : القدمة ذات الدقة أ- (0.1) ب – (0.05) ج – (0.02)

والقدمة ذات الدقة (0.05 أي 1/ 20) لاتختلف في أجزائها عن القدمة ذات الدقة (0.1) ولاتختلف عنها في طريقة القياس ، والفرق هو في درجة الدقة . إذ أخذت المسافة (19) ملم على المسطرة وقسمت الى (20) قسم على المنزلقة ، وبذلك يكون الصفر على المنزلقة مطابقاً للصفر على المسطرة ويكون الرقم (20) على المنزلقة مطابقا للقياس (19)على المسطرة . وكما موضح في الشكل (1 – 11 ب) . وبذلك يكون كل قسم على المنزلقة (= 19 ÷ 20 = 0.95 ملم)

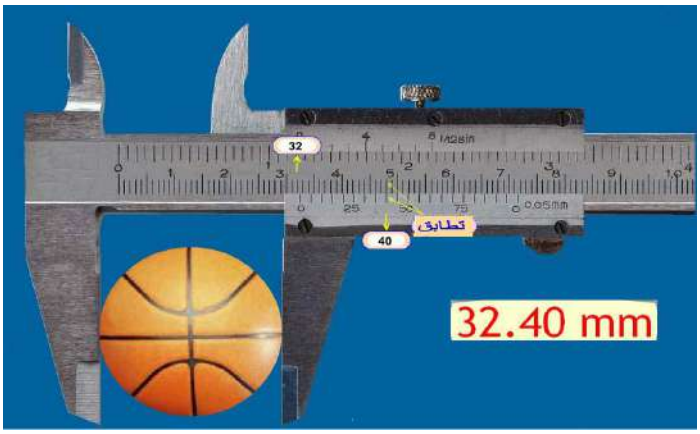
دقة القياس = 1 – 0.95 = 0.05 ملم

في الشكل (1 – 11 ب) نرى أن صفر المنزلقة قد تجاوز قياس المسطرة (20) ملم ولم يصل القياس (21) ملم ، أي أن القراءة (= 20 + القراءة) عند تطابق أحد خطوط العشرين تقسيماً على المنزلقة مع أحد خطوط المسطرة وكما نرى ذلك عند القياس (0.15)، وبذلك تكون القراءة (= 20.15) ملم

وبنفس الطريقة نجد القراءة في المسطرة ذات الدقة (0.02) كما في الشكل (1 – 11 ج) فأن القراءة (= 1.66) ملم .

3 - أنواع القدمات :

1 - القدمة ذات الورنية (Vernier Caliper) :- كما في الشكل (1 – 8) و (1 – 12) هي أحدى الالات الميكانيكية البسيطة والتي يمكن إستخدامها بسهولة .



شكل (1 – 12) القدمة ذات الورنية

2 - القدمة الألكترونية أو الرقمية (Digital Caliper)

تستعمل القدمة الإلكترونية بنفس الطريقة المذكورة للقدمة ذات الورنية. إلا أن قراءة القياس تكون مباشرة على الشاشة المرئية وسط المنزلقة كما موضح في الشكل(1 – 13) . و يتميز هذا النوع بسهولة إستعمال ، ولكنه حساس و قد تتأثر دقة القياس بالحرارة و الرطوبة والمواد الكيمياوية.

شكل (1 – 13) القدمة الرقمية

3- القدمة ذات الساعة (Dial Caliper) : تمتازبسهولة الاستعمال ودقة القياس ولكن تحتاج الى عناية . كما موضح في الشكل (1 – 14) .

شكل (1 – 14) القدمة ذات الساعة

4 - قدمة قياس الأعماق (Depth Caliper)

يستعمل هذا النوع من القدمات لقياس أعماق الاخاديد الطولية وأعماق الثقوب والتجاويف للشغلات المختلفة. تتكون هذه القدمة من مسطرة للقياس الرئيس وقنطرة موجودة عليها وورنية القياس ، الشكل (1 – 15) يوضح بعض أنواعها ، وهي ذات الورنية ، ذات الساعة وذات القرائة الرقمية ، ولإجراء عملية القياس تثبت القنطرة على سطح الشغلة وتدفع مسطرة القياس داخل الثقوب أو التجاويف حتى ترتكز في القاع ثم يربط مسمار التثبيت و تقرأ قيمة القراءة بنفس طريقة القدمة ذات الفكين ، وتمتاز بدقة القياس وذلك لارتكاز القنطرة على الشغلة وبداية مسطرة القياس تلامس قعر الثقب أثناء عملية القياس .

شكل رقم (1 - 15) يوضح قدمة قياس الاعماق بأنواعها المختلفة

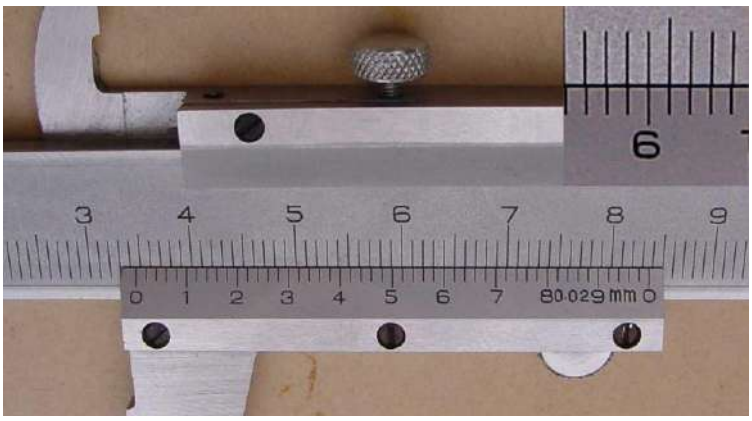
5 - قدمة قياس الإرتفاع (Height Caliper)

تستعمل هذه القدمة لقياس إرتفاع الشغلات و في تأشير العلامات عليها (أي عملية الشنكرة) لذلك يمكن تسمية هذا الجهاز بالشنكار. كما في الشكل (1 – 16) .

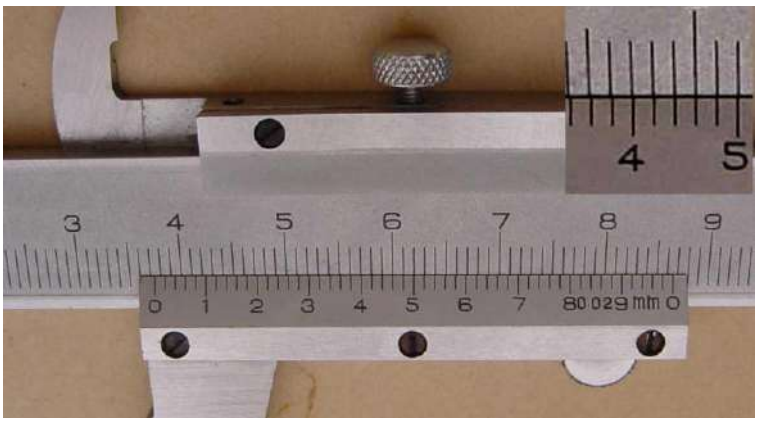
شكل(1 – 16) قدمة قياس الارتفاع

مثال (1 – 1) :

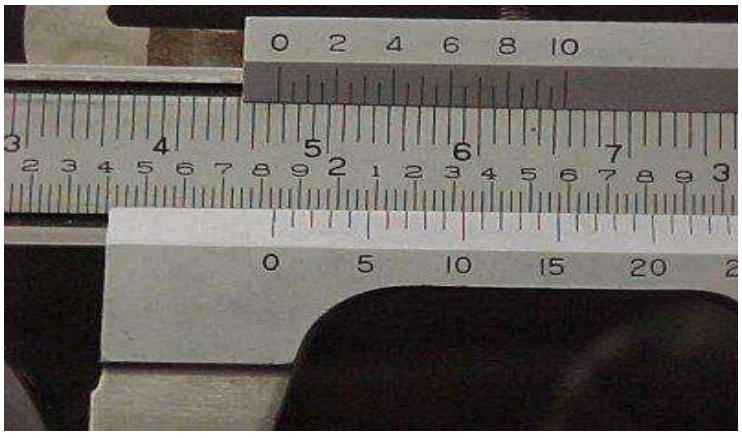
جد قيمة القياس على القدمة ذات الورنية المبينة في الصور الأتية في الشكل (1 – 17) وما هي دقتها: -



القياس = 34.58 ملم ، دقة القياس 0.02 ملم



القياس = 37.46 ملم ، دقة القياس 0.02 ملم



القياس = 46.65 ملم ، دقة القياس 0.05 ملم (التدريج في الاعلى)

شكل رقم (1 – 17) صور لقراءات مختلفة للقدمة ذات الورنية

4 - الميكرومتر

تعتبر الميكرومترات من أجهزة القياس الواسعة الاستعمال في الورش والمصانع وذلك لدقتها وسهولة إستعمالها وقراءتها . وتكون دقة قياس الميكرومترأعلى من دقة قياس القدمة لانه من الصعوبة إيجاد تطابق خط القياس على المنزلقة مع خط المسطرة الذي يقابله عند قراءة القدمة كذلك دقة القياس في القدمة لاتزيد عن (0.02) ملم بينما تصل دقة القياس في الميكرومتر (0.01) ملم وحتى (0.001) ملم في بعض الانواع

والميكرومتر بأنواع مختلفة منها للقياس الخارجي و الداخلي والاعماق وقياس اللوالب .

طول المسافة التي يتحركها الفك المتحرك في الميكرومتر لجميع الاحجام في النظام المتري (= 25) ملم وذلك للمحافظة على دقته وحساسيته ولذلك يوجد في الورش والمصانع بشكل طقم يبدأ بالقياس (0 – 25) ملم ثم القياس(25 – 50) ملم وهكذا بزيادة (25) ملم حتى الوصول للقياس (500) ملم .

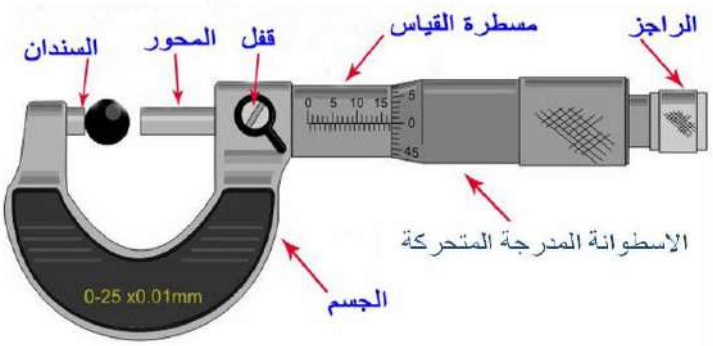
يستخدم الميكرومتر لقياس أبعاد الاجسام الصغيرة بدقة عالية ونجده كذلك في الكثير من الاجهزة الطبية وأجهزة المساحة وألاجهزة المختبرية وفي المعدات العسكرية وغيرها في الكثير من التطبيقات

وفي جميعها يمكن الحصول على قراءة بدقة عالية .

ويمتاز الميكرومتر بصغر حجمه ، وسهولة إستعماله وقراءته ، ورخص ثمنه ، ودقته العالية في القياس .

أ - أجزاء الميكرومتر :

أنظر جيدا في الشكل (1 – 18) والذي يوضح أجزاء الميكرومتر وهي كما يلي : -



شكل (1- 18) يوضح أجزاء الميكرومتر

1- الهيكل (الجسم) Frame :- غالبا مايكون على شكل حرف U يصنع من الصلب مغطى بطبقة من الصبغ لمنع تأثير الرطوبة عليه وأعطائه جمالية ويثبت عليه مقدار القراءة وهي من (0- 25 أو من 25 – 50 أومن 50 – 75 أو من75 – 100) أو بقياسات أخرى .

2 – قاعدة الارتكاز(السندان) Anvil وهو الجزء الثابت بالهيكل ويرتكز عليه الجسم المراد قياسه ويقابل الجزء المتحرك .

3 – عمود الضبط (المحور) Spindle هو ساق أسطواني ذو صلادة ونعومة عالية لتقليل الاحتكاك يتحرك الى الداخل والخارج في الجزء الاسطواني بواسطة لولب ذي خطوة 0.5 ملم ويقوم بحصر الجسم المراد قياسه مع قاعدة الارتكاز .

4 – الاسطوانة المدرجة (Sleeve (With Main Scale وهي الجزء الثابت بالهيكل يوجد على سطحها الخارجي خط طول يسمى الخط الاساس للقياس ويبدأ من (0 – 25) ملم وتكون قراءة الملمترات من الاعلى وأنصاف الملمتر من الاسفل .

5– الاسطوانة المتحركة ذات التدريج الدائري (Thimble (With Rotating Vernier Scale هو الجزء الذي يتحكم في حركة عمود الضبط ، والسطح المسلوب فيه تدريج على محيطه مقسم الى 50 قسماً متساوياً.

6 – عتلة التوقيف ratchet (محدد مقدار قوة ضغط الفكين على الشغلة) وتقوم بتحريك عمود الضبط وعند التلاقي مع قاعدة الارتكاز تنزلق ويسمع لها صوت (الراجز) وتتوقف حركة عمود الضبط .

7 – لولب التثبيت (قفل) Lock يثبت عمود الضبط لتحديد قراءة القياس .

ب - نظرية القياس :

إن عمل الميكرومتر مبني على نظرية تحويل الحركة الدائرية الى حركة خطية (مستقيمة) فالميكرومتر عمود ملولب (مسنن) بخطوة (0.5) ملم ، فعندما يدور هذا العمود دورة واحدة يتحرك مسافة خطية مقدارها (0.5) ملم .

ج – القياس بالميكرومتر :

لغرض إجراء القياس بالميكرومتر نتبع الخطوات الأتية : -

1 - يرتكز سندان الميكرومتر على قطعة العمل المطلوب قياسها .

2- يدفع عمود الضبط ويتم حصر قطعة العمل بين السندان وعمود الضبط وذلك بتدوير الاسطوانة المتحركة حتى يقترب عمود الضبط من تلامس الشغلة .

3 - يبدأ التدوير بواسطة (سقاطة) التدوير وتضغط على الشغلة ويسمع صوتها (صوت الراجز).

4- تغلق حلقة الربط ، ويسحب الميكرومتر بعيدا عن الشغلة .

5- تؤخذ نتيجة القياس .

د – كيف تؤخذ نتيجة القياس : أنظر الشكل (1 - 19)

1 - نقرأ التقسيم العلوي الرئيس ومنه نحصل على عدد الملمترات الصحيحة = 7 ملم .

2 - نقرأ التقسيم السفلي الرئيس ومنه نحصل على إضافة = (0.5) ملم .

3 – نقرأ المقدار على مخروط إسطوانة القياس . ويتكون من (50) تقسيماً كل واحد منها يساوي (0.01) والقراءة = 0.38 ملم .

4 - نجمع القراءات الثلاث فيكون الناتج هو قياس قطعة العمل . والشكل (1 - 19) يوضح ذلك .

مقدار القياس = 7 + 0.5 + 0.38 = 7.88 ملم

شكل(1 – 19) يوضح تدريج الميكرومتر

5 – ساعة القياس

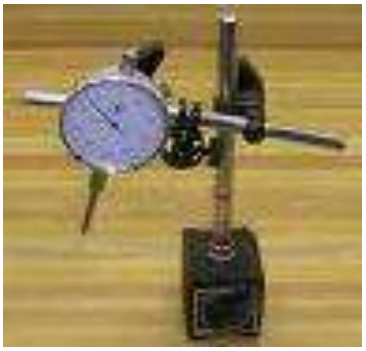
هي من أجهزة القياس البيانية وذلك لتكبيرها القياسات للمساعدة في قراءتها بيسر . وحدود القياس الشائعة الستعمال فيها من (3 - 10) ملم ودقتها (0.01) ملم ، وتصل دقتها الى (0.001) ملم .

كما أنها من الاجهزة ذات الدقة والحساسية العالية والمهمة في إستعمالها فيجب المحافظة عليها أثناء العمل بها وأثناء تخزينها .

طريقة عملها : تنتقل الحركة الطفيفة لاصبع القياس الى محدد القياس ذي القرص المدرج الى المؤشر بمقياس مكبر بواسطة (جريدة مسننة ومسنن) صغيرين . كما توجد أنواع منها ذات ساعة الكترونية تظهر القياس بشكل رقم على شاشة صغيرة ، كما في الشكل (1 – 20) .

شكل (1 – 20) يوضح ساعة القياس بنوعيها الرقمية والميكانيكية

وتستعمل محددات القياس ذوات القرص المدرج لمراجعة أبعاد المسافات الكبيرة كمراجعة توازي قطع التشغيل وضبط دقة دوران المشغولات الدائرية ذات الدقة العالية عند ربطها على العينة الرباعية .



شكل(1 – 21) يوضح تثبيت ساعة القياس على الحامل ذي القاعدة المغناطيسية

تثبت ساعة القياس على حامل خاص ذي قاعدة مغناطيسية لتثبيتها في المكان الملائم أثناء القياس (المعايرة) ، كما يوضح الشكل (1 – 21) .

كما توجد أنواع من ساعة القياس ذات إصبع قياس يقابله سندان ويتم حصر الشغلة المراد قياسها بينهما بشكل مشابه لعمل الميكرومتر ، كما موضح في الشكل (1 – 22) .

شكل (1 – 22) يوضح ساعة القياس ذات فكي القياس

1 – 8 – أنظمة القياس العالمية

بالنظر للتطور العلمي والتكنولوجي ووفرة الانتاج وزيادة التبادل التجاري ونقل الخبرات أجمع العالم على إعتماد نظام عالمي يوحد القياس بكل أنواعه .

أ - النظام الدولي للوحدات :

أستخدمت عدة أنظمة لوحدات القياس فالنظام المتري يستخدم في فرنسا والدول التي كانت تستعمرها ، والنظام الانكليزي في بريطانيا والدول التي كانت تستعمرها وفي أمريكا فضلاً عن أنظمة أخرى مثل الالماني والعثماني القديم وقياسات محلية أخرى .

وبعد إنتهاء الحرب العالمية الثانية إتجه العالم الى التعاون وإتخاذ الوسائل التي تؤدي الى تحقيق تفاهم دولي أفضل في المجالات الصناعية والعلمية وأهم تلك الوسائل هو وجود نظام موحد لوحدات القياس مقبول من جميع الدول . وتم الاتفاق دوليا من خلال الهيئة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) على إعتبار أن المتر القياسي هو الوحدة الاساسية لقياس الطول وسمي النظام بأسمه (النظام المتري) وهو النظام الدولي لوحدات القياس ، وعملت الهيئات الفنية التابعة للمنظمة الدولية للتوحيد القياسي على إيجاد أساسيات مشتركة لجميع فروع العلوم والتنولوجيا ومواءمة المواصفات القياسية الالمانية (DIN) مع النظام العالمي الجديد (المتري) وكذلك مع النظام الانكليزي .

ب - الوحدات القياسية الاساسية IS

1 - الجدول التالي يوضح الوحدات القياسية الاساسية في النظام الدولي للقياس : -

ت	الوحدة	الصيغة القياسية	الرمز
1	متر	وحدة قياس الطول	M
2	كيلو غرام	وحدة قياس الوزن	Kg
3	ثانية	وحدة قياس الزمن	S
4	أمبير	وحدة قياس شدة التيار الكهربائي	A
5	كلفن	وحدة قياس درجة الحرارة	K
6	الشمعة	وحدة قياس شدة الضوء	cd
7	مول	وحدة قياس كمية المادة	mol

ج - الوحدات المكملة

2 – الجدول الأتي يوضح الوحدات القياسية المكملة للوحدات القياسية الاساسية في النظام الدولي للقياس (النظام المتري) ، وكما يأتي : -

ت	الوحدة	الصيغة القياسية	الرمز
1	هرتز	وحدة قياس التردد	Hz
2	نيوتن	وحدة قياس القوة والوزن	N
3	باسكال	وحدة قياس الضغط	Pa
4	جول	وحدة قياس الطاقة والشغل	J
5	فولت	وحدة قياس فرق الجهد	V
6	فاراد	وحدة قياس السعة الكهربائية	F
7	أوم	وحدة قياس المقاومة الكهربائية	Ω
8	ويبر	وحدة قياس الحث المغناطيسي	WEBER
9	هنري	وحدة قياس المحاثة	H
10	كولوم	وحدة قياس الشحنة الكهربائية	C
11	سلسيوس	وحدة قياس درجة الحرارة	℃
12	لوكس	وحدة قياس شدة الاستضاءة	LUX

اسئلة الفصل

1 - عرف القياس ، وماهي أهميته .

2 – قارن بين القياس المباشر والقياس غير المباشر .

3 - تعد المسطرة من أدوات القياس المهمة لماذا ؟ .

4 – أشرح نظرية القياس في القدمة ذات الدقة 0.05

5 – كيف نقيس بقدمة قياس الاعماق ؟ .

6 – عدد أجزاء الميكرومتر .

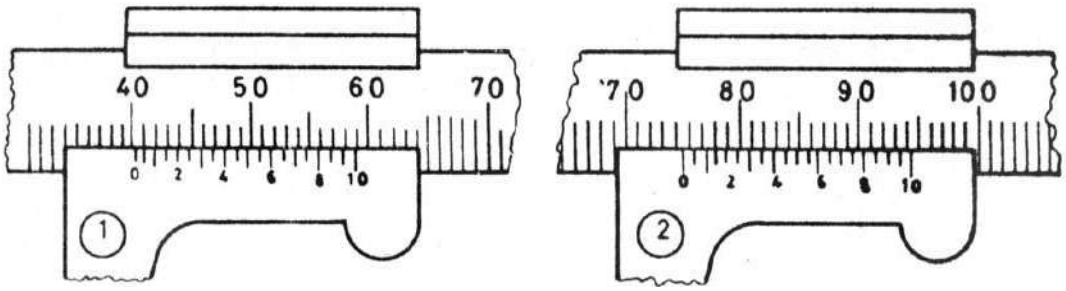
7 - ماهي ساعة القياس ، متى تستعمل ؟

8 – لماذا توحدت أنظمة القياس في نظام عالمي واحد ؟

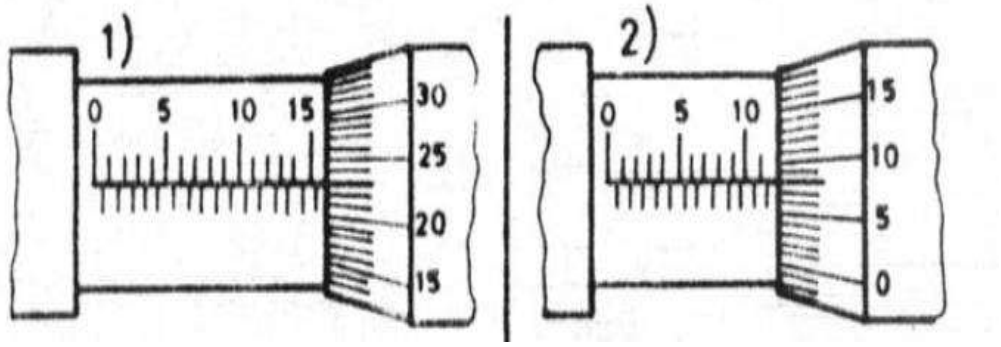
9 – لماذا نحافظ على أدوات القياس وكيف نحافظ عليها ؟

10 – مقدار حركة المحور (عمود الضبط) في الميكرومتر لكافة الاحجام 25 ملمتر علل ذلك

11 - في الشكل (1 ، 2) جد قيمة القياس للقدمة ذات الورنية وماهي دقتها ؟



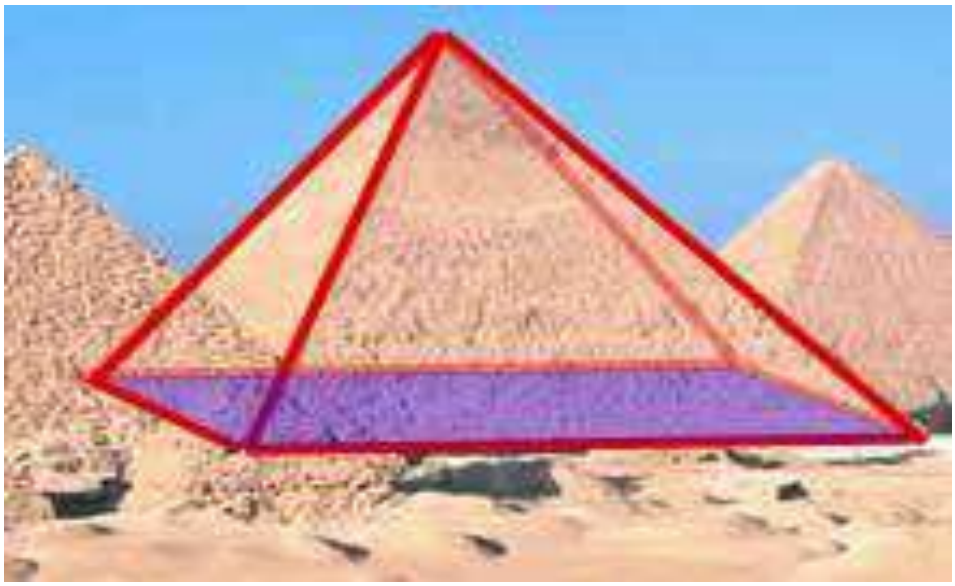
12 – في الشكل (1 ، 2) جد قيمة قياس الميكرومتر .



الفصل الثاني

المساحات والحجوم للاشكال الهندسية

Areas & Volumes



الهدف : التعرف على الاشكال الهندسية وكيفية حساب مساحاتها وحجومها .

تمهيد :- إن المعرفة في حساب المحيط والمساحة والحجم للاشكال الهندسية المختلفة ضروري لكثرة التعامل معها في الورش والمصانع وكذلك في الحياته العملية ومثال ذلك المعرفة في حساب مساحة غرفه وكم يكفيها من الكاشي أوماهوحجم خزان الماء الذي يكفي للبيت وكم هي مساحة قطعة من الصفيح تكفي لعمل خزان مكعب الشكل ، وهكذا الكثيرمن الامثلة المختلفة .

2 – 1 – مساحات الاشكال الهندسية: -

1 - المربع Square – هو السطح المستوي الرباعي الذي جميع أضلاعه متساوية وزواياه الاربع قوائم .

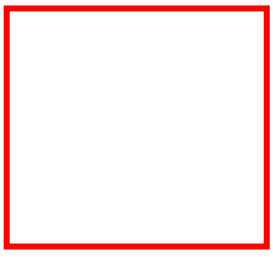
شكل (2 - 1) يوضح المربع

محيط المربع = مجموع أطوال الاضلاع الاربعة = 4 ل ..... قانون 1

مساحة المربع = (طول الضلع) ^{2} = ل × ل = ل^2 ..... قانون 2

حيث أن: ل = طول الضلع ،

مثال(2 – 1): مربع طول ضلعه 80 سم . أرسم المربع ، جد محيطه ، جد مساحته .



الحل :

محيط المربع = مجموع الاضلاع = 4×ل

= 4 × 80

= 320 سم

ل = 80 سم

مساحة المربع = ل^2

= 80^2

= 80^2 = 6400 سم^2

2 – المستطيل Rectangule – هوالسطح المستوي الرباعي كل ضلعين متقابلين فيه متساويان ومتوازيان وزواياه الاربع قوائم وله طول وعرض . كما في الشكل (2 – 2)

شكل (2 -2) يوضح المستطيل

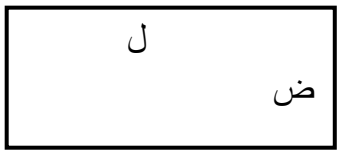
محيط المستطيل = مجموع الاضلاع الاربعة = 2ل + 2ض = 2 (ل + ض) .... قانون 3

مساحة المستطيل = الطول × العرض = ل × ض ..... قانون 4

إذ أن ل = طول المستطيل ، ض = عرض المستطيل

مثال (2 – 2) : إرسم المستطيل الذي طوله 80 سم وعرضه 40 سم ثم جد مساحته ومحيطه .

الحل : محيط المستطيل = 2 × (الطول + العرض) = 2 (ل + ض)



= 2 (80 + 40)

= 2 (120)

= 240 سم

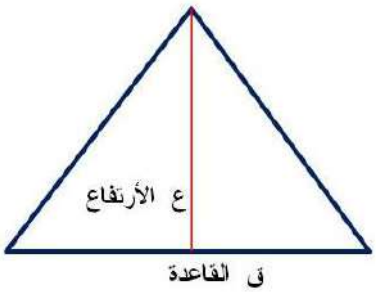
مساحة المستطيل = الطول × العرض = = ل × ض

= 80 × 40

= 3200 سم ^{2}

3 - المثلث Triangle – هو السطح المستوي الذي تحيطه ثلاثة مستقيمات متلاقية مع بعضها (مثنى مثنى).

كما في الشكل (2 – 3) .



شكل رقم (2 – 3) يوضح القاعدة والارتفاع في المثلث

محيط المثلث = مجموع أطوال الاضلاع الثلاثة ..... قانون 5

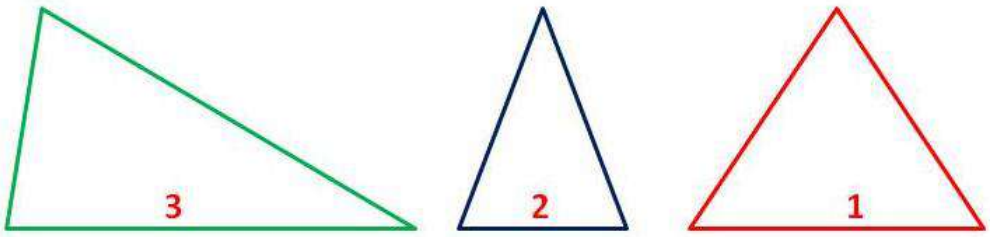
مساحة المثلث = $\frac{1}{2}$ القاعدة × الارتفاع ..... قانون 6

حيث أن ع = إرتفاع المثلث وهو الخط العمودي النازل من رأس المثلث على القاعدة أو إمتدادها ،

ق = قاعدة المثلث

3 – 1 - أنواع المثلثات :-

أ ولا - تصنف المثلثات حسب أطوال أضلاعها كما موضحة في الشكل (2 – 4 - أ) وهي :



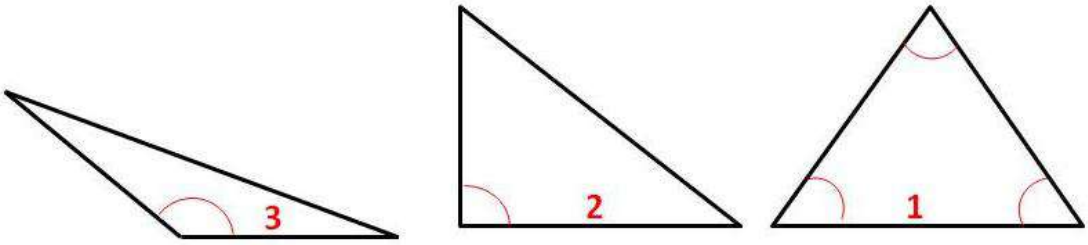
شكل (2 – 4 - أ) يوضح أنواع المثلثات حسب أطوال أضلاعها

1- المثلث المتساوي الاضلاع: وتكون أضلاعه الثلاثة متساوية وزواياه متساوية 60 درجة لكل واحدة .

2- المثلث المتساوي الساقين: وفيه ضلعين متساويين والثالث يختلف عنهما أما أكبر أو أصغر .

3- المثلث المختلف الاضلاع: وتكون أضلاعه الثلاثة مختلفة الاطوال .

ثانيا – تصنف المثلثات حسب زواياها كما موضحة في الشكل (2 – 4 – ب) وهي :-



شكل (2 – 4 - ب) يوضح أنواع المثلثات حسب الزوايا

1 - - المثلث الحاد الزوايا وتكون كل واحدة من زواياه الثلاثة أقل من 90 درجة .

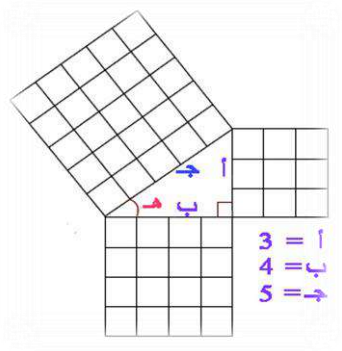
2- المثلث القائم الزاوية وتكون أحدى زواياه 90 درجة .

3 - المثلث المنفرج الزاوية وتكون أحدى زواياه أكبر من 90 درجة .

ثالثا - نظرية فيثاغورس : هي من النظريات الاساسية في المثلثات وتنص على أن (في المثلث القائم الزاوية (المربع المقام على الوتر يساوي مجموع المربعين المقامين على الضلعين الآخرين) .

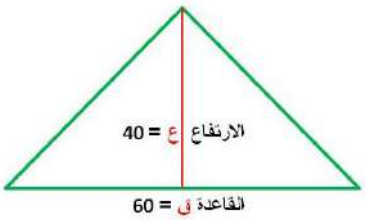
(الوتر)^2 = مجموع مربعي الضلعين القائمين كما موضح في الشكل (2 – 5)

(الوتر)^2 = (القاعدة)^2 + (الارتفاع)^2 ..... قانون 7



شكل (2 – 5) يوضح نظرية فيثاغورس

مثال (2 – 3) قطعة من الصفيح مثلثة الشكل أحسب مساحتها إذا كانت القاعدة 60 سم وإرتفاع المثلث 40 سم ؟ .

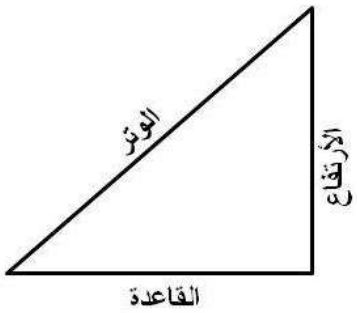


المساحة = نصف القاعدة × الارتفاع

المساحة = $0,5 \times 60 \times 40$

= 1200 سم^2

مثال (2 – 4) : أحسب طول وتر مثلث قائم الزاوية إذا كان طول الضلعين القائمين 4 متر ، 3 متر .



الحل : بما أن المثلث قائم : نطبق نظرية فيثاغورس

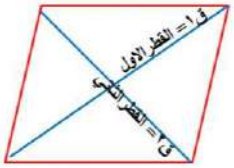
(الوتر)^2 = (القاعدة)^2 + (الارتفاع)^2

(الوتر)^2 = 4^2 + 3^2

(الوتر)^2 = 16 + 9 = 25

الوتر = 5 متر

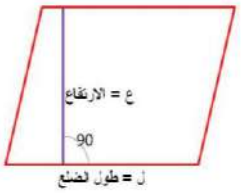
4 - المعين المنتظم Rhomb :- هو السطح المستوي المحدد بأربعة خطوط مستقيمة ومتساوية وزواياه ليست قوائم وفيه كل زاويتين متقابلتين متساويتان ، وقطراه مختلفان ومتعامدان وينصف أحدهما الاخر . كما في الشكل (2 – 6) .



محيط المعين = مجموع أضلاعه الاربع المتساوية ... قانون 8

مساحة المعين= طول الضلع × الارتفاع ..... قانون 9

وكذلك إيجاد مساحة المعين إذا كان طول القطرين معلوماً وحسب القانون الأتي :



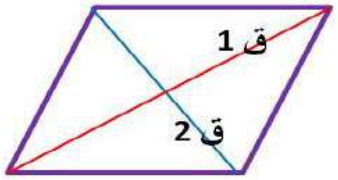
شكل (2 – 6) يوضح شكل المعين وإرتفاعه وقطريه

مساحة المعين = $\frac{1}{2}$ حاصل ضرب القطرين

المساحة = $\frac{1}{2}$ ق$_1$ × ق$_2$ ..... قانون 10

إذ أن (ق$_1$ ، ق$_2$) قطرا المعين

مثال (2 – 5) أوجد مساحة قطعة من الصفيح بشكل معين قطراه (3 متر ، 2 متر) .

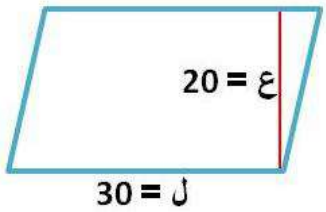


الحل : المساحة = 0,5 ×ق$_1$ × ق$_2$

المساحة = 0,5 × 3 × 2

= 3 متر مربع

مثال (2 – 6) : قطعة من الصفيح بشكل معين طول ضلعها 30 سم والعمود النازل من الضلع العلوي الى القاعدة 20 سم أحسب المساحة والمحيط لهذه القطعة .



الحل : المحيط = 4 ل

= 30 × 4

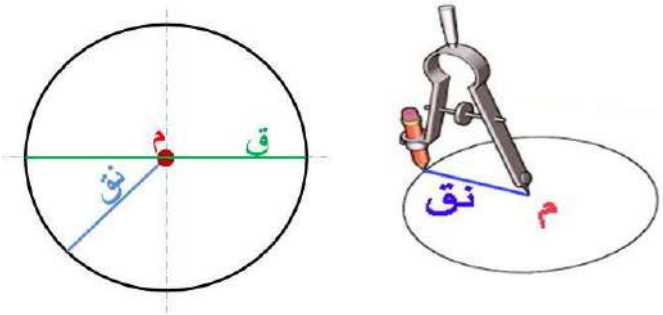
= 120سم

المساحة = ل ×ع

= 20 × 30

= 600 سم^2

5 - الدائرة Circle:- هي السطح المستوي المحدد بخط منحن مغلق وكل نقطة من نقاطه تبعد بأبعاد ثابتةعن نقطةفي داخله تسمى مركز الدائرة . ويسمى البعد بين مركز الدائرة ومحيطها (نصف القطر) . كما في الشكل (2 – 7) .



شكل (2 -7) يوضح الدائرة ومركزها

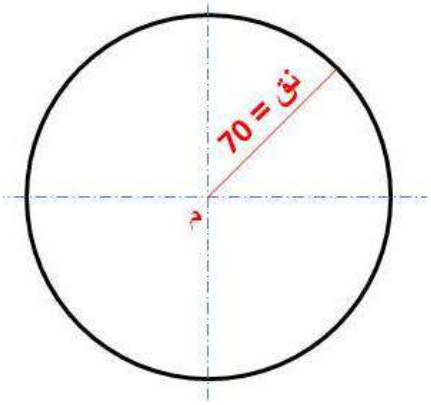
محيط الدائرة = القطر×النسبة الثابتة ..... م = ق ×ط ..... قانون 11

مساحة الدائرة =(نق)^2× النسبة الثابتة ..... قانون 12

إذ أن نسبة المحيط الى القطر في أي دائرة = 22 / 7 .... وتساوي 3,14 وتدعى (النسبة الثابتة ط)
قطرالدائرة = ق ، نصف قطر الدائرة = نق ، محيط الدائرة = م

مثال (2 – 7) : أحسب محيط ومساحة دائرة نصف قطرها 70 سم ؟

الحل : نصف القطر = 70 سم



القطر = 2 × 70 = 140 سم

محيط الدائرة = ق × ط

= $\frac{22}{7}$ × 140 = 440 سم

المساحة = نق ^{2} × ط

المساحة = 70 ^{2} × 3.14

= 15386 سم^2

مثال (2 – 8) قطعة من الصفيح دائرية الشكل مساحتها 12.56 ، أحسب قطرها .

الحل : مساحة الدائرة = نق^2 ط

12.56 = نق^2 × 3.14

نق^2 = $\frac{12.56}{3.14}$ = 4

∴ نق = 2

القطر = 2 × نق

= 2 × 2 = 4 متر

6 - مساحات الاشكال الهندسية المركبة

الاشكال الهندسية المركبة : هي الاشكال التي تتكون من سطحين هندسيين أو أكثر . بحيث يمكن إجراء الحسابات المطلوبة لكل سطح على إنفراد ، ثم إيجاد الناتج الحسابي لمجموعها .

مثال (2 – 9) جد مساحة الشكل (2 – 8) .

الحل : نجد مساحة ألاجزاء (ا ، ب ، ج ، د ، هـ)

مساحة الجزء المستطيل أ = ل × ض ت

= 10 × 20

= 200 سم ^{2}

مساحة الجزءالمستطيل ب = 20×30

= 600 سم ^{2}

مساحة الجزء المستطيل ج = 10 × 20

= 200 سم ^{2}

مساحة الجزء المستطيل د = 15 × 12

= 180 سم ^{2}

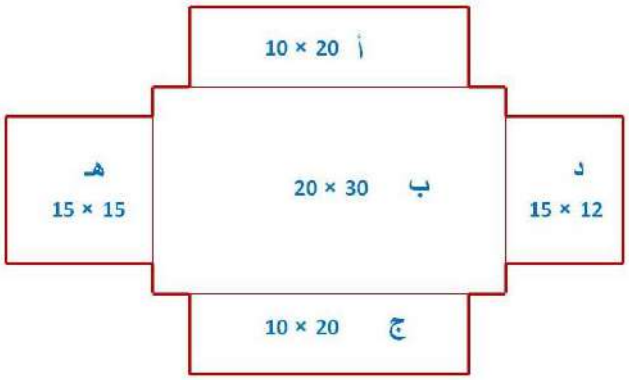
مساحة الجزء المربع هـ = ل^2

= 15 ^{2}

= 225 سم ^{2}

المساحة الكلية = أ + ب + ج + د + هـ

= 200 + 600 + 200 + 180 + 225 = 1405 سم ^{2}



شكل (2 – 8)

مثال (2 – 10) جد المساحة السطحية للشكل (2 – 9) .

الحل : نقسم الشكل الى أربعة أقسام ونجد مساحة كل قسم :

مساحة المثلث = $\frac{1}{2}$ القاعدة في الارتفاع

= 150 × 50 × $\frac{1}{2}$

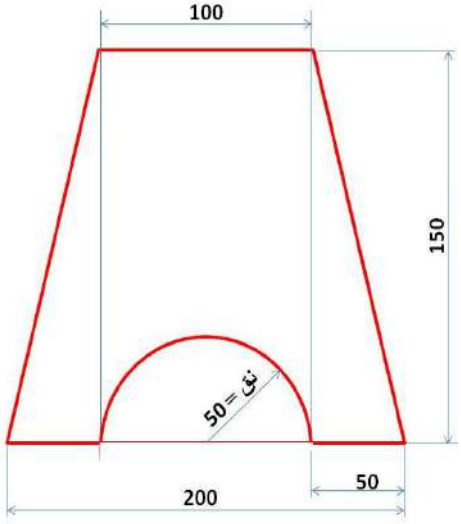
= 3750 سم ^{2}

مساحة المستطيل = الطول × العرض

= 100× 150

= 15000 سم^2

مساحة الدائرة = نق^2 ط



شكل (2 - 9)

$= 3.14 \times {}^{2}50$

$= 7850$ سم^{2}

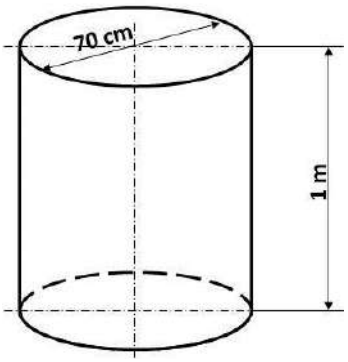
مساحة القطع النصف دائري $= \frac{7850}{2} = 3925$ سم^{2}

المساحة السطحية للشكل $= 2\times$ مساحة المثلث + مساحة المستطيل – مساحة نصف الدائرة

$= 2 \times 3750 + 15000 - 3925 = 18575$ سم^{2}

مثال (2 – 11) إحسب مساحة الصفيح اللازمة لعمل خزان إسطواني قطره (70) سم وإرتفاعه متر واحد .

الحل : نقسم الخزان الى ثلاثة أقسام قاعدة عليا ، قاعدة سفلى ، ومساحة جانبية إسطوانية . ثم نجد المجموع الحسابي للمساحات الثلاث .



شكل (2 - 10) يوضح الخزان

1 – مساحة القاعدتين الدائريتين $= 2 \times$ نق^{2} ط

إذ أن ق = 70 سم ، نق = 35 سم

مساحة القاعدتين $= 2 \times {}^{2}35 \times \frac{22}{7} = 10780$ سم^{2}

2 – المساحة الجانبية = محيط القاعدة الاسطوانية (ق ط) × الارتفاع

إذ أن الارتفاع 1م = 100 سم

المساحة الجانبية $= 70 \times \frac{22}{7} \times 100 = 22000$ سم^{2}

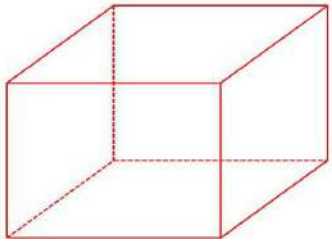
3 – مساحة الصفيح اللازم لعمل الخزان $= 10780 + 22000 = 32780$ سم^{2}

2 – 2 – حجوم الاشكال الهندسية : Ggeometrical Figure Volume

الحجم هو المقدار الذي يشغله الجسم من الفراغ ، ويحاط بمستويات من جميع جهاته ، وهذه المستويات المحيطة بالجسم تسمى أوجه المجسم ، والاجسام نوعان (منتظم وغير منتظم) من خلال معرفة الحجم لأي جسم منتظم (شكل هندسي) يسهل معرفة أشياء أخرى كثيرة ، تفيد في التعبئة والتخزين والاوزان وأمور أخرى كثيرة ، ومن الاجسام المنتظمة ما يأتي : -

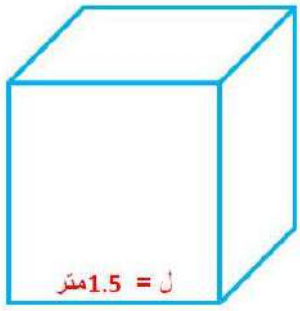
1: المكعب Cubic : هو جسم أوجهه الستة مربعات . كما في الشكل (2 – 11)

حجم المكعب = (طول الضلع)^{3} ..... قانون 13



شكل (2 - 11) يوضح المكعب

مثال (2 – 12) : خزان ماء مكعب الشكل طول ضلعه 1.5 متر ، أحسب عدد لترات الماء التي يستوعبها هذا الخزان ؟



الحل : طول الضلع = 1.5×100

= 150 سم

حجم الخزان = (طول الضلع) ^{3}

= 150^3

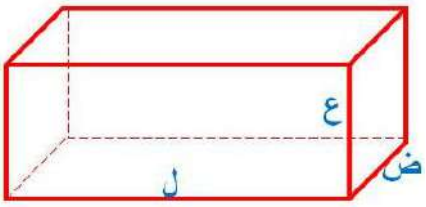
حجم الخزان = 3375000 سم ^{3}

اللتر = 1000 سم ^{3}

عدد اللترات التي يستوعبها الخزان = $\frac{\text{3375000 سم مكعب}}{\text{1000 سم مكعب}}$

= 3375 لتر ماء

2 - متوازي المستطيلات Parallelogram : هو جسم كل من قاعدتيه مستطيل وجميع أوجهه الجانبية مستطيلة ، وكل وجهين متقابلين فيه متطابقان . كما في الشكل (2 – 12) .



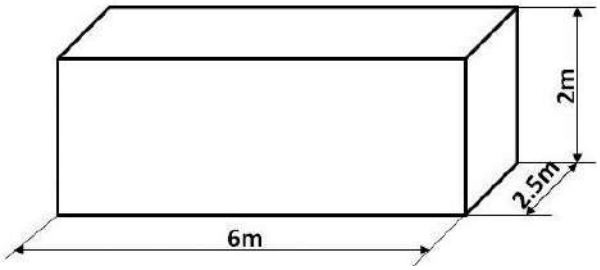
شكل (2 - 12) يوضح متوازي السطوح

حجم متوازي السطوح = الطول × العرض ×الارتفاع ..... قانون 14

إذ أن : ل = الطول ، ض = العرض ، ع = الارتفاع

مثال (2 – 13) حاوية لحمل البضائع أبعادها (6 متر ، 2.5 متر ، 2 متر) يراد تعبئتها بصناديق مكعبة الشكل طول ضلعه (0.5) متر إحسب عدد الصناديق التي يمكن وضعها في هذه الحاوية ؟ .

الحل :



حجم الصندوق المكعب = ل ^{3}

$= 0.5^3$

$= 0.125$ م ^{3}

حجم الحاوية = ل × ض × ع

$= 6 \times 2.5 \times 2$

$= 30$ م ^{3}

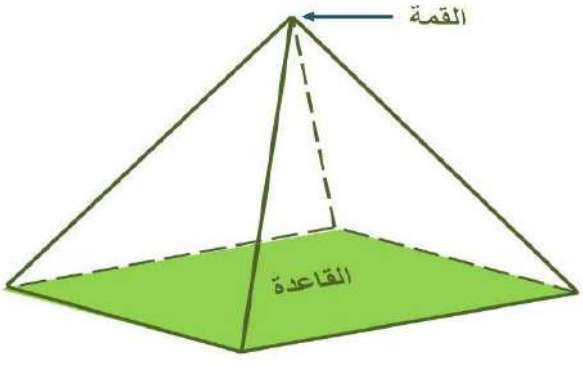
عدد الصناديق = $\frac{\text{حجم الحاوية}}{\text{حجم الصندوق}}$

$= \frac{30}{0.125}$

= 240 صندوق

3 – الهرم المنتظم Pyramid : هوجسم متعدد السطوح ، قاعدته مضلع وأوجهه الجانبية مثلثات قواعدها أضلاع القاعدة ، رؤوس هذه المثلثات تلتقي في نقطة واحدة خارجة عن القاعدة تسمى رأس الهرم ، والعمود النازل من رأس الهرم بأتجاه القاعدة يمر في مركز القاعدة ، وهو بأشكال مختلفة حسب عدد أضلاع القاعدة (مثلث بكل أنواعه ، مربع ، مستطيل ، معين ، خماسي . سداسي ، أو غيرها) . كما في الشكل

(2 – 13) الذي يوضح أحدها .

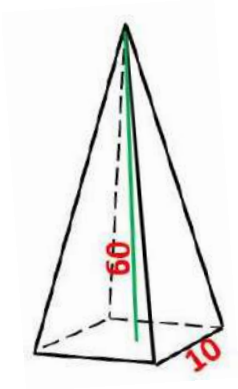


شكل (2- 13) يوضح (أحد أنواع) الهرم المنتظم

حجم الهرم = $\frac{1}{3}$ مساحة القاعدة ×ألارتفاع ..... قانون 15

مثال (2 – 14) أحسب حجم هرم رباعي منتظم إرتفاعه 60 سم ، وطول ضلع قاعدته 10سم .

الحل : حجم الهرم =



$\frac{1}{3}$ مس القاعدة × إرتفاع الهرم

مساحة القاعدة = (طول الضلع)^2

$= 10^2$

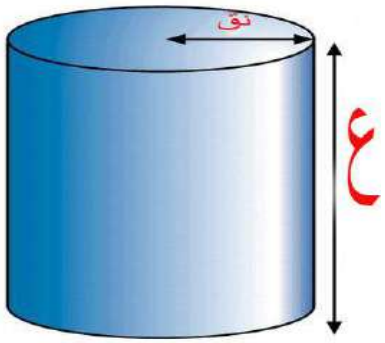
$= 100$ سم^2

حجم الهرم = $\frac{1}{3}$ مس القاعدة × إرتفاع الهرم

الحجم = $\frac{1}{3} \times 100 \times 60$

$= 2000$ سم^3

4 - الأسطوانة Cylinder : هي جسم هندسي له قاعدتان دائريتان متوازيتان ومتطابقتان ، ومحاط بسطح جانبي إسطواني . كما في الشكل (2 – 14) .



شكل (2 – 14) يوضح الاسطوانة

حجم الاسطوانة = مساحة القاعدة × الارتفاع ...

حجم الاسطوانة = نق^2 ط ع ..... قانون 16

المساحة الجانبية للاسطوانة = محيط القاعدة × الارتفاع

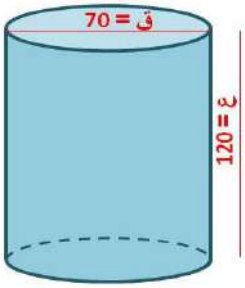
= ق × ط × ع .... قانون 17

إذ أن ق = القطر

ع = الارتفاع

ط = النسبة الثابتة (3.14)

مثال (2 – 15) خزان إسطواني قطر قاعدته 70سم وإرتفاعه 120 سم كم لتر من النفط يستوعب الخزان ؟ وأحسب مساحته الجانبية .



الحل : لتر = 1000 سم^3

حجم الخزان = نق^2 ط ع

حجم الخزان = $35^2 \times \frac{22}{7} \times 120$

$= 462000$ سم^3

عدد اللترات $= \frac{462000}{1000}$

$= 462$ لتر

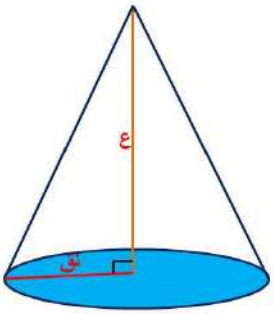
المساحة الجانبية = محيط القاعدة × الارتفاع

$= ق \times ط \times ع$

$= 70 \times \frac{22}{7} \times 120$

$= 26400$ سم

5 – المخروط الكامل المنتظم Cone : هو جسم هندسي محاط بسطح مخروطي وقاعدة دائرية واحدة ، وينتج المخروط من دوران المثلث القائم الزاوية حول أحد ضلعية القائمين ، والمستقيم الواصل من رأس المخروط الى مركز القاعدة يسمى محور المخروط . كما في الشكل (2 – 15) .



شكل (2- 15) يوضح المخروط الكامل المنتظم

حجم المخروط $= \frac{1}{3}$ مساحة القاعدة × الارتفاع .... قانون 18

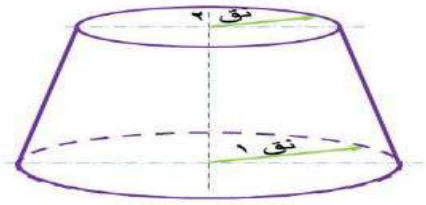
مثال (2 – 16) في أحد معامل الاسمنت أريد صنع خزان بشكل مخروط سعته 66 متراً مكعباً وقطر قاعدته 6 متر ، إحسب إرتفاع الخزان ؟ .

الحل : حجم المخروط $= \frac{1}{3}$ مساحة القاعدة × الارتفاع

$66 = \frac{1}{3} \times 3^2 \times \frac{22}{7} \times ع$ حيث أن ق = 6 م ، نق = 3 م

$ع = \frac{66 \times 7}{22 \times 3}$ = 7 متر ارتفاع الخزان

6 - المخروط الناقص المنتظم Incomplete Cone : هو جسم هندسي ناتج من قطع المخروط الكامل المنتظم بقطع مواز للقاعدة وببعد معلوم عنها . كما في الشكل (2 – 16) .



شكل رقم(2 – 16) يوضح المخروط الناقص

أي أن حجم المخروط الناقص = حجم المخروط الكامل – حجم المخروط المقطوع منه

حجم الخروط الناقص = $\frac{1}{3}$ ط ع (نق$_1^2$ + نق$_1$ × نق$_2$ + نق$_2^2$) ..... قانون 19

حيث أن (ع) أرتفاع المخروط الناقص (نق$_1$) نصف قطر القاعدة الكبيرة ، (نق$_2$) نصف قطر القاعدة الصغيرة .

كذلك حجم المخروط الناقص = $\frac{1}{12}$ ط ع (ق$_1^2$ + ق$_1$ ق$_2$ + ق$_2^2$) ..... قانون 20

إذ أن (ق$_1$) القطر الكبير ، (ق$_2$) القطر الصغير

مثال (2 – 17) : خزان بشكل (مخروط ناقص) أقطار قاعدتيه (5 متر ، 2 متر) وإرتفاعه 8 متر ، إحسب حجمه .

الحل : - حجم الخزان = $\frac{1}{12}$ × 3.14 × ع × (ق$_1^2$ + ق$_1$ق$_2$ + ق$_2^2$) .... القانون 20

$= \frac{1}{12} \times 3.14 \times 8 \times (5^2 + 5 \times 2 + 2^2)$

$= 81.64$ م^3

كذلك يمكن إيجاد حجم الخزان بالعلاقة الأتية : -

حجم الخزان = $\frac{1}{3}$ ط ع (نق$_1^2$ + نق$_1$ × نق$_2$ + نق$_2^2$) القانون 19

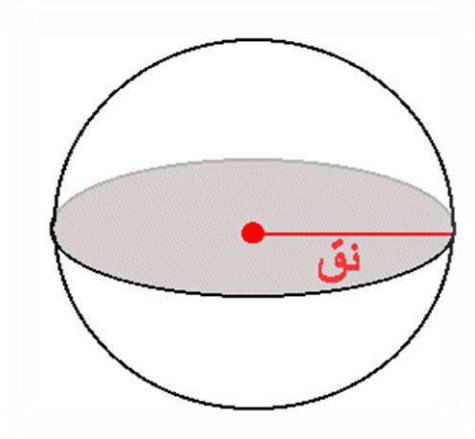
$= \frac{1}{3} \times 3.14 \times 8 (2.5^2 + 2.5 \times 1 + 1^2)$

$= 81.64$ م3

7 - الكرة Ball : هي جسم هندسي محدد بسطح مقفل وجميع نقاطه تبعد بمقدار ثابت عن نقطة في الداخل تسمى المركز وهذا البعد هو (نق) . أو هي ناتجة من دوران نصف دائرة حول قطرها دورة كاملة ، بأعتبار قطرها محور الدوران . كما في الشكل (2 – 17) .

حجم الكرة $= \frac{1}{6}$ ط $ق^3$ ..... قانون 21

المساحة السطحية للكرة $=$ ط $\times ق^2$ ..... قانون 22



شكل (2 – 17) يوضح الكرة

مثال (2 – 18) جد حجم المعدن اللازم لسباكة كرة معدنية قطرها 28 سم ؟ .

الحل حجم الكرة $= \frac{1}{6} \times ق^3 \times$ ط

$= \frac{1}{6} \times 2^3 \times \frac{22}{7}$

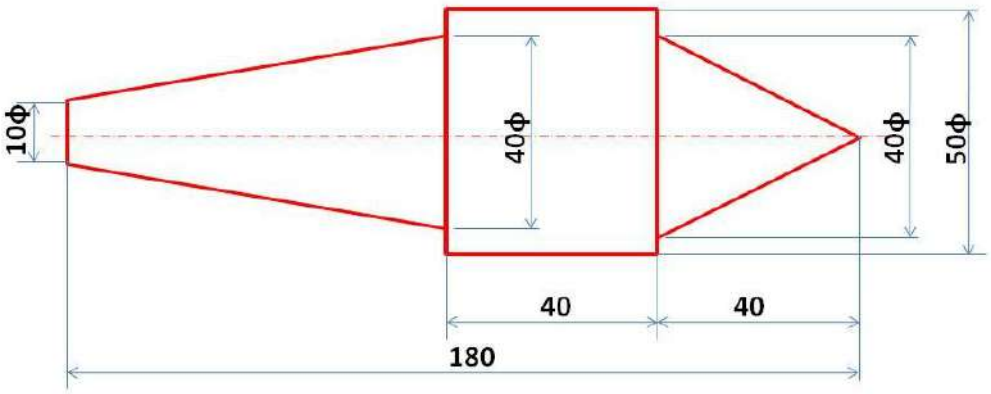
$= 11498.6$ سم ^{3} حجم المعدن

8 - حجوم الاشكال الهندسية المركبة :

الجسم الهندسي المركب (يتكون من عدد من الاجسام الهندسية مجتمعة معا في تكوينه) ، وطريقة حساب الحجم للجسم الهندسي المركب تتم بتجزئة الجسم الى أجسام هندسية منفردة ثم نجد حجومها منفردة بعد ذلك يتم الجمع الحسابي لنتائج الحجوم والذي يساوي حجم الجسم المركب .

مثال (2 – 19) جد الحجم (بالسنتمتر المكعب) للجسم المركب في الشكل (2 –18) .

الحل : - نجزء الجسم المركب الى ثلاثة أجسام هي مخروط كامل ، أسطوانة ، مخروط ناقص . ثم نجد الحجوم لكل منها ، ثم نجد المجموع الجبري للاجزاء الثلاثة .



شكل (2 - 18) يوضح جسم مركب مع الابعاد بالملمتر

1 – حجم المخروط الكامل = $\frac{1}{3}$ مساحة القاعدة × الارتفاع

$= \frac{1}{3} \times 2^{2} \times 3.14 \times 4$

$= 16.75$ سم^{3}

2 – حجم الاسطوانة = مساحة القاعدة × الارتفاع

$= 2.5^{2} \times 3.14 \times 4$

$= 78.5$ سم^{3}

3 – حجم المخروط الناقص = $\frac{1}{12}$ × ط × ع (ق$_{2}^{2}$ + ق$_{2}$ ق$_{1}$ + ق$_{1}^{2}$)

$= \frac{1}{12} \times 3.14 \times 4 \times (4^{2} + 4 \times 1 + 1^{2})$

$= 1.05 \times (21) = 22.05$ سم^{3}

حجم الجسم المركب = حجم المخروط الكامل + حجم الاسطوانة + حجم المخروط الناقص

= 16.75 سم^{3} + 78.5 سم^{3} + 22.05 سم^{3}

= 117.3 سم^{3}

أسئلة الفصل :

1 - قطعة من الصفيح مستطيلة الشكل أبعادها 80 سم × 50 سم تم قطع جزء منها بشكل دائرة قطرها 30 سم في وسطها ، جد المساحة المتبقية .

2 – قطعة معدنية بشكل معين طول ضلعه 40 سم والمسافة العمودية بين كل ضلعين متوازيين 30 سم وكان أحد قطريه 60 سم ، جد طول القطر الثاني .

3 – غرفة الاستعلامات في إحدى المدارس بشكل مكعب طول ضلعها 3 متر يراد طلاء جدرانها من الداخل ، وفيها شباك واحد مربع الشكل طول ضلعه 1.5 متر وباب مستطيل قياسه (2 × 1) متر ، أحسب المساحة التي سيتم طلاؤها .

4 - قطعة من الالمنيوم صنعت بشكل هرم رباعي حجمه 24 سم ^{3} وإرتفاعه 80 ملم ، جد طول ضلع قاعدته .

5 - خزان بشكل مخروط ناقص حجمه 44 متر^3 وقطر القاعدة الكبيرة 4 متر وقطر القاعدة الصغيرة 2 متر ، إحسب أرتفاعه .

6 - خزان ماء مكعب الشكل يستوعب 3375 لتر من الماء ، تم إستبداله بخزان أخر كروي الشكل يتسع لنفس الكمية ، جد قطر الخزان الكروي .

7 – خزان إسطواني الشكل قطر قاعدته 0.6 متر أحسب حجمه إذا كان إرتفاعه 1.2 متر .

الفصل الثالث

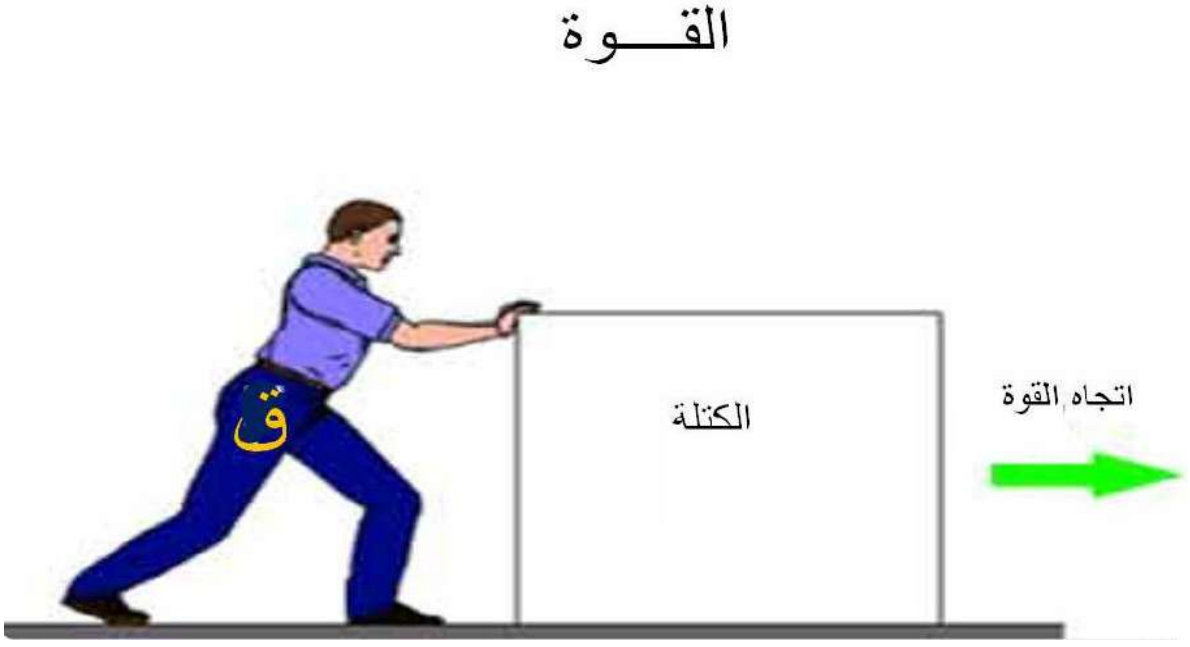
القوى Forces

الشغل Work

العزم Moment

القدرة Power

الكفاءة Efficiency



الهدف : معرفة الطالب بالقوى الميكانيكية وأنواعها وتأثيراتها وحساباتها و التعرف على الشغل والعزم . وكذلك القدرة والكفاءة الميكانيكية .

3 – 1 القوة Force :

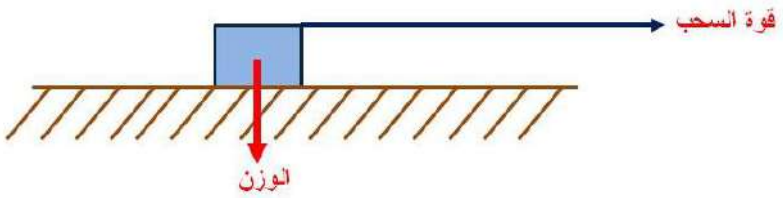
هي الفعل الذي يؤثرأويحاول أن يؤثر في جسم ما فيعمل على تحريكه اذا كان ساكنا او يسبب تغيير حركته مقدارا أو إتجاها اوكليهما ، وقد يكون التغيير في الشكل والحجم .

تقاس القوه بوحدة (النيوتن وهي القوة المؤثرة في كتلة 1 كغم من المادة فتكسبها تعجيلا قدره 1 متر / ثا^2 كما ويعرف النيوتن بأنها القوة التي تساوي $\frac{1}{9.8}$ من قوة جذب الارض لجسم كتلته1 كغم موضوع عند سطح البحر على خط عرض 45 ° والنيوتن = 100000 داين) ، والقوه لها مقدار واتجاه ويمكن تمثيلها بالرسم البياني . و هي بعدة أنواع .

أنواع القوى :- القوى المؤثرة في الاجسام على أنواع متعددة ومنها :

3 – 1 – 1 قوه الجر (السحب) Traction Force :

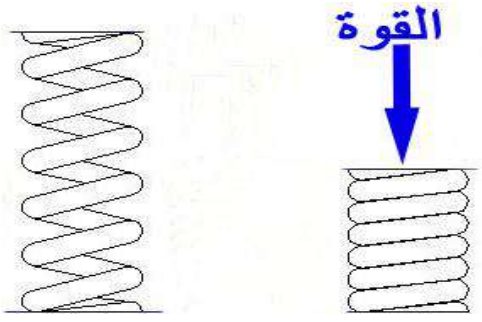
هي القوه التي تسحب الجسم باتجاه معين فتسبب حركته او استطالته ، كما موضح في الشكل (3 – 1)



شكل (3 – 1) يوضح قوة السحب

3 – 1 – 2 قوه الضغط Compression Force

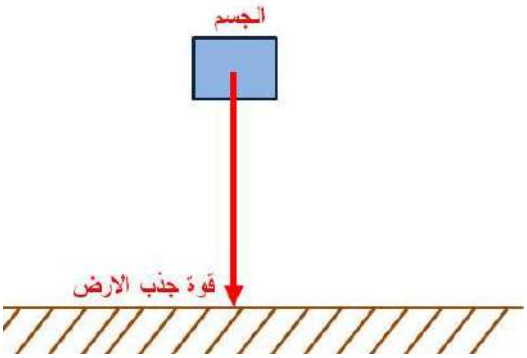
وهي القوة التي تضغط على الجسم بمقدار كتلتها فتؤدي الى تقارب جزئيات ذلك الجسم من بعضها البعض اذا كان الجسم طرياً مثال ذلك القوة المؤثرة في مكبس يعمل داحل إسطوانة تحتوي على كمية من الهواء أو قوة تضغط على نابض فتقلل من طوله ، كما في الشكل (3 -2) .



شكل (3 – 2) يوضح تأثير قوة الضغط

3 – 1 – 3 قوه جذب الارض Gravity Force

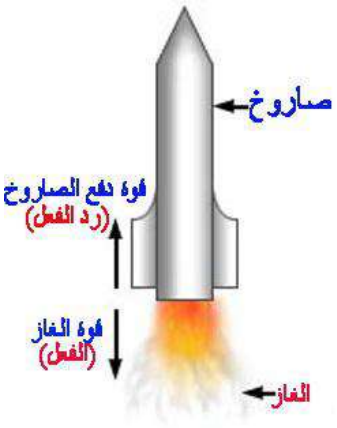
وهي القوة التي تجذب الاجسام الموجودة على سطح الارض اوفوقها نحو مركز الكرة الارضية . فاذا سقط جسم سقوطاً حراً تحت تأثير الجاذبية الارضية فأن تسارع الجسم الساقط يكون تسارع الجاذبية الارضية (g) وقيمتة (9.81 م / ثا^2) .



شكل (3 – 3) يوضح قوة جذب الارض

3 – 1 – 4 قوة رد الفعل Reaction Force

لكل فعل رد فعل يساويه بالمقدار ويعاكسه بالاتجاه ويقعان على خط تأثير واحد ويؤثران في جسمين مختلفين ، وكما في الشكل (3 – 4) .



شكل (3 – 4) يوضح قوة الفعل ورد الفعل

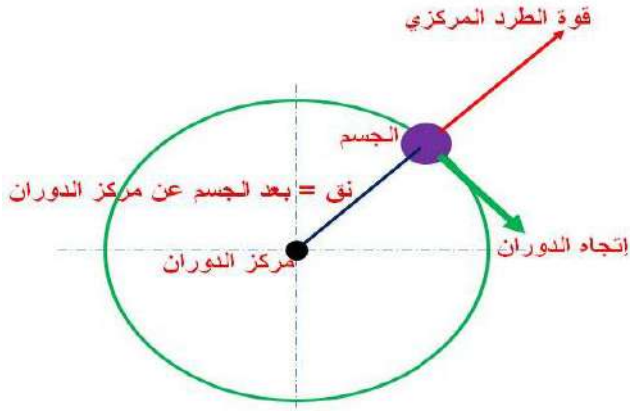
3 – 1 – 5 قوة الطردالمركزي Centrifugal Force

هي القوة المتولدة من دوران الجسم حول مركز معين وتتوقف هذه القوة على كتلة الجسم و سرعة دورانه وبعده عن مركز الدوران (نق) كما في الشكل (3 – 5) .

تزداد قوة الطرد المركزي بزيادة

1 – الكتلة . 2 – سرعة الدوران

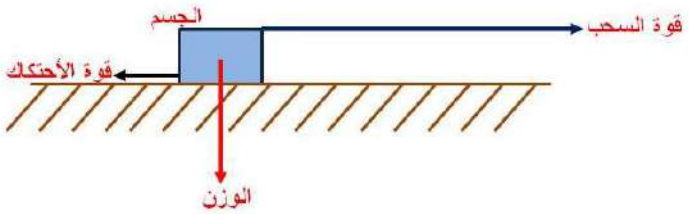
3 – بعد الجسم عن مركز الدوران



شكل(3 – 5) يوضح قوة الطرد المركزي

3 – 1 – 6 قوة الاحتكاك Friction Force

وهي القوة المعرقلة للحركة الناشئة عن حركة سطح جسم ما على سطح جسم اخر . و يعتمد مقدار قوة الاحتكاك على وزن الجسم المتحرك ، ومعامل الاحتاك ما بين السطحين ، وكما موضح بالشكل (3 – 6) .

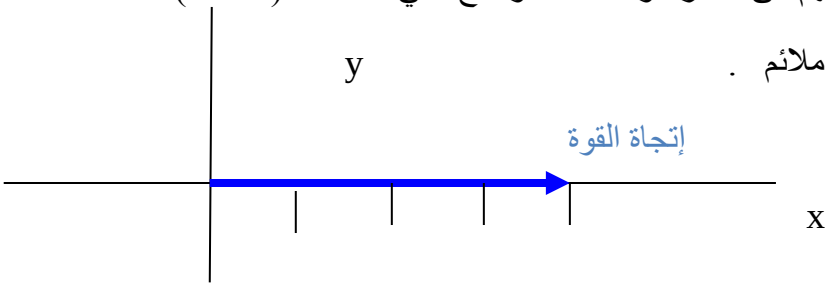


شكل 3 – 6 يوضح قوة الاحتكاك

3 – 2 تمثيل القوى :

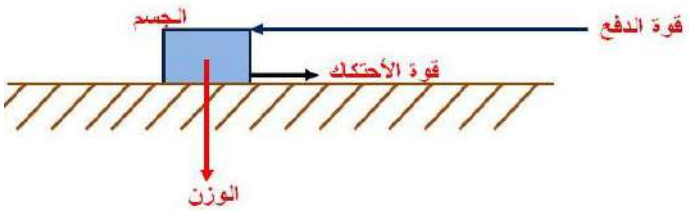
القوة كمية اتجاهية لها مقدار واتجاه ، يمكن تمثيلها بيانيا بواسطة متجه (سهم) إذ يشير رأس السهم الى إتجاه القوة بينما يشير طول السهم الى مقدارالقوة ، كما موضح في الشكل (3 – 7) .

يؤخذ مقياس رسم بمقدار ملائم .

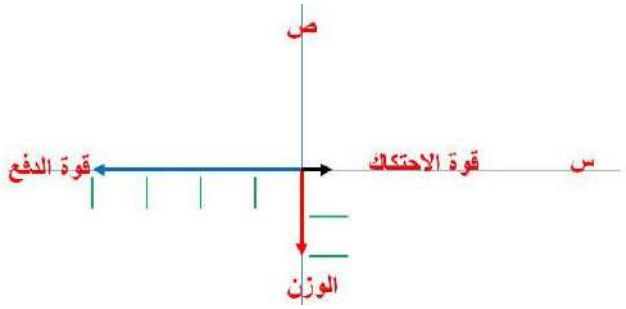


شكل (3 – 7) يوضح تمثيل القوة

مثال (3 – 1) : يقوم شخص بدفع جسم (صندوق) بقوة أفقية مقدارها (1000) نيوتن فإذا كان وزن الصندوق 500 نيوتن وكانت قوة الاحتكاك تساوي 20 نيوتن مثل ذلك بالرسم .

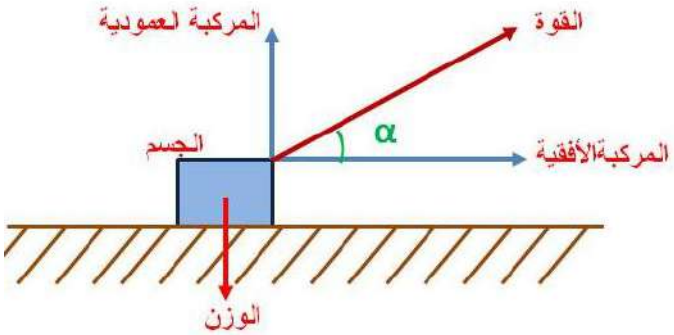


نختار مقياس الرسم : 1 سم = 250 نيوتن ، ثم نرسم القوى حسب مقاديرها وإتجاهاتها .



3 – 3 تحليل القوى : Analysis Of Forces

القوى المؤثرة في الاجسام أما أن تكون موازية للسطح (أفقية) أوتكون عمودية على السطح (عمودية) اومائلة مع الافق بزاوية معينة . فأذا اثرت قوة مقدارها ق في جسم معين وكانت القوة تصنع زاوية مع الافق مقدارارها α درجة كما في الشكل (3 – 8) فيمكن تحليل هذه القوة الى مركبتين إحداهما افقية والاخرى عمودية وكما يأتي :



شكل (3 – 8) يوضح تحليل القوة

نستطيع أن نحسب قيمة القوتين الافقية والعمودية وذلك بأستعمال العلاقات الأتية : -

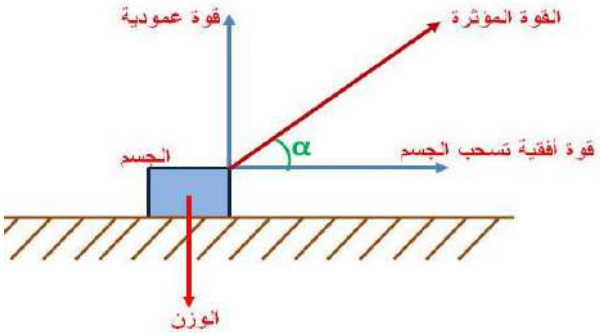
القوة الافقية = القوة× جتا α

القوة العمودية = القوة × جا α

نحصل على قيمة جاα وجتاα وذلك بإستخدام الجداول الرياضية .

مثال (3 – 2) جسم وزنه 200 نيوتن ساكن على سطح ناعم أثرت فيه قوة سحب مقدارها 600 نيوتن تميل بزاوية 45 درجة مع الافق ، أحسب مقدار القوة التي تسحب الجسم على السطح .

الحل :



بما أن القوة 600 نيوتن مائلة بزاوية 45 ° مع الافق فأنها تحلل الى مركبتين أفقية وعمودية

المركبة الافقية = القوة × جتا 45 .

من الجداول الرياضية نجد أن قيمة جتا 45 ° = 0.7

القوة الافقية = 600 × 0.7 = 420 نيوتن مقدار القوة التي تسحب الجسم .

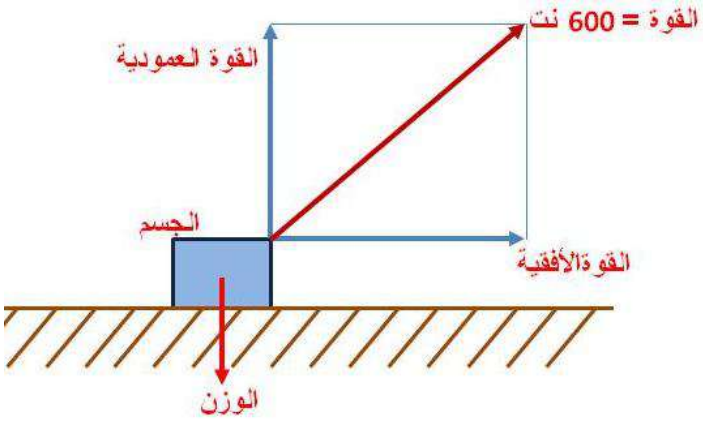
و يمكن أن نجد القوة الافقية بطريقة ثانية وهي طريقة تمثيل القوى وكما يأتي :-

أولا - نأخذ مقياس رسم : 1 سم = 100 نيوتن وبذلك تكون القوة 600 نيوتن = 6 سم على الرسم

ثانيا - نرسم القوة ممثلة بسهم طوله 6 سم من نقطة الاصل ومائل عن الافق بزاوية 45 ° ثالثا - نكمل الرسم فيكون أما مربعاً أومستطيلاً وقطره السهم الذي يمثل القوة

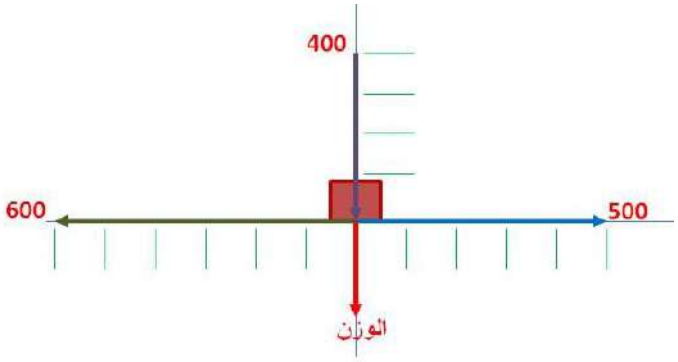
نقيس بالمسطرة طول المركبة الافقية = 4.2 سم . وبذلك يكون مقدار المركبة الافقية = المسافة المقاسة بالمسطرة × مقياس الرسم = القوة الافقية = 4.2 × 100 = 420 نيوتن

المركبة العمودية تهمل مع وزن الجسم لان المطلوب هو القوة الافقية التي تسحب الجسم .



مثال (3 – 3) جسم ساكن على الارض اثرت فيه ثلاث قوى الاولى افقية مقدارها 500 نيوتن والثانية معاكسة لها بالاتجاه مقدارها 600 نيوتن والثالثة عمودية 400 نيوتن ، مثل ذلك بالرسم .

الحل : -



نختار مقياس رسم للقوى الثلاث 50 نيوتن ، 600 نيوتن ، 400 نيوتن وليكن كل1 سم = 100 نيوتن

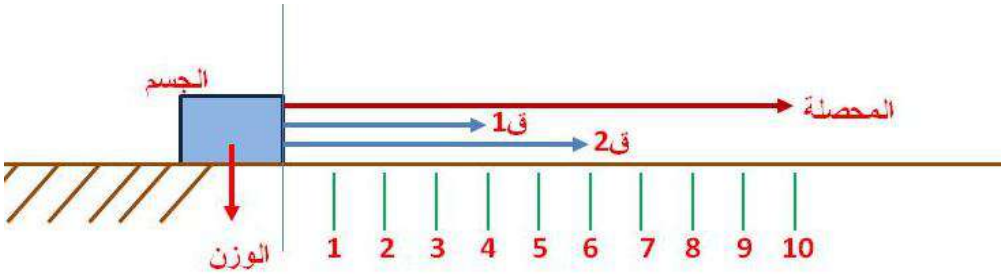
نحدد مكان الجسم وبالمسطرة وحسب مقياس الرسم نرسم الاسهم التي تمثل القوى وإتجاهاتها .

3 - 4- محصله القوى : Resultant Of Forces

هي مقدار القوة المكافئة لمجموع القوى المؤثرة في جسم ولها إتجاه .

وطرق ايجاد المحصلة يعتمد على قيمة واتجاه القوى المؤثرة في الجسم .

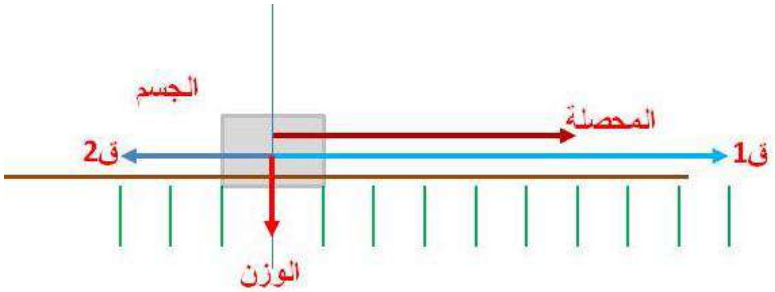
مثال (3 – 4): اثرت قوتان أفقيتان الاولى (400) نيوتن والثانية (600) نيوتن باتجاه واحد في جسم محاولة تحريكة ، أوجد قيمة محصلة القوتين وأتجاههما .



بما ان القوتين باتجاه واحد فان المحصلة هي حاصل جمع القوتين

المحصلة = $ق_1$ +$ق_2$ = 400 نت + 600 نت = 1000 نيوتن واتجاهها بأتجاه القوتين .

مثال (3 – 5) : اثرت قوتان متعاكستان في الاتجاه في جسم الاولى (1500) نيوتن شرقا والثانية (500) نيوتن غربا أحسب قيمة المحصلة وإتجاهها .



بما ان القوتين متعاكستان فالمحصلة النهائية هي حاصل (الفرق) بين القوتين ، واتجاهها باتجاه القوة الاكبر التي مقدارها (1500) نيوتن .

المحصلة = $ق_1$ – $ق_2$

= 1500 – 500

= 1000 نيوتن شرقا .

مثال (3 – 6) أثرت قوتان متعامدتان في جسم وزنه (150) نيوتن ساكن على سطح ناعم احداهما افقية مقدارها (250) نيوتن شرقا والاخرى عمودية الى الاعلى مقدارها (500) نيوتن ، أحسب المحصلة وإتجاهها .

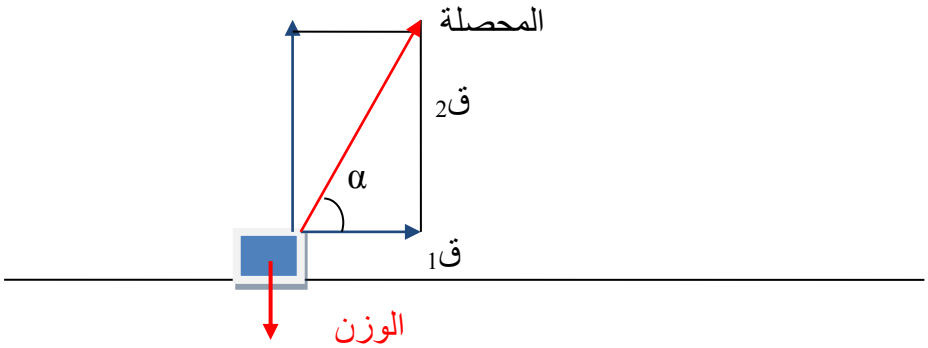
الحل : -

بما ان القوتين متعامدتان حسب نظرية فيثاغورس نجد المحصلة .

القوى الافقية = 250 نت قوة واحدة

مجموع القوى العمودية = القوة العمودية – وزن الجسم

القوة العمودية = 500 – 150 = 350 نيوتن



المحصلة = $\sqrt{\text{ق}_1^{\,2} + \text{ق}_2^{\,2}}$

= $\sqrt{250^{\,2} + 350^{\,2}}$

= 430 نيوتن

3 – 4 - الشغل : Work

تعريف (الشغل) : هو ناتج تأثير قوة ثابتة مقدارها (ق) في جسم وحركته في اتجاه تأثيرها إزاحة معينه مقدارها (ز) . و الشغل يعتمد على مقدار القوة المؤثرة والازاحة التي تحركها الجسم . فكلما زادت القوة ازداد الشغل المصروف وكذلك الحال بزيادة الازاحة التي يقطعها الجسم

(الشغل = القوة ×الازاحة) ..... قانون

إذ تقاس القوة بالنيوتن أو الداين

وتقاس الازاحة بالمتر أو السنتمتر

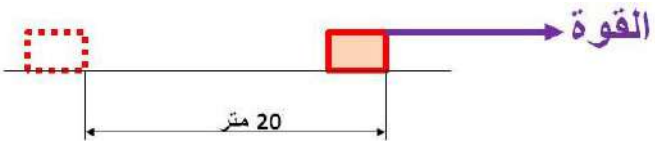
وحدات الشغل هي (نيوتن . متر) وتسمى (جول)

أو هي (داين . سم) وتسمى (إرك)

الجول = $10^{\,7}$ إرك.

الجول : هومقدار الشغل الذي تنجزه قوة ثابتة مقدارها 1 نيوتن لو أثرت على جسم لازاحته بأتجاهها 1 متر.

مثال (3 – 7) اذا اثرت قوة أفقية مقدارها (100) نيوتن شرقا في جسم وحركته (20) متر بأتجاه القوة أحسب مقدار الشغل المنجز ؟



الحل :

الشغل = القوة × الازاحة

$= 100 \times 20$

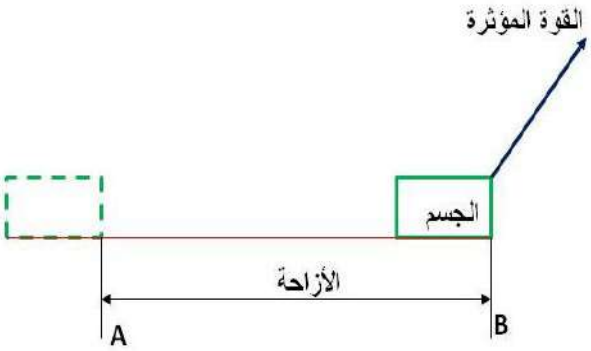
= 2000 نيوتن متر (جول) .

مثال (3 – 8) : أثرت قوة تميل بزاوية 60^{o} مع الافق مقدارها 30 نيوتن في جسم ساكن على الارض فحركته مسافة (15) متر ، أحسب الشغل المنجز .

الحل :

بما أن القوة المؤثرة تميل بزاوية (60) درجة ، فتحلل الى مركبتين ، أحداهما عمودية تهمل لانها لاتنجز شغل ، والاخرى أفقية موازية لخط الافق وهي التي أنجزت الشغل .

القوة الافقية = القوة المؤثرة × جتا الزاوية



$= 30 \times$ جتا $60°$

$= 30 \times 0.5$

= 15 نيوتن

الشغل = القوة × الازاحة

$= 15 \times 15$

= 225 جول الشغل المنجز

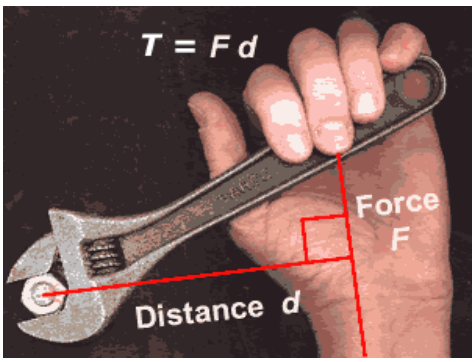
الجول $= 10^{7}$ إرك

الشغل $= 225 \times 10^{7}$

$= 2.25 \times 10^{9}$ إرك

3 – 5 العزم Momentum

هو محاولة قوة معينة تدوير جسم حول محور أو نقطة معينة . والشكل (3 –9) يوضح ذلك .



وتعتمد قيمة العزم على مقدار القوة المؤثرة فكلما زادت القوة المؤثرة إزداد العزم ، كذلك يزداد العزم بزيادة المسافة العمودية بين خط تأثير القوة ومركز الدوران . ويمكن إيجاد العزم من العلاقة الأتية :

العزم = القوة × المسافة العمودية بين خط تاثير القوة ومركز الدوران .

إذ تقاس القوة بالنيوتن أو الداين ، وتقاس المسافة بالمتر أو السنتمتر وبذلك تكون وحدات العزم (نيوتن . متر)

يعتبر العزم موجب (+) إذا دار الجسم في إتجاه معاكس لحركة عقرب الساعة ، ويكون العزم سالباً (-) إذا دار الجسم بأتجاه عقارب الساعة .

مثال (3 – 8) : اوجد قيمة العزم الناتج من تأثير قوة مقدارها (400) نيوتن في جسم محاولة تدويره بإتجاه عقرب الساعة حول النقطه (م) التي تبعد مسافة (2) متر من نقطة تأثير القوة .

العزم = القوة × المسافة العمودية

القوة

= 2 × 400

= - 800 نيوتن متر

المسافة = 2 م

المركز م

يلاحظ ان قيمه العزم سالبة لان اتجاه الدوران بأتجاه عقارب الساعه .

مثال (3 – 9) أثرت قوة مقدرها (250) نيوتن نحو الاعلى في عتلة أفقية طولها (4) متر عند أحد طرفيها حيث كان الطرف الثاني مثبتاً في نقطة الارتكاز ، احسب مقدار العزم .

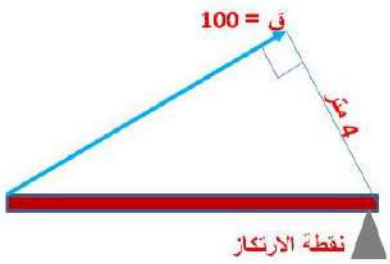
الحل :

العزم = القوة × المسافة العمودية

العزم = 4 × 250 = + 1000 نيوتن . متر

يلاحظ ان قوة العزم موجبة وذلك لان إتجاه الدوران هو عكس اتجاه عقارب الساعة .

مثال (3 - 10) : في الشكل المجاور جد العزم حول النقطة (م)



الحل : العزم = القوة × المسافة العمودية

العزم = 100 × 4

= 400 نيوتن . متر

3 – 6 - القدرة Power

وتعرف القدرة بأنها المعدل الزمني لانجاز الشغل (أي أنها الشغل المنجز في وحدة الزمن) ، ويعبر عن القدرة بالعلاقة التالية :

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$$

بما أن الشغل = القوة × الازاحة

القدرة = (القوة × الازاحة) / الزمن

بما أن السرعة = الازاحة / الزمن

القدرة = القوة × السرعة

حيث تقاس القدرة بوحدة تسمى واط = (نيوتن . متر) / ثا .

كيلو واط = 1000 واط

(746) واط = 1 حصان .

إذ أن الحصان من وحدات النظام الانكليزي ويستعمل في مجالي الكهرباء والميكانيك .

مثال (3 – 11) :- أحسب مقدار القدرة المبذولة لتحريك جسم اذا استعملت قوة مقدارها (50) نيوتن وحركته مسافة (1) متر باتجاه القوة خلال (10) ثوان .

الحل : القدرة = $\frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$

$$= \frac{\text{القوة} \times \text{الازاحة}}{\text{الزمن}}$$

$$= \frac{1 \times 50}{10} = 5 \text{ واط}$$

مثال (3 – 12): إحسب القدرة المبذولة لدفع عربة كتلتها (50) كغم بسرعة ثابتة مقدارها (2) م / ثا

الحل : الوزن = الكتلة × التعجيل

$= 50 \times 9.8$

= 490 نيوتن وزن العربة

القدرة = القوة × السرعة

$= 490 \times 2$

= 980 واط

3 – 7 - الكفاءة Efficiency

هو مصطلح يستخدم لمعرفة مقدار القدرة المستفاد منها (الخارجة) من اصل القدرة الاجمالية (الداخلة)

الكفاءة : وهي النسبة بين القدرة الخارجة الى القدرة الداخلة

$$\text{الكفاءه} = \frac{\text{القدرة الخارجة}}{\text{القدرة الداخلة}} \times 100\ \% \quad \text{..... قانون}$$

الكفاءة كمية نسبية لانها ناتجة عن قسمة وحدات القدرة الخارجة على وحدات القدرة الداخلة اي أن واط / واط = كمية نسبية

تعتبر الكفاءة المثالية (100%) وهذا لايمكن تحقيقه في جميع المنظومات سواء كانت ميكانيكية اوكهربائية فلا بد ان يكون هناك فرق مابين القدرة الخارجة والقدرة الداخلة سببه وجود الخسائر في القدرة والتي تكون على شكل احتكاك او حرار في المنظومات الميكانيكية حيث ان كل تغيير في حالة الطاقة يؤدي الى خسائر (هدر) وبالتالي تقل كمية الطاقة المستفاد منها .

مثلا . احتراق الوقود الذي يحصل في محركات البنزين لايكون كاملا وذلك لاسباب متعددة فالتحول من الطاقه الكيميائية الى الطاقة الحركية سيكون مصحوباً بنقصان الطاقة سببه وجود تلك الخسائر .

كذلك الاحتكاك الذي يحصل بين الاجزاء الميكانيكة في المحرك فانه يقلل من الطاقة بتحويله جزء منها الى طاقة حرارية لايستفاد منها وبذلك يقل مقدار الطاقة الخارجة وبناءا على ذلك تقل الكفاءة .

ولغرض زيادة الكفاءة الى أعلى حد ممكن يبذل المصممون قصارى جهودهم لتقليل الخسائر في القدرة كي يتم الاستفادة من أغلب القدرة الداخلة ، وبذلك الوصول الى قيم كفاءة عالية نسبيا .

مثال (3 – 12) : مضخة ماء تعمل بمحرك كهربائي قدرته (1000) واط ، تضخ الماء بأرتفاع (10) متر بمعدل ثابت (5) لتر / ثانية أحسب كفاءة المضخة .

الحل : 1 لتر ماء = 1 كغم

وزن الماء /ثانية = معدل الضخ × التعجيل الارضي

$= 5 \times 9.8$

$= 49$ نيوتن /ثانية

القدرة لرفع الماء $= \frac{\text{القوة} \times \text{المسافة}}{\text{الزمن}}$

$= \frac{\mathbf{10 \times 49}}{\mathbf{1}}$

$= 490$ واط قدرة خارجة (ربح)

القدرة الداخلة = 1000 واط

كفاءة المضخة $= \frac{\text{القدرة الخارجة}}{\text{القدرة الداخلة}}$

$= \frac{\mathbf{490}}{\mathbf{1000}} = 49\ \%$

أسئلة الفصل : -

1 - عرف مايأتي : - القوة ، المحصلة ، الداين ، قوة رد الفعل ، الوزن ،

2 - عرف الشغل وما هي وحداته .

3 – ما هي علاقة الشغل بالقدرة . لتكن إجابتك مدعومة بقانون .

4 - تم سحب جسم معدني مكعب الشكل وزنه (300) نيوتن بقوة مقدارها (500) نيوتن فتولدت قوة إحتكاك مقدارها (20) نيوتن ، مثل تلك القوة بالرسم .

5 - صندوق ساكن على الارض وزنه (500) نيوتن تم سحبه بقوة مقدارها (1400) نيوتن تميل مع الافق بزاوية مقدارها (30) درجة ، ما مقدار القوة التي تقوم بسحب الجسم .

6 – ما هو الشغل المنجز لرفع جسم كتلته (20) كغم مسافة (5) متر .

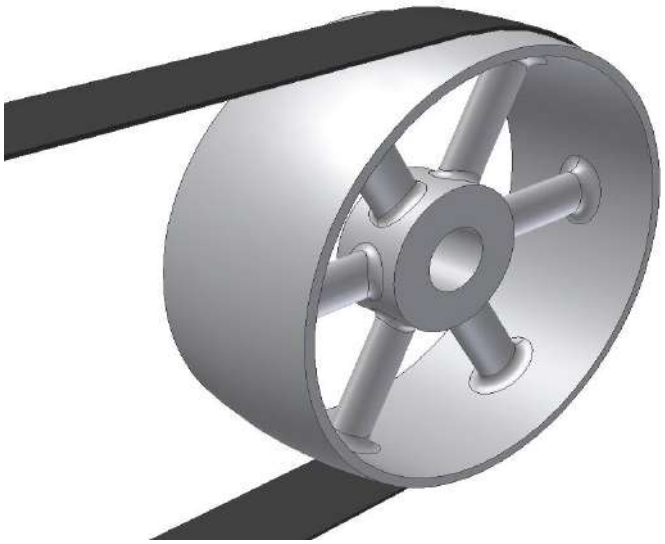
7 – قام أحد الفنيين بفتح صامولة قياسها (24) ملم ، فأستعمل (يدة راجز) طولها (50) سم وسلط عليها قوة عزم مقدارها (400) نيوتن متر عند فتحها . أحسب قوة ضغط ذلك الفني .

8 - قوة مقدارها (30) نيوتن قامت بدحرجة جسم إسطواني على الارض لمدة دقيقة واحدة بقدرة مبذولة مقدارها (60) واط ، أحسب المسافة التي قطعها ذلك الجسم .

الفصل الرابع

الإحتكاك والتزييت

FRICTION & LUBRICATION

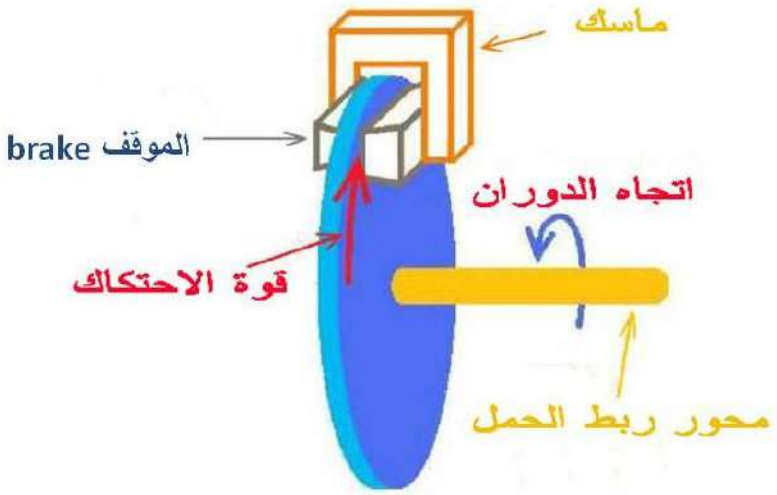


الهدف العام : - معرفة الطالب بالاحتكاك وفوائد ه ومضاره ، وعلاقته بالتزييت ، والزيوت أنواعها ، ميزاتها وفوائدها .

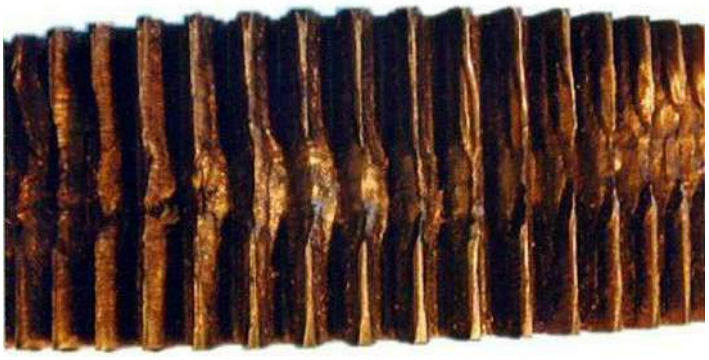
4 – 1 تمهيد

عرف الانسان ظاهرة الاحتكاك بين الاجسام منذ قديم الزمان ، فبالإحتكاك إستطاع الإنسان القديم أن يوقد النار ويصنع من الحجارة أدوات الصيد يحك بعضها ببعض حتى يحصل على الشكل الذي يريده وبالإحتكاك نتسلق الجبال أو نركب الدراجة ، ونسير بالسيارة أوالقطار ونتساءل مالذي يدفع بهما الى الامام . ونحك عود الثقاب بجنب العلبة وتشتعل النار في الكبريت ونتساءل أيضا كيف أشتعل الكبريت ، الجواب هو بالاحتكاك ، فمنافع الإحتكاك كثيرة .

ونشتري السيارة وبعد شهور نبدل الإطارات أو يستهلك المحرك أوتكون المقاعد بحاجة الى إعادة تغليف كل هذا بسبب الإحتكاك وكذلك إذا سارت السيارة بسرعة عالية كيف يتم إيقافها ؟ الجواب بالاحتكاك ، وكيف تنتقل الحركة بحزام مطاط أملس من بكرة الى أخرى ؟ الجواب بالاحتكاك أيضا . وفي بعض التطبيقات يكون الاحتكاك غير مرغوب فيه لذا وجدت الزيوت وأجريت عليها التحسينات وتعددت أنواعها للتخلص من مضار الاحتكاك .



شكل (4 - 1) يوضح إحدى فوائد الإحتكاك

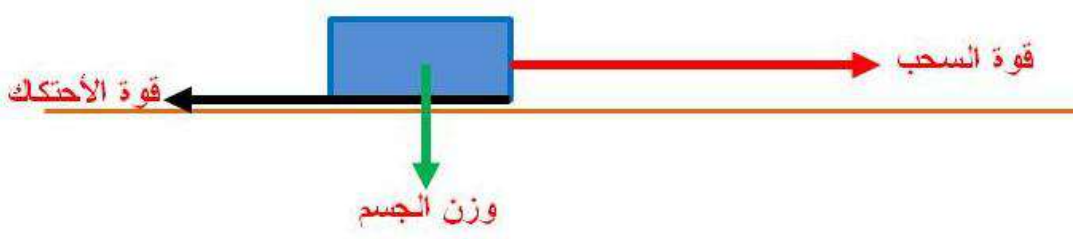


أسنان الترس أتلفت بسبب الاحتكاك

شكل (4 – 2) – يوضح إحدى مضارالاحتكاك

4 – 2 - ألاحتكاك

4 – 2 – 1 - ماهوألإحتكاك :- هو القوة الناتجة من حركة جسم على أخر بحيث يكون إتجاهما عكس إتجاة الحركة ، والاحتكاك قوة معرقلة للحركة وينتج عنها كمية من الحرارة ، وتنشأ نتيجة وجود النتوءات والفجوات بين الاسطح المحتكة (المتلامسة) المتحركة منها والساكنة ، أنظر الشكل (4 – 2) .



شكل (4 – 2) يوضح قوة الاحتكاك

4 - 2 - 2 - أنواع الاحتكاك : بصورة عامة يقسم الاحتكاك الى ثلاثة أنواع هي :

1 - الاحتكاك الساكن : (سمي بالساكن وذلك لانعدام الحركة فيه) وتكون قيمته عالية ، مثال ذلك صندوق ساكن على الارض .

2 - الاحتكاك الحركي (الديناميكي) : وهو إحتكاك أقل من الساكن لكون الجسم يبدأ فيه بالحركة ،

3 - الاحتكاك التدحرجي : يكون الجسم مستمراً بالحركة ، وسرعته منتظمة ، والاحتكاك يكون قليلاً نسبيا بالقياس الى الانواع الاخرى (الساكن والحركي)

4 – 2 – 3 - قوة الاحتكاك

هي قوة مضادة للقوة المؤثرة في حركة الاجسام وأتجاهها معاكس لاتجاه حركة تلك الاجسام فمثلا إذا دُفع صندوق على الأرض نحو اليمين تكون قوة الاحتكاك متجهة إلى اليسار معرقلة للحركة . وتنشأ قوة الاحتكاك بين الأجسام نتيجة خشونة الاسطح فكلما كانت الأسطح ذات نعومة عالية قلت تلك القوة. وتتناسب قوة الاحتكاك طرديا مع القوة العمودية وتعادل هذه القوة غالبا وزن الجسم ، وتزداد قوة الاحتكاك بزيادة وزن الجسم و خشونة الاسطح المتلامسة . ولكل مادة معامل إحتكاك .

4 – 2 – 4 - معامل الاحتكاك

هو قيمة نسبية تستخدم للتعبير عن النسبة بين قوة الاحتكاك بين جسمين والقوة الضاغطة بينهما . و يعتمد على نوع مادتي الجسمين مثلا حركة المعدن على الجليد لهما معامل إحتكاك قليل (أي أنهما ينزلقان بسهولة) أما المطاط على الاسفلت فلهما معامل أحتكاك عال جدا (لاينزلقان على بعضهما بسهولة) .

ويمكن إيجاد قوة الاحتكاك من العلاقة الأتية :

قوة الاحتكاك : تساوي حاصل ضرب القوة الضاغطة بين الجسمين × معامل الاحتكاك.

قوة الاحتكاك = وزن الجسم × معامل الاحتكاك ..... قانون 1

قوة الاحتكاك تقاس (بالنيوتن) أو (الداين) .

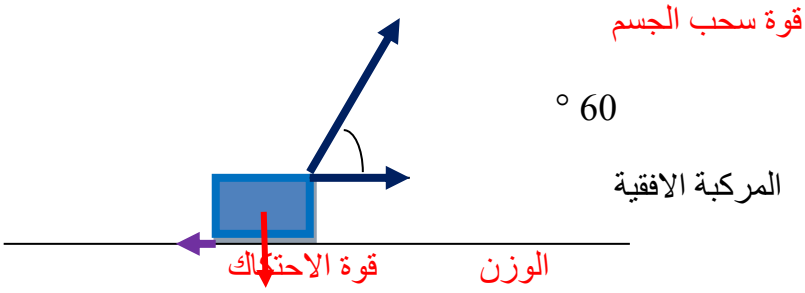
مثال 4 – 1 أثرت قوة في جسم ساكن على الارض فتحرك بسرعة ثابتة أحسب مقدار قوة الاحتكاك وما إتجاهها إذا كان وزن الجسم 500 نيوتن ومعامل الاحتكااك 0.01 .

الحل :

قوة الاحتكاك = الوزن × معامل الاحتكاك

قوة الاحتكاك = 500 × 0.01 = 5 نيوتن وإتجاهها عكس إتجاه القوة المحركة .

مثال (4 - 2) : صندوق وزنه (250) نيوتن ساكن على سطح ، تم سحبه بقوة (800) نيوتن تميل مع الافق بزاوية (60) درجة ، وكان معامل الاحتكاك بين الجسم والسطح (0.02) أحسب القوة التي سحبت الجسم .



الحل : قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح = الوزن × معامل الاحتكاك

= 250 × 0.02 = 5 نيوتن

القوة 800 نيوتن تحلل الى مركبتين الاولى موازية للسطح (الافقية) = ق جتا ه التي تسحب الجسم والمركبة العمودية = ق جاه ، تهمل مع وزن الجسم لان الجسم شرع بالحركة .

ق جتا ه = 800 × جتا 60 ° = 800 × 0.5 = 400 نيوتن

القوة التي تسحب الجسم = المركبة الافقية - قوة الاحتكاك = 400 - 5

= 395 نيوتن

4 – 2 – 5 - فوائد الاحتكاك

قد ينظرالبعض إلى قوة الاحتكاك على أنها قوة ضائعة ومعيقة لحركة الأجسام ، وعندما نحسب الشغل المبذول ضد الاحتكاك نعتبره شغلا ضائعا ونحاول في الكثير من التصاميم الميكانيكية التغلب على الاحتكاك ، إلا ان للاحتكاك فوائد كثيرة ومنها :

1 - في تصاميم ميكانيكية عديدة نبحث عن أعلى قوة أحتكاك لمنع الانزلاق كما في فرامل السيارات والقطارات .

2 - البكرات والأحزمة الناقلة للحركة لاتعمل إلا بالاحتكاك .

3 - الأحزمة الناقلة للبضائع المنتجة في المصانع تعمل بالاحتكاك .

4 - حركة السيارة والقطار وكذلك الانسان لايمكن أن تتم بدون الاحتكاك .

4 - وقوف الجبال وعدم إنزلاقها هو بفضل قوة الاحتكاك بين جزيئات التربة .

5 - صقل المنتوجات يتم بالاحتكاك بأزالة طبقة معينة .

4 – 2 – 6 - مساوئ الاحتكاك

على الرغم من أهمية الاحتكاك و استحالة الحياة بدونه كما رأينا، إلا إن له مساوئ عديدة قد تؤدي إلى أضرار كبيرة على المدى البعيد ومنها :

1 - الشغل المبذول ضد الاحتكاك يتم تحويله إلى تشوه ، ومثال ذلك تأكل إطارات السيارة ، والأحزمة الناقلة للحركة .

2 - يحول الاحتكاك جزءا كبيرا من الطاقة المبذولة إلى حرارة تتطلب المزيد من التبريد .

3 - يؤدي الاحتكاك إلى إنصهار بعض الأجسام ، كما يحصل في المحركات ، إذ تفقد قدرتها على العمل ، وقد تتعطل بعض الآلات .

4 – 2 – 7 - كيف نقلل الاحتكاك

عرفنا أن الاحتكاك في بعض الحالات غير مرغوب فيه ويسبب أضراراً مادية كبيرة كذلك خسارة في الوقت والجهد ولايمكن التخلص منه نهائيا بل يمكن التقليل من تأثيره .

الوسائل المستخدمة في تقليل تأثيرقوة الاحتكاك :

1 – إستعمال العجلات والانابيب الدوارة :- إذ تستعمل العجلات أو الأنابيب الدوارة في نقل المواد من مكان إلى آخر في الورش والمصانع و التي تمنع حصول الاحتكاك المباشر بينها وبين الارض ، حيث يتحول الاحتكاك من أحتكاك إنزلاقي الى إحتكاك تدحرجي ، ويكون الاحتكاك بمقدار قليل . كما موضح في الشكل (4 – 3) .

شكل (4 - 3) يوضح الانابيب الدوارة

2 - إستعمال كراسي التحميل : هي أحدى الوسائل التي تحمل الجسم الدوار (كالمحاور، والاعمدة الدوارة ، والتروس ، والعجلات) وغيرها من التطبيقات . تحتوي كراسي التحميل على كرات أو أسطوانات صلدة ذات متانة عالية تتحرك بين سطحين بنفس المتانة ، ونعومتهما عالية وأثناء العمل (الدوران) تمتص الاهتزازات والانضغاط وتقلل الاحتكاك . ويمكن إستبدالها بسهولة وتبقى أجزاء الالة بحالة سليمة . الشكل (4 - 4) يوضح بعض أنواع المساند .

كراسي التحميل تنظم بقياسات عالمية موحدة متفق عليها في جداول خاصة بها .

شكل (4 – 4) يوضح انواع من المساند التي تستخدم في تقليل الاحتكاك

3– أستعمال تصاميم ميكانيكية تقلل الاحتكاك :

يدخل جانب التصميم للأجزاء المنزلقة في التخلص من قسم كبير من ألاحتكاك وهي :

1 - أختيار أنواع من المعادن تقاوم الاحتكاك (سبائك النحاس ، وسبائك الالمنيوم) .

2 - الحصول على درجة نعومة عالية بين الاجزاء المحتكة .

3 - تقليل المساحة السطحية المتلامسة بين الاجزاء المنزلقة .

4 - جعل فواصل بين الاجسام المحتكة لتجزئة قوى الاحتكاك وجعلها مقسمة الى مراحل متعددة كما في عملية سحب القطار للمقطورات إذ تتحرك بالتتابع الواحدة بعد الاخرى .

4 - إستعمال الزيوت والشحوم (المزلقات) : -

من أهم الوسائل المستخدمة في تقليل الاحتكاك هي استخدام المزلقات وهي :

1 - الزيوت وهي بأنواع مختلفة جميعها تساعد في تقليل الاحتكاك وبنسبة عالية ، وكما في محركات ألاحتراق الداخلي إذ أنها تعمل لسنوات وبأداء جيد وبدون الزيت يكون أشتغالها بضع دقائق .

2 - الشحوم وهي مواد زيتية بلزوجة عالية توضع بين الاجسام المحتكة لتسهل إنزلاقها ، وتستعمل في الالات التي لا تحصل فيها حرارة عالية . أنظر الشكل (4 - 5) .

3 - الجرافيت وهو مادة كاربونية صلبة ذات ملمس دهني تستعمل في حالات خاصة ، منها إستعمالها في مضخات المياه (غزول قطنية تشبع بالكرافيت) .

شكل (4 – 5) يوضح أحد المزلقات

4 - 3- الزيوت Oils

تعد الزيوت من الركائز الاساسية المهمة في الصناعة ، ولها الدور الكبير في حماية الاجهزة والالات الميكانيكية ذات الاجزاء المنزلقة (المتحركة) من التلف .

وتتكون الزيوت من عدد كبير من المركبات الهيدروكربونية ، ونسب متفاوتة من بعض العناصر والمركبات العطرية والصمغية ، تصنع من النفط الخام أو من زيوت بعض النباتات .

خصائص الزيوت :

1 – اللزوجة Viscosity : وهي من أهم خصائص الزيوت وتعرف اللزوجة بأنها مقاومة السائل للجريان ، وتزداد اللزوجة بإنخفاض درجة الحرارة ، وتقل بدرجات الحرارة العالية .

2 – اللون Color للزيوت ألوان مختلفة تتميز بها .

3 – الكثافة Density لكل نوع من أنواع الزيوت كثافة معينة وجميعها أقل من كثافة الماء .

4 - درجة الغليان Boiling point

5 - الرائحة Odor للزيوت رائحة تتميز بها .

6 - التشتت dispersive

7 - القوام Consistency

8 - نقل القوة (الحركة) transport

التزييت : Lubrication

4 – 3 – 1 - ماهو التزييت : هو عملية وضع سائل لزج بين سطحين معرضين للإحتكاك ، إذ أنها تعمل كوسادة لتخفيف الاحمال ، ويجب أن تتوفر في الزيوت مواصفات معينة منها اللزوجة والقوام . وتقليل الاحتكاك باكبر قدر ممكن .

واللزوجة (Viscosity) هي : مقاومة السائل للجريان ، وتعتمد على درجة حرارة الزيت فهي تتناقص في إزدياد درجة الحرارة . وللزوجة درجات فكلما تناقص الرقم تناقصت اللزوجة ، مثلا زيت عيار (10) يكون أقل لزوجة من زيت عيار (20) والزيت عيار(30) أقل لزوجة من الزيت عيار (40) .

4 – 3 – 2 - وظائف زيت التزييت :

شكل (4 – 6) يوضح عمل الترس باستعمال بالزيت

1- تقليل الاحتكاك بين ألاجزاء الدوارة والمنزلقة في المحركات والألات والعدد .

2 - تخفيض الحرارة المتولدة نتيجة الاحتكاك بين الأسطح .

3 - تنظيف الأجزاء المنزلقة والمتحركة من ألاوساخ العالقة والبرادة الناتجة من الاحتكاك .

4 – حماية الاجزاء المعدنية من الصدأ .

5 – إمتصاص الصدمات الناتجة عن حركة الاجزاء كما في محركات الاحتراق الداخلي .

6 - إستعمالها في نقل الحركة كما في الكوابح والالات الهيروليكية .

4 – 3 – 3 - خواص زيوت التزييت

1 - يجب أن يكون للزيت سيولة كافية لكي ينتشر في أجزاء المحركات والاجهزة الدوارة والمنزلقة .

2 - يحتفظ الزيت بدرجة اللزوجة في جميع ظروف التشغيل .

3 - يتمتع الزيت بمقاومة كبيرة للاحتراق عند ارتفاع درجة الحرارة وذلك لتقليل نسبة تكون الكربون

4 - يتمتع الزيت بمقاومة التأكسد عند ارتفاع درجة الحرارة .

5 - يتمتع الزيت بمقاومة في تكون الرغوة والفقاعات الهوائية أثناء حركة الاجزاء المغمورة بداخله كالتروس والمساند .

6 - القدرة العالية للزيت في حماية ألاجزاء المزيتة من الصدأ .

4 – 3 – 4 - المواد المضافة للزيت (المحسنات) ؟

لتحسين الزيوت المستخدمة في المحركات ذات القدرة العالية ومحطات توليد الطاقة الكهربائية التي تعمل لمدة طويلة وبدون توقف وبدرجات حرارة عالية ، تضاف للزيوت مواد تمنع التأكسد وتقاوم الرغوة ، وتضاف مواد أخرى لظروف تشغيل خاصة تمنع التجمد في المناطق الباردة كذلك تضاف مواد تساعد في التنظيف ، و تضاف تلك المواد بمقادير معينة وفق دراسة وتجارب عملية ، وهنالك سباق بين الشركات المنتجة للزيوت بما يضاف من المواد التي تؤدي الى تحسين خصائص الزيت المنتج ، ويلاحظ أن أفضل الزيوت هي التي يتم تحسينها من خلال إضافة اجود المواد المحسنة للزيوت وبالمقادير الصحيحة .

4 – 3 – 5 - أنواع الزيوت من حيث الاستخدام :

1 - زيوت محركات الاحتراق الداخلي وهي بدرجات حسب نوع المحرك (ديزل أم بنزين) .

2 – زيت المسننات الناقلة للحركة (SAE Oil) ذا لزوجة عالية تحتوي مواد محسنة لاطالة عمر المسننات وتقليل الاصوات الناتجة عن الحركة .

3 – زيت ناقل الحركة (هيدروليك) يكون ذي لزوجة واطئة سريع التدفق وغير قابل للانضغاط .

شكل (4 – 7) يوضح الية تعمل بزيت الهيدروليك

4 – زيوت عازلة للصدأ وتكون رخيصة الثمن خالية من الاضافات المحسنة تطلى بها الاجزاء المعدنية للحفاظ عليها من الرطوبة والصدأ .

5 – زيوت الموقفات وهي زيوت نباتية تذوب في الماء لزوجتها واطئة جدا تستعمل في موقفات العجلات و تنساب في أنابيب رفيعة بكل سهولة .

6 - الشحوم وهي بأنواع منها تذوب في الماء ومنها لاتذوب ، ومنها مقاومة للحرارة (الحرارة الناتجة من الاحتكاك) ولها ألوان مختلفة تتميز بها .

أسئلة الفصل :

1 - عرف الاحتكاك ، ماهي فوائده

2 - عدد أنواع الاحتكاك .

3 - عرف المحامل الكروية Ball Bearing، ما هي فوائدها .

4 - عرف الزيت ، ماهي إستعمالاته .

5 - عدد أنواع الزيوت

6 - يعتبر التشوه الحاصل في الاجسام المعرضة للإحتكاك صفة ملازمة لقوة الاحتكاك ، برهن ذلك .

7 - تعتبر الحياة مستحيلة بدون قوة الاحتكاك ، برهن ذلك .

الفصل الخامس

المعادن والمواد الصناعية

الصور توضح احدى مراحل تجهيز خامات الحديد قبل وصولها الى الفرن العالي

الهدف : معرفة الطالب بالمعادن الصناعية ذات ألاستعمال الواسع ، وجودها في الطبيعة ، إستخلاصها ، مواصفاتها ، ثم المعرفة بالمواد المركبة وموادها الاولية ، فوائدها وخصائصها

الفرن العالي

5 – 1 - تمهيد

لعبت المواد الصناعية منذ العصور القديمة دوراً كبيراً وأساسياً في تقدم الانسان وبناء الحضارات ونسبت المادة الاكثر شيوعا في تسمية ذلك العصر مثل (العصر الحجري والعصر البرونزي والعصر الحديدي) . ومنذ القدم تم إستخلاص الحديد والنحاس والفضة والذهب والمعادن الاخرى وطوعت لمتطلبات الحياة فصنعت الحلي والاثاث والاواني والاسلحة وغيرها .

إزداد التطوروتعددت الاكتشافات وتعددت فروع العلوم كالفيزياء والكيمياء والميكانيك ..... وأصبحت الموادالمستخدمة في الصناعة كثيرة ومتنوعة (معدنية ، خزفية ، زجاجية ، بلاستيكية ، وأخشاب صناعية) بحثا عن قلة التكاليف والمتانة العالية وخفة الوزن .

5 – 2 - المعادن الصناعية Industrial Materials

إن المعادن كثيرة ومتنوعة منها مايدخل في الصناعة بشكل واسع ومنها المحدود الاستخدام ومن المعادن ما يستخدم بمفرده ومنها مايخلط مع معدن أخر أو أكثر من معدن لعمل (سبيكة) . والمعادن الصناعية تقسم الى قسمين هما : -

1 - المعادن الحديدية

2 - المعادن غير الحديدية

5 – 2 – 1 - المعادن الحديدية : Ferrous Metals

هي سبائك يشكل عنصرالحديد الجزء الاكبر منها مع مواد أخرى وهي الكربون والسليكون والكبريت والفسفور والمنغنيز ، وهي بأنواع بحسب نسبة الكاربون في سبائك الحديد : كما موضح في الجدول (5 – 1) .

إسم سبيكة الحديد	نسبة الكربون
الحديد الصب الزهر	% (4 – 3)
الحديد المطاوع	% (0.03 – 0.02)
الصلب منخفض الكربون	% (0.3 – 0.1)
الصلب متوسط الكربون	% (0.85 –0.3)
الصلب عالي الكربون	% (1.3 – 0.85)

جدول (5 – 1) يوضح سبائك الحديد بحسب نسبة الكربون

5 – 2 – 2 – المعادن غير الحديدية: Non Ferrous Material

هي معادن تحتوي على نسبة قليلة جدا من الحديد في تركيبها أو لايوجد فيها الحديد بشكل تام ، ومنها : الالمنيوم ، النحاس ، النيكل ، الرصاص ، القصدير ، الخارصين (الزنك) ومعادن أخرى .

5 – 3 - خصائص المعادن الصناعية :

إن المعادن الصناعية بأنواعها الحديدية وغير الحديدية لها خصائص طبيعية تتميز بها وهي :

1 – الكثافة النسبية (الثقل النوعي) : وهي النسبة بين كثافة المعدن (غم / سم^3) الى كثافة الماء غم / سم^3) أي أن :الكثافة النسبية = $\frac{\text{كثافة المعدن}}{\text{كثافة الماء}}$

وبذلك تكون الكثافة النسبية لاي معدن رقماً خالياً من وحدات القياس .

إن كثافة الماء في النظام المتري تساوي (1 غم / سم^3) وبذلك تكون الكثافة النسبية لاي معدن تساوي كثافة ذلك المعدن ولكل معدن كثافة معينة يتميز بها . كما في الجدول (5 – 2) .

المعدن	الكثافة	المعدن	الكثافة
الالمنيوم	2.7	الرصاص	11.3
الخارصين	7.1	البلاتين	21.45
القصدير	7.29	النحاس الاصفر	8.5
البرونز	8.6	الفضة	10.5
النحاس الاحمر	8.96	الذهب	19.3
النيكل	8.9	الصلب السبائكي	7.9

جدول (5 – 2) يوضح الكثافة لبعض المعادن

2 – الصلادة Hardness : هي قدرة المعادن على مقاومة الانضغاط ، ووحدة قياس الصلادة هي (كغم / ملم^2) وكلما كان المعدن عالي الصلادة كانت قابليته على تحمل الخدوش عالية ، وتأثير الضغط عليه قليل . وأكثر المعادن صلادة هو الماس ، وهو أعلى صلادة من الكروم ، والكروم أعلى صلادة من الحديد ، والحديد أعلى صلادة من الالمنيوم ، وتوجد أجهزة خاصة لقياس الصلادة . وهذه الفروقات في الصلادة بين المعادن سهلت عملية التشغيل والقطع والتشكيل إذ أن المعدن عالي الصلادة يقطع أو يشكل المعدن الاقل صلادة منه .

3 - قابلية الصهر Melting: بتأثير الحرارة تتحول كافة المعادن عند وصولها لدرجة الانصهار من حالة الصلابة الى حالة السيولة . وهذه الصفة مهمة عند إستخلاص المعادن من خاماتها ، كذلك في عمليات اللحام ، وفي السباكة . وكما يوضح الجدول رقم (5 – 3) .

المعدن	درجة الانصهار م°	المعدن	درجة الانصهار م°
القصدير	232	النحاس الاحمر	1083
الكادميوم	321	حديد الزهر	1350 – 1150
الرصاص	327	المنغنيز	1250
الخارصين	419	حديد الصب	1500 – 1420
الانتمون	630	النيكل	1453
المغنسيوم	650	الكوبلت	1492
الالمنيوم	660	الحديد النقي	1527
البرونز	1000 – 800	البلاتين	1769
النحاس الاصفر	950 – 850	الكروم	1900
الذهب	1063	التنكستن	3380
الفضة	961	الماس	3547

جدول رقم (5 – 3) يوضح درجة إنصهار بعض المعادن

4 – التبخر Evaporation : - لقد علمنا أن كافة المعادن على إختلاف أنواعها تنصهر بالحرارة ، ولكل معدن درجة إنصهار يتميزبها وإذا أستمر التسخين فأن المعادن تتحول من حالة السيولة الى بخار ، ولكل معدن درجة تبخر خاصة به . وكما يوضح الجدول (5 – 4) درجة غليان بعض المعادن .

المعدن	درجة الغليان م°	المعدن	درجة الغليان م°
الخارصين	906	النحاس	2360
الرصاص	1740	الحديد	2450
الالمنيوم	2000	الذهب	2950
الفضة	2180	النيكل	3075
القصدير	2270	البلاتين	4400
التنكستن	5700		

جدول (5 – 4) يوضح درجة غليان بعض المعادن

5 – مقاومة الاجهادات Stresses resistance :
لكل معدن درجة مقاومة معينة عندما يتعرض لاجهاد (الضغط ، السحب ، اللي ، الأنحناء) يتميز بها عن المعدن الاخر وتسمى قدرة المعدن على إستعادة شكله الاول بعد إزالة تأثير القوة المسببة للأجهاد (المرونة) . وعند زيادة الاجهاد على المعدن ولايستطيع العودة الى شكله الاول بعد زوال القوة المؤثرة يقال أن الاجهاد زاد عن حد (المرونة Elastic range) وهذه الحالة تسمى المطاوعة ، فالمعادن مطاوعة للسحب والطرق واللي والأنحناء ولكل معدن درجة مطاوعة خاصة تختلف عن الاخر (الالمنيوم أكثر مطاوعة من الحديد) و الحديد أعلى مرونة من الالمنيوم .
تقاس مقاومة الاجهاد ب (كغم / ملم^2 أو كغم / سم^2) في النظام الدولي .

6 – المتانة : هي قابلية المعدن على تحمل الجهد المبذول عليه ، وتقاس (الكيلوغرام /ملم^2) والجدول (5 – 5) يوضح المتانة لبعض المواد .

الحديد	النحاس	البلاتين	الفضة	الرصاص
77	51	43	37	2.6

جدول (5 – 5) يوضح المتانة لبعض المعادن

7 – قابلية السحب : معظم المعادن لها القابلية على السحب الى أسلاك أو رقائق بقياسات مختلفة ، ويفضل أن تكون عملية السحب على البارد ليبقى المعدن محافظا على متانته . والذهب هوأول المعادن في هذه القابلية ثم الفضة والنحاس والقصدير والبلاتين والرصاص ثم الحديد .

8 – قابلية الطرق: أغلب المعادن يمكن طرقها بالمطارق أو درفلتها دون أن تنكسر ، منها تطرق وهي باردة ومنها لايمكن طرقها أودرفلتها إلابعد تسخينها . والمعادن مختلفة في قابليتها للطرق ، مثلا النحاس أكثر قابلية للطرق من الحديد .

9 – اللدونة : Plasticity هي عكس المرونة فالمعادن لها القابلية على تغيير شكلها وأبعادها تحت تأثير القوة الخارجية دون أن تنهار أو تنكسر ، وإحتفاظها بالشكل الجديد بعد زوال القوة الخارجية .

10 – مقاومة الثني والالتواء : المعادن لها مقاومة للثني والالتواء وبدرجات مختلفة ، فالصلب الكربوني أعلى من الحديد المطاوع في مقاومة الثني ، والحديد بكل أنواعه أعلى من النحاس في مقاومة الثني .

11 – قابلية السك : Coining يمكن تشكيل المعادن بقوالب خاصة وضغطها أعلى من حد المرونة للمعدن على البارد أو على الساخن بحسب نوع المعدن .

12 – قابلية اللحام : Weld ability إن المعادن لها القابلية على اللحام : وهي دمج قطعتين من معدن واحد أو معدنين مختلفين ، وذلك بالصهرالموضعي في منطقة اللحام بأحدى طرق اللحام ومنها (لحام القوس الكهربائي ، لحام الأكسي أستلين ، لحام النقطة ، لحام الاركون ، وغيرها) وتتوقف عملية اللحام على نوع المعدن ، ودرجة إنصهاره ، وقابليته على التأكسد .

13 – القابلية على توصيل الحرارة Thermal Conductivity : المعادن موصلة للحرارة وأفضلها الفضة ثم النحاس ثم الالمنيوم ، وتختلف في التوصيل للحرارة بأختلاف التركيب البلوري لها .

14 – القابلية على التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity : للمعادن القابلية على التوصيل الكهربائي وتختلف في قابليتها من معدن لاخر ، وأفضلها الفضة ثم النحاس وكما يبين الجدول (5 – 6) إذا أعطيت الفضة درجة (100) نقرأ درجات بعض المعادن الاخرى .

المعدن	الفضة	النحاس	الالمنيوم	الخارصين	الحديد	القصدير	النيكل	الرصاص
درجة التوصيل الكهربائي	100	94	53	26	17.7	13.3	11.8	7.6

جدول (5 – 6) يوضح قابلية التوصيل الكهربائي لبعض المعادن

15 – مقاومة المعادن للعوامل الجوية والكيمياوية : وتعني مقاومة المعادن للرطوبة وغاز الاوكسجين وغاز ثاني أوكسيد الكاربون ، والمواد الحامضية والقاعدية أو السوائل العضوية . وتختلف المعادن في مقاومتها للتأكسد ، فمنها سريع التأكسد ومنها قليل التأكسد ومنها لايتأكسد . وللمحافظة على المعادن يتم طلاؤها بالاصباغ أو يطلى المعدن بطبقة رقيقة من معدن لايتأكسد كالطلاء بالنيكل ، أوتطلى بالزيوت أو الشحوم .

5 – 4 الحديد الصناعي Industrial Iron

يتم إنتاج الحديد من خاماته في الفرن العالي وهذه الخامات تكون بشكل صخور تحتوي على نسب متفاوتة من الحديد في تركيبها وتجرى على الحديد المنتج في الفرن العالي بعض العمليات التكميلية في أفران خاصة ، إذ يستعمل فرن الدست لغرض الحصول على حديد الصلب (Cast Iron) ومحولات بسمر وتوماس ومارتن لانتاج الصلب بأنواعه المختلفة ، ويتم تحديد نوع الصلب من خلال ما يحتويه من عنصر الكربون كأن يكون منخفض الكربون أومتوسط الكربون أو عالي الكربون ، إضافة الى إستعمال بعض الافران الكهربائية المختلفة يتم إنتاج الصلب المقاوم للصدأ ومن خلال إضافة عناصر السبك مثل (الكروم والنيكل والفناديوم والتنكستن والمنغنيز والمغنيسيوم) وهذه العناصر تكسب الصلب مواصفات ميكانيكية عالية الجودة مثل مقاومة التأكل ومقاومة الاحتكاك ومقاومة السوفان .

5 – 4 – 1 – خامات الحديد : Iron Ores

يوجد خام الحديد في الطبيعة بشكل أكاسيد ($2Fe_2O_3$-$3H_2O$) وبنسبة تصل الى (4,7 %) من قشرة الارض وهي رابع نسبة بعد الاوكسجين والسليكون والالمنيوم وخاماته ذات ألوان مختلفة بحسب نسبة الحديد الى المكونات الاخرى وتسمى خامات الحديد ومنها :

1 - أوكسيد الحديد المغناطيسي (المكنتايت MAGNETITE) لونه رمادي مائل الى الاسود وبذلك ويسمى خام الحديد الاسود ونسبته فيها (45 – 70 %) ونسبة وجوده في القشرة الارضية (5%) .

2 - أوكسيد الحديد غير المائي الهمتايت HEMATITE ولونه أحمر و نسبة الحديد فيه (45 – 65 %) ويسمى أوكسيد الحديد الاحمر لوجود الاوكسجين فيه بنسبة (30 %) وهو أوسع الخامات إنتشارا في قشرة الارض .

شكل رقم (5 - 1) يوضح خامات الحديد (من اليمين الى اليسار الهمتايت ، الليمونايت، المكنتايت)

3 - أكاسيد الحديد المائية الليمونايت LIMONITE ، سميت المائية لوجود الماء فيها بنسبة تصل الى (20 %) ، لونها بني مصفر ونسبة الحديد فيها (25 – 50 %) .

4 – كربونات الحديد (السبار) Spathic Iron Ore يوجد في الطبيعة على شكل حبيبات مستديرة لونها بني أو رمادي ، تحتوي على نسبة عالية من الشوائب ، ونسبة الحديد فيها (30 - 40 %) بشكل كربونات الحديد ($FeCO_3$) .

5 – كبريتيد الحديد الاصفر (البرليت) ويسمى أيضا الذهب الخادع لان له بريقاً فلزياً أصفر يحتوي على الحديد بنسبة تصل الى (46 %) فيه شوائب كثيرة أهمها الكبريت والنيكل والكوبلت .

توجد خامات أخرى فيها نسبة الحديد ضئيلة ولاتعتبر من الخامات الاساسية .

5 – 4 – 2 - إستخلاص الحديد :

يتم إستخلاص الحديد في الفرن العالي من أحدى خاماته بعد إجراء العمليات التحضيرية عليه (مراحل تجهيز الخام) ، وبأضافة الوقود والمواد المساعدة للصهر والهواء الساخن المضغوط .

أ - تجهيز خامات الحديد : تؤخذ من المقالع (أماكن وجودها) بواسطة أليات عملاقة (مكائن حفر ومكائن تحميل وأليات للنقل) وتجرى عليها العمليات التحضيرية وهي :-

1- تكسيرها الى قطع صغيرة لاتزيد عن (100 ملم^3) .
2- فرز القطع الصغيرة عن الكبيرة بواسطة غرابيل كبيرة .

3 - تخليصها من الرطوبة بتحميصها ، لجعلها مسامية وكذلك تحويل كربونات الحديد الى أكسيد الحديد

4 – غسلها بالماء لازالة الاتربة والاطيان والرمال العالقة .

5 - بأستخدام مغانط كهربائية كبيرة يتم سحب الخامات ذات التركيز العالي للحديد وإبعاد المواد الاخرى القليلة الحديد أوالشوائب العالقة ، وإن جاذبية الخامات للمغناطيس هي بمقدار قليل بالنسبة الى الحديد النقي .

ب - وقود الفرن العالي : يوجد أنواع من الوقود منها : -

1 - فحم الكوك ويتم الحصول عليه بالتقطير الاتلافي للفحم الحجري . لونه رمادي صفته مسامية لايلوث اليد عند مسكه . يترك رماداً قليلاً عند حرقه ، ذا قيمة حرارية عالية (7000 – 8000) كيلو سعرة / كغم . وهو مختزل جيد لأكسجين أكسيد الحديد ، ومتانته عالية هي 140 كغم / سم^2 يقاوم ضغط المواد المتراكمة عليه في قاع الفرن .

2 - فحم الخشب ويتم الحصول عليه بالتقطير الاتلافي للخشب في أفران خاصة ، لونه أسود ، يترك أثراً في اليد عند مسكه ، قيمته الحرارية (6500 – 8000) كيلو سعرة / كغم ، متانته قليلة تصل 20 كغم / سم^2 . يستعمل للخامات الجيدة التي لاتحتوي على الكبريت والحصول على حديد زهر جيد .

ج - المواد المساعدة للصهر :

هي مواد توضع في الفرن العالي مع الخام والوقود بنسبة معينة لتتحد مع المواد العاطلة وشوائب الخامات ورماد الوقود ، لتكوين مواد سهلة الانصهار تسمى الخبث . تجرى عليها عمليات التكسير الى قطع صغيرة لاتزيد عن 80 ملم قبل وضعها في الفرن العالي . وهي بنوعين :

1 – الحجر الجيري (حجر الكلس) $CaCO_3$: يستعمل عندما تكون خامات الحديد غنية بالمواد الطينية والرملية (الكوارتز) .

2 - السليكا والكوارتز والحجر الرملي : تستعمل عندما تكون خامات الحديد غنية بالحجر الجيري

5 – 4 – 3 - الفرن العالي : Blast furnace

ما هوالوصف العام للفرن العالي ، ما هي مكوناته ؟

1 - هوبناء عملاق من الطابوق الحراري يحيطه من الخارج جدار سميك من الصلب يكون كالمخروط الناقص قاعدته للاعلى ويرتكز عليها مخروط ناقص ثان أطول من الاول .

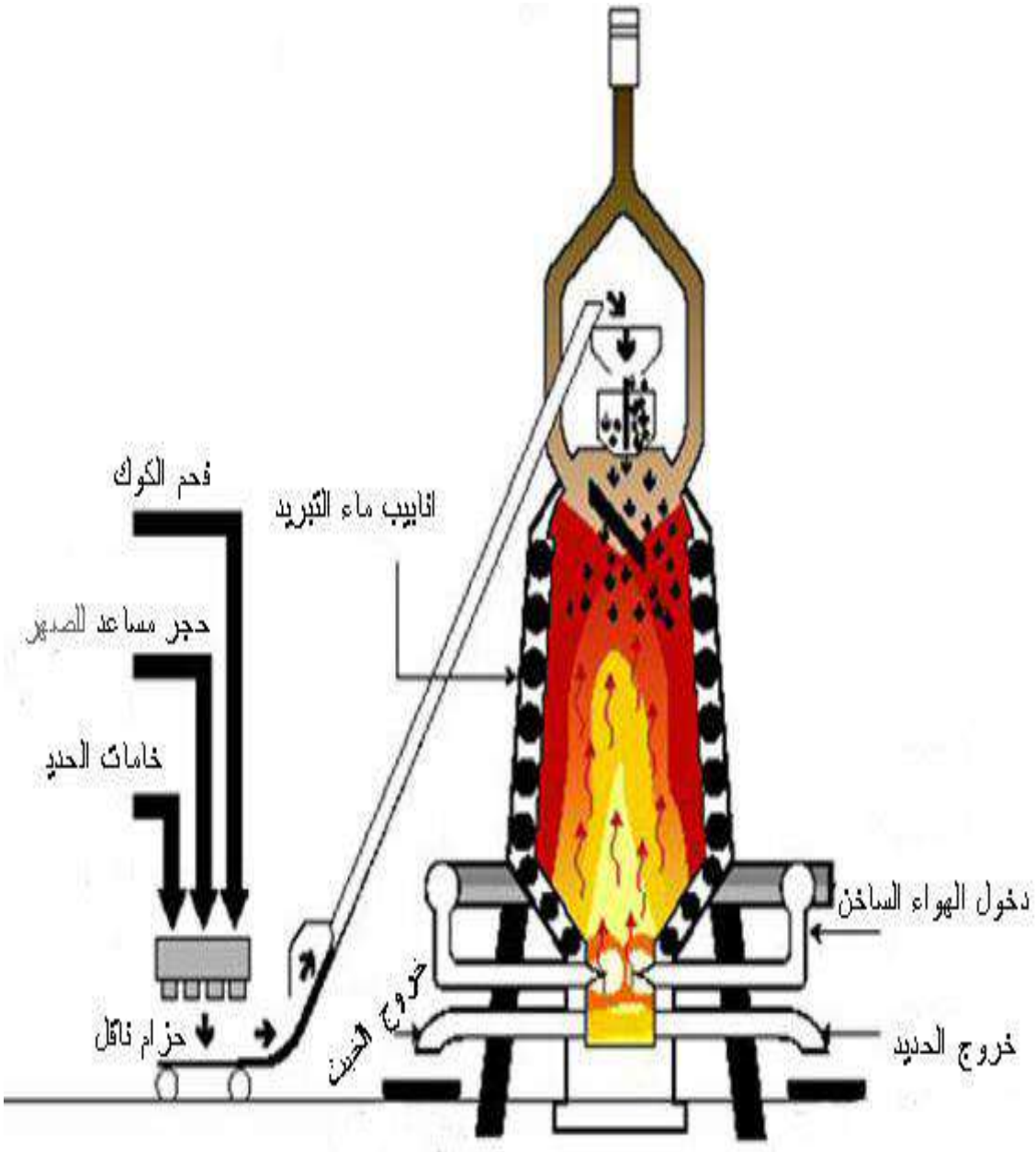
2 - يبلغ إرتفاعه الكلي أكثر من (30 متر) وقطره من أعرض منطقة أكثر من (8 متر)

3 - يعمل ليل نهار دون توقف ، توضع الشحنة المتكونة من الخامات والفحم والمواد المساعدة على الصهر من الاعلى بشكل مستمر دون توقف أيضا .

4 - الاشتعال مستمر داخل الفرن فينصهر الخليط وينزل الى الاسفل فيصبح حديداً ذائباً ذا نسبة عالية من الكربون يسمى (الحديد الغفل) .

5 - يخرج الحديد من فتحات خاصة وينقل الى عمليات المعالجة والتحسين وبمعدل (1000 طن) يوميا

6 - يخرج الخبث (وهو مكون المواد العاطلة في الخامات ورماد الفحم و مساعد الصهر) من فتحات خاصة تقع أعلى من فتحة خروج الحديد .



شكل رقم (5 - 2) يوضح الفرن العالي

5 – 4 – 4 - ملحقات الفرن العالي : تلحق بالفرن العالي وحدات أخرى تكمل عمله هي : -

1 - وحدة الشحن : وهي عربة من الصلب تسير على قضبان بشكل مائل تحمل الشحنة (خام الحديد و الوقود ومساعد الصهر) من الاسفل وتصعد بها الى الاعلى (قمة الفرن) .

2 – وحدة التفريغ : هي بودقات ضخمة من الصلب مبطنة بالطابوق الحراري ينقل بها المعدن المنصهر الخارج من الفرن العالي الى عمليات الصب كحديد الزهر ، أو تنقله الى أفران ومحولات لصنع الصلب أو الحديد النقي . وبودقات أخرى لنقل الخبث الذي يرسل الى معامل الاسمنت أو الاسفلت .

3 – وحدة التسخين : هي خزانات كبيرة يتم فيها التبادل الحراري بتسخين الهواء الداخل الى الفرن من الغازات المنبعثة منه دون أن تختلط فيما بينها .

5 – 4 – 5 - نواتج الفرن العالي :

1 – الحديد الغفل Pig iron : يخرج الحديد الغفل المصهور من الفرن العالي وفيه الكثير من الشوائب ومنها الكاربون والسليكون والفسفور ، فينقل الى أفران أخرى قريبة لتنقيته من الشوائب أو يسبك على شكل كتل معدنية كبيرة يتم نقلها الى مواقع أفران التنقية .

2 – الخبث Slag يخرج من الفرن العالي وينقل بعربات خاصة الى أماكن خزنه أوتبريده بالماء ثم يرسل الى معامل الطابوق أو الاسمنت .

3 – الغازات Gases نتيجة إحتراق الوقود مع خام الحديد ومساعد الصهر تنتج غازات مختلفة منها CO ، CO_2 ، H_2 ، CH_4 ، N_2 وتستعمل هذه الغازات بعد تخليصها من الغبار في المبادلات الحرارية لتسخين الهواء الداخل الى الفرن العالي .

5 – 5 – حديد الصب (الزهر) : Cast iron

يخرج الحديد الغفل من الفرن العالي وفيه نسبة عالية من الكربون والسليكون ومواد أخرى (شوائب) ولايصلح للاستخدامات الصناعية ، تتم معالجة الحديد في فرن الدست (الكيوبولا) لانتاج الحديد الصب

5 – 5 – 1 - فرن الدست : هو بشكل برج إرتفاعه (4 – 5) متر وقطره (1 – 2) متر ، يصنع من الصلب ومبطن بالطابوق الحراري ، شحنته الحديد القادم من الفرن العالي وفحم الكوك (50 – 125) كغم لكل طن حديد وحجر الكلس (3 – 5) كغم / طن حديد والهواء المضغوط كذلك تضاف كمية من سكراب الحديد لتحسين مواصفات حديد الصب . تبلغ طاقته الانتاجية (2 طن/ ساعة) من حديد الصب إذا كان إرتفاعه (4 متر) وقطره متر واحد .

5 – 5 - 2 - خواص الحديد الصب :

1 – يحتوي على الكربون بنسبة (3 – 4 %) وقليل من السليكون والفسفور والمنغنيز .

2 – هش سهل الكسر لايمكن سحبه أوطرقه لوجود الكربون بشكل كرافيت .

3 – له القابلية العالية على تحمل الانضغاط ومقاومة واطئة للشد أو الانحناء لذلك لايستعمل في الاعمدة والقضبان التي تتعرض للشد و الانحناء .

4 – وزنه النوعي (7.2)

5 – لونه رمادي لماع مائل الى السمرة .

6 – عند طرقه يحدث صوتا غليظا ، صعب التشغيل بالمبرد .

5 – 5 – 3 - مميزات الحديد الصب :

1 – قليل الكلفة أو القيمة .

2 – درجة أنصهاره منخفضة بالنسبة لأنواع الحديد الاخرى (1150 – 1200 °م) .

3 – عالي السيولة عند إنصهاره ، ويملأ القنوات الضيقة عند صبه في القالب .

4 – سهل القطع والتشغيل على ماكنات القطع .

5 – تصنع منه أغلب هياكل المكائن لتحمله الانضغاط وإمتصاصه للصدمات أثناء العمل .

6 – يحتوي على الكرافيت بشكل حر فيساعد على إنزلاق الاجزاء في المكائن أثناء الحركة .

5 – 5 – 4 - إستعمالات الحديد الصب

1 – يستعمل في صناعة هياكل المكائن وأجزائها المنزلقة .

2 – يستعمل في صناعة محركات الاحتراق الداخلي والمحركات البخارية .

3 – يستعمل في صناعة التوربينات والمضخات .

4 – يستعمل في صناعة أنابيب الغاز والماء الكبيرة الحجم .

5 – يستعمل في صنع بعض الادوات المنزلية (طباخ ، مدفئة ، أدوات الحمام)

5 – 6 – الصلب : Steel

يصنع الصلب في أفران خاصة لمعالجة الحديد الصب الناتج من الفرن العالي و يضاف معه حديد الخردة أحيانا .

أفران صناعة الصلب

1 - محول بسمر : وهو وعاء من الصلب كمثري الشكل بطانته الداخلية من الطابوق الحراري المصنوع من الكوارتز أو الحجر الرملي ، توضع فيه الشحنة من حديد الزهر (السليكي أو الحامضي الذي يعطي خبثا حامضيا كي لا تتأكل بطانة الفرن) ، وهوالسائل الخارج من الفرن العالي مباشرة (معدن منصهر) . هذا المحول مثبت من الجانبين بحيث يمكن إمالته الى الوضع الجانبي عند وضع الشحنة فيه أو عند تفريغه . وبعد عملية الشحن يضخ الهواء من خلال فتحات في القاعدة الى المعدن وتبدأ مراحل التحويل وهي :

1 – المرحلة الاولى : ويتم فيها أكسدة السليكون والمنغنيز ومدتها خمس دقائق ينتج عنها شرر في الفوهة (العنق) وإرتفاع في درجة حرارة المعدن .

2 – المرحلة الثانية : وتسمى مرحلة الغليان فتكون درجة حرارة المعدن (1500 °م) ويحرق الكربون ويتحول الى أحادي أكسيد الكربون الذي يحرق أيضا مكونا لهباً أبيض عند الفوهة (العنق) بسبب تحوله الى ثنائي أكسيد الكربون .

3 – المرحلة الثالثة (النهائية) إذ يظهر دخان بني داكن نتيجة تأكسد الحديد ، عندها يتوقف ضخ الهواء تدريجيا وإمالة المحول الى الجانب لتفريغ الشحنة (الجاهزة) لترسل الى العمليات التصنيعية .

2 - محول توماس : هو أشبه بمحول بسمر ولكن بطانته قاعدية مصنوعة من الدولوميت ، يستعمل للزهر القاعدي ذو النسبة العالية من الفسفور ، عند التحويل تضاف كمية من الجير لامتصاص الفسفور من الحديد ، ويتم التحويل في محول توماس على ثلاث مراحل أيضا وهي :

1 – المرحلة الاولى ومدتها (15 دقيقة) ، يضخ الهواء خلال الشحنة فتتأكسد الشوائب .

2 – المرحلة الثانية يدار المحول الى الوضع الافقي ويتم التخلص من طبقة الخبث بنقلها بعربات خاصة .

3 – المرحلة الثالثة النهائية يضاف الكربون والمعادن المحسنة لخواص الصلب مع إستمرار ضخ الهواء لفترة وجيزة .

3 - فرن مارتن : ويسمى الفرن المفتوح ينتج الصلب من خردة الحديد وحديد الفرن العالي ويضاف اليه الحجر الجيري ، ويستخدم الوقود الغازي مع الهواء بعد تسخينهما ، ويتم التخلص من الكربون والمنغنيز والفسفور والكبريت . تستعمل هذه الافران لانتاج سبائك الصلب الخاصة (صلب العدد) بعد إضافة المعادن المحسنة مثل النيكل والكروم أوسبائكهما .

4 - طريقة الصهر الكهربائي : وتتم عملية الصهر والتخلص من الشوائب في أفران خاصة تحتوي أقطاب القوس الكهربائي الموصلة بمصدر ثلاثي الاطوار ، تستعمل هذه الطريقة لانتاج الصلب السبائكي عالي الجودة ، وهذه الطريقة واسعة الاستعمال .

5 - طريقة الحث الكهربائي ، وهي طريقة أخرى لانتاج الصلب وسبائكه الخاصة (المقاومة للحرارة أو الصهرأوالتأكسد) وتتم في أفران تعمل بالحث الكهربائي بتيار تردده (500 – 2000 هرتز) وتمتاز بسرعة صهر عالية أي بوقت قصير لايسمح بتأكسد الحديد .

5 – 7 - أنواع الصلب وإستعمالاته : يصنف الصلب بحسب نسبة الكربون فيه الى الاصناف الاتية :

1 – الصلب المنخفض الكاربون Low Carbon Steel : هو أشبه بالحديد المطاوع ويحل محله في كثير من الاستعمالات ، صلادته واطئة ، رخيص الثمن ، يستعمل في صناعة الاسلاك والصفائح الرقيقة والانابيب وأعمال الجسور .

2 – الصلب المتوسط الكاربون Medium Carbon Steel فيه نسبة الكربون (0.3 – 0.8 %) تزداد صلادته عند تسخينه لدرجة الاحمرار وتبريده المفاجئ بالماء أو الزيت . يستعمل لعمل المحاور والانابيب والاسلاك المعرضة للشد العالي . كما يستعمل في صنع النوابض والعدد اليدوية .

3 – الصلب العالي الكاربون High Carbon Steel تكون نسبة الكاربون فيه (0.8 – 1.5 %) وعند تسخينه لدرجة الاحمرار وتبريده المفاجئ يصبح صلباً جدا ، تكون درفلته على الساخن . تصنع منه عدد القطع التي لاتتعرض لحرارة عالية ، يمكن تشغيله بالتجليخ .

5 – 8 - المعادن غير الحديدية

بالرغم من أن الحديد وسبائكه من أهم المعادن المستخدمة في الصناعة ، ألا آن هنالك معادن أخرى غير حديدية ، أما بحالة نقية أو بشكل سبيكة تستعمل في الصناعة بشكل واسع ولها مواصفات ميكانيكية عالية ، وأحيانا يكون أستعمالها أفضل من إستعمال الحديد ، كالالمنيوم في صناعة هياكل الطائرات ، والنحاس في الاعمال الكهربائية .

5 – 8 – 1 - الالمنيوم Aluminum

هو أكثر المعادن إنتشاراً في الطبيعة بشكل أكاسيد ($AL_2O_3 - 3H_2O$) أوسليكات ولايوجد الالمنيوم حراً لسهولة تأكسده بألاوكسجين . ويستخلص من خاماته بواسطة التحليل الكهربائي .

ألالمنيوم معدن لين ولكن بأضافة بعض المواد إليه مثل النحاس والسليكون والمنغنيز والخارصين وبنسب معينة يصبح الالمنيوم سبيكة ذات متانة عالية .

الالمنيوم النقي لايصدأ بالكامل بل تصدأ طبقة رقيقة جدا من السطح الخارجي إذ تصبح كالطلاء تحمي باقي المعدن .

5 – 8 – 1 -1 - أهم مميزات الالمنيوم :-

1 - معدن أبيض فضي خفيف الوزن .

2 - موصل جيد للحرارة والكهرباء .

3 - سهل التشغيل والتشكيل على البارد .

4 - سهولة إنصهاره وصعوبة لحامه .

5 - درجة إنصهاره واطئة (660 درجة مئوي).

شكل (5 – 3) أكاسيد الالمنيوم

5 – 8 – 1 – 2 - إستعمالات الالمنيوم

1 - يفضل في نقل الطاقة الكهربائية للمسافات البعيدة ، لخفة وزنه

2 - تستخدم سبائك الالمنيوم في صناعة هياكل الطائرات . لخفة الوزن والمتانة العالية .

3 - يستعمل في صناعة أجزاء محركات الاحتراق الداخلي .

4 - يستعمل في صناعة الاواني والابواب والشبابيك والاثاث

5 - يستعمل في صناعة أدوات وأجهزة الصناعات الغذائية .

6 - يستعمل في صناعة الاصباغ وأجهزة التصوير والاجهزة الالكترونية .

7- يستعمل في صناعة أحجار التجليخ .

وهنالك إستخدامات أخرى كثيرة .

شكل (5 – 4) بعض منتوجات الالمنيوم

5 – 8 - 2 - النحاس Copper

معدن لامع لونه أحمرسبائكه صفراء لين قابل للطرق والسحب على البارد الى صفائح رقيقة أوأسلاك رفيعة ، تزداد صلادة النحاس عندما يطرق وتزول هذه الصلادة عندما يسخن الى (320 درجة مئوي) .

وهو موصل جيد للحرارة والكهرباء ، درجة إنصهاره (1083 درجة مئوي) ، يتأكسد في الهواء الرطب فقط مكونا طبقة رقيقة من أكسيد النحاس الاحمر وبمرور الزمن تتحول الى كربونات النحاس المائية . ويتفاعل مع الحوامض المركزة والساخنة ويكون تفاعلة قليلاً مع الحوامض المخففة .

5 – 8 – 2 – 1 - إستعمالات النحاس

أستعمل بشكل واسع في الاجهزة الكهربائية ونقل الطاقة الكهربائية والكابلات وأجهزة التبادل الحراري في التدفئة والتبريد ،

سبائك النحاس لها إستخدامات واسعة في الاعمال الميكانيكية ، أملاح النحاس لها إستخدامات واسعة في الصناعات الجلدية والنسيجية وفي منع تعفن ماء الشرب في الاحواض الرئيسة ، وغيرها الكثير .

شكل (5 – 5) معدن النحاس

5 – 8 – 3 - النيكل : Nickel

معدن أبيض لامع صلد جدا لايصدأ ولايتأثر بالرطوبة ، له مقاومة عالية للتأكل والصدأ والحرارة .

5 – 8 – 3 – 1 - أهم إستعمالاته :

يستعمل في طلاء المعادن وفي تقوية الزيوت السائلة يستعمل في سبائك الصلب لزيادة مقاومتها للحرارة والتأكل ويحسن خواصها الميكانيكية .

شكل (5 – 6) معدن النيكل

5 – 8 – 4 - الرصاص : Lead

يوجد في الطبيعة متحدا مع الكبريت بنسبة (78 %) أو مع مركبات أخرى .

وهو معدن لين لونه رمادي ثقيل الوزن (الوزن النوعي 11,3) درجة إنصهاره (327 درجة مئوي) يتأكسد سطحه الخارجي مكونا طبقة كالطلاء تحمي المعدن .

5 – 8 – 4 – 1 - أهم إستعمالات الرصاص

1 - صناعة البطاريات

2 – صناعة الطلقات النارية .

3 - يستعمل في الوقاية من الاشعاع .

4 - تضاف مركبات الرصاص الى البنزين لتحسينه .

5 - يستعمل في الطباعة .

6 - يستعمل في تحضير حامض الكبريتيك .

شكل (5 – 7) كتلة من معدن الرصاص

5 – 8 – 5 - القصدير : Tin

معدن أبيض فضي ، لين قابل للطرق والسحب والدرفلة يمكن تحويله الى رقائق اوقضبان رفيعة ، وإذا سخن الى (200 درجة مئوي) يصبح هشا وقابل للكسر ، لونه فضي وزنه النوعي (7,3) والقصدير ذو اللون الرمادي وزنه النوعي 5,85 درجة إنصهاره (232 درجة مئوي) ، موصل ردئ للحرارة والكهرباء .

لايتأكسد بالهواء الرطب أو الماء ، لايتأثر بالحوامض المخففة

شكل (5 – 8) كتلة من معدن القصدير

5 – 8 – 1 - إستعمالات القصدير

1 - يستعمل في طلاء الصفيح (الجينكو) لمقاومته التأكسد .

2 - يستخدم مع النحاس والانتمون ومعادن اخرى لانتاج سبيكة (البابيت) التي تستعمل في صناعة المحامل (Bearings) .

3 - يستخدم في طلاء الاواني النحاسية ولحام الصفيح بما يسمى (القلاي) . وله إستخدامات أخرى .

5 - 8 – 6 - الخارصين (الزنك) Zinc

معدن أبيض مائل للزرقة وزنه النوعي (7,1) ودرجة إنصهاره (420 درجة مئوي) ، يتأكسد بالهواء الرطب مكوناً طبقة رقيقة كالطلاء تمنع إستمرار التأكسد .

شكل (5 – 9) كتلة من معدن الخارصين

5 – 8 – 6 – 1 - إستعمالات الخارصين :

1 - يستعمل في طلاء صفائح الصلب لانتاج (الجينكو).

2 - يستعمل في صفائح الطباعة وفي بعض الاعمال الكهربائية .

3 - يستعمل في عمل السبائك

4 - تستخدم أكاسيده أومركباته مع مواد أخرى في صناعة الاصباغ وحفظ الجلود ومكافحة تعفن الاشجار ومركباته سامة .

5 – 9 - المواد المركبة : Composite Materials

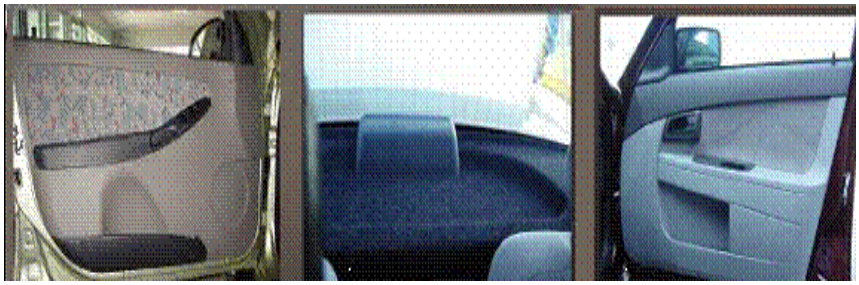
هي مواد ذات مواصفات صناعية مرغوب فيها ، خفيفة الوزن ، رخيصة الثمن ، ألوانها جذابة ، سطوحها نظيفة وناعمة ، متانتها عالية ، سهلة التصنيع .

5 – 9 – 1 – ممن تتكون المواد المركبة :

تتكون من مادتين أوأكثر متحدتين معا بحيث لايحصل ذوبان لاي منهما وتبقى المواصفات الفيزيائية والكيميائية ثابتة وربما يحصل تغيير طفيف . وتكون قابلية الانضمام والتماسك بينهما كبيرة . إحداهما يكسبها قوة وصلابة (يسمى عنصر الدعم) ويكون على هيئة رقائق أو ألياف أوأنسجة ، والاخر عبارة عن مادة لاصقة يعمل على تماسك الرقائق والالياف (يسمى المادة الرابطة) .

5 – 9 – 2 - من أين جاءت فكرة المواد المركبة

لقد إستعمل السومريون وقدماء المصريين التبن والطين (مادة مركبة) لصنع حجارة قوية لبناء بيوتهم ثم تطورت الى إستخدام الحجر والحصو والرمل والاسمنت وأصبحت مواد مركبة متماسكة قوية مواصفاتها الفيزيائية والكيميائية ثابتة .



شكل (5 – 10) أجزاء من السيارة هي مواد مركبة

وفي بداية الستينيات وخروج الانسان من الارض الى الفضاء الخارجي بدأ التفكير بانتاج مواد أخف وزنا من الحديد وذات مواصفات ميكانيكية عالية ، لايمكن الحصول عليها من المواد التقليدية ومثال ذلك صفيحة من الفولاذ بقياسات معينة وأخرى بنفس القياسات من مادة مركبة من الالياف الكربونية نجدها بصلابة أعلى من الصلب بست مرات وأخف منه وزنا بست مرات أيضا ، ومن هنا بدأ التوجه الى المواد المركبة

شكل 5 – 11 يوضح منتجات مواد مركبة

5 – 9 – 3 – عناصر الدعم (عناصر التقوية) :

ممن تتكون عناصرالدعم وما ميزاتها ؟

عناصر الدعم هي ألياف تكون بشكل خيوط منفردة أو منسوجة

(كالقماش) و تصنع من : -

أ - الالياف الخزفية ،

ب - الالياف العضوية .

ج - الالياف المعدنية .

شكل رقم (5 - 12) الالياف الزجاجية

5 – 9 – 3 – 1 - أهم أنواع عناصر التقوية هي : -

1 - الالياف الزجاجية :

هي عبارة عن خيوط رقيقة سمكها من (5 - 13) ميكرون تعالج بمواد اضافية تزيد من درجة مقاومتها الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية .

2 - الياف الكربون :

وتتميز بمقاومة عالية (ميكانيكة ، وحرارية ، وكيمياوية) ووزنها خفيف ـ ومقاومة للرطوبة والتأكل ، ويكون ثمنها أغلى من الانواع الاخرى .

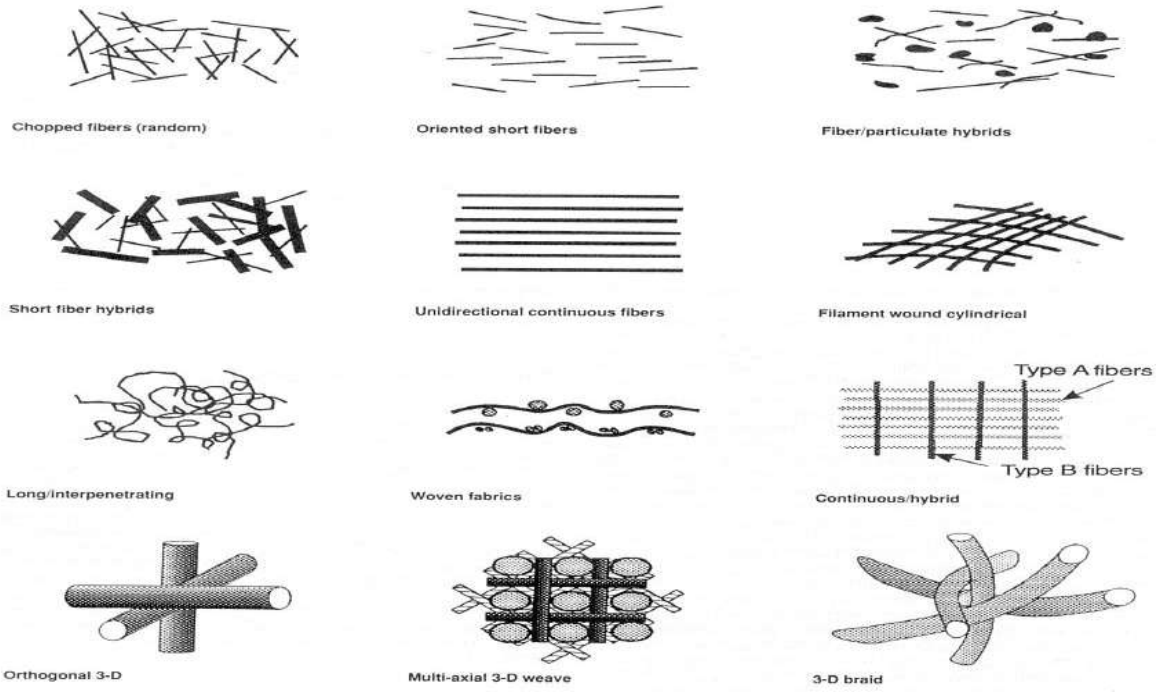
والالياف الكربونية تكون بأنواع مختلفة بحسب طريقة صنعها ومجال استعمالها ، واستخدامات الياف الكربون تكون في اماكن خاصه تتطلب خصائص عالية جداً ، مثل تطبيقات الفضاء الخارجي ، والطائرات ، والكوابح في سيارت السباق وتحافظ الالياف الكاربونية على خصائصها من درجه 400 مئوي وهي ناقلة للكهربائية بشكل جيد (الكربون موصل جيد للكهرباء) .

شكل رقم (5 - 13) يوضح ألياف الكربون

3 - الياف الاراميد :

ولها مقاومة عاليه للشد ووزنها خفيف وتقاوم الحرارة حتى (350) مئويه وتسخدم في صنع واقيات الرصاص والكابلات ويتم انتاجها من مركب عضوي هو البولميد PA polyamide ومن مساوئها - تمتص الرطوبة ومقاومتها للضغط قليلة .

وهناك انواع كثيرة من الالياف واستخامتها خاصة مثل الياف كربيد السيليسيوم ، والياف البولي اثلين ، والياف البوليستر ، والياف الكوارتز .



شكل (5 – 14) يوضح نماذج من عناصر الدعم

5 – 9 – 3 – 2 - مميزات الالياف :

1 - ذات مواصفات ميكانيكية عالية .

2 – ذات قوة شد عالية .

3- ذات مقاومة عالية للتأكل .

4- تتحمل حرارة عالية .

5- مقاومة عالية للتغيرات الكيميائية .

6 - خفيفة الوزن .

5 – 9 – 4 – المادة الرابطة : هي بأنواع مختلفة ومنها ما يأتي : -

1- المواد الرابطة العضوية :

أوالبلاستيكة (البوليستر – الفينول – الفينيل استر – البولي اكريليك) ، وتستخدم في التطبيقات منخفضة الحرارة .

2 - المواد الرابطة المعدنية :

وتستخدم في المشغولات التي تتحمل حرارة متوسطة ومن ميزاتها أن لها متانة عالية وسهولة في التشكيل وخفة بالوزن ومقاومة للمواد الكيمياوية والحرارة والاهتزازات .

أما عيوبها فهي عمرها أقصر من عمر المواد التقليدية لان خواصها الميكانيكية والفيزيائية تتغير بشكل أسرع وموادها مضرة للبيئة يصعب التخلص منها .

3 - المواد الرابطة السيراميكية :

وتستخدم في التطبيقات ذات الحرارة العالية مثل (مكابح الطائرات ،وسيارات السباق) .

5 – 9 – 4 – 1 - مميزات المواد الرابطة

1 - تضمن الوصل (الترابط) بين الالياف وتحافظ على اتجاهاتها .

2 - يعطي الشكل المطلوب للقطعة المنتجة .

3 - توفرللمنتج الحماية اللازمة من العوامل الخارجية (مكانيكية وكيميائية) .

5 – 9 – 5 - تطبيقات المواد المركبة :

لها تطبيقات واسعة في نواحي الحياة لجماليتها وخفة وزنها ورخص ثمنها ، كما ورد ، فنجدها في هياكل السيارات ، والطائرات ، والبواخر ، والاجهزة والمكائن ، والاسلحة ، والابنية ، والقطع الكهربائية والالكترونية ، وفي ادوات المنزل وفي الاجهزة والمستلزمات الطبية ، وغيرها .

5 – 9 – 6 - عيوب المواد المركبة :

1 - التقادم (التلف) تحت تأثير الحرارة والرطوبة .

2 - مقاومة متوسطة للصدمات لبعض منها .

3 - يكون من الصعب صيانتها لذا يتم إبدالها لكونها قليلة الكلفة .

4 - مخلفاتها لها تأثير سلبي في البيئة وعند التخلص منها يتم غمرها في الارض وهذا يحتاج الى مساحات واسعة وأليات للحفر والطمر وهذه العمليات مكلفة جدا ، وعند حرقها فأن غازاتها ملوثة للبيئة .

5 – 9 – 7 – المواد المركبة الخضراء :

إتجهت الانظار لانتاج مواد مركبة بحيث يمكن فصلها وإعادة تصنيعها ثانية . أويتم تصنيعها من مواد نباتية كألياف الجوت والقنب والاناناس والاخشاب ، إذ تتحلل في حالة كونها بشكل نفايات ، يتم مزجها مع مواد رابطة التخلص منها سهل بتحللها في التربة أيضا وبذلك سميت صديقة للبيئة ، وسميت بالمواد المركبة الخضراء . ولازالت قيد الدراسة والبحث لأنّ كلفتها عالية و مواصفاتها الميكانيكية منخفضة مقارنةً بالمواد الرابطة الاخرى .

شكل (5 – 15) يوضح أحدى المواد النباتية الداعمة

اسئلة الفصل :

1 – ما المقصود بالمعادن الصناعية وكيف يتم تصنيفها .

2 – عرف الكثافة النسبية ، ولماذا الكثافة النسبية لأي معدن تساوي كثافته .

3 – عرف الصلادة موضحا وحدات قياسها .

4 – عرف المتانة ، أي المعادن عالية المتانة .

5 – ماذا تعرف عن الحديد الصناعي .

6 – عدد أهم خامات الحديد .

7 – ماهي العمليات التحضيرية التي تجرى على خام الحديد .

8 – عدد خواص حديد الصب .

9 – عدد ميزات حديد الصب .

10 – عدد أنواع الصلب .

11 – عدد أهم ميزات الالمنيوم .

12 – عرف المواد المركبة .

13 – ماذا تعرف عن مكونات المواد المركبة .

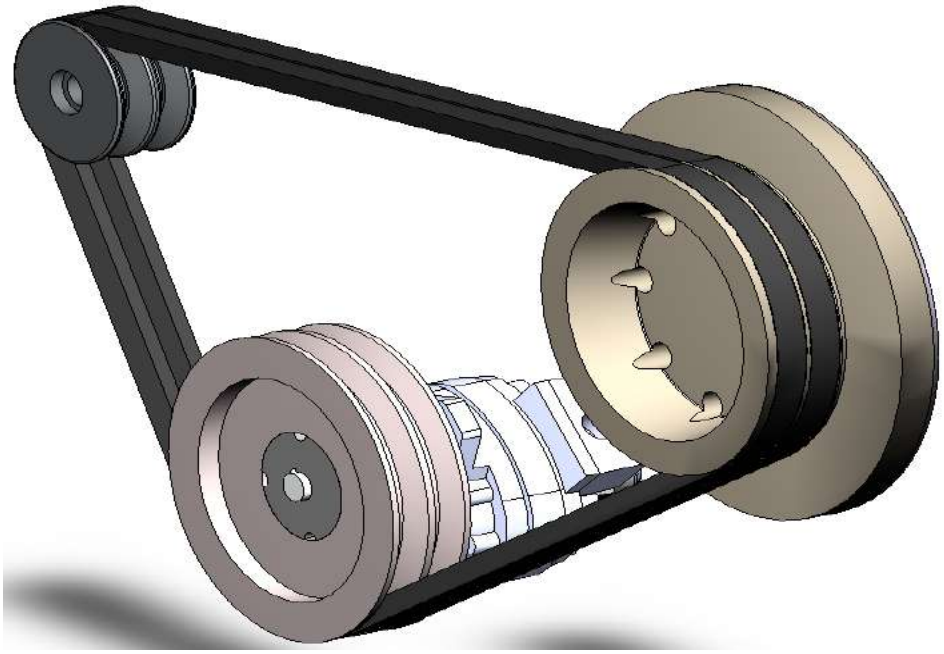
14 – عدد ميزات المواد المركبة .

15 – ما المقصود بالمواد المركبة الخضراء .

الفصل السادس

نقل الحركة والقدرة

Power Transmission



شكل 6 – 1 – نقل الحركة في البكرات والاحزمة

الهدف : معرفة الطالب بطرق نقل الحركة والوسائل المستخدمة (بكرات ، أحزمة ، مسننات متنوعة) وحساباتها .

6 – 1 تمهيد

نقل الحركة : هذا الموضوع بدأ منذ القدم ففي بناء الحضارات القديمة أستعمل الانسان الحبال في جر الحجارة وجذوع الاشجار الكبيرة لغرض إستخدامها في البناء ، وحفر الابار وأخرج منها الماء مستعينا بحبل يلف على عمود يدور على ركيزتين وبكرات من الخشب وأستعمل المسننات المصنوعة من الخشب أيضا في تدوير النواعير لارواء الاراضي الزراعية .

شكل 6 – 2 يوضح نقل الحركة قبل التطور الصناعي

إن التطور التقني أوجد وسائل مختلفة من حيث الاداء والحجم والوزن وكلها تعمل وفق شروط قلة التكاليف وزيادة الانتاج وسهولة الاستعمال ، ومن أجزائها مايقوم بنقل الحركة من المحرك الكهربائي الى الاجزاء الاخرى ، أونقل الحركة الميكانيكية بين أجزاء الماكنة الواحدة أو من ماكنة الى ماكنة أخرى .

6 – 2 ـ نقل الحركه بالبكرات والأحزمة : تستعمل البكرات مع الحبال أو الاحزمة بنقل القدرة على شكل حركة وهي بنوعين :

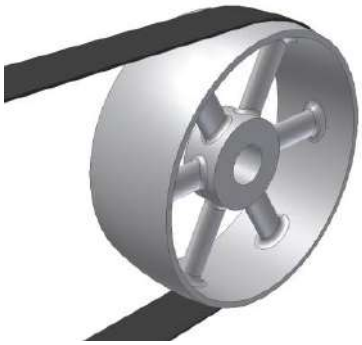
6 – 2 – 1 ـ الحركة الدورانية : هي من الطرق الشائعة الاستعمال في كثير من المكائن المعقدة والبسيطة إذ انها تكون مناسبة في حالة وجود محورين متوازيين المسافة بينهما صغيرة أم كبيرة . و تثبت بكرتان كل واحدة على محورها (عمود الدوران) ويتم التوصيل بين البكرتين بواسطه الحزام الناقل للحركة (القايش) ، الذي يصنع من مادة لدنة لها معامل إحتكاك عال أو من نسيج من خيوط الكتان ، يكون نقل الحركة من البكرة القائدة التي تبدأ بالحركة الى البكرة المقادة بواسطة الحزام وبسبب قوة الاحتكاك بين مادتي الحزام والبكرات يتم نقل الحركة (القدرة) كما موضح في الشكل (6 – 1) .

6 – 2 – 2 – الحركة الخطية : تستخدم البكرات مع الاسلاك المصنوعة من الصلب أو الحبال في رفع الاحمال فنجدها في أليات التحميل على أرصفة الموانئ والاليات المتنقلة وتكون في الغالب من عدة بكرات لتقليل الجهد على عدة الرفع والشكل (6 – 3) يوضح ذلك

شكل (6 – 3) يوضح إستعمال البكرات في رفع الاحمال (حركة خطية)

6 – 3 – أنواع البكرات : تصنع البكرات بأنواع مختلفة وحسب نوع الاستعمال ومنها :

6 – 3 – 1 - البكرات الاسطوانية المسطحة وتكون بشكل إسطوانة ويكون الحزام الناقل مسطحاً يصنع في الغالب من نسيج الكتان وتستخدم غالبا في المطاحن كما في شكل (6 – 4)



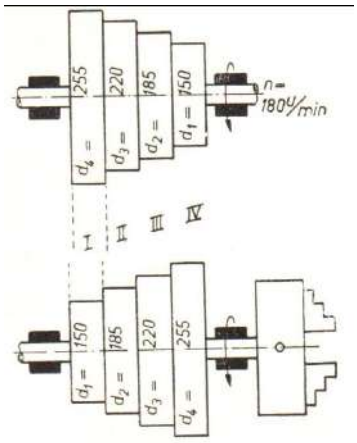
شكل 6 – 4 البكرة المسطحة

6 – 3 – 2 -البكرات ذات الاخدود بشكل (V) : وتسمى أيضا مخروطية المقطع إذ تحتوي أخدود واحد أو أكثر حسب مقدار القوة المنقولة ومساحة مقطع الحزام الناقل ، كما موضح في الشكل (6 – 1) .

6 – 3 – 3 - البكرات المسننة : هي أشبه بالبكرة المسطحة وعلى محيطها أسنان ذات عمق معين وخطوة معينة ، يتداخل في أسنانها أسنان حزام ناقل خاص بها لكي لايحصل الانزلاق كما هي في بعض محركات الاحتراق الداخلي لنقل الحركة من عمود المرفق الى محور (الكامات) دون إنزلاق ، كما موضح في الشكل (6 – 5) .

شكل (6 – 5) يوضح البكرات والأحزمة المسننة

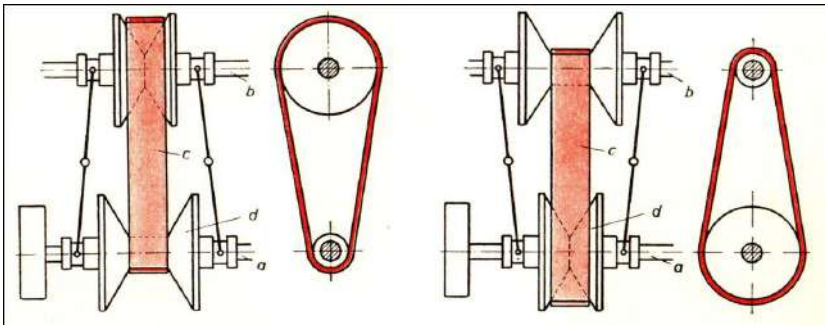
6 – 3 – 4 - المحولة المدرجة : لسهولة العمل ببعض الالات الميكانيكية وتغيير السرع ضمن حدود معينة صنعت المحولة المدرجة وهي عبارة عن بكرة كبيرة ذات أقطار مختلفة للحصول على سرع متعددة عددها يتناسب مع عمل الجهاز ، تثبت على محورها لتنقل الحركة الى محولة مدرجة أخرى مماثلة لها مثبتة بشكل معاكس (المحولة) ، (أصغر قطر بكرة في المحولة الاولى يقابله القطر الاكبرفي المحولة الثانية) وذلك لاستعمال حزام ناقل (قايش) بقياس واحد كما موضح في الشكل (6 – 6) .



شكل (6 – 6) يوضح المحولة المدرجة

6 – 3 – 5 – المحولات القابلة للضبط أثناء دورانها (بدون مدرجات) : وهي عبارة عن بكرة مخروطية المقطع تتكون من نصفين منفصلين مثبتين على محور بوضع يسمح لها بالحركة بمقدار معين لزيادة أوتقليل المسافة بين نصفيها ، تقابلها على المحور الاخر محولة مماثلة لها أوبكرة ثابتة . والحزام الناقل يكون ذا مقطع مماثل للبكرة وعريض ويكون تأثير القوة الضاغطة على جانبيه .

طريقة عملها : عند الدوران ونقل الحركة تتم زيادة المسافة بين نصفي المحولة فتصبح بكرة بقطر صغير وبالعكس عند تقليل المسافة بين النصفين تصبح بكرة بقطر كبير ، وبذلك يمكن الحصول على عدد من السرع دون تحديد ، فأذا كانت المحولة هي القائدة وقرصاها في أوسع مسافة بينهما نحصل على أقل عدد من الدورات وإذا قلت المسافة بين القرصين نحصل على أعلى سرعة . كما موضح في الشكل (6 – 7) .



شكل (6 – 7) يوضح محولة يتم ضبطها على السرعة المطلوبة أثناء دورانها

6 – 4 - طرق ربط البكرات على المحاور : يتم ربط البكرات بعدد من الطرق وبحسب مقدار القدرة المنقولة ونوع العمل الذي تؤديه وكما يأتي :

1 - في الاحمال القليلة يتم تثبيت البكرات بلولب مثبت على البكرة ويضغط بقوة على محورها .

2 - في الاحمال الكبيرة تثبت البكرات بواسطة الخوابير ومعها لوالب تثبيت بشكل مواز لمحورها لمنع إنزلاقها .

3 - في بعض الاعمال الميكانيكية تكون البكرة جزءاً من محورها (قطعة واحدة) .

4 - في أعمال ميكانيكية متنوعة تدور البكرة على محورها مستندة على محمل كريات .

6 – 5 – أنواع الأحزمة : تصنع الأحزمة من مواد مختلفة تمتاز بقوة شد ومرونة عالية ومساحة وشكل المقطع للأحزمة الناقلة يعتمد على نوع الاستعمال والقدرة المنقولة . وهي كما يأتي :

6 – 5 – 1 – الأحزمة مخروطية المقطع بشكل (V) : ويكون تلامس البكرة مع جوانب الحزام ، ولايجوز ملامسة الحزام لقاع مجرى البكرة لان ذلك يؤدي به الى التلف .

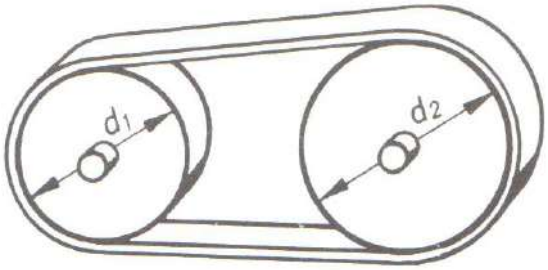
شكل (6 – 8)يوضح منطقة التلامس بين البكرة والحزام (اللون الاحمر)

6 – 5 – 2 – الأحزمة ذات المقطع المستطيل : تستعمل مع البكرات المسطحة وهي مصنوعة من نسيج الكتان أو من الكتان و مادة لدنة وغالبا ما نجدها في الالات القديمة الصنع (المطاحن ومضخات المياه .

6 – 5 – 3 - الأحزمة المسننة تصنع من نسيج الكتان والمواد اللدنة عالية الجودة ، فيها تسنين بخطوة معينة ، وتستعمل في أجهزة الطباعة والتصوير والاستنساخ وتكون بأحجام صغيرة جدا ، كما تستعمل في بعض محركات الاحتراق الداخلي ، وتكون بأحجام كبيرة جدا وتستعمل بدلا من السرفة الحديدية في بعض الاليات لمنع حدوث الاصوات أوالتشوهات في الطرق . كما موضح في الشكل (6 – 9) .

شكل (6 – 9) الاحزمة المسننة المسيرة للاليات العملاقة

6 – 6 – سرعة الدوران وحسابها في البكرات : تستعمل البكرات لنقل الحركة كما هي أو لزيادة عدد الدورات أو تقليلها ، **وعند نقل الحركة بأستعمال البكرات تثبت البكرة الاولى على مصدر الحركة (محرك كهربائي مثلا)** وتسمى البكرة القائدة والبكرة الثانية التي تستلم الحركة تسمى البكرة المقادة ، قد يكون المطلوب عدداً من دورات البكرة المقادة مختلفا عن عدد دورات مصدر الحركة ، والسؤال هو كيف نقلل عدد الدورات أو كيف نزيدها . الجواب هو إذا كانت البكرة المقادة أكبر من البكرة القائدة قل عدد الدورات ، وإذا كانت البكرة المقادة أصغر من البكرة القائدة زاد عدد الدورات وحسب العلاقة الأتية :



الشكل (6 – 10) يوضح بكرتين وحزاماً ناقلاً

السرعة المحيطية للبكرة القائدة = السرعة المحيطية للبكرة المقادة

قطر البكرة القائدة × ط× عدد دوراتها = قطر البكرة المقادة × ط × عدد دوراتها

$ق_1 \times ع_1 = ق_2 \times ع_2$ ..... قانون 1

إذ أن $ق_1$ = قطر البكرة القائدة ، $ق_2$ = قطر البكرة المقادة

$ع_1$ = عدد دورات البكرة القائدة $ع_2$ = عدد دورات البكرة المقادة

مثال (6 – 1) : بكرة قطرها (80) ملم مثبتة على محور محرك كهربائي عدد دوراتة يساوي (1600) دورة في الدقيقة أحسب قطر البكرة المقادة التي تربط معها بحزام ناقل والمثبتةعلى محور آخر لتدور (800) دورة في الدقيقة .

الحل : السرعة المحيطية للبكرة القائدة = السرعة المحيطة للبكرة المقادة

$ق_1 \times ع_1 = ق_2 \times ع_2$

$80 \times 1600 = ق_2 \times 800$

$ق_2 = 80 \times 1600 \div 800 = 160$ ملم قطر البكرة المقادة

مثال (6 - 2) : بكرة قطرها (150) ملم مثبتة على محور يدور (1500) د/د تعطي الحركة الى محور أخر مثبتة عليه بكرة قطرها (100) ملم ، أحسب عدد دورات المحور الذي يستلم الحركة .

الحل : $ق_1 \times ع_1 = ق_2 \times ع_2$

$150 \times 1500 = 100 \times ع_2$

$ع_2 = 2250$ دورة / دقيقة

6– 7 - ميزات نقل الحركة بالأحزمة والبكرات :

1 - سهولة الاستخدام والصيانة .

2 - خالية من الاصوات والضوضاء عند الدوران .

3 - سهله التصنيع .

4 - خفيفة الوزن .

5- رخيصة الثمن .

6 - تستخدم في نقل الحركة الدورانية والحركة الخطية (رفع الاحمال) .

7– الحصول على سرع مختلفة و تغيير إتجاة القوة .

8 - لاتحتاج الى التزييت .

6 – 8 – عيوب ومساوئ نقل الحركة بالبكرات والأحزمة :

1 - خسارة في القدرة المنقولة .

2 - خسارة في عدد الدورات بسبب الانزلاق .

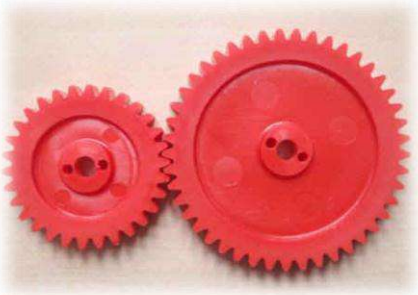
3 - تشغل جزءاً كبيرا من الجهاز .

4 - في التخفيض العالي للسرعة يكون عدد البكرات كبيراً وهذا يشغل حيزاً أكبر .

6 – 9 - المسننات : Gears

6 – 9 – 1 – ما هي المسننات :

هي عجلات مسننة من الداخل أو الخارج بدقة عالية وفق حسابات خاصة ، تسخدم لنقل الحركة الدورانية وعزم الدوران بين المحاور ، ويتم هذا النقل بشكل إجباري وذلك لان الاسنان تتداخل في فراغات المسنن فلا يوجد مجال للانزلاق . كما يوضح الشكل (6 – 11) .

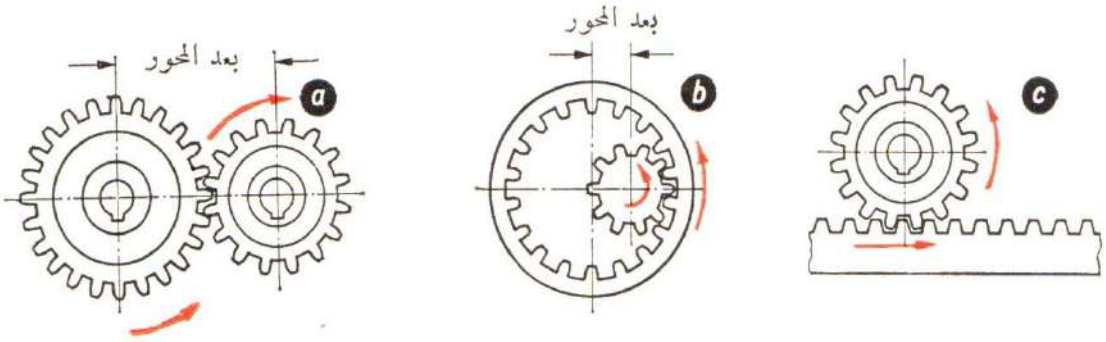


شكل (6 – 11) يوضح تعشيق المسننات

والمسننات أما أن تكون مسننة خارجيا ويكون دورانها متعاكساً . كما في الشكل (6 – 12 – a)

أو تكون معشقة داخليا فيكون دورانها متماثلاً . كما يوضح الشكل (6 – 12 – b)

أو تحويل الحركة الدورانية الى حركة مستقيمة (حركة خطية) باستخدام المسنن و الجريدة المسننة وكما يوضح الشكل (6 – 12- c) .

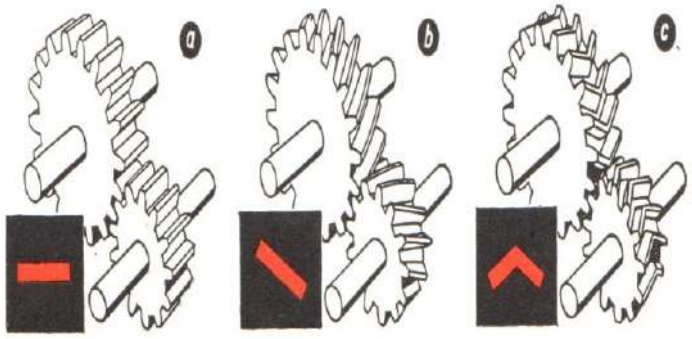


شكل 6 – 12 يوضح حركة المسننات وإتجاه الحركة

6 – 9 – 2 ـ انواع المسننات :

1 ـ المسننات العدلة (المستقيمة الاسنان) :

وهي مسننات اسطوانية مستقيمة وموازية لمحور العمود المربوطة عليه . ويكون عملها مصحوباً بصوت منخفض لان تطابق الاسنان مع بعضها يكون كاملا على طول السطح ، تستعمل لنقل الحركة بين الاعمدة المتوازية . وتكون واسعة الانتشار والاستعمال وذلك لسهولة تصنيعها كما في الشكل (6 – 13 - a) .

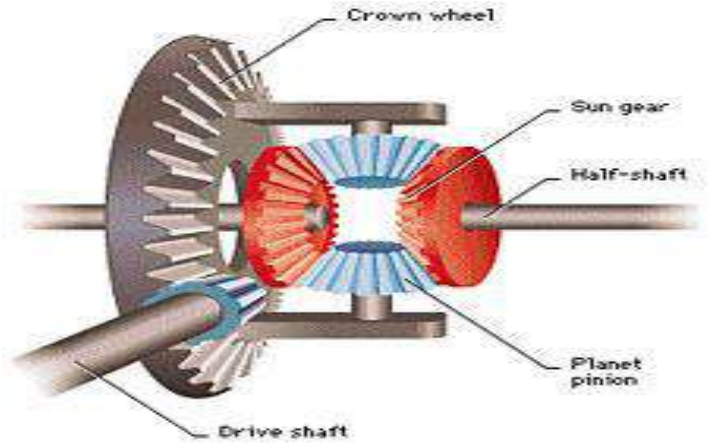


شكل (6 – 13) يوضح أنواع المسننات

2 ـ المسننات المائلة الاسنان : وهي مسننات اسطوانية أسنانها مائلة تستعمل لنقل الحركة الدورانية و تكون اسنانها موزعة على المحيط الاسطواني وتكون مائلة (حلزونية) وهي اما ان تكون يسارية الاسنان او يمينية الأسنان بحسب اتجاه الاسنان وتمتاز بانخفاظ الصوت وذلك لان التداخل والتعشيق بين الأسنان يكون بشكل تدريجي على طول سطح السن ، ولكن يحصل ضغط جانبي على المسنن لذلك يستعمل معها محامل الكرات ، كما في الشكل (6 – 13 – b) .

أن بعض المسننات يتم تصنيعها من مسنن مائل يساراً وأخر يميناً وبنفس الحسابات وتجمع بواسطة لوالب أو برشام فتكون كالمسنن الواحد وفائدة ذلك لمنع الانزلاق الى الجانب في المسننات مائلة الاسنان ، أسنانه رأس سهم وتستعمل في حالة الاحمال الكبيرة مع تجنب الضغط الجانبي للمسنن . كما موضح في الشكل (6 – 13 – c) .

3 - المسننات الزاوية (المخروطية) : تكون بشكل مخروط ناقص ، وتستعمل لنقل الحركة بين المحاور المتعامدة او المائلة بزاوية ، كما في مجموعة نقل الحركة الاخيرة في العجلات (الاكسل) ، كما موضح في الشكل (6 - 14)



شكل (6 – 14) يوضح مسننات مخروطية ومحاورمتعامدة

أما أسنانها فانها أما أن تكون مستقيمة الاسنان اومائلة (حلزونية) والمائلة اما ان تكون يسارية الأسنان او يمينية بحسب زاوية ميل الاسنان .

4 - المسنن الدودي والدودة : Warm & Warm Gear

أ - المسنن الدودي : هو مسنن إسطواني له أسنان موزعة على محيط الترس وتكون مائلة بزاوية معينة ومقعرة وذلك لسهوله تعشيق الأسنان مع الدودة ولسهولة إنسيابية الحركة الدورانية ، كما موضح في الشكل (6 – 15) .

شكل (6 – 15) يوضح المسنن الدودي والدودة

ب - الدودة :هي عمود اسطواني (محور) له أسنان لولبية تشابه أسنان المسنن الدودي ويمكن ان تكون لها بداية واحدة (مدخل واحد) أو إثنان أوثلاث أو أكثر .

تستخدم طريقة نقل الحركة بالمسننات الدودي والدودة في حالة كون المحاور متخالفة اي انها لاتقع في مستوى واحد وغير متقاطعة وكذلك تسخدم عندما يراد تخفيض كبير في عدد الدورات في حيز صغير او محدود كما في جهاز رأس التقسيم المستخدم مع الفرايز . إذ ان نسبة التخفيض في الدورات هو(1 : 40) ، أو في مجموعة مقود السيارة .

فهذه النسبة لايمكن تحقيقها في حالة المسننات المستقيمة (العدلة) الاباستخدام مجموعة كبيرة من المسننات وتأخذ حيزاً كبيراً .

5– 10 صندوق المسننات : Gear Box

صندوق المسننات هو كتلة معدنية مقفلة كليا أو جزئيا ، بشكل صندوق له أشكال متعددة بحسب التصميم المطلوب ، فائدتها الحصول على عزم دوران وسرع دورانية مختلفة يكون عددها بحسب نوع الاستخدام ، (الشكل 6 – 16) يوضح أحد صناديق المسننات ، حيث يحتوي على عدد من المحاور (الاعمدة) وعدد من التروس المختلفة في عدد أسنانها ، يوضع مقدار معين من الزيت الخاص بصناديق المسننات في صندوق المسننات لمنع الاحتكاك وتلف أسنان المسننات والمحاور والمساند الكروية والاسطوانية .
تدخل الحركة الدورانية من مصدر الحركة الى صندوق المسننات ، وليكن محرك كهربائي أو محرك إحتراق داخلي أو غير ذلك وتخرج القدرة بسرع معينة لتشغيل الالة وحسب نوع العمل .

شكل (6 – 16) يوضح صندوق المسننات

5– 11- مميزات نقل الحركة بالمسننات : وهي ما يأتي : -

1 - تقوم المسننات بنقل الحركة (القدرة) بدون إنزلاق .

2 – تكون المسننات صغيرة الحجم وذات محاور متقاربة وتشغل حيزاً صغيراً .

3- معظم المسننات تعمل داخل صندوق المسننات وتكون مغمورة بالزيت .

4 - يكون دوران الترس المقاد عكس دوران الترس القائد ، وبذلك تكون وسيلة لعكس الحركة

5 - يمكن تحويل الحركة الدورانية الى حركة خطية وبالعكس .

6 - يمكن نقل الحركة بالمسننات بين الحاور المتوازية والمتخالفة والمتقاطعة .

7 - 12 - مميزات المسننات :

1 – تصنيعها يتطلب دقة عالية .

2 - تصنع من معادن عالية الصلابة .

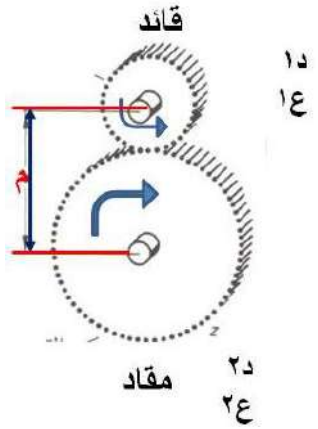
2 – لايمكن صيانتها .

3 – غالية الثمن بالنسبة الى البكرات .

4 - الاصوات الناتجة أثناء العمل تكون (منخفضة) .

6 – 12 – حساب السرعة الدورانية للمسننات :

المسنن الذي يبدأ الحركة يسمى المسنن القائد والمسنن المعشق معه الذي يستلم الحركة يسمى المسنن المقاد ، وتكون حركته معاكسة لحركة المسنن القائد . كما في الشكل (6 – 17) .



شكل (6 – 17) يوضح المسنن القائد والمسنن المقاد وإتجاه الحركة

إذ أن :

السرعة المحيطية للمسنن القائد = السرعة المحيطية للمسنن المقاد

ق$_1$ × د$_1$ × ط = ق$_2$ × د$_2$ × ط

$ق_1 \times د_1 = ق_2 \times د_2$ ..... قانون رقم 1

إذ أن $ق_1$ هو قطر دائرة تقسيم الاسنان للمسنن القائد ، $د_1$ عدد دورات المسنن القائد .

$ق_2$ قطر دائرة تقسيم الاسنان للمسنن المقاد ، $د_2$ عدد دورات المسنن المقاد .

مثال (6 - 3) : - مسننان معشقان مع بعضهما ، قطر دائرة التقسيم للمسنن الاول (120) ملم ويدور بمعدل (100) د/ د ، والمسنن الثاني قطر دائرة التقسيم فيه (60) ملم ، أحسب عدد دورات المسنن الثاني .

الحل : بما أن السرعة المحيطية للمسنن الاول تساوي السرعة المحيطية للمسنن الثاني

أي أن : $ق_1 \times د_1 = ق_2 \times د_2$

$د_2 \times 60 = 100 \times 120$

$\therefore د_2 = \frac{100 \times 120}{60} = 200$ د / د

نلاحظ أن المسنن المقاد أذا كان أصغر من المسنن القائد يدور أسرع منه وهذا يسمى تسريع الحركة .

في الغالب يعتمد على عدد أسنان المسننات في حساب عدد الدورات ، وإن : -

عدد دورات المسنن القائد × عدد أسنانه = عدد دورات المسنن المقاد × عدد أسنانه

$د_1 \times ع_1 = د_2 \times ع_2$ ..... قانون 2

إذ أن : $د_1$ عدد دورات المسنن القائد ، $د_2$ عدد دورات المسنن المقاد

$ع_1$ عدد أسنان المسنن القائد ، $ع_2$ عدد أسنان المسنن المقاد

مثال (6 – 4) مسنن عدد أسنانه (48) سن مثبت على محور محرك كهربائي يدور (1400) دورة / دقيقة ، معشق مع مسنن أخر(مقاد) عدد أسنانه (112) سن ، أحسب عدد دورات المسنن المقاد .

الحل : عدد دورات المسنن القائد × عدد أسنانه = عدد دورات المسنن المقاد × عدد أسنانه

$$ع_2 \times د_2 = ع_1 \times د_1$$

$$112 \times د_2 = 48 \times 1400$$

$$د_2 = \frac{48 \times 1400}{112}$$

∴ $د_2 = 600$ دورة / دقيقة عدد دورات المسنن المقاد (تخفيض السرعة) .

مثال (6 – 5) صندوق مسننات فيه محوران الاول مثبت عليه مسنن يدور (3000) دورة بالدقيقة والمحور الثاني مثبت عليه مسنن عدد أسنانة (150) سن ويدور(1000) دورة بالدقيقة . أحسب عدد أسنان المسنن المثبت على المحور الاول .

الحل : عدد دورات الترس القائد × عدد أسنانه = عدد دورات الترس المقاد × عدد أسنانه

$$ع_2 \times د_2 = ع_1 \times د_1$$

$$150 \times 1000 = ع_1 \times 3000$$

$$ع_1 = \frac{150 \times 1000}{3000}$$

∴ $ع_1 = 50$ سن عدد أسنان المسنن المثبت على المحور الاول .

أسئلة الفصل :

1 - عدد أنواع البكرات المستخدمة في نقل الحركة .

2 – عدد مميزات إستخدام البكرات .

3 - لماذا تستخدم البكرات في رفع الاحمال (الاوزان) .

4 – عدد مميزات الأحزمة المسننة ومجال إستخدامها .

5 – بكرتان مربوطتان مع بعضهما بحزام ناقل ومثبتتان على محورين متوازيين ، فأذا كان قطر البكرة القائدة (100) ملم وتدور بمعدل (2000) د / د ، أحسب عدد دورات البكرة المقادة إذا كان قطرها (200) ملم .

6 - عدد أنواع المسننات .

7– عدد مميزات إستخدام المسننات في نقل الحركة .

8 – كيف يتم تحويل الحركة الدورانية الى حركة مستقيمة بأستخدام المسننات .

9 – ماهو مجال إستخدام المسنن الدودي والدودة .

10 - مسننان متعشقان معا ، المسنن الأول (30) سن يدور (1750) د / د والمسنن الثاني عدد أسنانه (45) سن ، أحسب عدد دوراته .

الفصل السابع

الخراطة Turning

الهدف : المعرفة الواسعة بماكنة الخراطة المتوازية وعملها وأجزائها وملحقاتها والمعرفة بالانواع الاخرى والعمل الذي تؤديه .

7 – 1 - تمهيد :

المخرطة : هي إحدى مكائن ورش التشغيل الميكانيكي التي تقوم بأنتاج المشغولات الاسطوانية والمخروطية وإنتاج اللوالب والاشكال الهندسية الاخرى . الشكل (7 – 1) يوضح بعض منتجات ماكنة الخراطة .

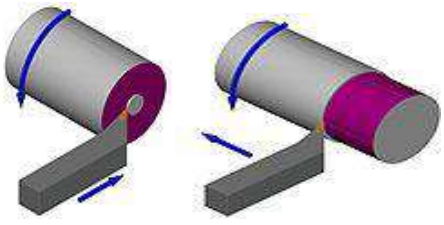
شكل (7 – 1) يوضح بعض منتجات ماكنة الخراطة

7 – 2 - عملية الخراطة :

وهي عملية تشكيل تتم عن طريق فصل طبقة من المعدن المراد تشكيله ، بشكل رايش وذلك باستخدام عدة خاصة تسمى قلم المخرطة .

7– 3 - حركات القطع :

1 - حركة دوران الشغلة : إذ تدور قطعة العمل حركة دورانية مضادة للحد القاطعل لقلم الخراطة الذي يقوم بفصل طبقة من المعدن (الرايش) وتسمى هذه الحركة بالحركة الاساسية ، وتسمى السرعة التي تتحرك بها قطعة العمل في أثناء القطع (بسرعة القطع) . أنظر الشكل (7 – 2) .



شكل (7 –2) يوضح الخراطة الطولية والوجهية ودوران الشغلة

2- حركة عمق القطع : هي الحركة الناتجة عن تقدم قلم الخراطة بأتجاه عمودي على محور دوران الشغلة لضبط عمق القطع .

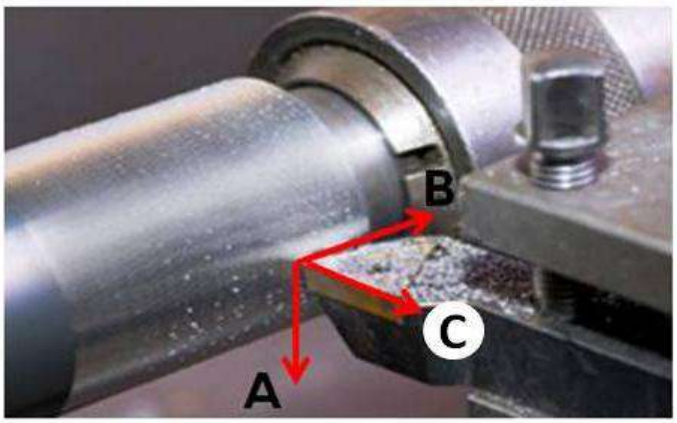
3 - حركة التغذية : هي المسافة التي يتحركها قلم الخراطة بعد كل دورة للشغلة وتكون بمقدار قليل وتقاس بالملمتر / دورة .

7 - 4 - قوى القطع : أغلب المشغولات التي تنتج بماكنة الخراطة ذات صلابة عالية ناتجة من تماسك جزيئاتها وعند فصلها يتعرض قلم الخراطة الى ثلاث قوى رئيسة هي :

1 - قوة القطع العمودية (الرئيسة) : وتنتج من دوران الشغلة ودفع قلم الخراطة بأستمرار الى الاسفل وتؤثر في إنحنائه ونزوله بمقدار معين عن مركز دوران الشغلة .

2 - القوة المحورية : وتؤثر في قلم الخراطة أثناء حركة التغذية في الخراطة الطولية ويكون إتجاهها عكس حركة التغذية (حركة العربة أو الراسمة العلى) .

3 - القوة القطرية وهي القوة المقاومة لتوغل القلم في الشغلة بأتجاه محور دورانها (معاكسة لعمق القطع) ، أنظر الشكل (7 -3) .



A القوة العمودية
B القوة المحورية
C القوة القطرية

شكل (7 - 3) يوضح قوى القطع

7 – 4 - مميزات ماكنة الخراطة :-

1 – السرعة والدقة في أنتاج المشغولات .

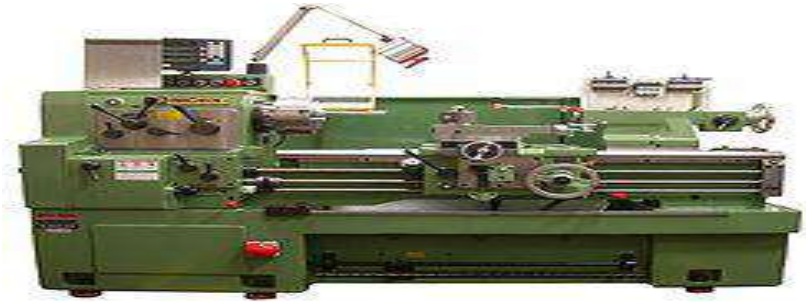
2 – سهلة التشغيل وممكن تعلمها والعمل عليها في مدة وجيزة .

5 - يمكن إستخدامهالانتاج أشكال هندسية مختلفة .

7 – 5 - أنواع المخارط

إن التطور الصناعي والتقني أدى الى احتياجات متنوعة في عمليات الخراطة ولم تعد المخرطة االواحدة قادرة على سد هذه الاحتياجات ، الامر الذي ادى الى تصنيع انواع مختلفة من المخارط ، ومنها :-

1- ماكنة الخراطة المتوازية :- Parallel Lathe



شكل (7 - 4) يوضح المخرطة المتوازية

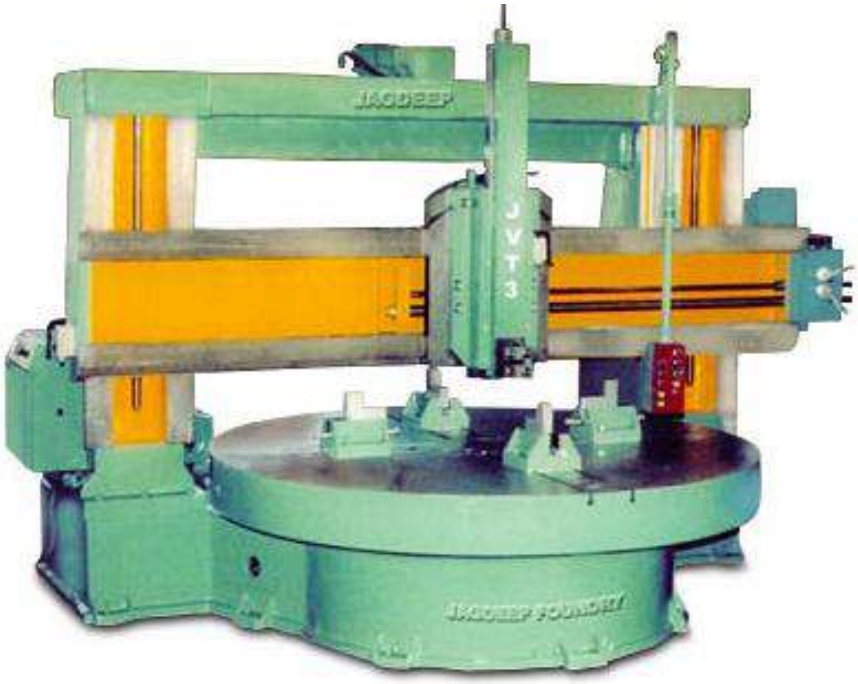
وهي مخرطة ذات استخدام عام لذا تسخدم في المعامل والورش الصغيرة و تسخدم في ورش الصيانة الميكانيكية ، وهذا النوع من المخارط هو ما ستشاهده في المدرسة وتعمل عليه لذا سيتم تناولها بالتفاصيل وكما مبين في الشكل (7 - 4) سميت بالمتوازية وذلك لان محور دوران الشغلة مواز للفرش وحركة العربة .

2 - ماكنة الخراطة الجبهية (الوجهية) (Face Lathe)

شكل (7- 5) يوضح المخرطة الجبهية

تتميز ماكنة الخراطة الجبهية بارتفاعها عن الارض ، وكبر الظرف إذ تسخدم في الخراطة (الوجهية) للمشغولات الكبيرة ويكثراستخدامها في المصانع الانتاجية للصناعات الثقيلة وكذلك في ورش الصيانة التابعة للشركات ذات الاعمال الثقيلة (العملاقة) مثل صناعات التنقيب عن المعادن والاسمنت والفوسفات والبترول ، ويبين الشكل (7- 5) المخرطة الجبهية .

3 - المخرطةالعمودية (Vertical Lathe)



شكل رقم (7-6) يوضح المخرطة العمودية

ماكنة الخراطة العمودية وفيها يكون الظرف في وضع افقي وقلم القطع عموديا كما في الشكل (7-6) . يستخدم هذا النوع من المخارط في اعمال الخراطة الداخلية للمشغولات الكبيرة مثل اسطوانات محركات ألاحتراق الداخلي وفي صناعة القوالب الكبيرة ، في هذا النوع من المخارط يوجد قائمان عموديان ، ومربطان لاقلام القطع لزيادة انتاجيتها ،كما يمكن ان يصل قطر ظرفها الى خمسة وعشرين مترا او أكثر ، وتتميز المخرطة العمودية عن مخرطة الجبهة بسهولة فتح المشغولات وربطها لكون الظرف أفقيا .

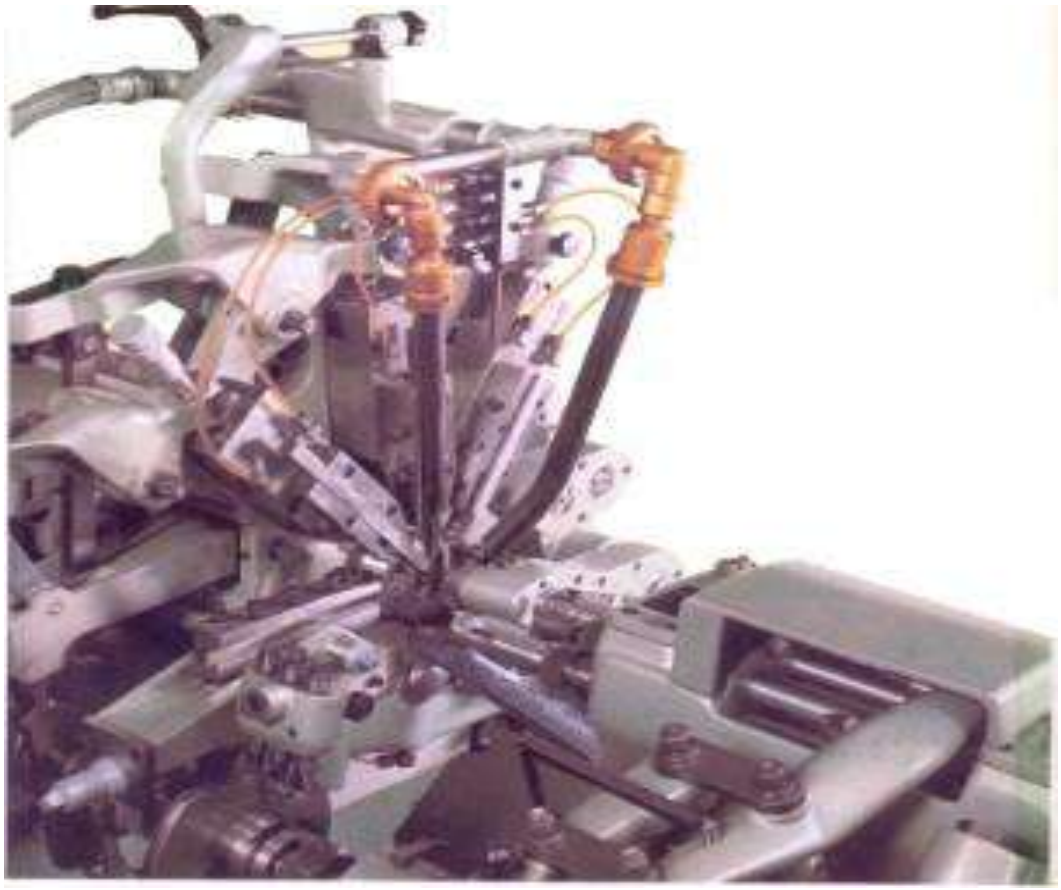
4 ـ المخرطة ذات البرج (Turret Lathe)

شكل رقم (7- 7) يوضح المخرطة ذات البرج

تتميز هذه المخرطة بوجود برج دوار يحمل عدد القطع في أعلى الفرش كما يوضح الشكل (7 – 7) إذ يوفر البرج الدوار للعامل الدقة والسرعة في تغير عدد القطع العاملة ، وتستخدم هذه المخارط في عمليات الانتاج الكمي ،ولذلك يتحرك برج ادوات القطع طوليا على فرش المخرطة في اثناء عملية القطع وأثناء الرجوع على راسمة ، إذ تقوم اداة قطع او اكثر بتنفيذ عملية القطع الطولي .

اما عمليات القطع العرضية فتقوم بها راسمة اخرى عرضية تركب افقيا او راسيا على جسم المخرطة وتسخدم المخرطة غالبا في انجاز المشغولات التي تحتاج لعمليات ثقب وخراطة داخلية ويقوم برج المخرطة بتنفيذ هذه العمليات بالسرعة والدقة اللازمة .

5 - المخرطة الالية (Automatic Lathe)



شكل رقم (7-8) يوضح المخرطة الآلية

تتميز المخرطة الالية بوجود عدة راسمات تحمل ادوات القطع وتتحرك آليا بواسطة عمود ادارة مركب عليه عدد من الحدبات (الكامات) اللازمة بحسب المواصفات المطلوبة للمنتج حيث تقوم كل مجموعة من الكامات بانتاج نوع واحد من المشغولات ، إن عمليات التجهيز الطويلة والمكلفة أدت الى التقليل من انتشار المخرطة الآلية إذ تستخدم هذه المخرطة في عمليات الأنتاج الكمي ، ويبين الشكل (7- 8) المخرطة الآلية .

6- المخرطة التي تعمل بالحاسوب CNC (Numerical Control Lathe)

هي ماكنة تعمل بالحاسوب ، و يقوم الحاسوب المثبت على المخرطة بإعطاء اوامرتنفيذ كافة عمليات الخراطة . وذلك للحصول على الجودة في التشغيل ، وزمن غير مرتبط بقدرات الفني .

ويتميز العمل بهذه المكائن بالتخطيط الانتاجي الافضل ، والدقة العالية ، وزمن إنتاج قليل ، والانتاج الواسع ، وتنفيذ الاشكال المعقدة ، وتقليل نسبة تلف الخامات ، وسرعة تبديل أدوات القطع .

كذلك يتميزهذا النوع من المخارط بسهولة اعداد برامج تنفيذ عمليات الخراطة ، كما يمكن حفظ البرامج واعادة استخدامهاعلى اقراص مرنة (Floppy dick)،ويمكن اضافة كثير من الملحقات لهذا النوع من المخارط مثل مراكز القياس (Measuring centres) التي تقوم بقياس المشغولا ت وفرز الصالح منها . وتتميز بوجود البرج الذي يحمل عدد قطع متنوعة تصل الى أكثر ثلاثين عدة في بعض الانواع .

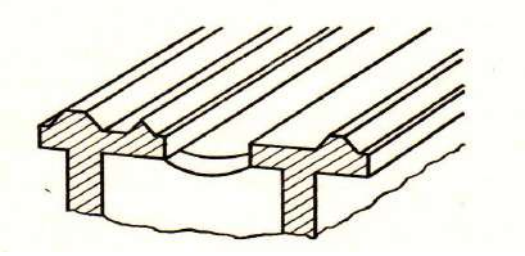
والشكل (7 –9) يوضح أحد مكائن الخراطة التي تعمل بالحاسوب CNC .

شكل رقم (7- 9) يوضح مخرطة تعمل بالحاسوب

7– 6 - أجزاء المخرطة المتوازية : تتكون المخرطة المتوازية من اجزاء رئيسة تشكل هيكلها العام ، ‘ولزيادة العمليات المنجزة على المخرطة او لتحسين ادائها تلحق بها بعض الاضافات والتي لاتكون جزءاً منها. تصنع المخرطة المتوازية بعدة اشكال تختلف فيما بينها ولكن تبقى المكونات الرئيسة مشتركة بين جميع المخارط المتوازية ، ‘ كما في الشكل (7 –10) وهي كما يأتي:

رقم (7- 10) يوضح اجزاء المخرطة

1 - القاعدة : وغالبا ما تكون على شكل صندوق مكون من جزء واحد أو جزأين أو أكثر في بعض الانواع ، مصنوعة من حديد الصب الرمادي لرخص ثمنه وقوة تحمله الاوزان الثقيلة والاهتزازات ، تحمل في أعلاها الغراب الثابت والفرش وبداخلها حوض سائل التبريد وفي الاسفل ثقوب للتثبيت في أرضية الورشة . والشكل (7 –10) يوضح ذلك .



2-الفرش :-

شكل (7 – 11) يوضح فرش المخرطة

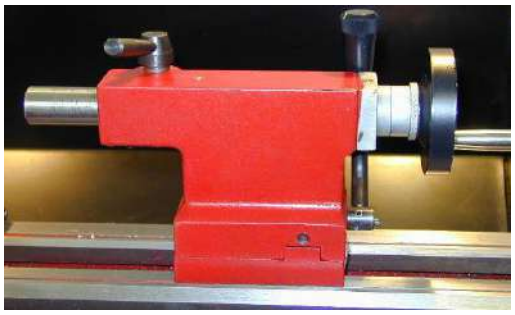
هو الجزء الاساسي الذي يحمل كل أجزاء المخرطة ويكون صندوقي الشكل ، يصنع من حديد الصب . فيه دليلان يمتدان على طوله بشكل هرمي ودليلان بشكل مسطح ، لتتحرك عليهما العربة والغراب المتحرك . و يجب العناية بالفرش بتنظيفه وتزييته بعد إنتهاء العمل اليومي لضمان عدم التأكل والصدأ وسهولة حركة العربة . كما في الشكل (7 - 11) .

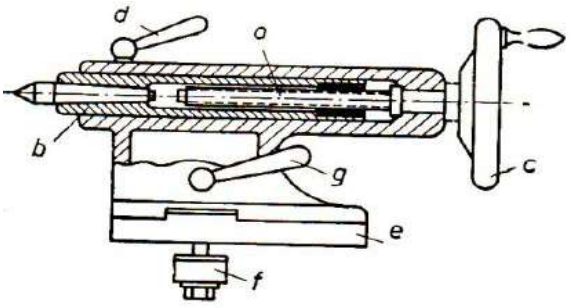
3 – العمود المرشد : هو لولب مربع ذو باب واحد مثبت على الفرش بواسطة مساند . يمتد من نهاية الفرش ويمر داخل العربة وصولا الى صندوق نقل الحركة في أسفل الغراب الثابت . تنتقل اليه الحركة من عمود الدوران بواسطة المسننات ليحرك العربة بالسرعة المطلوبة عند قطع اللوالب . عن طريق صامولة تتكون من نصفين تسمى الجاشمة .

شكل (7 – 12) يوضح العمود المرشد وعمود الجر

4 – عمود الجر : هو عمود دائري أملس فيه مجرى خابور (سيل) يمتد على طوله . يقع أسفل العمود المرشد يثبت أحد طرفيه في نهاية الفرش بواسطة مسند والطرف الاخر يتصل في صندوق مسننات نقل الحركة أسفل الغراب التابت . يستعمل لتحريك العربة في أثناء الخراطة الالية (أوتوماتيك) عن طريق مسنن ينزلق على طوله معشق معه بواسطة خابور . أنظر الشكل (7 – 12) .

5 – الغراب المتحرك :





شكل رقم (7- 13) يوضح الغراب المتحرك (a – المحور ، b – إسطوانة ، c – مقبض تدوير ، d – صامولة تثبيت ، e – قاعدة الغراب ، f – جسر التثبيت ، g – صامولة التثبيت)

يبين الشكل (7-13) نموذج للغراب المتحرك ، يمكن تحريكه على طول الفرش وتثبيته في الموضع المناسب لطول الشغلة (قطعة العمل) ، ويستخدم في إسناد المشغولات الطويلة ، وتتم عملية التثبيت للمشغولات باستخدام المدبب (السنتر) الذي يدخل في سلبة داخلية في محور الغراب المتحرك مطابقة له بالقياس وفيما ياتي أنواع المدببات :

شكل (7 – 14) يوضح المدبب الثابت

1 ـ المدبب الثابت (السنتر) :

يبين الشكل (7-14) المدبب الثابت والجزء الذي يدخل في سلبة الغراب المتحرك ويكون مخروطيا ذا سلبة قياسية خاصة تسمى (مورس) . ويكون بأحجام مختلفة بحسب حجم المخرطة .

اما طرفة المدبب فتكون زاوية (60) درجة للأحمال الخفيفة و (90) درجة للأحمال الثقيلة ويستخدم الشحم لتخفيف الاحتكاك بين المدبب وسطح الثقب (سنتر الشغلة) .

2 ـ المدبب الثابت المشطوف : لايختلف عن سابقه إلا في كون راس المدبب مشطوفا كما في الشكل (7 –14) وذلك من اجل وصول الحد القاطع للقلم الى طرف الشغلة دون الاحتكاك بجسم المدبب.

3 ـ المدبب المركب على كرسي محور (مسند كروي) :

شكل رقم (7-15) المدبب الدوار

في هذا النوع من المدببات يكون الطرف الساند للشغلة مثبتاً على كرسي محور في تجويف إسطواني في مقدمة جسم المدبب ، لكي يدور مع الشغلة ولايحتاج لوضع الشحوم في منطقة إسناد الشغلة لعدم وجود إحتكاك . الشكل (7 -15) .

كما يستخدم الغراب المتحرك في عملية التثقيب على المخرطة والتوسيع (الرايمر) وكذلك عدة التسنين في اللولبة الداخلية ، والشكل (7 – 16) يوضح عملية التثقيب .

شكل (7 - 16) يوضح التثقيب بالمخرطة

6 ـ العربة :

شكل (7 – 17) يوضح العربة وتحمل الراسمتين العليا والسفلى

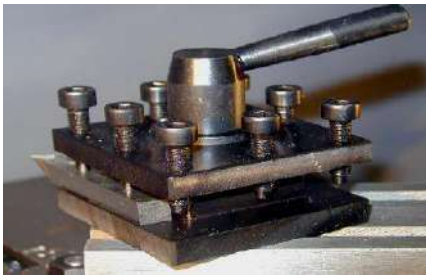
عربة المخرطة وتتحرك باتجاه مواز لمحورالفرش الى اليمين او اليسار. وتكون الحركة أما يدويا وتتم بواسطة مجموعة المسننات الناقلة للحركة والمتعشق أحدها مع اسنان الجريدة المسننه المثبتة على طول الفرش . ولما كانت الجريدة ثابتة فإن العربة تتحرك الى اليمين او الى اليسار .أو تكون حركة العربة تلقائيا (أوتوماتيكية) عن طريق تعشيق مجموعة المسننات مع مسنن مثبت على عمود الجر بواسطة خابور داخل مجرى خاص به يمتد على طول العمود.

وتقوم العربة بحمل :

أ ـ الراسمة السفلى: هي الجزءالذي ياخذ مكانه على دليل خاص بالعربة وتكون حركتها عموديا على سطح قطعة العمل . كما تظهر بالشكل (7 –17) .

ب ـ الراسمة العليا : تركب على الراسمة السفلى ومزودة بتدريج دائري وذلك لامكانية تدويرها بالزاوية المطلوبة الى اليمين او اليسار لعمل السلبات القصيرة وفي الاعلى حامل السكين (المقلمة) . كما في الشكل (7 –17) .

جـ ـ المقلمة (بيت القلم) : وهي بأنواع مختلفة ومنها المربعة الشكل تحتوي مجرى متصلاً على ألاسطح الجانبية ولولب تثبيت من الاعلى وتكفي لربط أربعة أقلام مرة واحدة ، ومنها المنفردة القلم ، ويمكن تدويرها للوضع الملائم للعمل ثم تثبيتها . شكل (7 – 18) .



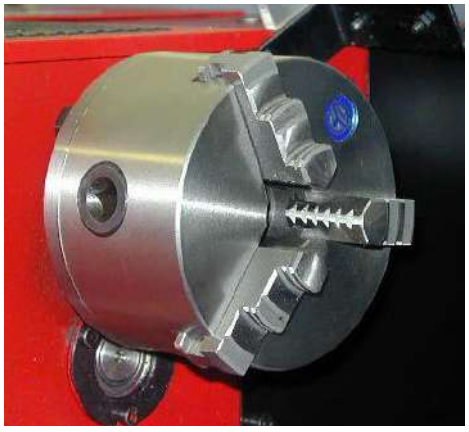
الشكل (7 – 18) يوضح بيت القلم

7 ـ صندوق السرعات (الغراب الثابت) :- وظيفته حمل وتدوير المشغولات ،
وهو بشكل صندوق يحمل بداخله مجموعة مسننات نقل الحركة ومحور الدوران ومن ألامام يحمل عتلات التشغيل التي تتحكم بسرعة الماكنة ومن الخلف أو الاسفل يحمل المحرك الكهربائي كما في الشكل (7 – 19) و أهم أجزائه .

شكل (7 – 19) يوضح الغراب الثابت

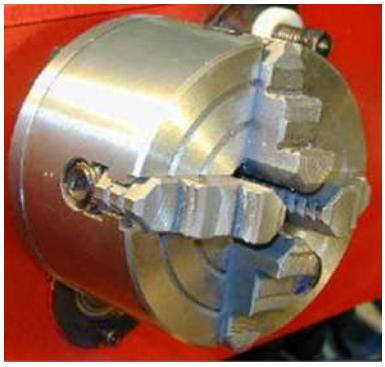
8 - ظرف المخرطة (عينة المخرطة) : يستخدم ظرف المخرطة في تثبيت المشغولات القصيرة والمنتظمة وغير المنتظمة لسهولة فتحها وتركيبها وأيجاد مركزها ، وهي بنوعين هما :

1 - الظرف الثلاثي (العينة الثلاثية) :- يحتوي هذا الظرف ثلاث فكوك تتحرك مجتمعة في آن واحد عند تدوير المسمار الملولب بواسطة مفتاح الربط و يسمى هذا النوع ايضا الظرف ذاتي التمركز(السنترة) . كما في الشكل (7 – 20) . يركب الظرف على عمود الدوران (المحور الرئيس) بواسطة مسامير ربط ، ويستخدم الظرف الثلاثي في ربط وتثبيت الشغلات الدائرية المنتظمة أو السداسية .



الشكل (7 – 20) يوضح الظرف الثلاثي

2 - الظرف الرباعي (العينة الرباعية) :- هذا النوع فيه اربعة فكوك تتحرك منفردة عند تدوير المسمار الملولب بواسطة مفتاح الربط المربع، كما في الشكل (7 – 21) و يستخدم هدا الظرف في ربط وتثبيت المشغولات غير المنتظمة ومراعاة شدة الاهتزازات التي قد تحصل بزيادة وزن المشغولات وأبتعادها عن مركز الدوران للمحور الرئيس ، وبذلك تكون السرعة المستخدمة أقل بكثير عمّا يستخدم في الظرف الثلاثي . ويكون أكبر قطرا وأكثر وزنا من الظرف الثلاثي لنفس الماكنة .

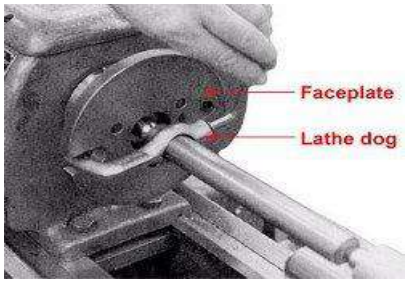


الشكل (7 – 21) يوضح الظرف الرباعي

7 – 7 - ملحقات مكائن الخراطة : تسعى الشركات الصانعة دوما الى حل المشكلات المتعلقة بأستخدام منتجاتها من المخارط ، كما تعمل دوما الى توسيع مجالات إستخدام هذه المنتجات ، لذا فقد طورت العديد من الملحقات التي تؤدي الى تحسين وتطوير عمل هذه الالة ومنها :

1 - العينة الصينية الدوارة Driving Plate

تكون بشكل قرص مسطح وفيها شق جانبي من المحيط وبأتجاه المركز وبمقدار معين يسمح بدخول مسمار القلب الدوار أو الذيل المنحني الذي يستخدم في تدوير الشغلات التي يتم خراطتها بين مركزين (خراطة بين سنترين) ، كما في الشكل (7 –22) .



شكل (7-22) يوضح العينة الصينية الدوارة

2 - العينة المسطحة Face Plate :-

هي قرص مسطح يحتوي على مجموعة من الثقوب والمجاري تستخدم لتثبيت وتدوير الشغلات الكبيرة وغير المنتظمة كذلك تثبت عليها أثقال موازنة الشغلة لمنع أوتقليل الاهتزازات أثناء الدوران . كما في الشكل (7 –23)

شكل (7 –23) يوضح العينة المسطحة

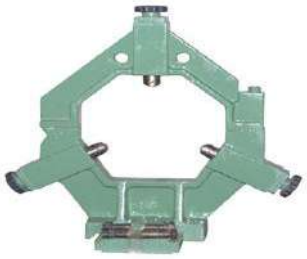
3- طقم الخانقات :-

هي مجموعة من الخوانق تستعمل لربط الشغلات ذات الاقطار الصغيرة والدقه العالية وتبدأ من قياس 1 ملم وحتى50ملم ، يتم تثبيت الخانق في الماسك (الهولدر) الخاص بالمخرطة وتكون نهايته مسلوبة (سلبة مورس) تثبت في مقدمة محور الدوران بعد رفع العينة ، إذ يكون مجوف و في مقدمته سلبة مورس داخلية ، والشكل (7 –24) يوضح الخانقات .

شكل (7-24) يوضح طقم الخانقات

4– الساند الثلاثي :

يثبت على الفرش ويستعمل لاسناد الشغلات الطويلة الدائرية بواسطة ثلاث نقاط أرتكاز كروية الشكل مصنعة من سبيكة البراص موزعة بأنتضام على محيط دائرة ولكل واحدة منها لولب لضبط محور دوران الشغلة (سنتر الشغلة) . وكما في الشكل (7 – 25) .



شكل رقم (7-25) يوضح الساند الثلاثي

5– الساند الثنائي :-

يثبت على العربة وفيه نقطتا أرتكاز تكون مقابلة لمقدمة قلم الخراطة لاسناد الشغلات (الرفيعة الطويلة الدائرية) أثناء خراطتها . كما في الشكل (7 –26)

شكل رقم (7 –26) يوضح الساند الثنائي

7 – 8 ـ أقلام الخراطة : ـ

هي الادوات التي تقوم بفصل المعدن الزائد عن الشعلة في اثناء عملية الخراطة وتسمى أقلام الخراطة وتختلف من حيث أحجامها وأشكلها ومعادنها وقياساتها ، ويعود هذا التنوع في أقلام الخراطة الى تنوع عمليات الخراطة التي تنجزها .

شكل رقم (7 -27) يوضح أحد أقلام الخراطة

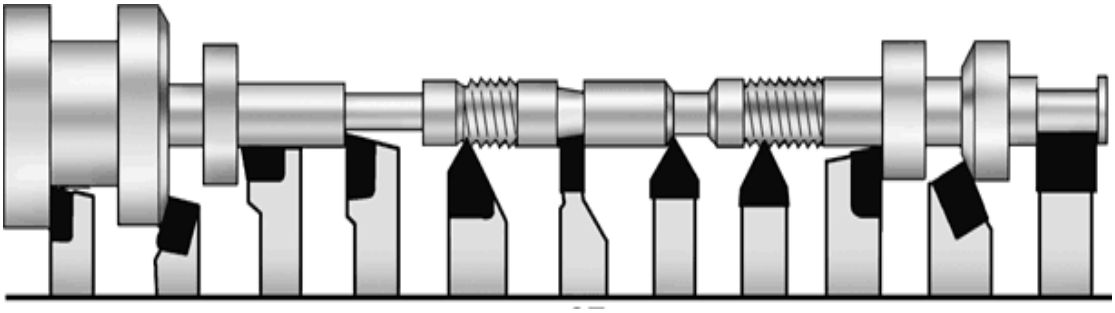
7 – 8 – 1 ـ تصنيف أقلام الخراطة : وتصنف حسب مايأتي : ـ

1 ـ دقة عملية القطع :

أ ـ أقلام تخشين : وتسخدم لإنجاز عمليات القطع الاولية (القطع الخشن) .

ب ـ أقلام التنعيم : تسخدم لإنجاز التنعيم او التشطيب النهائي للمشغولات ، إذ توجد قناة خلف الحد القاطع تسهل من إنسيابية الرايش .

2 – شكل القلم ونوع القطع وأتجاهه : أنظر الشكل (7 –28) .



شكل (7 –28) يوضح أنواع أقلام الخراطة

ويمكنك تمييز الأنواع الآتية من أقلام الخراطة بالنسبه لاتجاه القطع : ـ

أ ـ أقلام قطع يمين :- وهي عندما توضع اليد اليمنى عليها يكون حدها القاطع باتجاه الإبهام

ب ـ أقلام قطع يسار :- وهي عندما توضع اليد اليسرى عليها يكون الحد القاطع باتجاه الإبهام ،

ج ـ الأقلام المستقيمة : ويكون رأس القلم الى الامام ويقطع في الاتجاهين يميناً ويساراً .

د – ألاقلام المنحنية : ويكون رأس القلم مائلاً بزاوية الى اليمين أو اليسار .

3 - تصنيف أقلام الخراطة بحسب نوع عملية القطع :

أن أقلام الخراطة تختلف بحسب عمليات القطع المتنوعة فمنها : -

1 – اقلام الخراطة الخارجية الطويلة

2 - أقلام الخراطة الجبهية

3 – أقلام عمل اللوالب

4 – أقلام عمل المجاري التشكيلية

5 - أقلام الخراطة الداخلية .

4 ـ تصنيف أقلام الخراطة بحسب معدن الحد القاطع :

يصنع الحد القاطع لاقلام الخراطة من عدة معادن تختلف في صلادتها ومنها :

1 ـ فولاذ القطع السريع HSS : - وهو فولاذ سبائكي يحتوي على نسبة عالية من التنكستن تصل 19 بالمئة والكروم والفاناديوم والكوبلت ، ويمتاز هذا النوع بالمقاومة للحرارة والتأكل ، ويستخدم القلم المصنع من هذا النوع لتشغيل الصلب المنخفض والمتوسط الكربون وبعض أنواع الصلب السبائكي .

2 - الكاربيدات : هي سبيكة من كاربيدات الكوبلت والتتانيوم والتنكستن والتنتالم ، وهذه السبيكة ذات قدرة كبيرة على القطع لمقاومتها العالية للحرارة (900 درجة مئوية) ، والتأكل ، و تشكل بشكل صفائح صغيرة تركب بطرق اللحام أو التثبيت الميكانيكي على سيقان من الصلب الكاربوني ، والشكل (7 –29) يوضح أحد أشكال اللقم الكاربيدية مثبتة باللحام .

شكل رقم (7 –29) يوضح أحد أشكال اللقم الكاربيدية مثبتة على نصاب القلم

3 ـ السبائك الخزفية : وهي ذات صلادة عالية ومقاومة عالية للحرارة تصل الى 1200 درجة مئوية ومقاومة عالية للتأكل .ولكنها عالية الهشاشة مما يحد من أستخدامها (تحتاج الى فني ماهر) وتثبت على حوامل خاصة وبأشكال مختلفة وبالطرق الميكانيكية ، تستعمل لخراطة حديد الصب والمعادن غير الحديدية . والشكل (7 – 30) يوضح بعض انواع اللقم الخزفية .

شكل رقم (7 – 30) يوضح بعض اللقم الخزفية

4 ـ الماس : وهو أقوى المعادن في الطبيعة ويستعمل كحد قاطع في بعض أداوت القطع وخاصة التشغيل الدقيق (والنعومة العالية) وهو صلد جدا ومقاوم للتآكل ويكون بشكل قطع صغير ة تربط على سيقان من الصلب الكاربوني بنوع خاص من اللحام .

7 – 8 – 2 ـ زوايا أقلام القطع :-

يشكل الحد القاطع لقلم الخراطة من تلاقي مجوعة من السطوح المائلة بزوايا محددة كما في الشكل (7 – 30) وهذه الزوايا تعرف بما يأتي : -

1 - زاوية الخلوص (ألامامي): وهي الزاوية المحصورة بين السطح الخلفي للقلم وبين الخط الرأسي من نقطة تماس الحد القاطع مع سطح قطعة العمل ،وتفيد هذه الزاوية في تقليل الاحتكاك بين السطح الخلفي وسطح قطعة العمل .

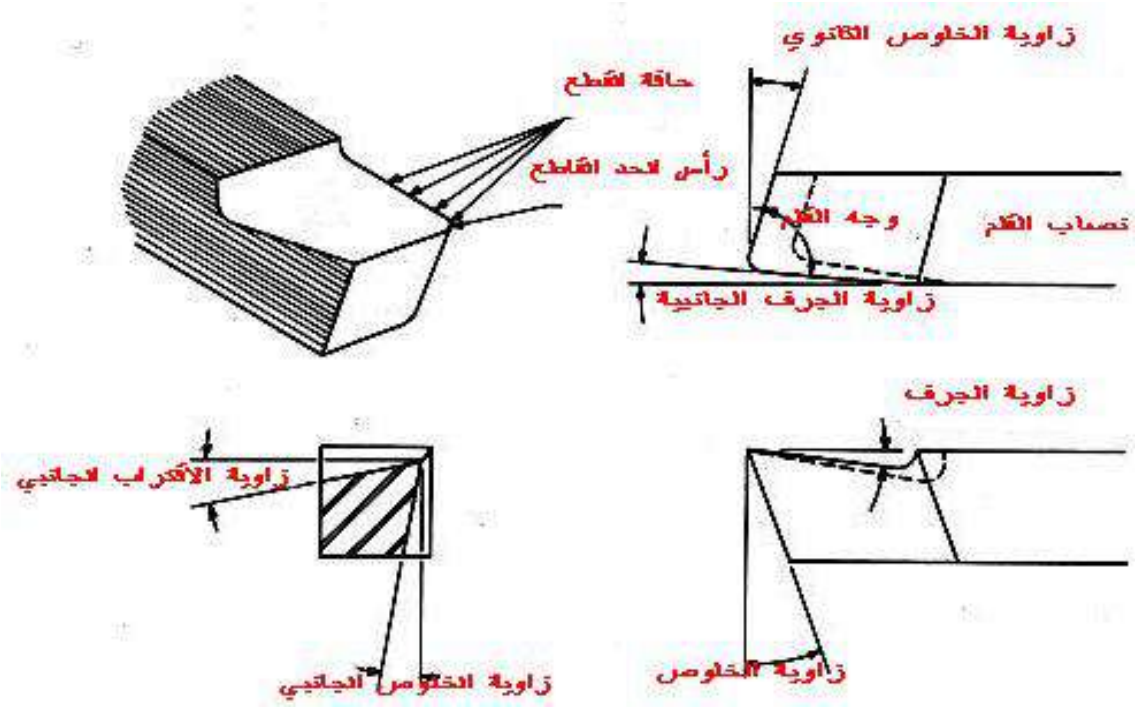
2 - زاوية الخلوص (الجانبي) : - هي الزاوية المحصورة بين السطح الجانبي بأتجاه حركة التغذية والخط الشاقولي في نقطة تلاقي هذا السطح مع الشغلة ، فائدة هذه الزاوية هي تسهل عملية أستمرارية توغل القلم وتقليل الاحتكاك الذي يحصل أثناء حركة التغذية .

3 - زاوية الجرف (الامامي): هي الزاوية المحصورة بين سطح وجه القلم وبين الخط الأفقي المتعامد مع محور دوران الشغلة من نقطة التماس وهذه الزاوية تسهل توغل الحد القاطع في الشغله .

4 - زاوية الجرف (الجانبي): هي الزاوية المحصورة بين سطح وجه القلم والخط الافقي الموازي لمحور دوران الشغلة من نقطة التماس وفائدتها تسهيل أنسيابية الرايش أثناء حركة التغذية .

5 - زاوية الموشور أو ألالة : وهي الزاوية المحصورة بين حد القطع الأساسي وحد القطع الثانوي أوبتعبير أخر هي الزاوية المحصورة بين سطح وجه القلم والسطح الخلفي له .

6 - زاوية القطع : وهي مجموع زاوية الموشور وزاوية الخلوص .



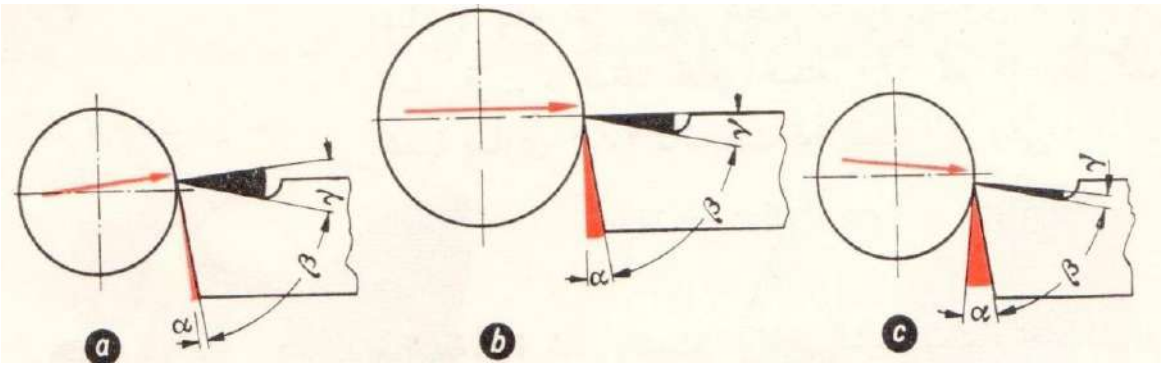
شكل رقم (7- 31) يوضح زوايا القلم

الجدول (7 – 1) يوضح مقدار زوايا القلم حسب المعدن المشغل

ت	معدن الشغلة	زاوية الجرف العلوي	زاوية الخلوص الامامي	زاوية الجرف الجانبي	زاوية الخلوص الجانبي
1	الصلب الطري	15	8	20 – 15	6
2	الصلب المتوسط	8 – 1	8	15 – 12	6
3	الصلب الصلد	5	6	10 – 6	6
4	حديد الصب	8	8	15 – 10	6
5	النحاس الاصفر	1	6	3 – 0	6
6	النحاس الاحمر	25 – 20	15 – 10	30 – 20	5 – 2
7	الالمنيوم	55 – 35	6	2 0– 10	3 – 1

7 – 8 – 3 - ضبط طرف الحد القاطع بالنسبة لمحور قطعة العمل : -

يضبط الحد القاطع بالنسبة لمحور الشغلة ضمن ثلاثة أوضاع كما موضح في الشكل (7 – 32) وحسب القطع المطلوب ، كما يأتي :



شكل رقم (7 - 32) يوضح حالات مستوى الحد القاطع بالنسبة لقطعة العمل

1 - طرف الحد القاطع منطبق على محور الشغلة (قطعة العمل):

وفي هذا الوضع يكون ضغط القطع موازيا لمحورأداة القطع وتكون قيمة كل من زاوية الخلوص وزاية الجرف بحسب قيمتها المعيارية وهذه الحالة هي الاكثراستخداما في الخراطة وخاصة لدى الفنيين غير المحترفين . كما في الشكل (7 – 32 – b) .

2 - طرف الحد القاطع واقع أسفل محور المشغولة :

في هذا الوضع يكون ضغط القطع مؤثراً في أداة القطع ويحاول تنزيلها إلى أسفل مما يؤثر في زيادة احتمال كسر الحد القاطع ويلاحظ كذلك زيادة زاوية الخلوص بالمقارنة مع الوضع السابق ونقصان زاوية الجرف العلوية مما يحتم استخدام عمق قطع صغير ،ويفضل استخدامه في الخراطة النهائية (التنعيم) . كما في الشكل (7 – 32 – c) .

3 - طرف الحد القاطع أعلى من محور المشغولة :

يحاول ضغط القطع هنا رفع أداة القطع إلى أعلى ونلاحظ هنا زيادة الجرف مما يتيح استخدام عمق قطع كبير ، بينما نلاحظ نقصان زاوية الخلوص مما يجعل السطح الناتج عن الخراطة خشنا ، وإرتفاع في درجة حرارة الحد القاطع ويفضل هذا الوضع في خراطة التخشين (الخراطة الأولية) كما في الشكل (7 – 32 – a).

7 – 9 - سرعة القطع

تعرف سرعة القطع بأنها : طول الرايش المقطوع مقدرا بالمتر في وحدة الزمن مقدرة بالدقيقة .

ويمكن حساب سرعة القطع من العلاقة الأتية :

$$\text{سرعة القطع} = \frac{\text{قطر الشغلة} \times \text{النسبة الثابتة} \times \text{عدد الدورات}}{1000} \quad \text{متر / دقيقة}$$

إذ يقاس قطر الشغلة بالملمتر

مثال (7 – 1) : أحسب سرعة القطع لخراطة عمود قطره 30 ملم وعدد دورات العينة 400 دورة / دقيقة .

الحل : سرعة القطع = $\frac{\text{قطر الشغلة} \times \text{النسبة الثابتة} \times \text{عدد الدورات}}{1000}$

$$= \frac{400 \times 3.14 \times 30}{1000} = 37.68 \text{ م / د}$$

وتنظم سرعات القطع بالنسبة للمعادن المختلفة في جداول إرشادية توضع قرب الماكنة أو تثبت عليها ، إذ يتم اختيار سرعة القطع المناسبة ، ثم تحسب سرعة الدوران والتغذية بناء على سرعة القطع ، وكذلك خبرة االفني لها دور مهم في أختيار السرعة المناسبة والجدول (7 – 2) يوضح سرعة القطع لبعض المعادن .

جدول (7 – 2) يوضح سرعة القطع والتغذية لبعض المعادن

ت	معدن الشغلة	سرعة القطع م/ د		التغذية ملم / دورة			
		تخشين	تنعيم	تخشين		تنعيم	
1	صلب طري	25	40	0.3	0.6	0.1	0.3
2	صلب متوسط الكاربون	20	30	0.3	0.4	0.1	0.3
3	صلب عالي الكاربون	15	25	0.2	0.3	0.1	0.2
4	حديد صب طري	25	35	0.4	0.6	0.1	0.3
5	حديد صب متوسط	20	25	0.4	0.6	0.1	0.3
6	حديد صب صلد	15	20	0.4	0.6	0.1	0.3
7	البرونز	30	60	0.4	0.6	0.1	0.3
8	الالمنيوم	75	120	0.4	0.6	0.1	0.3

وتتأثر سرعة القطع بالعوامل الآتية :

1 - معدن السكين :فكلما ازدادت صلادة معدن السكين ومقاومته للحرارة والتآكل زاد مقدار سرعة القطع .

2 - المعدن المقطوع : كلما زادت صلادة المعدن المقطوع انخفضت سرعة القطع .

3 - مساحة مقطع الرايش : كلما زادت مساحة مقطع الرايش التي هي عبارة عن

(عمق القطع ×مقدار التغذية) قلت سرعة القطع

4 - سوائل التبريد : من الممكن زيادة سرعة القطع عند إستعمال سوائل التبريد .

7 – 10 - سرعة الماكنة (عدد دورات العينة لكل دقيقة)

يتم حساب عدد دورت العينة وفق المعادلة الأتية :

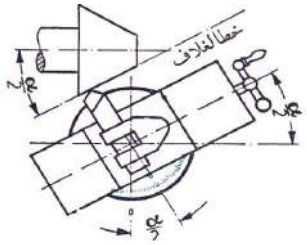
سرعة الماكنة (عدد دورات العينة) = $\frac{\text{سرعة القطع} \times 1000}{\text{قطر الشغلة} \times 3,14}$ دورة / دقيقة

مثال (7 – 2) : إذا كانت سرعة القطع لخراطة شغلة 20 م / دقيقة وكان قطر الشغلة 50 ملم ، إحسب عدد دورات العينة (سرعة الماكنة) .

الحل : عدد الدورات = $\frac{\text{سرعة القطع}\times 1000}{\text{قطر الشغلة}\times 3.14} = \frac{1000\times 20}{3.14\times 50} = 127.3$ د / د ويتم إختيار السرعة المتوفرة في الماكنة المقاربة لهذه السرعة ولتكن 125 أو 130 د/ د .

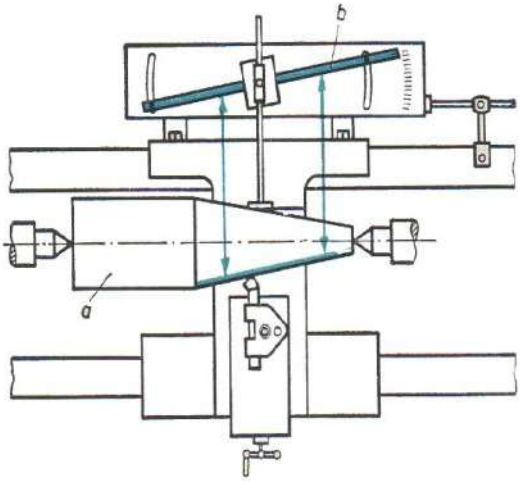
7 – 11 - ألسلبة : هي عبارة عن مخروط كامل أو ناقص ذات قاعدة دائرية . وهي بانواع منها الداخلية والخارجية والطويلة أو القصيرة . ويتم إنتاج السلبات بحسب طولها وكما يأتي : -

1 - السلبات القصيرة : هي التي تنفذ بأمالة الراسمة العليا بزاوية معينة (تساوي زاوية ميل السطح)، وتكون حركة التغذية للقلم يدوية . كما في الشكل (7 – 33) .



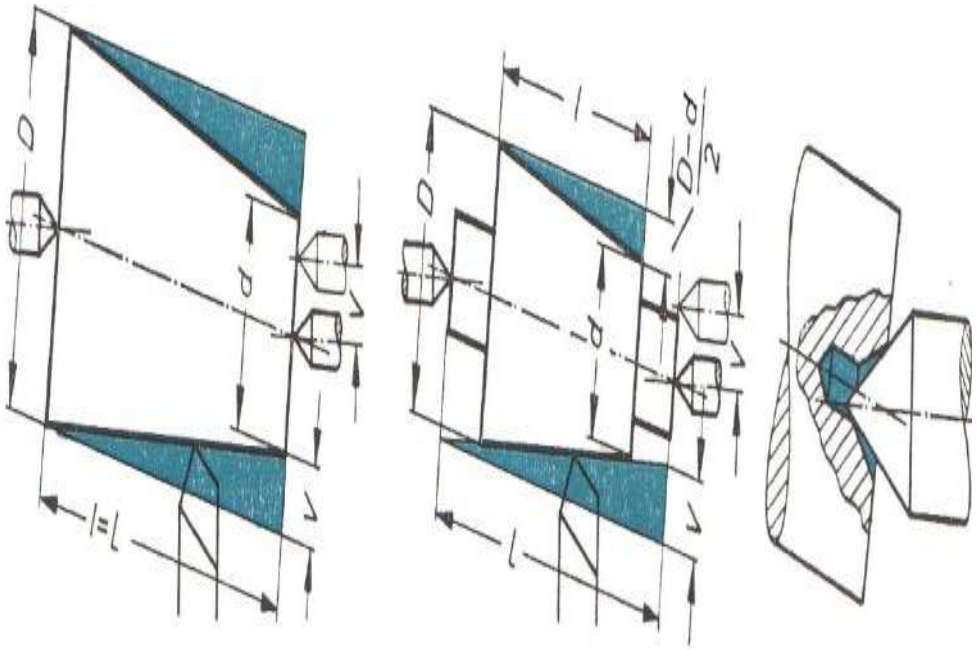
شكل(7 – 33) يوضح عمل السلبة القصيرة

2 – السلبات المتوسطة الطول : وهي التي تنفذ بواسطة جهاز السلبة الملحق لان طولها يزيد بكثير عن طول شوط الراسمة العليا . كما يوضح الشكل (7 - 34) . وتمتاز هذه الطريقة بدقة قياسات السلبة ونعومة سطحها (إستخدام الخراطة الالية) وتستخدم كذلك للسلبات الداخلية .



شكل (7 – 34) يوضح عمل السبة المتوسطة

3- السلبات الطويلة : ويتم إنتاجها من خلال (ترحيل) الغراب المتحرك عموديا على خط محور دوران الشغلة إذ يوجد تدريج (ملمتر) في قاعدة الغراب في الاسفل من الخلف ، وهي للسلبات الخارجية فقط . كما يوضح الشكل 7 – 35) .



شكل (7 - 35) يوضح عمل السلبة الطويلة (D – القطر الكبير ، d – القطر الصغير، l – طول السلبة ، v – مقدار ترحيل الغراب)

$$\text{مقدار الترحيل} = \frac{\text{الطول الكلي للشغلة}}{2} \times \frac{\text{القطر الكبير} - \text{القطر الصغير}}{\text{طول السلبة}} \quad \text{ملمتر}$$

مثال (7 - 3) : - عمود من الالمنيوم طوله 400 ملم يراد عمل سلبة في منتصفه طولها 100 ملم ، قطرها الكبير 50 ملم وقطرها الصغير 45 ملم ، أحسب مقدار ترحيل الغراب .

الحل : -

$$\text{مقدار الترحيل} = \frac{\text{الطول الكلي للشغلة}}{2} \times \frac{\text{القطر الكبير} - \text{القطر الصغير}}{\text{طول السلبة}}$$

$$\text{مقدار الترحيل} = \frac{400}{2} \times \frac{45-50}{100} = 10 \text{ ملم}$$

أسئلة الفصل

1 - عرف مايأتي : المخرطة ، عملية الخراطة ، حركة القطع الاساسية ، حركة عمق القطع ، حركة التغذية ، العمود المرشد .

2 - عدد أنواع المخارط .

3 – عدد أجزاء المخرطة المتوازية ، وما هي الملحقات الاضافية للماكنة .

4 – ما هي مميزات مكائن الخراطة التي تعمل بالحاسوب .

5 – صنف أقلام الخراطة حسب نوع القطع وإتجاهه .

6 – عدد المعادن التي تصنع منها أقلام الخراطة .

7 – ما هي أهمية وضع الحد القاطع للقلم بالنسبة لمحور دوران الشغلة .

8 – ما هي سرعة القطع عند خراطة شغلة قطرها 40 ملم إذا كانت سرعة الماكنة 300 د / د.

9 – إحسب سرعة الماكنة (عدد الدورات) لخراطة شغلة قطرها 20 ملم إذا كانت سرعة القطع 30 متر / دقيقة .

10 – وضح كيف يتم إنتاج السلبات القصيرة .