جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

الصناعي /العُلوم الصناعية

توليد الطاقة الكهربائية ونقلها

الاول

تأليف

د. المهندسة رشا بشار رشيد

أ.د. علـوان محـمـد علـوان

م.م. المهندس مراد شحاذة محمود

المهندسـة اخـلاص مجيد عبد الله

الطبعة الاولى **1447هـ - 2025 م**

المصمم

م.م. وسام موفق محمد صالح

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 الكهربائية الساكنة وكهربائية التيار المستمر ودوائر التوالي والتوازي الكهربائية والمتسعات الكهربائية والمغناطيسية والطاقة المتجددة، يعطيها للطالب مدرس إختصاص الكهرباء.

الباب الثاني (الميكانيك) يتكون من عدد من الفصول تبحث في مجال أدوات القياس والتخطيط ومبدأ عملها، ومعرفة الاحتكاك فوائده ومضاره والتزييت وطرق نقل الحركة والقدرة وماكنة الخراطة أجزاءها وعملها، يعطيها للطالب مدرس إختصاص ميكانيك.

نرجو قد وفقنا الله في إعداد هذا الكتاب

المؤلفون

المفردات

الباب الاول	الكهرباء	
الفصل	الموضوع	رقم الصفحة
الاول	الكهربائية الساكنة	11
1.1	تمهيد	12
2.1	الشحنة الكهربائية	13
3.1	المجال الكهربائي	17
4.1	قانون كولوم	20
5.1	فرق الجهد	21
6.1	أنواع المواد من حيث التوصيل الكهربائي	21
7.1	التطبيقات العملية للكهربائية الساكنة	23
	أسئلة الفصل الاول	24
الثاني	كهربائية التيار المستمر	25
1.2	تمهيد	26
2.2	التيار الكهربائي	26
3.2	مصادر التيار الكهربائي	27
4.2	المقاومة الكهربائية	28
5.2	العوامل المؤثرة في المقاومة	28
6.2	الموصلية	30

7.2	انواع المقاومات	30
8.2	قانون اوم	32
	اسئلة الفصل الثاني	34
الثالث	دوائر التوالي والتوازي الكهربائية	35
1.3	تمهيد	36
2.3	الدائرة الكهربائية	36
3.3	ربط المقاومات	37
4.3	القدرة والطاقة الكهربائية	44
5.3	قانونا كيرتشوف	47
6.3	قانون مجزئ الجهد	51
7.3	قانون مجزئ التيار	52
8.3	ربط الخلايا الكهربائية	53
	اسئلة الفصل الثالث	55
الرابع	المكثفات الكهربائية	58
1.4	تمهيد	59
2.4	المتسعة أو المكثف الكهربائي	59
3.4	السعة	61
4.4	العوامل التي تؤثر في سعة المتسعات	62
5.4	أنواع المتسعات	63

6.4	ربط المتسعات	64
7.4	الطاقة المخزونة في المتسعات	69
8.4	التطبيقات العملية للمتسعات	70
	اسئلة الفصل الرابع	71
الخامس	المغناطيسية	72
1.5	تمهيد	73
2.5	المغناطيس	73
3.5	خصائص المغناطيس	74
4.5	المجال المغناطيسي	75
5.5	الفيض المغناطيسي	76
6.5	كثافة الفيض المغناطيسي	76
7.5	الكهرومغناطيسية	78
8.5	الحث الكهرومغناطيسي	79
9.5	انواع الحث	81
10.5	الملف	85
11.5	الطاقة المخزونة	87
	اسئلة الفصل الخامس	88
السادس	الطاقة المتجددة	89
1.6	تمهيد	90
2.6	الطاقة المتجددة	90

3.6	مميزات الطاقة المتجددة	91
4.6	انواع الطاقة المتجددة	91
5.6	فوائد الطاقة المتجددة	99
	اسئلة الفصل السادس	100
الباب الثاني	الميكانيك	101
الفصل	الموضوع	
الاول	القياس	102
1.1	تمهيد	103
2.1	عملية القياس	103
3.1	نتيجة القياس	104
4.1	قواعد القياس	104
5.1	العناية بأدوات القياس	104
6.1	طرق القياس	105
7.1	أدوات القياس	105
8.1	أنظمة القياس العالمية	117
	اسئلة الفصل الاول	119
الثاني	الاحتكاك والتزييت	120
1.2	تمهيد	121
2.2	ألاحتكاك	122

3.2	الزيوت	126
4.2	خصائص الزيوت	127
5.2	التزييت	127
	اسئلة الفصل الثاني	129
الثالث	نقل الحركة والقدرة	130
1.3	تمهيد	131
2.3	نقل الحركه بالبكرات والأحزمة	131
3.3	أنواع البكرات	132
4.3	طرق ربط البكرات على المحاور	134
5.3	أنواع الأحزمة	134
6.3	سرعة الدوران وحسابها في البكرات	135
7.3	المسننات	137
8.3	صندوق المسننات	139
9.3	حساب السرعة الدورانية للمسننات	141
	اسئلة الفصل الثالث	143
الرابع	الخراطة	144
1.4	تمهيد	145
2.4	عملية الخراطة	145
3.4	حركات القطع	145

4.4	قوى القطع	146
5.4	أنواع المخارط	147
6.4	أجزاء المخرطة المتوازية	151
7.4	ملحقات مكائن الخراطة	156
8.4	أقلام الخراطة	158
9.4	سرعة القطع	162
10.4	سرعة الماكنة (عدد دورات العينة لكل دقيقة)	164
11.4	السلبة	164
	اسئلة الفصل الرابع	167
	المصادر والمراجع	168

الباب الأول

الكهرباء

الفصل الاول

الكهربائية الساكنة

Electrostatic

الاهداف:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على:

1- مفهوم الكهربائية الساكنة وتطبيقاتها.

2- عملية انتقال الشحنات الكهربائية من جسم الى اخر وكيفية استقرارها على السطوح.

3- المجال الكهربائي وانواعه.

4- قانون كولوم.

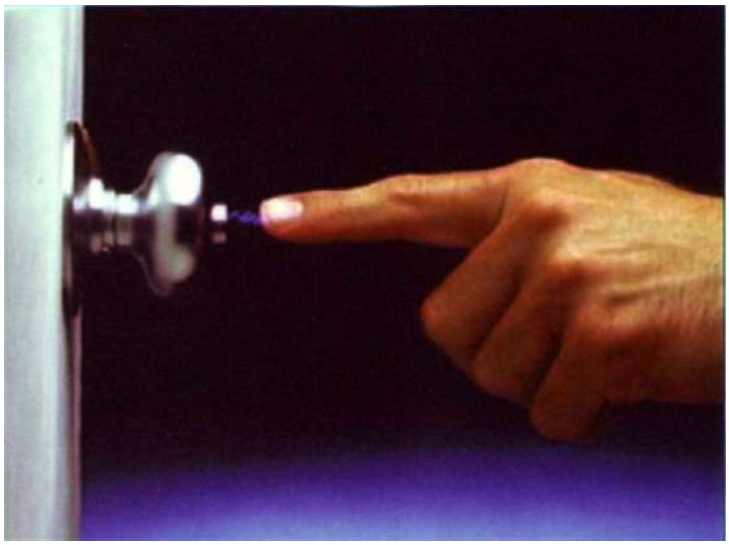
5- انواع المواد من حيث التوصيل الكهربائي.

الفصل الاول

الكهربائية الساكنة Electrostatic

1.1 تمهيـد (Introduction):

إن مفهوم الكهربائية الساكنة 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، وكما موضح في الشكل رقم (1-1).



شكل (1–1) 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.

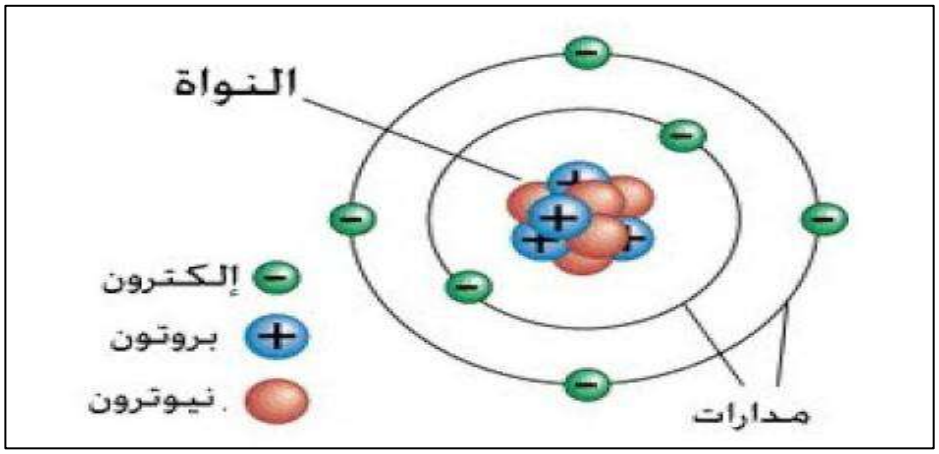
لقد رتب العلماء سلسلة من المواد واتفقوا على ان المادة الموضوعة في جهة اليمين تفقد الكترونات وتصبح موجبة والمادة في جهة اليسار تكتسب الكترونات وتصبح سالبة والسلسلة كما موضح في جدول رقم (1-1).

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

جدول (1–1) تسلسل أكتساب المواد للالكترونات

1 . 2 الشحنة الكهربائية (Electric Charge):

تتكون المواد جميعها من جزيئات صغيرة التي تكون نسيج المادة وكل جزيئ يتكون من ذرات مترابطة فيما بينها بحسب نوع الآصرة وكل ذرة التي تعتبر أصغر وحدة بنائية للمادة من الكترونات ذات شحنة سالبة تدور في مجالات مختلفة البعد عن نواة الذرة التي تكون في المركز، حيث النواة تتكون من بروتونات موجبة الشحنة ونيوترونات ذات شحنة متعادلة، وكما موضح في شكل رقم (1-2).



شكل (1 - 2) النواة ودوران الالكترونات حول النواة

تكون الذرة التي لا تتعرض الى اي عوامل خارجية متعادلة كهربائياً وهذا يعني ان عدد الالكترونات مساوي الى عدد البروتونات، وفي حالة تعرضها الى عوامل خارجية مما يسبب بفقدانها الكترون عندها تكون عدد البروتونات أكبر من عدد الالكترونات وبالتالي تكون الذرة في هذه الحالة آيون موجب، اما إذا اكتسبت الكترون عندها يكون عدد الالكترونات أكثر من عدد البروتونات وبالتالي تكون الذرة آيون سالب. عادة تدور الالكترونات بمسارات عشوائية ويحتوي كل مسار على عدد محدد من الالكترونات وتكون المسارات على مستويات مختلفة من الطاقة بحيث ان الالكترونات الاقرب الى نواة الذرة يكون ارتباطها اقوى والابعد يكون الاضعف.

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 .ان الالكترونات الموجودة في كل ذرة تمتلك شحنة (سالبة) مساوية لشحنة البروتون (موجبة) ومعاكسة له وتقدر ($-1.6x10^{-19}$ C) لكنها تختلف في كتلتها عن البروتون ، حيث تقدر كتلة الالكترون ($9.11x10^{-31}$ kg) اما كتلة البروتون والنيوترون تكون متساوية وتقدر ($1.67x10^{-27}$ kg). هنالك مواد تحتفظ بالشحنة الكهربائية بدون الحاجة الى تواصل بين ذراتها لاستقرارها وتسمى آيونات احادية القطبية مثل المغانط .

إذن يمكن تعريف الشحنة الكهربائية بانها كمية الالكترونات ذات الشحنة السالبة وتقاس بوحدة الكولوم.

حيث أن: 1 كولوم = $6.25\ x10^{18}$ إلكترون

اما الكولوم فأنه يعرف بكمية الشحنات التي تمر خلال مقطع عرضي لموصل كهرباء يحمل تيار مقداره امبير واحد خلال مدة ثانية واحدة.

ان مقدار الشحنة الكلية للمادة يمكن حسابه من خلال عدد الالكترونات الموجودة فيها مضروب بمقدار الشحنة للالكترون الواحد كما في المعادلة التالية:

$$q = N\,e \quad (C) \qquad \ldots\ldots (1\text{-}1)$$

حيث أن:

q: الشحنة الكلية للمادة (C كولوم)

N: عدد الالكترونات (الكترون)

e: شحنة الالكترون الواحد وتساوي ($-1.6x10^{-19}$ C)

ويمكن حساب مقدار عدد الالكترونات للمادة من خلال القانون التالي:

$$N = \frac{m}{me} \qquad \ldots\ldots\ldots (2\text{-}1)$$

N: عدد الالكترونات للمادة

m: كتلة المادة (kg كيلو غرام)

me: كتلة الالكترون الواحد وتساوي ($9.11x10^{-31}$ kg)

مثال (1-1):

ما الشحنة الكلية لألكترونات كتلتها (20 kg) ؟

الحل:

$$N = \frac{m}{me} = \frac{20\ kg}{9.11x10-31\ kg}$$

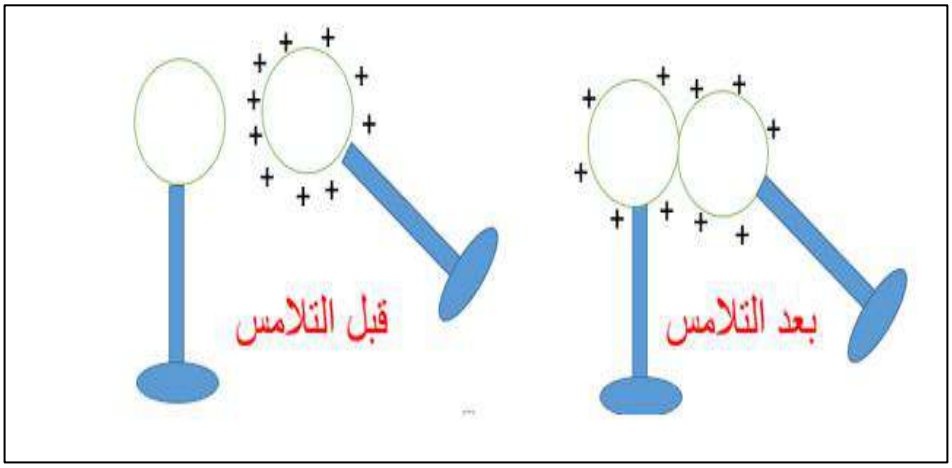
$$= 2.195 \times 10^{31}$$

$$q = N\ e = (2.195 \times 10^{31})\ (-1.6x10\text{-}^{19}) = -3.9\ x10^{12}\ C$$

1.1. 2 طرائق عملية الشحن (Charging Process Methods):

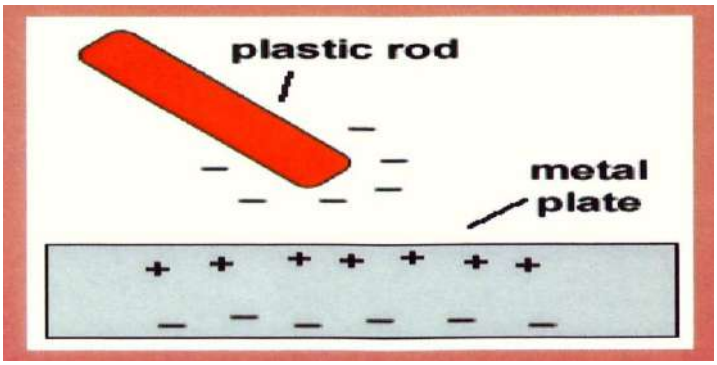
ان عملية الشحن الكهربائي تعني عملية انتقال الالكترونات بين مادتين فمثلاً عملية شحن بطارية السيارة يعني ضخ الشحنات اليها حيث تقوم البطارية بخزن الشحنات لاستخدام لاحق، كما ان تفريغ شحنة البطارية يعني استخدام الشحنات المخزونة فيها لغرض محدد. أن طرائق انتقال الالكترونات من جسم إلى آخر (التكهرب) يمكن ان يتم على ثلاث طرائق هي:

1- الشحن بالتوصيل (التلامس) (Conduction): ان عملية الشحن بالتوصيل تكون مناسبة لشحن المعادن والموصلات، عند تماس جسم مشحون مع موصل فأن شحنات الجسم ستنتقل الى الموصل وتجعل شحنة الموصل نفسها شحنة الجسم المشحون، وكما موضح في الشكل (1-3).



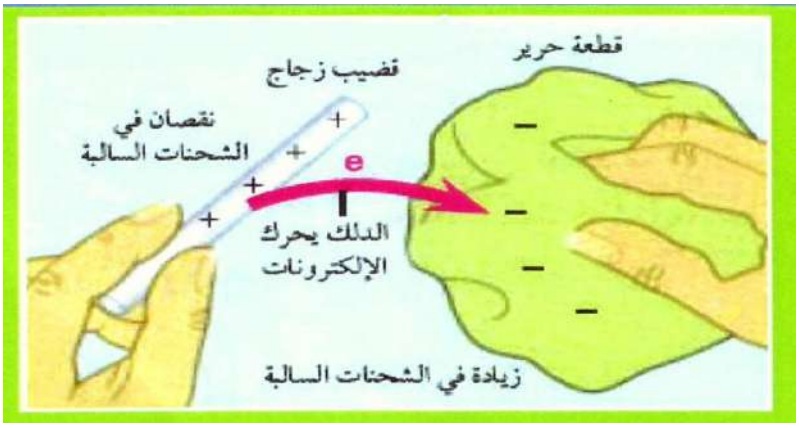
شكل (1-3) عملية الشحن بالتوصيل

2- الشحن بالحث (Induction): عند تقريب جسمين من بعضهما أحدهما مشحون وآخرغير مشحون، وكما موضح في الشكل رقم (1-4)، حيث نلاحظ تجمع الشحنة المخالفة لشحنة الجسم المشحون بالجهة القريبة من الجسم غير المشحون وابتعاد الشحنة المشابهة لها إلى الطرف الآخر البعيد.



شكل (1–4) انتقال الشحنات بالحث

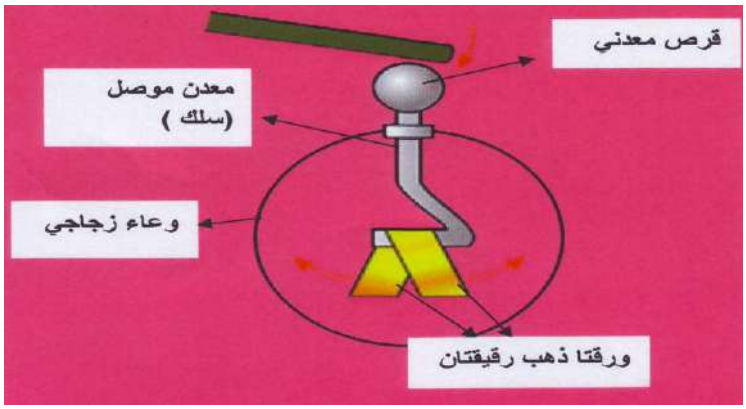
3- الشحن بالأحتكاك (الدلك) (Friction): ان عملية الشحن بالاحتكاك مناسبة جداً للعوازل إذ تنتقل الشحنات من جسم إلى آخر بعملية دلكهما وكلما كان الدلك أكثر كان انتقال الشحنات أكبر وعدد الالكترونات التي يفقدها أحد الجسمين يساوي تماما عدد الالكترونات التي يكتسبها الجسم الآخر، لذلك تكون شحنتاها متساويتين في المقدار، مختلفتين في النوع، مثل دلك ساق من الزجاج بالحرير فتنتقل الشحنة من الزجاج إلى الحرير ويكون الزجاج مشحوناً بشحنة سالبة كما في موضح في الشكل رقم (1-5).



شكل (1–5) انتقال الشحنات بالدلك

1.2. 2 قياس الشحنة الكهربائية (Measurement of Electric Charge):

يمكن قياس الشحنة الكهربائية أو الكشف عن وجودها وذلك باستخدام الكشاف الكهربائي ذو الورقتين الذهبيتين وكذلك يمكن الاستدلال عن وجود فرق جهد كهربائي كما موضح في الشكل رقم (1-6)، وحديثا يمكن اعتبار الالكترومتر الالكتروني قد حلَ محله.



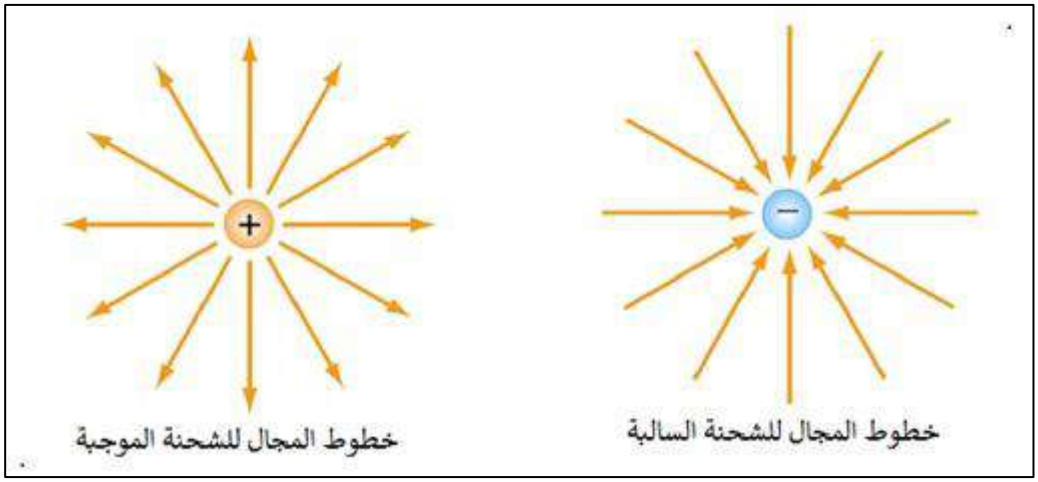
شكل (1–6) الكشاف الكهربائي

يستخدم الكشاف الكهربائي في الكشف عن وجود الشحنة السالبة والموجبة على جسم ما بالاضافة الى تحديد نوع الشحنة التي يحملها جسم مشحون.

1. 3 المجال الكهربائي (Electrical Field):

يعرف المجال الكهربائي على انه القوة الكهربائية التي تؤثر على وحدة الشحنات المختلفة الموجبة والسالبة ويرمز له بالرمز (E). يستخدم مفهوم المجال الكهربائي للاستدلال على تأثير الشحنة في المجال الذي يحيطها، أي أن كل مادة مشحونة يتولد حولها مجال كهربائي يؤثر في الفضاء المحيط بها ويغيره، وعند وجود شحنات كهربائية اخرى في ضمن هذا المجال فأنها ستشعر بهذا التغير غير الاعتيادي، ويعبر عن هذا الشعور من خلال قوة كهربائية مؤثرة (F).

يمثل المجال الكهربائي عادة بخطوط كهربائية على شكل أسهم وتكون هذه الاسهم خارجة من الشحنة الموجبة وداخلة في الشحنة السالبة، وكما موضح في الشكل (1-7).



شكل (1–7) اتجاه خطوط القوى الكهربائية

اما كثافة هذه الخطوط تسمى شدة المجال الكهربائي وتحسب (E) كما في المعادلة التالية:

$$E = \frac{F}{q} \quad (N/C) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3\text{-}1)$$

مثال (1-2):

شحنة كهربائية نقطية مقدارها (10 nC) موضوعة في مجال كهربائي وكانت القوة الكهربائية المؤثرة على تلك الشحنة (50×10^{-8} N) أحسب المجال الكهربائي في تلك النقطة؟

الحل:

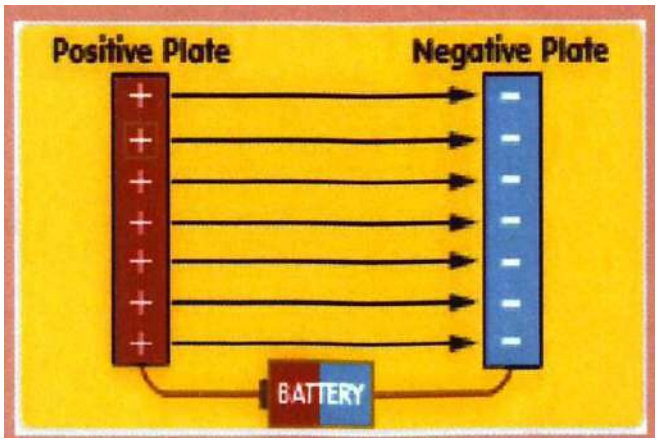
$$E = \frac{F}{q} = \frac{50 \times 10-8}{10 \times 10-9}$$

$$E = 5 \times 10^{1} = 50 \text{ N/C}$$

1.1. 3 أنواع المجال الكهربائي:

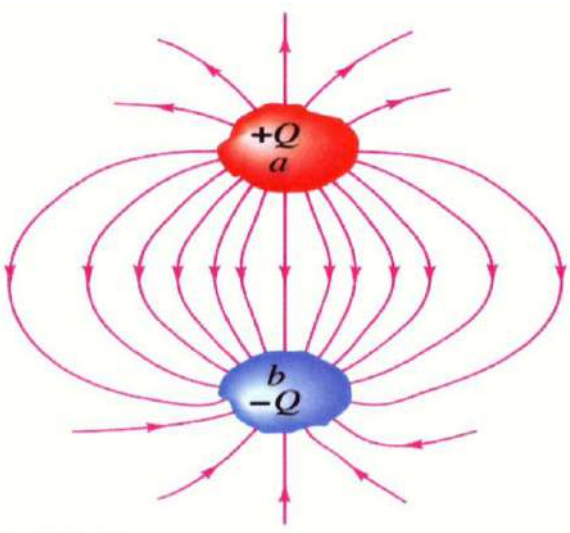
هنالك نوعان من المجال الكهربائي وهما:

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 ، وكما موضح في الشكل رقم (1-8).



شكل (1–8) المجال الكهربائي المنتظم

ثانيا: المجال الكهربائي غير المنتظم:- وهو المجال الذي تتغير شدته واتجاهه بين نقطة أخرى كما هو الحال في الشحنات المفردة، وكما موضح في الشكل رقم (1-9) فان خطوط المجال غير المنتظم تتباعد عن بعضها كلما ابتعدنا عن الشحنة.



شكل (1–9) خطوط المجال الكهربائي غير المنتظم

1.2. 3 خصائص خطوط المجال الكهربائي:

1- خطوط المجال تبتعد عن الشحنة الموجبة، وكما موضح في الشكل (1-10 أ) وتتجه منها وتنتهي نحـــو الشحنات السالبة كما في الشكل (1-10 ب).

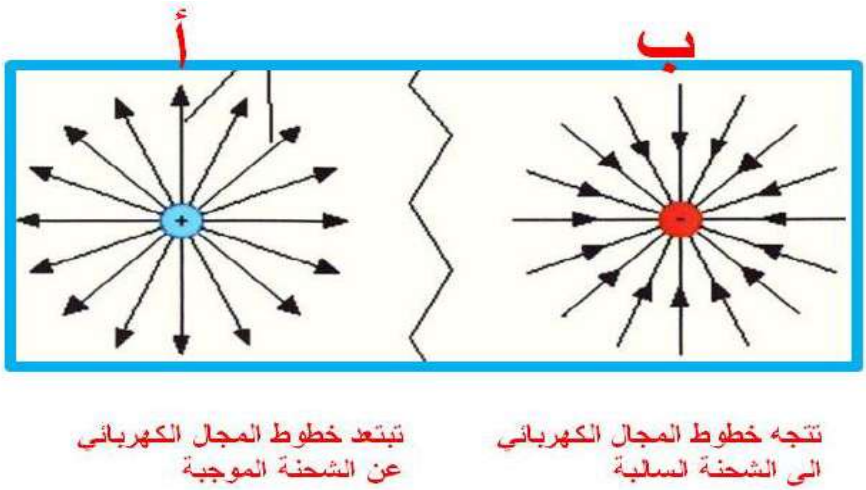
2- تتباعد خطوط المجال لشحنة مفردة كلما ابتعدنا عن الشحنة أي أن كثافتها تقل مـــــع زيادة بعدها عن الشحنة.

3- تتناسب شدة المجال الكهربائي طرديـــــاً 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.

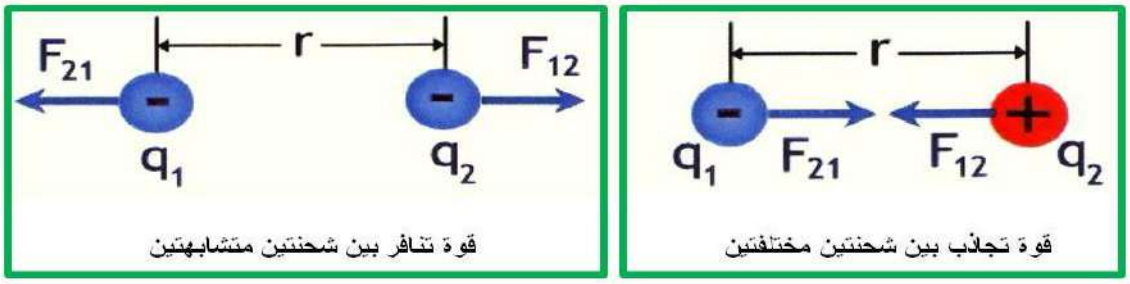
6- يتناسب عدد الخطوط الخارجة من الشحنــة الموجبة أو الداخلة في الشحنة السالبة وتتناسب طرديا مع مقدار الشحنة.



شكل (1 – 10) اتجاه خطوط المجال الكهربائي

4.1 قانون كولوم (Coulomb's Law):

عند تقريب الشحنات من بعضها فان مجالاً كهربائياً سيتكون بين الشحنات مسبباً قوة وهذه القوة اما تكون قوة جذب اذا كانت الشحنات مختلفة بالشحنة (موجبة وسالبة) او قوة تنافر اذا كانت متشابه بالشحنة (موجبة مع موجبة او سالبة مع سالبة) ويرمز لهذ القوة بالرمز (F) وتقاس بوحدة النيوتن، وكما موضح في الشكل (1-11) .



شكل (1–11) خط القوة بين شحنتين

ينص قانون كولوم على ان القوة المؤثرة بين الشحنات الكهربائية تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الشحنات وعكسياً مع مربع البعد (المسافة) بينهما ويعبر عنها كما يلي:

$$F = K \frac{q_1 \ q_2}{d^2} \quad (N) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1–4)$$

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 (1-3):

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

الحل:

$$F = K \frac{q_1 \ q_2}{d^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 3}{(\ 6 \times 10^{-2}\ )^2} = 1.5 \times 10^{13} \ N$$

مثال (1-4):

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

الحل:

$$F= K \frac{q_1\ \ q_2}{d^2}$$

$$d^2 = K \frac{q_1\ \ q_2}{F} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}}{27 \times 10^{-3}} = 4 \longrightarrow d= 2\ m$$

1. 5 فرق الجهد (Potential Difference):

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 ووحدته فولت (v).

1. 6 أنواع المواد من حيث التوصيل الكهربائي (Types of Materials in Terms of Electrical Conductivity):

ان قوة الجذب بين الالكترونات والبروتونات داخل الذرة بحسب قانون كولوم تحدد مقدار تمسك الذرة بالالكترونات حيث ان مدار الالكترونات الاقرب لنواة الذرة يكون اقوى جذب بينما المدار الابعد يكون أضعف جذب وعليه فان المواد تختلف بدرجة توصيلها بحسب مقدار انتقال الالكترونات بين الذرات، لذلك تقسم المواد بحسب توصيليتها للتيار الكهربائي الى:

1- المواد الموصلة (Conductors):

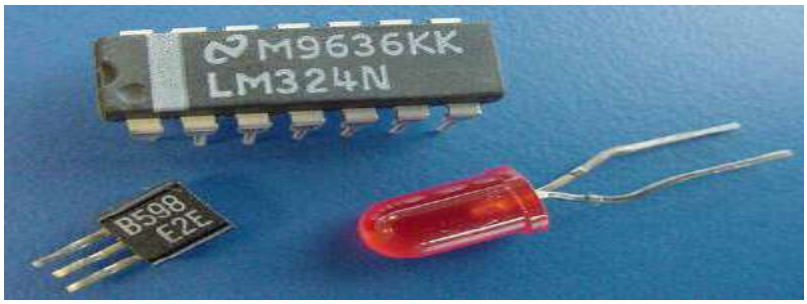
وهي المواد التي يكون ارتباط الكترونات ذراتها بالنواة ضعيف جداً بحيث عند تسليط طاقة عليها فمن السهولة انتقال الكتروناتها بين الذرات ومنها المعادن مثل النحاس والفضة والالمنيوم، وكما موضح في الجدول (1-2).

المعدن	التوصيلية النسبية %
الفضة	105
النحاس	100
الذهب	70.5
الألمنيوم	61
النيكل	22.1
الحديد	14

جدول (1–2) توصيلة المعادن

2- المواد شبه الموصلة (Semi Conducers):

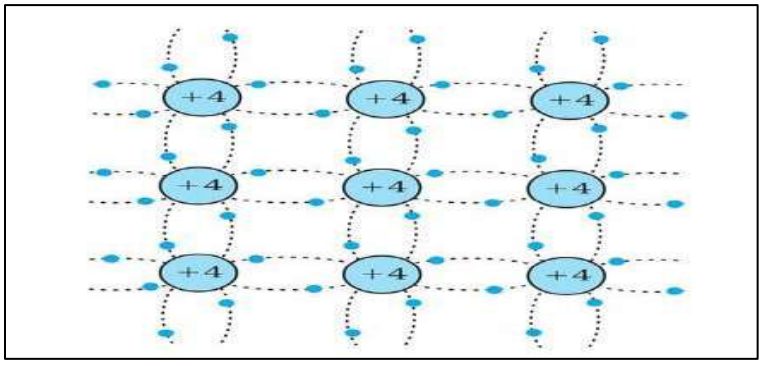
هي مجموعة من المواد الصلبة البلورية (سليكون او جيرمانيوم)، التي تمتلك قدرة متوسطة على توصيل الكهرباء، بحيث لا توصل الكهرباء بكفاءة المواد الموصلة لكنّها ليست أيضًا من المواد العازلة وتمتاز أشباه الموصلات بكفاءتها في مجال الطاقة، وبانخفاض أسعارها لذلك فهي تستخدم على نطاق واسع في مجال صناعة الأجهزة الإلكترونية، فهي المادة الأساسية المكونة للترانزستور والثنائيات وغيرها كما موضح في الشكل (12-1).



شكل (1–12) أشباه الموصلات

ولزيادة مدى كفاءة اشباه الموصلات تدخل عملية تصنيعية تسمى التشويب (التطعيم). تمتاز اشباه الموصلات بأن لها نظامين للتوصيل عن طريق الالكترونات والفجوات حيث تمثل الالكترونات الشحنات السالبة والفجوات الشحنات الموجبة. تعتبر الفجوات هو مكان الالكترون الفارغ (شحنته موجبة) بعد تركه لموقعه تتحول الذرة الى آيون موجب اما الذرات التي تكتسب الالكترونات الى آيون سالب.

أن الجرمانيوم والسيليكون من العناصر التي تنتمي إلى المجموعة الرابعة الأساسية في الجدول الدوري، لذلك فهما من العناصر التي تكافؤها رباعي أي أن مستوى الطاقة الأخير (الخارجي) لذراتها يحتوي على أربعة إلكترونات. فعندما تنتظم ذرات الجرمانيوم أو السيليكون لتكوين بلورته فإن كل ذرة من ذراته ترتبط مع أربع ذرات مجاورة بروابط تساهمية، بحيث تصبح كل ذرة محاطة بثمانية إلكترونات، وكما موضح في الشكل رقم (13-1).



شكل (1–13) الاواصر التساهمية لذرات اشباه الموصلات

3- العوازل (Insulators):

وهي المواد التي يكون ارتباط الكترونات بالنواة قوياً جداً ولا يسمح بحرية حركتها، ولا تسمح بمرور التيار الكهربائي خلالها مثل الزجاج والمطاط والرخام والشمع والمايكا وتستعمل في تغليف الاسلاك وعزل الملفات في المحركات والمحولات وغالباً تكون المواد العازلة لا معدنية كما موضح في الشكل (1-14).

شكل (1–14) العوازل المستعملة مع الأسلاك الكهربائية

1. 7 التطبيقات العملية للكهربائية الساكنة (Practical Applications of Static Electricity):

تستثمر الكهربائية الساكنة في عدة تطبيقات مثل جهاز المرذاذ المستخدم في صبغ السيارات واجهزة الاستنساخ واجهزة الترسيب التي تستعمل في معامل صناعة الأسمنت للتقليل من التلوث البيئي وكذلك في تثبيت مواد التجميل والعدسات الاصقة.

اسئلة الفصل الاول

س1/ ماذا تعني الكهربائية الساكنة؟

س2/ اذكر تطبيقات الكهربائية الساكنة في حياتنا العملية؟

س3/ ما المقصود بالشحنة الكهربائية؟

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

س5/ ما فائدة الكشاف الكهربائي؟ واين يستخدم؟

س6/ ما المجال الكهربائي؟ وما خواصه؟

س7/ ما هي انواع المجال الكهربائي عددها مع الشرح؟

س8/ اذكر نص قانون كولوم؟

س9/ ما هي أنواع المواد من حيث التوصيل الكهربائي عددها مع الشرح؟

س10/ شحنة كهربائية نقطية مقدارها (3) مايكروكولوم موضوعة في مجال كهربائي وكان مقدار المجال الكهربائي في تلك النقطة (4×10^{6}) نيوتن/كولوم احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة على تلك الشحنة؟

(ج: نيوتن F= 12)

س11/ شحنتان البعد بينهما (20) سم ومقدار الشحنة الأولى (5) مايكروكولوم نشأت قوة بينهما مقدارها (18×10^{-3}) نيوتن فما مقدار الشحنة الثانية؟

(ج: كولوم $q_2 = 16 \times 10^{-9}$)

الفصل الثاني

كهربائية التيار المستمر

Direct Current Electricity

الاهداف:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على:

1- التيار الكهربائي وانواعه ومصادره.

2- المقاومة الكهربائية وانواعها.

3- العوامل المؤثرة على المقاومة.

4- الالمام بقانون اوم وكيفية تطبيقه.

الفصل الثاني

كهربائية التيار المستمر Direct Current Electricity

1 .2 تمهيـد (Introduction):

يتكون التيار الكهربائي نتيجة للحركة المنتظمة للشحنات الكهربائية وفي اغلب الاحيان تكون الالكترونات هي التي تسبب حركة التيار الكهربائي، أي انها عبارة عن حامل التيار، ونادراً ما تقوم الايونات الموجبة بهذا الدور.

يعرف التيار انه حركة موجهة للشحنات الكهربائية ويتولد بفعل تأثير قوة خارجية (الفولتية او فرق الجهد) تؤدي لتكوين مجال الكهربائي يجبر الشحنات الموجبة على التحرك في اتجاه تأثير قوى المجال الكهربائي والشحنات السالبة (الالكترونات) بالتحرك في الاتجاه المعاكس لذلك. اتجاه التيار التقليدي هو اتجاه حركة الشحنات الموجبة اي انه في الدائرة الخارجية يبتعد عن النهاية الموجبة ويتجه نحو النهاية السالبة للبطارية وهذا عكس الاتجاه في النظريات الحديثة، كما ان سريان التيار الكهربائي في الموصلات الصلبة يكون نتيجة حركة الالكترونات بينما في المحاليل والغازات فأن الايونات هي التي تحمل التيار الكهربائي، ولايمكن ملاحظة حركة التيار الكهربائي مباشرة وأنما يتم ذلك عن طريق عدة ظواهر ملازمة اياه كالضوء والصوت والحرارة وغير ذلك.

2 .2 التيار الكهربائي (Electrical current):

مجموعة من الالكترونات المتحركة تسري داخل جسم موصل وهو من الكميات الكهربائية الأساسية ويرمز له بالرمز(I) ويقاس التيار الكهربائي بوحدة قياس تسمى بالأمبير (Ampere) ويرمز لها بالحرف (A). والامبير هو مرور كولوم واحد عبر المقطع العرضي للموصل خلال مدة ثانية واحدة أي ان:

$$\mathbf{I = \frac{q\Delta}{t\Delta}} \qquad \mathbf{(C/S)} \quad \text{.....(1.2)}$$

$$A = \frac{\text{COULOMB}}{\text{SECOND}} = \frac{C}{S} = \frac{\text{كولوم}}{\text{ثانية}}$$

إذ إن:

Δq: التغير في الشحنات الكهربائية (Ø) كولوم

Δt: التغير في الزمن ثانية (S)

ولكي 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.

مثال (2-1):

ما مقدار التيار الكهربائي الذي يمر في موصل عند عبور شحنة مقدارها (30) كولوم خلال خمس ثوان؟

الحل: -

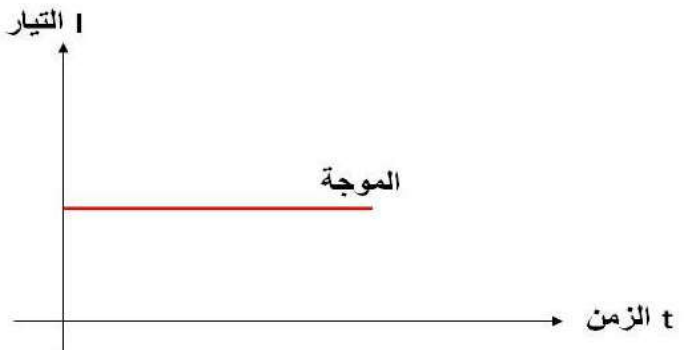
$$I = \frac{q\Delta}{t\Delta} = \frac{30}{5} = 6\ (A)$$

2. 3 مصادر التيار الكهربائي (Supplies of Electrical current):

تقسم مصادر التيار الكهربائي الى نوعين:

اولا- التيار المستمر Direct Current (DC) :

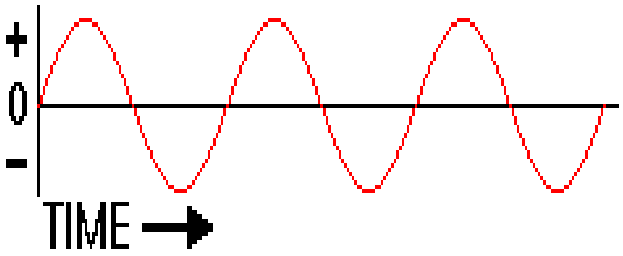
يمثل تدفقاً ثابتاً للالكترونات من نقطة ذات جهد عالٍ إلى أخرى ذات جهد واطئ، والتيار المستمر هو مصدر كهربائي عادة ثابت القيمة والاتجاه مع مرور الزمن. يمكن الحصول على مصدر للتيار الكهربائي المستمر من خلال البطاريات ومولدات التيار المستمر والمبدلات الالكترونية، وقد استخدم التيار الكهربائي لأول مرة في تجهيز الطاقة الكهربائية للمستهلكين في أواخر القرن التاسع عشر، وكما موضح في الشكل (2-1).



شكل (2-1) موجة التيار الكهربائي المستمر

ثانيا - 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. يمكن الحصول على مصدر كهربائي متناوب عن طريق المولدات الكهربائية التزامنية والحثية، وكما موضح في الشكل (2-2).



شكل (2-2) موجة التيار الكهربائي المتناوب

2 .4 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. تسبب المقاومة الكهربائية بنقل جزء من الطاقة الكهربائية المنقولة خلالها وكلما كانت المقاومة قليلة والتيار عالياً يكون فقدان الطاقة كبيراً.

2 .5 العوامل المؤثرة في المقاومة (Factors Affecting Resistance)

هنالك عدة عوامل تؤثر على مقاومة الاسلاك هي:

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:

$$R = \frac{PL}{A} \quad (\Omega) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2\text{-}2)$$

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)

والجدول (1-2) 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

جدول (2-1) المقاومة النوعية لبعض الموصلات فى درجة 20ْم

مثال (2-2):

موصل من النحاس مساحة مقطعه (0.004) m^2 جد مقاومته، إذا كانت مقاومتـــــه النوعيـــة ($1.72\ X\ 10^{-8}$) (Ω-m) وطول السلك (4) m؟

الحل:

$$R = \frac{PL}{A} = \frac{1.72\ X\ 10^{-8}\ X\ 4}{0.004} = 1.72\ X\ 10^{-5}\ \Omega$$

مثال (2-3):

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

الحل:

$$A = \pi r^2$$

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

$$A = 12.56\ \ cm^2$$

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

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

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

6. 2 الموصلية (Conductance):

هي مقلوب المقاومة وتعنى انه كلما ازدادت موصلية السلك (الموصل) قلّت المقاومة ويرمز لها بالحرف (G) وتقاس بالسيمنس (أمبير لكل فولت) أو (Ω^{-1}).

$$G = \frac{1}{R} \qquad \text{..... (3-2)}$$

حيث ان:
R: المقاومة بالاوم (Ω)

G: الموصلية (مقلوب الاوم)

مثال (2-4):

موصل من النحاس مساحة مقطعه (0.005) m^2 جد مقدار التوصيلية، إذا كان طول السلك (5) m ومقاومتـــــه النوعيـــة ($1.72 \text{ X } 10^{-8}$) (Ω.m)؟

الحل:

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

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{1.72 \text{ X } 10-5} = 58139.53 \ ^{1-}\Omega$$

7. 2 أنواع المقاومات (Types of Resistances):

هنالك أنواع عديدة من المقاومات ومن 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 قيمة هذه المقاومات بتغير درجة الحرارة إذ تقل قيمتها عند زيادة درجة الحرارة وتزداد عند تقليل درجة الحرارة.

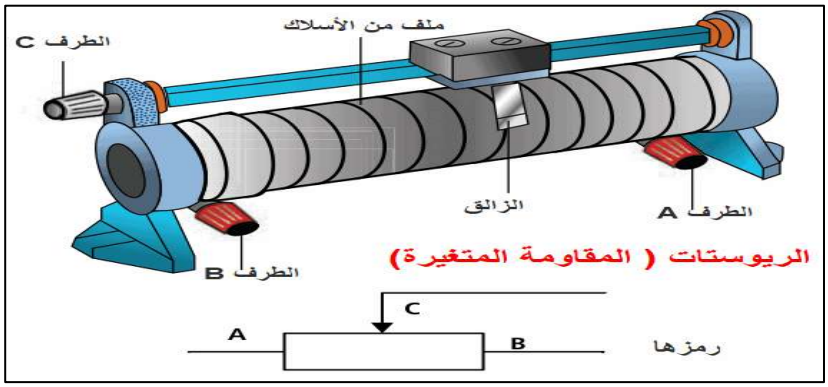
جـ- المقاومات التى تعتمد على الجهد Voltage Dependant Resistance: تقل قيمة هذه المقاومات بزيادة الجهد ويرمز لها (VDR)

د- المقاومات الخطية Linear Resistances وتشمل:

1 - مقاومات السلك الملفوف.

2- المقاومات المتغيرة (Variable resistances): وهي المقاومات التي يمكن تغيير قيمتها ومن اهم انواعها هي:

- المقاومة ذات الذراع المنزلق (Rheostat): تتكون من سلك معدني يلف على أسطوانة خزفية ينزلق عليه ذراع متحرك وتوجد ثلاث نهايات اثنان في بداية ونهاية السلك (مقاومة ثابتة) والثالثة تكون على الذراع المتحرك (مقاومة متحركة)، وكما موضح في الشكل (2-3) .

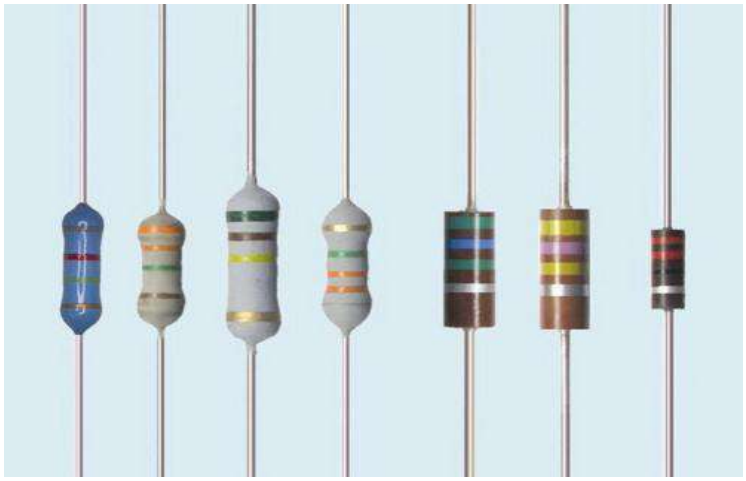


شكل (2- 3) مقاومات كاربونية

- صندوق المقاومات (Resistors Box): وهي عبارة عن صندوق يحوي على مقاومات سلكية مجزئة الى عدد من الاجزاء التي تؤخذ نهاياتها الى غطاء الصندوق حيث تربط الى قرص اختيار (Selector) يمكن بواسطته اختيار مقدار المقاومة كما موضح في الشكل (2-4).

شكل (2- 4) صندوق المقاومات

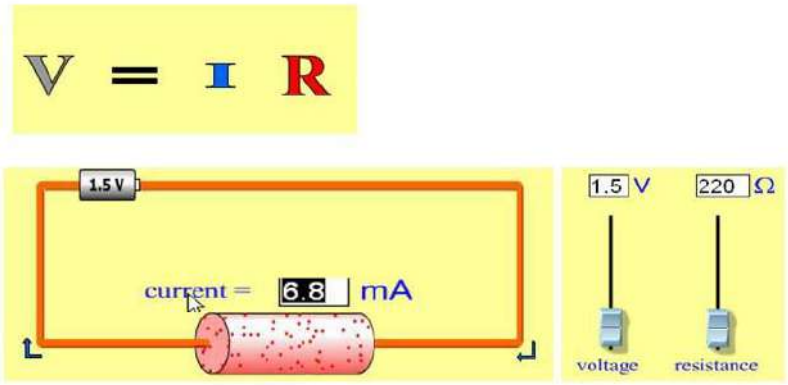
هـ- المقاومات الكربونية: تُعد شائعة الاستعمال وتصنع بقيم مختلفة إذ يمكن معرفة قيمة كل منهما عن طريق الألوان المثبتة عليها او بواسطة جهاز الاوميتر، وكما موضح في الشكل (2-5) .



شكل (2-5) مقاومات كاربونية

8. 2 قانون اوم (Ohm's Law):

اثبت العالم الالماني جورج أوم عام (1827) م 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، وكما موضح في الشكل (2-6).

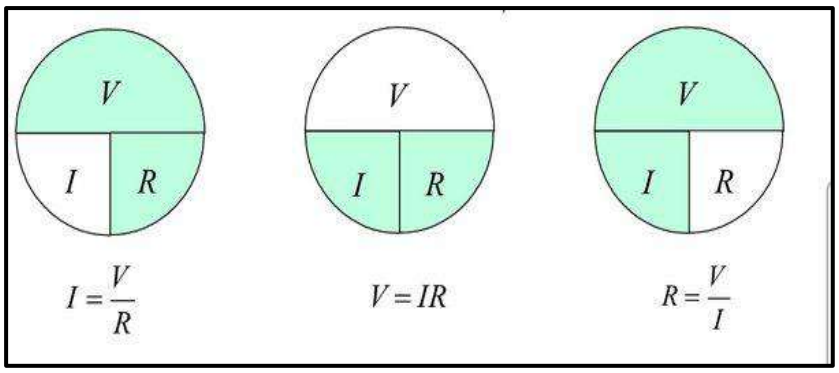


شكل (2 -6) تطبيق قانون اوم

وينص 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:

$$I = \frac{V}{R} \qquad \text{.....(4- 2)}$$

الشكل (2-7) يوضح العلاقة بين المقادير الثلاثة.



شكل (2– 7) يوضح العلاقة بين الجهد والمقاومة والتيار

حيث أن:

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

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

R: قيمة المقاومة وتقاس بالاوم (Ω).

مثال (2-5):

احسب التيار المار في مقاومة قيمتها (12) أوم وفرق الجهد على طرفيها (36) فولت؟

الحل:

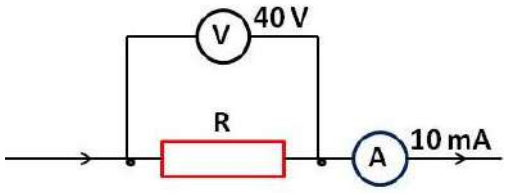
$$I = \frac{V}{R} = \frac{36}{12} = 3\ A$$

مثال (2-6):

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 :

I = 10 mA



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

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

$$R = \frac{V}{I} = \frac{40}{0.01} = 4000\ \Omega = 4\ K\ \Omega$$

أسئلة الفصل الثاني

س1/ ماذا نقصد بالتيار المستمر، وكيف يمكن الحصول عليه؟

س2/ ماذا نقصد بالتيار المتناوب، وكيف يمكن الحصول عليه؟

س3/ ما العوامل المؤثرة في مقاومة الأسلاك؟

س4/ ماذا نقصد بكل ممايأتي:

1- التيار الكهربائي.

2 - الكولوم.

3- المقاومة الكهربائية.

4- الموصلية.

س5/ ما المقصود بقانون أوم؟ أذكر القانون الرياضي له.

س6/ ما هي انواع المقاومات؟

س7/ ما مقدار التيار الكهربائي الذي يمر في موصل عند عبور شحنة مقدارها (40) كولوم خلال أربع ثوان؟

(ج: 10 A)

س8/ موصل من النحاس مساحة مقطعه مربع الشكل طول أحد أضلاعه (2) سم جد مقاومته فى درجة حرارة (20) مْ إذا كان طول الموصل (20) متراً والمقاومة النوعيـــــة للموصـــــــــل (1.72×10^{-8}) Ω.M.

(ج : 0.85×10^{-3} Ω)

س9/ سخان كهربائي يسحب تيار مقداره (10) أمبير عند جهد (220) فولت أحسب مقاومته؟

(ج: 22 Ω)

الفصل الثالث

دوائر التوالي والتوازي الكهربائية

Series and Parallel Electrical Circuits

الاهداف:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على:

1- الدائرة الكهربائية وكيفية ربط المقاومات وايهما أفضل في الحياة العملية.

2- كيفية حساب القدرة الكهربائية المستهلكة والطاقة الكهربائية.

3- قانوني كيرتشوف (التيار، الفولتية).

4- قانوني مجزئ الجهد والتيار وتطبيقاتها في تحليل الدوائر الكهربائية.

الفصل الثالث

دوائر التوالي والتوازي الكهربائية Series and Parallel Electrical Circuits

1 .3 تمهيـد (Introduction):

دوائر التوالي والتوازي الكهربائية هي من الأساسيات في دراسة الكهرباء والالكترونيات. تتكون دوائر التوالي من توصيل المكونات الكهربائية بحيث تكون جميعها متصلة بنفس الدائرة الكهربائية بطريقة تسمح للتيار بأن يتدفق من المكون الأول إلى الثاني وهكذا، جميع المكونات تتلقى نفس التيار الكهربائي ولكن الجهد يمكن أن يختلف عبر كل مكون حسب قيمة المقاومة أو التوصيلية. مثال عملي على ذلك هو مصابيح التوالي في سلسلة، حيث إذا انقطعت واحدة منها يتوقف التيار في كل المصابيح. بينما تتكون دوائر التوازي من توصيل المكونات بحيث تكون متوازية مع بعضها البعض بين نقاط محددة وتتلقى كل واحدة منها نفس الفولتية الكهربائية، لكن التيار يتوزع بينها، فإذا انقطعت مكون ما في دائرة توازي، فإن باقي المكونات تظل تعمل بشكل طبيعي. مثال عملي هو بطاريات التوازي في جهاز محمول، حيث يمكن استخدام كل بطارية على حدة دون أن تؤثر على باقي البطاريات.

باستخدام هذه الأساليب، يمكن تصميم دوائر معقدة لتحقيق وظائف مختلفة في الأنظمة الإلكترونية والكهربائية، مما يسهم في تحسين كفاءة الطاقة وتوزيعها بشكل فعال.

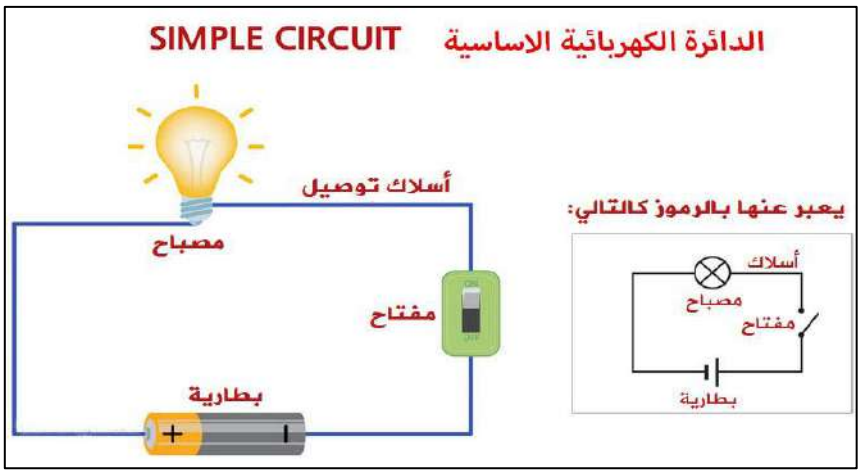
2. 3 الدائرة الكهربائية (Electrical circuit):

عبارة عن مجموعة من العناصر الكهربائية والتي يجب أن تكون متصلة فيما بينها لتسمح بذلك للتيار الكهربائي للمرور من خلالها، تستعمل الدائرة الكهربائية إما لنقل الطاقة الكهربائية أو لنقل الإشارات (Signals) كما في بعض الأجهزة.

تتكون الدائرة الكهربائية الاساسية من:

1- مصدر الطاقة الكهربائية (Source) او مصدر الجهد الكهربائي
2- معدات حماية الدائرة الكهربائية (Circuit Protection)
3- معدات السيطرة على الدائرة الكهربائية (Electrical Circuit Control)
4- الحمل الكهربائي (Electrical Load)
5- أسلاك التوصيل بين المصدر والحمل (Connected Wires)

الشكل (3-1) يوضح مكونات الدائرة الكهربائية الاساسية.



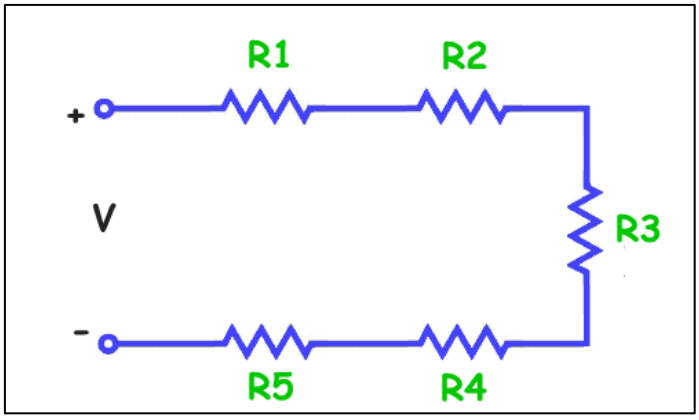
شكل (3– 1) الدائرة الكهربائية البسيطة

3 .3 ربط المقاومات (Resistors Connection):

يتم ربط المقاومات في الدوائر الكهربائية بعدة طرائق وهي:

3 .3.1 ربط التوالي (Series Connection):

تربط نهاية المقاومة الأولى مع بداية الثانية ونهاية الثانية مع بداية الثالثة ونهاية الثالثة مع.... وهكذا، وكما موضح في الشكل (3-2).



شكل (3-2) الربط المقاومات على التوالي

يتميز الربط على التوالي بما يأتي:

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

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1\text{-}3)$$

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.

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2\text{-}3)$$

ويستفاد من هذا الربط تجزئة الجهد إلى جهود مختلفة.

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

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3\text{-}3)$$

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

5- في حالة قُصر أي مقاومة من المقاومات الموصلة على التوالي سيزداد التيار بسبب تقليل قيمة المقاومة الكلية وزيادة الجهد على الأخريات ,وفي حالة حذف إحدى المقاومات واعتبارها دائرة مفتوحة سيكون التيار صفراً في جميع المقاومات.

ويمكن ايجاد المقاومة الكلية للدائرة من خلال معادلة الجهد الكلي على وفق الاتي:

$$V_T = V_3 + V_2 + V_1$$

وبتعويض هبوط الجهد على كل مقاومة:

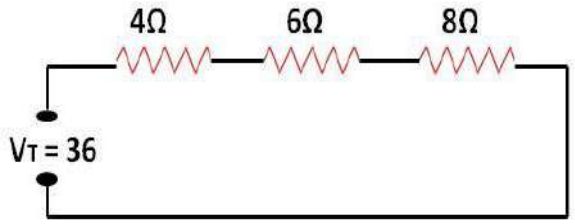
$$I_T \times R_T = I_T \times R_1 + I_T \times R_2 + I_T \times R_3$$

بقسمة المعادلة على (I_T) نحصل على: $(I_T \times R_T = I_T (R_1 + R_2 + R_3))$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

<u>مثال (3-1):</u>

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؟



-*

<u>الحل:</u>

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

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

$$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{36}{18} = 2A$$

$V = I \times R$ فرق الجهد

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 $V_3 = I_{T\,x}\ R_3 = 2 \times 8 = 16\ V$

التحقيق:

$V_T = V_1 + V_2 + V_3$

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

مثال (3-2):

مقاومتان موصلتين على التوالي (4 ، 6) أوم وصلتا الى مصدرجهد كهربائي وكان فرق الجهد بين طرفي المقاومة الاولى (8) فولت أحسب:

1- التيار الكلي
2- فرق الجهد على طرفي المقاومة الثانية
3- فرق جهد المصدر الكهربائي

الحل:-

نقوم بحساب التيار المار في المقاومةا الاولى (4) أوم من خلال قانون أوم:

$I_1 = V_1 / R_1$

$I_1 = 8 / 4 = 2\ A$

بما أن الربط توالي بين المقاومات فهو نفس التيار الذي يمر بالمقاومة الثانية (6) أوم وكذلك هو التيار الكلي:

$I_T = I_1 = I_2 = 2\ A$

$V_2 = I_2 \times R_2$

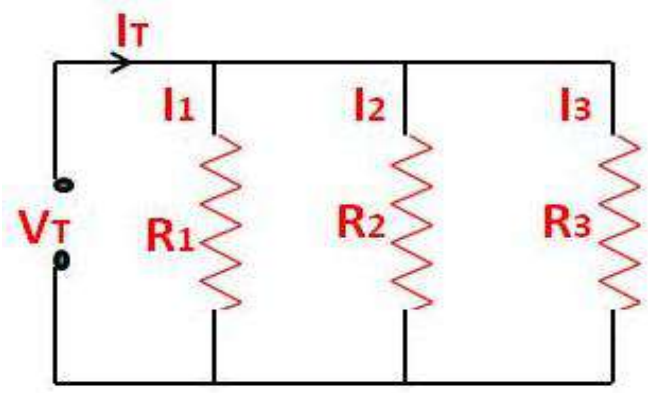
$V_2 = 2 \times 6 = 12\ v$

في ربط التوالي نستخدم قاون الفولتيات في حالة الربط على التوالي:

$V_T = V_1 + V_2 = 8 + 12 = 20\ v$

3.3.2 ربط التوازي (Parallel Connection):

يتم ربط المقاومات على التوازي بحيث تكون البدايات موصلة في نقطة واحدة والنهايات أيضاً في نقطة واحدة كما موضح في الشكل (3-3) .



شكل (3-3) ربط المقاومات على التوازي

يتميز هذا النوع من الربط بما يأتي:

1- يتوزع التيار الرئيس على كل مقاومة.

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \quad \text{..... (4-3)}$$

2- الجهد الرئيس يساوي مقدار فرق الجهد على كل مقاومة.

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \quad \text{..... (5-3)}$$

3- المقاومة الكلية (المكافئة) تحسب كما يأتي:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{..... (6-3)}$$

4- لا تتأثر المقاومات الباقية عند فتح إحدى المقاومات (دائرة مفتوحة).

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).

ويمكن إيجاد المقاومة الكلية المكافئة للدائرة (R_T) من خلال قانون التيار الكلي في الدائرة:

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

$$\frac{V_T}{R_T} = \frac{V_T}{R_1} + \frac{V_T}{R_2} + \frac{V_T}{R_3} + \dots\dots\dots$$

بقسمة المعادلة على (V_T) نحصل على:

$$\left(\frac{1}{R_T} \times V_T = V_T\right) \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots\dots) \ )$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots..$$

ويمكن ايجاد المقاومة المكافئة للمقاومات المتساوية والمربوطة على التوازي بتطبيق القانون الآتي :

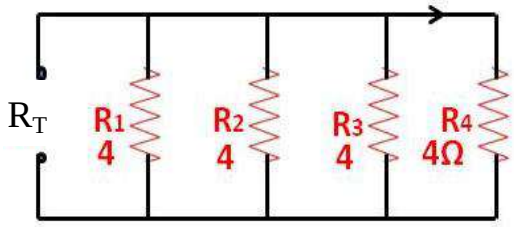
$$\mathbf{R_T = \frac{R}{n} = \frac{\text{قيمة مقاومة واحدة}}{\text{عدد المقاومات}}} \quad \textbf{..... (7-3)}$$

R: قيمة المقاومة بالاوم

n : عدد المقاومات

مثال (3-3):

من الرسم ادناه في الشكل (3–4)، جد مقدار المقاومة الكلية (المكافئة).



شكل (3-4)

الحل:

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

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

أو بتطبيق العلاقة التالية:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

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

$$\frac{1}{R_T} = \frac{4}{4} \longrightarrow R_T = 1\ \Omega$$

ملاحظة:

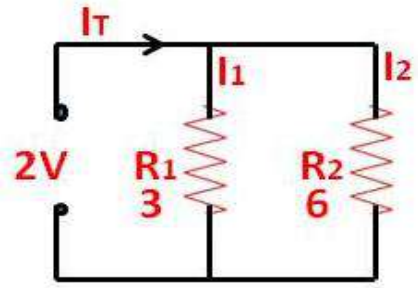
في حالة وجود مقاومتين فقط على التوازي يمكن ايجاد المقاومة الكلية (المكافئة) لهما كما يأتي:

$$\mathbf{R_T = \frac{R_1 x R_2}{R_1 + R_2}} \quad \textbf{..... (8-3)}$$

مثال (3-4):

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؟

الحل :



$R_T = \frac{R_1 x R_2}{R_1 + R_2}$

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

$I_1 = \frac{V_T}{R_1} = \frac{12}{6} = 2\ A$ التيار في المقاومة الاولى

$I_2 = \frac{V_T}{R_2} = \frac{12}{3} = 4\ A$ التيار في المقاومة الثانية

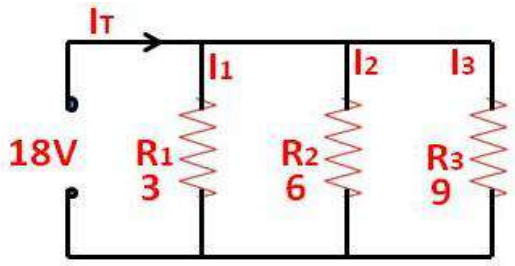
$I_T = 4 + 2 = 6\ A$ التيار الكلي

طريقة ثانية لايجاد التيار الكلي:

$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{12}{2} = 6\ A$

مثال(3-5):

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



الحل:

$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

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

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

$I_1 = \frac{V_T}{R_T} = \frac{18}{3} = 6\ A$ التيار في المقاومة الاولى

$I_2 = \frac{V_T}{R_2} = \frac{18}{6} = 3\ A$ التيار في المقاومة الثانية

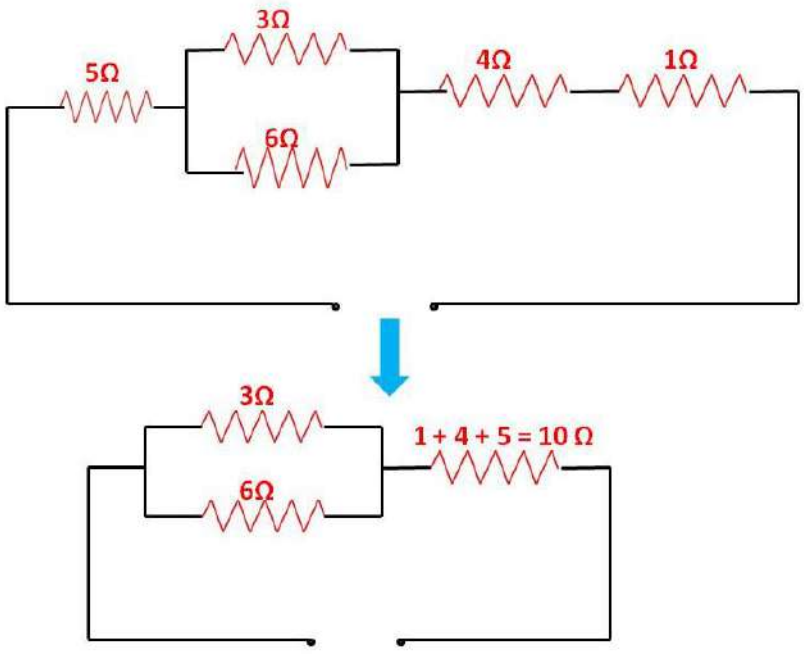
$I_3 = \frac{V_T}{R_3} = \frac{18}{9} = 2\ A$ التيار في المقاومة الثالثة

3 .3.3 ربط المختلط (Series-Parallel Connection):

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

مثال(3-6):

اوجد المقاومة المكافئة للدائرة الكهربائية التى تحتوي على مجموعة مقاومات موصولة على التوالي مع مقاومتين موصولتين على التوازي، وكما موضح في الشكل (3- 5).



شكل (3-5) الربط المختلط للمقاومات

$R_T = R_1 + \frac{R_2 x R_3}{R_2+R_3} + R_4 + R_5 = \frac{3x6}{3+6} + 5 + 4 + 1 = 2+10 = 12\ \Omega$

3. 4 القدرة والطاقة الكهربائية (Power and electrical Energy):

اولا- 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 :

$$W = \frac{J}{S} \qquad \text{..... (8-3)}$$

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 أحد القوانين الاتية:

$$P = IV \qquad \text{..... (9-3)}$$

$$P = I^2 V \qquad \text{..... (10-3)}$$

$$P = \frac{V^2}{R} \qquad \text{..... (11-3)}$$

الرمز : P	الوحدة : Watt

مثال (3-7):

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

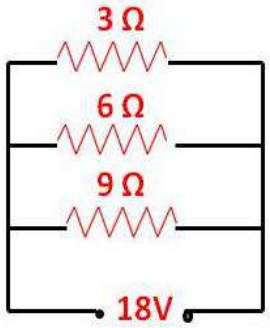
الحل:-

$$P = I V \longrightarrow I = \frac{P}{V} = \frac{100}{220} = 0.45 \text{ A}$$

مثال (3-8):-

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

الحل:-



$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = 18$ V

$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{18}{3} = 6$ A

$P_1 = I_1 V_1 = 6 \times 18 = 108$ Watt

$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{18}{6} = 3$ A

$P_2 = I_2 \times V_2 = 3 \times 18 = 54$ Watt

$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{18}{9} = 2$ A

$P_3 = I_3 \times V_3 = 2 \times 18 = 36$ Watt

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

ثانيا- 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 x T (Joul) ..... (11-3)

الرمز : E	الوحدة : جول
الرمز :P	الوحدة : واط
الرمز : T	الوحدة : ثانية

مثال (3 -9) :

إذا كانت كمية القدرة (100) واط والزمن اللازم لتلك القدرة (30) ثا ماهي الطاقة بالجول؟

الحل :-

$E = P \times T \longrightarrow E = 100 \times 30 = 3000\ Joul = 3\ K\ J$ الطاقة

مثال (3 -10) :

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

الحل:-

$$P = \frac{E}{t} \longrightarrow P = \frac{100}{5} = 20\ Watt$$

ثالثا- حساب كلفة الطاقة الكهربائية (Cost):

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 ……. (12-3)

أي :

$$\text{الكلفة} = \frac{\text{القدرة بالواط}}{1000} \times \text{عدد الساعات} \times \text{سعر الوحدة الكهربائية}$$

مثال (3-11):

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

الحل :-

$$\text{الكلفة} = \frac{\text{القدرة بالواط}}{1000} \times \text{عدد الساعات} \times \text{سعر الوحدة الكهربائية}$$

$cost = \frac{1500}{1000} \times 30 \times 10 = 450$ الكلفة بالدينار

مثال (3-12):

شقة سكنية تحتوي على الأجهزة الكهربائية المثبتة في الجدول، أحسب الكلفة الكلية للشقة 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	1
3	ثلاجة	220 واط	20	30	/	1	1
4	مروحة	80 واط	15	30	/	1	3

الحل :-

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

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

2 - كلفة التلفزيون = $\frac{100}{1000}$ x 12 x 30 x 1 x 1 x 10 = 360 دينار

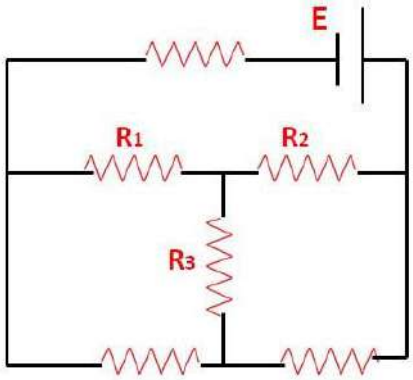
3 - كلفة الثلاجة = $\frac{220}{1000}$ x 20 x 30 x 1 x 1 x 10 = 1320 دينار

4 - كلفة المراوح = $\frac{80}{1000}$ x 15 x 30 x 1 x 3 x 10 = 1080 دينار

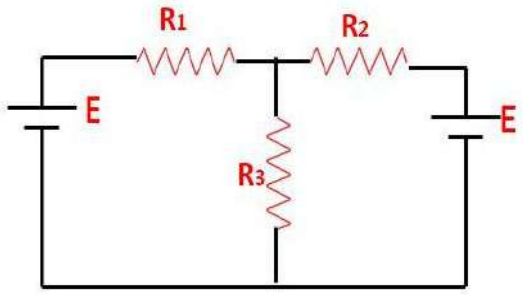
الكلفة الكلية = 1200 + 360 + 1320 + 1080 = 3960 دينار

3. 5 قانونا كيرشوف (Kirchhoffs Laws):

هنالك بعض الدوائر الكهربائية المعقدة إذ تحتوي على مجموعة من المقاومات لايمكن حسابها بطريقة قوانين التوالي والتوازي الا بتطبيق قوانين كيرشوف او قوانين اخرى او احياناً هذه الدوائر الكهربائية تحتوي على أكثر من مصدر. لذلك نلجأ الى استخدام قانوني كيرتشوف لسهولة تطبيقهما. والاشكال (3 -6) (3-7) تبين احدى هذه الدوائر اذ ان المقاومات R_1,R_2,R_3 لايمكن اعتبارها توالي او توازي. لذا يمكن حسابها بقانوني كيرتشوف.



شكل (3-6)



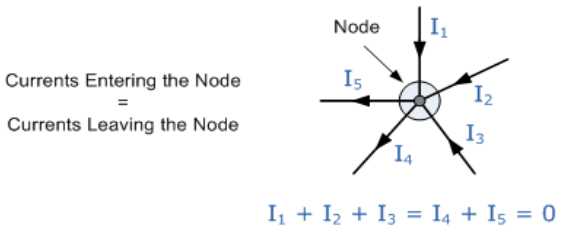
شكل (3-7)

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)، وكما موضح في الشكل (3-8).

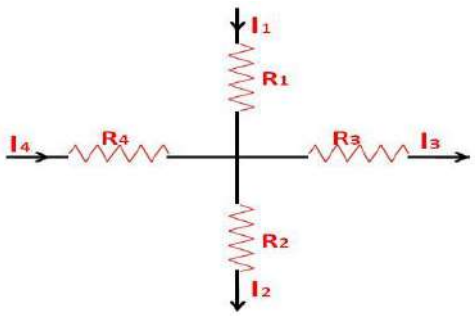
$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0 \qquad \text{..... (13-3)}$$



شكل رقم (3– 8) العقدة

في الشكل (3 –9) يمكن تطبيق قانون كيرشوف الأول لإيجاد محصلة التيارات.

$I_1 + I_4 - I_2 - I_3 = 0$

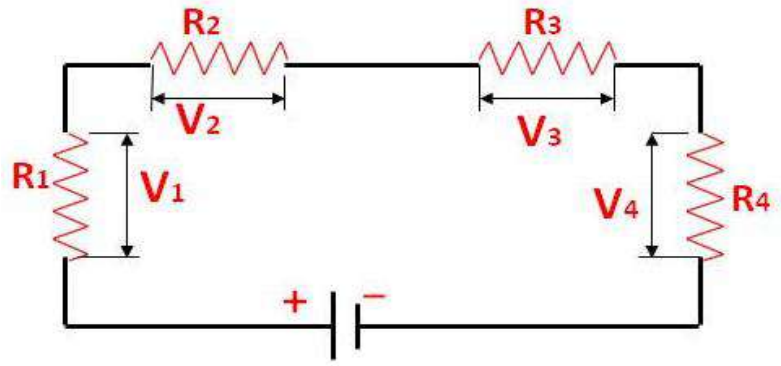


شكل (3-9) يوضح محصلة التيارات لتطبيق قانون كيرشوف الاول

القانون الثاني :

مجموع الهبوط في الجهد للمقاومات في دائرة مغلقة يساوي صفراً، وكما موضح في الشكـــــل (3–10) .

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

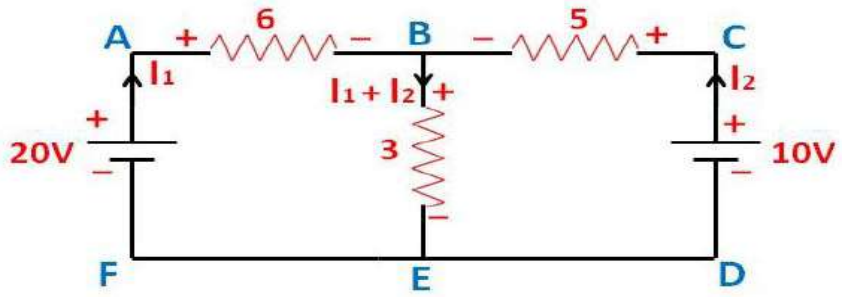


شكل (3-10) يوضح الدائرة المغلقة لتطبيق قانون كيرشوف الثاني

$$\mathbf{E = V_1 + V_2 + V_3 + V_4} \quad \text{..... (14-3)}$$

مثال (3-13):

في الدائرة الكهربائية في الشكل ادناه، احسب فرق الجهد على المقاومة التي قيمتها (6) اوم والتيار المار في كل فرع؟



نطبق قانون كيرشوف على الدائرة ABEFA

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

$$\boxed{9\ I_1 + 3\ I_2 = 20} \quad \text{..... (1)}$$

نطبق قانون كيرشوف على الدائرة BCDEB

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

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

$3\ I_1 + 8\ I_2 = 10$ ……..…….. (2)

$-8\ x \quad 9\ I_1 + 3\ I_2 = 20$

$3\ x \quad 3\ I_1 + 8\ I_2 = 10$

بالجمع

$-72\ I_1 - 24\ I_2 = -160$

$9\ I_1 + 24\ I_2 = 30$

$-63\ I_1 = -130$

$I_1 = 130 \quad = 2.06 \backsimeq 2.1\ A$

نطبق معادلة (2) لاستخراج (I_2)

$3\ x\ 2.1 + 8\ I_2 = 10$

$6.3 + 8\ I_2 = 10$

$8\ I_2 = 3.7$

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

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 $I_1 + I_2 = 2.1 + 0.46 = 2.56\ A$

فرق الجهد على المقاومة التي قيمتها (6) تساوي

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

3. 6 قانون مجزئ الجهد (Voltage Divider Rule) (VDR):

يستخدم قانون مجزئ الجهد في دوائر التوالي حيث يكون الجهد المؤثر على مجموعة من المقاومات في دائرة التوالي يقسم على تلك المقاومات، ومجموع الجهد المنخفضة خلال مقاومات دائرة التوالي يساوي الجهد المطبق.

يتم حساب قيمة الجهد المؤثر (V_x) في دوائر التوالي باستخدام القانون التالي:

$$V_x = E. \frac{R_x}{R_T} \qquad \text{..... (15-3)}$$

حيث ان:

Vx: قيمة الجهد المؤثر في دائرة التوالي (V)

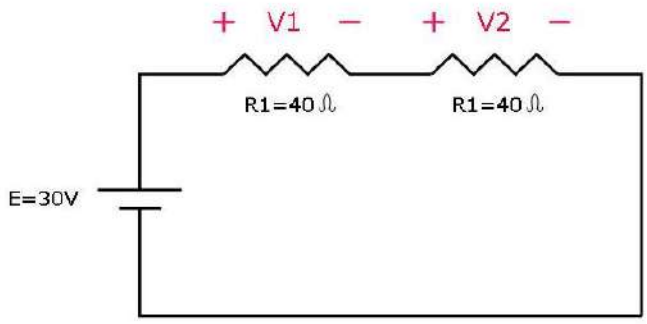
E: فولتية المصدر(V)

R_x: قيمة المقاومة المطلوب حساب قيمة الجهد المؤثر عليها (Ω)

R_T: مجموع المقاومات على التوالي (Ω)

مثال (3-14):

احسب الجهد V_1 , V_2 باستخدام قانون مجزئ الجهد (VDR) في الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل.



الحل:

$R_T = 40 + 60 = 100\ \Omega$

$V_1 = E. \frac{R_1}{R_T} = 30. \frac{40}{100} = 12\ V$

$V_2 = E. \frac{R_2}{R_T} = 30. \frac{60}{100} = 18\ V$

3. 7 قانون مجزئ التيار (Current Divider Rule) (CDR):

يستخدم قانون مجزئ التيار في دوائر التوازي حيث يتجزأ التيار المار في مقاومتين مختلفتين على التوازي. بحيث يكون للمقاومة الأصغر تيار أكبر، ويكون للمقاومة الأكبر تيار أصغر بينما تتجزأ قيمته بالتساوي على المقاومتين في حالة تساويهما في القيمة.

يتم حساب قيمة التيار المجزئ في دوائر التوازي باستخدام القانون التالي:

$$\mathbf{I_x = I.\ \frac{R_x}{R_T}} \qquad \textbf{..... (16-3)}$$

حيث ان:

I_x = قيمة التيار المجزئ في دوائر التوازي (A)

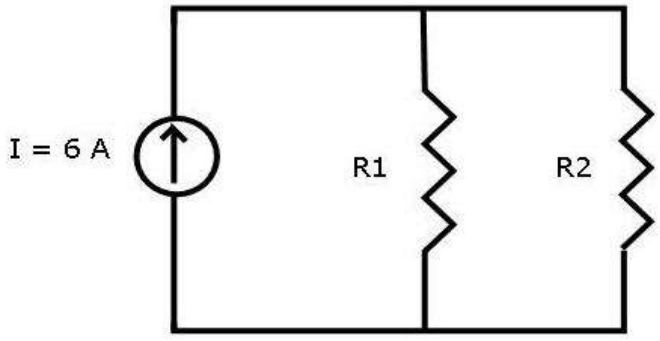
I = تيار المصدر (A)

R_x= قيمة المقاومة المقابلة (البعيدة) عن المقاومة المطلوب حساب قيمة التيار المجزئ عليها (Ω)

R_T= مجموع المقاومات (Ω)

مثال (3-15):

إذا علمت ان قيمة R_2= 8 Ω , R_1= 4 Ω احسب قيمة التيار I_1 , I_2 باستخدام قانون مجزئ التيار (CDR) في الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل.



$R_T = 4 + 8 = 12\ \Omega$

$I_1 = I.\ \frac{R_2}{R_T} = 6.\ \frac{8}{12} = 4\ A$

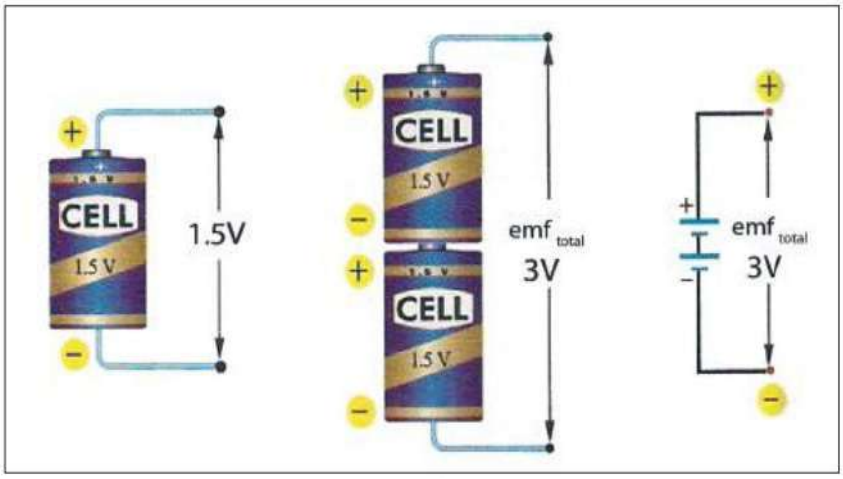
$I_2 = I.\ \frac{R_1}{R_T} = 6.\ \frac{4}{12} = 2\ A$

3. 8 ربط الخلايا الكهربائية (Connecting Electrical Cells):

الخلايا الكهربائية، أو البطاريات، هي أجهزة تُخزن الطاقة الكيميائية وتحولها إلى طاقة كهربائية عند الحاجة. تتكون الخلية الكهربائية من مكونين رئيسيين: الأنود والكاثود، بالإضافة إلى الإلكتروليت الذي يسمح بتدفق الأيونات بين الأنود والكاثود.

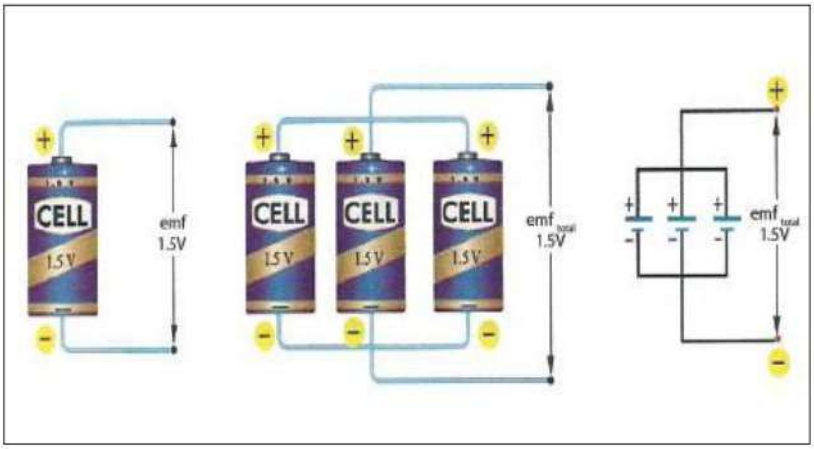
أن العديد من الدوائر الكهربائية لكي تعمل تحتاج الى أكثر من خلية واحدة. لذا يشير ربط الخلايا الكهربائية إلى كيفية توصيل الخلايا (البطاريات) معًا لتوليد فولتية أعلى أو لتوفير طاقة أكثر. وهناك نوعان رئيسيان من الربط:

اولا- ربط الخلايا الكهربائية على التوالي: في هذا النوع، تُربط الخلايا الكهربائية بشكل متسلسل، بحيث يكون القطب الموجب لخلية متصل بالقطب السالب للخلية التالية. هذا يزيد من الفولتية الإجمالية للنظام، لكن سعة الأمبير تبقى كما هي. على سبيل المثال، إذا كانت كل خلية تولد 1.5 فولت، فإن توصيل خليتين على التوالي سيعطي 3 فولت. لذلك من مميزات ربط الخلايا الكهربائية على التوالي هو تجهيز فولطية أكبر (قوة دافعة كهربائية emf أكبر)، وكما موضح في الشكل (3-11).



شكل (3-11) ربط الخلايا الكهربائية على التوالي

ثانيا- ربط الخلايا الكهربائية على التوازي: في هذا النوع، تُربط الخلايا الكهربائية بحيث يكون القطب الموجب لكل خلية متصلاً بالقطب الموجب للخلية الأخرى، وكذلك القطب السالب لكل خلية متصلاً بالقطب السالب للخلية الأخرى. هذا يزيد من السعة الإجمالية للنظام (الأمبيرية) ولكنه يحتفظ بنفس الفولتية. على سبيل المثال، إذا كانت كل خلية تولد 1.5 فولت، فإن توصيل ثلاث خلايا على التوازي سيعطي نفس الفولتية 1.5 فولت ولكن بسعة أكبر. لذلك من مميزات ربط الخلايا على التوازي هو إمكانية تجهيز الدائرة الكهربائية بتيار أكبر، وكما موضح في الشكل (3-12).



شكل (3-12) ربط الخلايا الكهربائية على التوازي

3.1. 8 أنواع الخلايا الكهربائية (Types of Electrical Cells):

هنالك عدة أنواع من الخلايا الكهربائية وتشمل:

1- **الخلايا الجافة:** مثل بطاريات الزنك-الكربون وبطاريات القلوية. تستخدم في الأجهزة الصغيرة مثل المصابيح اليدوية وأجهزة التحكم عن بعد. تتميز بسهولة الاستخدام والتخزين.

2- **الخلايا القلوية:** تحتوي على إلكتروليت قلوي (مثل هيدروكسيد البوتاسيوم) وتُعَدّ أكثر كفاءة وذات عمر أطول مقارنة بالخلايا الجافة. تستخدم في أجهزة ذات استهلاك طاقة أعلى.

3- **بطاريات الرصاص الحمضية:** تُستخدم بشكل رئيسي في السيارات. تحتوي على أحماض الكبريتيك وتوفر طاقة كبيرة مقارنة بحجمها، مما يجعلها مثالية للبدء في محركات السيارات وتخزين الطاقة.

4- **بطاريات الليثيوم أيون:** تُستخدم في الهواتف الذكية، الحواسيب المحمولة، والسيارات الكهربائية. تتميز بكثافة طاقة عالية، وزن خفيف، وعمر طويل. تطورت بشكل كبير لتوفير أداء أفضل وأمان أعلى.

5- **بطاريات النيكل-كادميوم (NiCd) وبطاريات النيكل-هيدريد المعدن (NiMH):** تُستخدم في التطبيقات التي تتطلب بطاريات قابلة لإعادة الشحن، مثل الأدوات الكهربائية والألعاب.

6- **بطاريات الحالة الصلبة:** هذه التكنولوجيا الناشئة تتفوق في الأمان والكفاءة مقارنة ببطاريات الليثيوم أيون التقليدية، حيث تستخدم إلكتروليت صلب بدلاً من السائل.

3.2. 8 التطبيقات العملية للخلايا الكهربائية (Practical Applications of Cells):

1- الأجهزة المحمولة: مثل الهواتف الذكية، الحواسيب المحمولة، الأجهزة اللوحية.

2- المركبات الكهربائية: مثل السيارات الكهربائية، الدراجات الكهربائية، والقطارات.

3- أنظمة الطاقة المتجددة: تستخدم في تخزين الطاقة في الأنظمة الشمسية والرياح.

4- الأجهزة الطبية: مثل أجهزة تنظيم ضربات القلب وأجهزة القياس القابلة للارتداء.

أسئلة الفصل الثالث

س1/ ما هي المكونات الاساسية للدائرة الكهربائية؟

س2/ ما المقصود بالقدرة؟ وكيف يمكن حساب القدرة الكهربائية في دوائر التيار المستمر؟

س3/ ماذا يحدث للتيار عند رفع إحدى المقاومات من مجموعتها الموصلة على التوالي؟

س4/ عند جعل إحدى المقاومات الموصولة على التوازي في حالة قُصر ماذا يحدث للتيار في باقي المقاومات؟

س5/ يستخدم قانون مجزئ الجهد؟

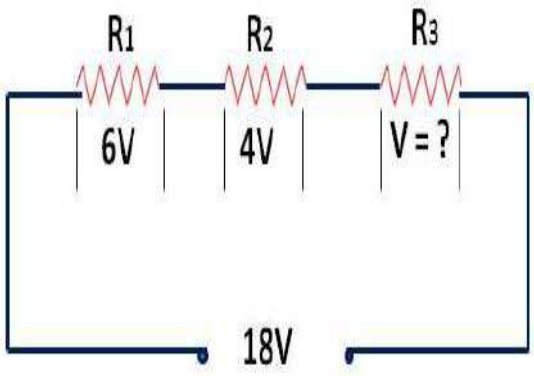
س6/ اذكر قانوني كيرشوف الاول والثاني؟

س7/ اين يستخدم قانوني مجزئ الجهد ومجزئ التيار؟

س8/ ما المقصود بالخلايا الكهربائية؟ وماهي انواعها؟

س9/ ماهي التطبيقات العملية للخلايا الكهربائية؟

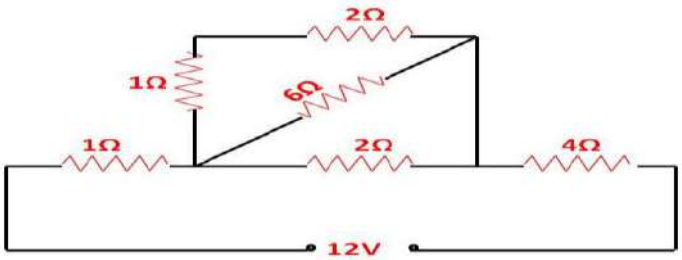
س10/ قيس فرق الجهد باستعمال جهاز الفولت ميتر على طرفي المقاومة الأولى (6) فولت وعلى طرفي الثانية (4) فولت عند ربطهما على التوالي مع مقاومة ثالثة ووصلت المجموعة إلى مصدر جهد (18) فولت فكان التيار الرئيس المار بالدائرة (2) أمبير جد قيمة كل مقاومـة؟ ثم المقاومة المكافئة للدائرة؟ كما هو موضح في الشكل (3 – 13).



شكل (3 –13)

(ج : 3 Ω , 2 Ω, 4 Ω, 9 Ω)

س11/ احسب فرق الجهد على المقاومة التي قيمتها (4) اوم، وكما هو موضح في الشكل (3- 14).



شكل (3 –14)

(ج : 8 فولت)

س12/ دار تحتوي على الأجهزة أدناه احسب الكلفة لكل جهاز ثم 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)

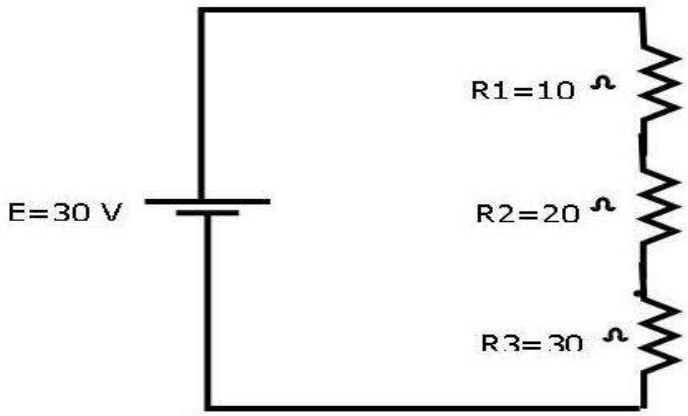
ب- مكواة قدرتها (1000)واط (ج : 1200 دينار)

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

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

(ج : الكلفة الكلية للدار خلال شهر = 5160 ديناراً)

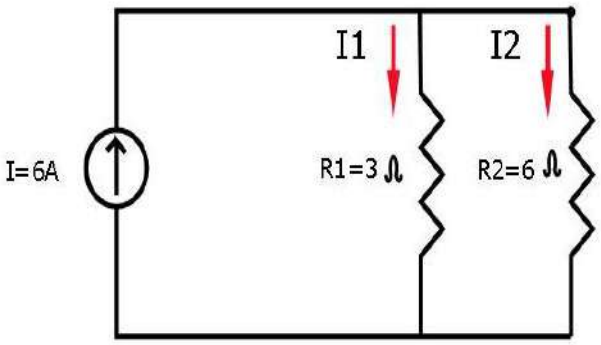
س13/ احسب الجهد V_1 , V_2 , V_3, باستخدام قانون مجزئ الجهد VDR في الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل (3-15).



شكل (3 –15)

(V_1=5V , V_2=10V , V_3=15V : ج)

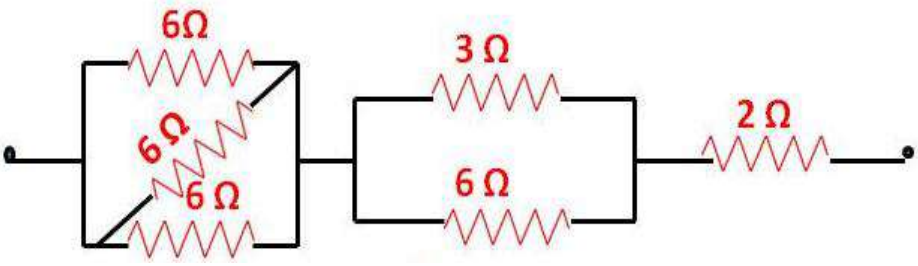
س14/ احسب قيمة التيار I_1 , I_2 باستخدام قانون مجزئ التيار CDR في الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل (3-16).



شكل (3 –16)

(I_1=4A , I_2=2A : ج)

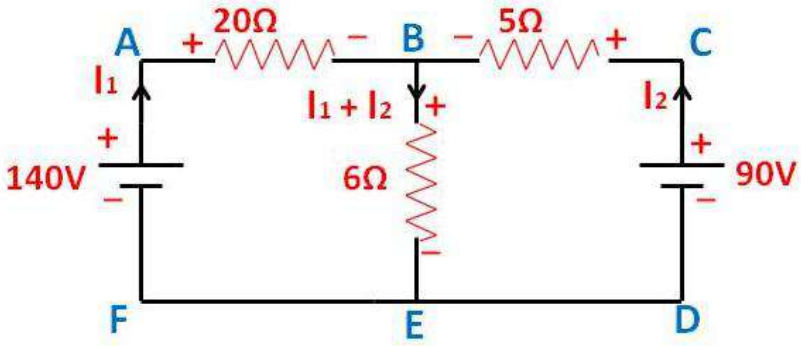
س15/ احسب المقاومة الكلية (المكافئة) للدائرة الموضحة في الشكل (3-17).



شكل (3 –17)

(R_T = 9 Ω : ج)

س16/ أحسب التيار في كل مقاومة للدائرة الكهربائية الموضحة في الشكل (3- 18)؟



شكل (3 –18)

(I_1 = 4A, I_2 = 6A, $I_1 + I_2$ = 10 A : ج)

الفصل الرابع

المكثفات الكهربائية

Electrical Capacitors

الاهداف:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على:

1- المتسعات (المكثفات) وطرائق ربطها وانواعها.

2- كيفية حساب سعة المكثف.

3- العوامل التي تؤثر في سعة المتسعات.

4- الطاقة المخزونة في المتسعات.

5- التطبيقات العملية للمتسعات.

الفصل الرابع

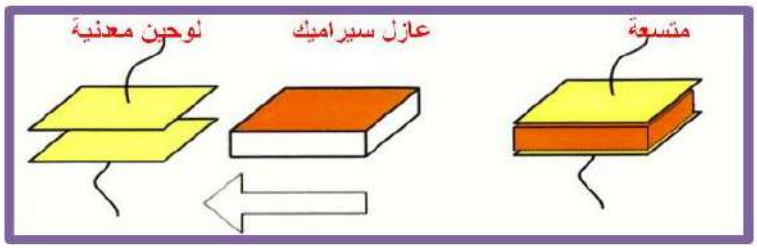
المكثفات الكهربائية Electrical Capacitors

1.4 تمهيـد (Introduction):

المكثفات الكهربائية هي عناصر أساسية في الدوائر الإلكترونية والكهربائية، تُستخدم لتخزين الطاقة الكهربائية في شكل مجال كهربائي. تُستخدم المكثفات في مجموعة متنوعة من التطبيقات في عالم الإلكترونيات والكهرباء مثل أجهزة المذياع والتلفاز وفي المحركات الكهربائية وفي تحسين معامل القدرة، وهي تعمل تحت جهد كهربائي مختلف يتراوح من بضع عشرات الفولت إلى آلاف الفولت. كما تلعب دورًا هامًا في تحسين الأداء العام للدوائر الإلكترونية بفضل قدرتها على تنظيم التيار الكهربائي والحد من التداخلات.

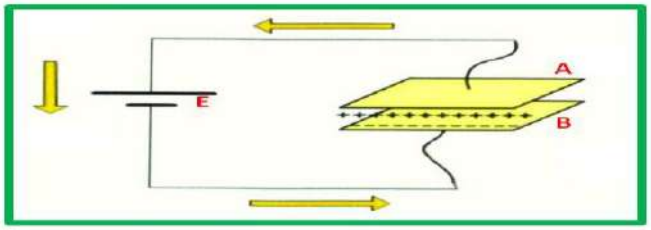
2.4 المتسعة أو المكثف الكهربائي (Electrical Capacitor):

المتسعة هي عبارة عن صفيحتين أو لوحين معدنيين موصلين بينهما مادة عازلة مثـــــل السيراميك، المايكا، الورق، الهواء، وغيره كما موضح في الشكل رقم (4-1) وتستعمل لخزن الشحنة الكهربائية.



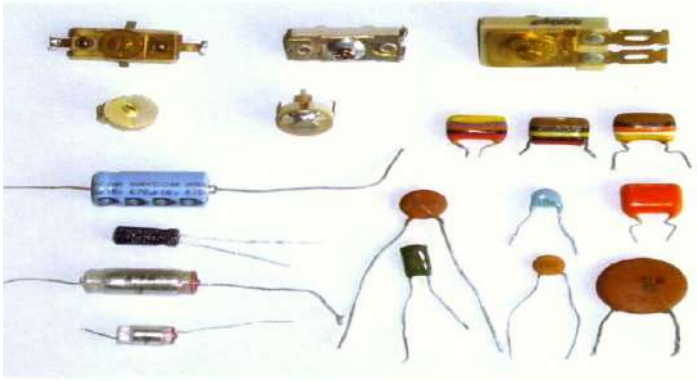
شكل (4–1) مكونات المتسعة

وعند تسليط جهد ثابت عليها فان شحنات موجبة وسالبة متساوية في المقدار ومتعاكسة في الإشارة تتجمع على اللوحين كما موضح في الشكل رقم (4-2) منتجة مجالاً كهربائياً ثابتاً بينهما مما يجعلها أداة لتخزين الشحنات الكهربائية.



شكل (4–2) توصيل المتسعة بالجهد الكهربائي

تتحدد خصائص المتسعات 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 موضح في الشكل رقم (4-3) 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.

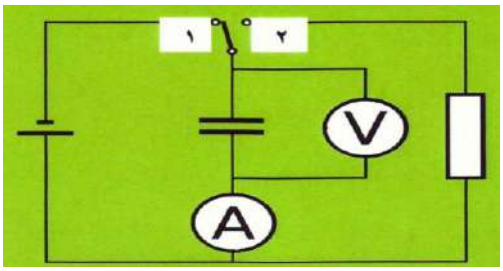


شكل (4– 3) أشكال مختلفة من المتسعات

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.

1. 4. 2 شحن وتفريغ المتسعة (Charging and Discharging The Capacitor):

عند ربط بطارية إلى لوحين متوازيين ومعزولين بعازل ما (وضع المفتاح على النقطة 1)، كما موضح في الشكل رقم (4-4) ، 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.



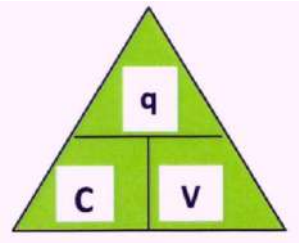
شكل (4–4) شحن وتفريغ المتسعة

4. 3 السعة (The Capacity):

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:

$$C = \frac{q}{V} \qquad \text{.....(1-4)}$$



حيث إن:

V: تمثل فرق الجهد بين اللوحين ويقاس بالفولت (v)

q: الشحنة المسلطة على اللوحين وتقاس بالكولوم (c)

C: تمثل سعة المتسعة وتقاس بالفاراد (F)

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 أصغر مثل النانو والبيكو فأراد.

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

مثال (4-1):

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

الحل:

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

$$q = C\,V = 10 \times 10^{-6} \times 100 = 1 \times 10^{-3}\ c$$

مثال (2-4):

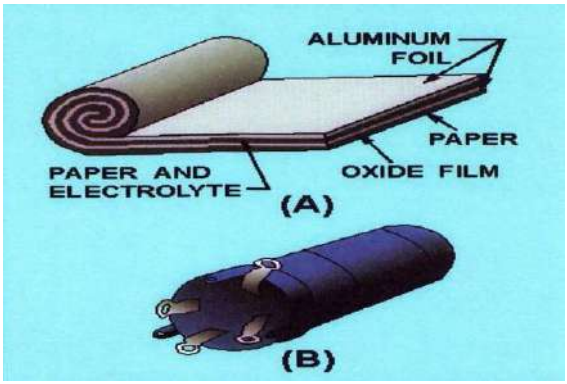
متسعة موصلة الى مصدر جهد مقداره (20) فولت اوجد مقدار سعته لكي يخزن شحنة مقدارها (50) كولوم؟

الحل:

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

4. 4 العوامل التي تؤثر في سعة المتسعات (The Factors affecting capacitors):

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 أكبر سعة، وكما موضح في الشكل رقم (4-5).



شكل (4 – 5) المساحة السطحية للوح المعدني

2-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.

3- **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 الهـواء يؤدي إلى زيادة الاستيعابيـة 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 .

$$\varepsilon = \frac{Ca}{Cb} \quad \text{..... (2-4)}$$

حيث إن :

ε : يمثل ثابت عزل المادة.

Cb : يمثل سعة المتسعة الذي يفصل بين لوحيها هواء.

Ca : سعة المتسعة الذي يفصل بين لوحيها عازل.

مثال (4-3) :

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 :

$$\varepsilon = \frac{Ca}{Cb}$$

$$2 = \frac{Ca}{5} \longrightarrow Ca = 2 \times 5 = 10\ \mu F$$ نلاحظ زيادة السعة بإدخال مادة عازل

4. 5 أنواع المتسعات (Types of Capacitors):

أولاً- المتسعات الثابتة : تعد المتسعات الثابتة أكثر الانواع استخداما في الاجهزة الالكترونية وتكون هذه المكثفات ثابتة السعة ولا يمكن تغيير قيمتها وتمتاز بسعتها القليلة وتحملها للجهد العالي، وكما موضح في الشكل رقم (4-6). تصنف المتسعات الثابتة بحسب نوع العازل المستعمل ومن هذه الانواع:

شكل (4–6) بعض أنواع المتسعات الثابتة

1- المتسعات السيراميكية: تستخدم في الدوائر ذات الترددات والجهد العالي والتطبيقات العامة وتتغير سعتها بتغير الحرارة.

2- المتسعات الإلكترونية: تستخدم في التطبيقات التي تتطلب استقرارًا عاليًا في الجهد، تتحدد سعتها ب (20) مايكروفاراد والجهد المسلط عليها (600) فولت.

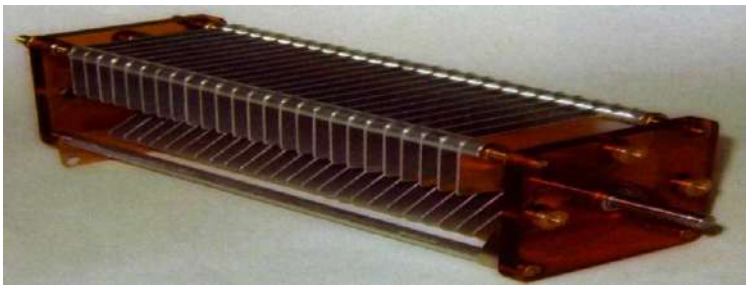
3- **المتسعات الزجاجية:** تتصف هذه المتسعات بالفقدان الكهربائي الضئيل وان سعتها تصل الى (0.01) مايكروفاراد وتتحمل جهد مقداره (6000) فولت وتمتاز بعدم تأثر سعتها بالحرارة الا قليلا.

4- المتسعات الورقية: تتكون من صفيحتين من الالمنيوم تفصلها طبقة من الورق المشبع بالشمع وتغلف أحيانا بغلاف معدني ويستعمل هذا النوع في دوائر الجهد العالي ودوائر تجهيز جهد التيار المستمر، وتتراوح سعتها بين (0.0001) الى (4) مايكروفاراد.

5- المتسعات البلاستيكية: تكون المادة العازلة عبارة عن شريط بلاستيكي ويكون حجمها أكبر من المتسعات الورقية حيث يكون الفقدان الكهربائي فيها قليلا نسبيا.

6- متسعات المايكا: تكون المادة العازلة هي المايكا التي تجعل الفقدان الكهربائي قليلا جدا والجهد المسموح به عاليا جدا يصل الى (20) كيلو فولت وتستخدم بشكل محدود لكلفتها العالية وتستخدم في دوائر الارسال والاستقبال الاذاعي.

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 متداخلة تماماً ، يستعمل هذا النوع في أجهزة المذياع ، فعندما نريد أن نحول من محطة إلى أخرى فأننا نغير في قيمة هذهِ المتسعة ، والشكل رقم (4-7) يوضح هذا النوع من المتسعات .

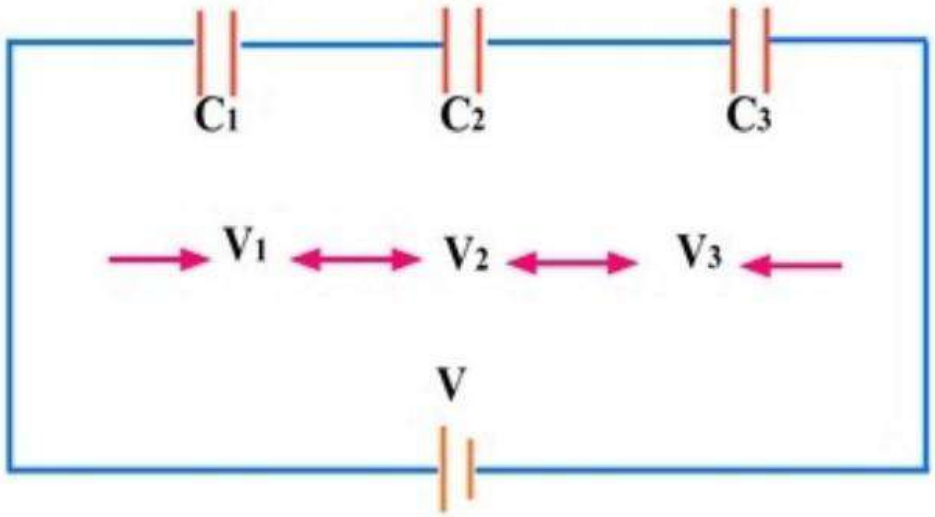


شكل (4– 7) متسعة متغيرة

4. 6 ربط المتسعات (Capacitor connection):

يتم ربط المتسعات بثلاثة طرق هي:

أولا- ربط المتسعات على 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 ، وكما هو موضح في الشكل رقم (4-8).



شكل (4 – 8) 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.

قوانين ربط المتسعات على التوالي:

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3 \ldots\ldots = Qn \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(3-4)}$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots\ldots Vn \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(4-4)}$$

$$\frac{1}{CT} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} \ldots\ldots + \frac{1}{Cn} \quad \ldots\ldots\ldots \textbf{(5-4)}$$

حيث إن :

Q_T: الشحنة الكلية

V_T: فرق الجهد الكلي

C_T: السعة الكلية للمجموعة

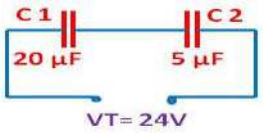
مثال (4-4) :

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

الحل :

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

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



$C_T = 4\ \mu F$

$Q_T = c_T \cdot v_T$

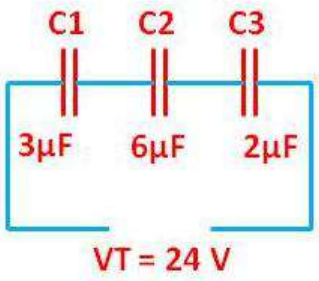
$Q_T = 4 \times 10^{-6} \times 24 = 96 \times 10^{-6}$ كولوم

مثال (4-5):

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:



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

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

$C_T = 1\ \mu F$

$Q_T = C_T . V_T = 1 \times 10^{-6} \times 24 = 24 \times 10^{-6}$ كولوم

بما ان الربط توالي فان $Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3$

$$V_1 = \frac{Q1}{C1} = \frac{24 \times 10-6}{3 \times 10-6} = 8V$$

$$V_2 = \frac{Q2}{C2} = \frac{24 \times 10-6}{6 \times 10-6} = 4V$$

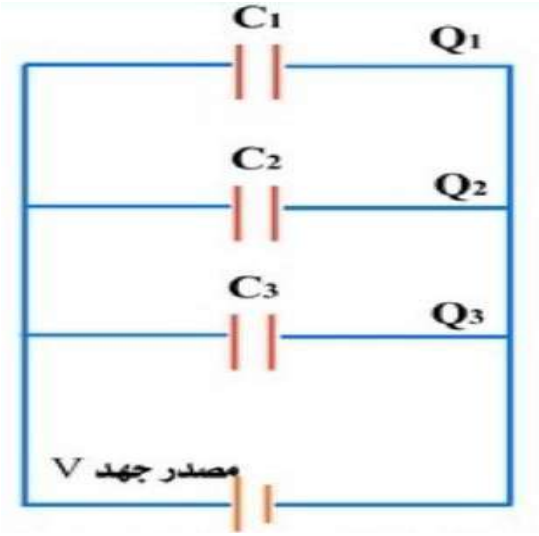
$$V_3 = \frac{QT}{C3} = \frac{24 \times 10-6}{2 \times 10-6} = 12V$$

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

$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = 8 + 4 + 12 = 24\ v$

ثانيا- ربط المتسعات على التوازي:- في حاله ربط المتسعات على التوازي يربط أحد 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، وكما هو موضح في الشكل رقم (4-9).



شكل (4 – 9) ربط التوازي للمتسعات

قوانين ربط المتسعات على التوازي:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 \quad \text{.....} \quad (8\text{-}4)$$

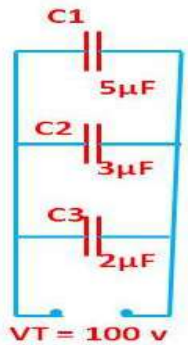
$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 \quad \text{.....} \quad (9\text{-}4)$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad \text{.....} \quad (10\text{-}4)$$

مثال (4-6):

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 :



$C_T = C_1 + C_2 + C_3 = 5 + 3 + 2 = 10\ \mu F$

$Q_T = C_T . V_T = 10 \times 10^{-6} \times 100 = 1 \times 10^{-3}$ كواوم

$Q_1 = C_1 . V_1 = 5 \times 10^{-6} \times 100 = 5 \times 10^{-4}$ كولوم

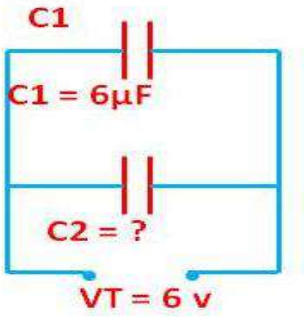
$Q_2 = C_2 . V_2 = 3 \times 10^{-6} \times 100 = 3 \times 10^{-4}$ كولوم

$Q_3 = C_3 . V_3 = 2 \times 10^{-6} \times 100 = 2 \times 10^{-4}$ كولوم

مثال (4-7) :

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 :-



$Q_1 = C_1 . V_1 = 6 \times 10^{-6} \times 6 = 36 \times 10^{-6}$ c

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

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

$$V_2 = \frac{Q2}{C2}$$

$$C_2 = \frac{Q2}{V2} = \frac{24}{6} = 4\ \mu F$$

ثالثا- الربط المختلط للمتسعات: يتم بتوصيل المتسعات على التوازي وعلى التوالي معا في دائرة كهربائية واحدة وتطبق على هذا الربط القوانين المتعلقة بربط التوالي والتوازي.

مثال (4-8) : ربطت ثلاث متسعات كما موضح في الشكل (4 - 10) ، اوجد السعة الكلية .

الحل :-

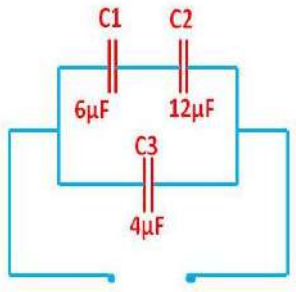
$$\frac{1}{CT1} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2}$$

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

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

$C_{T1} = 4\ \mu F$

$C_{T2} = C_{T1} + C_3 = 4 + 4 = 8\ \mu F$



شكل (4-10)

7.4 الطاقة المخزونة في المتسعات (Energy Stored in Capacitors):

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	الرمز : En	الوحدة : جول

ويمكن حسابها من القانون الآتي:

$$En = \frac{1}{2} \times CV^2 \qquad \text{..... (11-4)}$$

أو

$$En = \frac{q2}{2C} \qquad \text{..... (12-4)}$$

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 (4-9) :

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

الحل:-

$$En = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} 5 \times 10^{-6} \times 20 \times 20 = 10 \times 10^{-4} \text{ جول}$$

$$Q = C.V = 5 \times 10^{-6} \times 20 = 100 \times 10^{-6} = 1 \times 10^{-4} \text{ كولوم}$$

مثال (4-10) :

وصلت متسعتان كما موضح في الشكل رقم (4–11) أوجد ما يلي:

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

الحل :-

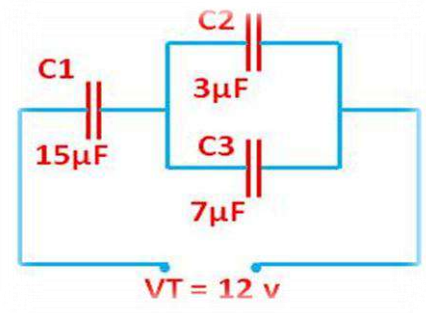
$C_T = C_2 + C_3$

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

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

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

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



شكل (11-4)

$C_{T1} = 6\ \mu F$

$Q_T = C_{T1}.V_T$

$Q_T = 6 \times 10^{-6} \times 12 = 36 \times 10^{-6}$ C

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

$$En = \frac{6 \times 10-6 \times 12 \times 12}{2} = 432 \times 10^{-6}$$ جول

7 .4 التطبيقات العملية للمتسعات (Practical Applications of Capacitors):

تستخدم المتسعات في بعض التطبيقات العملية منها:

1- دوائر الترشيح: تستخدم المكثفات في دوائر الترشيح لتقليل الضوضاء والتداخلات الكهربائية.

2- التحويل في محولات الطاقة: تستخدم المكثفات لتحقيق الاستقرار في الجهد وتحسين كفاءة التحويل.

3- تخزين الطاقة: تستخدم المكثفات في الدوائر التي تحتاج إلى تخزين مؤقت للطاقة، مثل الكاميرات الفلاش.

4- دوائر التحكم: تستخدم المكثفات في دوائر التحكم المختلفة، مثل تحسين أداء المكونات الإلكترونية في الحواسيب.

اسئلة الفصل الرابع

س1/ ما المقصود بسعة المتسعة ؟ وما رمزها؟ وكيف تحسب؟

س2/ ما العوامل المؤثرة في سعة المتسعة؟

س3/عرف المتسعة الكهربائية، وما هي أنواعها؟

س4/عدد أنواع المتسعات الثابتة.

س5/ أين تستعمل المتسعات المتغيرة؟

س6/ ما هي التطبيقات العملية للمتسعات؟

س7/ 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

($Q_T = Q_1 = Q_2 = 20 \times 10^{-6}$ c , $C_T = 4\mu F$:ج)

س8/ 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؟

($c_1 = 12\mu F$, $c_2 = 6\ \mu F$, $V_T = 6$ V :ج)

س9/ متسعتان على التوازي سعة الأولى (6) مايكروفاراد وفرق الجهد على طرفيهما (6) فولت والثانية مجهولة وشحنتها (24) كولوم، احسب:

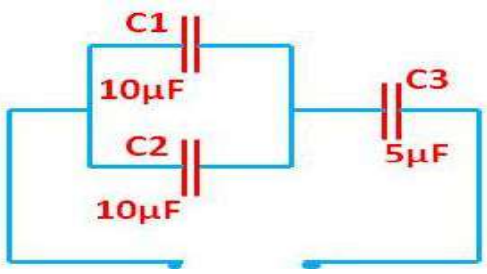
1- شحنة المتسعة الأولى 2- سعة المتسعة الثانية 3- الطاقة المخزونة

($Q_1 = 36 \times 10^{-6}$, $c_2 = 4\ \mu F$, $En = 180 \times 10^{-6}$ جول :ج)

س10/متسعة شُحنت من مصدر جهد مقداره (4) فولت وخزنت طاقة (16×10^{-6}) جول فما مقدار سعتها ؟

($C = 2 \times 10^{-6}$ F :ج)

س11/ ربطت متسعتان على التوازي قيمها (10 ، 10) مايكروفاراد وربطتا بالتوالي مع متسعة أخرى سعتها (5) مايكروفاراد اوجد مقدار السعة الكلية للدائرة , كما موضح في الشكل ادناه:

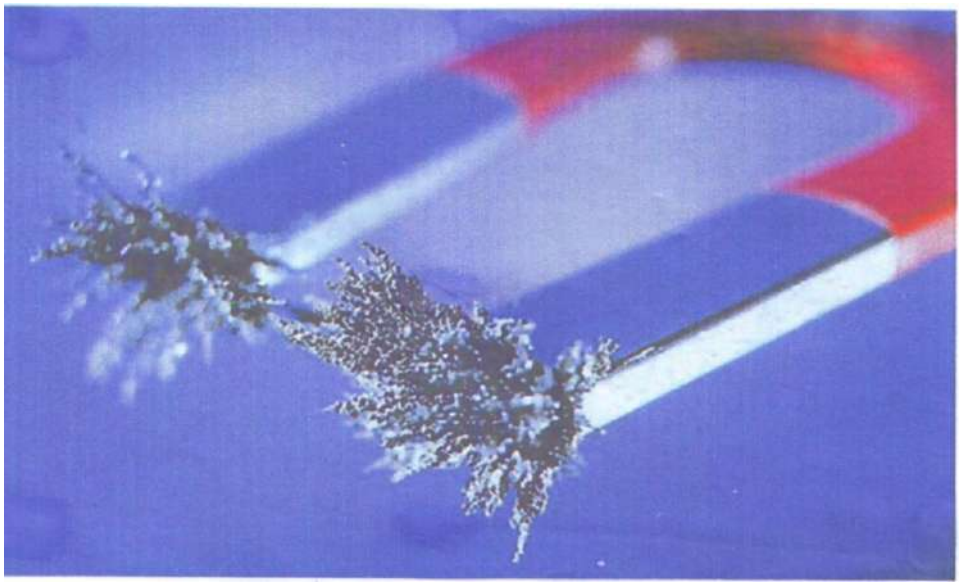


(C= 4 µF :ج)

الفصل الخامس

المغناطيسية

Magnetism



الاهداف:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على:

1- المغناطيس وخصائصه.

2- المجال المغناطيسي ومفاهيم الفيض المغناطيسي وكثافة الفيض.

3- الظاهرة الكهرومغناطيسية والتي تمثل العلاقة بين الكهربائية والمغناطيسية.

4- قانوني فارداي ولينز وقاعدة اليد اليمنى في الكهرباء.

5- انواع الحث الذاتي والمتبادل، الملفات واستخداماتها والطاقة المختزنة في الملف.

الفصل الخامس

المغناطيسية Magnetism

5. 1 تمهيـد (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.

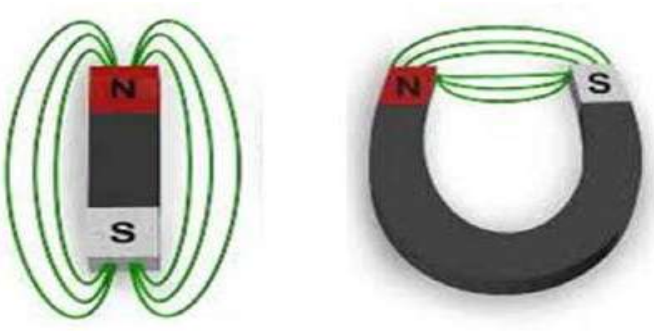
لم تمر فترة قصيرة على أكتشاف اورستد حتى أكتشف العالم فاراداي في نفس العام التأثيرات الكهربائية للمجال المغناطيسي أو ما يعرف بالحث الكهرومغناطيسي والتي حقّقتْ قفزة كبيرة في تطور الهندسة الكهربائية حتى بلغت أوجها عام 1890 عندما تم تصميم المكائن الكهربائية الأساسية كالمولدات والمحركات والمحولات.

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

5. 2 المغناطيس (Magnet):

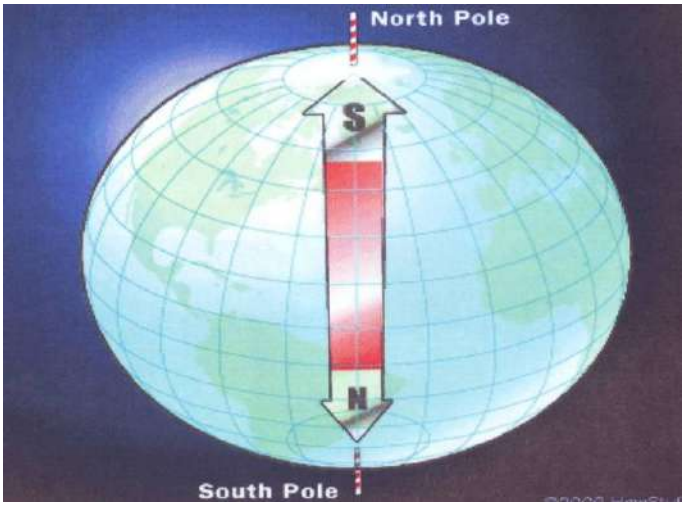
المغناطيسية وهي ظاهرة يتميز بها حجر المغناطيس الطبيعي أو المغناطيس الصناعي وهي واضحة جداً للعيان في ظاهرة الجذب لبعض المواد المعدنية كالحديد والكوبلت.

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 ، وكما هو موضح في الشكل (5-1).



شكل (5-1) 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 موضح في الشكل (5-2).



شكل (5- 2) الأقطاب المغناطيسية للأرض

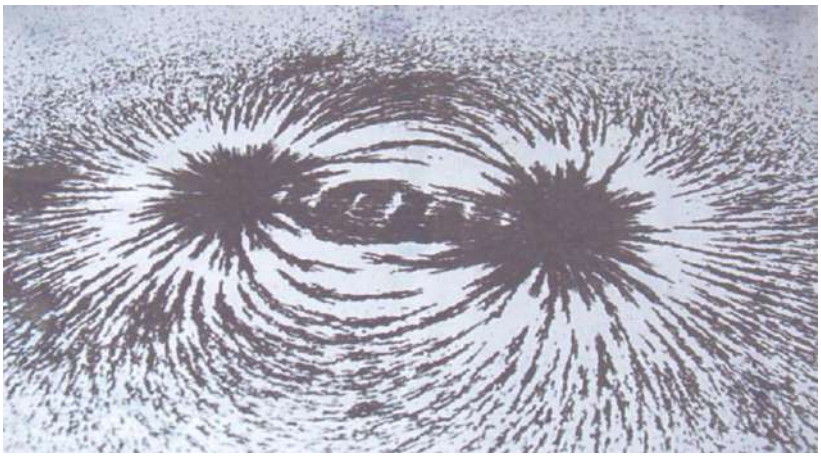
5. 3 خصائص المغناطيس (Specification of Magnet):

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.

4.5 المجال المغناطيسي (Magnetic Field):

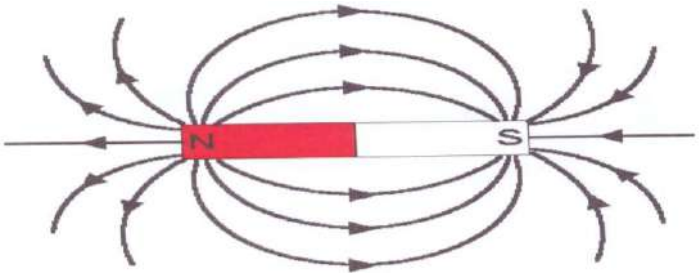
إن جميع المغانط الطبيعية والصناعية تولّد في الفضاء المحيط بها مجالاً مغناطيسياً يظهر فيه تأثير هذا المغناطيس على الأجسام الأخرى. فالمجال المغناطيسي هو المنطقة أو الحيز المحيط بالمغناطيس ويظهر فيها تأثيره على مواد معينة. ويمكن مشاهدة المجال المغناطيسي بنثر برادة الحديد على ورقة موضوعة على مغناطيس فأن جزيئات برادة الحديد ستترتب في خطوط مستقيمة وأخرى منحنية متكاثفة حول الأقطاب ومتباعدة بعيداً عنها تسمى بخطوط المجال، وكما موضح في الشكل (5-3).



شكل (5-3) توزيع برادة الحديد حول المغناطيس

تمتاز خطوط المجال المغناطيسي بما يأتي:

1. تُعتبر خطوطاً وهمية لا وجود حقيقي فيزياوي لها.
2. كل خط من الخطوط يشكل مساراً مغلقاً ينبع من القطب الشمالي ماراً بالمنطقة المحيطة بالمغناطيس ويدخل القطب الجنوبي ثم يكمل مساره داخل المغناطيس رجوعاً الى القطب الشمالي للنقطة التي خرج منها كما موضح في الشكل (5-4).
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 (5-4) خطوط المجال المغناطيسي

5. 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).

5. 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)

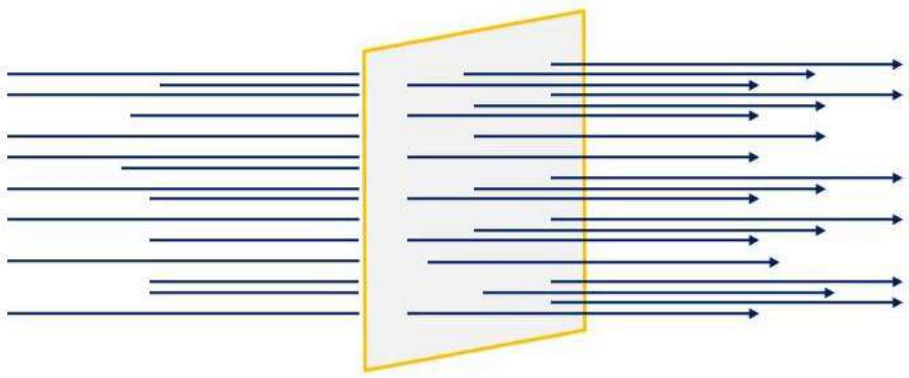
ويمكن إيجاد قيمة كثافة الفيض المغناطيسي من العلاقة التالية :

$$B = \frac{Ø}{A} \qquad Tesla = \frac{Wb}{M^2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1\text{-}5)$$

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

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

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



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

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

$$Ø = B \cdot A \qquad Wb \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2\text{-}5)$$

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:

$$\text{Ø} = B\,A\,\sin \text{Ø} \quad \text{Wb} \quad \ldots\ldots\ldots (3\text{-}5)$$

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

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

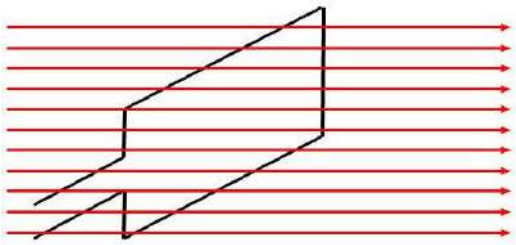
مثال (5-1) :

ملف على شكل مستطيل أبعاده (100 mm × 200 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 ($\text{Ø} = 90^\circ$)



$\sin \text{Ø} = \sin 90 = 1$

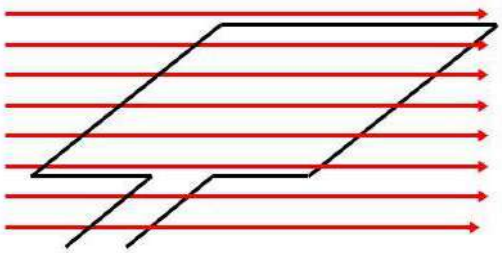
$\text{Ø} = B.\ A$

$A = 200 \times 10^{-3} \times 100 \times 10^{-3} = 0.02\ m^2$

$\text{Ø} = 0.05 \times 0.02 = 1 \times 10^{-3}\ Wb = 1\ mWb$

(أعظم نتيجة للفيض النافذ)

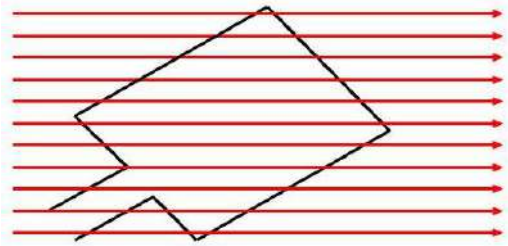
ب) عندما يكون الملف موازياً لخطوط المجال ($\text{Ø} = 0$)



$\sin \text{Ø} = \sin 0 = 0$

$\text{Ø} = 0$ (لايوجد فيض نافذ)

ج) 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 (5-2) :

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

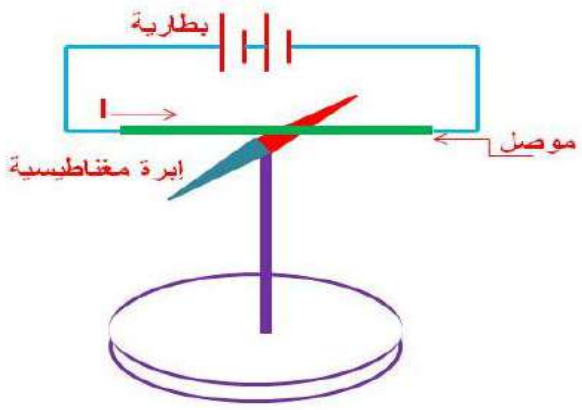
Ø = B . A Ø = 3 mWb $A = 0.15 \times 0.2 = 0.03\ m^2$

$$B = \frac{Ø}{A} = \frac{3\times 10^{-3}}{0.03} = \frac{0.003}{0.03} = 0.1\ Tesla$$

5. 7 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 موضح في الشكل (5–6) مما يدل على وجود مجال مغناطيسي حول الموصل. كما لاحظ ان 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.



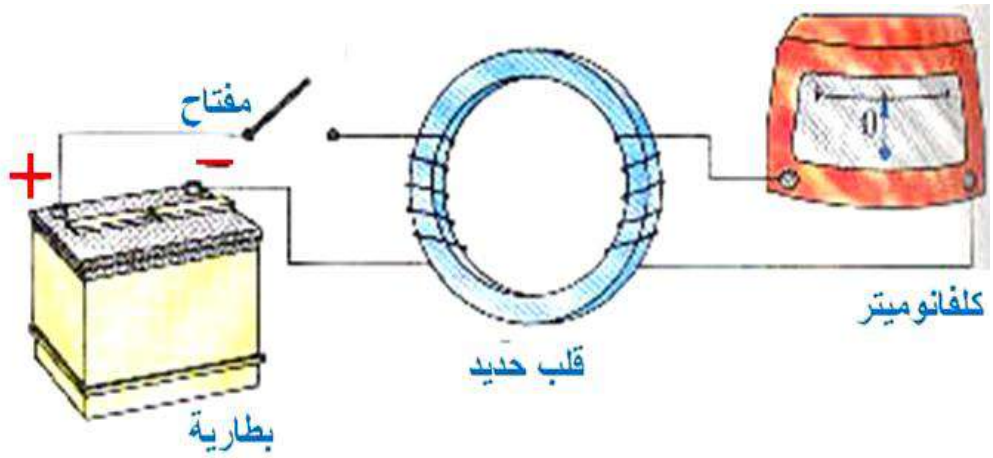
شكل (5 -6) انحراف الإبرة المغناطيسية بسبب مرور التيار الكهربائي في الموصل

8 .5 الحث الكهرومغناطيسى (Electromagnetic induction):

اكتشف العالم اورستيد تولد مجال مغناطيسي حول موصل يمر فيه تيار كهربائي . كما اكتشف العالم فارداي أنه يمكن أن يتولد تيار كهربائي من مجال مغناطيسي أي أنه يمكن الحصول على تيار كهربائي في دائرة مقفلة بتأثير مجال مغناطيسي متغير ويعرف ذلك بالحث الكهرومغناطيسي (عكس اكتشاف أورستد). وبذلك يمكن تعريف ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي وهي ظاهرة تولد قوة دافعة كهربائية محتثة وتيار محتث في موصل بتأثير المجال المغناطيسي.

8 .5.1 تجربة فاراداي (Faraday's experiment):

عند تغيير التدفق المغناطيسي الذي يجتاز ملفاً كهربائياً يتولد تيار كهربائي تأثيري لحظي (لحظة تغير التدفق) في دائرة الملف، ويعتمد اتجاه التيار على اتجاه هذا التغير بالزيادة أو النقصان، هذا ما لاحظه العالم مايكل فراداي وهو يقوم بتجربته التي استخدم فيها الدائرة الكهربائية الموضحة بالشكل (5-7).



شكل (5 -7) يوضح تجربة فاراداي

استخدم فاراداي ملفين حلزونيين، قام بتوصيل أحدهما (الملف الابتدائي) بدائرة كهربائية بها مفتاح كهربائي، ووصل الملف الآخر (الملف الثانوي بكلفانومتر).

وحيث أن الملف الثانوي غير موصول ببطارية، فإن أي سريان للتيار الكهربائي في الدائرة الثانوية يدل على وجود مؤثر خارجي قام بتوليد هذا التيار.

عندما قام فاراداي بإغلاق مفتاح الدائرة الكهربائية لاحظ انحراف مؤشر الكلفانومتر مما يدل على مرور تيار كهربائي في الدائرة الثانوية، وسبب ذلك هو المجال المغناطيسي المتغير المتولد في الملف الابتدائي وانتقاله الى الملف الثانوي عن طرق القلب الحديدي.

ان قانون فاراداي للحث يعد قانونا تجريبيا وينص على الاتي: الـ (ق.د.ك) المحتثة المتولدة في دائرة مغلقة تتناسب طرديا مع التغير الحاصل مع الفيض المغناطيسي الذي يقطع الدائرة في وحدة الزمن.

وبالتالي يمكن صياغة قانون فاراداي كما يأتي:

$$E = - \Delta\Phi/\Delta t \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4\text{-}5)$$

وإذا كان لدينا ملف سلكي عدد لفاته (N) فأن قانون فاراداي يصبح:

$$E=-N\ \Delta\Phi/\Delta t \quad \text{volts} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5\text{-}5)$$

حيث أن :

E: ق.د.ك المحتثة

N: عدد اللفات

$\Delta\Phi/\Delta t$: تغير الفيض المغناطيسي مع الزمن

والاشارة السالبة في القانون وضعت للدلالة على ان اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المحتثة يعاكس التغير في الفيض المغناطيسي الذي سبب حثا في الملف والتي منها يحدد اتجاه التيار المحتث في الدائرة وهو تفسير لقانون لينز.

مثال (5-3) :

أوجد معدل القوة الدافعة الكهربائية الناشئة في ملف عدد لفاته (10) لفة اذا كان الفيض المغناطيسي (0.02) ويبر قاطعا الملف خلال (0.001) ثانية.

الحل :

$$E = -N\ \Delta\Phi/\Delta t = -10 \times 0.02/0.001 = - 200\ V$$

مثال (5-4) :

موصل مقدار الفيض المغناطيسي المتكون دورانه داخل مجال مغناطيسي منتظم (3×10^{-4}) ويبر، أحسب عدد لفاته اذا كان مقدار (ق.د.ك) المحتثة (0.45)فولت خلال فترة زمنية قدرها (0.01) ثانية.

الحل :

$$E = -N\ \Delta\Phi/\Delta t$$

$$- 0.45 = - N \times 3 \times 10^{-4} / 0.01$$

$N = 0.45 \times 0.01 / 3 \times 10^{-4}$

N = 15 لفة

5.2. 8 قانون لينز (Lenz's law):

ينص قانون لينز انه عند سريان تيار كهربائي متغير في ملف ما فانه يسبب نشوء فيض مغناطيسي متغير يقطع لفات الملف ويسبب تولد قوة دافعة كهربائية عكسية في ذلك الملف وهذه القوة الدافعة الكهربائية تسبب سريان تيار كهربائي باتجاه معاكس لاتجاه التيار الاول (تيار المصدر) وانه بواسطة هذا القانون يمكن تحديد اتجاه (ق.د.ك) المحتثة.

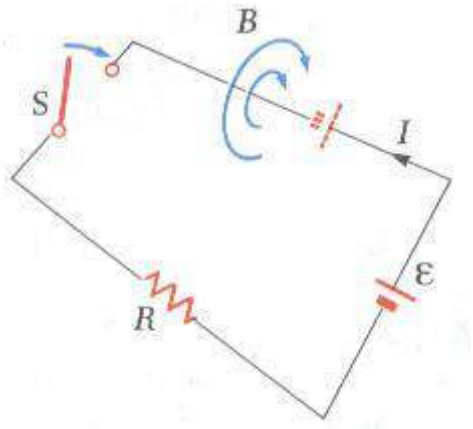
5. 9 انواع الحث (Types of induction):

الحث هو ظاهرة فيزيائية تُعنى بتوليد تيار كهربائي في دائرة كهربائية نتيجة لتغير المجال المغناطيسي المحيط بها. تُصنف أنواع الحث إلى نوعين رئيسيين هما الحث الذاتي والحث المتبادل. هذه الأنواع تلعب دوراً أساسياً في تصميم وتطوير المحولات والمحركات الكهربائية والأجهزة الإلكترونية الأخرى.

5.1. 9 الحث الذاتي (L) (Self Inductance):

ان التيار الذي ينشأ في الدائرة الكهربائية عندما سيولد فيض مغناطيسي يتغير مع الزمن. فالحث الذاتي ينشأ بسبب التغير في قيمة الفيض المغناطيسي نتيجة لزيادة التيار في الدائرة الكهربائية. حيث أن التيار يتغير باستمرار مع الزمن.

افترض دائرة كهربائية مكونة من مصدر تيار وملف ومفتاح كهربائي، وكما موضح في الشكل (5-8).



شكل (5 -8) يوضح تغير الفيض المغناطيسي

عند غلق المفتاح في الدائرة الكهربائية يحدث الاتي:

1 - يزداد التيار المار في الدائرة مع الزمن.

2 - يزداد الفيض المغناطيسي خلال الدائرة نتيجة لازدياد التيار.

3 - الفيض المتزايد يؤدي إلى توليد قوة دافعة كهربائية في الدائرة ليعاكس الزيادة في الفيض المغناطيسي حسب قانون لينز (Lenz's Law).

$$E = - N\Delta\Phi / \Delta t$$

هذه القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الدائرة تعمل في عكس اتجاه التيار الأصلي وهذا نتج عن الزيادة في الفيض المغناطيسي نتيجة لزيادة التيار عند غلق المفتاح، هذا التأثير في الدائرة يعرف باسم التأثير الحثي الذاتي (Self Induction) .

من قانون فاراداي يمكننا من ايجاد صيغة رياضية للتعبير عن الحث الذاتي .حيث ان الفيض المغناطيسي يتناسب مع المجال المغناطيسي والاخير يتناسب مع التيار في الدائرة لذا فإن القوة الدافعة الكهربائية للحث الذاتي تتناسب مع التغير في التيار الكهربائي.

$$\mathbf{E = - L(\Delta I / \Delta t)} \quad \mathbf{\ldots\ldots\ldots (6-5)}$$

حيث ان:

L : معامل الحث الذاتي للملف ويعتمد على شكل الملف ومادة قلب الملف وطوله وعدد لفاته ووحدته الهنري Henry (H). ويحسب معامل الحث الذاتي من المعادلة الاتية :-

$$\mathbf{L = N\,\Delta\Phi / \Delta I} \quad \mathbf{\ldots\ldots\ldots (7-5)}$$

مثال (5-5) :

اوجد قيمة معامل الحث الذاتي لملف عدد لفاته (300) لفة عندما يتغير التيار المار فيه من (2 الى 2.8) A مسببا تغيرا في الفيض المغناطيسي (من 200 الى 224) µWb.

الحل :

$$L = N\,\Delta\Phi / \Delta I$$

$$L = 300 \times (224 - 200)\ 10^{-6} / (2.8 - 2) = 0.009\ H$$

مثال (6-5) :

ملف ذو 500 لفة ملفوف حول حلقة معامل الحث الذاتي له (0.5) H والفيض المغناطيسي المتكون يتغير من (0.5 -0.7) mWb احسب ما يلي :

1. التغير في التيار.
2. ق.د.ك الناشئة خلال (0.01) Sec .

الحل:

$L=N\ \Delta\Phi/\Delta I$ (1

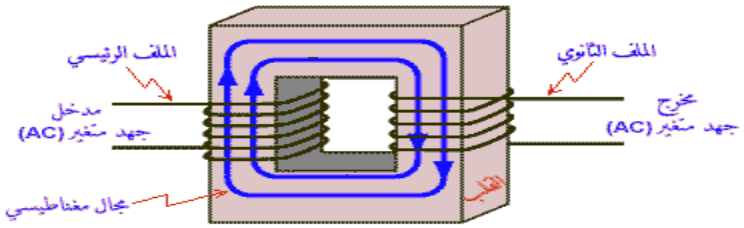
$\Delta I = N/L\ \Delta\Phi = 500 \times (0.7 - 0.5) \times 10^{-3} / 0.5 = 0.2\ A$

$E = - L\ \Delta I/\Delta t\ = - 0.5 \times 0.2 / 0.01 = -10\ V$ (2

5.2. 9 الحث المتبادل (Mutual Inductance) (M):

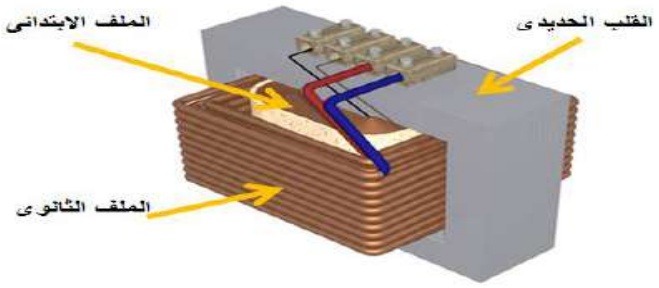
يقصد بها الفولتية الناتجة في إحدى الدوائر نتيجة التغير في تيار دائرة مجاورة لها، حتى لو لم يكن هناك اتصال مباشر بين الدائرتين، ويعتبر المحول الكهربائي أفضل مثال للحث المتبادل ،حيث يتم ربط الملف الابتدائي الى مصدر للفولتية وعند مرور التيار الكهربائي في هذا الملف سيتولد مجال مغناطيسي يمر في القلب الحديدي وسيقطع الملف الثانوي وستتولد قوة دافعة كهربائية محتثة .ويكون وضع الملفات فى المحولة الكهربائية على نوعين :

1– يكون كل ملف على عمود من أعمدة المحولة حيث ينتقل الفيض المغناطيسى من الملف الاول الى الملف الثاني عن طريق القلب الحديدي مولدا فيه قوة دافعة كهربائية ، وكما موضح فى الشكل (5– 9).



شكل (5 -9) ملفات المحولة على الجانبين

2 – يكون كلا الملفين على العمود الاوسط من المحولة حيث يعمل الفيض المغناطيسي في الملف الداخلي على توليد فولتية في الملف الخارجي عن طريق الحث المتبادل، وكما موضح فى الشكل (5 – 10).



شكل (5 -10) الملفين الابتدائي والثانوي على العمود الوسط

يمكن حساب معامل الحث المتبادل لملفين من خلال القانون التالي:

$$M = K\sqrt{L_1 L_2} \qquad \ldots\ldots\ldots (8-5)$$

حيث ان:

M: معامل الحث المتبادل ويقدر بالهنري

K: كمية ثابتة وتسمى معامل ازدواج الملفين وتكون مجردة من الوحدات واقل من الواحد

ويعرف بانه مدى الجودة في العلاقة المغناطيسية الموجودة بين الملفين.

وتحسب القوة الدافعة الكهربائية في الملفات من القانون الاتي:

$$E = M\,\Delta I/\Delta t \qquad \ldots\ldots\ldots (9-5)$$

حيث $\Delta I/\Delta t$ هو معدل تغير التيار مع الزمن.

وتحسب الفولتية في كلا الملفين من المعادلات الأتية:

$$E_1 = M\,\Delta I_2/\Delta t_2 \qquad \ldots\ldots\ldots (10-5)$$

$$E_2 = M\,\Delta I_1/\Delta t_1 \qquad \ldots\ldots\ldots (11-5)$$

مثال (5-7) :

ملفان متجاوران يسري في الاول تيار شدته (0.5) A ويتغير بمعدل (0.01) sec فاذا كان معامل الحث المتبادل لكلا الملفين (0.15) H احسب القوة الدافعة الكهربائية التي تنشا في الملف الثاني.

الحل:

$$E_2 = M_{1\,2}\,\Delta I_1/\Delta t_1 = 0.15 \times 0.5 / 0.01 = 7.5\ V$$

مثال (5-8) :

ملف يحتوي على 200 لفة يسرى فيه تيار كهربائي مقداره (0.5) A مسببا نشوء فيض مغناطيسي مقداره (1.5) mWb بمعدل (0.01) sec وضع مجاورا لملف ثان ذي (50) لفة ويتغير فيه التيار بمعدل (0.2) A مسببا تغيرا في الفيض المغناطيسي بمقدار (2) mWb بمعدل (0.015) sec ، احسب الحث المتبادل والقوة الدافعة الكهربائية التي تنشا في كل من الملفين بسبب الحث المتبادل.

الحل:

معامل الحث الداني في الملف الاول $L_1 = N_1\,\Delta\Phi_1/\Delta I_1 = 200 \times 1.5 \times 10^{-3} / 0.5 = 0.6\ H$

معامل الحث الداني في الملف ا الثاني : $L_2 = N_2\,\Delta\Phi_2/\Delta I_2 = 50 \times 2 \times 10^{-3} / 0.2 = 0.5\ H$

الحث المتبادل في الملفين، (اعتبر K=1)

$$M = K\sqrt{L_1 L_2}$$

$$M = \sqrt{0.6x0.5} = \sqrt{0.3} = 0.548\ H$$

ق.د.ك في الملف الاول:

$$E_1 = M\ \Delta I_2/\Delta t_2$$

$$E_1 = 0.2 \times 0.548 / 0.015 = 7.31\ V$$

ق.د.ك في الملف الثاني:

$$E_2 = M\ \Delta I_1/\Delta t_1$$

$$E_2 = 0.5 \times 0.548 / 0.01 = 27.4\ V$$

5. 10 الملف (Inductor):

الملف عبارة عن سلك ملفوف وعند سريان التيار في هذا السلك فإنه يقوم بتخزين طاقة مغناطيسية (ليست طاقة كهربائية)، هذه الطاقة المغناطيسية تعمل على مقاومة أي تغيير بالتيار الذي يسري بالملف، وتسمى هذه الظاهرة بالحث الذاتي، ونرمز للملف، وكما هو موضح بالشكل (5-14).

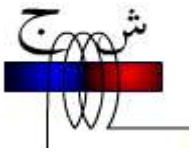
شكل (5 – 14) رمز الملف

ويمكن تصنيف الملفات وفقاً للمادة التي تشغل الحيز داخل الإطار الداخلي للملف الى:

1 – ملفات ذات قلب هوائي :هي الملفات التي يشغل الهواء ما بداخل إطارها الداخلي (ما بداخل قلبها)، والحث الذاتي لمثل هذه الملفات صغير، وكما هو موضح بالشكل (5-15).

شكل (5 – 15) الملف ذو القلب الهوائي

2 – ملفات ذات القلب الحديدي: هي تلك الملفات التي يوضع داخلها قلب حديدي، وفيها يتركز المجال المغناطيسي داخل وحول الملف، ولا يتسرب كثيراً خارجه، وبالتالي يزيد من حث الملف، قد يصل حث مثل هذا النوع من الملفات إلى 10 هنري، وكما هو موضح بالشكل (5-16).



شكل (5 – 16) الملف ذو القلب الحديدي

وللملفات استخدامات عديدة منها:

1 - تستخدم الملفات أو المحاثات مع المكثفات في العديد من أجهزة الاتصالات اللاسلكية لمنع مرور الإشارات الكهربائية الغير مرغوب فيها.

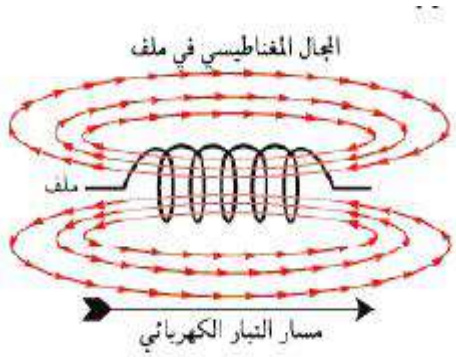
2 - تساعد الملفات في عمليات تنعيم وتنقية التيار المتردد المقوّم لإعطاء تيار مستمر نقي من الشوائب.

3 - تخزين الشحنات السالبة على هيئة مجال مغناطيسي يساعد في التغذية العكسية للدوائر الرقمية.

عندما يمر تيار في سلك ينشأ حول هذا السلك مجال مغناطيسي ، يتزايد هذا المجال بتزايد التيار المار في السلك، وكما هو موضح في الشكل (5 -11).

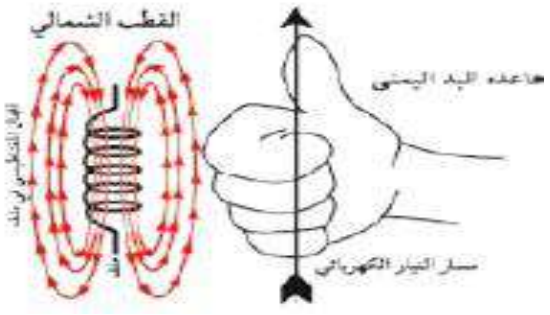
شكل (5 – 11) نشوء مجال مغناطيسي فى سلك يسري فيه تيار كهربائي

بينما عندما يمر تيار في ملف يعطي مجالاً مغناطيسيا في اتجاه معيّن محدد مسبقا من قبل المصمم، وكما هو موضح في في الشكل (5 - 12).



شكل (5 – 12) مرور تيار كهربائي في ملف

وتخضع اتجاهات التيار واللف والمجال المغناطيسي لقاعدة اليد اليُمنى والتي تنص: إذا وضع الملف في يدك اليُمنى بحيث تلتف الاصابع حول الملف في نفس اتجاه مرور التيار فإن أصبح الإبهام يشير إلى اتجاه المجال داخل الملف وإلى القطب الشمالي للمغناطيس المؤقت الذي يصنعها هذا الملف، وكما موضح في الشكل (5 -13).



شكل (5 – 13) قاعدة اليد اليمنى في تحديد اتجاه القطب الشمالي للمجال المغناطيسي

5. 11 الطاقة المخزونة في الملف (Energy stored in the coil):

نحن نعلم ان المجال الكهربائي في الفراغ هو عبارة عن طاقة كهربائية في صورة مجال، كذلك الحال بالنسبة للمجال المغناطيسي، ويعبرعن معادلة الطاقة المخزونة في الملف بما يلي:

$$E = \frac{1}{2} LI_m^2 \quad \ldots\ldots\ldots (12 - 5)$$

حيث أن :

E : الطاقة المخزونة في الملف(جول) .

L : معامل الحث الذاتي للملف(هنري).

Im : القيمة العظمى للتيار (امبير).

مثال (5-9) :

ملف حثه الذاتي H (0.5) متصل بمصدر فولتية قدره (20) فولت احسب الطاقة المخزونة في الملف اذا امرر فيه تيار قدره (3) امبير.

الحل:

$$E = 1/2\ LI_m^2$$

$$E = 1/2 \times 0.5 \times (3)^2 = 2.23 \quad J$$

أسئلة الفصل الخامس

س1 / عرف ما يأتي:

1- كثافة الفيض المغناطيسي. 2- المغناطيسية. 3- قانون فاراداي. 4- قانون لينز. 5- الحث المتبادل

س2/ ما المقصود بالمجال المغناطيسي؟ وماهي مزايا خطوط المجال المغناطيسي؟

س3 / ما العوامل التي تعتمد عليها معامل الحث الذاتي للملف؟ وكيف يحسب؟

س 4/ ماهي استخدامات الملفات؟

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.

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°).

(ج : 9.375 mWb)

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.

(ج : 1 T)

س8/ 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 .

(ج : 5v)

س9/ ملفان متجاوران يسري في الاول تيار شدته 0.4 امبير ويتغير بمعدل 0.02 ثانية فاذا كان معامل الحث المتبادل لكلا الملفين 0.15 هنري احسب القوة الدافعة الكهربائية التي تنشا في الملف الثاني .

(ج : 3 V)

س10/ ملف مغناطيسي محاثته 500 ملى هنري ومقاومته الكلية 50 اوم عندما يكون فرق الجهد على طرفيه 230 فولت احسب الطاقة المخزونة في مجاله المغناطيسي .

(ج: 5.29J)

الفصل السادس

ا الطاقة المتجددة

A renewable Energy

الاهداف:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على:

1- الطاقة المتجددة (الطاقة النظيفة) ومميزاتها.

2- أنواع الطاقة المتجددة.

3- فوائد الطاقة المتجددة.

الفصل السادس

الطاقة المتجددة A renewable Energy

1 .6 تمهيـد (Introduction):

الطاقة هي احـــدى المقومـات الرئيسة للمجتمعات المتحضرة ونحتاج اليها في تسيير حياتنا اليومية حيث تستعمل الطاقة في تشغيل كثير من المصانع وفي تحريك وسائط النقل المختلفة وفي تشغيل الادوات المنزلية وغير ذلك من الاغراض .ونحن نعيش الان مرحلة العد التنازلي لمصادر الطاقة الحفورية من فحم وغاز ونفط وهذه المصادر التي اسهمت بشكل فعال في تشكيل نمط حياتنا الحالية فضلا عن محدودية هذه المصادر فان مشكلة التلوث المرافقة لاستعمالها تتزايد يوما بعد يوم، وقد بذلت وما زالت تبذل محاوالت كثيرة للبحث عن مصادر بديله للطاقة تكون اكثر ديمومة من مصادر الطاقة االحفورية القابلة للنفاذ، وهذه المصادر هي مصادرالطاقة المتجددة (الطاقة البديلة).

2 .6 الطاقة المتجددة (A renewable Energy):

الطاقة المتجددة هي نوع من أنواع الطّاقة التي لا تنضب ولا تنفد، وتشير تسميتها إلى أنّها كلما شارفت على الانتهاء تتواجد مجدّداً، ويكون مصدرها أحد الموارد الطبيعيّة، كالرّياح، والمياه، والشّمس.

أهم ما يميزها أنّها طاقة نظيفة وصديقة للبيئة كونها لا تخلّف غازات ضارّة كثاني أكسيد الكربون، ولا تؤثّر سلباً على البيئة المحيطة بها، كما أنّها لا تلعب دوراً ذا أثر في مستوى درجات الحرارة. ومصادر الطاقة المتجدّدة تُعتبر متناقضةً تماماً مع مصادرها غير المتجدّدة؛ كالغاز الطبيعي، والوقود النّووي؛ حيث تؤدّي هذه المصادر إلى الاحتباس الحراري، وإطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون عند استخدامها. وانطلاقاً من مدى أهمية الطّاقة المتجدّدة، ظهر في الآونة الأخيرة نوع جديد من الأعمال تحت مسمّى تجارة الطّاقة المتجدّدة، وتركزت جلّ أعمالها على تسخير مصادر الطّاقة المتجدّدة، واستغلالها لتكون مصدراً مدراً للدخل والنّفع المادي، وذلك من خلال التّرويج لها، وعلى الرّغم ممّا تعاب به كيفيّة استغلال الطّاقة المتجدّدة، من كلفة عالية، وعدم توفّر الآليات والتّقنيات اللازمة بشكل كافٍ، إلّا أنّ هناك عدداً كبيراً من الدّول التي تستعدّ للبدء بمشاريع استثمارية للطاقة المتجدّدة، مع الحرص على رسم أبعاد سياسات هذه المشاريع، والعمل على تطويرها وتنميتها.

3 .6 مميزات الطاقة المتجددة (Advantages of Renewable Energy):

هناك مجموعة من الميّزات التي تتمتّع بها الطاقة المتجدّدة، وتجعلها مصدراً مميّزاً للطاقة، وأهمّها:

1 - تواجد الطّاقة المتجدّدة بشكل جيّد في كافّة أنحاء العالم ، وتكون قابلةً للتجدّد مرّةً أخرى.

2 - تعتبر الطّاقة المتجدّدة صديقةً للبيئة ونظيفةً.

3 - تمتاز بأنّها طاقة اقتصاديّة جدّاً.

4 - تعدّ عاملاً مهمّاً في التّنمية البيئيّة، والاجتماعيّة، وكافّة المجالات.

5 - تساعد على خلق فرص عمل جديدة.

6 - تساعد على التّخفيف من أضرار الانبعاثات الغازيّة والحراريّة.

7 - تمنع هطول الأمطار الحامضيّة الضارة.

8- تحدّ من تجمّع النّفايات بكلّ أشكالها.

9- تخليّ المزروعات من الملوّثات الكيميائيّة، وبالتّالي ترفع الإنتاجيّة الزراعيّة.

10 - تستخدم تقنيات غير معقّدة، ويمكن تصنيعها محليّاً في الدّول النّامية.

4 .6 أنواع الطاقة المتجددة (Types of Renewable Energy):

تأتي الطّاقة المتجدّدة من عدّة مصادر، ولها أنواع مختلفة، ويمكن تقسيمها إلى عدّة تصنيفات أهمها:

4 .6.1 الطّاقة الشمسيّة (Solar Energy):

تُعتبر الأشعة الصّادرة من الشمس وما تحمله معها من حرارة وضوء مصدراً للطاقة الشمسيّة، حيث استغلهما الإنسان في مصالحه، وسخّرهما بالاعتماد على وسائل وتقنيات تكنولوجيّة. ويمكن الاستفادة من الشّمس في توليد الطّاقة الحراريّة والكهربائيّة، فأمّا الطّاقة الكهربائيّة فيمكن توليدها من خلال الطّاقة الشمسيّة باستخدام المحرّكات الحراريّة، وألواح الخلايا الضوئيّة الجهديّة، والمحوّلات الفولتوضوئيّة. وقد تمّ استخدام الطّاقة الشمسيّة في عصر ما قبل التّاريخ، وذلك في عام 212 ق. م قام أرشميدس بحرق الأسطول الرومانيّ، وذلك من خلال تسليط ضوء الشّمس عليه من مسافة بعيدة، مستخدماً في ذلك المرايا العاكسة. وفي عام 1888 توصل وستون إلى طريقة لتحويل الطّاقة الشمسيّة إلى طاقة ميكانيكيّة، وذلك باستخدام ما يسمّى بعمليّة الازدواج الحراريّ، حيث قام بتوليد

جهد بين نقط الاتصال السّاخنة والباردة بين معدنين مختلفين، كالنّيكل والحديد مثلاً. والشكل رقم (6-1) يوضح عدد من الخلايا الشمسية.

شكل (6 – 1) خلايا انتاج الطاقة الشمسية

ويمكن تعريف الخلايا الشمسية بأنها عبارة عن محوّلات فولتوضوئيّة تقوم بتحويل ضوء الشمس المباشرالى كهرباء. وتعد تكنولوجيا الطاقة الشمسية أحد اهم الاساليب المتبعة علميا التي يحتاجها الانسان في حياته اليومية . وقد شهد هذا القطاع تطورات تقنية وتصاميم هامة جدا اهلته ان يكون في طليعة مصادر الطاقة المتجددة .تتميز الطاقة الشمسية بسهولة توفرها في الكثير من بقاع العالم وخلوها من أي تاثيرات سلبية على البيئة حيث لاتتسبب في انطالق غازات أو مواد كيميائية ضارة بالبيئة أوالانسان.

4 .6.1.1 انواع الطّاقة الشمسيّة (Types of Solar Energy):

تنقسم الطاقة الشمسية الى نوعين اساسيين هما:

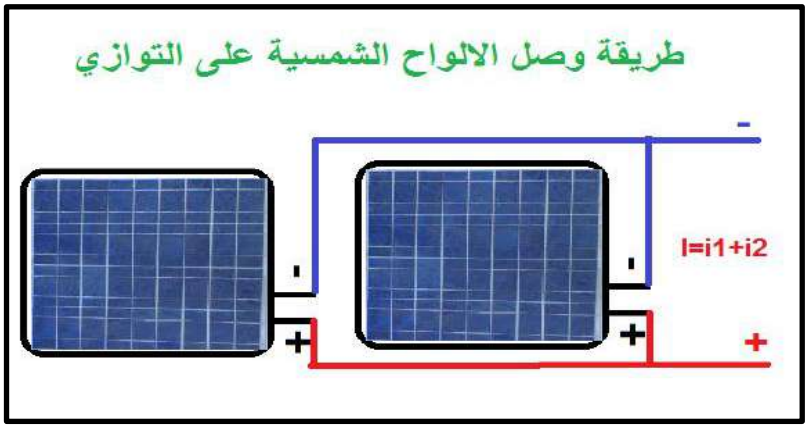
1- الطاقة الشمسية الكهروضوئية (Photovoltaic Solar Power):- يتم تسخير هذه الطاقة بواسطة الألواح الكهروضوئية والخلايا الكهروضوئية التي تملك القدرة على امتصاص الطاقة الكامنة في الإشعاع الشمسي والمتمثلة بالفوتونات فتقوم عند تعرضها للإشعاع الشمسي بإنتاج طاقة كهربائية.

2 - الطاقة الشمسية الحرارية (Thermal Solar Power):- يتم الاعتماد على الطاقة الحرارية الناتجة عن الإشعاع الشمسي وذلك في عدة تطبيقات إما لتوليد الطاقة الكهربائية عن طريق تسخين سوائل بواسطة عواكس شمسية لتقوم بدورها بتسخين البخار الذي يساهم في تدوير توربينات غازية لتوليد الطاقة الكهربائية أو لتخزين

الطاقة الكهربائية عن طريق توجيه الإشعاع الشمسي بالعواكس نحو أبراج تحتوي سوائل قادرة على الاحتفاظ بالحرارة ليتم توجيهها لاحقاً لتوليد الطاقة الكهربائية.

4 .6.1.2 مكونات محطة التوليد بواسطة الطاقة الشمسية (Solar Power Plant Components):

1- اللوحة الشمسية (Solar Panel): هي عبارة عن رقائق أشباه الموصلات الكهروضوئية التي تستخدم ضوء الشمس لتوليد الكهرباء مباشرة. لا يمكن استخدام خلية شمسية واحدة مباشرة كمصدر للطاقة، وللحصول على إمدادات الطاقة، يجب أن تكون مرتبطة عدة سلاسل للخلايا الشمسية الفردية بالتوازي ومختومة بإحكام لتشكيل وحدة متكاملة، وكما موضح في الشكل (6-2).



شكل (6 – 2) وصل الالواح الشمسية على التوازي

2- منظم الشحن (Charge Controller): يعد منظم الشحن الشمسي أحد أهم مكونات منظومة الطاقة الشمسية، فمن دونه لا يمكن شحن البطاريات الكهربائية أو إدخال جهد مستمر ثابت القيمة على مدخل الانفيرتر لتحويله إلى تيار متردد من أجل تشغيل الأحمال الكهربائية، وكما موضح في الشكل (6-3).

شكل (6 – 3) منظم الشحن

3 - المحول (المذبذب أو العاكس) (Inverter): الانفيرتر (العاكس) هو جهاز وظيفته تحويل تيار الكهرباء المستمر DC القادم من الألواح او البطاريات الي تيار متردد (AC 110/ 220/ 380) لتشغيل أجهزة المنزل أو المضخات أو ربط نظام الطاقة الشمسية بشبكة الكهرباء الوطنية، وكما موضح في الشكل (6-4).

شكل (6 – 4) العاكس (الانفيرتر)

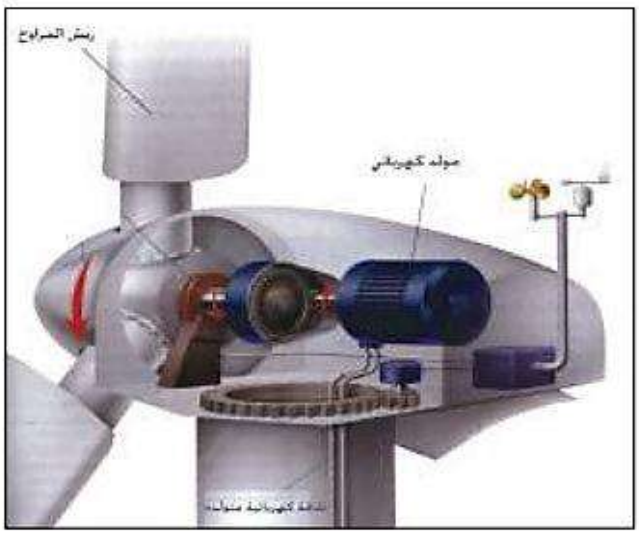
4 - البطارية (Batteries): ان بطاريات الطاقة الشمسية وظيفتها تخزين الطاقة الكهربائية التي ولدتها الألواح اثناء سطوع الشمس في ساعات النهارو نستخدم هذه الطاقة الكهربائية المخزنة اثناء فترة غياب الشمس بالمساء، وكما موضح في الشكل (6-5).

شكل (6 – 5) البطارية

6.2. 4 طاقة الرّياح (Wind Energy):

يلجأ الإنسان إلى الاعتماد على توربينات الرّياح لاستخراج الطّاقة من الرّياح، وتوليد الطّاقة الكهربائيّة منها، كما تستخدم طاقة الرّياح لإنتاج الطّاقة الميكانيكيّة فيما يُسمّى بطواحين الهواء. وما يقارب 2% من ضوء الشّمس الذي يسقط على سطح الكرة الأرضيّة، يتحوّل إلى طاقة حركة للرياح. وتعدّ هذه كميّةً هائلةً من الطّاقة، والتي تفيض عن حاجة العالم من الاستهلاك في أيّ عام من الأعوام. ولطاقة الرّياح استخدامات متعدّدة، من أبرزها: ضخّ المياه باستخدام طاقة مضخّات الرّياح؛ فمضخّات الرّي التي تعمل بالرّياح منتشرة بكثرة في أستراليا، وأجزاء من أفريقيا، وآسيا، وأمريكا اللاتينية. وربّما يتمّ استخدام طاقة الرّياح قريباً في توليد الكهرباء في المزارع والمنازل، وذلك بتكلفة أقلّ من تكلفة استخدام الوقود. وفي تحريك السّفن ودفع أشرعتها. وتمتاز بأنّها يمكن الاعتماد عليها تماماً كبديل جيّد للوقود الأحفوري، وتتوفّر بشكل دائم ومتجددّ باستمرار، وتعتبر من أكثر مصادر الطّاقة النّظيفة والصّديقة للبيئة.

أن مبدأ عمل تقنية الرياح يعتمد على استثمار قوة الرياح في تدوير المروحة الهوائية اذ تؤثر الرياح بقوة وتحرك ريش المراوح وتجعلها تدور، وتتصل المروحة مع مولد كهربائي فتدور نواة المولد وتتولد نتيجة لذلك الطاقة الكهربائية ، وكما موضح في الشكل (6-6) علما ان حركة الهواء متغيرة حسب المواقع فتكون سريعة في المناطق الساحلية والمناطق الصحراوية.



شكل (6 – 6) البطارية

مصدر طاقة الرياح يعتمد على سرعة الرياح والتي يجب ان تكون بمعدلات لاتقل عن 5.4 m/ s وعلى ان يجري هبوبها لساعات طويلة خلال اليوم، لاحظ الشكل (6-7) والذي يوضح طاقة الرياح لطواحين هوائية.

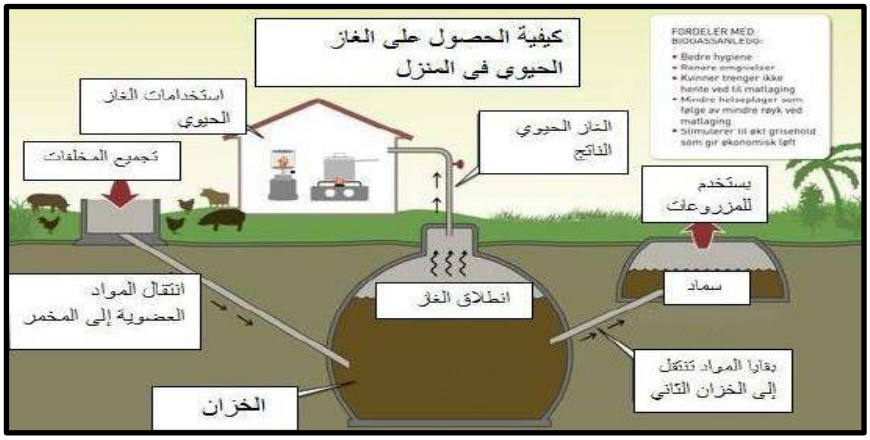
شكل (6 – 7) طاقة الرياح لطواحين هوائية

6.3. 4 طاقة التوليد باستخدام الغاز الحيوي (Biogas):

يعتبر الغاز الحيويّ منافساً قويّاً للنفط في ضوء ارتفاع أسعاره، ممّا يؤدّي إلى المساهمة بشكل فعّال في خفض أسعار النّفط واعتدالها، كما أنّه يلعب دوراً في توفير إمدادات صحيّة مستمدّة من مصادر الطّاقة البديلة.

ينتج الغاز الحيوي (Biogas) بشكل طبيعي من تحلل النفايات العضوية، ويحدث ذلك عندما تتواجد المادة الحيوية مثل بقايا الطعام أو فضلات الحيوانات في بيئة عديمة الأوكسجين (بيئة لاهوائية - Anaerobic Environment) وينتج عن ذلك خليط من الغازات يشكل الميثان وغاز ثنائي أوكسيد الكربون القسم الأكبر منها. وكون هذه العملية تتم في غياب الهواء فتسمى بالهضم اللاهوائي.

يمكننا اليوم إنتاج الغاز الحيوي بشكل آلي عن طريق إحداث التفاعل ويتم استخدام الغاز الناتج في توليد الطاقة الكهربائية وتعتبر هذه الطريقة في إنتاج الطاقة الكهربائية من طرق إنتاج الطاقة المتجددة حيث يمكننا الحصول على المادة الحيوية بشكل دائم، وكما موضح في الشكل (6-8).

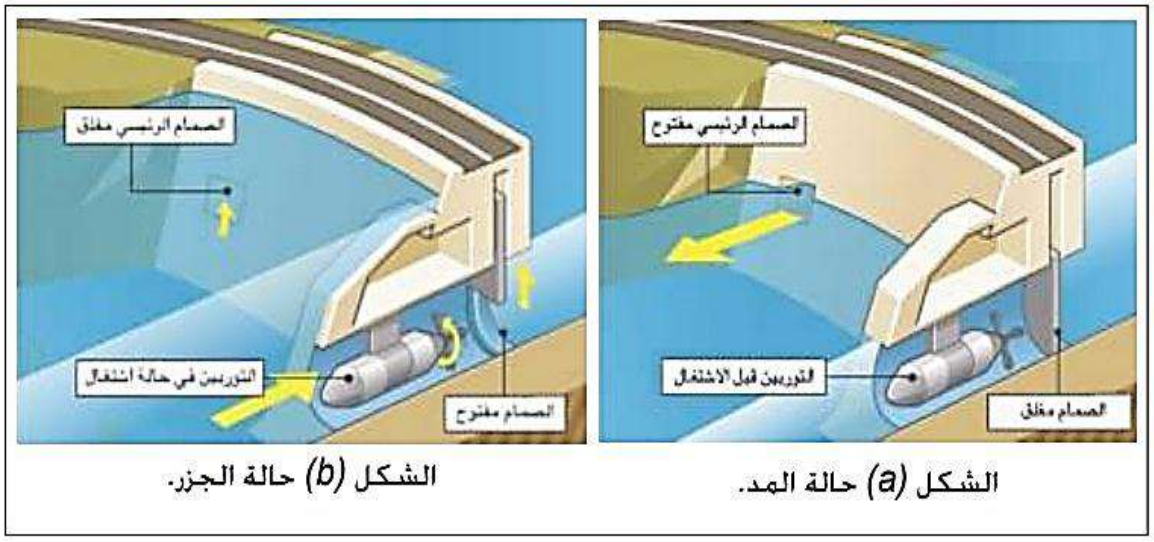


شكل (6 – 8) كيفية الحصول على الغاز الحيوي

4 .6.4 طاقة ظاهرتي المدّ والجزر (Biogas):

يعتمد هذا النّوع من الطّاقة المتجدّدة على ظاهرتي المدّ والجزر، واللتان تحدثان تحت تأثير الجاذبية بين القمر والشّمس، ودورة الكرة الأرضيّة حول محورها، ويتمّ استغلال هاتين الظاهرتين بالاعتماد على التّيارات المخزّنة في المياه خلال فترة حدوث ظاهرتي المدّ والجزر، وتُستخدم في كثير من الدول لتوليد الكهرباء، ويتم ذلك من خلال بناء السّدود أو التوربينات؛ وذلك للاستغناء بعض الشّيء عن محطات الطّاقة الحراريّة، للحدّ من التّلوث النّاجم عن استخدامها بفعل الفحم أو البترول.

تقوم الفكرة على ان منسوب الماء يرتفع وقت المد كما موضح في الشكل (9-6-a) وينخفض وقت الجزر كما موضحفي الشكل (9-6-b) في البحار والمحيطات وفي ضوء ذلك يشكل فارق ارتفاع وانخفاض منسوب المياه وحركته مصدرا كبيرا للطاقة إذا اخذنا بنظر الاعتبارملاين الامتارالمكعبة التي تتعرض لهذه الحركة حيث يمكن الافادة منها في تشغيل التوربينات لتوليد الطاقة الكهربائية.

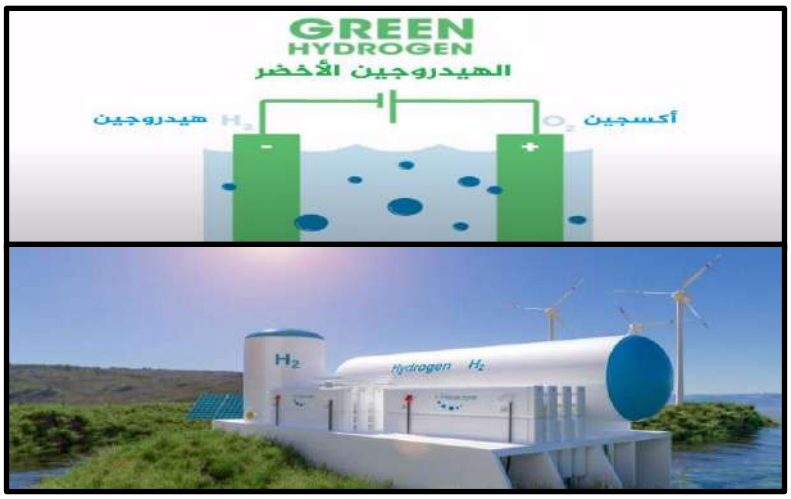


شكل (6 – 9) كيفية الحصول على الغاز الحيوي

4 .6.5 طاقة غاز الهيدروجين الاخضر (Green Hydrogen energy):

يتم انتاج غاز الهيدروجين الاخضر عن طريق استخدام التحليل الكهربائي (الفصل الكهربائي) للماء الى عنصري الهيدروجين والاوكسجين حيث يمكن استخدام مصادر الطاقة المتجددة لانتاج غاز الهيدروجين لوقت الاحتياج مثلاً استخدام جزء من الطاقة الشمسية اثناء ساعات النهار لانتاج غاز الهيدروجين واثناء الليل يمكن استخدام غاز الهيدروجين كمصدر بديل لانتاج الطاقة الكهربائية.

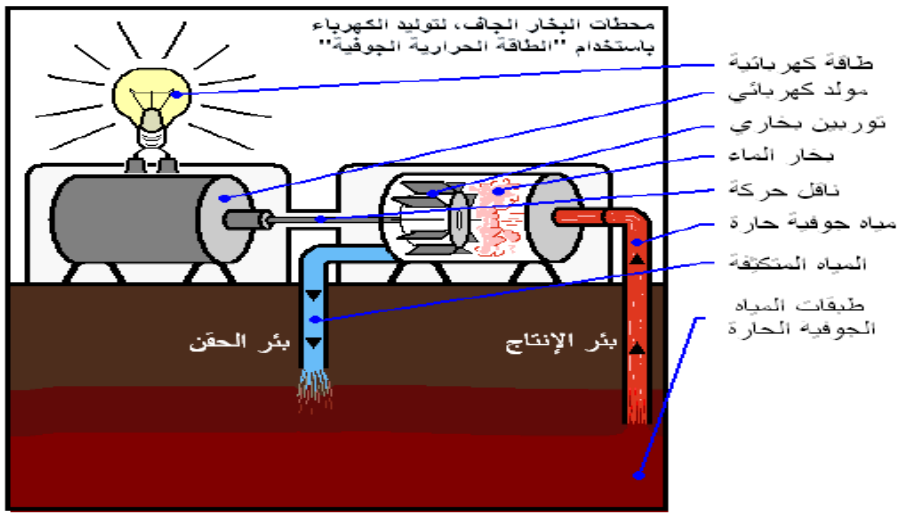
يعتبر غاز الهيدروجين غاز عديم اللون والرائحة ولا ينتج مخلفات الكاربون اثناء الاشتعال مثل (ثنائي اوكسيد الكاربون) لذلك يعتبر صديق للبيئة ونواتج الاحتراق له (طاقة وماء)، وكما موضح في الشكل (6-10).



شكل (6 – 10) استخدام غاز الهيدروجين لانتاج الطاقة الكهربائية

6.6. 4 طاقة الحرارة الأرضيّة (Geothermal Energy):

تعتبر طاقة الحرارة الأرضيّة والتي تسمّى أيضاً طاقةً حراريّةً جوفيّةً، من الأنواع الصّديقة للبيئة، وذلك نظراً لنظافتها وتجدّدها، وتمتاز بارتفاع درجة حرارتها، وتزداد ارتفاعاً كلّما زاد العمق في جوف الأرض. يستخرج هذا النّوع من الطّاقة من باطن الأرض، ويُعتمد عليها بشكل كبير في توليد التّيار الكهربائيّ، وتحتاج هذه العملية إلى الوصول إلى أعماق باطن الأرض، قد تصل إلى خمسة كيلومترات، وذلك من خلال حفر الأنابيب، ويمكن استغلالها وتسخيرها لصالح العالم لإمداده بالطاقة، ومن أهمّ هذه المصادر الحراريّة: النّشاط الإشعاعيّ. الطّاقة الحراريّة الجيولوجيّة. الطّاقة الحراريّة للصخور الجيولوجيّة السّاخنة، وكما موضح بالشكل (6 - 11).



شكل (6 – 11) توليد الطاقة الكهربائية من حرارة باطن الأرض

5 .6 فوائد الطّاقة المتجددة (Benefits of Renewable Energy):

تتعدّد فوائد الطّاقة المتجدّدة حسب الحقل الذي يتمّ استخدامها فيه، ومن أهمها:

1 - المجال العسكري:

من أهمّ التّطبيقات للطاقة المتجدّدة في المجال العسكريّ، والتي يمكن استخدامها لتسهيل الحياة في المدن العسكريّة الجديدة ما يلي : نظام التّسخين الشّمسي للكليات العسكريّة وذلك لتلبية حاجات الطلبة، وإمداد الوحدات بالمياه السّاخنة وذلك عن طريق استخدام السّخانات الشّمسية الميدانيّة، وتحلية المياه وتغذية المحطّات اللاسلكية الثّابتة.

2 - المجال المنزلي التّجاري:

للطاقة المتجدّدة أهميّة كبيرة في حياة السّكان، ومن أهمّ استخداماتها المنزليّة تسخين المياه لاستخدامها في أغراض التنظيف والاستحمام والغسيل، وذلك عن طريق استخدام المجمّعات الشّمسية ودون تحويلها إلى أي شكل آخر من أشكال الطاقة، وتعدّ أرخص أنواع الطّاقة تماماً وتسخين المياه بالطّاقة الشّمسية عن طريق استخدام المسطّح الماصّ الشمسيّ.

3- المجال الزّراعي:

تتعدّد استخدامات الطّاقة المتجدّدة في الاستعمال الزّراعي ومن أهمّها تجفيف المنتجات الزراعيّة واستخدام انظمة الري بواسطة الخلايا الشمسية أو أستخدام طاقة الرياح لطحن الحبوب أو استخدام طاقة الرياح لضخ المياه من الابار.

4- المجال الصّناعي:

تقطير وتحلية المياه وشحن البطاريات في محطّات التّقوية التليفزيونيّة واللاسلكيّة وإضاءة الممرّات الملاحيّة وأجهزة الإنذار الملاحيّة ونظام تشغيل مكبّرات الصّوت وشحن البطاريّات الكهربائيّة وتوليد الكهرباء في القرى النّائية وصناعة الورق ومعالجة المعادن.

5- المجال الصحي:

منع الإصابة بحمى الضنك، وهو الفيروس الذي انتشر فى المناطق المدارية التى لا يوجد حالياً أى لقاح مضاد لها عن طريق استخدام أعمدة إنارة للشوارع طاردة للبعوض يعتمد على مصدر مختلط للطاقة المتجددة من الألواح الشمسية وتوربينات الرياح، حيث ينجذب البعوض إلى ثانى أكسيد الكربون الذي ينبعث من المصباح، وتصعقه الأجزاء الساخنة منه.

أسئلة الفصل السادس

س1 / عرف الطاقة المتجددة وما هي انواعها؟

س2/ ماهي مميزات الطاقة المتجددة؟

س3/ علام يعتمد مبدأ عمل تقنية الرياح؟

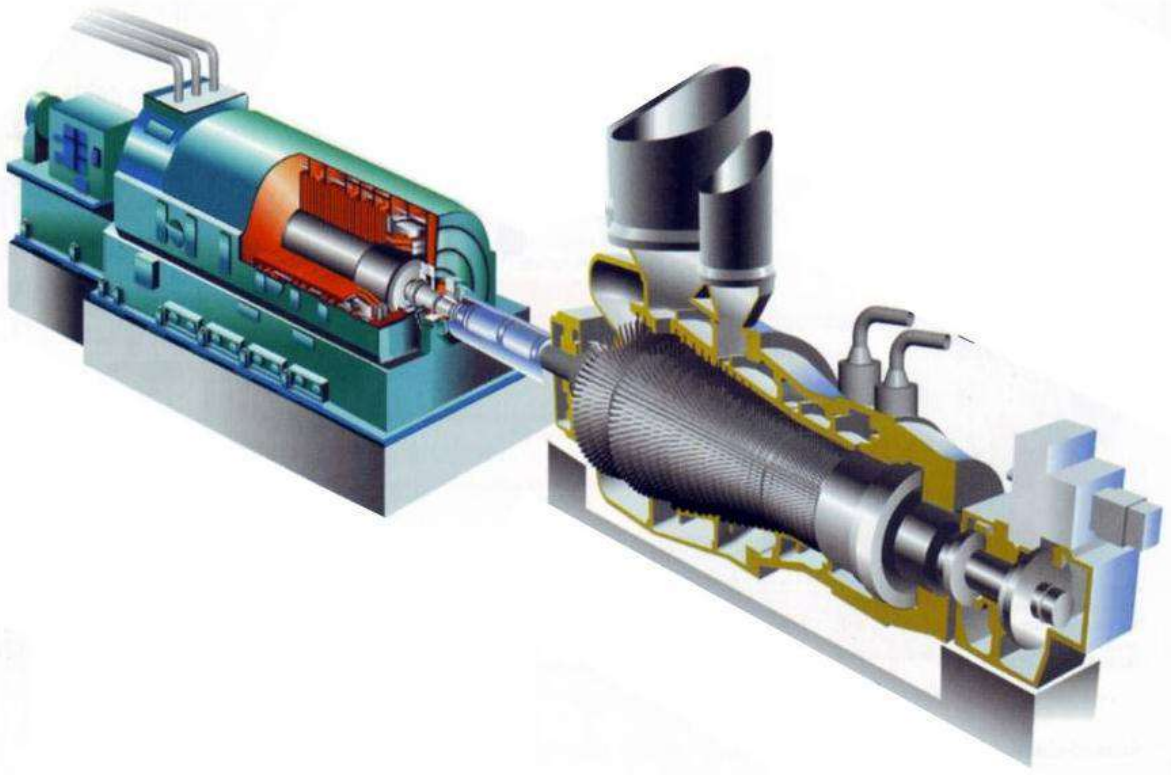
س4 / عدد مكونات التوليد بالطاقة الشمسية وأشرح واحداً منها؟

س5/ أشرح مبدأ تكون طاقة غاز الهيدروجين الاخضر ولماذا يعتبر صديق للبيئة؟

س6 / تتضمن فوائد الطاقة المتجددة في عدة مجالات عددها مع الشرح.

الباب الثاني

الميكانيك



الفصل الاول

القياس

Measurement

الاهداف:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على:

1- أدوات القياس المستعملة في الورش والمصانع.

2- ومبدأ عملها وطريقة إستعمالها ودقة القياس.

3- وحدات القياس العالمية.

الفصل الاول

القياس Measurement

1.1 تمهيـد (Introduction):

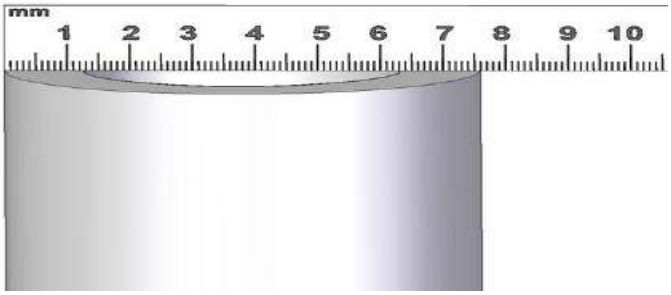
أستعمل الانسان منذ القدم القياس في الاطوال والاوزان وأستطاع بناء القصورالعملاقة والسدود بدقة عالية وأستعمل الميزان في تنظيم الحياة التجارية والمالية ولاتزال المعالم الاثرية في وادي الرافدين ووادي النيل خير شاهد على ذلك.

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، وهي 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 القياسـات في أي بلد صـناعي.

يمكن تعريف القياس بأنه: تحديد كمية فيزيائية (مثل الطول، الزمن، الكتلة، درجة الحرارة، شدة التيار أو الزاوية) وذلك بواسطة جهاز قياس.

1.2 عملية القياس (Measurement Process):

عملية القياس: هي عملية مقارنة بين البعد المراد قياسه ووحدة قياس معلومة مجسدة في جهاز قياس أوعدة قياس ، وكما هو موضح الشكل (1 – 1).



شكل (1-1) يوضح القياس بالمسطرة

1. 3 نتيجة القياس (Measurement Result):

تحتوي 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 (Rules of Measurement):

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 (Care of Measuring Tools):

أن أدوات القياس المختلفة بحاجة الى عناية خاصة وعليه يجب مراعاة الشروط الأتية والعمل 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.

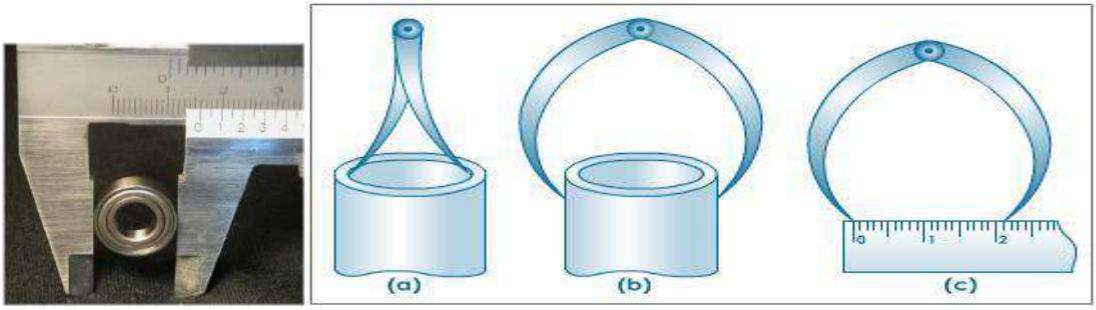
4 – تنظيفها ووضعها في أماكن حفظها بعد الانتهاء من إستخدامها.

1. 6 طرق القياس (Measurement Methods):

توجد طريقتان للقياس هما:

1- **الطريقة المباشرة**: - وفيه تؤخذ قيمة القياس بطريقة مباشرة عن طريق أداة القياس كالقياس بالمسطرة ، القدمة ، الميكرومتر.....

2- **الطريقة المباشرة**: - وتكون بأستعمال وسائل بسيطة مساعدة مثل الفراجيل. إذ أنها تنقل القياسات من المشغولات الى عدة القياس، وكما موضح في الشكل (1 - 2).



قياس مباشر قياس غيرمباشر

شكل (1- 2) يوضح القياس غير المباشر والمباشر

1. 7 أدوات القياس (Measurement Tools):

تقسم أدوات القياس الى:

1.1. 7 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:

1 - 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 ، وكما موضح في الشكل (1-3).

شكل (1 -3) يوضح المسطرة الحديدية

2 - المساطر المرنة: هي مساطر ذات سمك أقل تستخدم للقياسات التي يصعب قياسها بالمسطرة الاعتيادية والتي تحتاج الى أنحنائات بالمسطرة، وكما موضح في الشكل (1-4).

شكل (1 – 4) المسطرة المرنة

3- المساطر ذات الخطاف: تستعمل لقياس الاعماق التي لايمكن رؤية نهايتها.

4 - المساطر الشريطية المرنة: هي مساطر ذات مرونة عالية تستعمل للمسافات الطويلة بعد الانتهاء منها تحفظ في علبة خاصة بها، وكما موضح في الشكل (1 - 5).

شكل (1 – 5) المسطرة الشريطية المرنة

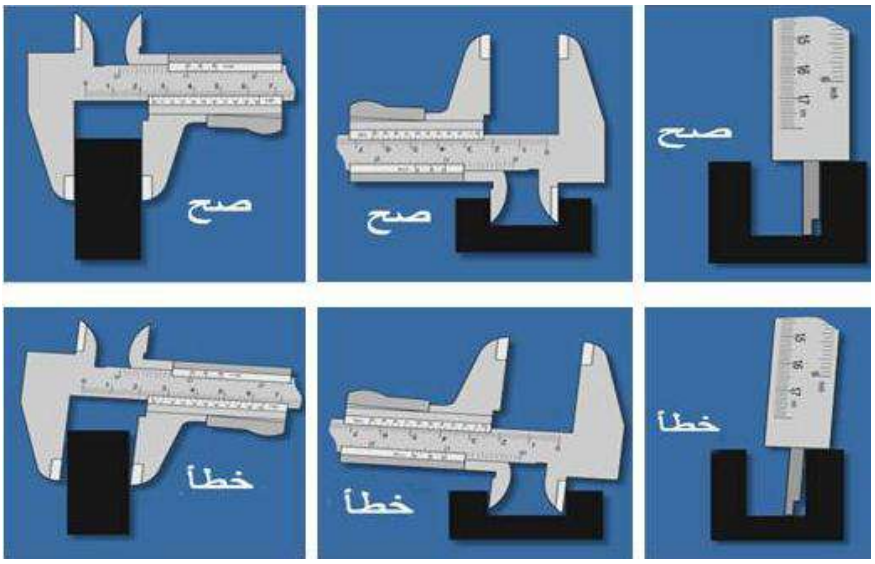
5- مساطر قياس العمق: هي مساطرتحتوي على جزء ينزلق عليها بوضع يساعد على تحديد قياس الاعماق (يوضع الجزء المنزلق على المشغوله وتدفع المسطرة للداخل ثم يقرأ البعد) ، وكما موضح في الشكل (1 - 6).

شكل رقم (1 – 6) مسطرة لقياس العمق مع الجزء المنزلق

على الفني أن يجيد أستخدام المساطر بالقياسين (الملمتر) و(الانج) ويعرف قانون التحويل (1 أنج = 25.4 ملم).

1.2. 7 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. ومن اهم استعمالاتها في الورش والمختبرات لقياس الأبعاد الخارجية والداخلية والأعماق، وكما موضح في الشكل رقم (1–7) والتي يبين فيها الطريقة الصحيحة أثناء القياس.



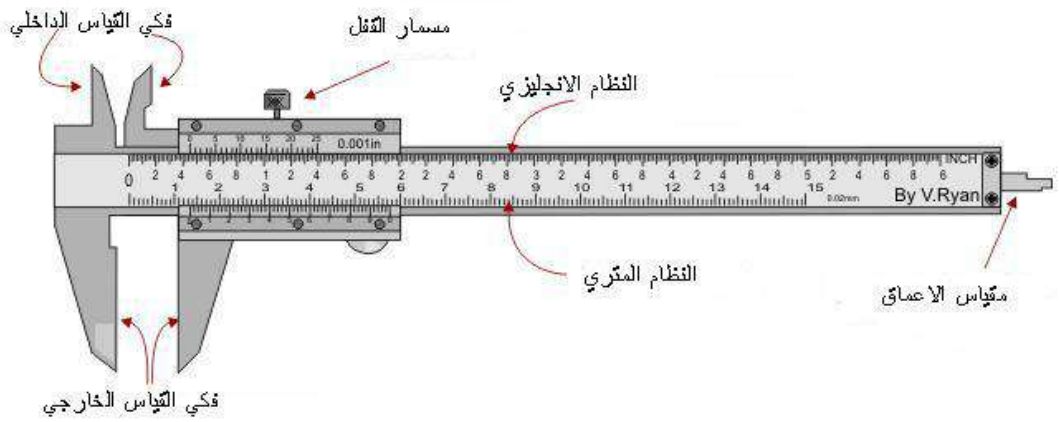
شكل (1–7) الطريقة الصحيحة والطريقة الخطأ عند إستعمال القدمة

تتكون القدمة ذات الورنية من جزأين أساسيين:

1- الجزء الثابت: ويحتوي على (فك ثابت) متصل (بمسطرة القياس الرئيسي) و تكون مسطرة القياس الرئيسي مدرجة بالملمتر. ونقرأ على مسطرة القياس الرئيس الملمترات الصحيحة.

2- الجزء المتحرك: وهو على شكل منزلقة تحمل (الفك المتحرك) وعليه (ورنية القياس) تكون ورنية القياس مدرجة بأجزاء الملمتر المتمثل في دقة الجهاز.

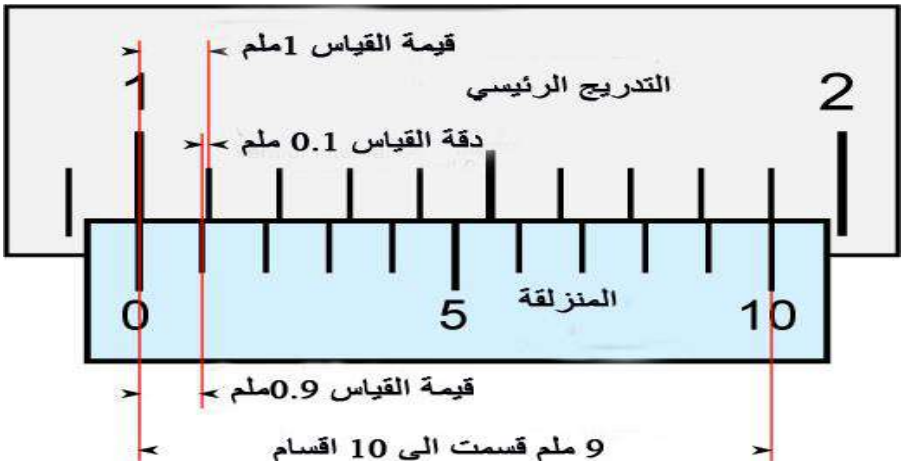
تتمكن الورنية من قراءة أجزاء الملمتر الموجودة على مسطرة القياس الرئيسي بدقة قياس عالية. تكون هذه الدقة : (0.1 =1/ 10ملم) أو (0.05 =20/1 ملم) أو (0.02 = 50/1). وتتم عمليه القياس بأستعمال القدمة ذات الورنية بوضع المشغولة المراد قياسها بين الفكين الثابت والمتحرك (من دون الضغط عليهما بقوة). كما تحتوي القدمة ذات الورنية على ساق (عمود) لقياس أعماق الثقوب، وكما موضح في الشكل (8-1) والذي يبين القدمة ذات الورنية واجزاؤها.



شكل رقم (1- 8) القدمة ذات الورنية واجزاؤها

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 قدمه 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.

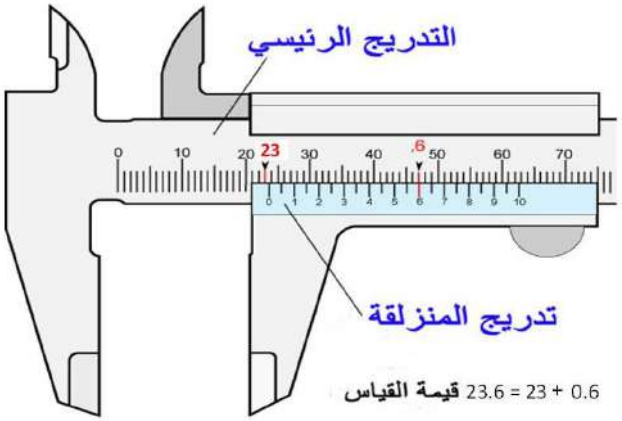
وبذلك يكون القسم الواحد من تدريجات المنزلقة (9 ÷ 10 = 0.9) ملم وهذا يعني أن الفرق بين القسم الواحد بالتدريج الرئيس على المسطرة وقيمة القسم الواحد بالتقسيم الجديد (1 – 0.9 = 0.1) ملم. أنظر جيدا في الشكل (1 – 9).



شكل (1 – 9) القدمة ذات الدقة 0.1 ملم

والشكل (1 – 10) يوضح إحدى 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) 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 موضح في الشكل (1 – 10).

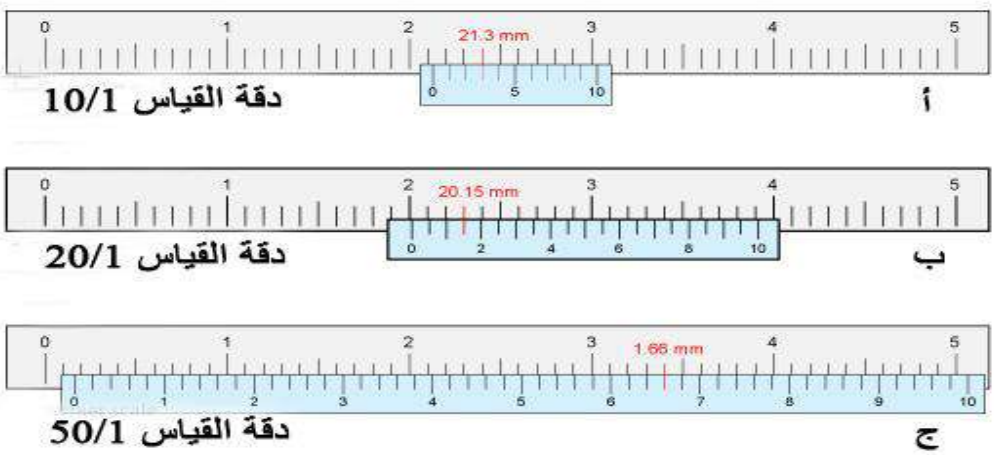
وعند تحريك المنزلقة على المسطرة ويتجاوز صفرها الرقم (23) ملم على المسطرة الثابتة ولم يصل الرقم (24) ملم، أي أن القياس أكبر من (23) وأقل من (24) ملم وهذا يعني أن القياس (= 23 + عدد) من تقسيمات المنزلقة نبدأ بعدها من صفر المنزلقة حتى نصل الى تطابق أحد التقسيمات على المنزلقة مع إحدى تقسيمات المسطرة ونقرأ القياس. ويكون كل تدريج (= 0.1) وبذلك يكون الناتج (23.6) ملم. أنظر الشكل (1 – 10) مرة أخرى.

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.

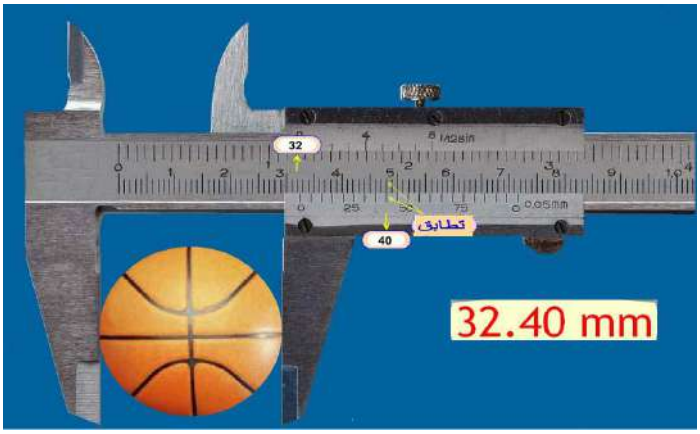
وبنفس الطريقة نجد القراءة في المسطرة ذات الدقة (0.02) كما في الشكل (1 – 11 ج) فأن القراءة (= 1.66) ملم.



شكل (1 – 11) القدمة ذات الدقة أ- (0.1) ب – (0.05) ج – (0.02)

3 .1. 7 أنواع القدمات (Types of feet):

1- القدمة ذات الورنية (Vernier Caliper) : كما موضح في الشكلين (1 – 8) و (1 – 12) واالقدمة ذات الورنية 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). ويتميز هذا النوع بسهولة الاستعمال، ولكنه حساس وقد تتأثر دقة القياس بالحرارة والرطوبة والمواد الكيمياوية.

شكل (1– 13) القدمة الرقمية

3- القدمة ذات الساعة (Dial Caliper) : تمتازبسهولة الاستعمال ودقة القياس ولكن تحتاج الى عناية، وكما هو موضح في الشكل (1 – 14).

شكل (1 – 14) القدمة ذات الساعة

4 - قدمه 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، والشكل (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.

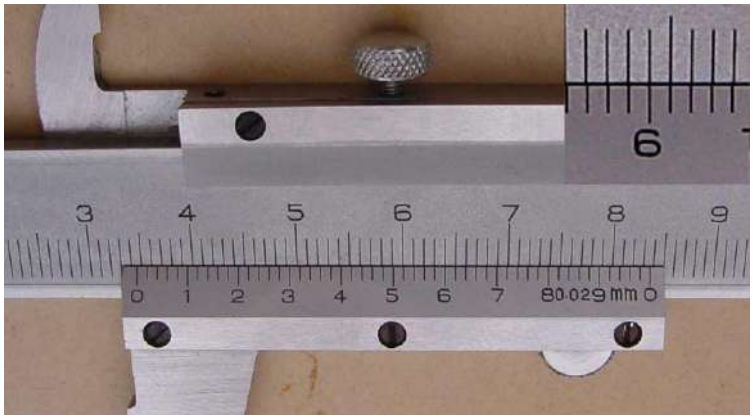
شكل رقم (1- 15) يوضح قدمه قياس الاعماق بأنواعها المختلفة

5 - قدمه قياس الإرتفاع (Height Caliper)**:** تستعمل هذه القدمة لقياس إرتفاع الشغلات وفي تأشير العلامات عليها (أي عملية الشنكرة) لذلك يمكن تسمية هذا الجهاز بالشنكار، وكما موضح في الشكل (1 - 16).

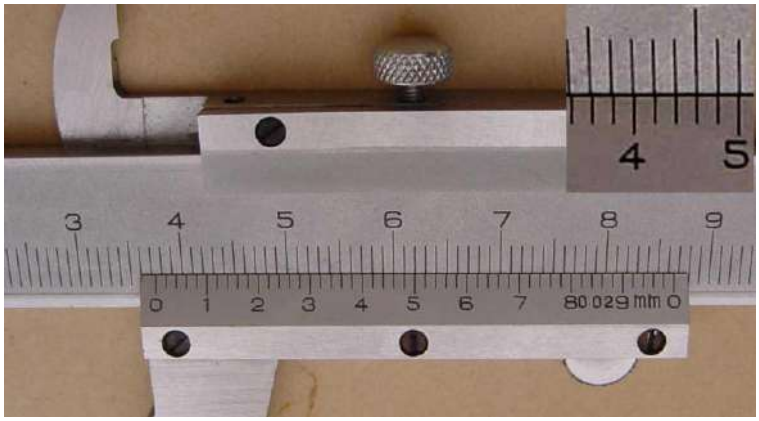
شكل (1–16) قدمه قياس الارتفاع

مثال (1-1) :

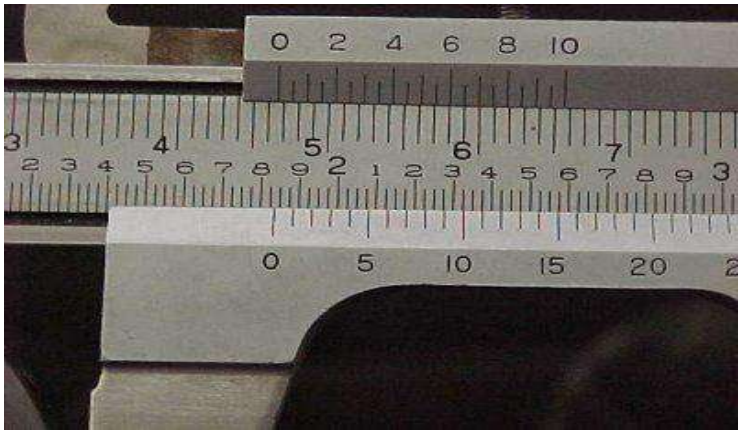
جد قيمة القياس على القدمة ذات الورنية المبينة في الصور الأتية في الشكل (1–17) وما هي دقتها؟



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

1.4. 7 الميكرومتر (Micrometer):

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 والداخلي 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.

يتكون الميكروميتر من الاجزاء التالي:

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.

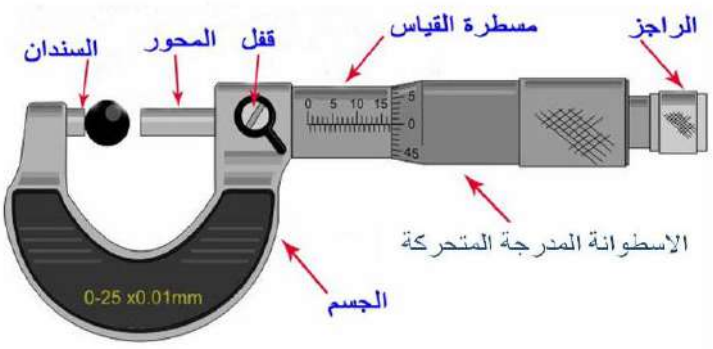
4 – الاسطوانة المدرجة: Sleeve (With Main Scale) وهي الجزء الثابت بالهيكل يوجد على سطحها الخارجي خط طول يسمى الخط الاساس للقياس ويبدأ من (0 – 25) ملم وتكون قراءة الملمترات من الاعلى وأنصاف الملمتر من الاسفل.

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.

والشكل (1 –18) يوضح أجزاء الميكرومتروهي كما يلي:



شكل (1- 18) أجزاء الميكرومتر

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. ولغرض 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 كما موضح في الشكل (1 - 19) بالخطوات التالية:

أ - نقرأ التقسيم العلوي الرئيس ومنه نحصل على عدد الملمترات الصحيحة = 7 ملم.

ب - نقرأ التقسيم السفلي الرئيس ومنه نحصل على إضافة = (0.5) ملم.

ج – نقرأ المقدار على مخروط إسطوانة القياس. ويتكون من (50) تقسيماً كل واحد منها يساوي (0.01) والقراءة = 0.38 ملم.

د - 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

1.5. 7 ساعة القياس (Measuring Clock):

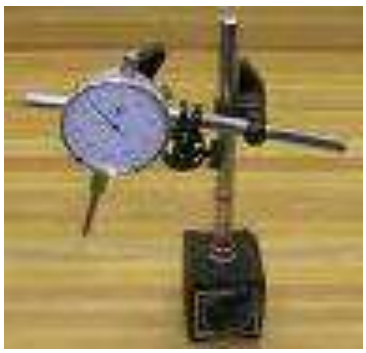
هي من أجهزة القياس البيانية وذلك لتكبيرها القياسات للمساعدة في قراءتها بيسر. وحدود القياس الشائعة الستعمال فيها من (3 - 10) ملم ودقتها (0.01) ملم، وتصل دقتها الى (0.001) ملم. كما أنها من الاجهزة ذات الدقة والحساسية العالية والمهمة في إستعمالها فيجب المحافظة عليها أثناء العمل بها وأثناء تخزينها.

وطريقة 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، وكما موضح في الشكل (1 - 20).

شكل (1 – 20) 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.

تثبت ساعة القياس على حامل خاص ذي قاعدة مغناطيسية لتثبيتها في المكان الملائم أثناء القياس (المعايرة)، وكما موضح في الشكل (1 – 21).



شكل (1 – 21) ثتبيت ساعة القياس على الحامل ذي القاعدة المغناطيسية

كما توجد أنواع من ساعة القياس ذات إصبع قياس يقابله سندان ويتم حصر الشغلة المراد قياسها بينهما بشكل مشابه لعمل الميكرومتر، وكما موضح في الشكل (1 – 22).

شكل (1 – 22) ساعة القياس ذات فكي القياس

1. 8 أنظمة القياس العالمية (Global Measurement Systems):

بالنظر للتطور العلمي والتكنولوجي ووفرة الانتاج وزيادة التبادل التجاري ونقل الخبرات أجمع العالم على إعتماد نظام عالمي يوحد القياس بكل أنواعه وهي:-

1 - 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.

2 - الوحدات القياسية الاساسية IS:

الوحدات القياسية الاساسية في النظام الدولي للقياس يمكن توضيحها في جدول رقم (1-1) .

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

جدول (1 – 1) الوحدات القياسية الأساسية

3 - الوحدات المكملة:

الوحدات القياسية المكملة للوحدات القياسية الاساسية في النظام الدولي للقياس (النظام المتري) يمكن توضيحها في جدول رقم (1-2) .

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 الكهربائة	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

جدول (1 – 2) الوحدات القياسية الاساسية

اسئلة الفصل الاول

س1/ عرف القياس، وماهي أهميته.

س2/ قارن بين القياس المباشر والقياس غير المباشر.

س3/ تعد المسطرة من أدوات القياس المهمة لماذا؟

س4/ أشرح نظرية القياس في القدمة ذات الدقة 0.05

س5/ كيف نقيس بقدمة قياس الاعماق؟

س6/ عدد أجزاء الميكرومتر.

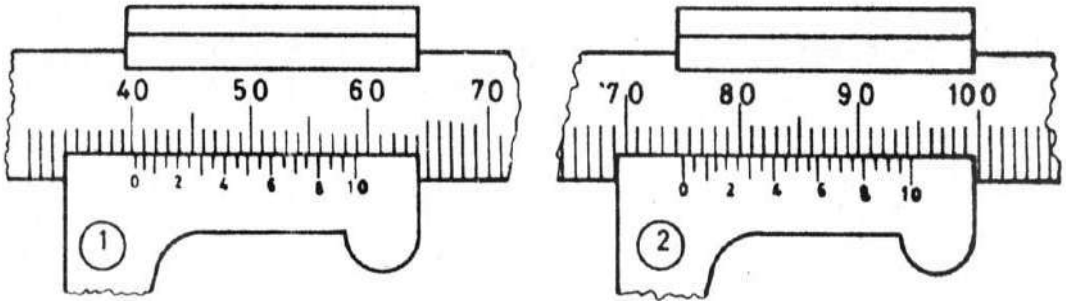
س7/ ماهي ساعة القياس، متى تستعمل؟

س8/ لماذا توحدت أنظمة القياس في نظام عالمي واحد؟

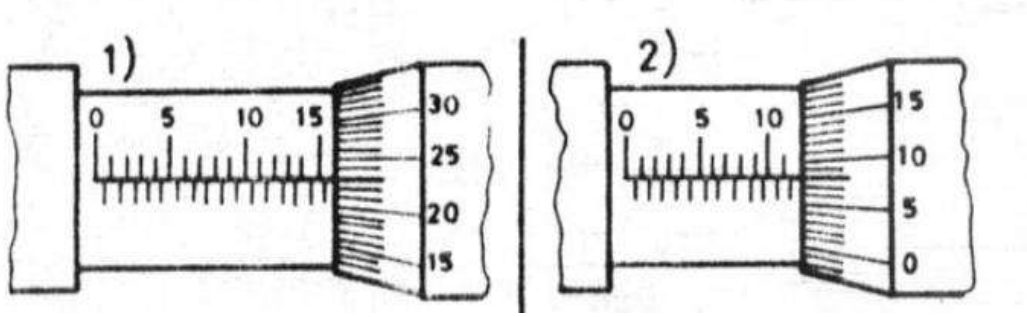
س9/ لماذا نحافظ على أدوات القياس وكيف نحافظ عليها؟

س10/ مقدار حركة المحور (عمود الضبط) في الميكرومتر لكافة الاحجام 25 ملمترعلل ذلك.

س11/ في الشكل (2 ، 1) التالي جد قيمة القياس للقدمة ذات الورنية وماهي دقتها؟



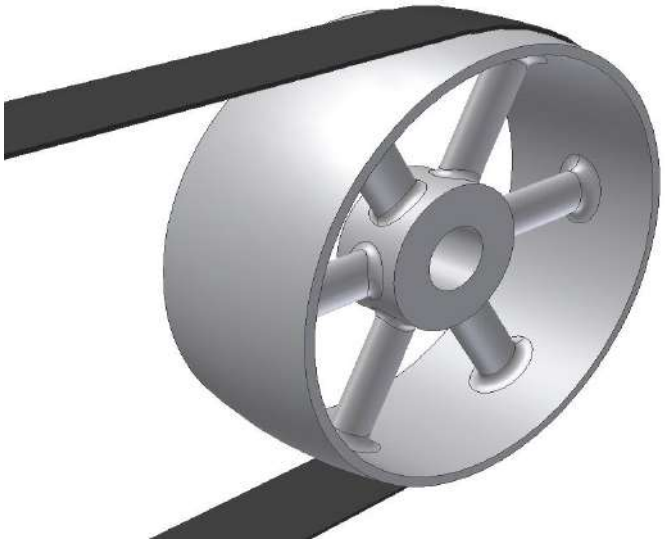
س12/ في الشكل (2 ، 1) التالي جد قيمة قياس الميكرومتر.



الفصل الثاني

الإحتكاك والتزييت

FRICTION & LUBRICATION



الاهداف:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على:

1- الاحتكاك فوائده ومضاره.

2- علاقة الاحتكاك بالتزييت.

3- أنواع الزيوت ومميزاتها وفوائدها.

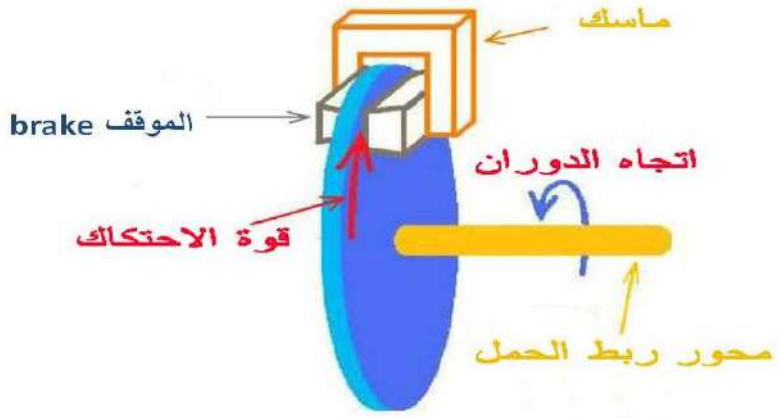
الفصل الثاني

الإحتكاك والتزييت FRICTION & LUBRICATION

1.2 تمهيـد (Introduction):

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 ونسير بالسيارة أوالقطار ونتساءل مالذي يدفع بهما الى الامام أو كيف يتم إيقافها؟ ونحك عود الثقاب بجنب العلبة وتشتعل النار في الكبريت ونتساءل أيضا كيف أشتعل الكبريت، الجواب هو بالاحتكاك، فمنافع الإحتكاك كثيرة، وكما موضح في الشكل (2-1).

وفي بعض التطبيقات يكون الاحتكاك غير مرغوب فيه لذا وجدت الزيوت وأجريت عليها التحسينات وتعددت أنواعها للتخلص من مضار الاحتكاك، وكما موضح في الشكل (2-2).



شكل (2 - 1) يوضح إحدى فوائد الإحتكاك

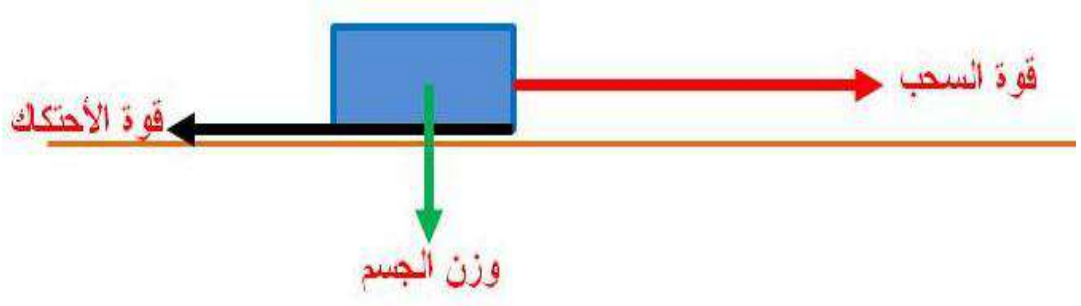
أسنان الترس أتلفت بسبب الاحتكاك

شكل (2 – 2) يوضح إحدى مضارالاحتكاك

2 .2 ألاحتكاك (Friction):

2 .2.1 تعريف ألاحتكاك (Definition of Friction):

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، وكما موضح في الشكل (2 – 3).



شكل (2 – 3) قوة الاحتكاك

2 .2.2 أنواع ألاحتكاك (Types of Friction):

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).

2 .2.3 قوة ألاحتكاك (Friction Force):

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 وخشونة الاسطح المتلامسة، ولكل مادة معامل إحتكاك.

2 .2.4 معامل ألاحتكاك (Coefficient of Friction):

هو قيمة نسبية تستخدم للتعبير عن النسبة بين قوة الاحتكاك بين جسمين والقوة الضاغطة بينهما. ويعتمد 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 (2-1) :

أثرت قوة في جسم ساكن على الارض فتحرك بسرعة ثابتة أحسب مقدار قوة الاحتكاك وما إتجاهها إذا كان وزن الجسم 500 نيوتن ومعامل الاحتكاك 0.01.

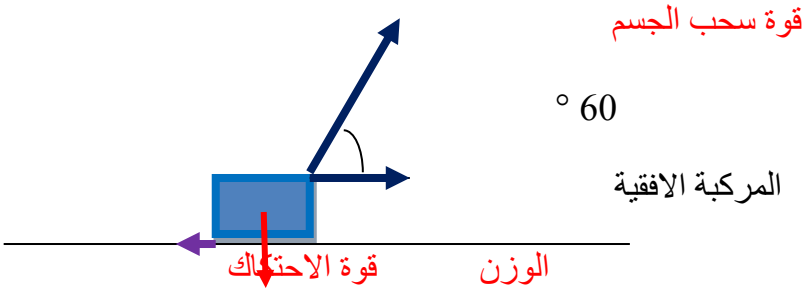
الحل :

قوة الاحتكاك = الوزن × معامل الاحتكاك

قوة الاحتكاك = 500 × 0.01 = 5 نيوتن وإتجاهها عكس إتجاه القوة المحركة.

مثال (2-2) :

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

قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح = 250 × 0.02 = 5 نيوتن

القوة 800 نيوتن تحلل الى مركبتين الاولى موازية للسطح (الافقية) = ق جتا هـ التي تسحب الجسم والمركبة العمودية = ق جاهـ، تهمل مع وزن الجسم لان الجسم شرع بالحركة.

ق جتا هـ = 800 × جتا 60 ° = 800 × 0.5 = 400 نيوتن

القوة التي تسحب الجسم = المركبة الافقية - قوة الاحتكاك = 400 - 5 = 395 نيوتن

2.5. 2 فوائد ألاحتكاك (Benefits of Friction):

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.

5 - وقوف الجبال وعدم إنزلاقها هو بفضل قوة الاحتكاك بين جزيئات التربة.

6 - صقل المنتوجات يتم بالاحتكاك بأزالة طبقة معينة.

2.6. 2 مساوئ ألاحتكاك (Disadvantages of Friction):

على الرغم من أهمية الاحتكاك واستحالة 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.

وللتقليل من تأثيرقوة الاحتكاك نستخدم الوسائل التالية:

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، وكما موضح في الشكل (2 – 4).

شكل (2 - 4) 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، كما موضح في الشكل (2 - 5) . كراسي التحميل تنظم بقياسات عالمية موحدة متفق عليها في جداول خاصة بها.

شكل (2 – 5) 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، وكما موضح في الشكل (2 - 6).

3 - الجرافيت وهو مادة كاربونية صلبة ذات ملمس دهني تستعمل في حالات خاصة، منها إستعمالها في مضخات المياه (غزول قطنية تشبع بالكرافيت).

شكل (2 – 6) يوضح أحد المزلقات

2. 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.

2. 4 خصائص الزيوت (Properties of Oils):

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

2. 5 التزييت (Lubrication):

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.

أما اللزوجة (Viscosity) فهي: 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).

2.1. 5 وظائف زيت التزييت (Lubricating Oil Functions):

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.

2.2. 5 خواص زيت التزييت (Properties of Lubricating Oils):

1 ـ يجب أن يكون للزيت سيولة كافية لكي ينتشر في أجزاء المحركات والاجهزة الدوارة والمنزلقة.

2 ـ يحتفظ الزيت بدرجة اللزوجة في جميع ظروف التشغيل.

3 ـ يتمتع الزيت بمقاومة كبيرة للاحتراق عند ارتفاع درجة الحرارة وذلك لتقليل نسبة تكون الكربون .

4 ـ يتمتع الزيت بمقاومة التأكسد عند ارتفاع درجة الحرارة.

5 ـ يتمتع الزيت بمقاومة في تكون الرغوة والفقاعات الهوائية أثناء حركة الاجزاء المغمورة بداخله كالتروس.

6 ـ القدرة العالية للزيت في حماية ألاجزاء المزيتة من الصدأ.

2.3. 5 المواد المضافة للزيت (المحسنات) (Oil Additives):

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، وتضاف 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.

2.4. 5 أنواع الزيوت من حيث الاستخدام (Types of Oils):

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.

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 الثاني

س1/ عرف الاحتكاك، وما هي فوائده؟

س2/ عدد أنواع الاحتكاك، وماهي مضاره؟

س3/ ما هي الوسائل المستخدمة للتقليل من تأثيرقوة الاحتكاك؟

س4/ عرف الزيت، وما هي إستعمالاته؟

س5/ عدد أنواع الزيوت.

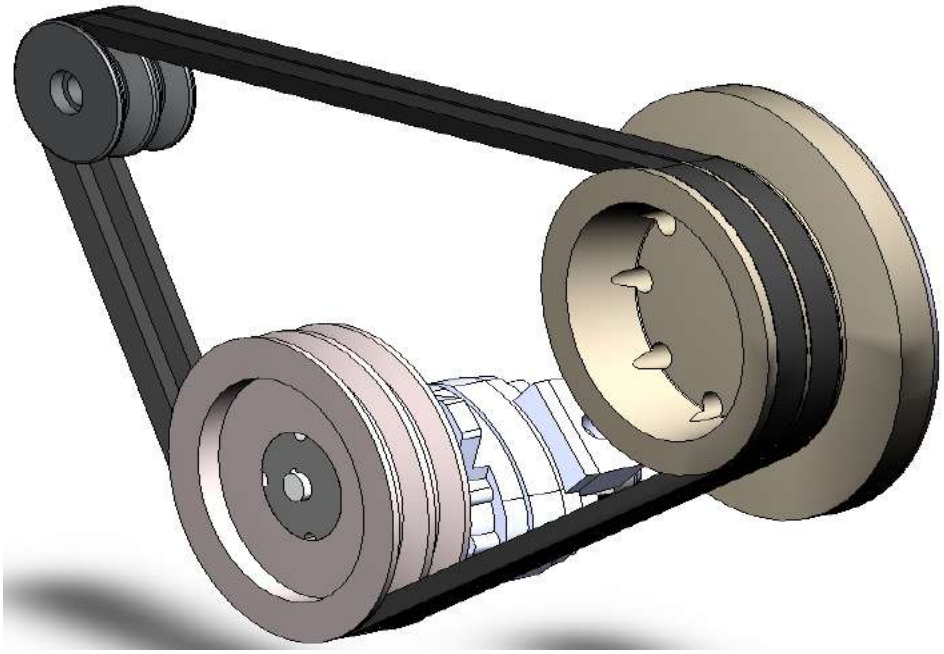
س6/ عدد خصائص الزيوت

س7/ ما المقصود بالتزييت؟ وماهي وظائفه؟

الفصل الثالث

نقل الحركة والقدرة

Power Transmission



الاهداف:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على:

1- طرق نقل الحركة.

2- البكرات والاحزمة: أنواعها وميزاتها ومساؤها.

3- المسننات: أنواعها وميزاتها وحساب السرعة الدورانية لها.

الفصل الثالث

نقل الحركة والقدرة Power Transmission

1 .3 تمهيـد (Introduction):

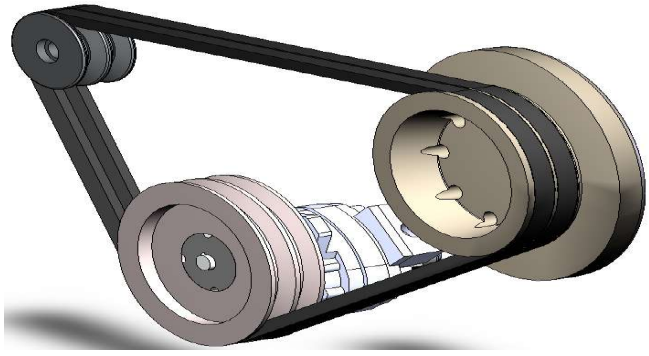
نقل الحركة: هذا الموضوع بدأ منذ القدم ففي بناء الحضارات القديمة أستعمل الانسان الحبال في جر الحجارة وجذوع الاشجار الكبيرة لغرض إستخدامها في البناء، وحفر الابار وأخرج منها الماء مستعينا بحبل يلف على عمود يدور على ركيزتين وبكرات من الخشب وأستعمل المسننات المصنوعة من الخشب أيضا في تدوير النواعير لارواء الاراضي الزراعية.

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 مكانة الى ماكنة أخرى.

2 .3 نقل الحركة بالبكرات والأحزمة (Transmission of motion by pulleys and belts):

تستعمل البكرات مع الحبال أو الاحزمة بنقل القدرة على شكل حركة وهي بنوعين :

اولا- 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. وتثبت بكرتان كل واحدة على محورها (عمود الدوران) ويتم التوصيل بين البكرتين بواسطة 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)، وكما موضح في الشكل (3 – 1).



شكل (3-1) نقل الحركة في البكرات والاحزمة

ثانيا – 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، وكما موضح في الشكل (3 – 2).

شكل (3 – 2) إستعمال البكرات في رفع الاحمال (حركة خطية)

3. 3 أنواع البكرات (Types of Pulleys):

تصنع البكرات بأنواع مختلفة وحسب نوع الاستعمال ومنها:

اولا ـ البكرات الاسطوانية المسطحة: وتكون بشكل إسطوانة ويكون الحزام الناقل مسطحاً يصنع في الغالب من نسيج الكتان وتستخدم غالبا في المطاحن، وكما موضح في الشكل (3 - 3).

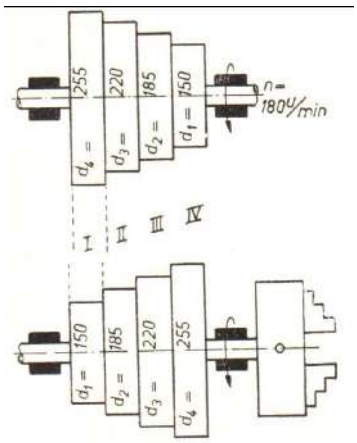
شكل (3-3) البكرة المسطحة

ثانيا ـ البكرات ذات الاخدود بشكل (V): وتسمى أيضا مخروطية المقطع إذ تحتوي أخدود واحد أو أكثر حسب مقدار القوة المنقولة ومساحة مقطع الحزام الناقل، وكما موضح في الشكل (3 – 1).

ثالثا ـ 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، وكما موضح في الشكل (3 – 4).

شكل (3 – 4) البكرات والأحزمة المسننة

رابعا ـ 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، وكما موضح في الشكل (3 – 5).

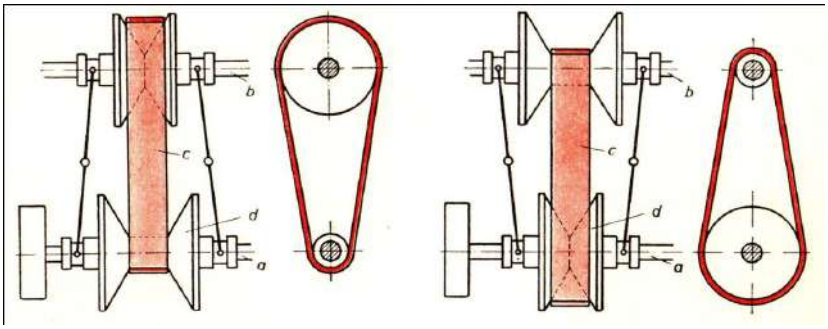


شكل (3 – 5) يوضح المحولة المدرجة

خامسا – 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، وكما موضح في الشكل (3 - 6).



شكل (3 – 6) محولة يتم ضبطها على السرعة المطلوبة أثناء دورانها

3. 4 طرق ربط البكرات على المحاور (Methods of Attaching Pulleys to Axles):

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.

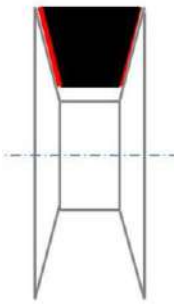
3 - في بعض الاعمال الميكانيكية تكون البكرة جزءاً من محورها (قطعة واحدة).

4 - في أعمال ميكانيكية متنوعة تدورالبكرة على محورها مستندة على محمل كريات.

3. 5 أنواع الأحزمة (Types of Belts):

تصنع الأحزمة من مواد مختلفة تمتاز بقوة شد ومرونة عالية ومساحة وشكل المقطع للأحزمة الناقلة يعتمد على نوع الاستعمال والقدرة المنقولة، وهي كما يأتي:

اولا – الأحزمة مخروطية المقطع بشكل (V) : ويكون تلامس البكرة مع جوانب الحزام، ولايجوز ملامسة الحزام لقاع مجرى البكرة لان ذلك يؤدي به الى التلف، وكما هو موضح في الشكل (3-7).



شكل (3 – 7) منطقة التلامس بين البكرة والحزام (اللون الاحمر)

ثانيا – الأحزمة ذات المقطع المستطيل: تستعمل مع البكرات المسطحة وهي مصنوعة من نسيج الكتان أو من الكتان ومادة لدنة وغالبا ما نجدها في الالات القديمة الصنع (المطاحن ومضخات المياه) .

ثالثا - الأحزمة المسننة: تصنع من نسيج الكتان والمواد اللدنة عالية الجودة، فيها تسنين بخطوة معينة وتستعمل في أجهزة الطباعة والتصوير والاستنساخ وتكون بأحجام صغيرة جدا، وكما تستعمل في بعض محركات الاحتراق الداخلي، وتكون بأحجام كبيرة جدا وتستعمل بدلا من السرفة الحديدية في بعض الاليات لمنع حدوث الاصوات أوالتشوهات في الطرق، وكما موضح في الشكل (3 – 8) .

شكل (3 – 8) الاحزمة المسننة المسيرة للاليات العملاقة

6 .3 سرعة الدوران وحسابها في البكرات (Rotational Speed and its Calculation in Pulleys):

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:

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 (3 - 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 (3 -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

ان اهم مميزات نقل الحركة بالأحزمة والبكرات هي:-

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.

أما أهم عيوب نقل الحركة بالأحزمة والبكرات هي:

1 - خسارة في القدرة المنقولة.

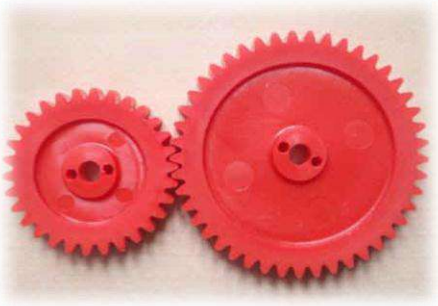
2 - خسارة في عدد الدورات بسبب الانزلاق.

3 - تشغل جزءاً كبيرا من الجهاز.

4 - في التخفيض العالي للسرعة يكون عدد البكرات كبيراً وهذا يشغل حيزاً أكبر.

7.3 المسننات (Gears):

هي عجلات مسننة من الداخل أو الخارج بدقة عالية وفق حسابات خاصة، تستخدم لنقل الحركة الدورانية وعزم الدوران بين المحاور، ويتم هذا النقل بشكل إجباري وذلك لان الاسنان تتداخل في فراغات المسنن فلا يوجد مجال للانزلاق، وكما موضح في الشكل (3– 9).

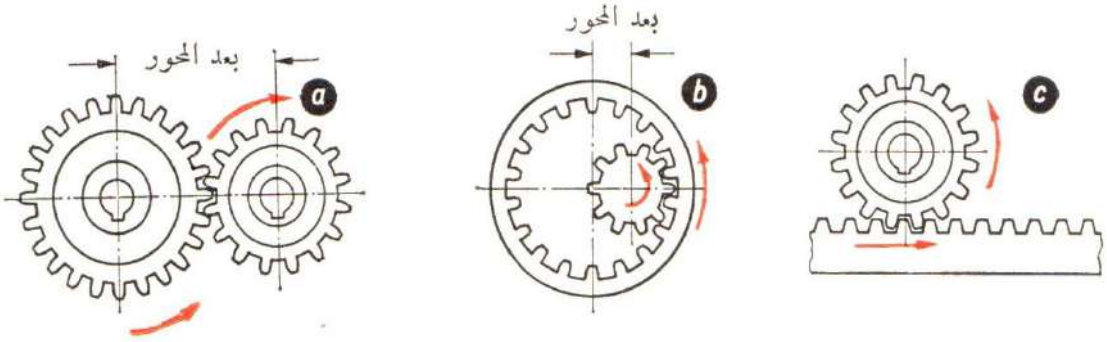


شكل (3 – 9) تعشيق المسننات

والمسننات أما أن تكون مسننة خارجيا ويكون دورانها متعاكساً، وكما موضح في الشكل (a – 3– 10).

أو تكون معشقة داخليا فيكون دورانها متماثلاً، وكما موضح في الشكل (b – 3 – 10).

أو تحويل الحركة الدورانية الى حركة مستقيمة (حركة خطية) باستخدام المسنن و الجريدة المسننة ، وكما موضح في الشكل (c – 3 – 10).

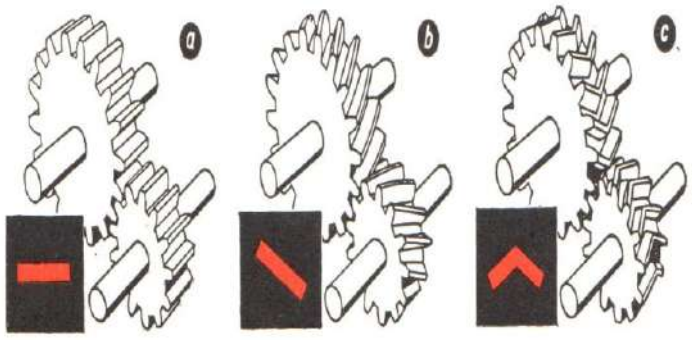


شكل (3 – 10) حركة المسننات وإتجاه الحركة

والمسننات تكون على عدة انواع وهي:

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، وكما موضح في الشكل (a – 3 – 11).

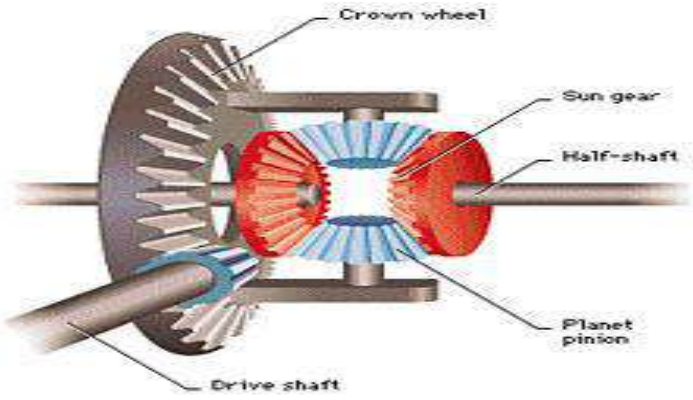


شكل (3 – 11) أنواع المسننات

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 موضح في الشكل (b – 3 – 11).

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، وكما موضح في الشكل (c – 3 – 11).

3 ـ 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)، وكما موضح في الشكل (3 - 12).



شكل (3 – 12) 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، وكما موضح في الشكل (3 – 13).

شكل (3– 13) المسنن الدودي والدودة

ب - الدودة: هي عمود أسطواني (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.

8.3 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، كما هو موضح في الشكل (3 – 14). 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 (3 – 14) يوضح صندوق المسننات

ان اهم مميزات نقل الحركة بالمسننات هي:

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.

بينما اهم عيوب المسننات هي:

1 – تصنيعها يتطلب دقة عالية.

2 - تصنع من معادن عالية الصلابة.

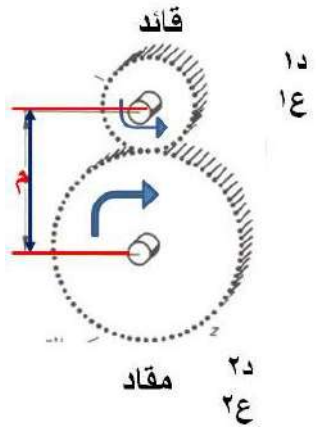
3 – لايمكن صيانتها.

4 – غالية الثمن بالنسبة الى البكرات.

5 - الاصوات الناتجة أثناء العمل تكون (منخفضة).

9.3 حساب السرعة الدورانية للمسننات (Calculate the rotational speed of gears):

المسنن الذي يبدأ الحركة يسمى المسنن القائد والمسنن المعشق معه الذي يستلم الحركة يسمى المسنن المقاد وتكون حركته معاكسة لحركة المسنن القائد، وكما موضح في الشكل (3 – 15) .



شكل (3 –15) 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$_1$ × د$_1$ = ق$_2$ × 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 (3 - 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$_1$ × د$_1$ = ق$_2$ × د$_2$

د$_2$ × 60 = 100 × 120

∴ 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 (3 – 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

$$د_1 \times ع_1 = د_2 \times ع_2$$

$$112 \times د_2 = 48 \times 1400$$

$$د_2 = \frac{1400 \times 48}{112}$$

∴ $د_2 = 600$ دورة / دقيقة عدد دورات المسنن المقاد (تخفيض السرعة).

مثال (3 – 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

$$د_1 \times ع_1 = د_2 \times ع_2$$

$$3000 \times ع_1 = 1000 \times 150$$

$$ع_1 = \frac{1000 \times 150}{3000}$$

∴ $ع_1 = 50$ سن عدد أسنان المسنن المثبت على المحور الاول .

أسئلة الفصل الثالث

س1 / عدد أنواع البكرات المستخدمة في نقل الحركة.

س2 / عدد مميزات إستخدام البكرات.

س3 / لماذا تستخدم البكرات في رفع الاحمال (الاوزان).

س4 / عدد مميزات الأحزمة المسننة ومجال إستخدامها.

س5 / 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.

س6 / عدد أنواع المسننات.

س7 / عدد مميزات إستخدام المسننات في نقل الحركة.

س8 / كيف يتم تحويل الحركة الدورانية الى حركة مستقيمة بأستخدام المسننات.

س9 / ماهو مجال إستخدام المسنن الدودي والدودة.

س10 / مسننان متعشقان معا، المسنن الأول (30) سن يدور (1750) د / د والمسنن الثاني عدد أسنانه (45) سن، أحسب عدد دوراته.

الفصل الرابع

الخراطة Turning

الاهداف:

يتعرف الطالب في هذا الفصل على:

1- ماكنة الخراطة المتوازية وعملها.

2- أجزاء ماكنة الخراطة وملحقاتها.

3- معرفة الانواع الاخرى والعمل الذي تؤديه.

الفصل الرابع

الخراطة Turning

1.4 تمهيـد (Introduction):

المخرطة: هي إحدى مكائن ورش التشغيل الميكانيكي التي تقوم بأنتاج المشغولات الاسطوانية والمخروطية وإنتاج اللوالب والاشكال الهندسية الاخرى، والشكل (4 – 1) يوضح بعض منتجات ماكنة الخراطة.

شكل (4 – 1) بعض منتجات ماكنة الخراطة

2.4 عملية الخراطة (Turning Process):

وهي عملية تشكيل تتم عن طريق فصل طبقة من المعدن المراد تشكيله، بشكل رايش وذلك باستخدام عدة خاصة تسمى قلم المخرطة.

من أهم مميزات ماكنة الخراطة هي:

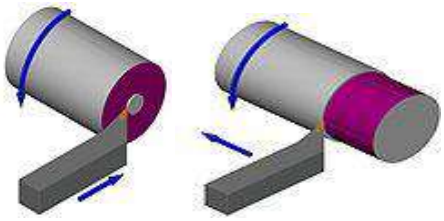
1 – السرعة والدقة في أنتاج المشغولات.

2 – سهلة التشغيل وممكن تعلمها والعمل عليها في مدة وجيزة.

3 - يمكن إستخدامها لانتاج أشكال هندسية مختلفة.

3.4 حركات القطع (Cutting Movements):

1 - حركة دوران الشغلة: إذ تدور قطعة العمل حركة دورانية مضادة للحد القاطع 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 (4 – 2).



شكل (4 –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.

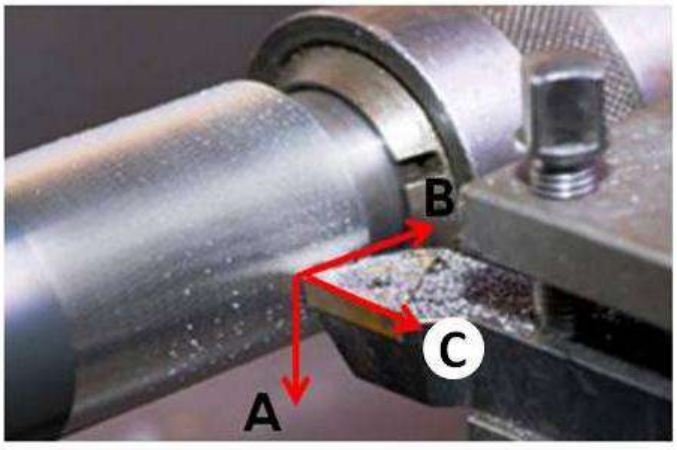
4. 4 قوى القطع (Cutting Forces):

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 (4 -3).



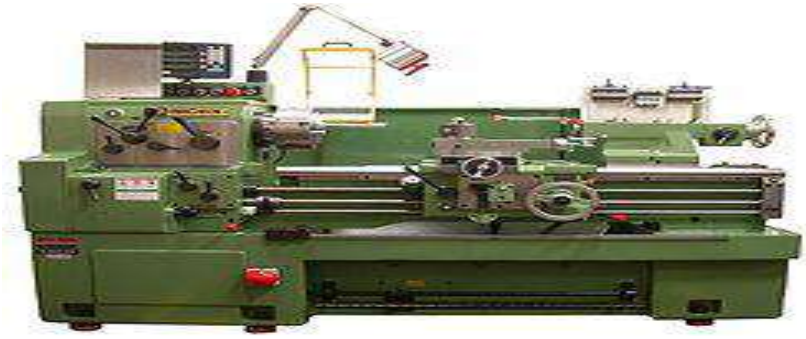
شكل (4 - 3) يوضح قوى القطع

4. 5 أنواع المخارط (Types of lathes):

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):

وهي مخرطة ذات استخدام عام لذا تسخدم في المعامل والورش الصغيرة وتسخدم في ورش الصيانة الميكانيكية، وهذا النوع من المخارط هو ما ستشاهده في المدرسة وتعمل عليه لذا سيتم تناولها بالتفاصيل كما موضح في الشكل (4 - 4)، سميت بالمتوازية وذلك لان محور دوران الشغلة مواز للفرش وحركة العربة.



شكل (4 - 4) المخرطة المتوازية

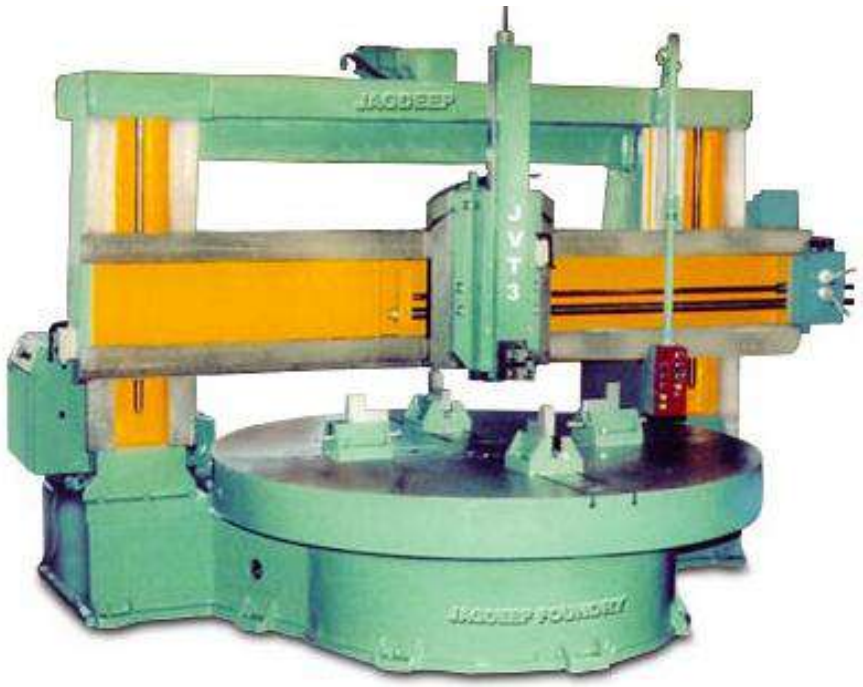
2 - ماكنة الخراطة الجبهية (الوجهية) (Face Lathe) :

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، وكما موضح في الشكل (4- 5).

شكل (4- 5) المخرطة الجبهية

3 - المخرطة العمودية (Vertical Lathe) :

ماكنة الخراطة العمودية وفيها يكون الظرف في وضع افقي وقلم القطع عموديا، وكما موضح في الشكل (4-6). 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.



شكل رقم (4-6) المخرطة العمودية

4 - المخرطة ذات البرج (Turret Lathe):

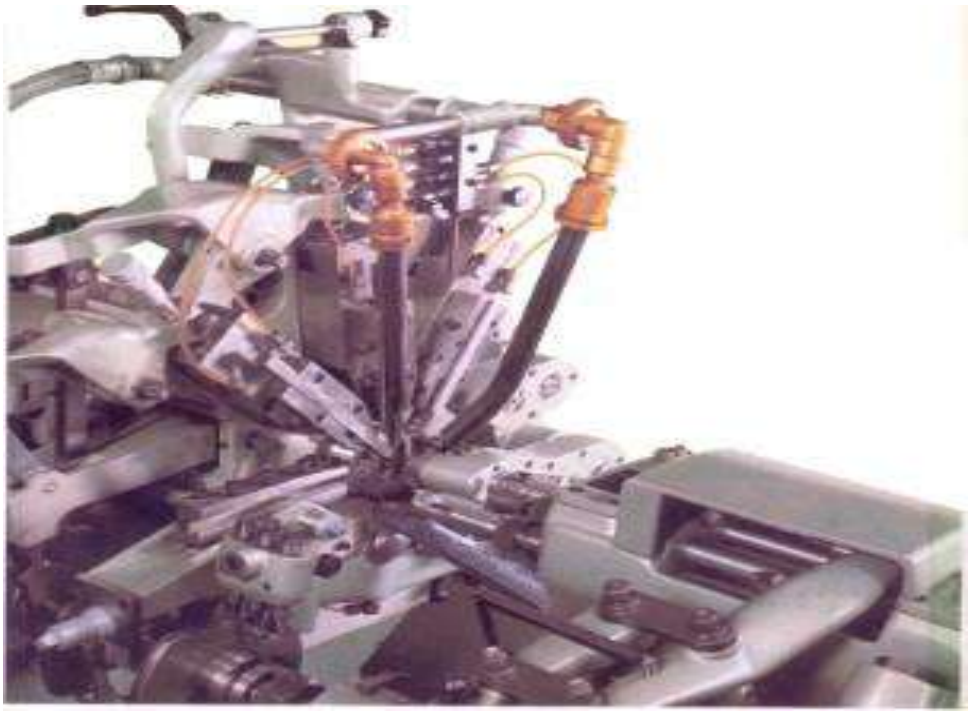
تتميز هذه المخرطة بوجود برج دوار يحمل عدد القطع في أعلى الفرش، وكما موضح في الشكل (4 – 7). إذ يوفر البرج الدوار للعامل الدقة والسرعة في تغير عدد القطع العاملة، وتستخدم هذه المخارط في عمليات الانتاج الكمي ولذلك يتحرك برج ادوات القطع طوليا على فرش المخرطة في اثناء عملية القطع وأثناء الرجوع على راسمة، إذ تقوم اداة قطع او أكثر 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.

شكل رقم (4- 7) المخرطة ذات البرج

5 - المخرطة الالية (Automatic Lathe) :

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، وكما موضح في الشكل (4- 8).



شكل رقم (4-8) المخرطة الآلية

6- المخرطة التي تعمل بالحاسوب (Numerical Control Lathe) CNC:

هي ماكنة تعمل بالحاسوب، ويقوم 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 (4 –9) يوضح أحد مكائن الخراطة التي تعمل بالحاسوب CNC .

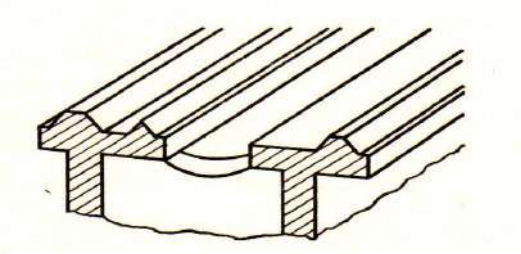
شكل رقم (4- 9) مخرطة تعمل بالحاسوب

4. 6 أجزاء المخرطة المتوازية (Parallel Lathe Parts):

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، وكما موضح في الشكل (4 –10) وهي كما يأتي:

رقم (4- 10) 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 (4 –11) يوضح ذلك.



شكل (4 – 11) يوضح فرش المخرطة

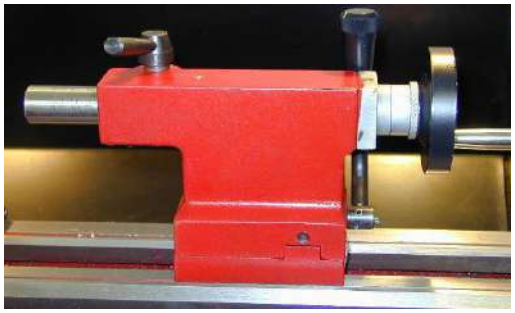
2- الفرش: - هو الجزء الاساسي الذي يحمل كل أجزاء المخرطة ويكون صندوقي الشكل، يصنع من حديد الصب. فيه دليلان يمتدان على طوله بشكل هرمي ودليلان بشكل مسطح، لتتحرك عليهما العربة والغراب المتحرك. ويجب العناية بالفرش بتنظيفه وتزييته بعد إنتهاء العمل اليومي لضمان عدم التأكل والصدأ وسهولة حركة العربة، وكما موضح في الشكل (4 - 11).

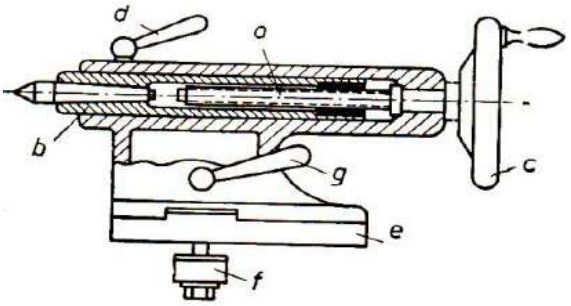
3 – العمود المرشد: - هو لولب مربع ذو باب واحد مثبت على الفرش بواسطة مساند. يمتد من نهاية الفرش ويمر داخل العربة وصولا الى صندوق نقل الحركة في أسفل الغراب الثابت. تنتقل اليه الحركة من عمود الدوران بواسطة المسننات ليحرك العربة بالسرعة المطلوبة عند قطع اللوالب عن طريق صامولة تتكون من نصفين تسمى الجاشمة ، وكما موضح في الشكل (4 - 12).

شكل (4 – 12) 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 (4 – 12).

5 – الغراب المتحرك: - يبين الشكل (4-13) 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.





شكل رقم (4- 13) يوضح الغراب المتحرك (a – المحور ، b – إسطوانة ، c – مقبض تدوير ، d – صامولة تثبيت ، e – قاعدة الغراب ، f – جسر التثبيت ، g – صامولة التثبيت)

وفيما ياتي أنواع المدببات:

1 ـ المدبب الثابت (السنتر): يبين الشكل (4-14) 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 زاويتة (60) درجة للأحمال الخفيفة و (90) درجة للأحمال الثقيلة ويستخدم الشحم لتخفيف الاحتكاك بين المدبب وسطح الثقب (سنتر الشغلة).

شكل (4 – 14) المدبب الثابت

2 ـ المدبب الثابت المشطوف: لايختلف عن سابقه إلا في كون راس المدبب مشطوفا، كما موضح في الشكل (4 – 14) وذلك من اجل وصول الحد القاطع للقلم الى طرف الشغلة دون الاحتكاك بجسم المدبب.

3 ـ المدبب المركب على كرسي محور (مسند كروي): 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 ، وكما موضح في الشكل (4 -15).

شكل رقم (4-15) المدبب الدوار

كما يستخدم الغراب المتحرك في عملية التثقيب على المخرطة والتوسيع (الرايمر) وكذلك عدة التسنين في اللولبة الداخلية، والشكل (4 – 16) يوضح عملية التثقيب.

شكل (4 - 16) يوضح التثقيب بالمخرطة

6 ـ العربة: ـ 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.

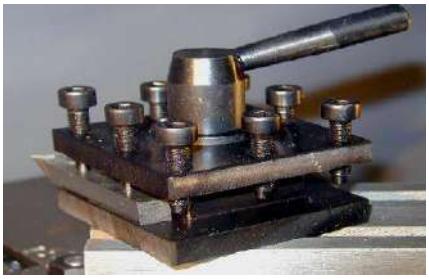
وتقوم العربة بحمل:

أ ـ الراسمة السفلى: **هي** الجزءالذي ياخذ مكانه على دليل خاص بالعربة وتكون حركتها عموديا على سطح قطعة العمل. كما تظهر بالشكل (4 –17).

شكل (4 – 17) يوضح العربة وتحمل الراسمتين العليا والسفلى

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)، وكما في الشكل (4 –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، وكما موضح في الشكل (4 – 18) .



الشكل (4 – 18) 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، وكما موضح في الشكل (4 – 19) و أهم أجزائه.

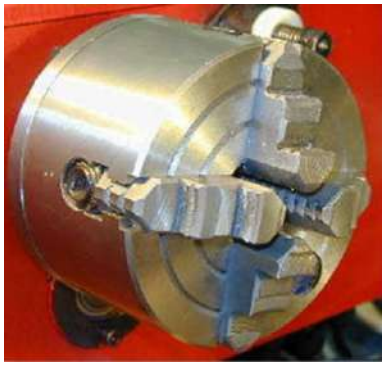
شكل (4 – 19) الغراب الثابت

8 ـ ظرف المخرطة (عينة المخرطة): يستخدم ظرف المخرطة في تثبيت المشغولات القصيرة والمنتظمة وغير المنتظمة لسهولة فتحها وتركيبها وأيجاد مركزها، وهي بنوعين هما:

1 ـ 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)، وكما موضح في الشكل (4 – 20). يركب الظرف على عمود الدوران (المحور الرئيس) بواسطة مسامير ربط ويستخدم الظرف الثلاثي في ربط وتثبيت الشغلات الدائرية المنتظمة أو السداسية.

شكل (4 – 20) الظرف الثلاثي

2 ـ الظرف الرباعي (العينة الرباعية): هذا النوع فيه اربعة فكوك تتحرك منفردة عند تدوير المسمار الملولب بواسطة مفتاح الربط المربع كما موضح في الشكل (4 – 21)، ويستخدم 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.

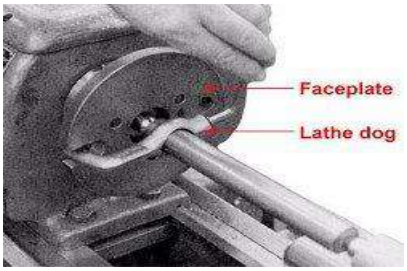


شكل (4 – 21) الظرف الرباعي

4. 7 ملحقات مكائن الخراطة (Lathe Machine Accessories):

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) ، وكما موضح في الشكل (4 –22) .



شكل (4-22) 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، وكما موضح في الشكل (4 –23).

شكل (4 –23) العينة المسطحة

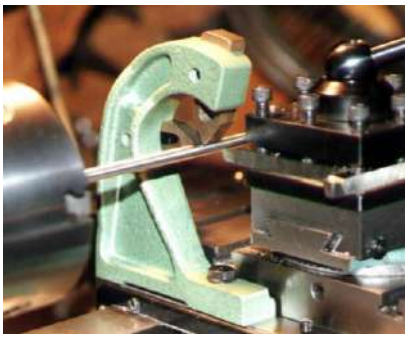
3- طقم الخانقات: هي مجموعة من الخوانق تستعمل لربط الشغلات ذات الاقطار الصغيرة والدقه العالية وتبدأ من قياس 1 ملم وحتى50ملم ، يتم تثبيت الخانق في الماسك (الهولدر) الخاص بالمخرطة وتكون نهايته مسلوبة (سلبة مورس) تثبت في مقدمة محور الدوران بعد رفع العينة ، إذ يكون مجوف و في مقدمته سلبة مورس داخلية ، والشكل (4 –24) يوضح الخانقات .

شكل (4-24) 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 موضح في الشكل (4 – 25).

شكل (4-25) الساند الثلاثي

5– الساند الثنائي: - يثبت على العربة وفيه نقطتا أرتكاز تكون مقابلة لمقدمة قلم الخراطة لاسناد الشغلات (الرفيعة الطويلة الدائرية) أثناء خراطتها، كما موضح في الشكل (4 –26).



شكل (4 –26) الساند الثنائي

8 .4 أقلام الخراطة (Lathe Pens):

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، وكما موضح في الشكل (4 –27).

شكل (4 -27) أحد أقلام الخراطة

8 .4.1 تصنيف أقلام الخراطة (Classification of Lathe Pens):

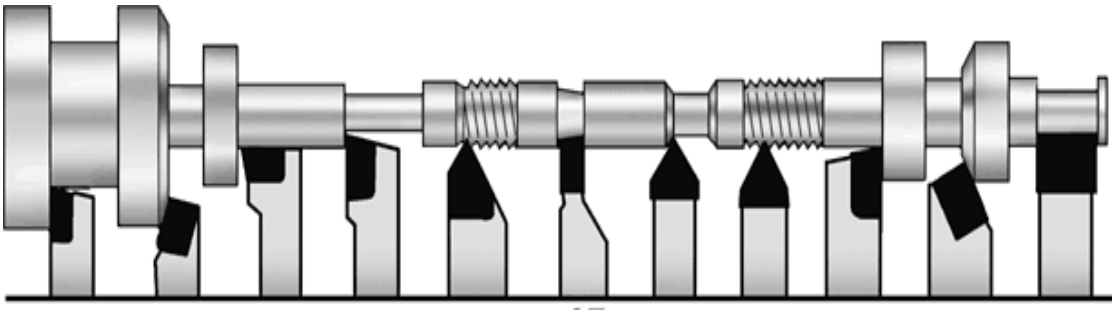
وتصنف حسب مايأتي:

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 (4 –28).



شكل (4 –28) يوضح أنواع أقلام الخراطة

ويمكنك تمييز الأنواع الآتية من أقلام الخراطة بالنسبه لاتجاه القطع:

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 ـ تصنيف أقلام الخراطة بحسب نوع عملية القطع:

أن أقلام الخراطة تختلف بحسب عمليات القطع المتنوعة فمنها:

أ ـ اقلام الخراطة الخارجية الطويلة.

ب ـ أقلام الخراطة الجبهية.

ج ـ أقلام عمل اللوالب .

د ـ أقلام عمل المجاري التشكيلية.

هـ ـ أقلام الخراطة الداخلية .

4 ـ تصنيف أقلام الخراطة بحسب معدن الحد القاطع:

يصنع الحد القاطع لاقلام الخراطة من عدة معادن تختلف في صلادتها ومنها:

أ ـ فولاذ القطع السريع HSS: ـ 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.

ب ـ الكاربيدات: هي سبيكة من كاربيدات الكوبلت والتتانيوم والتنكستن والتنتالم، وهذه السبيكة ذات قدرة كبيرة على القطع لمقاومتها العالية للحرارة (900 درجة مئوية)، والتآكل، وتشكل بشكل صفائح صغيرة تركب بطرق اللحام أو التثبيت الميكانيكي على سيقان من الصلب الكاربوني، والشكل (4 –29) يوضح أحد أشكال اللقم الكاربيدية مثبتة باللحام .

شكل (4 –29) أحد أشكال اللقم الكاربيدية مثبتة على نصاب القلم

ج 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 (4 –30) يوضح بعض انواع اللقم الخزفية.

شكل (4 – 30) بعض اللقم الخزفية

د 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 صغيرة تربط على سيقان من الصلب الكاربوني بنوع خاص من اللحام.

4.2. 8 زوايا أقلام القطع (Cutting Pen Angles):

يشكل الحد القاطع لقلم الخراطة من تلاقي مجوعة من السطوح المائلة بزوايا محددة كما موضح في الشكل (4 – 31) 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.

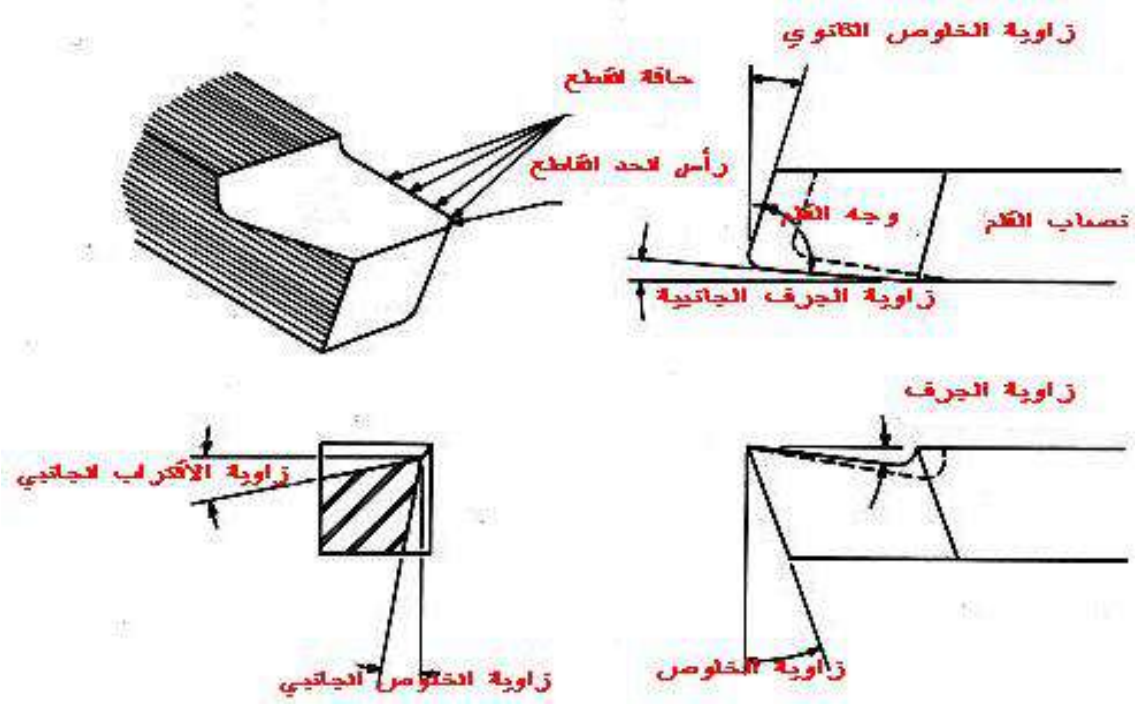
2 - زاوية الخلوص (الجانبي): هي الزاوية المحصورة بين السطح الجانبي بأتجاه حركة التغذية والخط الشاقولي في نقطة تلاقي هذا السطح مع الشغلة ، فائدة هذه الزاوية هي تسهل عملية أستمرارية توغل القلم وتقليل الاحتكاك الذي يحصل أثناء حركة التغذية.

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 (4- 31) يوضح زوايا القلم

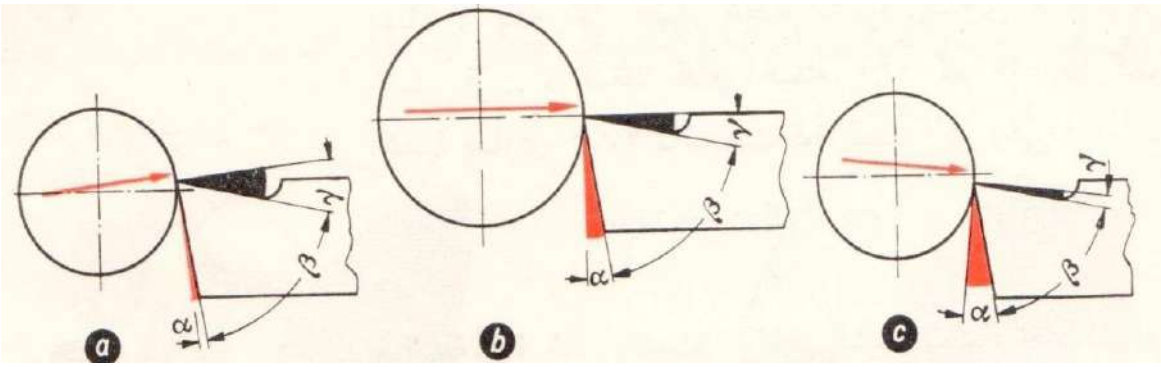
والجدول رقم (4 – 1) يوضح مقدار زوايا القلم حسب المعدن المشغل.

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

الجدول (4 – 1) مقدار زوايا القلم حسب المعدن المشغل

4.3. 8 ضبط طرف الحد القاطع بالنسبة لمحور قطعة العمل (Adjust The cutting Edge):

يضبط الحد القاطع بالنسبة لمحور الشغلة ضمن ثلاثة أوضاع، وكما موضح في الشكل (4 – 32) وحسب القطع المطلوب كما يأتي:



شكل (4 - 32) 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، وكما موضح في الشكل (b – 4 – 32).

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)، وكما موضح في الشكل (c – 4 – 32) .

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)، وكما موضح في الشكل (a – 4 – 32).

4. 9 سرعة القطع (Cutting Speed):

تعرف سرعة القطع بأنها: طول الرايش المقطوع مقدرا بالمتر في وحدة الزمن مقدرة بالدقيقة.

ويمكن حساب سرعة القطع من العلاقة الأتية:

$$\text{سرعة القطع} = \frac{\text{قطر الشغلة} \times \pi \times \text{عدد الدورات}}{1000} \quad \text{متر / دقيقة}$$

إذ يقاس قطر الشغلة بالملمتر.

مثال (4 –1):

أحسب سرعة القطع لخراطة عمود قطره 30 ملم وعدد دورات العينة 400 دورة / دقيقة.

الحل : سرعة القطع = $\frac{\text{قطر الشغلة}\times\pi\times\text{عدد الدورات}}{1000}$

$$= \frac{400\times3.14\times30}{1000} = 37.68 \text{ م / د}$$

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 (4 – 2) يوضح سرعة القطع لبعض المعادن.

ت	معدن الشغلة	سرعة القطع م/ د		التغذية ملم / دورة			
		تخشين	تنعيم	تخشين		تنعيم	
1	صلب طري	25	40	0.6	0.3	0.1	0.3
2	صلب متوسط الكاربون	20	30	0.4	0.3	0.1	0.3
3	صلب عالي الكاربون	15	25	0.3	0.2	0.1	0.2
4	حديد صب طري	25	35	0.6	0.4	0.1	0.3
5	حديد صب متوسط	20	25	0.6	0.4	0.1	0.3
6	حديد صب صلد	15	20	0.6	0.4	0.1	0.3
7	البرونز	30	60	0.6	0.4	0.1	0.3
8	الالمنيوم	75	120	0.6	0.4	0.1	0.3

جدول (4 – 2) سرعة القطع والتغذية لبعض المعادن

وتتأثر سرعة القطع بالعوامل الآتية:

1 ـ **معدن السكين**: فكلما ازدادت صلادة معدن السكين ومقاومته للحرارة والتآكل زاد مقدار سرعة القطع.

2 ـ **المعدن المقطوع**: كلما زادت صلادة المعدن المقطوع انخفضت سرعة القطع.

3 ـ **مساحة مقطع الرايش**: كلما زادت مساحة مقطع الرايش التي هي عبارة عن

(عمق القطع ×مقدار التغذية) قلت سرعة القطع

4 ـ **سوائل التبريد**: من الممكن زيادة سرعة القطع عند إستعمال سوائل التبريد.

4. 10 سرعة الماكنة (عدد دورات العينة لكل دقيقة) (Machine Speed):

يتم حساب عدد دورت العينة وفق المعادلة الأتية:

$$\text{سرعة الماكنة (عدد دورات العينة)} = \frac{\text{سرعة القطع} \times 1000}{\pi \times \text{قطر الشغلة}} \quad \text{دورة / دقيقة}$$

مثال (4 – 2) :

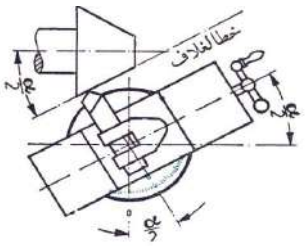
إذا كانت سرعة القطع لخراطة شغلة 20 م / دقيقة وكان قطر الشغلة *50*ملم، إحسب عدد دورات العينة (سرعة الماكنة).

الحل : عدد الدورات $= \frac{\text{سرعة القطع} \times 1000}{\pi \times \text{قطر الشغلة}} = \frac{1000 \times 20}{3.14 \times 50} = 127.3$ د / د ويتم إختيار السرعة المتوفرة في الماكنة المقاربة لهذه السرعة ولتكن *125* أو 130 د/ د.

4. 11 السلبة:

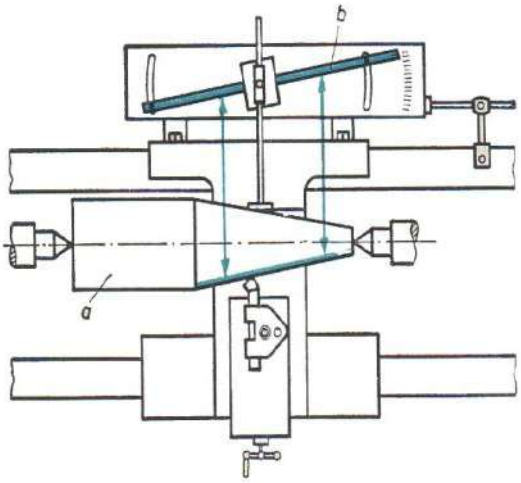
هي عبارة عن مخروط كامل أو ناقص ذات قاعدة دائرية. وهي بانواع منها الداخلية والخارجية والطويلة أو القصيرة. ويتم إنتاج السلبات بحسب طولها وكما يأتي:

1 - السلبات القصيرة: هي التي تنفذ بأمالة الراسمة العليا بزاوية معينة (تساوي زاوية ميل السطح) ، وتكون حركة التغذية للقلم يدوية. كما موضح في الشكل (4 – 33).



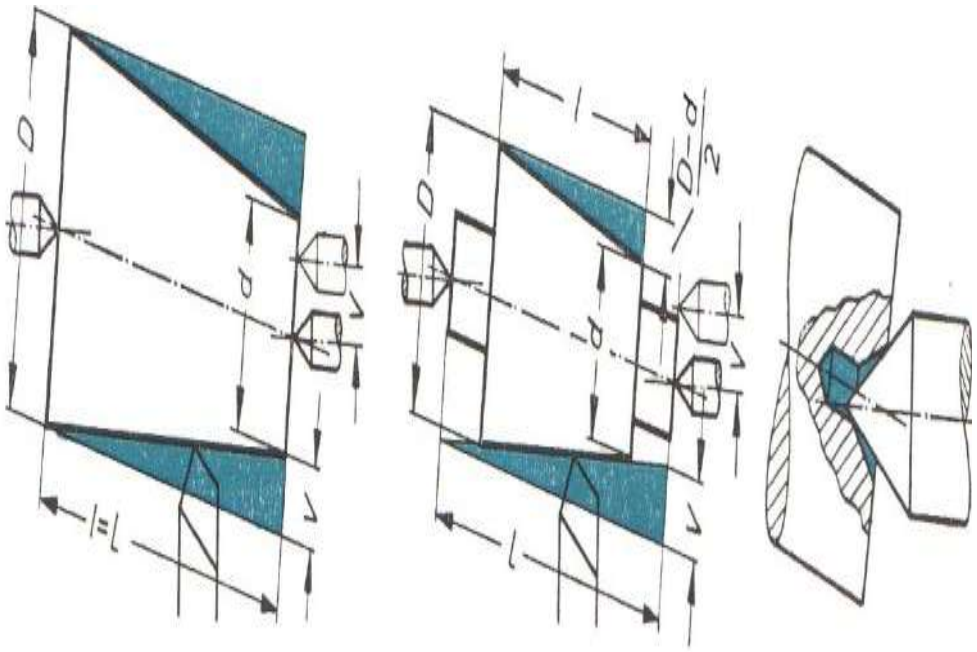
شكل (4 – 33) يوضح عمل السلبة القصيرة

2 – السلبات المتوسطة الطول: وهي التي تنفذ بواسطة جهاز السلبة الملحق لان طولها يزيد بكثير عن طول شوط الراسمة العليا، وكما موضح في الشكل (4 - 34). وتمتاز هذه الطريقة بدقة قياسات السلبة ونعومة سطحها (إستخدام الخراطة الالية) وتستخدم كذلك للسلبات الداخلية.



شكل (4 – 34) يوضح عمل السلبة 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، وكما موضح في الشكل (4 – 35).



شكل (4 - 35) يوضح عمل السلبة الطويلة (D – القطر الكبير، d – القطر الصغير، l – طول السلبة، v – مقدار ترحيل الغراب)

مقدار الترحيل = $\frac{\text{الطول الكلي للشغلة}}{\mathbf{2}} \times \frac{\text{القطر الكبير – القطر الصغير}}{\text{طول السلبة}}$ ملمتر

مثال (4 – 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: -

مقدار الترحيل = $\frac{\text{الطول الكلي للشغلة}}{\mathbf{2}} \times \frac{\text{القطر الكبير – القطر الصغير}}{\text{طول السلبة}}$

مقدار الترحيل = $\frac{\mathbf{400}}{\mathbf{2}} \times \frac{\mathbf{45-50}}{\mathbf{100}}$ = 10 ملم

أسئلة الفصل الرابع

س1/ عرف مايأتي: المخرطة، عملية الخراطة، حركة القطع الاساسية، حركة عمق القطع، حركة التغذية ، العمود المرشد.

س2/ عدد أنواع المخارط.

س3/ عدد أجزاء المخرطة المتوازية، وما هي الملحقات الاضافية للماكنة.

س4/ ما هي مميزات مكائن الخراطة التي تعمل بالحاسوب.

س5/ صنف أقلام الخراطة حسب نوع القطع وإتجاهه.

س6/ عدد المعادن التي تصنع منها أقلام الخراطة.

س7/ ما هي أهمية وضع الحد القاطع للقلم بالنسبة لمحور دوران الشغلة.

س8/ ما هي سرعة القطع عند خراطة شغلة قطرها 40 ملم إذا كانت سرعة الماكنة 300 د / د.

س9/ إحسب سرعة الماكنة (عدد الدورات) لخراطة شغلة قطرها 20 ملم إذا كانت سرعة القطع 30 متر/ دقيقة.

س10/ وضح كيف يتم إنتاج السلبات القصيرة.

المصادر والمراجع

1- كتاب تحليل الدوائر الكهربائية والالكترونية.

تأليف د. عبد القادر مصباح الامين.

2- كتاب العلوم الصناعية للصف الاول توليد الطاقة الكهربائية ونقلها.

تأليف د. ضاري يوسف السامرائي و د. حسين مجيد صالح ومهدي صالح الحمداني وحسين كاظم سلمان وعامرة ماجد ثابت وصفاء شوكت عباس وعبد الوهاب عبد الرزاق

3- كتاب العلوم الصناعية للصف الاول كهرباء.

تأليف د. كريكور سيروب كريكور وسمير ابراهيم عبود وديار ريشارد حبيب وعامرة ماجد ثابت ومهدي صالح الحمداني وسلام حميد حسن.

4- كتاب العلوم الصناعية للصف الثاني توليد الطاقة الكهربائية ونقلها.

تأليف أ.م.د. كريم كاظم جاسم ود. المهندس قصي عبد الجبار جواد والمهندس مهدي صالح الحمداني والمهندس حسين كاظم سلمان والمهندسة عامرة ماجد ثابت والمهندس صفاء شوكت عباس والمهندس عبد الوهاب عبد الرزاق.

5- صور ومواضيع منتقات من شبكة المعلومات العالمية (Internet) .