جمهورية السودان

التعليم الثانوي

أساسيات العلوم الهندسية

الصف الثاني

بسم الله الرحمن الرحيم

جمهورية السودان
وزارة التربية والتعليم
المركز القومي للمناهج والبحث التربوي
بحت الرضا

أساسيات العلوم الهندسية

الصف الثاني الثانوي

إعداد: لجنة بتكليف من المركز القومي للمناهج والبحث التربوي من الأساتذة:

أ. د / عصام محمد عبد الماجد : جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا
أ. د / علي محمد علـــي : جامعة الخرطوم
الأستاذ/ أبو القاسم عبد القادر صالح : خبير تربوي
الأستاذ/ عبد الوهاب المهتدي الوسيلة : معلم فني متقاعد
الأستاذ/ عبد الله محمد علـــي : تعليم الخرطوم
الأستاذ/ عبد الرحيم سعيد محمد نور : المركز القومي للمناهج والبحث التربوي
الأستاذ/ محمد عبد الله خيـــر الله : مستشار التعليم الفني

الإخراج الفني : الأستاذ / إبراهيم الفاضل الطاهر
الجمع بالحاسوب : إبتهاج مصطفى علي

جميع حقوق الطبع والتأليف ملك للمركز القومي للمناهج والبحث التربوي . ولا يحق لأي جهة، بأي وجه من الوجوه نقل جزء من هذا الكتاب أو إعادة طبعه أو التصرف في محتواه دون إذن كتابي من إدارة المركز القومي للمناهج والبحث التربوي.

الناشرون :

الطابعون :

رقم الإيداع: ٢٠٠٨/٧٦٤

المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	أ
الباب الأول : أساسيات الرسم الهندسي	
الإسقاط	١
المنظورات	١٤
وضع الأبعاد	٢١
توزيع المساقط على ورقة الرسم	٢٤
الرسم الكروكي (التكريك)	٣١
الباب الثاني : أساسيات الهندسة الميكانيكية	
الفلزات : خواصها وإنتاجها	٣٦
المحركات	٦٠
محرك السيارة	٨٠
الباب الثالث : أساسيات الهندسة الكهربائية	
الكميات الكهربائية	٩٠
تعريف الوحدات الأساسية والمشتقة	٩٢
مصادر أخرى للقوة الدافعة الكهربائية	٩٨
الفيض والمجال الكهربائي	١٠٠
الطاقة الكامنة والجهد	١٠٣
المكثف	١٠٥
الكهرومغنطيسية	١١٠
مقدمة الهندسة الالكترونية	١٢١
شكل بلورة شبه الموصل	١٢٢
تشويب أشباه الموصلات	١٢٦

الموضوع	الصفحة
الباب الرابع : أساسيات الهندسة المدنية	
مقدمة	١٣١
هندسة الإنشاءات	١٣١
هندسة التربة	١٤٠
هندسة ميكانيكا المواد	١٤٣
هندسة الموائع	١٥١
الهندسة البيئية	١٥٥

المقدّمـة

يعتبر هذا الكتاب امتداد لأساسيات العلوم الهندسية التي درسها الطالب في الصف الأول والتي تتعلق بأساسيات الرسم الهندسي والهندسة الميكانيكية والهندسة الكهربائية والهندسة المدنية .

ويركز هذا الكتاب في الباب الأول على أساسيات الرسم الهندسي المتعلقة بالإسقاط ومبادئه ونظمه وطرقه ، والمنظورات وأنواعها وطرقها والسمات العامة لها ، ووضع الأبعاد في الرسومات الهندسية وكتابتها ، والرسم الحر ، وتوزيع المساقط على ورقة الرسم .

وتناول الباب الثاني ، أساسيات الهندسة الميكانيكية ، خواص الفلزات وطرق إنتاج بعض منها ، وأساسيات المحركات الحرارية وأنواعها والفروق الجوهرية بينها .

أما الباب الثالث عن أساسيات الهندسة الكهربائية فقد بدأ بتعريف الوحدات الأساسية في علم الكهرباء ، ومصادر القوة الدافعة الكهربائية ، ومفاهيم الفيض ، والمجال الكهربائي ، والمكثف ، والكهرومغنطيس . واختتم بتعريف مبسط للهندسة الالكترونية .

وانفرد الباب الرابع بطرح أساسيات الهندسة المدنية في بعض محاورها المتعلقة بهندسة التربة ، وميكانيكا المواد ، والإنشاءات ، والموائع ، والبيئة .

ولا يفوتنا أنْ نسجل صوت شكر لـ (سندي ماكبرايد Cindy McBride) في قسم إعطاء الإذن بإعادة النشر في شركات ماكقروهل الأمريكية للإذن بإعادة نشر شكل أنواع الأساسات من كتاب التحليل الإنشائي لصاحبه هـ.لورنس ، والشكر موصول لجيمس ليناهان (James Lenahan) مدير الاتصالات بالمشاركة العالمية للماء GWP/ سيدا باستكهولم للإذن بإعادة نشر الإدارة المتكاملة لموارد الماء – في لمحة (IWRM at a Glance) ، التي هي إحدى إصدارات اللجنة الاستشارية الفنية .

وأخيراً نتمنى من الله العلي القدير أنْ ينتفع أبناؤنا الطلاب بما اخترناه لهم من مادة دراسية في العلوم الهندسية . كما نرجو من الإخوة المعلمين موافاتنا بآرائهم ومقترحاتهم لتنقيح هذا الكتاب في المستقبل .

المؤلفون

الباب الأول

أساسيات الرسم الهندسي

(١- ١) الإسقاط :

تعني كلمة إسقاط بصورة عامة في اللغة العربية وقوع الشيء ونزوله على الأرض. وفي الرسم الصناعي، إذا ما رسمت عدة خطوط مستقيمة من نقاط مختلفة تقع على حواف الجسم لتلتقي مع مستو عندئذ يمكن القول أن ذلك الجسم قد أسقط على المستوى. ويسمى الشكل المتكون من توصيل نقاط تقاطع هذه المستقيمات مع المستوى للشكل الصحيح **(مسقط)** ذلك الجسم على المستوى. وتسمى المستقيمات **(الساقطة)** من الجسم مع المستوى مستقيمات **(الإسقاط)** وذلك بتسليط النظر في اتجاه معين من الشكل إلى المستوى المنظور. وتختلف طرق الإسقاط وفقاً لاختلاف اتجاه تسليط نظر العين إلى المستوى. وعندما يكون تسليط النظر بزاوية على المستوى فإن الإسقاط يكون (مائلاً) وعندما يسلط النظر من مركز نقطة معينة فإن النتيجة تكون إسقاطاً تصويرياً.

(١ -٢) نظرية الإسقاط :

تقوم نظرية الإسقاط على المعلومات الضرورية لوصف الشكل. وهناك طريقتان لوصف الشكل في الرسم الصناعي هما المناظر المتعامدة والمنظور التصويري.

(١) المناظر المتعامدة (Orthographic Views) :

تحتوي المناظر المتعامدة على مجموعة متعامدة تتكون من منظرين (أو أكثر) أخذا من اتجاهين مختلفين؛ عادة متعامدين على بعضهما؛ ونظما بوضعهما بطريقة محددة، وكل واحد من المنظرين (أو المناظر) يوضح الشكل من اتجاه نظرة معينة. وتصف مجموعة المناظر الشكل كلية، وبهذه الطريقة يستخدم فقط الإسقاط المتعامد Orthographic Projection

(٢) المنظور الفوتغرافي (أو التصويري) (Perspective view) :

لا يوضح المنظور الفوتغرافي الشكل من الخلف ويسقط على مُسْتوىً منفرد.

ويمكن استخدام أي من الإسقاط المتعامد أو المائل أو التصويري. وبما أن الإسقاط المتعامد وحده هو الذي يتيح فرصة الوصف الحقيقي للشكل فهو الطريقة الوحيدة المستخدمة بكثرة في الأعمال الهندسية.

(١ – ٣) تعريف الإسقاط المتعامد :

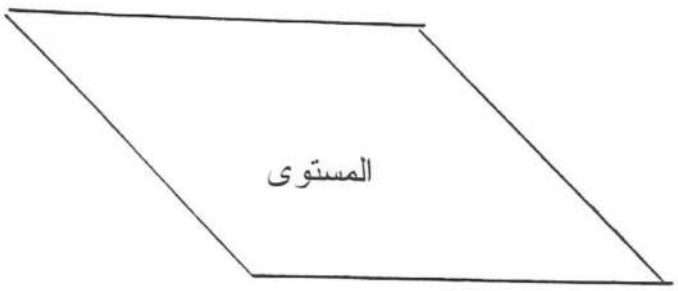
يمكن أن يعرف الإسقاط المتعامد بصفة أساسية كأي إسقاط عمودي منفرد على مستوى؛ إلاّ أنه نظراً لكثرة استخدامه في الرسم الصناعي فيطلق على خليط رسم منظرين أو أكثر. وعليه يمكن أن يعرف بالآتي: "الإسقاط المتعامد هو طريق لوصف الشكل الحقيقي للجسم بإسقاط أشعة عمودية من الجسم من جانبين أو أكثر على مستويات (مساقط) تكون عادة متعامدة على بعضها؛ وتصف مجموعة هذه المساقط الجسم كله. ويستخدم عادة لفظ الإسقاط فقط لهذا النظام من الرسم".

(١ – ٤) مبادئ الإسقاط :

فلنبدأ الآن بتوجيه النظر عمودياً على نقطة ما من أعلى؛ ثم نتدرج للوصول لعملية الإسقاط والمساقط.

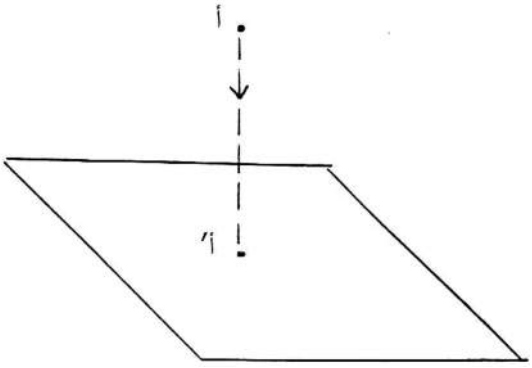
مثال (١–١) :

أسقط النقطة (أ) على المستوى المعلوم والتي هي خارجة عنه.



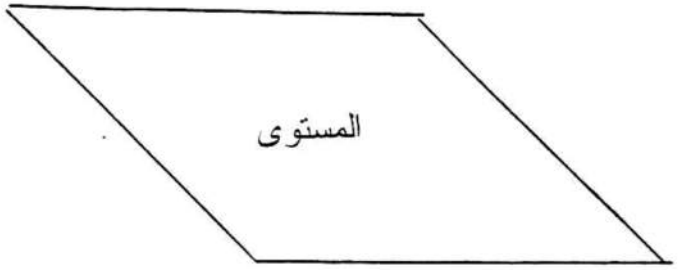
خطوات العمل :

أسقط من النقطة (أ) أشعة عمودية تسير في المسار المبين حتى النقطة (أ) على المستوى المعلوم (ويسمى في هذه الحالة المستوى أو المسقط الأفقي).



مثال (١-٢) :

أسقط المستقيم (أ ب) الذي طوله ٤ سم على المستوى الأفقي؛ إذا علمت أن المستقيم خارج عن المستوى وموازٍ له.

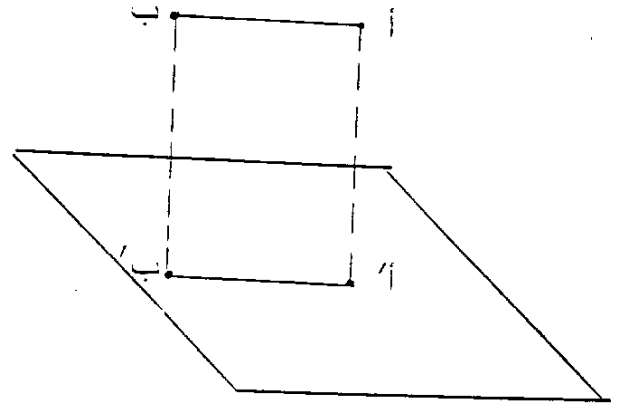


خطوات العمل :

١) أرسم المستقيم (أ ب) بالطول المعلوم خارجاً عن المستوى الأفقي.

٢) أسقط شعاعاً عمودياً على كل من النقطتين (أ ، ب) في المسارين حتـــى أ $\overline{أ}$ ، ب $\overline{ب}$ على المستوى الأفقي كما مبين.

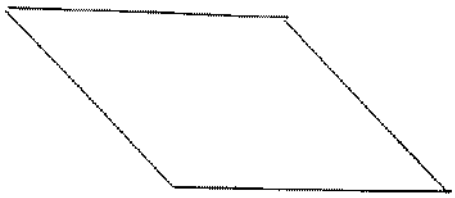
٣) صل أ` ، ب` لتحصل على إسقاط الخط المستقيم (أ ب).



يلاحظ في هذه الحالة أن المستقيم (أ ب) موازٍ للمستوى، لذلك يظهر بطوله الحقيقي (أ ب) عند الإسقاط على المستوى الأفقي.

مثال (١-٣) :

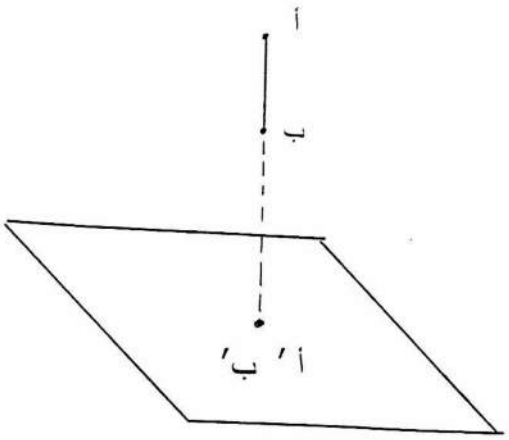
أسقط المستقيم القائم (أ ب) الذي طوله (٤ سم) على المستوى الأفقي إذا علمت أنه يقع خارجاً عنه.



خطوات العمل :

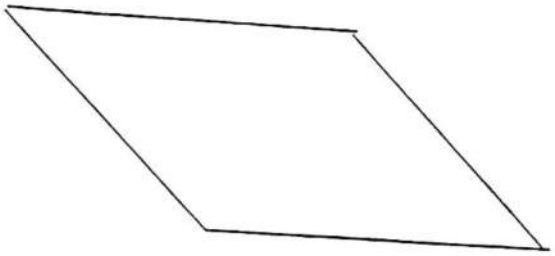
١) ارسم المستقيم (أ ب) عمودياً بالطول المعلوم خارج المستوى.

٢) اسقط شعاعاً عمودياً على (أ) ماراً على المسار (أ ب) حتى المستوى ويظهر في هذه الحالة المستقيم (أ ب) على المستوى نقطة واحدة فقط نسميها (أ` ب`) كما موضح على الشكل.



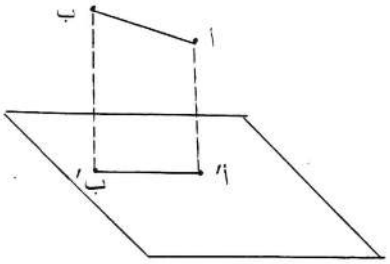
مثال (١-٤) :

اسقط المستقيم المائل (أ ب) الذي طوله ٤ سم على المستوى الأفقي إذا علمت أن المستقيم (أ ب) خارج عن المستوى الأفقي.



خطوات العمل :

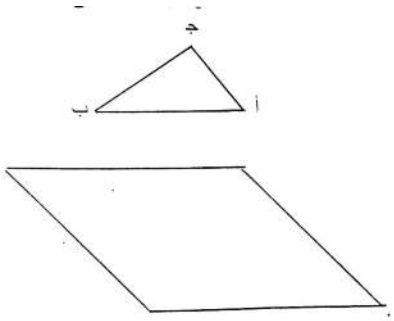
١) ارسم الخط (أ ب) حسب ميله خارجاً عن المستوى.
٢) اسقط شعاعاً عمودياً من كل من النقطتين (أ ، ب) على المسار العمودي حتى (أ` ، ب`).
٣) صل أ` ، ب` لتحصل على إسقاط المستقيم (أ ب).



يلاحظ في هذه الحالة أن طول المستقيم (أ` ب`) أقل من الطول الحقيقي للمستقيم (أ ب) ذلك لأن المستقيم (أ ب) مائلاً وخارجاً عن المستوى.

مثال (١-٥) :

أسقط المثلث (أ ب جـ) على المستوى الأفقي؛ إذا علمت أن المثلث أ ب جـ موازٍ لمستوى الإسقاط وخارجاً عنه.

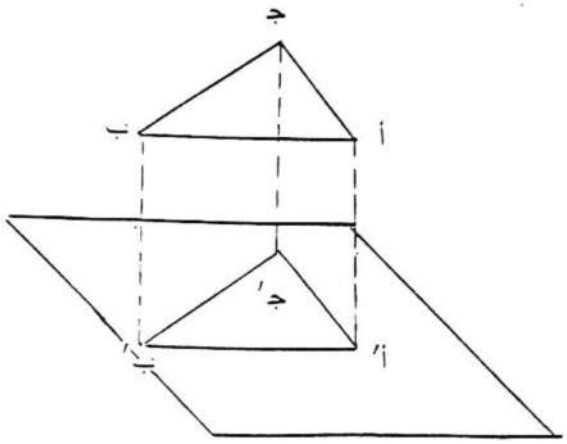


خطوات العمل :

١) ارسم المثلث (أ ب جـ).
٢) اسقط شعاعاً عمودياً من النقاط (أ، ب، جـ) على المستوى الأفقي.
٣) صل أ` ، ب` بخط مواز لقاعدة المثلث (أ ب).
٤) ارسم خطاً موازياً للضلع (ب جـ) من النقطة ب` ليتقاطع مع الإشعاع المسقط من النقطة ج في ج `.

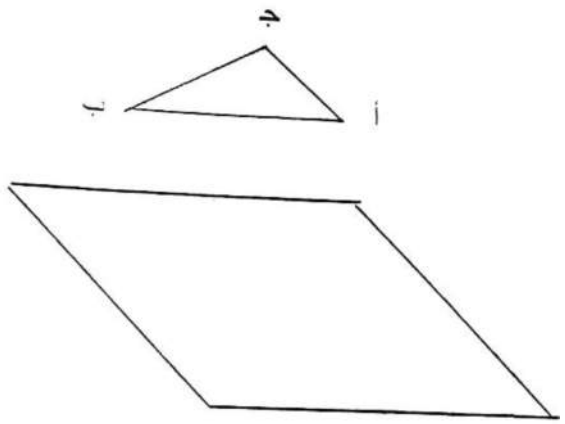
٥) صل أ` ، جـ` (وهو موازٍ للضلع أ جـ كذلك) لتحصل على إسقاط المثلث أ ب جـ.

يلاحظ أن أضلاع المثلث (أ` ب` جـ`) مساوية لأضلاع المثلث أ ب جـ وموازية لها؛ وذلك لأن المثلث (أ ب جـ) موازٍ لمستوى الإسقاط. وعليه تكون القاعدة **(أن أي سطح يوازي مستوى الإسقاط يكون مسقطه موازياً ومساوياً له)**.



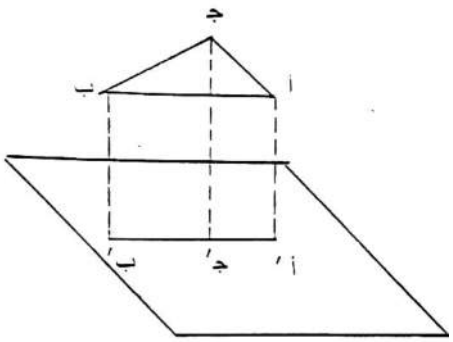
مثال (١-٦) :

اسقط المثلث أ ب جـ على المستوى الأفقي إذا علمت أن المثلث أ ب جـ خارج عن مستوى الإسقاط ومتعامد عليه كما مبين في الشكل.



خطوات العمل :

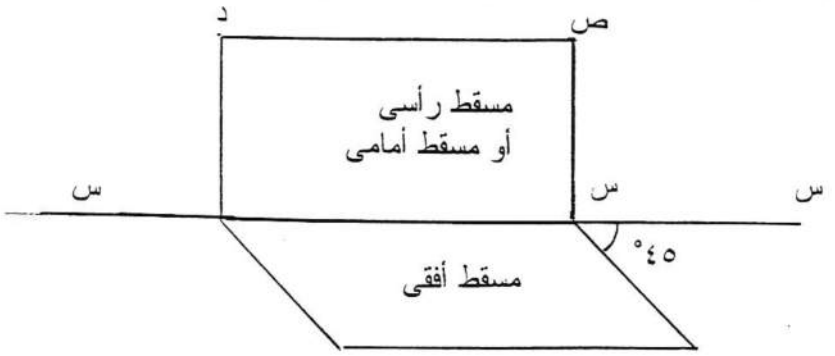
١) ارسم المثلث أ ب جـ خارجاً عن المستوى.



٢) اسقط شعاعاً من النقاط أ، ب، جـ حتى أ` ، ب` ، جـ`.

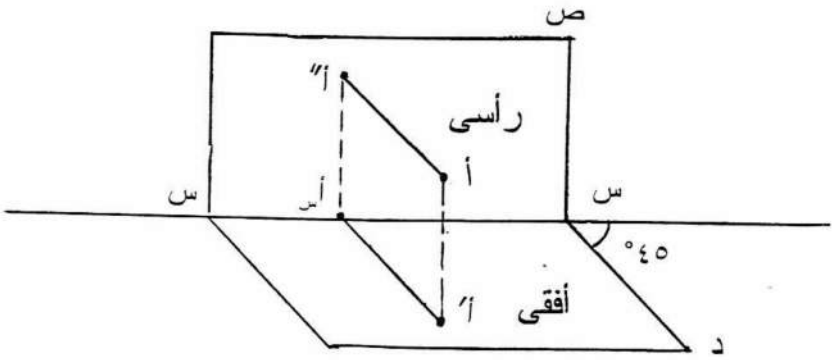
٣) بما أن المثلث أ ب جـ متعامدٌ على مستوى الإسقاط فإنه عند إسقاطه على المستوى الأفقي يظهر خطاً مستقيماً فقط مُمثلاً في الخط المستقيم أ` جـ` ب. وعليه تكون القاعدة (**أن مسقط أي سطح متعامد مع مستوى الإسقاط يكون خطاً مستقيماً**).

(١ – ٥) الإسقاط على مسقطين (أو مستويين) :



شكل (١–١) : الإسقاط على مسقطين

عند رسم أي شكل لا بد من دراسة قوانين وطرق إنشاء إسقاط أجزائه وهي لا تعدو أن تكون وحدات هندسية مكونة من خطوط وسطوح ودوائر ومضلعات ... الخ. يبين الشكل (١-١) زاوية مزدوجة تشكلت من التقاء مسقطين عمودياً، هما المسقط الرأسي (المسقط الأمامي) والمسقط الأفقي بينما المحور (س س) هو محور الإسقاط. الطرفين (س ص) و (س د) عموديين على المحور (س س). يمثـــل المسقط الأمامي بمستطيل كمـــا مبين في الشكل (١-١). بينما يمثل المسقط الأفقي بمتوازي أضلاع، يرسم ضلعه بزاوية مقدارها ٤٥° علي المحور (س س).



شكل (١-٢) : المسقطين الرأسي والأفقي

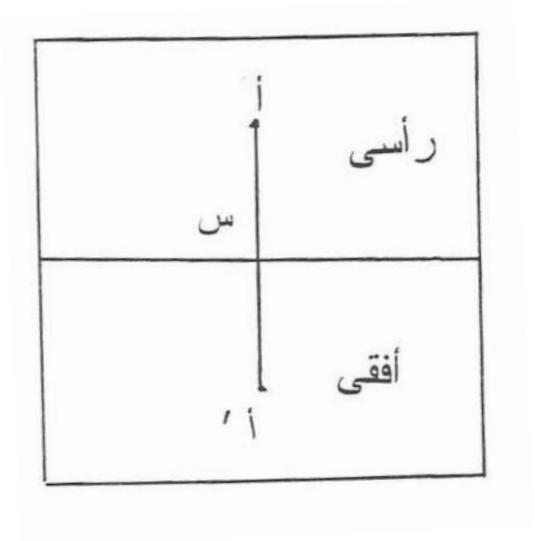
عند وضع النقطة (أ) في هذه الزاوية المزدوجة كما في الشكل(١-٢) وإنشاء إسقاطاتها من هذا الوضع يتبع الآتي:

١)أسقط خطوطاً عمودية على المستويين (الرأسي والأفقي) – نقطة تقاطع النقطة (أ`) والنقطة (أ) مع الأعمدة على المستويين الأفقي والرأسي على التوالي تسمى الإسقاط المتعامد للنقطة (أ).

الشكل المكون من مسار النقطة (أ) هو مستطيل أضلاعه أ أ` ، أ أس ، أس أ ، أ أ . وأن ضلعيه أ أ و أ أس يظهران بنصف طوليهمـــا الحقيقيين.

والسبب في ذلك يرجع إلى أن الرسم المجسم على مسقطين فقط لا يبين الأبعاد الحقيقية للجسم ولا شكله.

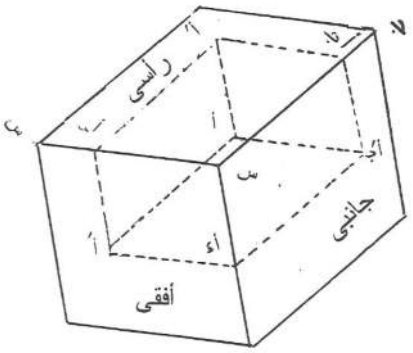
الآن إذا أدير المسقط الأفقي على المحور (س س) حتى يصير امتداداً للمحور الرأسي كما مبين في الشكل (١-٣) فسوف يتم الحصول على إسقاط النقطة (أ) عند أ` في المسقط الأفقي.



شكل (١-٣) : إسقاط النقطة أ في المسقط الأفقي

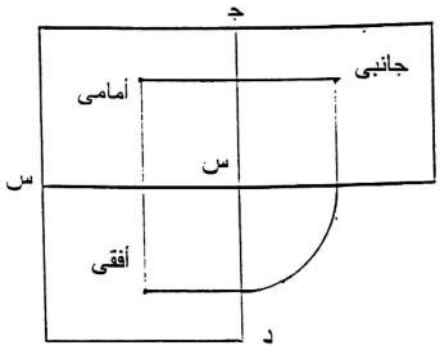
(١ - ٦) إسقاط النقطة على ثلاثة مساقط :

إن الغرض الأساسي من تعدد الاسقاطات بالطبع يقود إلى إظهار شكل الجسم وأبعاده الحقيقية. فإذا كان إسقاط الجسم على مسقطين (الأفقي والرأسي) لم يكن كافياً كما تم بيانه سابقاً لإظهار الأبعاد الحقيقية للجسم ولا شكله، فلابد من الحصول على مسقط ثالث يكون متعامداً مع المسقطين الآخرين (الأفقي والرأسي) ويسمى المسقط الجانبي كما مبين في الشكل (١-٤).



الشكل (١-٤) : المساقط الثلاثة

والمسقط الجانبي هو المسقط المتعامد مع المسقطين الآخرين (الأفقي والرأسي). للحصول على إسقاط النقطة (أ) كاملاً على المساقط الموضحة في الشكل (١-٤)، يدار المستوى الأفقي إلى أسفل حول المحور (س س) حتى يصبح امتداداً له؛ ويدار المسقط الجانبي إلى الأيمن حول المحور (جـ س) حتى يصبح امتداداً للمحور الرأسي كما مبين في الشكل (١-٥).



شكل (١-٥) : المساقط

ويرسم محور تلاقي المستويات على الدوام (س س، س جـ، س د) وتعرف نقطة تقاطع المستويات بالنقطة (س).

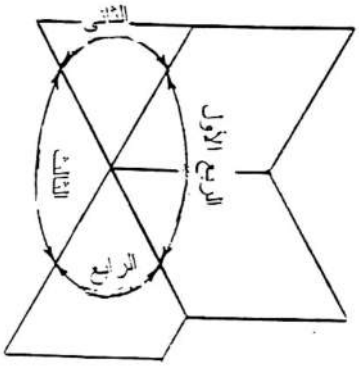
(١ – ٧) نظم الإسقاط :

تتم عادة نظم الإسقاط بأربعة طرق لتنظيم العمل الهندسي؛ وتخضع لها كل الفئات الهندسية في جميع أنحاء العالم، وتعرف بنظام:

١) الإسقاط بالزاوية الأولى (1st Angle projection)
٢) الإسقاط بالزاوية الثانية (2nd Angle projection)
٣) الإسقاط بالزاوية الثالثة (3rd Angle projection)
٤) الإسقاط بالزاوية الرابعة (4th Angle projection)

وذلك وفقاً لتسليط أشعة النظر من العين على الجسم بزاوية معينة كما مبين في الشكلين (١–٦) و (١–٧).

شكل (١–٦)



شكل (١–٧)

والإسقاط عن طريق الزاوية الأولى (أو الإسقاط في الربع الأول)، والإسقاط عن طريق الزاوية الثالثة (أو الإسقاط في الربع الثالث) هما الأكثر شيوعاً. وسوف يتم التركيز عليهما فقط. أما الفرق بين الإسقاط على الزاوية الأولى والإسقاط على الزاوية الثالثة فهو أن المسقط الأفقي يقع تحت المسقط الأمامي ويرسم تحته في نظام الزاوية الأولى، ويرسم المسقط الجانبي عندما ينظر إليه من اليسار يمين المسقط الأمامي (الرأسي) والعكس صحيح كما موضح في الشكل (١–٨).

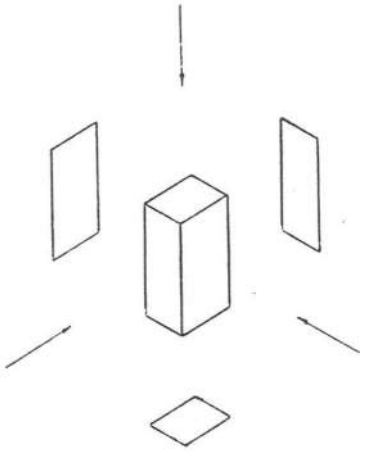
(١- ٨) الإسقاط على نظام الزاوية الأولي :

شكل (١-٨) : الإسقاط على نظام الزاوية الأولى

أما طريقة الإسقاط بنظام الزاوية الثالثة فإن المسقط الأفقي يقع فوق المسقط الرأسي (الأمامي) ويرسم فوقه. ويرسم المسقط الجانبي عند تسليط النظر إليه من الناحية اليمنى يمين المسقط الرأسي، وعند تسليط شعاع النظر إليه من يسار الجسم يرسم يسار المسقط الرأسي كما مبين في الشكل (١-٩).

شكل (١-٩) : الإسقاط على نظام الزاوية الثالثة

(١- ٩) المنظورات :



شكل (١-١٠) : المنظورات

المنظور هو الرسم المجسم الذي يعطي فكرة عامة لشكل الجسم وأبعاده وعلاقة أجزائه ببعضها. فهو رسم يمكن المنفذ من استيعاب أبعاد الشكل بطريقة تمكنه من التنفيذ الدقيق وفقاً للمواصفات المطلوبة.

(١ - ١٠) أنواع الرسم المنظور :

هناك بصفة عامة نوعان للمنظور المجسم هما: المنظور الفوتوغرافي، والمنظور الهندسي. فالمنظور الفوتوغرافي (Perspective) هو رسم الخطوط والأسطح والأجسام كما تراها العين، أو كما تسجلها آلة التصوير الفوتوغرافي. أما المنظور الهندسي فهو منظور مجسم يرسم وفقاً لقواعد هندسية بواحدة من طريقتين هما:

أ . المنظور الهندسي ذو الوجهين المائلين على زاوية ٣٠° (isometric).

ب. المنظور الهندسي ذو الوجه المائل على زاوية ٤٥° (parallel oblique).

يبين جدول (١-١) مقارنة توضح الفرق بين المنظور الهندسي والمنظور الفوتوغرافي.

جدول (١-١) الفرق بين المنظور الهندسي والفوتوغرافي

المنظور الهندسي	المنظور الفوتوغرافي
١) تظل الخطوط الموازية للأسطح والأجسام متوازية، وتظل المسافة بينها ثابتة مهما ابتعدت.	١) تضيق المسافة المحصورة بين الخطوط المتوازية للأسطح والأجسام كلما امتدت حتى تلتقي في النهاية في نقطة واحدة.
٢) تظل مساحة الأسطح وحجم الأجسام ثابتة الشكل والحجم مهما بعدت أماكنها وتغيرت.	٢) تصغر مسافة الأسطح وحجم الأجسام كلما بعدت عن عين الرائي، كما يتغير شكل الأسطح والأشكال بتغير أوضاعها بالنسبة لعين الناظر

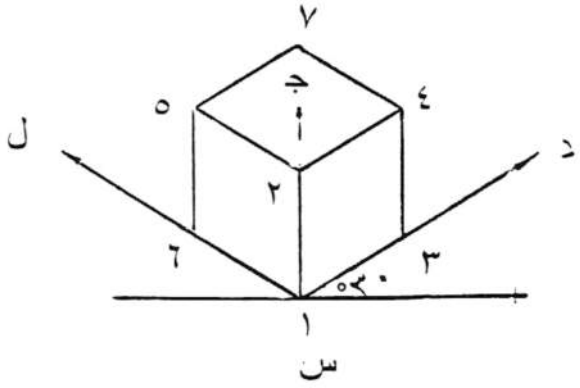
وسوف يتم التركيز في الدراسة على المجسمات والمنظورات الهندسية فقط.

(١ - ١١) طرق رسم المنظور المجسم (أو المتوازي) :

(١) طريقة رسم المنظور ذي الوجهين المائلين على زاوية ٣٠ درجة :

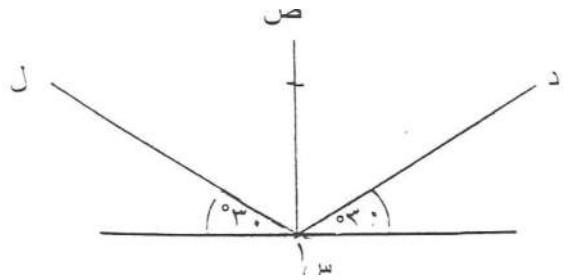
مثال (١-٧) :

ارسم المنظور المائل على زاوية ٣٠ درجة لمكعب طول ضلعه ٤٠ مم.

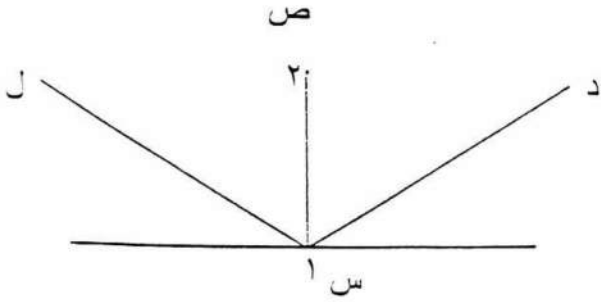


خطوات العمل :

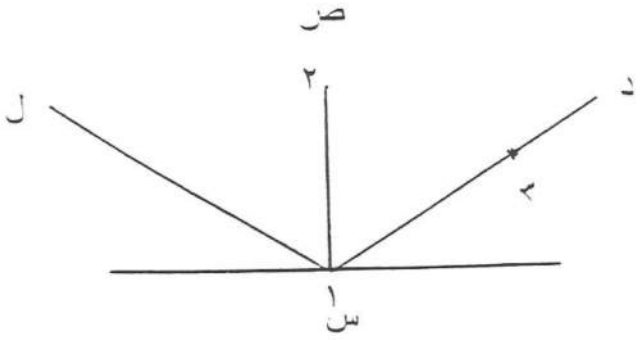
١) ارسم المحورين (س د) و (س ل) يميلان على الخط الأفقي بزاوية مقدارها ٣٠ درجة ورقم نقطة التقائهما (١).



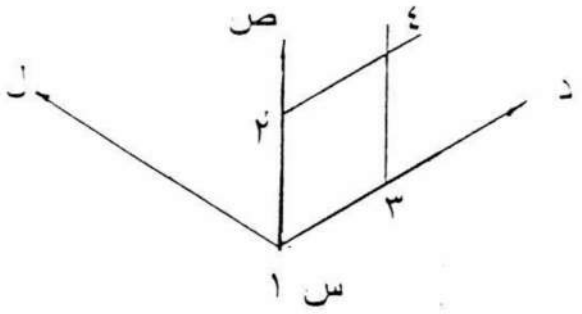
٢) حدد البعد ٤٠ مم على المحور العمودي (س ص) وهو يساوي ارتفاع المكعب ورقمه (٢)



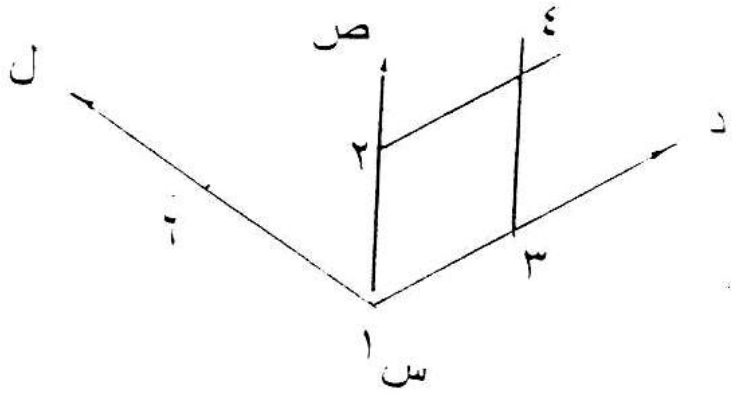
٣) حدد البعد ٤٠ مم على المحور س د وهو يساوي طول قاعدة المكعب ورقمه (٣)



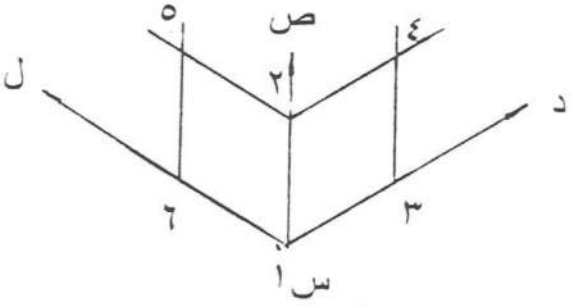
٤) من النقطة (٢) ارسم مستقيماً موازياً للمحور (س د)، ومن النقطة (٣) ارسم مستقيماً موازياً للمحور (س ص) ليتقاطع مع المستقيم السابق في النقطة (٤) وبذلك يتحدد المسقط الراسي للمكعب (١، ٢، ٣، ٤).



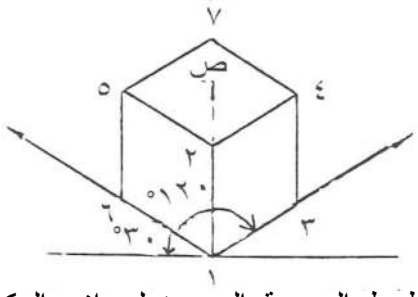
٥) حدد البعد (٤٠ مم) على المحور (س ل) وهو يساوي طول قاعدة المكعب وهو كذلك طول المسقط الجانبي ورقمه (٦).



٦) من النقطة (٢) ارسم مستقيماً موازياً للمحور (س٦) ومن النقطة (٦) ارسم مستقيماً موازياً للمحور (س ص) وبتقاطع المستقيمين في النقطة (٥) يتحدد المسقط الجانبي للمكعب (١، ٢، ٥، ٦).



٧) من النقطة (٤) ارسم مستقيماً موازياً للمستقيم (٢، ٥) ومن النقطة (٥) ارسم مستقيماً موازياً للمستقيم (٢، ٤) ليتقاطع مع المستقيم السابق في النقطة (٧) ليتحدد المسقط الأفقي للمكعب (٢، ٤، ٧، ٥).



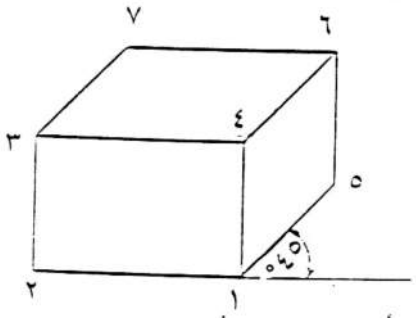
ملحوظة

- يفضل عدم رسم الخطوط الوهمية المحددة لحواف المكعب غير الظاهرة في المنظور لأنها تشوه منظره.
- يلاحظ أن كل الخطوط العمودية بالجسم تظل عمودية عند رسم المنظور المجسم.
- إن كل الخطوط الأفقية ترسم مائلة بزاوية مقدارها ٣٠ درجة على المستوى الأفقي.
- إن التقاء الخطين العمودي القائم والأفقي الذي رسم مائلاً بزاوية مقدارهـا (٣٠ درجة) يكون زاوية مقدارها (٦٠ درجة) في رسم المنظور. وذلك لالتقاء الخطين المائل كل منهما على الخط الأفقي بزاوية مقدارها (٣٠ درجة) يشكلان زاوية منفرجة مقدارها (١٢٠ درجة).

(٢) طريقة رسم المنظور المائل على زاوية ٤٥ درجة:

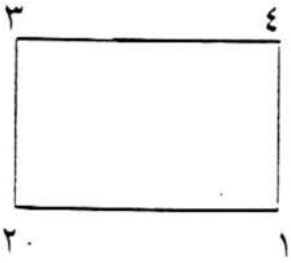
مثال (١-٨) :

ارسم منظور المكعب حسب الأبعاد الموضحة على المساقط بطريقة المنظور المائل على زاوية ٤٥° .

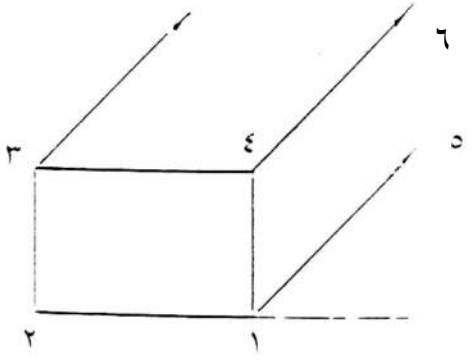


الطريقة

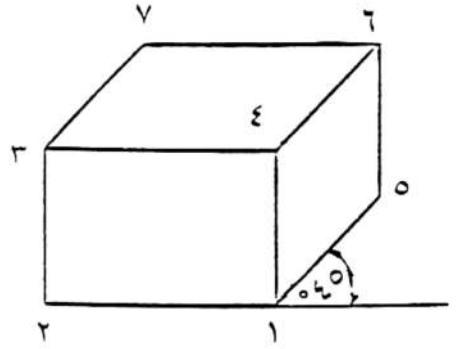
١) ارسم أولاً المسقط الأمامي كما هو بأبعاده الحقيقية.



٢) ارسم خطوطاً من الأركان (١، ٤، ٣) مائلة بزاوية ٤٥° على المستوى الأفقي.



٣) قس على الخطوط السابقـــة نصف عرض المسقط الجانبي وحدد النقـــاط (٥، ٦).



٤) صل النقطة (٥) بالنقطة (٦) بعمود موازي للعمود (١ ، ٤) ثم من النقطـــة (٦) ارسم مستقيماً أفقياً موازياً للخط الأفقي (٤ ، ٣) ليقطع المستقيم المائل على الزاوية (٤٥ درجة) من النقطة (٣) عند النقطة (٧) وبذلك يكتمل المنظور المجسم المائل على زاوية مقدارها (٤٥ درجة).

ملحوظة:

يفضل عدم رسم الخطوط الوهمية المحددة لحواف المكعب غير الظاهرة في المنظور لأنها تشوه منظره.

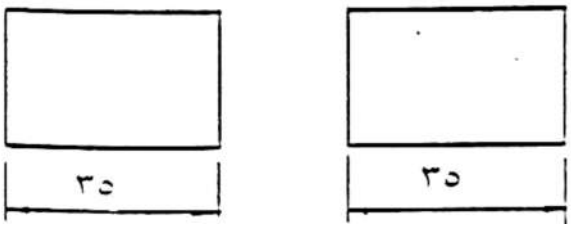
(١ – ١٢) السمات العامة للمنظور المجسم المائل على زاوية ٤٥ درجة :

١) كل الخطوط العمودية في المجسم تظل عمودية كما هو في المنظور المجسم المائل على زاوية (٣٠ درجة).
٢) الخطوط الأفقية في المسقطين الأفقي والرأسي تظل أفقية كما هي في المجسم.
٣) الخطوط الأفقية في المسقط الجانبي ترسم مائلة على زاوية مقدارهـــا (٤٥ درجة) نصف العرض الحقيقي.
٤) إن التقاء المستقيم المائل على زاوية (٤٥ درجة) مع الخط العمودي للمنظور يشكل زاوية مقدارها (٤٥ درجة) كذلك، وإن التقاء الخط الأفقي على المسقط الجانبي مع الخط الأفقي على المسقط الرأسي يشكل زاوية مقدارها (١٣٥ درجة).

(١ – ١٣) وضع الأبعاد (Dimensioning) :

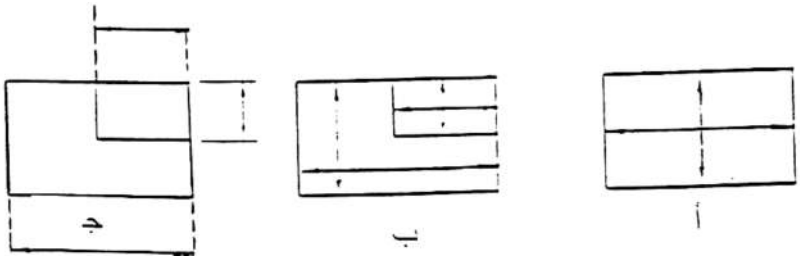
خطوط الأبعاد:

تعتبر الأبعاد أحد العناصر الأساسية للرسومات الهندسية، ولكتابة الأبعاد على أي رسم فنحتاج إلى تبيان بداية قياس البعد عن طريق خط البعد. وهو خط رفيع ينتهي كل طرف فيه بسهم ، ويكتب في وسط هذا الخط، أو فوقه البعد كما مبين في الشكل (١–١١).



شكل (١–١١) : خطوط الأبعاد

ويفضل ألا تقل المسافة بين خط البعد والرسم نفسه من ٨ إلى ١٠ مم حتى لا تختلط بالجسم؛ ولا ترسم خطوط الأبعاد داخل الرسم نفسه وتضيع معالمه كما في الشكل ١–١٢ (أ و ب) بل تكتب المقاسات كما مبين في الشكل (جـ).

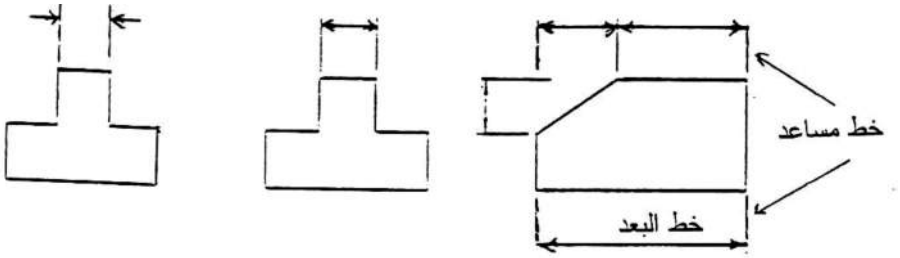


شكل (١–١٢) : خط البعد

(١ – ١٤) الخطوط المساعدة ورؤوس الأسهم :

الخطوط المساعدة هي خطوط رفيعة تحدد البعد المطلوب كتابته خارج الرسم. ويفضل ألا تصل هذه الخطوط إلى الجزء المراد بيان طوله، بل تنتهي قبله بمليمتر واحد أو اثنين حسب حجم الرسم، وتمس رؤوس الأسهم هذه

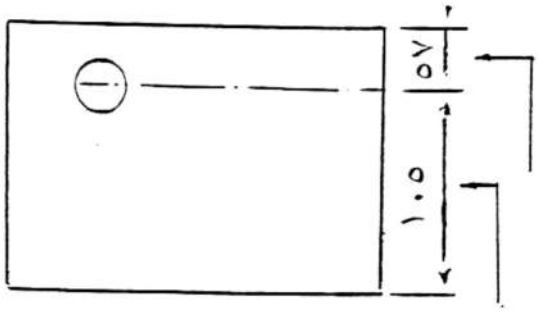
الخطوط المساعدة؛ ويمكن لهذه الخطوط أن تمتد لتصل بالجسم عند الضرورة. كما يمكن أن تتقاطع أيضاً كما في الشكل (١-١٢)؛ ولكن يجب تفادي تقاطعها بقدر الإمكان. وفي حالة صغر المسافة بين الخطوط المساعدة بحيث لا تتسع لرسم رأس أسهم المقاس وكتابة البعد بينها توضع الأسهم معكوسة الاتجاه خارج البعد بين الخطوط المساعدة وملتصقة بهما، كما في الشكل (١-١٣).



شكل (١-١٣) : الخطوط المساعدة والأسهم

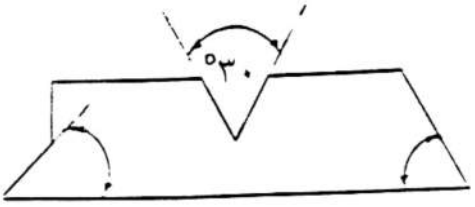
(١ – ١٥) كتابة الأبعاد :

تكتب الأرقام الدالة على الأبعاد على خطوط الأبعـــاد بحيث تقرأ صحيحة إذا ما جعلنا اتجاه القراءة من اليمين إلى اليسار عندما تكون الكتابة فوق خط البعد، كما هو مبين في الشكل (١-١٤)، والذي يدل على أن الأبعاد هي ٥٧، ١٠٥. بينما لو قرئت هذه الأرقام من الجهة الأخرى فإنها تقرأ خطأ ٨٥، ٥٠١.



شكل (١-١٤) : اتجاه القراءة

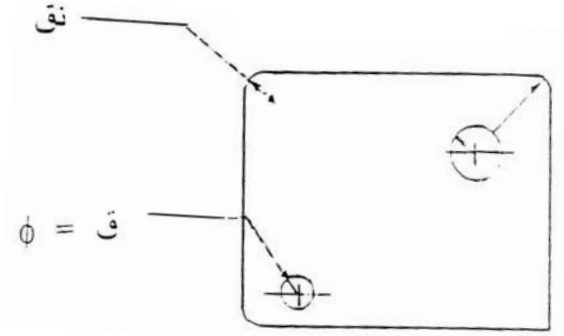
وعند تحديد الزوايا، فإن خط البعد بين ضلعي الزاوية يكون عبارة عن قوس من دائرة مركزها رأس الزاوية المطلوب بيان قيمتها. وتنتهي الزاوية بنهاية القوس كما في الشكل (١-١٥). ويمكن كتابة قيم الزوايا داخل الرسم نفسه أو خارجه حسب المساحة المتاحة وإمكان الكتابة داخلها.



شكل (١-١٥) : طريقة كتابة الزوايا

(١ - ١٦) طريقة كتابة الدوائر والأقواس داحل الأشكال المحتلفة :

تكتب أقطار الدوائر على أحد الأقطار داخل الدائرة أو خارجها طبقاً للمساحة المتاحة للكتابة. وفي حالة كتابة القطر خارج الدائرة فيجب بيان ما يدل على أنه قطر الدائرة بكتابة كلمة (قطر) أو اختصارها (ق) أو علامة القطر (ϕ) ويكتفي برأس سهم واحد يمر خطه بمركز الدائرة، حسب الشكل (١-١٦). وأما في حالة الأقواس فيكتب نصف القطر (نق) على السهم الذي يمر بمركز الدائرة التي يكون القوس جزءاً منها. ويكون رأس السهم إما من الداخل أو الخارج. ويجب في جميع الأحوال تحديد مراكز الدوائر أو الأقواس؛ بخطين صغيرين متعامدين يتقاطعان عند المركز بالنسبة للأقواس.



شكل (١-١٦) : كتابة أبعاد الدوائر والأقواس

(١ – ١٧) توزيع المساقط على ورقة الرسم :

عند القيام برسم مساقط لأي جسم يجب إتباع الخطوات التالية :

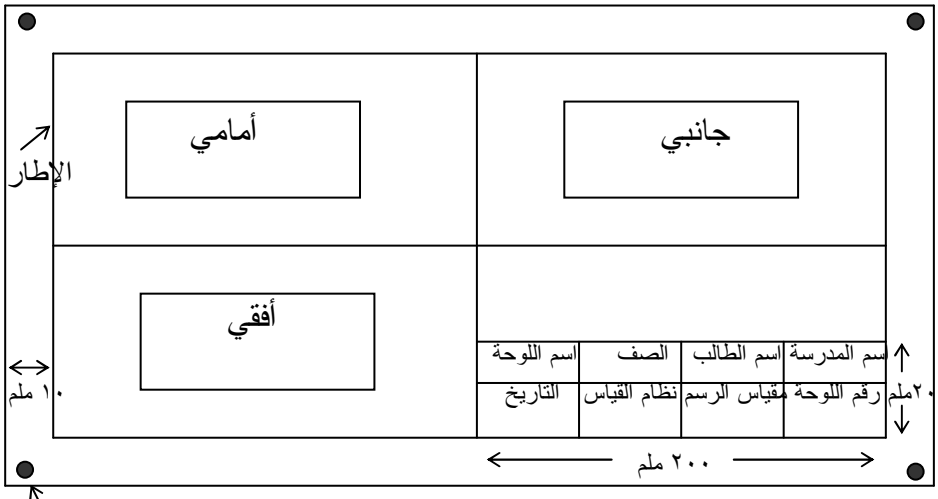
١) تثبيت ورقة الرسم على اللوحة وضبطها بالمسطرة حرف (T) حتى تكون حافة الورقة مطابقة أفقياً مع سلاح المسطرة حرف (T) تماماً، ثم تثبت على اللوحة بواحدة من طرق التثبيت المعروفة (الدبوس، ورق اللزق، والمشابك).

٢) يرسم إطار على الورقة يبعد من حواف الورقة بمقدار ١٠ ملم تقريباً.

٣) تدرس مساقط الجسم بصورة أولية لتحديد أبعاد المساقط المطلوبة، وتكتب الأبعاد في ورقة خارج ورقة الرسم لتساعد على توزيع الورقة.

٤) توزع أبعاد ورقة الرسم بحيث تكون الفراغات بين المساقط متساوية بقدر الإمكان، ويكون مظهر المساقط مترابطاً .

٥) يرسم على الجانب الأسفل من الورقة في الناحية اليمنى جدولاً صغيراً يبين اسم المدرسة، واسم الطالب، والصف، واسم اللوحة، ورقم اللوحة، ومقياس الرسم، والنظـــام المتبع في القياس (إنجليزي أو متري) والتـــاريخ؛ بحيث لا يتعدى طول الجدول ٢٠٠ ملم وعرضه ٢٠ ملم كما موضح في الشكل (١ – ١٧).



شكل (١ – ١٧) : توزيع ورقة الرسم

مثال (١-٩) :

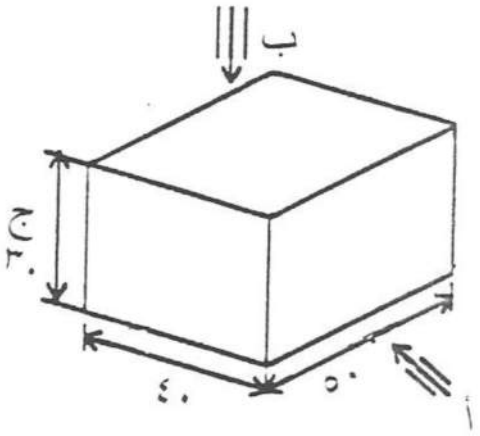
الشكل المعطى عبارة عن منظور مائل ٣٠° من الجهتين.

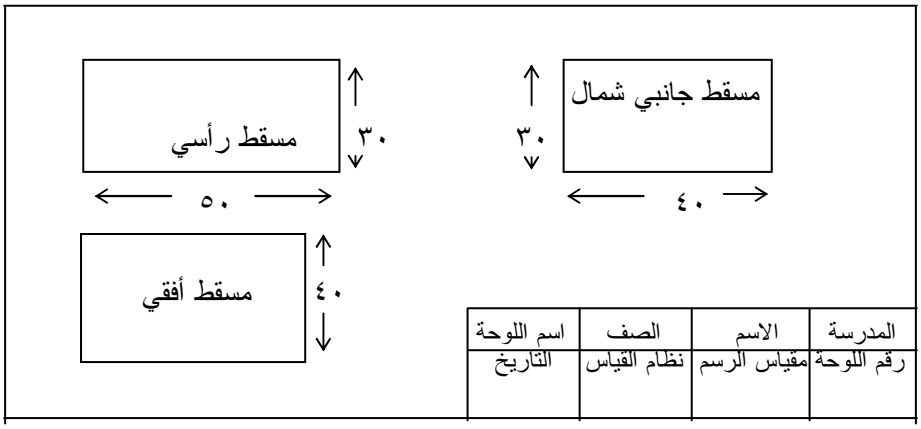
المطلوب : مستخدماً نظرية الزاوية الأولى وبمقياس رسم ١ : ١ استخرج المساقط الآتية : (الأبعاد بالمليمتر)

أ . المسقط الرأسي في اتجاه السهم (أ)

ب. المسقط الأفقي في اتجاه السهم (ب)

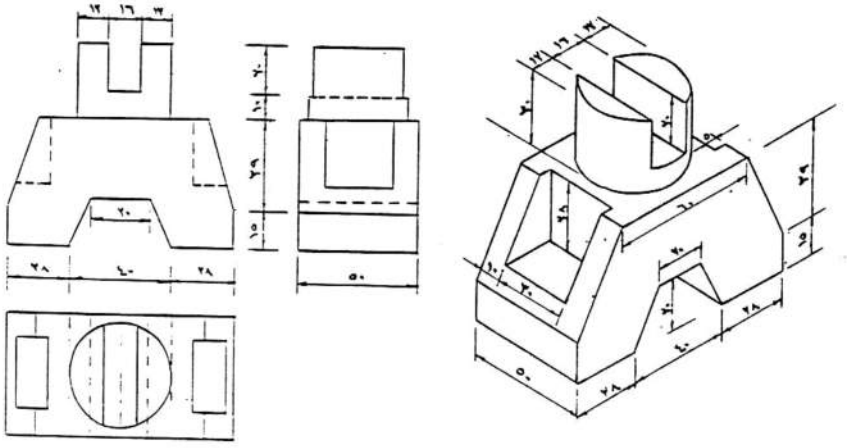
ج. المسقط الجانبي





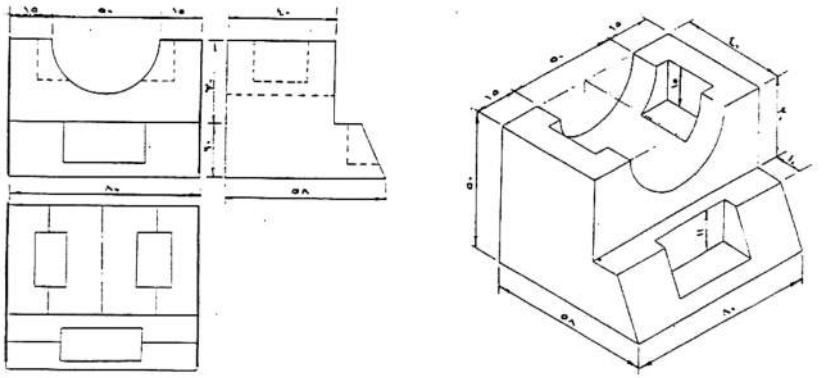
مثال (١-١٠) :

استخرج المساقط الثلاثة من الشكل المجسم (الأبعاد بالسم) .



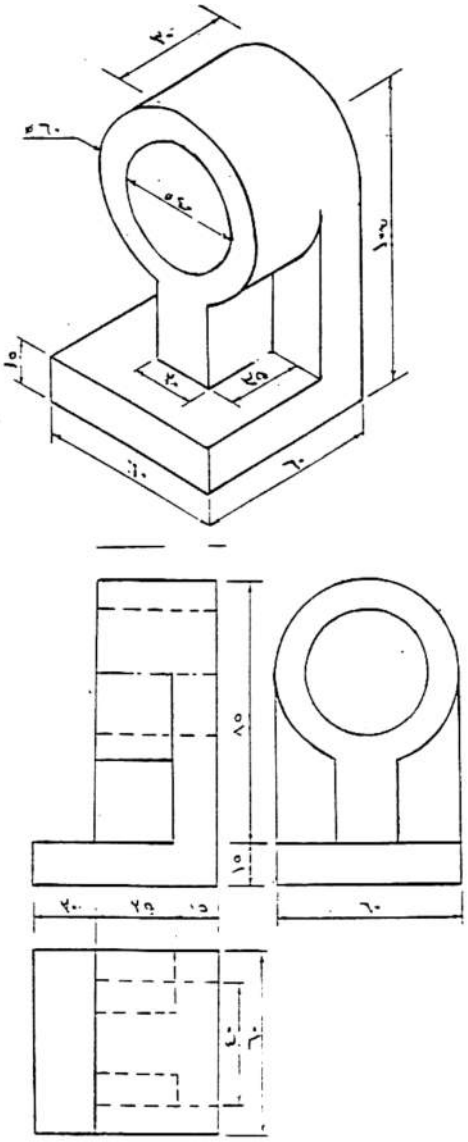
مثال (١-١١) :

استخرج المساقط الثلاثة من الشكل المجسم (الأبعاد بالسم) .



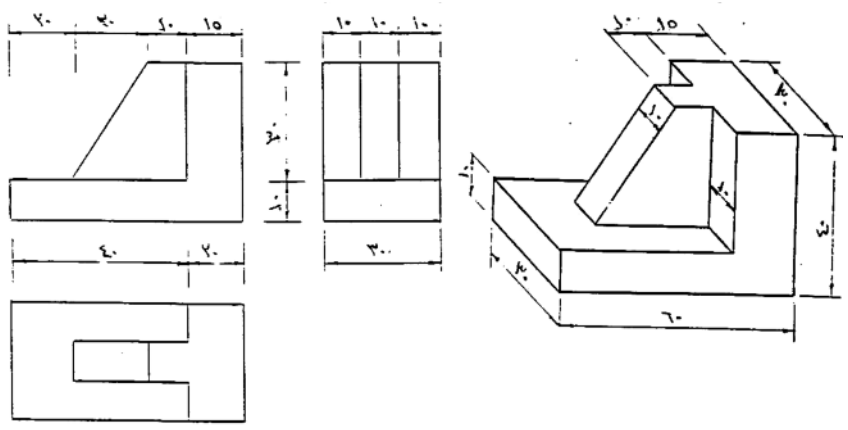
مثال (١-١٢) :

استخرج المساقط الثلاثة من الشكل المجسم (الأبعاد بالسم) .



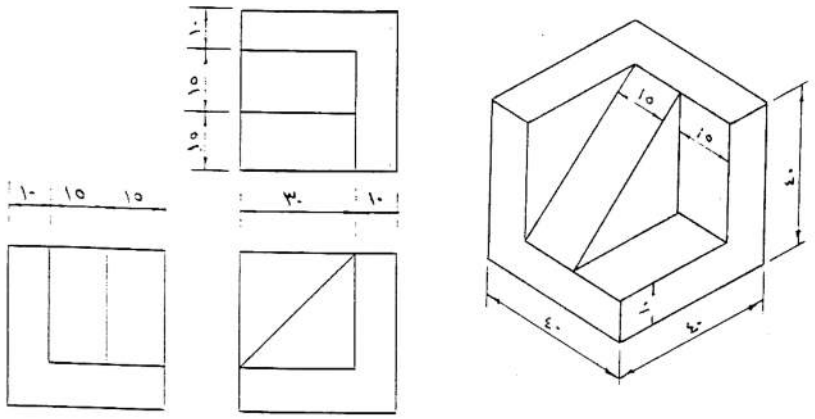
مثال (١-١٣) :

استخرج ثلاثة مساقط للشكل المجسم (الأبعاد بالسم) .



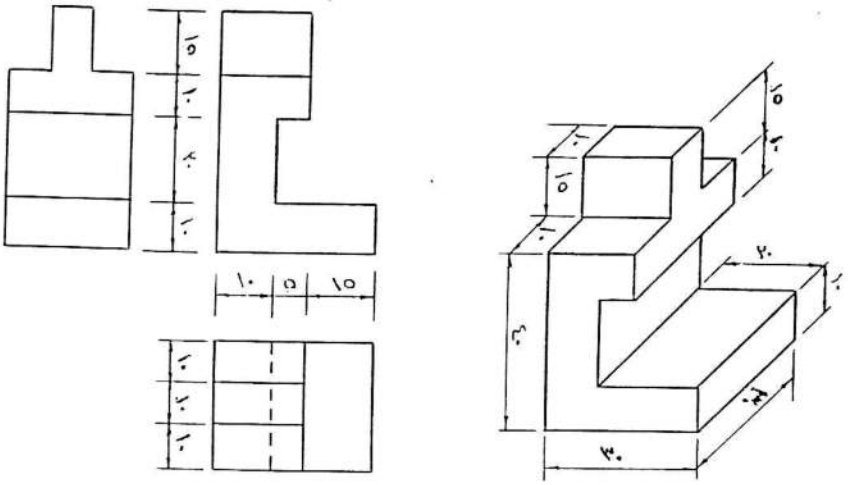
مثال (١-١٤) :

استخرج المساقط الثلاثة للشكل المجسم بنظام الزاوية الثالثة (الأبعاد بالسم).



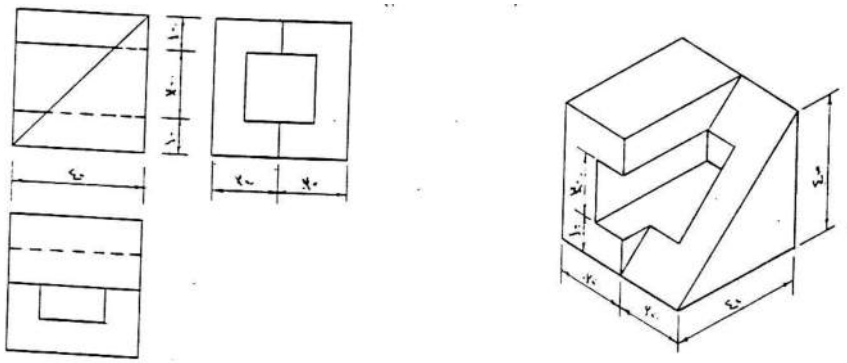
مثال (١-١٥) :

استخرج المساقط الثلاثة من الشكل المجسم (الأبعاد بالسم).



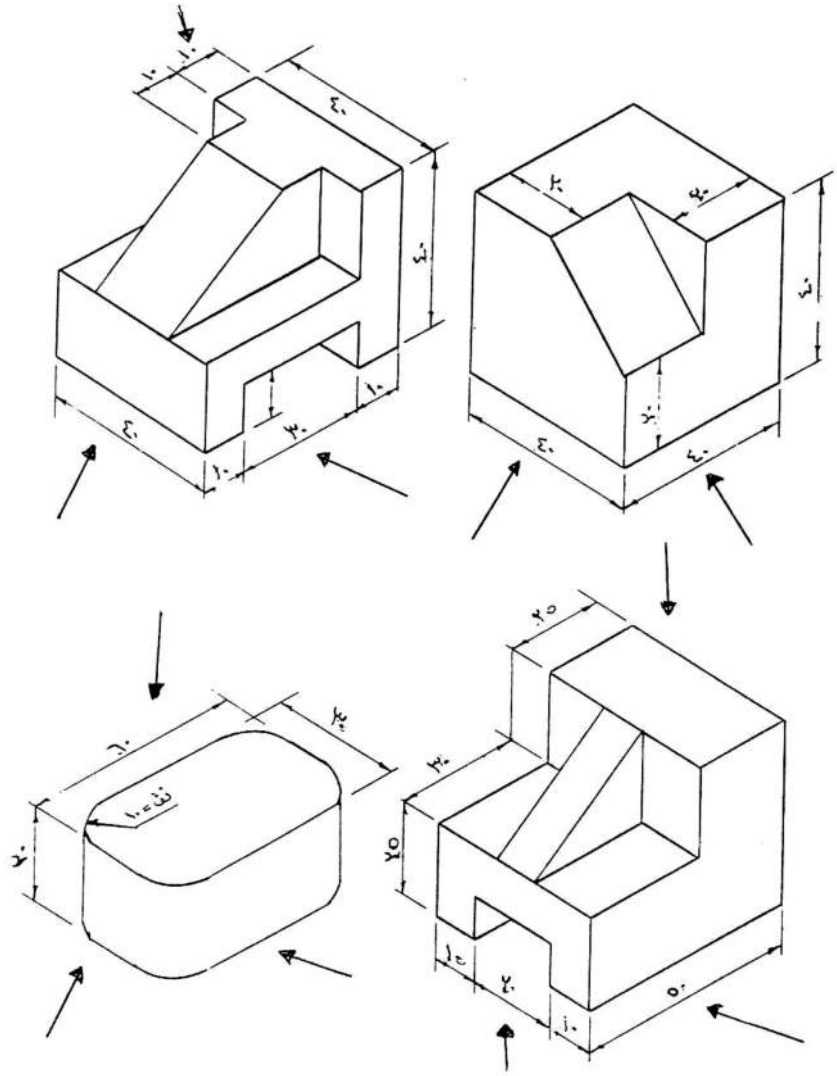
مثال (١-١٦) :

استخرج المساقط الثلاثة من الشكل المجسم بنظام الزاوية الثالثة (الأبعاد بالسم).



مثال **(١-١٧)** :

استخرج المساقط الثلاثة للأجسام أدناه حسب الأسهم المبينة (الأبعاد بالسم) :

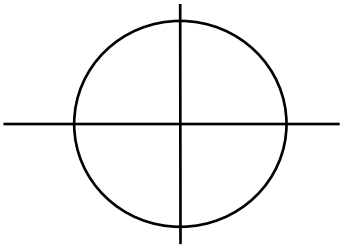


(١ – ١٨) الرسم الكروكي (التكريك) (Free hand sketch) :

الرسم الكروكي أو التكريك يعني الرسم الحر باليد بدون استخدام معدات الرسم.

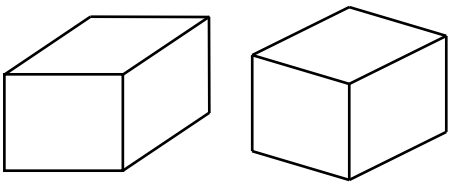
وهو يختلف عن الرسم بمعدات الرسم من حيث أن كل الخطوط فيه ترسم باليد وبمقادير قريبة للصواب بتقدير العين فقط من غير أخذ المقاسات. بعد رسم الجسم كروكياً تضاف خطوط المقاسات التي تعبر عن الأبعاد الحقيقية للجسم ويفضل عادة أن يرسم الرسم الكروكي على ورق رسم بياني أو مربعات لتسهيل عملية تقدير المقاسات. ويرسم بقلم الرصاص العادي فقط. وعند عملية التكريك تراعى قواعد التكريك الآتية:

١) ترسم الخطوط الأفقية من اليسار إلى اليمين، وترسم الخطوط الرأسية من أعلى إلى أسفل مع الاستعانة بعدة نقاط كدليل تساعد على رسم الخطوط الطويلة.
٢) عند رسم الدوائر يرسم محوران متعامدان أو أكثر أولاً ويؤخذ عليهما مسافات تساوي نصف قطر الدائرة بالتقريب وهي تحدد أربعة نقاط أو أكثر من محيط الدائرة ثم يكمل رسم الدائرة بعناية (شكل ١ – ١٨) .



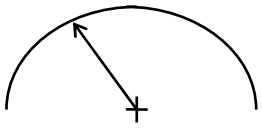
شكل (١–١٨) : طريقة رسم الدائرة

٣) عند رسم المكعبات يراعى توازي الخطوط الأفقية والرأسية وكذلك الزوايا (شكل ١ – ١٩) .

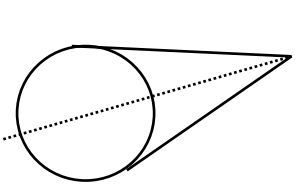


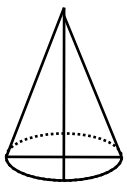
شكل (١-١٩) : طريقة رسم مكعب

٤) عند رسم الأقواس يحدد أولاً مركز القوس ثم يؤخذ منه بالتقريب نصف القطر لرسم نقاط متعددة وعند توصيلها ينتج رسم القوس المطلوب.

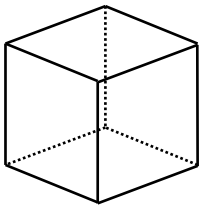


شكل (١-٢٠) : طريقة رسم قوس

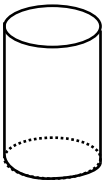




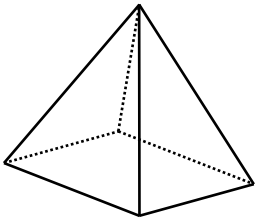
شكل (١-٢١): طريقة رسم مخروط قائم شكل (١-٢٢): طريقة رسم مخروط مائل



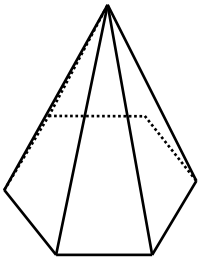
شكل (١-٢٣) : طريقة رسم مكعب قائم



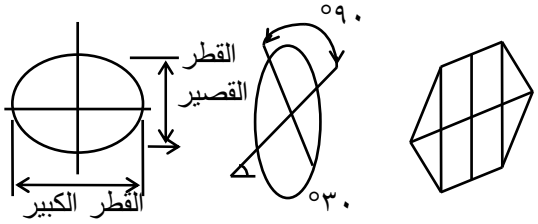
شكل (١-٢٤) : طريقة رسم أسطوانة



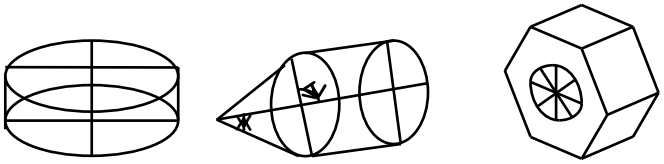
شكل (١-٢٥) : طريقة رسم هرم رباعي قائم



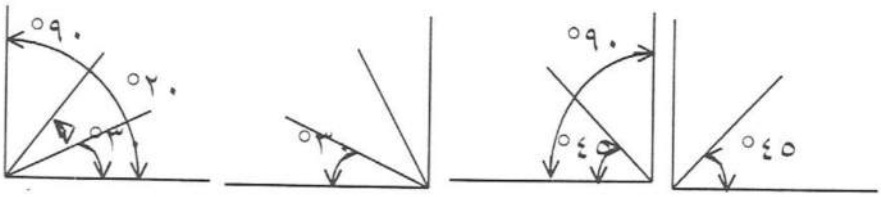
شكل (١-٢٦) : طريقة رسم هرم سداسي قائم



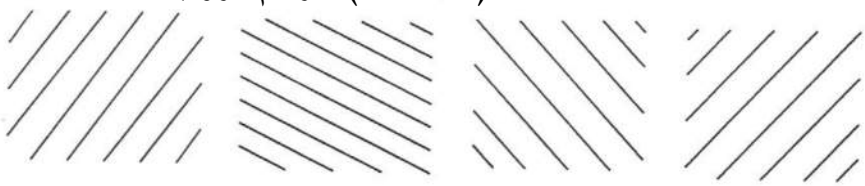
شكل (١-٢٧) : طريقة رسم الشكل البيضي



شكل (١-٢٨) : التكريك اليدوي

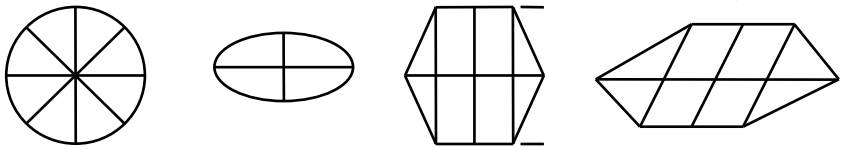


شكل (١ – ٢٩) : رسم الزوايا

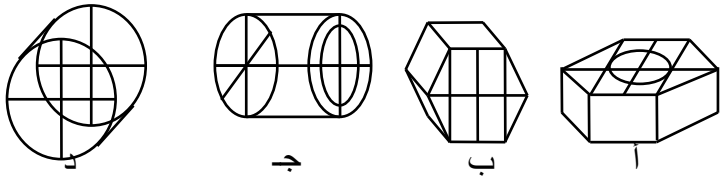


شكل (١ – ٣٠) : رسم الخطوط المتوازية

أمثلة لرسم أجسام مختلفة بالتكريك:



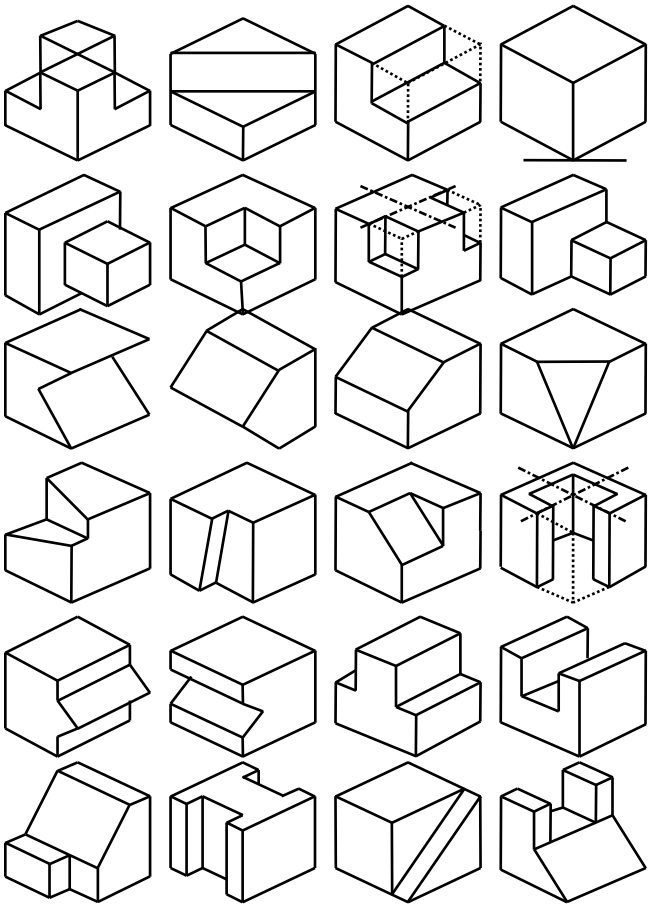
شكل (١ – ٣١) : رسم الدوائر والمضلعات



شكل (١-٣٢) : رسم المنظورات

تمارين على عملية التكريك

١) ارسم منظورات الأجسام الهندسية المبينة في الأشكال التالية مكبرة إلى الضعف دون الاستعانة بأدوات الرسم. مع مراعاة استخدام قواعد التكريك، واكتب عليها المقاسات المناسبة.



الباب الثاني

أساسيات الهندسة الميكانيكية

(٢ - ١) الفلزات : حواصها وإنتاجها

(٢-١-١) الفلزات : (Metals) :

إنَّ الهدف الأساس للمصانع أنْ تقوم بتحويل أي مواد إلى منتجات نهائية تصلح للاستعمال المباشر أو تحويلها إلى منتجات شبه نهائية تجري عليها عمليات أخرى في مصانع أخرى لتصلح للاستعمال .

إنَّ معظم المواد المستخدمة في المصانع هي فلزات ، وتنقسم هذه الفلزات إلى نوعين :

أ . نوع يحتوي على عنصر الحديد في بنيته البللورية ويسمى بالفلزات الحديدية (Ferrous Metals) .

ب. نوع لا يحتوي على عنصر الحديد في بنيته البللورية ويسمى بالفلزات اللاحديدية (Non - Ferrous Metals) .

ولكل نوع من الفلزات الحديدية واللاحديدية خواص طبيعية (فيزيائية) وكيميائية وميكانيكية .

(٢-١-٢) خواص الفلزات (Properties of metals) :

تحتوي الفلزات على خواص طبيعية وهي التي اكتسبها الفلز من طبيعة تركيبه، وخواص كيميائية اكتسبها الفلز نتيجة التفاعلات الكيميائية أثناء عمليات الأكسدة والاختزال أو نتيجة لتفاعل الفلز بالأحماض والهواء والرطوبة ... الخ؛ وخواص ميكانيكية وهي التي تجعل للفلزات القدرة على مقاومة الأحمال والاجهادات الواقعة عليها سواء أكانت هذه الأحمال ثابتة أو متحركة أو مترددة؛ وخواص تكنولوجية (فنية) وهي قابلية الفلزات لإجراء بعض العمليات التكنولوجية عليها. ولكل واحد من هذه الخواص أهمية كبرى تميز الفلز عن غيره وتجعله صالحاً للاستعمال في أماكن لا يصلح فيها سواه. وفيما يلي إيجاز لبعض هذه الخواص.

الخواص الطبيعية (*Physical properties*)

١) **الثقل النوعي أو الوزن النوعي (Specific gravity)** : الثقل النوعي هو نسبة وزن حجم معين من الفلز إلى نفس هذا الحجم من الماء في درجة حرارة منخفضة (٤ °م) . ومعرفة الوزن النوعي له أهمية كبيرة في الصناعة خاصة في صناعة الطائرات.

٢) **قابلية الانصهار** : جميع الفلزات تتحول من حالة الصلابة إلى حالة السيولة؛ إلا أن بعضها مثل البلاتين والحديد النقي يمر بحالة عجينة تتوسط حالتي الصلابة والسيولة، ومعرفة درجة انصهار الفلزات لها أهمية كبرى في عمليات السباكة واللحام. ومن ثم فإن قابلية الصهر هي خاصية تحويل الفلز إلى سائل بوساطة الحرارة.

٣) **قابلية اللحام (Weldability)**: قابلية اللحام هي قدرة قطعتين منفصلتين أو أكثر من الفلزات على التماسك والالتحام عند درجة حرارة عالية دون استعمال وسيط في اللحام.

٤) **قابلية التوصيل (Conductivity)**: قابلية التوصيل هي قدرة الفلز على نقل الحرارة وتوصيل الكهرباء من طرف إلى آخر بمعدل معين.

٥) **قابلية البخر (التطاير) (Metalic vaporous)**: قابلية التطاير هي خاصية بخر الفلز وتحدث بعد درجة الانصهار إذ تتحول الفلزات من حالة السيولة إلى بخار.

٦) **قابلية السبك (Castability)**: قابلية السبك هي قدرة الفلز على الانسياب عندما يكون سائلاً ليأخذ شكل القالب المصبوب عليه.

٧) **قابلية التماسك (Tenacity)** قابلية التماسك هي قدرة الفلز على مقاومة اجهادات الاستطالة والفصل أو الضغط دون أن ينكسر.

الخواص الميكانيكية (*Mechanical Properties*) :

١) **المرونة (Elasticity):** هي قدرة الفلز لاستعادة حجمه وأبعاده الأصلية بعد زوال الإجهادات الواقعة عليه.

٢) **الصلادة (Hardness) :** هي قدرة الفلز لمقاومة التآكل نتيجة للاحتكاك أو المقاومة للخدش أو القطع أو الاختراق.

٣) **قابلية السحب (Ductility) :** هي قدرة الفلز على الاستطالة تحت تأثير الشد أو السحب أو الدرفلة دون أن يتشقق عند عملية السحب إلى أسلاك مثلاً .

٤) **المتانة (Toughness) :** هي قدرة تحمل الفلز للثني والالتواء في الاتجاهات المضادة.

٥) **قابلية التمدد لكل الاتجاهات (قابلية التطريق) (Malleability) :** هي قابلية الفلز للتمدد لكل الاتجاهات تحت تأثير الطرق أو الدرفلة.

الخواص الكيميائية : *Chemical Properties*

مقاومة العوامل الجوية والكيميائية : وهي قدرة الفلز على مقاومة تأثير الهواء والرطوبة ، والأحماض أو القلويات.

تمرين (٢-١)

١. اذكر أقسام علم المعادن .
٢. ما المقصود بخواص المعادن الطبيعية وخواص المعادن الكيميائية ؟
٣. أكمل الجدول أدناه :

الخاصية	نوع الخاصية
الثقل النوعي	
المرونة	
قابلية الشد	
قابلية السبك	

(٢-١-٣) إنتاج الحديد والصلب (Iron and steel production) :

للحديد دور مهم في حياتنا اليومية فهو يسهم إسهاماً كبيراً في تسهيل حياة الإنسان ليعيش عيشة إنسانية راقية في المأكل والمشرب والملبس والعلاج والتعليم والمواصلات. فمثلاً، الأواني المنزلية وأنابيب المياه، وآلات الغزل والنسيج ومعدات الطب والسيارات والطائرات وآلات الطباعة ... الخ، إما أن تصنع من الحديد ومشتقاته أو أن يكون الحديد داخلاً في صناعتها ولذلك سيظل الحديد عماداً للصناعة.

توجد خامات الحديد في الجبال والمناجم في كثير من أنحاء العالم في شكل صخور مختلطة بالأتربة وبعض الشوائب الأخرى. وتجرى على هذه الخامات بعض العمليات التحضيرية قبل تنقيتها (صهرها) لاستخراج الحديد.

(٢-١-٤) العمليات التحضيرية لحام الحديد(Pre-smelting processes):

تعرف العمليات التحضيرية لخامات الحديد بعمليات التكسير والفرز، والتعريض، والغسيل، والتركيز، والتحميض أو التكليس.

عملية التكسير : تكسر الأحجار والصخور إلى قطع صغيرة يسهل ترحيلها ونقلها إلى أماكن أفران الصهر.

عملية الفرز : يتم فرز قطع الصخور التي كسرت بوساطة آلات مغناطيسية لاختيار الصخور التي تحتوي على نسبة معقولة من الحديد قبل نقلها إلى موقع الأفران. وتمكن عملية الفرز هذه من التخلص من الخامات التي لا تحتوي على عنصر الحديد، أو التي تحتوي على نسبة قليلة من الحديد غير ذات جدوى.

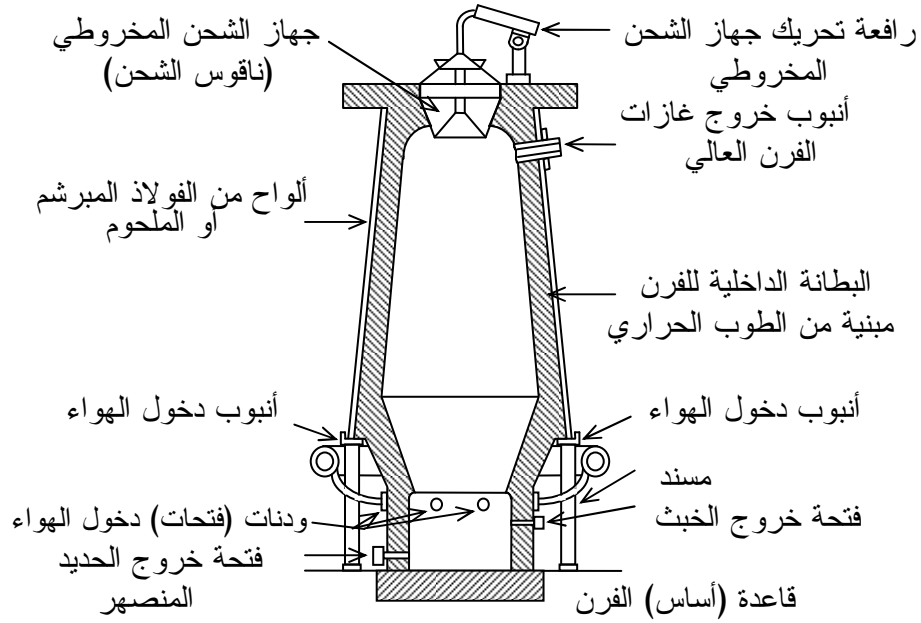
عمليتا التعريض والغسيل : توضع صخور الحديد الخام التي تحتوي على نسبة كبيرة من الكبريت لفترة طويلة في العراء تحت تأثير العوامل الجوية من رطوبة وأمطار وحرارة ... الخ ليتحول الكبريت الموجود في الصخور الخام إلى كبريتات يمكن أن تذوب في الماء عند عملية الغسيل لتنظيف الخام من المواد الطفيلية والرملية المختلطة به.

عملية التركيز : عند تكسير الصخور إلى قطع صغيرة يتساقط جزء كبير منها في شكل ذرات (بدرة) تحتوي على نسبة عالية من خام الحديد. تجمع هذه البدرة وتخلط مع الحجر الجيري وفحم الكوك (وهو فحم يستخدم كوقود يمتاز بخفة الوزن وتفتح مساماته؛ كما أن له قدرة كبيرة على توليد الحرارة ويخلف أقل قدر من الرماد، وهو كذلك رخيص الثمن) ثم تشكل بالضغط على شكل كرات يمكن ترحيلها إلى مواقع الأفران.

عملية التحميص أو التكليس : يعرض خام الحديد لدرجة حرارة عالية لإزالة الرطوبة وما تبقى من كبريت وتحويل خام الحديد إلى أكسيد حديديك (تعرف هذه العملية بعملية التحميص) وبذلك تصبح خامات الحديد جاهزة لعملية الصهر في الفرن اللافح العالي.

الفرن اللافح العالي (Blast furnace) :

إن الاسم الحقيقي لهذا الفرن هو فرن تيار الهواء. إلا أنه عرف باسم الفرن اللافح العالي نظراً لارتفاعه وعلوه عن بقية أفران إنتاج الحديد. والفرن اللافح العالي عبارة عن مخروطين منكفئين على بعضهما، حيث أن المخروط الأعلى أكبر من المخروط الأسفل. تبنى جوانب الفرن اللافح العالي الداخلية من الطوب الحراري وتغلف من الخارج بألواح الحديد الصاج السميك. يوجد في أعلى الفرن ناقوس الشحن الذي تصب عليه الشحنة فتنساب إلى داخل الفرن ثم يعود الناقوس إلى موضعه الأصلي ولا يسمح بتسرب حرارة الفرن إلى الخارج. وتوجد تحت ناقوس الشحن فتحة لخروج الغازات. ويوجد في أسفل الفرن (في المخروط الأسفل) أنبوب الهواء الساخن الذي يمرر الهواء الساخن إلى داخل الفرن عن طريق فتحات خاصة تسمى الودنات. كما يوجد في أسفل الفرن حوض الانصهـــار الذي تظهر في الجهة اليمنى منه فتحة خروج الخبث (وهو عبارة عن الشوائب التي كانت مختلطة بخام الحديد وقد اتحدت مع الحجر الجيري) الذي يطفو فوق الحديد المنصهر، أما الحديد المنصهر فيخرج من الفتحة اليسرى في أسفل حوض الانصهار كما مبين في الشكل (٢ – ١) .



شكل (٢-١) : مقطع رأسي في فرن عالي، وأجزاؤه الرئيسة

طريقة شحن الفرن :

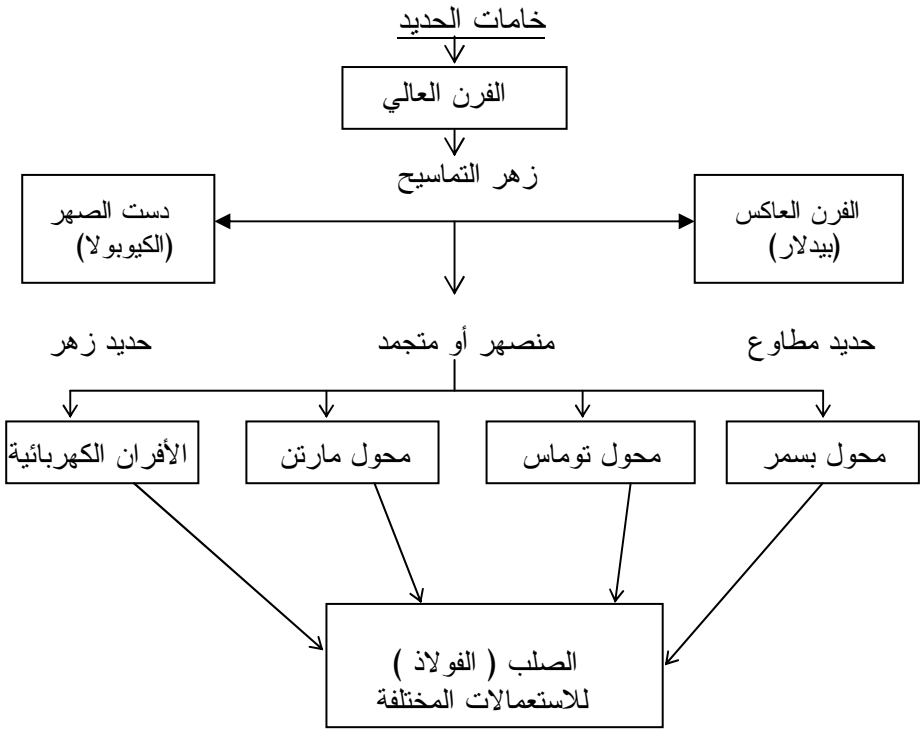
يوضع في قاع الفرن أولاً فحم كوك ملتهب ثم فحم كوك. ويوضع فوق فحم الكوك خام الحديد الذي جهز من قبل بعمليات التجهيز السابقة وأصبح خام الحديد في هيأة أكسيد الحديديك، ثم يوضع الحجر الجيري كمساعد للصهر. عندما يشتعل فحم الكوك يتحد أول أكسيد الكربون الناتج عن احتراق الفحم مع أكسيد الحديد فيتحول إلى زهر التماسيح بينما يتحد الحجر الجيري مع المواد اللاحديدية والشوائب فيكون خبث الحديد. ويدفع أثناء عملية التفاعل هذه بتيار من الهواء الساخن لاستمرار عملية التفاعل.

منتجات الفرن العالي : أهم منتجات الفرن العالي الأساسية هي:

١) **زهر التماسيح :** الذي يكون الأساس في صناعة الحديد والزهر. ويحول زهر التماسيح وهو سائل إلى أفران أخرى لصناعة الصلب أو يصب في قوالب خاصة له. ثم يحول من بعد ذلك لأفران صناعة الزهر أو الحديد.

٢) **غازات الفرن العالي :** وهي تستخدم في تسخين الهواء الساخن للفرن العالي وتشغيل آلات الغاز اللازمة لإدارة مولدات الكهرباء والغلايات.

٣) **خبث الحديد :** وهو عبارة عن اتحاد الحجر الجيري مع الشوائب اللاحديدية الموجودة في خام الحديد ويستخدم خبث الحديد في صنع الأسمنت الحديدي (الذي يستخدم في رصف الطرق) والصوف الأسمنتي (العازل للحرارة).



شكل (٢-٢) : الشجرة البيانية لإنتاج الصلب والحديد

طبيعة زهر التماسيح :

يمتص الحديد أثناء وجوده داخل الفرن العالي كميات مختلفة من الكربون والسليكون والكبريت والفسفور والمنجنيز بنسب متفاوتة ممثلة في زهر التماسيح.

تأثير هذه المواد :

١) **الفسفور والكبريت** : يعتبران من العناصر الضارة التي يجب التخلص منها؛ أو وجودها في أقل نسبة ممكنة.

٢) **المنجنيز** : تؤدي زيادة نسبة المنجنيز لإذابة الكربون وتكوين كبريتيت الحديد.

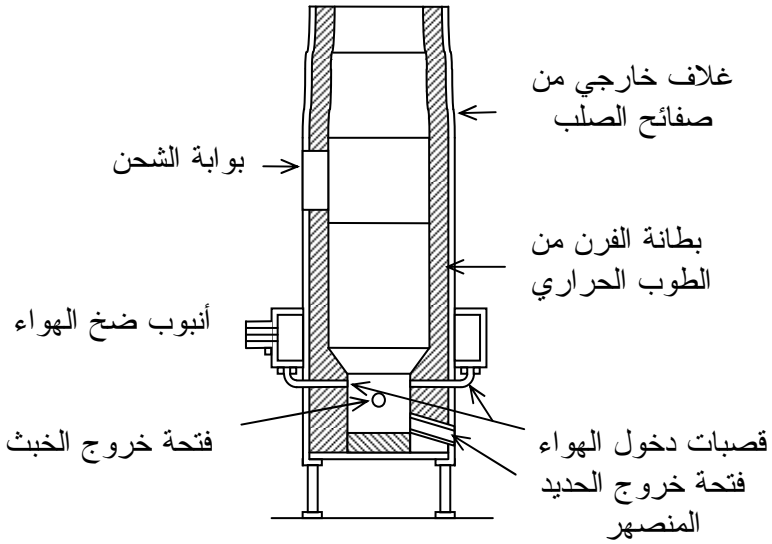
٣) **السليكون** : وجوده يؤدي إلى انفصال الكربون في صورة قشرة جرافيتية رقيقة. وبهذه الصورة لا يصلح استخدام زهر التماسيح مباشرة في الصناعة إلا بعد أن ينقي في أفران أخرى لتستخرج منه فلزات حسب الطلب.

دست الصهر (الكيوبولا) ومنتجاته (*Foundry Cupola*) :

يستخدم دست الصهر لصهر وتنقية حديد التماسيح المنتج من الفرن العالي كخامة أولية لكل أنواع الحديد والصلب المستعملة في الأعمال الهندسية وأشغال الورش، كما يمكن صهر وتنقية خردة الحديد والصلب في هذا الفرن للحصول على الزهر المسبوك.

دست الصهر عبارة عن شكل مصغر للفرن اللافح العالي إلا أنه أصغر حجماً ويتوقف حجمه على الكمية التي يراد تنقيتها.

الشكل (٢-٣) يوضح الأجزاء الرئيسة في دست الصهر .



شكل (٢-٣) : دست الصهر (الكيوبولا) لصهر الحديد

شحنة دست الصهر (الكيوبولا) : تتكون شحنة دست الصهر من الآتي :

١) حديد التماسيح .
٢) فحم الكوك .
٣) الحجر الجيري: يعمل مساعداً للصهر ويقوم بالاتحاد مع الشوائب مكوناً الخبث. لا يحتاج الفرن إلى كميات كبيرة من فحم الكوك لعدم حدوث تفاعلات داخل الفرن وأيضاً يطفو الخبث على سطح الشحنة، ثم يزال الخبث (الذي يحتوي على الشوائب الموجودة في المعدن) من الفتحة العليا للفرن بينما يصب المعدن المنصهر من الفتحة السفلى للفرن ويسمى الزهر المسبوك (cast iron).

أنواع الزهر المسبوك :

١) **الزهر الأبيض** : هو حديد يذوب فيه الكربون ذوباناً ناعماً وهو هش جداً وقلبه عند كسره أبيض. ويندر استخدامه في الصناعة.

٢) **الزهر الرمادي** : شكله رمادي باهت أو أسود ، وكثافته من ٦,٨ إلى ٧,١ وينصهر في درجة حرارة تصل إلى ١٢٠٠° مئوية، كما أنه طري ومقطعه منتظم وله القدرة على امتصاص الضغط والصدمات عند استخدامه في الأشغال الميكانيكية ولا يقبل اجهادات الشد ولا الثني ولا الالتواء.

٣) **الزهر الكري (circular cast iron)** : هو خليط من الزهر الأبيض والزهر الرمادي لذلك له الميزات والعيوب الوسيطة بين خواص الزهر الأبيض والزهر الرمادي. ويستخدم في المسبوكات المعرضة للاحتكاك.

٤) **الزهر اللدن (الطري) (malleable cast iron)** : ينتج من معاملة الزهر الرمادي حرارياً بتسخينه إلى درجة حرارة تصل إلى ٧٠٠°م وتبريده بصورة بطيئة. لذا يكتسب خاصية الليونة النسبية. ويستخدم في عمل الأقفال وقطع آلات الخياطة والآلات الزراعية. وعلى العموم إن حديد الزهر يتحمل الضغط، لذا يستخدم لقاعدة الآلات، ولوجود مادة الجرافيت فيه تصنع منه أسطوانات السيارات، إذ يسهل الجرافيت انزلاق المكبس داخل الأسطوانة (cylinder) ، وأنه رخيص الثمن كذلك.

الجدول رقم (٢-١) يوضح نسب مكونات حديد الزهر المسبوك في حالات الاستخدام المختلفة .

جدول (٢-١) : نسب مكونات حديد الزهر المسبوك في حالات الاستخدام المختلفة

الاستعمال	نسبة الحديد ٪	نسبة الكربون ٪	نسبة السيلكون ٪	نسبة المنجنيز ٪	نسبة الكبريت ٪	نسبة الفسفور ٪
أجزاء آلات ذات مقطع خفيف	٩٣,٦٥	٣,٢	٢,٢	٠,٥	٠,١	٠,٣٥
الأسطوانات الهيدروليكية	٩٤,٤٥	٣,٢	٠,٩	١	٠,١	٠,٣٥
أسطوانات السيارات الشاحنات الثقيلة	٩٣,٤٦	٣,٣	٢,١	٠,٩	٠,٠٩	٠,١٥
صناديق الكهرباء ومفاتيحها	٩٢,٥	٣,٥	٢,٥	٠,٧	٠,١	١,٢

تمرين (٢-٢)

١) اذكر أهم العمليات التجهيزية التي تجري على الحديد الخام قبل الصهر.
٢) ما أسباب استخدام فحم الكوك كوقود في الأفران العالية؟
٣) ما مكونات شحنة الفرن العالي ؟
٤) ما المواد المساعدة للصهر؟ وما فائدتها؟
٥) بين باختصار طريقة استخلاص زهر التماسيح من خام الحديد.
٦) ارسم مقطعاً رأسياً للفرن اللافح العالي وبين الأجزاء الرئيسة فيه.
٧) ما طبيعة زهر التماسيح؟
٨) اذكر تأثير العناصر المختلطة بزهر التماسيح.
٩) بين باختصار الفرق بين الفرن اللافح العالي ودست الصهر.
١٠) ما الفرق بين الزهر الأبيض والزهر اللدن ؟
١١) ما مميزات الزهر الرمادي ؟
١٢) اذكر أنواع الزهر المسبوك مع توضيح الفرق بينهما ؟

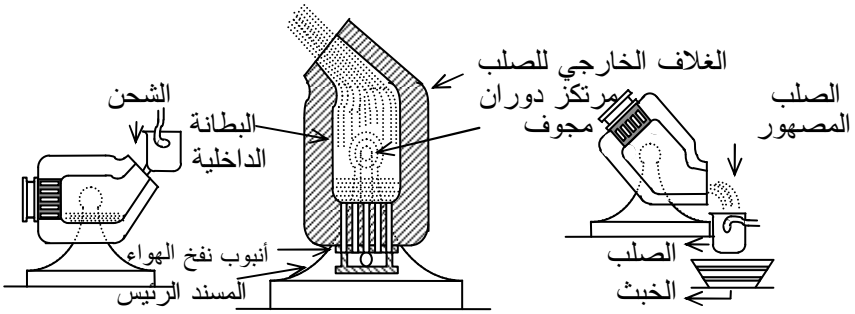
(٢-١-٥) الحديد الصلب (الفولاذ) (Steel) :

الصلب عبارة عن سبيكة مكونة من الحديد والكربون تقل نسبة الكربون فيه كثيراً عن نسبة الكربون الموجودة في الزهر. ويصنف الصلب بنسبة الكربون فيه إلى صلب منخفض الكربون (Low Carbon Steel) وصلب متوسط الكربون (Medium Carbon Steel) وصلب عالي الكربون (High Carbon Steel). ويتم الحصول على الصلب بصفة عامة بتقليل نسبة الكربون في حديد التماسيح وتنقيته في واحد من أفران إنتاج الحديد الصلب مثل محول بسمر ومحول توماس والفرن المفتوح.

محول بسمر (*Bessmer Converter*) :

اكتشف العالم الإنجليزي هنري بسمر في عام ١٨٥٦م عملية استخراج الصلب بكميات كبيرة من زهر التماسيح السليكي عن طريق المحولات في وقت وجيز فعرف المحول باسمه. إن محول بسمر عبارة عن إناء كمثري الشكل مصنوع من ألواح الصاج التي يتراوح سمكها بين ١,٨٥ سم إلى ٢,٥ سم. ويتكون المحول من ثلاثة أجزاء هي الرأس والجسم والقاع. يبطن المحول عادة بمادة حمضية (تصنع من السليكون والطين الحراري) مقاومة للحرارة سمكها ٣٠ سم. ويثبت المحول عند منتصفه بطوق من الصلب له عمودان يدار حولهما المحول في ثلاثة أوضاع (وضع الشحن وهو أفقي، ووضع التشغيل وهو رأسي، ووضع التفريغ وهو منحدر). وفي أسفل المحول غرفة غير مبطنة متصلة بأنبوب يوزع الهواء على عدد من الثقوب تدخل الهواء إلى داخل المحول. وللحصول على الحديد الصلب عن طريق محول بسمر يوضع حديد التماسيح المنصهر داخل المحول ثم يضغط تيار هوائي من أسفل المحول فيتخلل المعدن وتتأكسد جميع المواد الغريبة الموجودة فيه. ويمكن التأكد من انتهاء عملية الأكسدة بملاحظة خروج الغازات من فوهة المحول إذ أن انعدام خروج الغازات يدل على انتهاء عملية الأكسدة وعندئذ يضاف للشحنة بعض الفيروسيلكون "Ferro-silicon" أو الحديد الخردة.

والشكل (٢-٤) يوضح محول بسمر .



وضع الشحن وضع التشغيل وضع التفريغ

شكل (٢-٤) : محول بسمر

محول توماس :

لما كان محول بسمر لا يقوم بتحويل كل أنواع زهر التماسيح إلى صلب، فلقد قام العالم توماس بتصميم محول يشبه محول بسمر في كل صفاته وطريقة عمله إلا أنه يختلف عنه فقط في البطانة. حيث تكون بطانة محول توماس قاعدية مصنوعة من الدوليمين وهي مجهزة من المنجنيز والحجر الجيري. كما أن بطانة محول توماس أكبر سمكاً من بطانة محول بسمر، أما سعة كل من المحولين فتتراوح بين ٨٠ إلى ١٠٠ طن. والجدول رقم (٢-٢) يوضح أوجه التشابه والاختلاف بين المحولين .

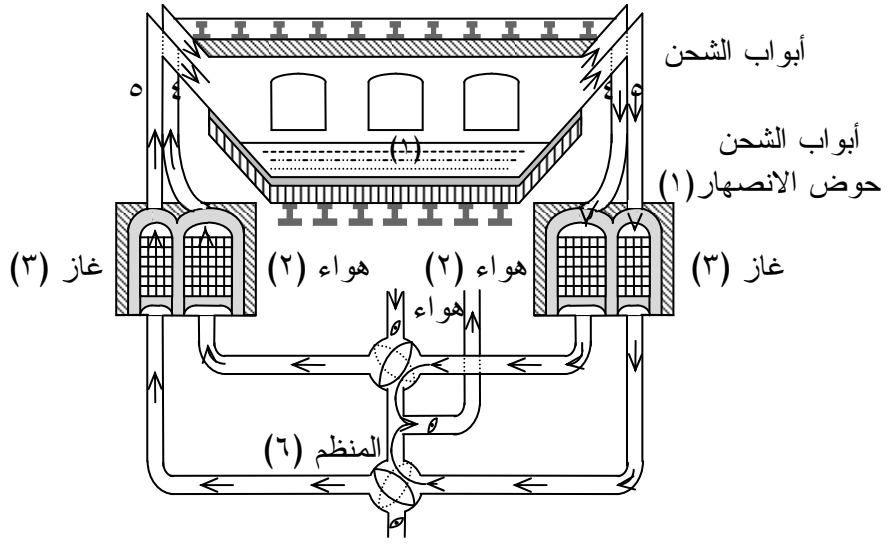
جدول (٢-٢) : مقارنة بين محول بسمر وتوماس

محول بسمر الحمضي	محول توماس القاعدي
تكون البطانة حامضية من السيلكون والطين الحراري	تكون البطانة قاعدية من الدوليمين مصنوعة من المنجنيز والحجر الجيري
يجب أن تكون الشحنة خالية من الفسفور	يمكن استخدام شحنة تحتوي على نسبة من الفسفور
يقطع تيار الهواء عقب خروج الغازات مباشرة	يستمر مرور تيار الهواء لمدة وجيزة بعد انعدام خروج اللهب والغازات
الخبث الناتج حمضي	الخبث الناتج قاعدي يمكن استعماله كسماد

الفرن المفتوح (*Open Hearth Furnace*) :

وصف وكيفية التشغيل :

يبين الشكل (٢-٥) رسماً تخطيطياً لفرن سميز مارتن وهو عبارة عن حوض مسطح للصهر (١) (المجمرة) مبطن بفرش إما حامضي أو قاعدي؛ وتوجد تحت حوض الانصهار أربع غرف (٢-٣) مبنية بالطوب الحراري في صفوف متوازية، وتتصل هذه الغرف بحوض الانصهار بوساطة قناتين (٤، ٥) ويدخل كل من الغاز والهواء من الغرفتين المجاورتين فيشتعلان في حوض الانصهار ثم تخرج الغازات المحترقة من الغرفتين الأخريين فيسخن ما بهما من طوب حراري؛ ثم تنعكس الحالة فيدخل الغاز والهواء من الغرفتين الأخريين ليسخن الطوب الحراري ثم تخرج الغازات بعد الاحتراق مارة بالمنظم (٦) لتأخذ طريقها للغرفتين الأوليين. وهكذا تتكرر العملية كل عشرين دقيقة حتى يكون الهواء والغاز الداخلان إلى حوض الانصهار ساخنين لرفع درجة حرارة الفرن إلى ١٧٠٠° مئوية.



شكل (٢-٥) : رسم تخطيطي لفرن سميز مارتن

تشغيل الفرن :

بعد إعداد الشحنة ووضعها داخل الفرن يفتح صمام الغاز والهواء فيشتعل الغاز والهواء في حوض الانصهار، ثم يتبع ذلك انصهار الشحنة وتتكون طبقة من الخبث على سطح السائل تعوق عملية الأكسدة، لذا يضاف للشحنة هيماتيت خام نسبة لكثرة الأوكسجين (مع أن الأوكسجين يساعد على أكسدة الكبريت) وبالتالي تتم إزالة الكبريت، وبعد مدة تظهر على الشحنة علامات الغليان ، وهذا دليل على خروج الغازات التي تسبب الفقاقيع ويستمر في إضافة الهيماتيت الخام؛ وعندما يلاحظ أن الشحنة ، لا تغلي تتوقف عملية إضافة الهيماتيت الخام لأن هذا يدل على نقاء الشحنة ثم تؤخذ عينات للاختبار. أثناء نزول الشحنة إلى البوتقة تضاف إليها الكميات المطلوبة من خام الألومونيوم أو المواد المطلوبة لصناعة الصلب، وعندما يكون الصلب جاهزاً لصبه في شكل كتل يكون قد أعد لعملية الدرفلة. إن التفاعلات التي تحدث في داخل فرن سميز مارتن هي :

١) أكسدة معظم الكربون الموجود في زهر التماسيح ويحدث نتيجة للارتفاع المستمر في درجة الحرارة في ممرات الفلز المنصهر وتزال الشوائب في شكل خبث أثناء ذلك.
٢) إن وجود هذه التفاعلات الكيميائية ووجود كمية كبيرة من الأوكسجين يساعد على إزالة الكبريت من المعدن

يمتاز فرن سميز عن الأفران الأخرى بالآتي :

١) الطريقة المتبعة فيه في تصنيع الصلب أسرع من المحولات الأخرى ، ويمكن التحكم بواسطته في نوع الصلب المستخرج بصورة أفضل مما في الأفران الأخرى.
٢) ذو سعة أكبر ، حيث أن سعته تتراوح بين ٥ إلى ٥٠٠ طن

إن الميزات المذكورة أعلاه جعلته أكثر استعمالاً ، حيث أنه ينتج أكثر من ٨٥٪ من الإنتاج العالمي.

(٢-١-٦) أنواع الصلب :

الصلب الكربوني *Carbon Steel* :

الصلب الكربوني عبارة عن سبيكة مركبة من حديد وكربون متحدان بنسبة أقل من النسبة الموجودة في الزهر المسبوك، ولا تزيد نسبة الكربون الموجودة في الصلب الكربوني عن ١,٨٪ إذ أن خواص الصلب الكربوني تتوقف جميعها على وجود نسبة الكربون الداخلة في تكوينه. توجد عدة أنواع من الصلب الكربوني تختلف عن بعضها باختلاف نسبة الكربون الداخلة في تكوينها. وينقسم الصلب الكربوني إلى ثلاثة أنواع: صلب منخفض الكربون، وصلب متوسط الكربون، وصلب عالي الكربون.

١) **صلب منخفض الكربون (Low carbon steel)** : يطلق عليه صلب المنشآت وتتراوح نسبة الكربون فيه بين ٠,٠٥ إلى ٠,٣٪ تقريباً. ولا تتغير صلابته بالتبريد المفاجئ، وهو طري ويمكن تشغيله بسهولة في معظم الأغراض الصناعية، ومن خواصه أنه يقبل الثني والالتواء وإجراء التشكيل بالحدادة واللحام. ويستعمل في صناعة المسامير والمسننات وهياكل السيارات والإطارات وصناعة حديد التسليح وألواح الصاج والقضبان لذا يسمى بصلب المنشآت.

٢) **صلب متوسط الكربون (Medium carbon steel)** : تتراوح نسبة الكربون فيه بين ٠,٣ إلى ٠,٧٪ تقريباً. وهو قابل للطرق واللحام مثل الصلب الطري، كما أن بعض أنواعه تزداد صلابة بالتبريد المفاجئ ويستخدم في صناعة إطارات السيارات والقضبان ومسامير البرشام والمطارق ومرافق السيارات وأعمدة نقل الحركة في السيارات، والأغراض التي تتطلب الشد والثني ويقبل التقسية والمراجعة.

٣) **الصلب عالي الكربون (High carbon steel)** : تتراوح نسبة الكربون فيه بين ٠,٧ إلى ١,٨٪ تقريباً. ولونه رمادي يميل إلى السواد، وحبيباته دقيقة جداً، وهو أقوى من النوعين السابقين وقابل لتغيير خواصه عند معالجته بالحرارة والتبريد، ولحامه صعب ويحتاج عند تشغيله في آلات الخراطة إلى عناية كبيرة ويستخدم الصلب عالي الكربون في صناعة شفرة الحلاقة والنابض ومعظم الأدوات القاطعة للورش مثل أدوات

النجارة والمقصات والمبارد والأجنات والسكاكين لذا يسمى هذا النوع من الصلب بصلب الأداة الكربوني.

(٢-١-٧) إعداد الصلب :

بالرغم من أن العمليات التي أجريت لإنتاج الصلب عن طريق المحولات أو الأفران آنفة الذكر، فإن الصلب الكربوني لا يكون في شكل يصلح للاستعمال مباشرة في الورش والإنشاءات الأخرى ما لم تجرَ عليه عمليات أخرى تسمى بالدرفلة أو الدلفنة.

والدلفنة هي عبارة عن عملية تحويل قوالب الصلب المنتجة سابقاً في شكل كتل إلى عمدان مستديرة أو مربعة أو رقائق صاج مسطحة أو على شكل زاوية وذلك تحت تأثير الضغط والحرارة. وتجرى عملية الدرفلة بواحد من طريقتين: الدرفلة على الساخن أو الدرفلة على البارد.

١) الدرفلة على الساخن (Hot rolling) : تنتج بوساطته كل الأشكال المستعملة في الصلب سواء أكانت عمداناً مستديرة أو مربعة، أو مستطيلة أو على شكل زاوية أو ألواح مظهرها غير لامع أو سنجابية اللون فإنها تنتج بوساطة الدرفلة على الساخن. وعملية الدرفلة على الساخن تبدأ بتحويل كتل الصلب المستخرجة من الأفران السابقة مباشرة وهي ساخنة في درجة الحرارة البيضاء التي تكون بين ١٣٠٠ إلى ١٣٥٠°م فتمر على آلات الدرافيل لدلفنتها على الشكل المطلوب.

٢) الدرفلة على البارد (Cold rolling) : عندما تجرى عملية الدرفلة في درجة حرارة تقل عن ٧٠٠ درجة مئوية تسمى بالدرفلة على البارد. وتستخدم الدرفلة على البارد لتحقيق أغراض ثلاث:

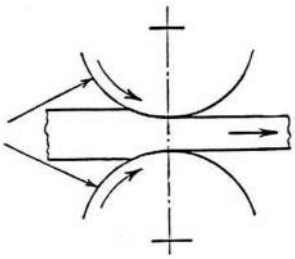
(أ) إنتاج سطح لامع.

(ب) صنع أشكال رفيعة متجانسة السمك أكثر مما في عملية الدرفلة على الساخن مع دقة في مقاسات العرض والسمك تصل إلى ٠,٠٠١ من البوصة (البوصة = ٢٥ مليمتر).

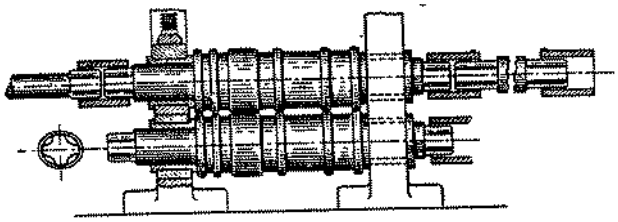
(ج) إعطاء خصائص طبيعية جيدة للمعدن نظراً لانخفاض درجة الحرارة.

ومن عيوب الدرفلة على البارد احتياجها لقوة ضغط أكبر من القوة المطلوبة للدرفلة على الساخن. كما أن الدرفلة على البارد قد تسبب تصليداً، فيحتاج الإنتاج في نهاية المرحلة لإجراء عملية تخمير.

والشكل (٢-٦) يوضح عملية الدرفلة وآلات الدرافيل .



(أ) عملية الدرفلة



(ب) آلات الدرافيل

شكل (٢ – ٦)

تمرين (٢ – ٣)

١. اذكر مكونات شحنة محول بسمر .
٢. اشرح المراحل الثلاث لإنتاج الصلب بواسطة محول بسمر .
٣. أكمل الجدول أدناه :

المقارنة بين محولي بسمر الحمضي وتوماس القاعدي

وجه المقارنة	محول بسمر الحمضي	محول توماس القاعدي
البطانة		
الفسفور		
الهواء		
الخبث		

٤. ما الأجزاء الرئيسة للفرن المفتوح ؟
٥. وضح بالشرح التفصيلي كيفية تشغيل الفرن المفتوح .
٦. يصنف الصلب الكربوني حسب نسبة الكربون الموجودة فيه . اذكر أنواع الصلب الكربوني واستعمالات كل نوع .
٧. وضح ما المقصود بعملية الدرفلة .

(٢-١-٨) الفلزات اللاحديدية :

(Non-Ferrous Metals)

بالرغم من أن الفلزات الحديدية (الحديد والصلب) تعد من أهم الفلزات المستخدمة في الصناعة وفي المعامل إلا أن هناك فلزات أخرى لاحديدية تستعمل أيضاً بكثرة في الصناعة وفي المعامل وهي لا تقل أهمية عن الفلزات الحديدية والتي من المهم تعرفها وتعرف بعض سبائكها وأهم هذه الفلزات : النحاس والألمنيوم والخارصين والرصاص والقصدير.

١) **النحاس (Copper)** : النحاس من أقدم الفلزات اللاحديدية التي عرفها الإنســـان في حياته واستخدمها نظراً لإمكان وجود النحاس حراً في الطبيعة. أما أهم مركبات النحاس الموجودة في الطبيعة فهي أكسيد النحاس الأحمر وكبريتيد النحاس المزدوج مع الحديد والمعروف باسم بيرايت النحاس (Copper Perite). ثقل النحاس النوعي ٨,٩٢ وينصهر عند درجة حرارة ١٠٨٣ °م ويغلي عند درجة حرارة ٢٣٦٠ °م. من خصائص النحاس أنه جيد التوصيل للكهرباء والحرارة لذا تصنع منه السلاسل المعدنية (Cables) كما تصنع منه الأواني المنزلية. ومن خصائصه أيضاً أنه قابل للطرق والسحب والتشكيل ويقاوم التآكل والتأكسد.

٢) **الألومنيوم (Aluminum)** : الألومنيوم فلز لاحديدي طري أبيض فضي اللون. ثقله النوعي ٢,٦٨ ينصهر عند درجة حرارة منخفضة نسبياً إذ تبلغ ٦٦٠ °م تقريباً. ينتج الألومنيوم عن طريق التحليل الكهربائي لأكسيد الألومنيوم المذاب في مصهور مادة الكرايوليت (مركب من فلوريد

الألومنيوم والبوتاسيوم). يتوقف إنتاج الألومنيوم على وجود الطاقة الكهربائية ورخصها. ومن خواص الألومنيوم أنه خفيف الوزن وطري ورخيص الثمن وموصل جيد للحرارة والكهرباء وقابل للسحب لأسلاك وللطرق كذلك ومقاوم للتآكل. ويستخدم الألومنيوم في صنع الأواني المنزلية والتوصيلات الكهربائية وفي صناعة الطائرات.

٣) **الخارصين (Zinc) :** فلز أبيض يميل إلى الزرقة. يظهر مقطعه في شكل بلورات كبيرة لامعة عندما يكون نقياً أو قريباً من النقاوة. ويمكن الحصول على الخارصين في شكل ألواح أو قوالب مسبوكة. كثافته حوالي ٧,١ وينصهر في درجة حرارة منخفضة تبلغ ٤٢٠ °م. لا يوجد الخارصين في الطبيعة في شكل منفرد ولكنه يوجد في شكل خامات قليلة أهمهـــا : البلند (Blende) وهو عبارة عن كبريتيد الخارصين؛ والكالمين (Calmine) وهو عبارة عن كربونات الخارصين.

ومن خواص الخارصين أنه : يغلي ويتبخر في درجة الاحمرار ويقاوم التأكسد والتآكل. قابل للذوبان في الحديد وسبائكه، قابل للسحب والطرق، ويستخدم في صناعة أقطاب الأعمدة الكهربائية وفي قلفنة (طلاء بالخارصين) الأجزاء المصنوعة من الحديد (Galvanized steel) وفي تبطين المبردات (مثل الثلاجات) ، كما يستعمل في صناعة البوهيات وتغطية سقوف المنازل ، كما أنه يخلط مع بعض الفلزات مكوناً بذلك سبائك عظيمة الفائدة.

٤) **الرصاص (Lead) :** الرصاص من أقدم الفلزات في الصناعة ، وهو فلز رمادي ضارب في الزرقة. وشديد الليونة ويمكن قطعه بالسكين كما يمكن طرقه إلى رقائق وتشكيله بوساطة الطرق. ينصهر عند درجة حرارة منخفضة ٣٣٠ °م وكثافته ١١,٣. ويوجد على هيأة مركبات كيميائية مثل كربونات الرصاص. ويستخدم في صناعة ألواح البطاريات ويستخدم مع القصدير في لحام الكاوية وأقلام الرصاص والبارود وأغطية السلاسل المعدنية (Cables) وتغليف أسلاك الكهرباء.

٥) **القصدير (Tin)** : القصدير فلز فضي يميل إلى الاصفرار ، لامع قابل للطرق ، يتفتت عند التبريد، وينصهر في درجة حرارة منخفضة تبلـــغ ٢٣٢°م. عند درجة حرارة ٢٠٠°م يكون هشاً يمكن سحقه في شكل مسحوق. يتراوح وزنه النوعي بين ٠,٨٥ إلى ٧,٣ ويعتبر القصدير من أكثر المعادن الهندسية تكلفة إذ يزيد سعره كثيراً عن سعر النحاس. يوجد عادة في صور مختلفة منها : قصدير ألفا الذي يوجد في حالته الثابتة في درجات حرارة تقل عن ١٣°م وله تركيب بلوري تبلغ كثافته ٥,٨٥ ؛ وقصدير بيتا الذي ينقى في حالته الثابتـــة تحت درجة حرارة تتراوح بين ١٢°م إلى ١٦١°م وتبلغ كثافته ٧,٣. لا يستخرج القصدير من خاماته مباشرة بل تعالج هذه الخامات للحصول على خامات مركزة تحتوي على ٤٠ إلـــى ٧٠٪ من أكسيد القصدير. ومن خواصه واستعمالاته أنه: أكثر صلادة من الرصاص، ويمكن طرقه ودرفلته إلى رقائق، وتطلى به ألواح الصلب المعروفة باسم ألواح القصدير (Tin-Plates)، ويستخدم في عمل السبائك مع بعض المعادن الأخرى، ويستعمل في طلاء أسلاك النحاس قبل أن تصنع إلى سلاسل معدنية. عند ثني عمود من القصدير بالقرب من الأذن يسمع له صوت فرقعة نتيجة لتكسر بلوراته ويساعد سماع الصوت في معرفة جودة لحام القصدير؛ لأن اللحام الغني بالقصدير يسمع له صوت كبير كلما كانت نسبة القصدير أكبر.

(٢-١-٩) بعض السبائك اللاحديدية

(Some Alloys of Non-Ferrous-metals)

١. **سبائك النحاس** : يمكن تقسيم سبائك النحاس إلى نوعين :

أ) **سبائك النحاس الأصفر (Brass alloy)** : تتكون من نسبة تعادل ٧٠٪ نحاس و٣٠٪ خارصين وتستعمل في صناعة صنابير المياه والتماثيل ومقابض الأبواب.

ب) **سبائك البرونز (Bronze alloy)** : هي أساساً من النحاس النقي مضافاً إليه القصدير أو النيكل وأهم هذه السبائك :

١. ***البرونز الفسفوري:*** يتكون من ١٪ فسفور، ٢٢٪ قصدير وما تبقى نحاس ويستخدم في صنع مراوح الدفع ومراوح المضخات والأجراس.
٢. ***البرونز النيكلي:*** يتكون من ٢٠ إلى ٣٠٪ نيكل وما تبقى نحاس وهو مقاوم للصدأ. تصنع منه السفن .
٣. ***البرونز القصديري (برونز المدافع):*** يتكون من ١٠٪ قصدير ، ٢٪ خارصين وما تبقى نحاس ، ويستخدم في صناعة السفن البحرية، المضخات والمراجل ومعدات توليد البخار.
٤. ***برونز الألومنيوم:*** تتكون هذه السبيكة من ٧,٥ إلى ١٢٪ ألومنيوم وما تبقى نحاس. تصنع من هذه السبيكة الزلاقات من الأجزاء الميكانيكية كما تصنع منها العملات البرونزية.

جـ) **السبيكة البيضاء (White Metal)** : تتوقف كفاءة السبيكة البيضاء المستخدمة في كراسي المحاور (البلي) على التالي :
١. أن يكون العمود والبلي مختلفي المعدن، وأن يكون البلي ألين من العمود.
٢. إن البلي الأكثر كفاءة يجب أن يحتوي على معدن ناشف مدفوناً في جسم طري لمعدن آخر أو بمعنى آخر أن السبيكة المتجانسة التركيب لا تصلح لبلالي المحاور.

تحتوي جميع السبائك البيضـــاء على قصدير مخلوط بالنحاس والأنتيمونيا والرصاص (الأنتيمونيا عبارة عن معدن قصيف ثقله النوعي ٦,٦ وينصهر عند درجة حرارة ٦٣٠°م تقريباً) وتكون الأنتيمونيا هي العامل المشترك في كل أنواع السبيكة وفي بعض الأحيان يكون الرصـــاص هو المعدن الأساس.

جدول (٢-٣) : نسب مكونات السبائك البيضاء

الاستعمالات	الرصاص	النحاس	الأنتيمونيا	القصدير
سبيكة كراسي المرافق لماكينات السيارات والطائرات	–	٣,٥	٣,٥	٩٣
سبيكة كراسي التحميل الرئيسة لماكينات السيارات والطائرات	–	٣,٥	١٠,٥	٨٦
بلالي الأحمال الثقيلة والسرعات العالية	٦	٣	١١	٨٠
بلالي الآلات ومحركات الكهرباء للقاطرات	٢٨,٥	١,٥	١٠	٦٠
بلالي الضغط الثقيل والسرعات المتوسطة	٤٨,٥	١,٥	١٠	٤٠
بلالي الضغط والسرعات المتوسطة	٣٦,٥	١,٥	١٥	٢٠
البلالي الطويلة ذات الأحمال المتوسطة	٨٠	–	١٥	٥

جدول (٢-٤) : استخدام الفلزات المختلفة وسبائكها

الاستخدام	المادة
تسليح الخرسانات بالمباني	الصلب
قضبان السكك الحديدية	الصلب
أنابيب النفط	الصلب
البواخر (السفن)	الصلب
نقل القوى الكهربائية	النحاس النقي
قواعد الماكينات	الحديد الزهر
أواني الطهي	الألومنيوم
الطائرات	سبائك الألومنيوم والنحاس
أنابيب وأوعية تحلية المياه	سبيكة النحاس والنيكل
وقاية الفلزات من الصدأ	الطلاء بالكروم
الحلي	الذهب والبلاتين والفضة

تمرين (٢-٤)

١. اذكر أهم خواص معدن الالومونيوم .
٢. اكتب عن خواص القصدير .
٣. ما خواص السبائك الآتية وأين تستخدم :
أ / سبائك البرونز القصديري .
ب/ سبائك الالومونيوم .
ج/ السبيكة البيضاء .

(٢ - ٢) المحركات

(٢-٢-١) المحركات الحرارية (Heat Engines) :

المحركات الحرارية هي أهم مصادر توليد القوى وتتحول بوساطتها الطاقة الحرارية الناتجة عن احتراق أي نوع من أنواع الوقود المختلفة سواء كان صلباً أو سائلاً أو غازياً إلى شغل ميكانيكي يستفاد منه في إدارة مختلف أنواع الآلات المستخدمة في عالم الصناعة. تنقسم المحركات إلى نوعين رئيسين هما : **محركات الاحتراق الخارجي (External-Combustion-Engine) ومحركات الاحتراق الداخلي (Internal-Combustion-Engine)**

محركات الاحتراق الخارجي : يتم في هذه المحركات احتراق الوقود خارج اسطوانات المحرك وتنتقل الحرارة الناتجة عن احتراق الوقود بالتوصيل إلى مادة التشغيل خلال جدران الإناء الذي يحتوي عليها.

محركات الاحتراق الداخلي : هناك نوعان من محركات الاحتراق الداخلي، ترددي ودوار. أما النوع الأكثر شيوعاً في السيارات هو المحرك الترددي. وتتحرك في المحرك الترددي المكابس إلى أعلى وأسفل بينما في النوع الدوار يتحرك الجسم الدوار في المحرك في حركة دائرية. تحتوي أكثر محركات السيارات على أربع أو ست أو ثمان أسطوانات. ما يحدث في اسطوانة واحدة هو نفس ما يحدث في كل اسطوانات المحرك.

يتم في محركات الاحتراق الداخلي احتراق الوقود داخل اسطوانة المحرك أو في وعاء متصل بها، وان نواتج الاحتراق تؤثر مباشرة على المكبس.

تمرين (٢-٥)

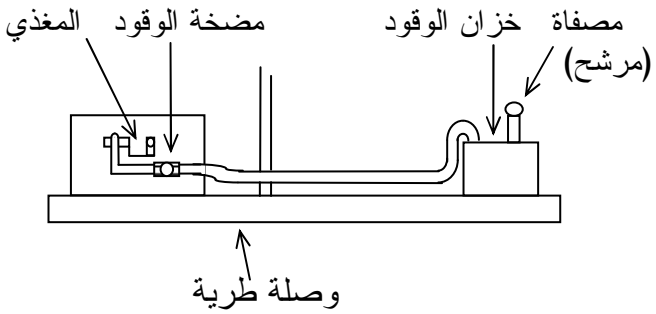
١. ما الفرق بين طريقة عمل محركات الاحتراق الداخلي ومحركات الاحتراق الخارجي ؟
٢. اذكر أنواع محركات الاحتراق الداخلي . وما أكثر الأنواع استعمالاً في السيارات ؟

(٢-٢-٢) المجموعات الأساسية في المحرك :

١. مجموعة الوقود (Fuel-System)
٢. مجموعة التبريد (Cooling System)
٣. مجموعة التزييت (Lubricating System)
٤. مجموعة الاشتعال (Ignition System)

أولاً : مجموعة الوقود : (شكل ٢-٧)

إنَّ مهمة مجموعة الوقود تزويد المحرك بمخلوط الوقود والهواء. وتتكون مجموعة الوقود من خزان الوقود (Petrol Tank) وأنابيب التوصيل التي تمتد من خزان الوقود إلى مرشح الوقود ثم المضخة ثم إلى المغذي (Carburetor) الذي يقوم بخلط البنزين والهواء بنسبة تمكن الخليط من الاحتراق داخل غرفة الأسطوانات؛ وهذه النسبة عادة تكون جزء من الوقود إلى ١٥ جزءاً من الهواء بالوزن. وتمكن هذه النسبة المحرك من الدوران ببطء (Idling speed) ويكون الخليط قابلاً للاحتراق من نسبة ١ : ٨ (وتسمى هذه النسبة خليط غني Rich mixture) إلى ١ : ١٩ (خليط ضعيف التركيزWeak mixture). يعمل المغذي على إعطاء خليط الوقود الكافي لكل اسطوانة من اسطوانات المحرك. إن الوقود المستعمل في السيارات هو الكروسين والجازولين (البنزين والجاز) الذي يحتوي على هيدروكربونات؛ وهو سريع البخر؛ ويحترق مع الأوكسجين عندما يتعرض لدرجة حرارة معينة. ويحتوي البنزين غالباً على ٨٥٪ كربون و١٥٪ هيدروجين بالوزن، ويكون ناتج احتراقه ثاني أكسيد الكربون. عادة يكون خزان الوقود في الجزء الخلفي من السيارة؛ ويصنع من رقائق الحديد (غير قابلة للصدأ)؛ أما سعته فتختلف حسب استعمالات السيارة ولكن عادة تكون سعته في المركبات الصغيرة من ٢٧ إلى ٣٦ لتر؛ ويزود بمرشح داخلي. يمر البنزين من الخزان من خلال أنبوب (أعلى الخزان) إلى مرشح البنزين ومنه إلى المضخة التي تعمل بدورها على ضخه إلى المغذي. أما المضخات المستعملة في المركبات إما أن تكون من النوع الكهربائي أو الميكانيكي.



شكل (٢-٧) : رسم تخطيطي يبين مجموعة الوقود

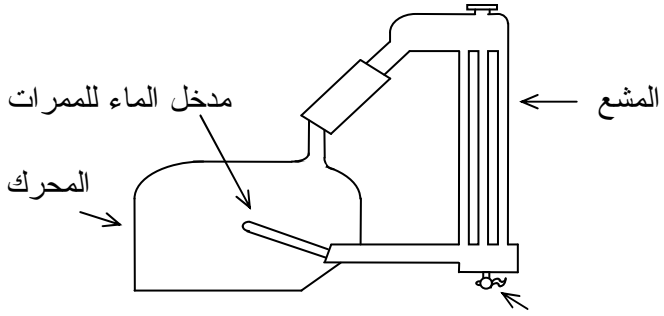
ثانياً : مجموعة التبريد (*Cooling-System*) : (شكل ٢-٨)

إن الغرض الأساسي من مجموعة التبريد هو احتفاظ المحرك بدرجة حرارة مناسبة أثناء دورانه بحيث يعمل بأعلى كفاءة ومن الملاحظ أن درجة الحرارة التي تتولد داخل الأسطوانة بعد اشتعال الخليط داخل غرفة الاحتراق تصل إلى ٢٢٠ درجة مئوية وان جدار الأسطوانات ورأسها والمكابس تمتص بعضاً من هذه الحرارة، لذا فإنه من الضروري تبريد هذه الأجزاء حتى لا يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى تلف الأجزاء المتحركة بسبب الاحتكاك فيما بينها. إن درجات حرارة المحرك التي يوصي بها الصناع عادة تكون في المدى من ١٩٠ إلى ٢٣٠ درجة مئوية فإن تعدت هذه القيمة فإنها ستؤثر أيضاً على طبقة زيت التزييت المستعمل في المحرك ، ويؤدي هذا إلى فساد خواص الزيت ، وبالتالي زيادة الاحتكاك بين الأجزاء الدوارة مما يزيد تآكل هذه الأجهزة. والتبريد الجيد هو الذي يحافظ على درجة معينة من الحرارة عند كل سرعات السيارة وأحمالها.

عند تصنيع مجموعة التبريد لمحرك ما يجب أن يراعي في تصميم هذه المجموعة أنها تمكن من تقليل درجة الحرارة بقدر لا يزيد عن ٣٠ إلى ٣٥ ٪ من الحرارة الناتجة عن الاحتراق، لأن التبريد الذي يقلل درجة الحرارة بقدر أكبر من هذا يؤثر على القدرة المستخرجة من المحرك. لا تتوفر للمحرك في بداية دورانه درجة الحرارة المطلوبة التي تمكنه من العمل بفعالية لذا يوضع المنظم الحراري بين رأس الاسطوانات وأعلى المشع (radiator) في مجرى

الماء ليقفل ذلك المجرى بين المشع والمحرك. وعندما يصل المحرك إلى درجة الحرارة المثلى (٧٥ درجة مئوية) فإن صمام المنظـــم الحراري يتمدد تحت درجة الحرارة العالية فاتحاً ممر الماء إلى المشع وعادة ينزع هذا المنظم في السودان نسبة لارتفاع درجة الحرارة بالسودان. ويتم التبريد في المحركات إما بوساطة الماء أو الهواء. وتتكون مجموعة التبريد بالماء من : مضخة الماء (water pump)، وقمصان (مجاري) التبريد (water jacket) ، ومروحة التبريد (fan)، والمشع، والمنظم الحراري (thermostat). يبدأ التبريد المـــائي بالتبريد الطبيعي ، والذي يعتمد على تمدد أبخرة المياه المستعملة في التبريد ويعتمد على النظرية التالية :

يتعرض مرور الماء حول الاسطوانات لسخانة المحرك وبالتالي تزيد درجة حرارة الماء ويخف وزنه ويتبخر ويصعد إلى أعلى حيث ينسحب خلال أنبوب إلى المشع ليحل محله الماء البارد الذي يوجد بالمشع ويتعرض بدوره للهواء ويفقد درجة حرارته الأولى التي كان عليها داخل المحرك ومن ثم يثقل وزنه ويهبط إلى أسفل المشع ويواصل سريانه إلى داخل ممرات المياه المحيطة بالمحرك (water jackets) وهكذا يتعرض للسخانة مرة أخرى ويخف وزنه ويصعد مرة أخرى للمشع وهكذا دواليك. وحتى يكون التبريد الطبيعي فعالاً يزود بمضخة الماء التي تعمل على زيادة سرعة سريان الماء في دورته بين المشع ومجموعة أجهزة التبريد الأخرى. أما التبريد بالهواء فيعتمد على وجود زعانف أو زوائد بارزة في المحرك وبمرور الهواء حولها فإنه يعمل على تبريدها.



شكل (٢-٨) : رسم تخطيطي يبين دورة التبريد

ثالثاً : نظام التزييت *(Lubricating system)* :

الغرض من التزييت :

إن زيت التزييت مادة تستعمل لتقليل التآكل إلى أقصى حد وتخفيض الاحتكاك الناتج عن تحريك سطحين أثناء تلامسهما ويلاحظ أن الزيت يمر خلال ممرات داخل المحرك إلى جميع الأجزاء المتحركة. ومن ثم فإن مهام التزييت تتلخص في التالي :

١) يقوم الزيت بتزييت جميع الأجزاء المتحركة، ومن ثم يعمل على تقليل التآكل إلى أقصى حد.
٢) يقلل تزييت جميع الأجزاء المتحركة من القدرة الضائعة والتي تفقد عند احتكاك الأجزاء فيما بينها.
٣) يعمل على امتصاص سخونة المحرك بحكم أنه وسيلة من وسائل التبريد.
٤) يمنع تسرب الغازات فيما بين حلقات المكبس وجدران الاسطوانة.
٥) يعمل على امتصاص الصدمات بين المضاجع والأجزاء الأخرى في المحرك وبذلك يقلل من صوت المحرك ويطيل من عمره.
٦) له القدرة على النظافة ذلك بحمل البرادة الناتجة عن الاحتكاك وحملها إلى وعاء الزيت حيث تترسب بداخله ولا تدخل في دائرة التزييت مرة أخرى.

تتكون مجموعة التزييت من :

١) **وعاء الزيت (oil sump)** : ويكون أسفل المحرك ويصب فيه الزيت
٢) **مضخة التزييت (oil pump)** : تعمل على سحب الزيت من الوعاء وضخه إلى ممرات الزيت داخل المحرك.
٣) **المرشحات (oil filter)** : تعمل على نظافة الزيت بالاحتفاظ ببرادة الحديد أثناء مرور الزيت من خلالها.
٤) **مبين ضبط الزيت (oil gauge)** : يوضع على طبلون السيارة ويبين ضغط وسريان الزيت.
٥) **أنابيب أو ممرات الزيت (drilled passage or galley)** : يمر من خلالها الزيت لأجزاء المحرك المختلفة.

٦) **صمام مرور الزيت (oil-by-pass-valve, relief valve) :** يوضع عند مخرج مضخة الزيت، ويعمل على المحافظة على ضغط معين للزيت ويسمح بمرور الزيت للمحرك في حالة تعثر مروره بالمدخل المعتاد.

أنواع دورات التزييت : هناك ثلاث أنواع من دورات التزييت :

١) التزييت بالرشح (splash system)
٢) التزييت بالضغط (pressure system)
٣) التزييت بالضغط والرشح مجتمعان: وهذا النوع هو الأكثر استعمالاً في السيارات الحديثة.

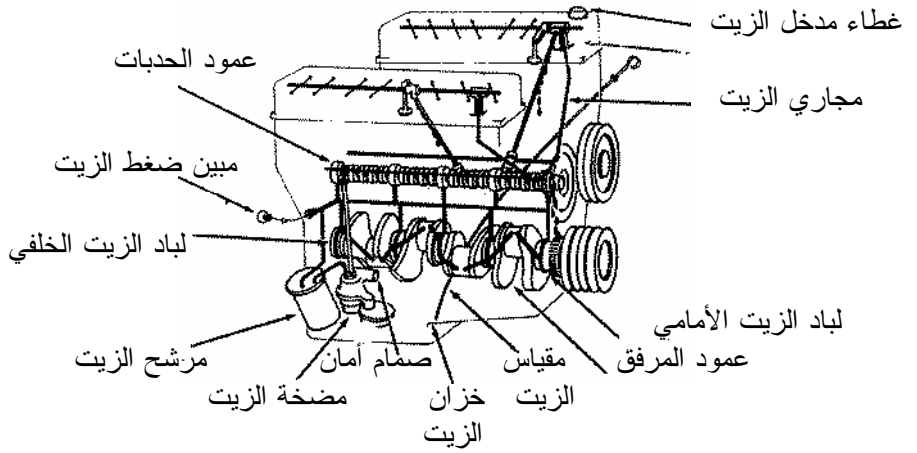
التزييت بالرشح :

في هذه الطريقة تقوم نهايات عمود المرفق برفع الزيت عند دورانه داخل خزان الزيت السفلي وبذلك يندفع الزيت إلى أعلى على هيأة قطرات وأبخرة كثيفة يصل إلى مجموعة روافع الصمامات ومحاور المكابس.

التزييت بالضغط والرشح :

يدفع الزيت من الخزان السفلي إلى المحرك بوساطة مضخة خاصة تضخ الزيت إلى الأجزاء المختلفة للمحرك والتي تحتاج إلى تزييت. ويخرج الزيت من المضخة إلى مجرى الزيت الرئيس ومن ثم ينساب إلى المضاجع الرئيسة ومضاجع عمود الحدبات، وتوجد ثقوب أو مجاري على المضاجع ليمر الزيت من خلالها إلى أذرع التوصيل ومضاجع محور الكبس، ويتم تزييت جدران الأسطوانة بوساطة الزيت الخارج من مضاجع أذرع التوصيل ومضاجع محور المكبس. توجد بأذرع التوصيل، في بعض المحركات، مجاري يندفع الزيت من خلالها إلى ثقوب موجودة بمحور عمود المرفق وتتقابل الثقوب مع بعضها وكلما حدث التقابل تندفع كمية من الزيت في اتجاه جدران الأسطوانة. في كثير من المحركات ذات الصمامات العلوية تزيت أذرع التوصيل المتأرجحة والأجزاء الأخرى من مجموعة روافع الصمامات بوساطة مجرى الزيت بداخل ذراع التوصيل الذي يكون مجوفاً.

والشكل (٢-٩) يوضح عملية التزييت .



شكل (٢-٩) : التزييت

رابعاً : مجموعة الاشتعال *(Ignition system)* :

إن مهمة مجموعة الاشتعال هي إمداد المحرك بضغط كهربائي عالٍ من خلال شمعات الاحتراق (Spark Plugs) إلى داخل غرفة الاحتراق بالمحرك، وإن هذه الشحنـــة الكهربائية والتي تكون في شكل شراره كهربائية تأتي لكل أسطوانة وفق توقيت محدد (عندما يكون المكبس في النقطة الميتة العليا في شوط الضغط). تتكون مجموعة الاشتعال من : مفتاح الإشعال (Ignition-switch) ، والمركم (البطارية) (Car-Battery) ، والموزع (Distributor) ، وشمعات الاحتراق (Sparking plugs) ، بالإضافة إلى الأسلاك المستعملة.

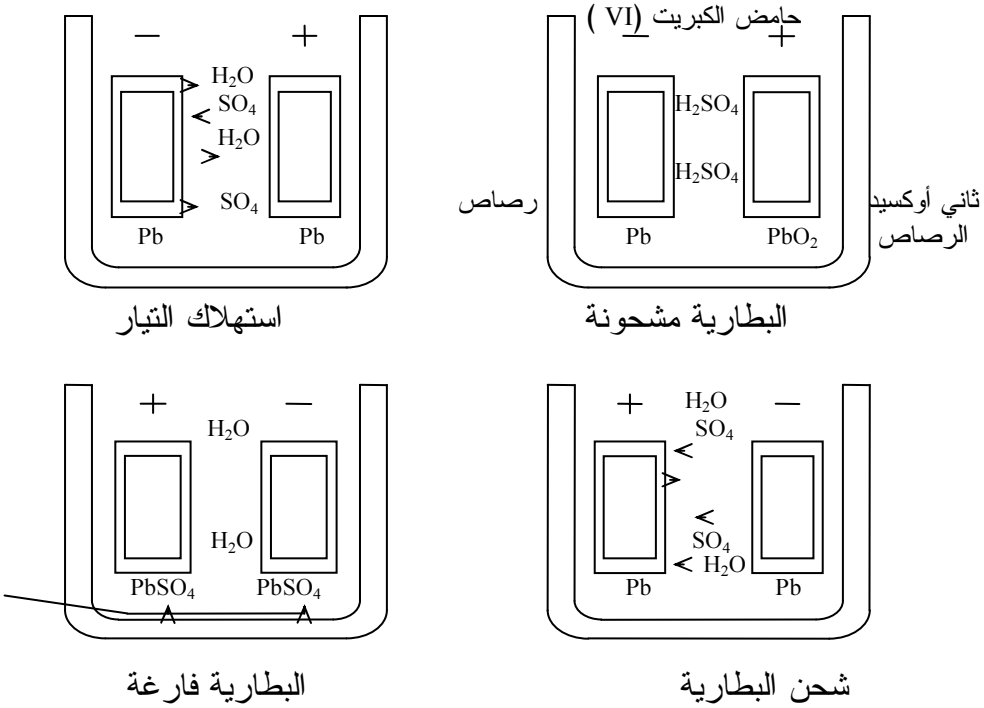
مفتاح الإشعال *(Ignition Switch)* :

هو جهاز لقفل وفتح الدائرة الكهربية في دائرة الاشتعال. قد يكون مفتاح الإشعال ميكانيكياً أو مغنطيسياً. وتوجد بالسيارة مفاتيح أخرى لكل الأجهزة الكهربائية الموجودة بالسيارة.

المركم (البطارية) *(Car-Battery)* : تضم وظائف المركم:

١. تزويد السيارة بتيار عند بدء تشغيل بادئ الحركة لإدارة المحرك.
٢. تغطية احتياجات التيار لمختلف أجهزة الاستهلاك (المصابيح وماسح الزجاج وآلة التنبيه .. الخ) أثناء عدم دوران المحرك أو دورانه ببطء عندما تكون سرعة إدارة المحرك لا تمكن من توليد تيار بوساطة المولد.
٣. يشحن المركم عند دوران المحرك بوساطة المولد ويقوم بتخزين طاقة كهربائية يمكن سحبها عند الحاجة.

والشكل (٢-١٠) يوضح كيفية شحن البطارية واستهلاك التيار



شكل (٢-١٠) : المركم

سعة المركم (*Battery Capacity*) :

تحدد كل من كمية ومساحـــة سطح الكتلة الفاعلة في المركم مدى مقدرته على تخزين الطاقة الكهربائية أي سعتها. ويعبر عن السعة بالأمبير ساعة (A. H.) أي أن المركم ذو ٨٤ A.H يعطي نظرياً تياراً قدره ١ A لمدة ٨٤ ساعة أو تياراً قدره ٢١ A لمدة ٤ ساعات وتحدد سعة المركم حسب كمية التيار المطلوب لبدء التشغيل.

صيانة المركم (*Battery Maintenance*) :

لزيادة عمر المركم يجب عدم إهمال الاختبار الدوري والصيانة. ولتحقيق ذلك يجب إجراء الأعمال الآتية بدقة وعلى فترات منتظمة :

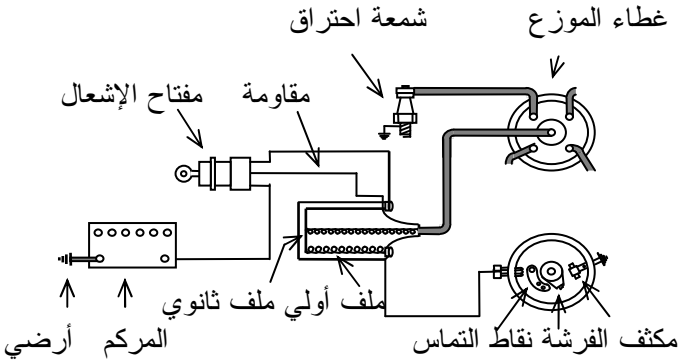
١. اختبار مستوى الحامض وإضافة ماء مقطر إذا لزم الأمر .
٢. اختبار حالة الشحن خاصة في الشتاء، لأن البرودة العالية تعمل على تجمد الحامض.
٣. تنظيف المركم وإزالة الأوساخ، وتشحيم أطراف الأقطاب وأطراف التوصيل بشحم واق من الأحماض.

ملف الإشعال (*Ignition-Coil*) :

هو عبارة عن ملفين كهربيين، الأول سميك ويحتوي على عدد قليل من اللفات ويسمى الملف الأولي (Primary Coil) ويسري فيه جهد المركم. أما الملف الثاني وهو رفيع الأسلاك ويسمى الملف الثانوي (Secondary Coil) ويسري فيه الجهد العالي، ويصل عدد لفات هذا الملف إلى عشرين لفـــة. يلف الملف الثانوي حول نواة من رقائق الحديد الطري، ثم يلف حوله الملف الأولي ويساعد وجود الملف الأولي في الناحية الخارجية في تسريب الحرارة الناتجة عن مرور التيار بصورة جيدة. يوصل أحد طرفي الملف الثانوي بالملف الأولي.

الشكل (٢-١١) عبارة عن تخطيط لمجموعة الإشعال ويحتوي على المركم، ومفتاح الإشعال، وملف الإشعال، وموزع الشرر وبداخله نقاط التماس والمكثف ثم شمعات الاحتراق.

بعد قفل الدائرة الكهربية بوساطة مفتاح الإشعال يمر التيار الوارد من المركم في الملف الابتدائي ، وفي هذه الأثناء تكون نقاط التماس مقفولة لتكتمل الدائرة الكهربية. ويثير هذا التيار نواة الملف الابتدائي ويمغنطها بشدة، وعندما تفتح نقاط التماس ينقطع التيار في الملف الابتدائي ومن ثم يتلاشى المجال المغنطيسي وتتولد نبضة تيار بالحث في الملف الثانوي (تقطع خطوط القوة المغنطيسية المتلاشية لفات اللفائف في الملف الثانوي) تؤدي بدورها إلى انطلاق شراره الإشعال عند قطبي شمعة الاحتراق. ويتم انحسار شرارة القطع عند قاطع التماس بوساطة مكثف موصل على التوازي، وبهذه الطريقة يحدث هبوط فجائي للتيار الابتدائي وتلاشي لخطي المجال المغناطيسي ومن ثم ازدياد تيار الحث. إن وجود المكثف يحمي نقاط التماس من التلف الذي يحدث عادة من الشرارة الكهربية التي تحدث عند فصل الدائرة الكهربية عن الملف الأولي، لذا فإن المكثف يمتص تلك الشرارة ويخزنها. عادة تتراوح سعة المكثف بين ٠,٢٠ إلى ٠,٣٠ ميكرو فارد.



شكل (٢-١١) : رسم تخطيطي يبين مجموعة الإشعال

موزع الشرر *Distributor* :

يحتوي موزع الشرر على غلاف مصنوع من سبيكة الزهر وغطاء تثبت عليه الأسلاك من الخارج. و توجد، في الجزء الأعلى، بداخله لوحة نقاط التماس ومن فوقهما الفرشة التي تثبت على عمود الإدارة وتقوم بتوزيع الشرارة

حسب التوقيت الصحيح. ويوجد أيضاً بموزع الشرر ضابط التوقيت التلقائي والمكثف. إن مهمة موزع الشرر هي توزيع الشرارة الكهربية على شمعات الاحتراق في التوقيت المحدد، ويتم توزيع الشرارة بوساطة الفرشة والتي توزعها على الأسلاك المثبتة في الغطاء العلوي للموزع ومنها إلى شمعات الاحتراق. عادة يأخذ الموزع حركة دورانه من عمود الحدبات (عمود الكامات) عن طريق مسنن حلزوني، ويدور الموزع بسرعة دورانية تساوي نصف سرعة دوران عمود المرفق. يوصل سلك الضغط العالي من ملف الإشعال إلى منتصف غطاء موزع الشرر عن طريق فحمة كربونية تلامس الفرشة التي توجد بداخل غطاء موزع الشرر. توجد حول محيط الغطاء التماسات (قطع نحاسية موصلة للكهرباء) تتصل بأسلاك شمعات الاحتراق، وبدوران الفرشة يحدث تماس كل مرة لأحد القطع النحاسية وذلك حسب التوقيت الصحيح المحدد أصلاً للمحرك. وتوصل بتلامس الفرشة الشرارة الكهربية للتماسات التي تنقلها بعد ذلك إلى شمعات الاحتراق حسب التوقيت المحدد. أما سلك الضغط العالي الذي يوصل بين ملف الإشعال وموزع الشرر فيكون حاملاً للضغط الكهربائي العالي الذي تولد بعد فتح نقاط التماس.

شمعات الاحتراق *(Sparking Plugs)* :

تتكون شمعة الاحتراق من قضيب فولاذي مركزي ينتهي بقطب يسمى **القطب الموجب** ويحمل الكهرباء الموجبة وبه عازل من مادة البورسلين أو الخزف يحيط بالقضيب الفولاذي. توجد به حلقة إحكام وعزقة (nut) لتثبيت سلك الجهد العالي. تصنع الأقطاب السالبة والموجبة من النيكل والمنجنيز، ويترك فراغ بين قطبي شمعة الاحتراق بمقدار ٠,٧ إلى ٠,٩ ويحدد من قبل الصناع.

إن وظيفة شمعة الاحتراق هي توصيل تيار الجهد العالي إلى غرفة الاحتراق داخل أسطوانة المحرك بحيث تنبثق الشرارة الكهربية بين قطبي الشمعة وتحرق المزيج (الخليط) المضغوط في نهاية شوط الضغط. بما أن شمعات الاحتراق تتعرض إلى درجة حرارة عالية فإنها يجب أن تصمم من مواد تستطيع أن تتحمل تلك الدرجات العالية من الحرارة، لذا فإن أكثر ما يحدث لشمعات الاحتراق، تلف العازل وتآكل الأقطاب أو احتراقها.

تمرين (٢-٦)

(١) أ) اذكر أهمية مجموعة الوقود مع الاستعانة بالرسم .
ب) اذكر نسبة الوقود إلى الهواء الواجب تحقيقها عند ظروف التشغيل المختلفة .

(٢) أ) اذكر أهمية مجموعة التبريد مع رسم رسم تخطيطي للتبريد الطبيعي .
ب) ما سبب ضرورة استعمال المنظم الحراري في دائرة مياه التبريد.

(٣) اذكر مكونات مجموعة التزييت مع شرح موجز لكل منها .

(٤) ما أنواع دورات التزييت ؟ تناول بالشرح التزييت بالضغط والرشح مجتمعان .

(٥) أ) اشرح مع الاستعانة بالرسم طريقة عمل مجموعة الاشتعال لمحرك ذو ٤ أسطوانات .
ب) اذكر وظيفة المكثف .

(٢-٢-٣) محركات الدورة الرباعية :

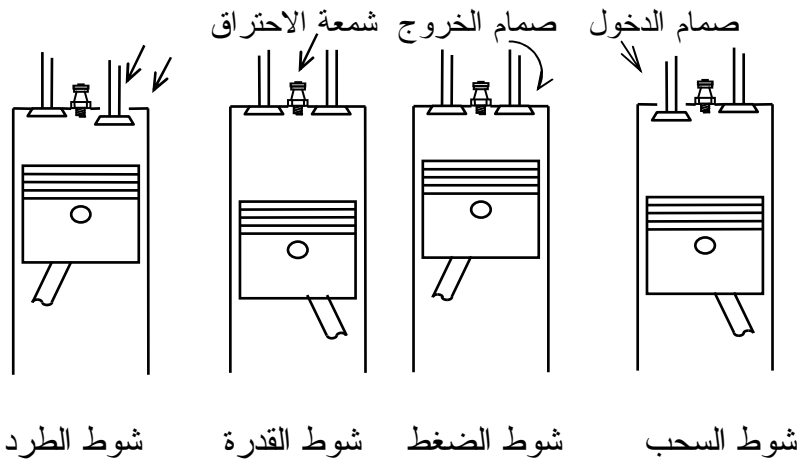
الدورة الرباعية (دورة أوتو الرباعية)

Four-Stroke Cycle (Otto Cycle)

معظم محركات السيارات وغيرها من المحركات تعمل على نظام الدورة الرباعية، وقد سميت على اسم مكتشفها المهندس الألماني أوتو.

الدورة أو الشوط هو حركة المكبس من النهاية العليا إلى النهاية السفلى داخل اسطوانة المحرك، ويطلق على النهاية العليا النقطة الميتة العليا (ن. م. ع) (Top dead Centre T.D.C) ويطلق على النهاية السفلى النقطة الميتة السفلى (ن. م. س) (Bottom dead centre B. D. C) ويحتاج المكبس لأربعة أشواط لإكمال دورة كاملة. تتم الدورة الرباعية في أربعة أشواط : شوط السحب (Induction Stroke) ، وشوط الضغط (Compression Stroke) ، وشوط القدرة (Power Stroke) ، وشوط الطرد (Exhaust Stroke) .

والشكل (٢-١٢) يوضح أشواط الدورة الرباعية .



شكل (٢-١٢) : أشواط الدورة الرباعية

شوط السحب (*Induction-Stroke*) :

يبدأ شوط السحب عندما يكون المكبس في نهاية الشوط الأعلى (النقطة الميتة العليا ن. م. ع) ويكون صمام السحب مفتوحاً وصمام الطرد مغلقاً. يتحرك المكبس من النقطة الميتة العليا إلى النقطة الميتة السفلى ساحباً الخليط إلى داخل الأسطوانة ويحدث السحب نتيجة لخلخلة جزئية بداخل الأسطوانة ويدفع الضغط الجوي (ضغط الهواء) الخليط داخل الأسطوانة من خلال صمام الدخول.

شوط الضغط (*Compression-Stroke*) :

عندما يقترب المكبس من النقطة الميتة السفلى (ن. م. س) في شوط السحب فإن صمام الدخول يغلق مع ملاحظة أن صمام الخروج أصلاً كان مغلقاً. بعد ذلك يتحرك المكبس إلى أعلى في شوط الضغط ضاغطاً الخليط داخل غرفة الاحتراق بحيث يصبح حجمه $\frac{١}{٨}$ من حجمه الأصلي ويطلق على هذه النسبة نسبة الإنضغاط (Compression Ratio) وتكتب ١ : ٨.

شوط القدرة (*Power Stroke*) أو شوط الاشتعال (*Firing Stroke*):

يكون في هذا الشوط الصمامان مغلقان، وتنطلق شرارة كهربية بين طرفي شمعة الاشتعال في الأسطوانة مشعلة الخليط المضغوط داخل غرفة الاحتراق وينتشر اللهب بسرعة كبيرة مسبباً ارتفاعاً كبيراً في درجة الحرارة والضغط داخل الأسطوانة فقد تصل درجة الحرارة إلى بضعة آلاف مئوية وقد يصل الضغط إلى ٤٢ كيلوجرام/سم^{٢} ومعنى هذا أن الغازات تدفع كل سم^{٢} من سطحي غرفة الاحتراق ورأس المكبس بضغط قدره ٤٢ كيلوجرام على السنتمتر المربع الواحد وهذه القدرة الشديدة تدفع المكبس إلى أسفل في شوط القدرة.

شوط الطرد (*Exhaust Stroke*) :

عندما يقترب المكبس من (ن. م. س) يفتح صمام الطرد ويتحرك المكبس إلى أعلى أثناء شوط الطرد، طارداً الغازات العادمة إلى خارج

الأسطوانة. وعندما يصل المكبس (ن. م. ع) يقفل صمام الطرد ويفتح صمام السحب وعندئذ تسحب شحنة جديدة من الخليط إلى داخل الأسطوانة ويحدث ذلك أثناء تحرك المكبس إلى أسفل مرة أخرى متجهاً نحو (ن. م. س) وتتكرر الأشواط الأربعة المذكورة آنفاً طوال مدة دوران المحرك.

كيفية عمل المحرك :

هناك مواصفات تحدد قبل البدء في تصنيع المحركات حتى تكون مطابقة للأغراض التي تصنع من أجلها تتلخص هذه المواصفات في التالي:-

١. **دورة التشغيل** : إما أن تكون المحركات رباعية الدورة أو ثنائية الدورة
٢. **عدد الأسطوانات** : إما أن يكون المحرك ذا اسطوانة واحدة أو أكثر وكلما زادت عدد الأسطوانات زادت قدرة المحرك.
٣. **دورة الاحتراق** : إما أن تكون من محركات البنزين أو محركات الديزل
٤. **ترتيب الأسطوانات** : رأسية الوضع أو أفقية الوضع.
٥. **الاستعمال** : إما أن تكون محركات ثابتة أو متنقلة (بحرية أو سيارات أو جرارات أو طائرات) .
٦. **الوقود المستعمل** : إما أن يكون من الغاز أو الزيت أو البنزين أو الكيروسين أو أخرى
٧. **طريقة إدخال الوقود** : بالمغذي أو بالحقن الجاف أو الحقن الهوائي.

في حالة شراء محرك، تذكر المواصفات الآتية :

أ . دورة الوقود رباعية أم ثنائية مع تحديد عدد الأسطوانات.
ب. رأسية الوضع أم أفقية ويحدد أيضاً الوقود المستعمل وقدرة الكابح وسرعة دوران المحرك.

طريقة عمل المحرك :

يتحرك المكبس داخل الأسطوانة من أسفل إلى أعلى. يركب رأس الأسطوانات في أعلى كتلتها . وتوجد في رأس الأسطوانات تجاويف يقابل كل واحد منها تجويف آخر في كتلة الاسطوانات . وبين نهاية الأسطوانة والتجويف الموجود في رأس الأسطوانات فراغ يعرف بغرفة الاحتراق.

أثناء حركة المكبس من (ن. م. س) إلى (ن. م. ع) يضغط الخليط داخل غرفة الاحتراق. لو أدخلت شراره كهربية كبيرة فإن الخليط سيشتعل ويتولد ضغط عالٍ فيندفع المكبس إلى أسفل وبهذا تتحول الطاقة الحرارية إلى حركة ترددية. وتتم هذه الحركة الترددية من خلال ذراع التوصيل الذي يربط بين المكبس وعمود المرفق وتصبح بعد ذلك حركة دائرية.

إن عملية الاحتراق في أسطوانة المحرك تجعل المكبس يتحرك نحو الأعلى والأسفل في الأسطوانة، لذلك يتطلب الأمر إيجاد وسيلة لإدخال خليط الهواء والوقود إلى داخل الأسطوانة وإخراج الغازات منها بعد الاحتراق ، لذا توجد فتحتان مستديرتان في قمة أسطوانة المحرك تسمح إحداهما بدخول الخليط والأخرى تسمح بخروج غازات الاحتراق. يتم التحكم في فتح هاتين الفتحتين وإغلاقهما بصمامين أحدهما للدخول والآخر للخروج. والصمام هو قرص دائري له ساق طويل يتصل بعمود الحدبات (عمود الكامات). هناك مجموعة من الأجزاء تقوم بتحريك الصمامين للأعلى والأسفل لفتحهما وغلقهما وفق توقيت محدد. ويقوم بهذا العمل عمود الحدبات الذي يستمد حركته من عمود المرفق عبر جنزير أو مسنن، فعندما يدور عمود المرفق يدور معه عمود الحدبات وذلك يتم وفق توقيت محدد ومرتب حتى يكون هناك تطابق بين حركة المكبس من أعلى إلى أسفل وفتح الصمامات وغلقها.

(٢-٢-٤) محركات بعدة أسطوانات :

تزود السيارات بمحركات ذات اسطوانات متعددة ، ومهما كان عدد الأسطوانات فإنه يؤلف محركاً ذا دورة خاصة به. ويحدث في المحركات رباعية الدورة شوط قدرة لكل دورتين لعمود المرفق ، ودورة واحدة لعمود الحدبات. أما في المحركات ثنائية الدورة فيحدث شوط قدرة لكل دورة لعمود المرفق أي بعد ٣٦٠ درجة ، بينما يحدث شوط القدرة في المحركات رباعية الدورة بعد ٧٢٠ درجة (دورتين لعمود المرفق). إذا أريد معرفة بعد كم درجة يحدث شوط قدرة في المحركات ذات الأسطوانات المتعددة (رباعية الدورة) فتتم قسمة ٧٢٠° على عدد اسطوانات المحرك ومثال لذلك :

محرك ذو ٤ أسطوانات = $\frac{٧٢٠}{٤}$ = ١٨٠°

محرك ذو ٦ أسطوانات = $\frac{٧٢٠}{٦}$ = ١٢٠°

محرك ذو ٨ أسطوانات = $\frac{٧٢٠}{٨}$ = ٩٠°

ترقم أسطوانات المحرك من المقدمة فالذي يوجد في المقدمة فهو الأسطوانة رقم واحد. في تصميم محرك ذو ٤ أسطوانات يكون فيه المكبس رقم (١) ورقم (٤) على مستوى أفقي واحد وكذلك رقم (٢) و(٣) سواء كانا في النقطة الميتة العليا أو النقطة الميتة السفلى. وهذا الوضع مبسط واقتصادي في تصميم المحركات. ويتطلب هذا الوضع ترتيب الاشتعال (Firing order) في أسطوانات المحرك، وهنالك طريقتان لترتيب الاشتعال في المحرك ذو الأربعة أسطوانات وهما ١، ٣، ٤، ٢ أو ١، ٢، ٤، ٣ والأولى هي الأكثر استعمالاً في السيارات.

ولبيان معنى ترتيب الاشتعال ، إذا قيل أن محرك ما ترتيب اشتعاله ١، ٣، ٤، ٢ يعني هذا أن شوط القدرة يحدث أولاً في الأسطوانة رقم (١) ثم يليه رقم (٣) ثم رقم (٤) وأخيراً رقم (٢) أما توقيت الاشتعال بالنسبة للمحركات ذات الست أسطوانات فهو ١، ٥، ٣، ٦، ٢، ٤.

المحرك ذو الأسطوانة الواحدة (*Single-Cylinder-Engine*) :

المحرك ذو الأسطوانة الواحدة (نظام الدورة الرباعية) يحدث فيه شوط القدرة بعد ٧٢٠° . وفي نظام الدورة الرباعية هناك ثلاثة أشواط عديمة القدرة وهي شوط السحب والضغط والطرد أما الشوط الفعال فهو شوط القدرة. أثناء الأشواط عديمة القدرة يحدث عدم اتزان في دوران المحرك لذا تركب حدافة (Flywheel) لتعمل على تفادي عدم اتزان المحرك لأنها تخزن القدرة الفائضة أثناء شوط القدرة وتدفع بها خلال الأشواط عديمة القدرة. ولا يصلح المحرك ذو الأسطوانة الواحدة للسيارات لمحدودية قدرته حتى لو كان قطر اسطوانته كبيراً، فالأسطوانات ذات الأقطار الكبيرة لا يوصى بها الصناع لأنه بالرغم من القدرة الكبيرة التي تستخرج منها إلا أن هناك جزءاً كبيراً يضيع من تلك القدرة هدراً

وذلك للتغلب على ثقلها وثقل محتوياتها من مكبس وخلافه وكذلك فإن هناك صعوبة في تبريدها.

المحرك ذو الأسطوانات الأربع (*4 - Cylinder Engine*) :

هو الأكثر تفضيلاً ويمتاز على بقية المحركات التي تزيد عليها في عدد الأسطوانات وتناسب السيارات ذات القدرة المتوسطة. بمقارنتها مع السيارات التي تزيد عليها في عدد الأسطوانات فإنها تعطي دوران عزم مناسب واقتصاداً في استهلاك الوقود مع قلة الثمن وانخفاض تكلفة الصيانة.

المحرك ذو الأسطوانات الست (*6 - Cylinder Engine*) :

يأتي في التفضيل بعد المحرك ذو الأسطوانات الأربع ويستعمل في السيارات التجارية وعند استعماله في السيارات الصغيرة فإنه يعطي قدرة أكبر للسيارة. الجدول (٢-٥) يقارن بين المحركات ذات الأسطوانات الأربع والمحركات ذات الأسطوانات الست .

جدول (٢-٥) : مقارنة بين المحركات ذات الأسطوانات الأربع والمحركات ذات الأسطوانات الست

المحرك ذو الأسطوانات الأربع	المحرك ذو الأسطوانات الست
دوران عزم أقل لأن شوط القدرة يحدث كل ١٨٠°	دوران عزم أكبر لأن شوط القدرة يحدث كل ١٢٠°
سرعة المحرك أقل	سرعة المحرك أكبر مع قابلية التسارع نظراً لصغر المكبس وخفة وزنه
اتزان الدوران أقل	اتزان دوران المحرك نظراً لسرعته ونعومة دورانه
لا يأخذ المحرك حيزاً كبيراً من حجم السيارة	طول المحرك الناتج عن زيادة عدد الأسطوانات يأخذ حيزاً أكبر من السيارة
يستهلك وقوداً أقل	يستهلك وقوداً أكثر نسبة لزيادة عدد الأسطوانات
أقل سعراً	أكثر سعراً

(٢-٢-٥) الفروق الأساسية بين محركات (البنزين) و (الديزل) :

إنه من الضروري اكتساب القدرة على التمييز بين المحركات سواء أكانت محركات (بنزين) أم محركات (ديزل) فكثير من محركات (الديزل) يكون مظهرها مطابقاً لمحركات البنزين ولكن من السهل معرفتها إذا عُرفت الاختلافات الرئيسة في طريقة التشغيل :

١) يشتعل الوقود في محرك (الديزل) اشتعالاً ذاتياً بوساطة حرارة الإنضغاط ولذلك لا يوجد بمحرك (الديزل) معدات خارجية للإشعال.
٢) يمتص محرك (الديزل) هواء فقط في مشوار السحب فلا يستعمل جهاز المغذي.
٣) يحقن الوقود في محرك (الديزل) داخل الأسطوانة على شكل رذاذ بضغط مرتفع وتستعمل مضخة لحقن الوقود، بالإضافة إلى ذلك فأن محرك (الديزل) أثقل وزناً من محرك (البنزين) نظراً للضغوط العالية المستعملة ولكن من الصعب التمييز بينهما بمجرد النظر من الخارج.

المقارنة بين المحركين موضحة في الجدول (٢-٦)

جدول (٢-٦) : مقارنة بين محرك الديزل ومحرك البنزين

وجه المقارنة	محرك (الديزل)	محرك (البنزين)
معدات الاشتعال	ليس له معدات إشعال منظورة	له شمعات احتراق وملف إشعال وموزع الشرر.
البخر	تملأ الأسطوانة بهواء فقط وعلى ذلك لا يوجد مغذي.	له مغذي لخلط البنزين.
حقن الوقود	له مضخة حقن وقود ورشاشات وذلك لحقن الوقود داخل الأسطوانات على شكل بخار.	لا توجد به مضخة حقن أو صمامات حقن داخل الأسطوانة.
نوع الحقن	زيوت ثقيلة	زيوت خفيفة – بنزين أو كيروسين
ضغط الإنضغاط	من ٣٠ إلى ٤٠ كجم/مم^{٢}	من ٦ إلى ٨ كجم/مم^{٢}
نسبة الإنضغاط	١ : ١٤ إلى ١ : ١٦	١ : ٥ إلى ١ : ٧
الجودة الحرارية	٣٥٪	٢٠٪
مقدار الوقود المستهلك للحصان الكابح/ ساعة	١٩٠ جرام	٢٧٠ جرام

تمرين (٢-٧)

١. مستعيناً بالرسم اشرح كيف تتم الدورة الرباعية لمحرك (البنزين) (دورة أوتو الرباعية) .
٢. لماذا تركب محركات بعدة أسطوانات في سيارات ركوب الأشخاص ؟
٣. توجد بعض المركبات التي تستعمل أكثر من ست أسطوانات ، اذكر الأسباب التي تجعل معظم السيارات تستعمل من أربع إلى ست أسطوانات .اذكر توقيت الإشعال لمحرك ذو ٤ أسطوانات وآخر ذو ٦ أسطوانات .
٤. ما مزايا المحركات ذات ٦ أسطوانات مقارنة مع محركات ذات ٤ أسطوانات .
٥. ما الفروقات الأساسية بين محركات (البنزين) ومحركات (الديزل) ؟

(٢-٣) محرك السيـارة

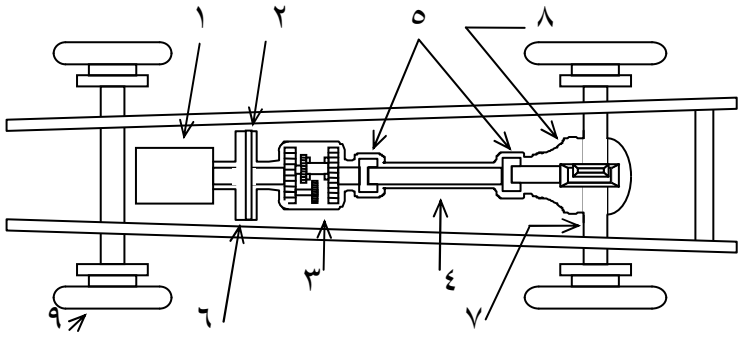
(٢-٣-١) أجزاء السيارة الأساسية :

تتكون أجزاء السيارة من الوحدات الآتية :

(أ) الهيكل (الشاسية) *(Chassis-Frame)* :

ترتكز على الهيكل العجلات والمحرك وجسم السيارة بالإضافة إلى مجموعتي التوجيه والإيقاف (الكوابح) . يصنع الهيكل من الصلب على شكل شرائح طولية أو على شكل الحرف الإنجليزي U (U-Shape) وتوصل أجزاؤه إما بوساطة اللحام أو البرشام. أما النوع الشائع الاستعمال فهو الذي يصمم على شكل سلم (Ladder shape) ويكون هذا التصميم متيناً ومرناً إذ أن المتانة والمرونة من الصفات التي يجب توافرها عند تصميم الهيكل لأنها تمكنانه من تحمل الصدمات والالتواء عند تغيير السرعات والحمولة. يجمع في معظم السيارات الصغيرة بين الهيكل والجسم في وحدة واحدة لا انفصال بينهما ، ويوضع المحرك وبقية مكونات السيارة على أرضية من الحديد وهذا يعمل على تقليل الوزن الكلي للسيارة بالإضافة إلى عدم وجود الأصوات التي عادة تصدر من الهيكل المنفصل والذي يوصل بوساطة البرشام مع جسم السيارة. أما الاتجاه الحالي في عالم السيارات فإنه يجنح إلى خفة وزن الهيكل مع متانة التصميم.

الشكل (٢-٣) يوضح أجزاء السيارة الأساسية .



المفتاح :

١. المحرك	٢. القابض	٣. صندوق المسنن
٤. عمود نقل الحركة	٥. الوصلات المفصلية	٦. الحدافة
٧. المحور الخلفي	٨. صندوق المسنن الخلفي	٩. العجلات

شكل (٢-١٣) : أجزاء السيارة الأساسية

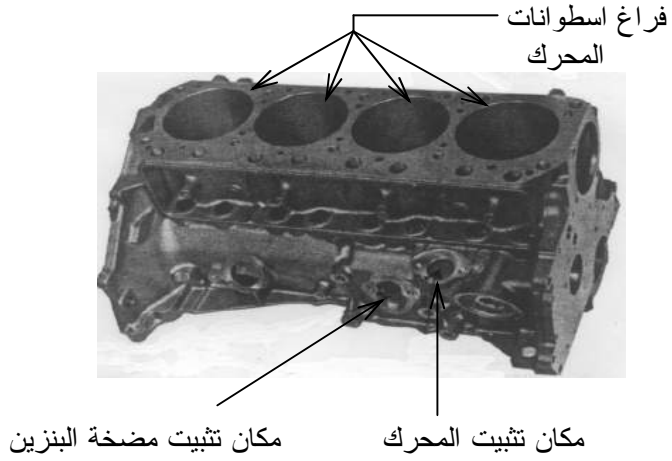
(ب) المحرك (*Engine*) :

محرك السيارة هو أحد المحركات الحرارية، وله القدرة على إدارة عجلات السيارة التي تدفع السيارة إلى الأمام. تنتج المحركات الحرارية طاقة حرارية نظراً لاحتراق أي نوع من أنواع الوقود المختلفة سواء كان صلباً أو سائلاً أو غازياً فتتحول هذه الطاقة إلى شغل ميكانيكي يستفاد منه في إدارة مختلف أنواع الآلات المستخدمة في الحركة مثل السيارات والقطارات والطائرات الخ. إن محركات السيارات من محركات الاحتراق الداخلي، وسميت بهذا الاسم لأن الوقود يحترق داخل غرفة الاحتراق. وغرفة الاحتراق هي الجزء المحصور بين المكبس عندما يكون في نهاية الشوط الأعلى والسطح الأسفل لرأس الأسطوانات، ويراعى في تصميمها أن تسع أكبر كمية من الخليط في أقل حيز ممكن. يولد احتراق الوقود (الخليط) داخل غرفة الاحتراق ضغطاً مرتفعاً في غرفة الاحتراق مما يجبر المكبس على الحركة إلى أسفل وتنقل الحركة بوساطة ذراع التوصيل إلى عمود المرفق، وبذلك يدور عمود المرفق وتنقل حركته الدائرية بوساطة عمود نقل الحركة إلى عجلات السيارة فتدور وتتحرك السيارة. وحتى يكون المحرك قادراً على العمل لابد من تزويده بأربع مجموعات أساسية وهي :

- مجموعة الوقود (Fuel System) .
- ومجموعة التبريد (Cooling System) .
- ومجموعة التزييت (Lubricating System) .
- مجموعة الاشتعال (Ignition System) .

(٢-٣-٢) كتلة المحرك (كتلة الأسطوانات) Cylinder-Block :

تمثل الكتلة الهيكل الأساس للمحرك وتسبك كقطعة واحدة من الحديد الزهر أو من سبيكة صلب ونيكل؛ أو صلب وكروم، وتوجد أيضاً بعض أجسام المحركات المصنوعة من الألومنيوم. تحتوي الكتلة على الأسطوانات وفتحات مياه التبريد التي تحيط بالاسطوانات. الجزء الأسفل لكتلة المحرك يسمى علبة المرفق (Crank-case) ويوضع بها عمود المرفق وعمود الحدبات (عمود الكامات). في معظم الأحيان يستعمل الجزء الأسفل لعلبة المرفق كخزان للزيت ويصنع الخزان من الصاج الصلب، وفي أحيان كثيرة من سبيكة الألومنيوم. لا يوجد فرق بين تصميم كتلة محرك (البنزين) أو محرك (الديزل) إلا أن محرك (الديزل) يكون أثقل وأقوى نسبة للضغوط العالية التي تتعرض لها محركات (الديزل). الشكل (٢-١٤) يوضح كتلة المحرك .

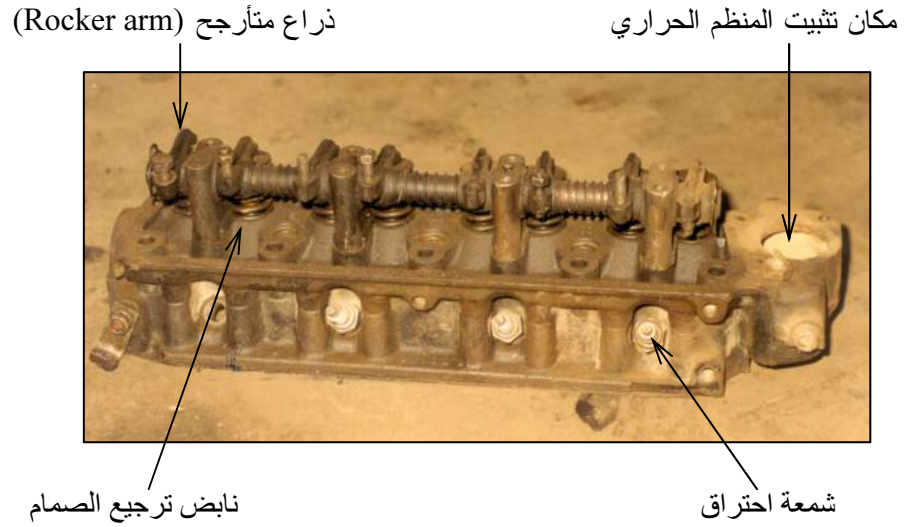


شكل (٢-١٤) : كتلة المحرك (٤ أسطوانات)

(٢-٣-٣) رأس الاسطوانات (Cylinder-head) :

يصنع رأس الأسطوانات لجميع المحركات ذات التبريد المائي من كتلة واحدة وتسبك من حديد الزهر الرمادي أو من سبيكة الألومنيوم أو من الصلب المسبوك، ويمتاز رأس الأسطوانات الذي يصنع من سبيكة الألومنيوم بخفة الوزن مع جودة نقل الحرارة. يحتوي رأس الأسطوانات على تجاويف يمر خلالها ماء التبريد. ويوضع رأس الأسطوانات أعلى كتلة المحرك وبذا يكون كغطاء للأسطوانات من أعلاها ويسمى الحيز بين الرأس والكتلة بغرفة الاحتراق وهي الحيز الذي يضغط فيه الخليط. يثبت رأس الأسطوانات على كتلة المحرك بوساطة مسامير لولبية (قلاووظ) .

الشكل (٢-١٥) يوضح رأس الأسطوانات .



شكل (٢-١٥) : رأس الأسطوانات

تركب في رأس الأسطوانات الصمامات وأدلتها، كما يرتكز على رأس الأسطوانات كل من الرافعة المتأرجحة وكذلك عمود الحدبات العلوي، وتركب شمعات الاحتراق في ثقوب معدة برأس الأسطوانات. توجد وصلات طرية

(أوشاش) بين كتلة المحرك ورأس الأسطوانات لمنع تسرب الخليط ولها القابلية على مقاومة الضغط والحرارة المتولدتين داخل غرفة الاحتراق، وتصنع من صفائح رقيقة من معدن طري أو من الأسبستوس والمعدن. هناك أيضاً وصلات طرية مانعة للتسرب في أماكن أخرى بالمحرك كالتي بوعاء الزيت وبين مجاري السحب وجسم الأسطوانة وبين مضخة الماء وجسم الأسطوانة .. الخ.

(أ) الحدافة *Flywheel* :

هي قرص دائري يتصل بعمود المرفق ويؤدي الوظائف التالية:

١. تخزين الطاقة أثناء شوط القدرة لدفعها أثناء الأشواط الأخرى عديمة القدرة، وبذلك يتحقق هدوء واتزان المحرك.
٢. يثبت بها المسنن الحلقي الخاص ببادئ الحركة (starter) لأنها تعمل على بداية إدارة المحرك من خلال هذا المسنن.

(ب) حشيات رأس الأسطوانة (*Cylinder head-gasket*) :

تستعمل حشيات رأس الأسطوانات لمنع تسرب الغازات (الشحنة المضغوطة) من غرفة الاحتراق، وتحكم أيضاً مياه التبريد من التسرب إلى داخل الأسطوانات ولا يكون منع التسرب تاماً إلا إذا كان كل من سطح رأس الأسطوانات وكتلة المحرك تام الاستواء. تصنع الحشية من لوحين من معدن طري أو النحاس وتفصلهما طبقة من الأسبستوس.

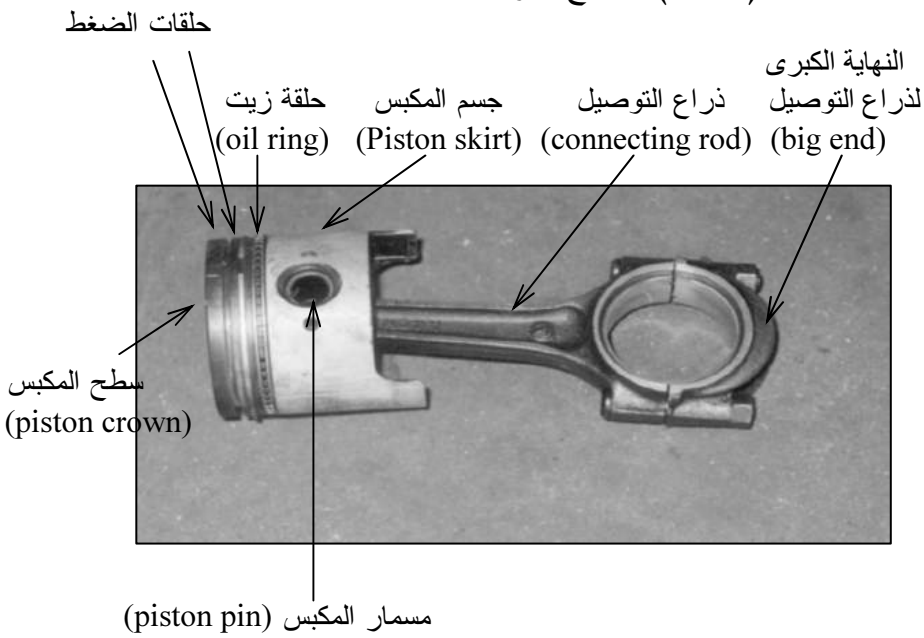
(جـ) علبة المرفق (*Crank-case*) : علبة المرفق هي الوعاء الذي يركب فيه عمود المرفق وعمود الحدبات . تصنع علبة المرفق عادة من حديد الزهر الرمادي أو من معادن خفيفة ويصب عادة ككتلة واحدة. ويركب على الجزء الأسفل من علبة المرفق خزان الزيت الذي يصنع من ألواح الصلب وفي أحيان كثيرة من سبيكة الألومنيوم.

(٢-٣-٤) المكبس (Piston) :

يصنع المكبس من الزهر الرمادي أو سبائك الألومنيوم. يعمل المكبس على ضغط الخليط داخل غرفة الاحتراق في شوطه الأعلى وتقوم الحلقات الموجودة على محيط المكبس بعملية الإحكام بين الأسطوانة والمكبس وتنقسم الحلقات إلى نوعين هما :

- حلقات الضغط ووظيفتها منع تسرب الغازات من الفراغ الموجود بين المكبس وجدار الأسطوانة.
- حلقات الزيت التي تعمل على مسح الزيت العالق بسطح الأسطوانة الداخلي وإعادته مرة أخرى لخزان الزيت. ينقل المكبس في حركته للأسفل في شوط القدرة الحركة إلى عمود المرفق عبر ذراع التوصيل الذي يثبت عند نهايته الصغرى في المكبس بعمود ويثبت ذراع التوصيل عند نهايته الكبرى بعمود المرفق.

والشكل (٢-١٦) يوضح أجزاء المكبس .

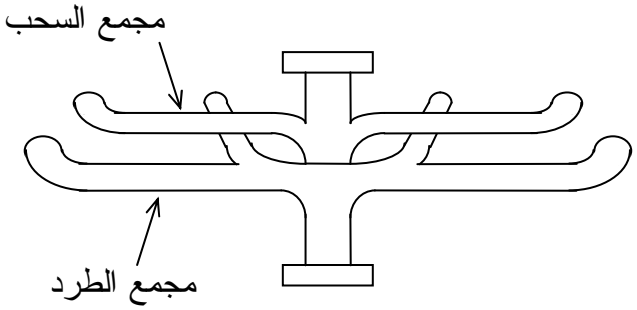


شكل (٢-١٦) : أجزاء المكبس

(٢-٣-٥) مجمع مجاري السحب والطرد

(Exhaust and inlet manifold) :

إن مجمع مجاري السحب والطرد عبارة عن أنابيب تصنع بالسباكة (ككتلة واحدة) من حديد الزهر أو سبيكة الألومنيوم. ويخصص عادة الجزء الأعلى من المجمع لدخول الخليط إلى داخل المحرك ويثبت مجمع مجاري السحب والطرد على جانب واحد في كتلة المحرك. يوضع المغذي فوق مدخل مجمع السحب.

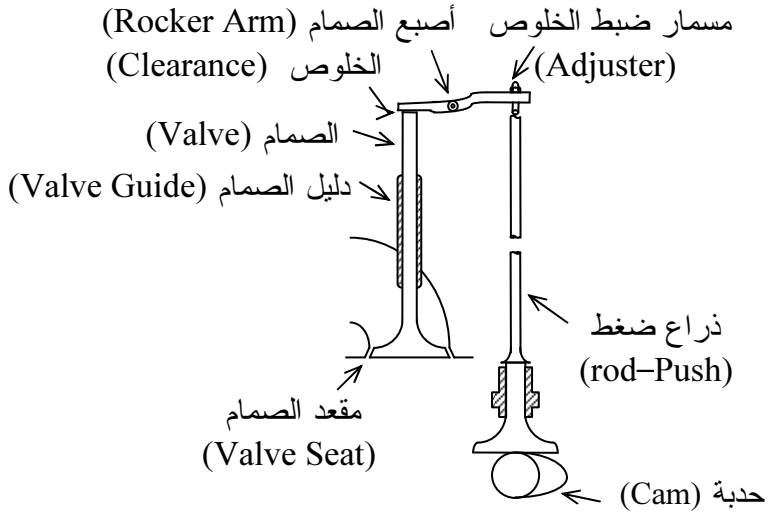


شكل (٢-١٧) : مجمع مجاري السحب والطرد

(٢-٣-٦) الصمامات (Valves) :

يركب على كل أسطوانة من أسطوانات المحرك رباعي الأشواط صمامين، يسمى أحد الصمامين صمام دخول الوقود أما الآخر فهو صمام خروج الغازات. وقد يزيد العدد عن ذلك في بعض المحركات. ويصنع صمام الدخول من سبيكة الفولاذ المضاف إليه كروم وسيلكون ومنجنيز ، أما صمام الخروج فيصنع من سبيكة الصلب المضاف إليه كروم ونيكل وسليكون. يتحكم صمام الدخول في كمية الخليط الداخل إلى غرفة الاحتراق ، ويتحكم صمام الخروج في خروج الغازات من غرفة الاحتراق. يتكون الصمام من رأس وساق. يخرط رأس الصمام على جانبيه عادة على زاوية مقدارها ٤٥° ليتيح إحكاماً جيداً ضد تسرب الغازات. ويكون رأس صمام الدخول أكبر من نظيره صمام الخروج لأن دخول الشحنة النقية أقل سرعة من سرعة خروج الغازات ، وهذا أيضاً يمكن من إدخال أكبر كمية من الخليط لتحسين أداء المحرك. للصمام

مقعد يخرط على رأس الأسطوانة ويكون على درجة خرط مطابقة لدرجة خرط رأس الصمام وذلك لإحكام ومنع تسرب الغازات. تتعرض الصمامات لأحمال ميكانيكية عالية (ضغط، وشد، وانحناء) وذلك لدرجة الحرارة العالية التي تتعرض لها الصمامات، إذ تصل درجة حرارة التشغيل في صمام الدخول إلى نحو ٣٥٠° م وتصل إلى ٧٠٠° م في صمام الخروج. ونتيجة لدرجة الحرارة العالية فلابد من ترك خلوص بين ساق الصمام والرافعة ، وكذلك بين الساق والإصبع المتحرك . وهذا يمكن الخلوص من الإغلاق المحكم للصمام، ويعتمد الخلوص على تصميم الصمـــام وطريقة تبريده ، وعادة تكون الخلوص بين ٠,١ ملم إلى ٠,٤ ملم.



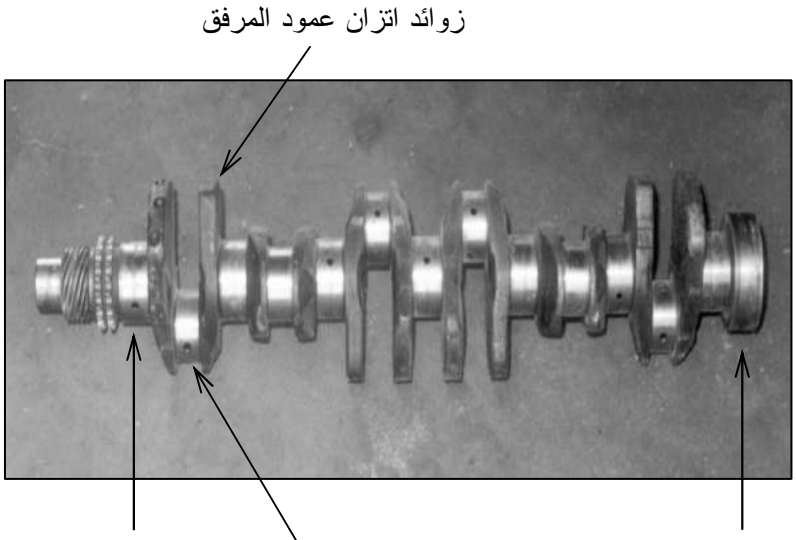
شكل (٢–١٨) : رسم تخطيطي يبين الصمام

(٢–٣–٧) كراسي التحميل (Engine-Bearings) :

تستخدم كراسي التحميل لارتكاز الأجزاء المتحركة والتي تدور بسرعات عالية. تصمم هذه الكراسي بحيث تقلل الاحتكاك والتآكل لأقل قدر ممكن، حيث يدور العمود داخل جلبة من معدن طري على طبقة من الزيت لتسهيل الدوران وحماية الأجزاء من التآكل.

(٢-٣-٨) عمود المرفق (Crank-Shaft) :

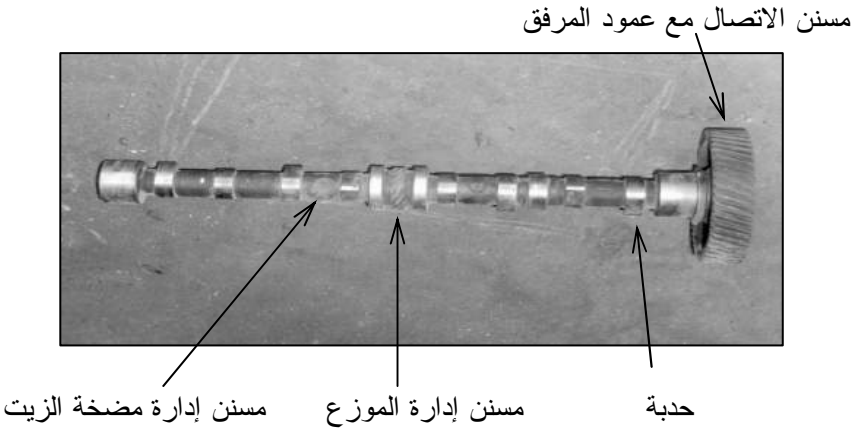
يصنع عمود المرفق من قطعة واحدة من سبيكة صلب ذي قوة ميكانيكية كبيرة، ويعامل معاملة حرارية خاصة حتى يستطيع تحمل الدفع الشديد الذي يحدث عند شوط القدرة. وتوجد بعمود المرفق فتحات ليمر من خلالها الزيت إلى أذرع التوصيل. أما وظائفه فهي : تحويل الحركة الترددية إلى حركة دائرية؛ وتوليد عزم الدوران ونقله إلى القابض؛ وتلقي القوة المؤثرة ونقلها إلى الكراسي؛ وتثبت به الحدافة التي تعمل على المحافظة على سرعة الدوران خلال الأشواط عديمة القدرة؛ وإدارة مسننات التحكم ومضخة ماء التبريد ومولد التيار الكهربائي والمروحة. يعتمد شكل عمود المرفق على عدد الأسطوانات وترتيبها، وعدد كراسي عمود المرفق (انظر شكل (٢-١٩)) .



شكل (٢-١٩) : أجزاء عمود المرفق

(٢-٣-٩) عمود الحدبات (Cam-Shaft) :

يصنع عمود الحدبات من حديد الزهر الرمادي، ووظيفته فتح الصمامات بالارتفاع المناسب في التوقيت الصحيح وكذلك ضبط عملية إغلاق الصمامات، ويحدد شكل الحدبة مسار عمليات فتح الصمامات وغلقها. تفتح صمامات المحرك رباعي الأشواط أو تغلق مرة واحدة بعد كل دورتين من دورات عمود المرفق، لذا يجب إدارة عمود الحدبات بنصف سرعة دوران عمود المرفق ، ولهذا فإن عدد أسنان مسنن عمود الحدبات يساوي ضعف عدد أسنان مسنن عمود المرفق، وتعتمد طريقة إدارة عمود الحدبات على موضعه بالمحرك.



شكل (٢-٢٠) : عمود الحدبات

تمرين (٢-٨)

١. اشرح مستعيناً بالرسم كيف تنتقل القدرة من المحرك إلى المحور الخلفي ، مع تسمية الأجزاء المكونة لأجهزة نقل الحركة .
٢. صف هيكل السيارة ، مع بيان المواصفات التي يجب أنْ تتوافر فيه .
٣. اشرح ، مع الاستعانة بالرسم ، مهمة الصمام مع ذكر الأحمال الميكانيكية التي يتعرض لها .
٤. ما وظائف عمود المرفق ؟ اذكر الاجهادات التي يتعرض لها .
٥. ما وظيفة الحدافة ؟

الباب الثالث

أساسيات الهندسة الكهربائية

(٣-١) الكميات الكهربائية :

(٣-١-١) الرموز المستخدمة في علوم الكهرباء والمغنطيس :

الكمية	الرمز	الوحدة	التمييز
الشحنة الكهربائية	ش	كولوم	C
التيار الكهربائي	ت	أمبير	A
فرق الجهد والفولتية	جـ	فولت	V
المقاومة	م	أوم	Ω
المقاومة النوعية	ρ	أوم–متر	Ω - m
المواصلة	ص	سيمنز	S
الموصلية	σ	سيمنز/متر	$^{S}/_{m}$
الممانعة المغنطيسية	ن	أمبير/وبر	$^{A}/_{Wb}$
المعاوقة	و	أوم	Ω
المفاعلة	ع	أوم	Ω
الفيض الكهربائي	ψ	كولوم	C
الفيض المغنطيسي	Φ	وبر	Wb
كثافة الفيض الكهربائي	د	كولوم/متر مربع	$^{C}/_{m^2}$
كثافة الفيض المغنطيسي	ب	تسلا أو (وبر/متر مربع)	T
شدة المجال الكهربائي	ي	فولت/متر	$^{V}/_{m}$
شدة المجال المغنطيسي	هـ	أمبير/متر	$^{A}/_{m}$
المواسعة	س	فاراد	F
المحاثة	ل	هنري	H
التردد	f	دورة في الثانية	Hz
التردد الزاوي	ω	نقية في الثانية	$^{rad}/_{sec.}$
الزاوية	θ	درجة أو نقية	rad or ^{o}
السماحية	ε	فاراد/متر	$^{F}/_{m}$
الإنفاذية	μ	هنري/متر	$^{H}/_{m}$
القدرة	قد	وات	W
القوة	ق	نيوتن	N

(٣-١-٢) وحدات الكميات الكهربائية :

إنَّ فهم وحدات الكميات الكهربائية والميكانيكية المرتبطة بها يساعد الطالب كثيراً في استيعاب مقرر العلوم الهندسية الكهربائية. وفي كتاب العلوم الهندسية للصف الأول عرفت العديد من الوحدات الكهربائية . في هذا الجزء تعرف مختارات من هذه الوحدات بتفصيل أكثر مع توضيحها بوساطة عدد من الأمثلة لحساب بعض الكميات الكهربائية والميكانيكية المرتبطة بها . واختيرت هذه الأمثلة من واقع ما قد يقابله الطالب في حياته اليومية.

وتستخدم في علوم الهندسة الكهربائية عدة أرقام بها مضاعفات أو أجزاء عشرية . ويبين الجدول (٣-١) قائمة بأسماء مختارات من هذه المضاعفات والأجزاء العشرية الأكثر استعمالاً مع رموزها المختصرة .

جدول رقم (٣-١) : المضاعفات والأجزاء العشرية ومختصراتها

المضاعف العشري أو الجزء العشري	الإسم	الرمز المختصر
١٠ = ١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ ^{١٢}	تيرا	T
١٠ = ١٠٠٠٠٠٠٠٠٠ ^{٩}	جيجا	G
١٠ = ١٠٠٠٠٠٠ ^{٦}	ميجا	M
١٠ = ١٠٠٠ ^{٣}	كيلو	ك ، (k)
١٠ = ٠,١ $^{-١}$	ديسي	d
١٠ = ٠,٠١ $^{-٢}$	سنتي	س أو (c)
١٠ = ٠,٠٠١ $^{-٣}$	ملي	م أو (m)
١٠ = ٠,٠٠٠٠٠١ $^{-٦}$	ميكرو	μ
١٠ = ٠,٠٠٠٠٠٠٠٠١ $^{-٩}$	نانو	n
١٠ = ٠,٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠١ $^{-١٢}$	بيكو	p

تمارين عامة (٣-١) (*عن مضاعفات وحدات الكميات الكهربائية وجزيئاتها*)

١) القدرة المقدرة لسخان مطبخ ١٦٠٠ W ، أكتب هذه القدرة بالوحدة المشتقة المناسبة لمثل هذه القدرة .

٢) قدرة الخرج لمولد كهربائي كبير تساوي ٤٠٠,٠٠٠,٠٠٠ W أكتب قدرته بالمضاعف العشري وبوحدة القدرة المناسبة لهذه الكمية .

٣) مفتاح تحكم كهربائي قادر على تحمل وقطع تيار كهربائي كبير جداً مقداره ٢٥٠٠٠ أمبير أثناء الفترة الوجيزة لعطل كهربائي . أكتب مقدار هذا التيار بالمضاعف العشري وبوحدة التيار المناسبة لهذه الكمية .

٤) مقدار التيار الكهربائي في أحد الدوائر الإلكترونية يساوي ٠,٠٠٢٥ أمبير. أكتب هذه القيمة بالمضاعف العشري وبوحدة التيار المناسبة لهذه الكمية .

٥) مكثف مقدار مواسعته يساوي $٥,٧ \times ١٠^{-٦}$ فاراد ، أكتب هذا المقدار بالوحدة المناسبة والمتبعة لمثل هذا القدر من المواسعة .

(٣-٢) تعريف الوحدات الأساسية والمشتقة مع التمارين عليها :

في نظام الوحدات الدولي عرفت ست وحدات تعتبر وحدات أساسية ، على أن تشتق وحدات الكميات الأخرى من هذه الوحدات الست الأساسية . والوحدات الأساسية هي المتر لقياس الطول ، والكيلوجرام للكتلة ، والثانية للزمن ، والأمبير لقياس شدة التيار الكهربائي ، والكلفن لدرجة الحرارة ، والكانديلا لقياس شدة الضوء .

وفي هذا الجزء سوف تعرف بعض الوحدات بتفصيل أكثر مما ذكر من قبل في مقرر الصف الأول مع الاعتماد على التمارين لتركيز مدلولاتها.

(أ) وحدة القوة :

وحدة القوة هي النيوتن وهو أحد الوحدات المشتقة من الوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات (SI) ويعرف بالقوة التي إذا أثرت على كتلة مقدارها واحد كيلوجرام تعطيها تسارعاً مقداره واحد متر في الثانية المربعة .

وعليه :

$$ق = ك \times جـ$$

حيث :

ق = القوة بالنيوتن (N)

ك = الكتلة بالكيلوجرام (كجم)

جـ = التسارع بالمتر في الثانية (م/ث^{٢})

قوة الجاذبية على كيلوجرام واحد = ٩,٨١ N لأن تسارع جاذبية الأرض يساوي ٩,٨١ م/ث^{٢} وتسمى كجم ق .

(ب) وحدة الشغل أو الطاقة الميكانيكية أو الكهربائية :

يرتبط الجهد الكهربائي بأداء شغل أو تحويل طاقة بما يشبه الشغل الميكانيكي. فإذا وجدت شحنة في مجال كهربائي فسوف تنتج قوة على الشحنة الكهربائية . فإذا تحركت الشحنة في هذا المجال الكهربائي فلابد من أداء شغل نتيجة لتحرك الشحنة تحت تأثير القوة .

ووحدة الشغل أو الطاقة هي الجول وهو أيضاً من الوحدات المشتقة ، ويستعمل لقياس كمية الشغل أو الطاقة الميكانيكية أو الكهربائية ، أو كمية الحرارة ويعرف الجول بمقدار الشغل المنجز عندما تؤثر عليه قوة مقدارها واحد نيوتن لمسافة متر واحد في نفس اتجاه القوة .

وعليه : شغ = ق × ف

حيث :

شغ = الشغل المنجز بالجول (J)

ق = القوة المؤثرة بالنيوتن (N)

ف = المسافة بالمتر(م)

وتعرف الطاقة عادة بالقدرة على أداء العمل

(ج) وحدة الحرارة النوعية :

في النظام الدولي للوحدات تعرف الحرارة النوعية بكمية الحرارة المطلوبة لرفع درجة حرارة كتلة ١ كجم من مادة معينة بمقدار درجة واحدة مطلقة (كلفن ، مئوية) ووحدتها جول للكيلوجرام درجة ، ومقدار الحرارة النوعية للماء هو ٤١٨٤ جول/ كجم . مئوية (J /.Kg.C^{o}) .

(د) وحدة القدرة :

الوات هو وحدة القدرة وهو وحدة مشتقة . وتعرف القدرة بمعدل أداء الشغل أو معدل تحويل الطاقة وعليه:

$$\text{قد} = \frac{\text{شغ}}{\text{ن}}$$

حيث :

قد = القدرة بالوات (W)

شغ = الشغل بالجول (J)

ن = الزمن بالثانية (ث)

ويتبع من ذلك أن وحدة القدرة = جول/ثانية ووحدة الشغل = وات × ثانية ومن وحدات الشغل الكهربائية المستعملة عامة :

١ كيلووات . ساعة = ١٠٠٠ وات × ٣٦٠٠ ثانية = ٣,٦٠٠,٠٠٠ J

(هـ) وحدة التيار :

الأمبير هو وحدة التيار وهو أحد الوحدات الأساسية في النظام الدولي للوحدات (SI) ويعرف بالتيار الثابت الذي إذا مرّ في كل من موصلين متوازيين موضوعين في فراغ مطلق على بعد متر واحد من بعضهما البعض ينتج قوة مقدارها ٢ × ١٠$^{-٧}$ نيوتن للمتر الواحد على كل موصل ، وتكون القوة جاذبة بين الموصلين إذا كان التياران في نفس الاتجاه وطاردة إذا كان التياران في اتجاه معاكس لبعضهما .

(و) وحدة الشحنات الكهربائية :

الكولوم هو وحدة الشحنة الكهربائية أي كمية الكهرباء، ويمكن أن يعرف بالكمية من الشحنات الكهربائية التي تمر على نقطة محددة في دائرة كهربائية عندما يحافظ على تيار ثابت مقداره أمبير واحد لمدة ثانية واحدة أي :

$$\text{ش} = \text{ت} \cdot \text{ن}$$

حيث :

ش = الشحنة بالكولوم (C)

ت = التيار بالأمبير (A)

ن = الزمن بالثانية (ث)

وعليه فيمكن أن تحسب شدة التيار من معدل مرور الشحنات الكهربائية مع الزمن .

ومن وحدات الشحنة الكهربائية المشتقة الأمبير ساعة

١ أمبير ساعة = ٣٦٠٠ كولوم

مثال (٣-١) :

يتم تفريغ الشحنات الكهربائية من السحب إلى الأرض خلال ضربة الصاعقة ، فإذا كانت سحابة تحمل شحنة كهربائية مقدارها ٣٠ كولوم ، ومدة تفريغ الشحنة هو ٢ ملي ثانية ، ما متوسط مقدار تيار ضربة الصاعقة .

الحل :

$$\text{ت} = \frac{\text{ش}}{\text{ن}} = \frac{٣٠}{٢ \times ١٠^{-٣}} = ١٥٠٠٠ \text{ A}$$

(ز) وحدة المقاومة :

الأوم (Ω) وحدة مشتقة وهو وحدة المقاومة لمرور التيار الكهربائي ويعرف بالمقاومة التي إذا مر فيها تيار مقداره أمبير واحد يولد قدرة حرارية مقدارها وات واحد.

ويكتب هذا القانون :

$$\text{قد} = \text{م} \times \text{ت}^{٢}$$

حيث :

قد = القدرة بالوات (W)

ت = التيار بالأمبير (A)

م = المقاومة بالأوم (Ω)

والطاقة الحرارية المولدة (ط) تساوي :

$$ط = م \times ت^{٢} \times ن$$

حيث :

ط = الطاقة بالجول (J)

م = المقاومة بالأوم (Ω)

ن = الزمن بالثانية (ث)

(ح) الكفاءة :

كفاءة الأداء أو كفاءة الجهاز تعرف بنسبة الخرج المفيد إلى جملة الدخل. ولا يمكن للكفاءة أن تكون أكبر من واحد (أو ١٠٠٪) لأن الدخل يساوي مجموع الخرج والمفقودات في الجهاز .

ويمكن أن تعرف كما يلي :

$$ζ = \frac{\text{قدرة الخرج}}{\text{قدرة الخرج + المفقودات}}$$

حيث تحسب الكفاءة بكسر عشري ، ويمكن تحويل الكسر العشري إلى نسبة مئوية.

مثال (٣-٢) :

محرك كهربائي يعطي قدرة خرج ميكانيكية مقدارها ٣٤,٥ kW من عمود الدفع بينما قيست قدرة الدخل فوجدت ٣٩,٦ kW . أوجد كفاءة المحرك تحت هذه الظروف من التشغيل .

الحل :

$$\text{الكفاءة} = \frac{٣٤,٥}{٣٩,٦} \times ١٠٠ = ٨٧,١ \%$$

مثال (٣-٣) :

جملة قدرة الخرج لمحول صغير جداً تساوي ١٤٠ W ، ما الكفاءة لهذا المحول إذا كانت جملة مفقوداته ٢٩ W ؟ وما مقدار قدرة الدخل ؟

الحل :

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{قدرة الخرج}}{\text{قدرة الخرج + المفقودات}}$$

ومن ثم :

$$\text{الكفاءة} = \frac{١٤٠}{١٤٠ + ٢٩} \times ١٠٠ = ٨٢,٨ \%$$

قدرة الدخل = قدرة الخرج + المفقودات = ١٤٠ + ٢٩ = ١٦٩ W

مثال (٣-٤) :

رفعت درجة حرارة ٢ كجم من الماء من ٢٥ ^{o}C إلى درجة حرارة الغليان في غلاية كهربائية . فإذا كانت كفاءة الغلاية ٨٢ ٪ ، وسعر الطاقة الكهربائية ١٨ ديناراً سودانياً للكيلو وات ساعة ، أحسب مقدار الطاقة الكهربائية التي استخدمت وتكاليف هذه الطاقة الكهربائية .

الحل :

مقدار الارتفاع في درجة الحرارة = ١٠٠ - ٢٥ = ٧٥ ^{o}C

الطاقة المطلوبة لرفع درجة حرارة ١ كجم من الماء بمقدار درجة واحدة ^{o}C = ٤١٨٤ جول = الوزن × الارتفاع في درجة الحرارة × الطاقة المطلوبة لرفع درجة حرارة اكجم من الماء درجة واحدة مئوية.

$$\text{مقدار الطاقة المطلوبة} = ٢ \text{ كجم} \times ٧٥ \text{ °م} \times ٤١٨٤ \frac{\text{جول}}{\text{كجم . °م}} = ٦٢٧٦٠٠ \text{ J}$$

ونسبة لأن كفاءة الغلاية ٨٢ ٪ فإن الطاقة الحرارية المطلوبة

$$\text{الطاقة المطلوبة} = \frac{٦٢٧٦٠٠}{٠,٨٢} = ٧٦٥٣٦٦ \text{ J}$$

وهذه الطاقة تساوي بالكيلووات ساعة :

$$\frac{٧٦٥٣٦٦}{١٠٠٠ \times ٣٦٠٠} = ٠,٢١٣ \text{ KWh}$$

وتكاليف الطاقة الكهربائية = ٠,٢١٣ × ١٨ = ٣,٨٣ ديناراً سودانياً

(ط) المواصلة الكهربائية :

المواصلة (ص) هي معكوس المقاومة لأي جزء من دائرة يسري فيه تيار كهربائي ويمكن تعريف المواصلة رياضياً كما يلي :

$$\text{ص} = \frac{١}{\text{م}}$$

حيث : ص = المواصلة ووحدتها هي الموه أو السيمنز (S) وهي الوحدة المعتمدة في النظام الدولي للوحدات .

(ي) وحدة فرق الجهد :

الفولت (V) هو وحدة فرق الجهد جـ والقوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك.) ويعرف بفرق الجهد بين طرفي موصل مقاومته واحد أوم إذا مر تيار ثابت مقداره واحد أمبير من خلاله. أو عندما تكون الطاقة الحرارية المنتجة بين النقطتين تساوي واحد وات عندما يمر تيار في مقاومة مقدارها ١ أوم .

والفولت هو قياس للضغط أو فرق الجهد الذي يؤدي إلى مرور الشحنات الكهربائية أو سريان التيار الكهربائي خلال الموصل ، ويسمى فرق الجهد مجازاً بالفولتية .

والقوة الدافعة الكهربية (ق.د.ك.) تمثل أيضاً ضغطاً أو فرقاً في الجهد بين طرفي الجهاز يقاس أيضاً بالفولت ولكنه يكون عادة مولداً داخل الجهاز حتى بدون سريان التيار ، مثل المولد الكهربائي والخلايا الشمسية وغيرها من مصادر الطاقة الكهربائية .

(٣-٣) مصادر أخرى للقوة الدافعة الكهربائية :

(أ) الخلايا الشمسية :

يتم توليد القوة الدافعة الكهربائية من الموجات الكهرومغنطيسية مثل الضوء عندما تصل هذه الموجات إلى سطح به وصلة من أشباه الموصلات ، فتقوم حزمة الطاقة الموجودة في الموجات الكهرومغنطيسية مثل الضوء بتحرير

بعض الإلكترونات من شبه الموصل قرب وصلة شبه الموصل مما يؤدي إلى إنتاج القوة الدافعة الكهربائية ، ويتم بذلك تحويل الطاقة الموجودة في الموجات الكهرومغنطيسية القادمة من الشمس إلى طاقة كهربائية يمكن أن تستعمل في المناطق النائية التي ليس بها إمداد كهربائي وفي الأقمار الصناعية . ويمكن أن تسهم الخلايا الشمسية في المستقبل بتوفير نسبة كبيرة من احتياجات البشرية من الطاقة الكهربائية إذا ما نضب النفط الكامن داخل الأرض.

(ب) المزدوجة الحرارية :

أكتشف ظاهرة المزدوجة الحرارية الفيزيائي (سيبك) والذي وجد أنه إذا وصل سلك حديدي إلى سلك نحاسي من ناحية وإلى سلك آخر من النحاس من الناحية الأخرى فإن هناك فرق جهد يظهر بين طرفي سلكي النحاس عندما تسخن إحدى الوصلتين وتترك الوصلة الأخرى عند درجة حرارة الجو العادية . وقد اكتشف أن الفولتية تتغير بتناسب طردي مع فرق درجة الحرارة بين الوصلتين . وعليه فيستعمل الثنائي الحراري لقياس درجة الحرارة كما قد يستعمل أيضاً لقياس شدة التيار بقياس أثره الحراري .

(ج) الكهربائية الاجهادية :

لقد اكتشف أن بلورات بعض المواد مثل **الكوارتز** عندما تضغط أو تلوى بقوة ميكانيكية في اتجاه مناسب فإنها تنتج فرق جهد كهربائي ، وتسمى هذه الظاهرة **بالكهربائية الاجهادية** واكتشف أيضاً أن الظاهرة عكسية أيضاً أي إذا وجد فرق جهد كهربائي بين طرفي البلورة فإن طولها يزداد في اتجاه محور بينما ينقص العرض في الاتجاه الآخر . وفي حالة الاهتزاز الطبيعي فإن البلورة تعطي فرق جهد ذي تردد ثابت بدقة عالية مما مكن من استعماله في ساعات الكوارتز المعروفة .

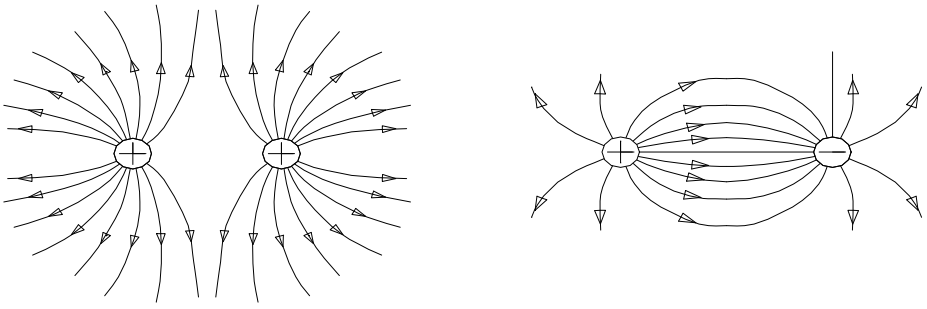
(٣-٤) الفيض والمجال الكهربائي

: (Electric Flux Density, D and Electric Field, E)

إنَّ جميع المواد المعروفة في الكون تتكون من ذرات بها شحنات كهربائية موجبة وشحنات كهربائية سالبة معادلة لها . ويمكن الحصول على شحنات موجبة أو سالبة عن طريق فصل الشحنات السالبة عن النواة مما ينتج عنه شحنات كهربائية سالبة وأخرى موجبة . وأينما توجد شحنة كهربائية يوجد في المنطقة حولها فيض كهربائي يمكن أن يمثل افتراضاً بخطوط تسمى خطوط الفيض الكهربائي ، وهي خطوط وهمية تساعد فقط في تحديد اتجاه وكثافة المجال في هذه المنطقة .

وبالرغم من أن خطوط الفيض الكهربائي وهمية إلا أنه يمكن التعرف على العديد من خواص المجال الكهربائي إذا افترض أن خطوط الفيض لديها الخواص التالية :

١. ينبع كل واحد من خطوط الفيض من شحنة موجبة وينتهي في شحنة سالبة كما في الشكل (٣-١) .
٢. خطوط الفيض الكهربائي لا تتقاطع .
٣. خطوط الفيض الكهربائي تسعي لتقصير مسارها ويؤدي هذا إلى تجاذب أو تنافر الجسمين الحاملين للشحنتين كما في الشكل (٣-١) .



الشكل (٣-١) : خطوط الفيض الكهربائي المفترضة

(٣-٤-١) قانون كولوم :

أثبت العالم كولوم عن طريق التجارب المعملية بأنه إذا وضعت شحنتان كهربائيتان (ش١) و (ش٢) على بعد (ف) متر من بعضهما ، فإن قوة ميكانيكية (ق) تنتج بينهما ، وهي قوة جذب إذا كانت الشحنتان مختلفتين ، وتكون قوة تنافر إذا كانت الشحنتان متشابهتين ، وقد اكتشف كولوم بأن مقدار قوة الجذب أو التنافر تتناسب طردياً مع حاصل ضرب (ش١) و (ش٢) وعكسياً مع مربع المسافة بينهما أي :

$$ق \quad \frac{ش_{١} \cdot ش_{٢}}{ف^{٢}}$$

وتسمى هذه المعادلة بقانون كولوم . وفي النظام الدولي للوحدات تصبح هذه المعادلة :

$$ق = \frac{ش_{١} \cdot ش_{٢}}{4\pi . \varepsilon . ف^{٢}}$$

بحيث أن القوة (ق) بالنيوتن والشحنة (ش) بالكولوم والمسافة (ف) بالمتر بينما السماحية (ε) يمكن تعريفها كمضاعف لسماحية الفراغ المطلق ε_o كما يلي :

$$\varepsilon_o \times \varepsilon_r = \varepsilon$$

حيث ε_r هي السماحية النسبية و ε_o سماحية الفراغ المطلق

$$\varepsilon_o = ٨,٨٥٤ \times ١٠^{-١٢} \quad \frac{F}{m}$$

(٣-٤-٢) الفيض الكهربائي :

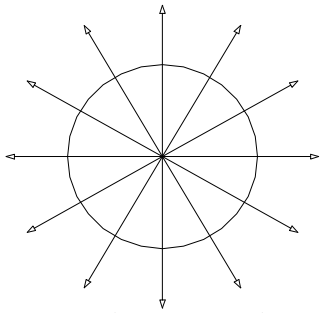
جملة عدد خطوط الفيض الكهربائي النابعة من شحنة كهربائية ش تساوي مقدار الشحنة الكهربائية بالكولوم (حسب نظام الوحدات الدولية) . فإذا وضعت شحنة مقدارها (ش) كولوم داخل جسم كروي نصف قطره (نق) كما في

الشكل (٣-٢) وكانت الشحنة داخل الجسم الكروي تساوي ١٥ كولوم فإن جملة الفيض الكهربائي النابعة من الحجم الكروي تساوي ١٥ خطاً .

(٣-٤-٣) كثافة الفيض الكهربائي (Electric Flux Density, D) :

تعرف كثافة الفيض الكهربائي بعدد خطوط الفيض التي تمر باتجاه متعامد على مقطع مساحته متر واحد مربع . وعليه فإن كثافة الفيض على سطح الجسم الكروي الموضح في الشكل ٣-٢ تساوي :

$$د = \frac{ش}{٤ \pi . ف^{٢}}$$



الشكل (٣-٢) : شحنة كهربائية (ش) موجبة موضوعة في مركز الحجم الكروي

(٣-٤-٤) المجال الكهربائي (Electric Field E) :

أينما توجد خطوط فيض كهربائي يوجد أيضاً مجال كهربائي وفي الواقع فإن شدة المجال الكهربائي (ي) تتناسب طردياً مع كثافة الفيض الكهربائي (د)

ويسمي ثابت التناسب بين كثافة الفيض الكهربائي (د) وشدة المجال الكهربائي (ي) بالسماحية (ε) أي

$$د = \varepsilon \, ي \quad \text{كولوم/م}^{٢}$$

$$ي = \frac{د}{\varepsilon} \quad \text{فولت/متر}$$

تمرين (٣-٢)

١) إذا كان نصف قطر الجسم الكروي في الشكل (٣-٢) يساوي ١٦ سم والشحنة ش = ١٢ كولوم ، ما كثافة الفيض الكهربائي على سطح الجسم الكروي ؟

٢) إذا كان إلكتروناً واحداً شحنته (ش) تساوي $١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم قد وضع في فراغ مطلق على بعد ٢٤ سم من شحنة مقدارها ٨ كولوم ، أوجد مقدار القوة على هذا الإلكترون بالنيوتن .

٣) إذا كانت الشحنتان في الشكل (٣-١) قد وضعتا على بعد واحد سم من بعضهما البعض ، أوجد القوة على كل واحدة منهما .

(٣ – ٥) الطاقة الكامنة والجهد (Stored Energy - Potential) :

الطاقة الكامنة لديها القدرة على أداء شغل ، فمثلاً المياه الموجودة في بحيرة صغيرة على قمة جبل لديها طاقة كامنة بحكم وضعها العالي ، وعندما تسقط هذه المياه تتحول طاقة الوضع إلى طاقة حركية يمكن أن تحول بوساطة المولد الكهربائي إلى طاقة كهربائية ، كما هو الحال في محطات الطاقة الكهربائية المائية .

وبنفس الطريقة فإن شحنة كهربائية موجودة في مجال كهربائي تتعرض إلى قوة ويمكنها أداء شغل أو اختزان طاقة كامنة إذا تحركت من نقطة إلى أخري داخل المجال .

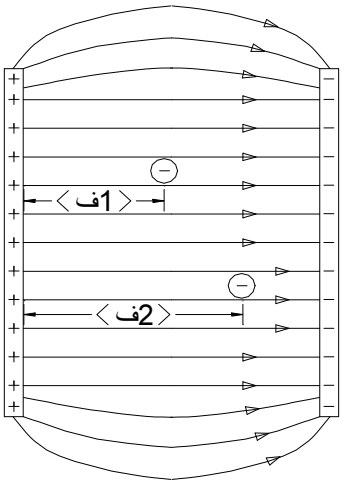
(٣-٥-١) الجهد الكهربائي (Electric Potential) :

إذا وضعت شحنة كهربائية موجبة على لوحة معدنية ووضعت شحنة أخرى بنفس المقدار ولكنها سالبة على لوحة أخرى موازية للوحة الأولي كما في الشكل (٣-٣) فإن خطوط الفيض الكهربائي تكون متوازية ومنتظمة . وعليه فإن شدة المجال الكهربائي التي تعتمد على كثافة خطوط الفيض سوف تكون منتظمة وثابتة في كل المنطقة بين اللوحتين .

وإذا وضع جسم مشحون بشحنة كهربائية سالبة (ش١) ملامساً للوحة على اليسار في الشكل (٣-٣) ، وسمح لهذا الجسم أن يتحرك تحت تأثير القوة المؤثرة عليه من اللوحة على اليسار حتى النقطة (ب١) بحيث أن المسافة بين اللوحة والنقطة (ب١) تساوي (ف١) متر ، فنجد أن قوة المجال الكهربائي قد بذلت شغلاً مقداره :

$$\text{شغ}_1 = \text{ق} \times \text{ف}_1$$
$$= \text{ش} \times \text{ي} \times \text{ف}_1 \quad \text{جول}$$

حيث شغ = مقدار الشغل ، ي = شدة المجال الكهربائي ، ش = الشحنة الكهربائية ، ف = المسافة .



الشكل (٣-٣) : أداء شغل بتحريك شحنة في مجال كهربائي

ويلاحظ أن مقدار هذا الشغل (شغ١) يتناسب مع مقدار الشحنة (ش) ، وعليه فإن النسبة $\frac{\text{شغ}_1}{\text{ش}}$ لا تعتمد على مقدار الشحنة بل تساوي ي × ف١ .

وتسمى هذه النسبة $\frac{\text{شغ}_1}{\text{ش}}$ (أو كمية الشغل المبذول لتحريك وحدة الشحنة) بالجهد الكهربائي .

وكذلك إذا حركت نفس الشحنة من اللوحة على اليسار حتى النقطة ب٢ فإن مقداراً من الشغل يساوي شغ٢ تساوي ي × ف٢ سوف تبذل . ويلاحظ من الشكل (٣-٣) أن الجهد في النقطة ب٢ أكبر من الجهد في النقطة ب١ ، أي أن هناك فرق جهد بين النقطة ب١ والنقطة ب٢ . ويساوي فرق الجهد بين النقطتين كمية الشغل المطلوب لتحريك وحدة الشحنة من ب١ إلى ب٢ .

(٣ - ٦) المكثف (Capacitor) :

يتكون المكثف من لوحين معدنيين ويوضع بينهما عازل ، ويمتلك المكثف المقدرة على خزن شحنة كهربائية موجبة (أي نقص في عدد الإلكترونات) في أحد اللوحين وشحنة كهربائية سالبة مكافئة (أي زيادة في عدد الإلكترونات) في اللوح الثاني . وعادة تكون المسافة بين اللوحين صغيرة جداً ، بينما تكون مساحة كل من اللوحين كبيرة . ويمكن تحقيق المساحة الكبيرة عن طريق بناء المكثف من رقائق معدنية لينة يوضع العازل بينهما ثم تلف لتقليل الحجم الكلي للمكثف .

(٣-٦-١) أنواع المكثفات :

(أ) المكثفات المتغيرة :

١- ***المكثفات الهوائية*** : وتتكون من مجموعة من الألواح الثابتة ومجموعة أخري من الألواح المتحركة مما يؤدي إلى مكثف متغير السعة ، ويستعمل عادة في أجهزة المذياع .

٢- ***مكثفات التهذيب المتغيرة*** : وتتكون عادة من مكثف ذي مواسعة صغيرة يمكن تغيير قيمتها عن طريق مسمار لولبي للضغط لتغيير المسافة بين اللوحين ، ويتم بذلك تغيير المواسعة بقدر ضئيل في كل مرة يدار فيها المسمار اللولبي . وتستعمل مكثفات التهذيب لضبط القيمة الشاملة للمواسعة بدقة ، كما هو مطلوب لمكثفات المذياع الهوائية الدوارة .

(ب) المكثفات الثابتة :

١- ***المكثفات ذات العازل الورقي*** : حيث يتكون العازل من ورق مشبع بالشمع والبارافين .

٢- ***مكثفات المايكا*** : ويتكون العازل فيها من المايكا مما يقلل من فقد العازل ، وتستعمل في دوائر الترددات العالية .

٣- ***مكثفات السيراميك*** : ويتكون العازل فيها من مادة سيراميكية وتمتاز باستقرار خواصها مع تغير درجة الحرارة ، وتستعمل أيضاً في دوائر الترددات العالية .

٤- ***المكثفات ذات العازل اللدائني*** : ويتكون العازل فيها من مادة لدائنية مثل البوليكاربونيت أو البوليسترول ، ويمكن تصنيع مكثفات ذات خواص جيدة من هذه العوازل حيث يكون عامل الفقد أصغر وتظل قيمة السعة ثابتة تقريباً مع تغير درجة الحرارة .

٥- ***المكثفات الإلكتروليتية*** : تصنع عادة من رقائق الألمونيوم ويكون العازل هو أكسيد الألمونيوم الذي يلتصق بإحدى الرقيقتين ويكون سمكه صغيراً للغاية مما يعطي مواسعة عالية جداً ، إلا أن مقاومة العزل تكون عادة أصغر كثيراً بالنسبة للأنواع الأخرى من المكثفات . ويوضع أيضاً بين الرقيقتين ورقة مشبعة بإلكتروليت مناسب .

وأغلب أنواع المكثفات الإلكتروليتية تكون عادة مستقطبة ، أي أن أحد طرفي التوصيل يوصل دائماً للطرف الموجب من الدائرة الكهربائية ويوصل الطرف الآخر للطرف السالب . ولذلك فإن هذا النوع من المكثفات لا يصلح في دوائر التيار المتردد ، ويستعمل في أغلب الأحيان في الحالات التي تحتاج إلى قيمة عالية من المواسعة في دائرة تيار مستمر ، مثل استعمالها لإزالة التموجات من فولتية الخرج للمقومات .

(٣-٦-٢) العلاقة بين الشحنة وفرق الجهد :

إذا شحن مكثف بتوصيله إلى مصدر قدرة كهربائية ذي فولتية (جـ) فولت فإن مقدار الشحنة المخزنة فيه تكون (ش) ووجد أن :

$$\text{ثابت} = \frac{\text{مقدار الشحنة}}{\text{فرق الجهد}}$$

ويسمي هذا الثابت بالمواسعة (س) (Capacitance , C) ، ويعطي مقدار الشحنة التي يمكن أن يخزنها المكثف عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه يساوي فولت واحد أي :

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

حيث س = المواسعة ووحدتها تسمى فاراد (F)

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

ويمثل الفاراد وحدة كبيرة جداً ، لذلك تستخدم عادة الوحدات المشتقة الصغرى ، مثل مايكروفاراد (μF) أو نانو فاراد (nF) أو بيكوفاراد (pF) .

مثال (٣-٥) :

مكثف ذو مواسعة مقدارها ٦٠ μF وصل إلى مصدر قدرة كهربائية ذي فولتية ٥٠٠ V أحسب مقدار الشحنة .

الحل :

مقدار الشحنة (ش) = س × جـ

ش = ٦٠ × ١٠ $^{-٦}$ × ٥٠٠ = ٠,٠٣ C

(٣-٦-٣) حساب مقدار المواسعة من مواصفات المكثف :

إذا شحن مكثف إلى فولتية جـ فإن الشحنة المخزنة به تكون ش وتكون المواسعة $س = \frac{ش}{جـ}$

وإذا كان مساحة اللوح الواحد تساوي ح متر مربع فإن كثافة الفيض الكهربائي بين اللوحين د تساوي :

$$د = \frac{ش}{ح}$$

وشدة المجال الكهربائي ي تساوي :

$$ي = \frac{ش}{ح ε}$$

فرق الجهد بين اللوحين (جـ) $جـ = ي \times ف = \frac{ش ف}{ح ε}$ فولت

وعليه فإن المواسعة بالفاراد F :

$$س = \frac{ش}{جـ} = \frac{ح ε}{ف}$$

مثال (٣-٦) :

المساحة الفعالة لمكثف (للوح واحد) ١٥ سم ^{٢} والمسافة بين اللوحين ف = ٠,١ مم ، ما مقدار السعة إذا كان العازل :

(أ) في فراغ مطلق (السماحية للفراغ المطلق = ٨,٨٥٤ × ١٠ $^{-١٢}$)

(ب) عازل ورقي ذي سماحية ٤,٥ × ١٠ $^{-١٢}$ F/م

الحل :

١. س = $\frac{\varepsilon_{\text{ح}}}{\text{ف}} = \frac{١٥ \times ١٠^{-٤} \times ٨,٨٥٤ \times ١٠^{-١٢}}{١ \times ١٠^{-٤}} = ١,٣٢٨ \times ١٠^{-١٠}$ F

$= ١٣,٢٨$ pF

٢. س = $\frac{١٥ \times ١٠^{-٤} \times ٤,٥ \times ١٠^{-١١}}{١ \times ١٠^{-٤}} = ٦,٧٥ \times ١٠^{-١٠}$ F

$= ٦٧,٥$ pF

تمرين (٣-٣)

١) شحنة كهربائية مقدارها ٠,٨ كولوم خزنت في مكثف سعته ٤,٧ µF أحسب مقدار فرق الجهد بين طرفي المكثف .

٢) أحسب مقدار المواسعة لمكثف يمكنه أن يخزن ٠,٣ كولوم عندما يوصل طرفيه إلى مصدر قدرة للتيار المستمر ذي فولتية مقدارها ٢٣٠ V .

٣) أوجد مقدار الشحنة الكهربائية المخزنة في مكثف مواسعته ٤٧٠ pF عندما يوصل طرفيه إلى مصدر قدرة للتيار المستمر ذي فولتية ٤٨ V .

٤) مكثف هوائي مكون من مجموعتين من الألواح ، ويمكن أن تحرك إحدى المجموعتين تدريجياً لتدخل بين لوحات المجموعة الثابتة . فإذا كانت مواسعة المكثف تساوي ٤٥٠ pF عندما يكون اللوحان متقابلين تماماً ، أوجد مقدار المواسعة عندما يتقابل اللوحان بنسبة ٧٥ ٪ من مساحة كل مجموعة منهما .

٥) المسافة بين لوحي مكثف ذي عازل هوائي تساوي ٢ مم ، ومقدار المواسعة تساوي ٢٢ pF . أحسب مقدار المواسعة لهذا المكثف إذا خفضت المسافة بين اللوحين إلى ١ مم .

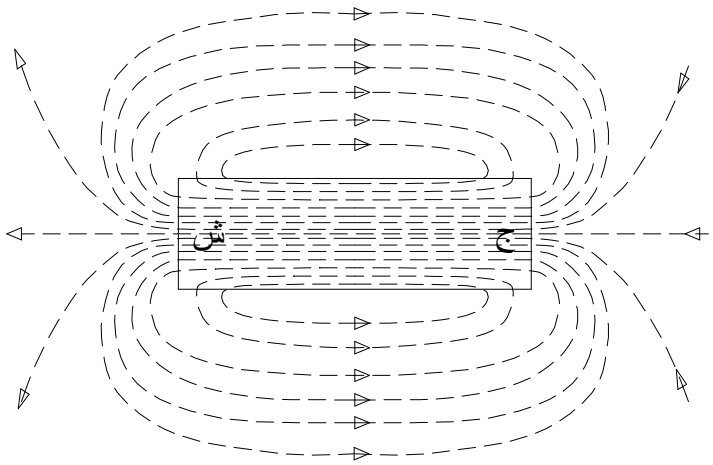
٦) مساحة كل من لوحي مكثف تساوي ٩٥٠ مم^{٢} ، والمسافة بينهما تساوي ١ مم . أوجد مقدار المواسعة لهذا المكثف إذا كان العازل المستخدم هو الهواء.

(٣ – ٧) الكهرومغنطيسية (Electromagnetism) :

عرف الإنسان ظاهرة المغنطيس منذ عهد بعيد ، حيث توجد قطع من المغنطيس المستديم طبيعياً في بعض المناطق على سطح الأرض . وإذا علقت قطعة من المغنطيس المستديم فإن طرفاً واحداً منها يتجه دائماً إلى القطب الشمالي ويتجه الطرف الثاني إلي القطب الجنوبي . ويعزى ذلك إلى أن الكرة الأرضية لديها مجال مغنطيسي ضعيف تمتد خطوطه من قطبها المغنطيسي الشمالي (منطقة قرب القطب الجغرافي الجنوبي) إلى قطبها المغنطيسي الجنوبي (منطقة قرب القطب الجغرافي الشمالي). ويسمي الطرف الذي يتجه نحو القطب الشمالي بالطرف الباحث عن الشمال (ويسمي بالقطب الشمالي) ، كما أن الطرف الثاني يسمي بالقطب الجنوبي لقطعة المغنطيس . واستعملت هذه الظاهرة في البوصلة المغنطيسية منذ عهود بعيدة .

(٣–٧–١) المجال المغنطيسي (Magnetic Field, H) :

يلاحظ أن المنطقة حول قطعة المغنطيس المستديم لها خاصية التأثير على قطع الحديد الصغيرة المبعثرة حولها والتي تتخذ مسارات خارج المصدر من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي دون أن تتقاطع كما في الشكل (٣–٤) .



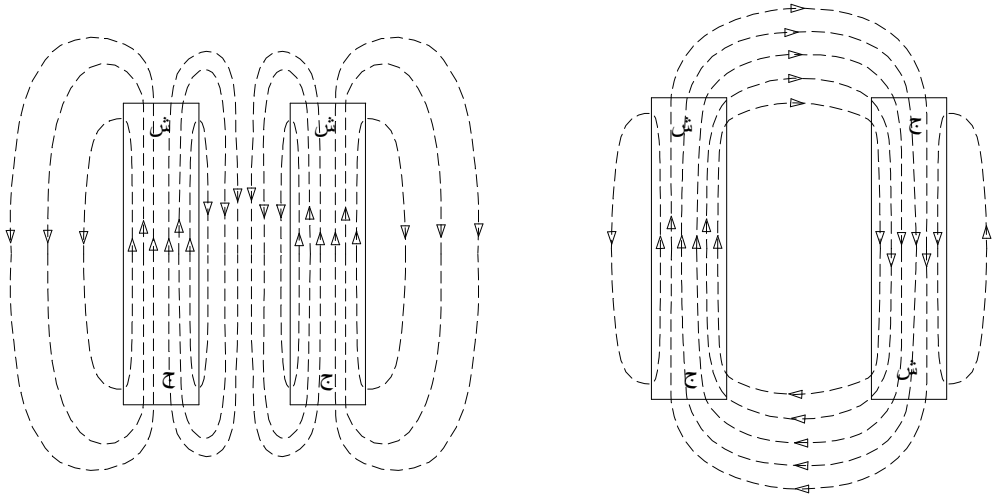
الشكل (٣–٤) : مسارات خطوط الفيض المغنطيسي

وتسمى هذه الخطوط بخطوط الفيض المغنطيسي (Magnetic Flux Φ) ، وهي خطوط وهمية تساعد فقط في تحديد اتجاه وكثافة المجال في هذه المنطقة .

(٣-٧-٢) إتجاه المجال المغنطيسي :

إذا علقت إبرة بوصلة صغيرة في أي نقطة في المجال فإن اتجاه قطب الشمال يوضح اتجاه المجال المغنطيسي من هذه النقطة . وبالرغم من أن خطوط الفيض وهمية إلا أنه يمكن تعرف عدد من خواص المجال المغنطيسي إذا افترض أن خطوط الفيض المغنطيسي لديها الخواص التالية :

١. اتجاه خط الفيض المغنطيسي في أي نقطة هو اتجاه إبرة البوصلة .
٢. كل واحد من خطوط الفيض المغنطيسي يكون مساراً مغلقاً كما موضح في الشكل (٣-٤).
٣. خطوط الفيض المغنطيسي لا تتقاطع .
٤. خطوط الفيض المغنطيسي تسعي لتقصير مسارها ويؤدي هذا إلى تجاذب قطعتي المغنطيس كما في الشكل (٣-٥) (أ)



(أ) (ب)

الشكل (٣-٥) : الجذب والتنافر بين قطعتي مغنطيس

٥. خطوط الفيض المتوازية في نفس الاتجاه تتنافر من بعضها البعض مما يؤدي إلى تنافر قطعتي المغنطيس في الشكل (٣-٥) (ب) .

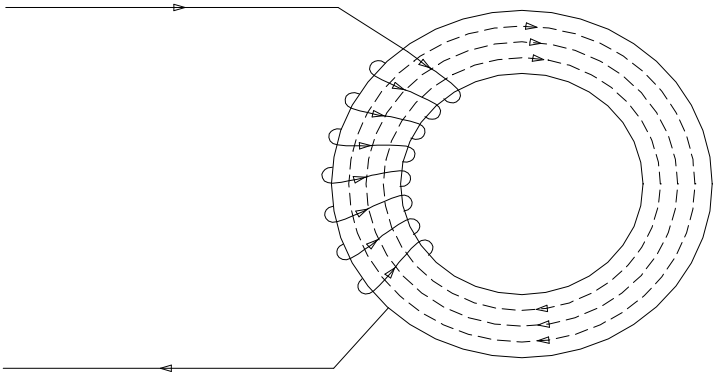
(٣-٧-٣) الحث الكهرومغنطيسي (Electromagnetic Induction) :

في عام ١٨٣١، استطاع العالم فاراداي اكتشاف الحث الكهرومغنطيسي، وتمكن من الحصول على تيار كهربائي بوساطة الفيض المغنطيسي . حيث قام بتحريك قطعة مغنطيس مستديم بالقرب من ملف ثابت وتمكن بذلك من إنتاج قوة دافعة كهربائية بين طرفي الملف . وقد وجد فاراداي بأن مقدار القوة الدافعة الكهربائية يتناسب طردياً مع معدل تغير كمية الفيض الذي يمر من خلال الملف. ويمكن أيضاً القول بأن قوة دافعة كهربائية تنتج كلما قطع موصل خطوط الفيض المغنطيسي ، أو كلما قطعت خطوط الفيض الموصل . ويتناسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية طردياً مع معدل قطع الموصل لخطوط الفيض أو قطعه بوساطة خطوط الفيض المغنطيسي .

(٣-٧-٤) الدائرة المغنطيسية (Magnetic Circuit) :

تكون خطوط الفيض المغنطيسي مسارات مغلقة كما في الشكل (٣-٦) ويسمي المسار الكامل لمجموعة من خطوط الفيض المغنطيسي بالدائرة المغنطيسية (مشبهة بالدائرة الكهربائية) .

ويوضح الشكل (٣-٦) ملفاً حلقياً حيث توفر الحلقة الحديدية المسار للفيض المغنطيسي .



الشكل (٣-٦) : الدائرة المغنطيسية

ويمر التيار في الدائرة الكهربائية نتيجة لوجود قوة دافعة كهربائية (ق.د.ك.) . و ينشأ في الدائرة المغنطيسية فيض مغنطيسي نتيجة لمرور تيار في ملف به لفة واحدة أو عدد كبير من اللفات ، كما في الشكل (٣-٦) ، ولا يشترط أن يكون المسار المغنطيسي مستديراً بل قد يتخذ عادة أشكالاً مختلفة . وتسمى القوة التي أدت إلى إنشاء الفيض المغنطيسي بالقوة الدافعة المغنطيسية (ق.د.م.) . ومن الواضح أن القوة الدافعة المغنطيسية تتناسب طردياً مع شدة التيار (ت) وعدد اللفات في الملف (د) ، أي مقدار الأمبير-لفات ، ووحدتها أمبير .

وإذا كانت الحلقة الحديدية في الشكل (٣-٦) منتظمة المقطع فإن القوة الدافعة المغنطيسية هي جملة التيار الداخل والمرتبط حلقياً بالمسار المغنطيسي . وقوة الدفع المغنطيسي للمتر الطولي الواحد من الممر المغنطيسي تعطي شدة المجال المغنطيسي ، والتي يشار إليها بالرمز (هـ) وتقدر بالأمبير على المتر.

$$\text{هـ} = \frac{\text{ت} \times \text{د}}{\text{ف}}$$

(٣-٧-٥) كثافة الفيض المغنطيسي (Magnetic Flux Density, B) :

أينما يوجد مجال مغنطيسي فإنه يوجد أيضاً فيض مغنطيسي (Φ) ، وكثافة الفيض المغنطيسي في هذا المكان ب (وبر/متر^2 أو تسلا) يتناسب طردياً مع شدة المجال المغنطيسي هـ (أمبير/المتر)

ويسمي ثابت التناسب بين كثافة الفيض المغنطيسي (ب) وشدة المجال المغنطيسي (هـ) بالإنفاذية μ أي

ب = μ هـ تسلا

$$\text{هـ} = \frac{\text{ب}}{\mu}$$

ومقدار الإنفاذية بالنسبة للفراغ المطلق $\mu_{.} = ٤ \pi \times ١٠^{-٧}$ هنري/متر

مثال (٣-٧) :

ملف به ٢٠٠ لفة قد لفت بانتظام حول حلقة خشبية متوسط محيطها ٦٠٠ مم ومساحة مقطعها المنتظم ٥٠٠ مم^{٢} . فإذا كان التيار في الملف ٤ A أحسب :

أ) شدة المجال المغنطيسي (هـ).

ب) كثافة الفيض المغنطيسي (ب) .

جـ) جملة الفيض المغنطيسي (Φ) .

الحل :

أ) متوسط طول المسار ٦٠٠ مم = ٠,٦ م

شدة المجال المغنطيسي هـ = $\frac{\text{ت} \times \text{د}}{\text{ف}}$

= ٤ × ٢٠٠ ÷ ٠,٦ = ١٣٣٣ $\frac{A}{m}$

ب) كثافة الفيض المغنطيسي ب = μ_o × هـ = ٤×π × ١٠$^{-٧}$ × ١٣٣٣

= ١,٦٧٥ × ١٠$^{-٣}$ T

جـ) المساحة = ٥٠٠ مم^{٢} = ٥ × ١٠$^{-٤}$ م^{٢}

جملة الفيض Φ = كثافة الفيض × مساحة المقطع = ب × حـ

جملة الفيض Φ = ١,٦٧٥ × ١٠$^{-٣}$ × ٥ × ١٠$^{-٤}$

= ٠,٨٣٧٥ × ١٠$^{-٦}$ Wb

مثال (٣-٨) :

أحسب القوة الدافعة المغنطيسية المطلوبة لإيجاد فيض مغنطيسي مقداره ٠,٠١٥ وبر/متر ، عبر فجوة هوائية طولها ٢,٥ مم ومساحتها ٢٠٠ سم^{٢} .

الحل :

مساحة الفجوة الهوائية = ٢٠٠ × ١٠$^{-٤}$ = ٠,٠٢ م^{٢}

كثافة الفيض : ب = $\frac{٠,٠١٥}{٠,٠٢}$ = ٠,٧٥ T

شدة المجال المغنطيسي في الفجوة الهوائية :

$$\text{هـ} = \frac{\text{ب}}{\mu} = \frac{٠,٧٥}{٤ \times \pi \times ١٠^{-٧}} = ٥,٩٧ \times ١٠^{٥} \ \frac{A}{m}$$

طول الفجوة الهوائية = ٢,٥ مم = ٢,٥ × $١٠^{-٣}$ م

ق.د.م. المطلوبة لتمرير الفيض عبر الفجوة الهوائية

$$= ٥,٩٧ \times ١٠^{٥} \times ٢,٥ \times ١٠^{-٣} = ١٤٩٢ \ A$$

(٣-٧-٦) الممانعة المغنطيسية (Magnetic Reluctance) :

إذا كانت مساحة المقطع لحلقة حديدية تساوي (ح) متر مربع ومتوسط محيط الحلقة يساوي (ف) متر ، ولف حولها ملف به (د) لفة ويحمل تياراً مقداره (ت) أمبير ، فإن :

الفيض المغنطيسي (Φ) = كثافة الفيض × مساحة المقطع = ب ح (وبر)

ق.د.م. = شدة المجال المغنطيسي × الطول = هـ ف

$$\text{ممانعة الدائرة المغنطيسية (مم)} = \frac{\text{ق.د.م}}{\Phi} = \frac{\text{هـ} \times \text{ف}}{\text{ب} \times \text{ح}} = \frac{\text{ف}}{\text{ح} \ \mu}$$

ويمكن تشبيه هذه المعادلة بالمعادلة المشابهة لها للتيار الكهربائي :

مقاومة الدائرة الكهربائية

$$\frac{\text{ق.د.ك.}}{\text{ت}} = \frac{\text{ف}}{\text{ح} \ \sigma} = \frac{\rho \ \text{ف}}{\text{ح}} \quad \Omega$$

حيث ρ = المقاومة النوعية و σ = المواصلة النوعية

$$\text{التيار} = \frac{\text{ق.د.ك.}}{\text{المقاومة}} \quad \text{أمبير}$$

$$\text{الفيض المغنطيسي } \Phi = \frac{\text{ق.د.م.}}{\text{ممانعة مغناطيسية}}$$

مثال (٣-٩) :

حلقة حديدية مساحة مقطعها ٥٠٠ مم٢ ومتوسط محيطهـــا ٤٠٠ مم ، لف علـــى سطحها ملف عدد لفاته ٢٠٠ لفة فإذا كانت إنفاذية مادة الحلقـــة $\mu = ٤,٧٧٦ \times ١٠^{-٥}$ أحسب :

أ) ممانعة الحلقة (مم) .

ب) التيار المطلوب في الملف لإيجاد فيض مغنطيسي مقداره ٨٠٠ μWb خلال الحلقة .

الحل :

أ) كثافة الفيض في الحلقة = $\frac{٨٠٠ \times ١٠^{-٦}}{٥٠٠ \times ١٠^{-٦}}$ = ١٠٦ T

ممانعة الحلقة (مم) = $\frac{٠,٤}{٤,٧٦٦ \times ١٠^{-٥} \times ٥ \times ١٠^{-٤}}$

= $\frac{A}{wb}$ $١,٦٧٧ \times ١٠^{٧}$

ب) ق.د.م. = $٨٠٠ \times ١٠^{-٦} \times ١,٦٧٧ \times ١٠^{٦}$ = ١٣٤٢ A

والتيار الممغنط (ت) = $\frac{١٣٤٢}{٢٠٠}$ = ٦,٧ A

(٣-٧-٧) الحث الذاتي (Self Induction) :

حسب قانون فارادي ، أي ملف مقترن حلقياً بخطوط فيض مغنطيسي (كما في الشكل (٣-٦)) ينتج به ق.د.ك. كلما تغير مقدار الفيض المغنطيسي المقترن به . ويؤدي مرور التيار في ملف إلى إنتاج فيض مغنطيسي ، فإذا تغير التيار في الملف تغير الفيض المغنطيسي المقترن بالملف ، مما يؤدي إلى إنتاج ق.د.ك. في الاتجاه المعاكس لتغير التيار (حسب قانون لينز) ، ويسمى هذا الجهد بجهد الحث الذاتي لأنه ينتج عن تغير التيار في الملف نفسه . وبذلك كلما تغير التيار في دائرة بها ملف فإن هناك ق.د.ك. تنتج في الملف ، ويكون مقدارها متناسباً طردياً مع معدل تغير التيار في الملف ، وباتجاه يحاول معارضة التغيير .

أما في الدوائر أو فروعها التي تخلو من ملفات أو مكثفات فإن التيار الثابت أو المتغير يكون متناسباً تناسباً عكسياً مع مقدار المقاومة كما ينص على ذلك قانون أوم . وهناك دوائر أو فروعها خالية من المحاثة والمواسعة . كما توجد دوائر كهربائية يؤدي تغير التيار فيها إلى تغير الفيض المغنطيسي المقترن بملفاتها مما يؤدي إلى إنتاج ق.د.ك. عن طريق الحث ، وتوصف هذه الدوائر بأنها دوائر حاثة ، أو بأنها تمتلك حثاً ذاتياً .

(٣-٧-٨) ملف المحاثة :

وجد أن مقدار ق.د.ك. المنتج حثياً في الملف يعتمد على معدل تغير التيار مع الزمن، كما يعتمد على ثابت خاص بالملف (Self Inductance , L) يسمى محاثة الملف (ل) . ووحدة المحاثة تسمى هنري (H) .

وإذا تغير التيار بمعدل ثابت من ($ت_1$) إلى ($ت_2$) في زمن (ن) فإن

$$\text{معدل تغير التيار} = \frac{ت_2 - ت_1}{ن}$$

وتكون قوة الدفع الكهربائية المنتجة حثياً كما يلي :

$$\text{ق.د.ك} = - \text{ل} \times \frac{ت_2 - ت_1}{ن}$$

وتوضح علامة سالب أن اتجاه ق.د.ك. معاكس لاتجاه التغيير في التيار .

مثال (٣-١٠) :

إذا كان التيار في ملف لديه محاثة ل = ٠,٥ H قد خفض من ٥ A إلى ٢ A في مدة زمنية تساوي ٠,٠٥ ث أحسب متوسط ق.د.ك. المنتجة حثياً في الملف .

الحل :

$$\text{متوسط معدل تغير التيار} = \frac{٢ - ٥}{٠,٠٥} = -٦٠ \text{ أمبير / ثانية}$$

$$\text{متوسط ق.د.ك.} = - ٠,٥ \times (-٦٠) = ٣٠ \text{ V}$$

واتجاه ق.د.ك. المنتج حثياً هو نفس اتجاه التيار ليعارض انخفاضه .

(٣-٧-٩) حساب المحاثة من مقدار الفيض المغنطيسي المقترن بالملف :

إذا كان التيار في ملف يساوي (ت) أمبير وعدد لفات الملف (د) لفة والفيض المغنطيسي خلال الملف (Φ) وبر ، وافترض أن ممانعة الدائرة المغنطيسية ثابتة بحيث يتغير الفيض تغيراً طردياً مع التيار ، وافترض أن محاثة الملف تساوي (ل) هنري . فإذا زيد التيار من صفر إلى (ت) أمبير في (ن) ثانية ، فإن متوسط زيادة التيار = ت ÷ ن

متوسط ق.د.ك. المنتجة في الملف حثياً = $\frac{\text{ل} \cdot \text{ت}}{\text{ن}}$ فولت

مقدار الفيض المغنطيسي المقترن بالملف = Φ د

متوسط ق.د.ك. المنتجة في الملف حثياً = $\frac{\Phi \text{ د}}{\text{ن}} = \frac{\text{ل ت}}{\text{ن}}$

$$\text{ل} = \frac{\Phi \text{ د}}{\text{ت}}$$

$$\text{ل} = \frac{\text{الفيض المغناطيسي المقترن}}{\text{التيار}}$$

مثال (٣-١١) :

ملف به ٣٠٠ لفة ، لفت حول قلب من مادة غير مغنطيسية ، فإذا كانت المحاثة = ١٥ ملي هنري أحسب :

أ) مقدار الفيض الناتج عن مرور تيار ٥ أمبير .

ب) متوسط قيمة ق.د.ك. عندما يعكس تيار مقداره ٥ أمبير في مدة زمنية تساوي ٨ ملي ثانية .

الحل :

أ) $\frac{\Phi \times ٣٠٠}{٥} = ١٥ \times ١٠^{-٣}$

ومنها $\Phi = ٠,٢٥ \times ١٠^{-٣}$ Wb

ب) عندما يعكس التيار فإن الفيض المغنطيسي ينخفض من ٠,٢٥ × ١٠$^{-٣}$ إلى صفر ثم يزداد إلى ٠,٢٥ × ١٠$^{-٣}$ في الاتجاه المعاكس .

التغيير في الفيض = ٠,٥ × ١٠$^{-٣}$ Wb

متوسط معدل التغيير = $\frac{٠,٥ \times ١٠^{-٣}}{٨ \times ١٠^{-٣}}$ = ٠,٠٦٢٥ وبر/ ثانية

متوسط ق.د.ك. المنتجة في الملف = (٠,٠٦٢٥) × ٣٠٠ = ١٨,٧٥ V

أو بطريقة أخرى :

ق.د.ك. = − ٠,٠١ × $\frac{-٥ \times ٢}{٨ \times ١٠^{-٣}}$ = ١٢,٥ ف

ق.د.ك. = − ٠,٠١٥ × ١٠ $^{-٣}$ × $\frac{(-٥ \times ٢)}{٨ \times ١٠^{-٣}}$ = ١٨,٧٥ فولت (V)

(٣-٧-١٠) حساب المحاثة من مواصفات الملف والدائرة المغنطيسية :

إذا لف ملف حول حلقة تمثل المسار المغنطيسي للفيض فإن كثافة الفيض المغنطيسي ب = μ هـ ، تسلا . فإذا كانت (ف) طول الممر المغنطيسي بالمتر ، و (ح) مساحة مقطع الحلقة بالمتر المربع ، وعدد لفات الملف تساوي (ع) ، والتيار في الملف (ت) أمبير فإن :

شدة المجال المغنطيسي هـ = $\frac{\text{د ت}}{\text{ف}}$ أمبير/م

وجملة الفيض المغنطيسي Φ = μ هـ ح وبر

ومن ثم فإن المحاثة (ل) بالهنري يمكن إيجادها من المعادلة :

$$\text{ل} = \frac{\text{د} \times \Phi}{\text{ت}} = \frac{\text{د}^{٢} \mu \text{ ح}}{\text{ف}}$$

مثال (٣-١٢) :

ملف به ٢٠٠ لفة ومساحة مقطع ممر الفيض المغنطيسي ٥٠٠ مم^{٢} وطوله ٤٠٠ مم ويتكون من مادة غير مغنطيسية . أوجد مقدار محاثة الملف .

الحل :

$$\text{المحاثة} = \frac{٢٠٠^{٢} \times ٠,٠٠٠٥ \times ٤ \times \pi \times ١٠^{-٧}}{٠,٤} = ٦٢,٨ \ \mu F$$

مثال (٣-١٣) :

التيار المار خلال ملف ذي محاثة ٢ هنري يساوي ٨ أمبير . فإذا خفض هذا التيار بمعدل ثابت من ٨ أمبير إلى ٦ أمبير في ثانيتين . أوجد مقدار ق.د.ك. المنتجة بالحث الذاتي .

الحل :

$$\text{ق.د.ك.} = -\text{ل} \times \frac{\text{ت}_{٢} - \text{ت}_{١}}{\text{ن}} = -٢ \times \frac{٦ - ٨}{٢} = ٢ \ V$$

مثال (٣-١٤) :

ملف محاثته ٣ هنري يحمل تياراً مقداره ٢ أمبير . فإذا زيد هذا التيار إلى ٧ أمبير في أربع ثواني . أوجد متوسط مقدار ق.د.ك. المنتجة حثياً .

الحل :

$$\text{ق.د.ك.} = -\text{ل} \times \frac{\text{ت}_{٢} - \text{ت}_{١}}{\text{ن}} = -٣ \times \frac{٢ - ٧}{٤} = -٣,٧٥ \ V$$

(٣ – ٨) مقدمة الهندسة الإلكترونية :

(٣–٨–١) الإلكترونيات في حياتنا المعاصرة :

الإلكترونيات هي العلم والتقنية المختصان بسريان الدقائق المشحونة في مادة غازية أو من الفراغ أو في مادة شبه موصلة ، بينما حركة الدقائق المشحونة المحصورة داخل مادة جيدة التوصيل أي "مادة معدنية أو فلزية" لا تندرج تحت نطاق الإلكترونيات وإنما داخل النطاق التقليدي للهندسة الكهربائية .

إن الوظيفة الأساسية للإلكترونيات في الحياة المعاصرة يمكن تلخيصها بوجه عام بأنها القيام بتجهيز ومعالجة الإشارات ، حيث تعرف الإشارات بأنها كمية فيزيائية معينة قد تتغير أو لا تتغير مع الزمن . وتستخدم قيمة الإشارة ، كما تستخدم التغيرات الزمنية لها ، كوسيلة للتعبير عن المعلومات . وينبغي للإشارات التي تعالج بالنظم الإلكترونية أن تكون في صورة كمية كهربية كالتيار أو الجهد وتوجد عدة نبائط تستعمل كمحولات للإشارات من كمية غير كهربية إلى كمية كهربية وبالعكس. فعلى سبيل المثال يحتوي الهاتف على جهار يحول موجات ضغط الهواء الممثلة لصوت الإنسان إلى جهد كهربي عند الإرسال ، كما يحتوي الهاتف على سماعة تحول الجهد الكهربي عند الاستقبال إلى موجات ضغط صوتية .

وتنفرد تقنية الإلكترونيات في وظيفة معالجة الإشارات والمعلومات بالنصيب الأوفر للأسباب التالية :

١. الكميات الكهربائية أيسر في أعمال المعالجة والتجهيز المختلفة .
٢. ارتفاع سرعة الاستجابة للنبائط الإلكترونية وإمكانية استخدامها على حد سواء في معالجـــة الإشارات السكونية " وهي الإشارات الثابتة مع الزمن " ، والإشارات الحركية "وهي الإشارات المتغيرة مع الزمن" .
٣. صلاحية الكمية الكهربائية للاستخدام في الصورة التناظرية "القياسية أو التماثلية" ، وهي تلك التي تتناظر فيها الإشارة مع الكمية الفيزيائية الممثلة بها تناظراً كاملاً بحيث تستطيع قيمة الإشارة أن تتغير تغيراً متصلاً عند جميع القيم الحقيقية للزمن خلال مدي معين . وأيضاً في

الصورة الرقمية وهي تلك التي تكون فيها الإشارة تتابعاً من الأرقام التي تمثل قيم الكمية الفيزيائية عند لحظات زمنية منفصلة .

٤. إمكانية نقل الكميات الكهربائية بسهولة عن طريق انتشار الموجات الكهرومغنطيسية في الأوساط المادية المختلفة أو في الفراغ . ومن ثم فإن نظام المعالجة الإلكتروني لا يحتاج إلى التمركز في موقع واحد ولا إلى الاتصال المادي بين أجزائه المختلفة ، ومن ثم يمكن استعماله مع الإشارات المستمدة من أوساط خطرة أو متعذر الوصول إليها كالصحراء أو الغابات أو أعماق البحار أو ساحات القتال أو الفضاء الخارجي .

٥. النبائط الإلكترونية تتمتع بصغر الحجم والوزن واحتياجها إلى منابع للقدرة الخارجية صغيرة ، كما أنها أصبحت في الآونة الأخيرة تتمتع بميزة رخص الثمن .

ويمكن توزيع عملية تجهيز ومعالجة الإشارات بالنبائط الإلكترونية إلى أربعة قطاعات رئيسة ، وإن كانت هذه القطاعات لم تعد مستقلة عن بعضها البعض . وهذه القطاعات هي :

١. الاتصالات وتشمل الاتصالات الإذاعية والهاتفية والبرقية .
٢. الحاسوب (وشبكات الاتصالات الالكترونية) .
٣. القياسات
٤. التحكم

في النهاية ينبغي الإشارة إلى أن مهمة الإلكترونيات لم تعد محصورة في مجالها التقليدي لمعالجة الإشارات والمعلومات بل تعدت ذلك إلى بعض الميادين الجديدة مثل ميدان توليد القدرة أو الطاقة ، على سبيل المثال استغلال الطاقة الشمسية .

(٣ – ٩) شكل بلورة شبه الموصل :

تتركب المواد الصلبة من ذرات مترابطة بإحكام . وفي بعض المواد الصلبة كالزجاج مثلاً يكون ترتيب الذرات بطريقة عشوائية وتوجد مواد صلبة كالماس مثلاً يكون لها درجة عالية من النظام في ترتيب ذراتها .

البلورة المفردة عبارة عن مادة صلبة ذراتها مرتبة بنظام محدد لنموذج يتكرر بانتظام خلال المادة الصلبة ، وأغلب المواد الصلبة البلورية تتكون من بلورات كثيرة مفردة متصلة ببعضها البعض ، ومثل هذه المواد تسمى مواد متعددة البلورات .

النموذج الفراغي الذي يتكرر خلال بلورة مفردة يعرف باسم "تشابك بلوري" . وتجد أنواع كثيرة من التشابك تعتمد على عدد الأربطة بين الذرات وترتيبها الهندسي . وتعتمد الخواص الميكانيكية لبلورة ما على التشابك الإنشائي لها . فمثلاً الجرافيت عبارة عن شكل بلوري للكربون وهو يستخدم في أقلام الرصاص لأنه طري ، وكذلك الماس عبارة عن شكل بلوري للكربون ولكنه من أصلد المواد المعروفة . والفرق الشاسع بين خواص كل من الجرافيت الطري والماس الصلد – رغم أن مادتهما واحدة وهي الكربون – يرجع إلى اختلاف تنظيم ذرات كل منهما .

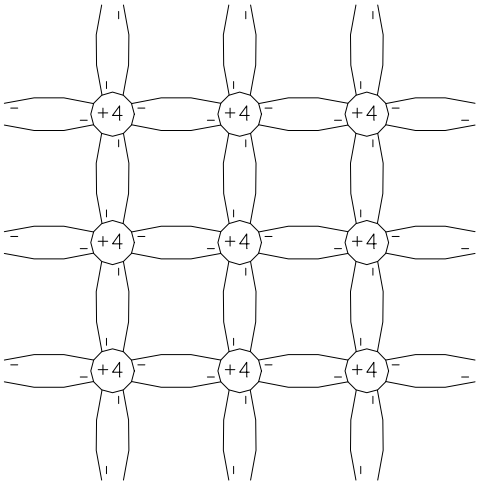
يتبلور كل من الجرمانيوم والسيليكون على هيأة التشابك الإنشائي للماس وكلاهما مادة صلدة وقابلة للكسر ، ولكن السيليكون أخف من الجرمانيوم .

إن أهم العناصر من أشباه الموصلات المكونة من مواد أولية هما عنصرا السيليكون والجرمانيوم . وهناك عناصر أخرى مكونة من مواد مركبة ولكن لها خواص أشباه الموصلات .

ويعد السيليكون ثاني العناصر بعد الأوكسجين من حيث الوفرة في القشرة الأرضية ، وإن كان لا يتوفر في صورته العنصرية وإنما على هيئة مركبات تحتوي في الأغلب على الأوكسجين أيضاً ، وواضح من ذلك أن أيسر شيء في صناعة أشباه الموصلات هو توافر مادتها الخام بلا ثمن تقريباً لأن مركب ثاني أكسيد السيليكون يشكل المكون الأساسي للرمل والحجر الرملي والكوارتز ، وباستعمال الوسائل الكيميائية يتم إختزال ثاني أكسيد السيليكون مع الكربون للتفاعل بحيث ينتج سيليكون ذو نقاوة معدنية تبلغ نحو ٩٩ ٪ وتجري عمليات إضافية أخري للحصول على سيليكون عالي النقاوة يصلح لمعظم التطبيقات .

إن عنصرا السيليكون و الجرمانيوم يليان الكربون في الجدول الدوري للعناصر ، وتمتلك كل منهما أربعة إلكترونات في مستوي التكافؤ الخاص بها . وهذه الإلكترونات هي التي تشارك في الاتحاد الكيميائي عندما تتفاعل الذرة مع

ذرات أخري لتكوين مركبات . وتعد الذرة التي لها أربعة إلكترونات تكافؤ في حالة غير مستقرة لأنها تحتاج إلى أربعة إلكترونات أخري لكي تملأ مستوي التكافؤ ، ولذلك فإنها تلجأ إلى مشاركة إلكترونات التكافؤ مع أربع ذرات مجاورة ترتبط معها بالرابطة الإلكترونية أو الرابطة التساهمية كمـــا في الشكل (٣-٧) .



الشكل (٣-٧) : الترابط التساهمي ممثل على سطح ثنائي

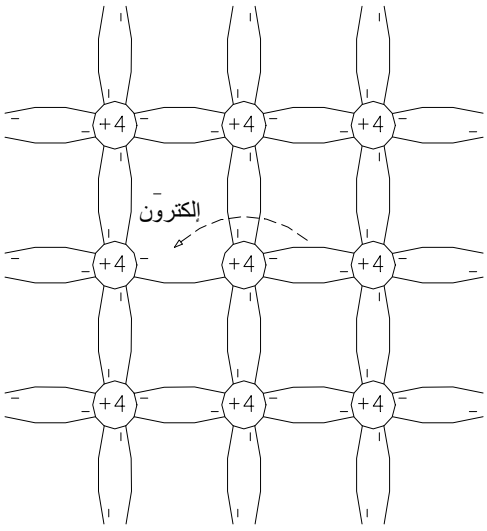
وواضح أن كل إلكترونات التكافؤ مرتبطة جيداً ببعضها داخل التشابك البلوري مما لا يسمح بوجود إلكترونات حرة ، وهذا هو الحال عند درجة حرارة الصفر المطلق ، وفي هذه الحالة لا يكون موصلاً بل عازلاً .

عند درجات حرارة أعلى مثل درجة حرارة الغرفة ، تتخلص بعض الإلكترونات من ترابطها وتصبح إلكترونات حرة وتنتقل إلى نطاق التوصيل . يحدث ذلك بسبب الطاقة الحرارية التي تجعل الذرات تهتز ، وهذا ما يعرف باسم " الإثارة الحرارية " . وبوجود إلكترونات حرة يتغير الوضع وتصبح البلورة موصلاً .

(٣-٩-١) الحاملات الحرة للشحنة (الإلكترونات والفجوات) :

من المعروف أن التيار الكهربي في الموصلات ينشأ نتيجة لسريان نوع واحد من حاملات الشحنة ، هي الإلكترونات الحرة التي تملأ حزمة التوصيل جزئياً . أما سريان التيار في أشباه الموصلات فيعزي إلى حركة نوعين من حاملات الشحنة ، أحداهما الشحنات السالبة (وهي الإلكترونات الموجودة في حزمة التوصيل) ، والآخر الشحنات الموجبة (وهي الفجوات الموجودة في حزمة التكافؤ) .

عندما تفلت إحدى الإلكترونات من الذرة فإنها تتحول إلى شحنة سالبة حرة الحركة . وحيث أن الذرة قد فقدت شحنة سالبة فإنها تصبح موجبة الشحنة بما يعادل شحنة وحدة إلكترونية . كما أن واحداً من الروابط التساهمية قد فقدت. ولذا سوف تسعي هذه الذرة لأن تجذب لنفسها أياً من الإلكترونات الحرة الحركة المتواجدة بالقرب منها لتكمل بها الرابطة التساهمية . وعلى هذا الأساس يمكن اعتبار الرابطة التساهمية المفقودة كفجوة إلكترونية تقوم بعمل حامل الشحنة الموجبة تماماً كما اعتبر كل إلكترون كحامل لشحنة سالبة (أنظر الشكل (٣-٨))



الشكل (٣-٨) : مرور التيار نتيجة للفجوة (رابطة تساهمية مفقودة)

ويوضح الشكل (٣-٨) أن حركة إلكترون من الذرة على اليمين إلى مكان الفجوة يوفر الرابطة التساهمية المفقودة ، ولكنه يحدث فجوة في الناحية اليمنى . ويعادل هذا حركة الفجوة إلى اليمين ناقلة شحنة موجبة إلى اليمين .

ويعني ذلك أن الفجوات تستطيع الحركة بحرية خلال الترتيب البلوري للمادة كحاملات للشحنة الموجبة ، مثلها في ذلك مثل الإلكترونات الحرة التي تعد حاملات للشحنة السالبة . ويلاحظ أن صفة "الحرية" المنسوبة للفجوات والإلكترونات تقتصر على حركتها داخل الترتيب البلوري للمادة ولا تفيد استطاعتها الخروج من هذه المادة .

وفي الحقيقة فإن تأين إلكترون تكافؤ واحد يؤدي إلى تولد حاملتين حرتين للشحنة آلياً ، أولاهما هي الإلكترون الحر في حزمة التوصيل ، وثانيتهما هي الفجوة الحرة في حزمة التكافؤ . وسبب تولد أزواج الإلكترونات والفجوات هو توفر الطاقة الحرارية . والطاقة الحرارية ليست الوسيلة الوحيدة لتوليدها لأنها يمكن أن تتولد أيضاً عن طريق تزويد إلكترونات التكافؤ بطاقة أحد أنواع الإشعاع الكهرومغنطيسي كالطاقة الضوئية مثلاً . وهذه الأزواج من حاملات الشحنة تظل في حركات عشوائية متصلة كل في حزمة الطاقة الخاصة به خلال الترتيب البلوري للمادة ، ولا تؤدي هذه الحركات إلى سريان تيار كهربائي لأنها تلغي بعضها البعض .

وإذا انخفضت الطاقة الحركية للإلكترون الحر عن القيمة التي تحفظه في حزمة التوصيل فإنه يرتد إلى حزمة التكافؤ حيث يستقر في أحد المواقع الخالية التي تمثلها الفجوات . وتسمى هذه العملية بعملية إعادة الاتحاد بين الإلكترونات والفجوات ، وتتكرر دورة التوليد ثم إعادة الاتحاد لأزواج الإلكترونات والفجوات بصورة سريعة .

(٣-١٠) تشويب أشباه الموصلات (Semiconductor Doping) :

مواد أشباه الموصلات النقية الخالية من أية شوائب كيميائية أو عيوب في بنيتها البلورية تكون موصليتها ، عند درجة حرارة الغرفة ، صغيرة وغير كافية . ويمكن زيادة تلك الموصلية بإدخال ذرات عناصر أخري معينة في التشابك البلوري لمادة شبه الموصل .

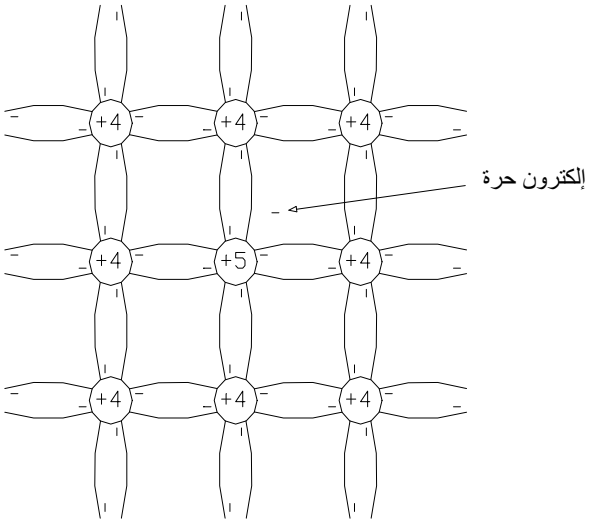
وذرات العناصر المعينة هذه التي تضاف إلى مادة شبه الموصلات تسمى عادة شوائب ، وتعرف العملية بالتشويب . ويعرف شبه الموصل الناشئ عنها بشبه الموصل المشوب أو الخارجي – ويكون التشويب بكميات محكومة وقليلة "نحو واحد لكل مائة مليون" .

ويمكن تقسيم الشوائب المستخدمة مع عناصر أشباه الموصلات الصافية "الأصلية" إلى :

١. عناصر لمواد خماسية التكافؤ كالفوسفور والزرنيخ والأنتيمون .
٢. عناصر لمواد ثلاثية التكافؤ كالبورون والألومونيوم والجاليوم والأنديوم .

(٣–١٠–١) شبه الموصل النوع السالب (n-type) :

بإدخال ذرة الزرنيخ "خماسي التكافؤ" في التشابك البلوري للسيليكون نحتاج إلى ٤ إلكترونات لإتمام الترابط الاسهامي أما الإلكترون الزائد الباقي فيمكن أن ينفصل بسهولة عن ذرة الزرنيخ ليتجول داخل البلورة وبهذا تزيد موصلية المادة (أنظر الشكل ٣–٩) .

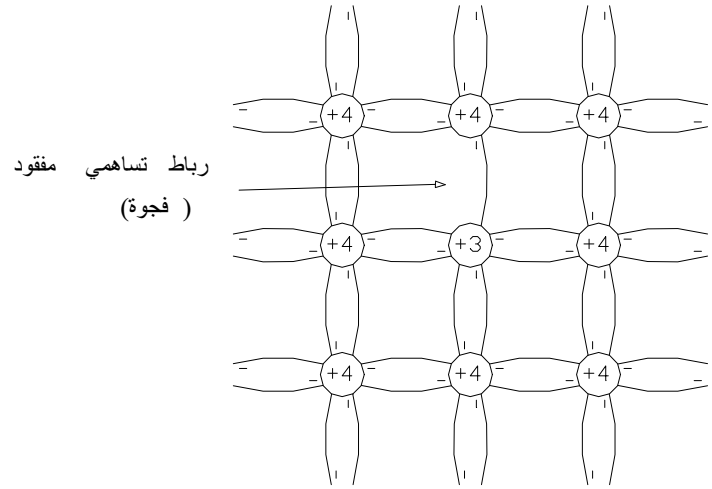


الشكل (٣–٩) : شبه موصل مشوب بمانح (n-type)

هذا النوع من الشوائب ذات التكافؤ الخماسي يسمي مانح (Doner) لأنه يتبرع بإلكترون متحرك هو الإلكترون الخامس الزائد عن الترابط الرباعي ، وشبه الموصل المنشط بذرات مانح يسمى شبه موصل النوع السالب لأن غالبية حاملات الشحنة المتحركة عبارة عن إلكترونات سالبة .

(٣-١٠-٢) شبه الموصل النوع الموجب (p-type) :

بالمثل يمكن تنشيط بلورة السيليكون بزيادة عدد الفجوات بها وذلك بأن نضيف إليها ذرات لها ٣ إلكترونات تكافؤ مثل الانديوم . وبإدخال ذرة الانديوم في التشابك البلوري للسيليكون نجد أنه ينقصها إلكترون لإتمـــام الترابط الإسهامي ، وينشـــأ عن الإلكترون الناقص ثقب لكل ذرة شوائب (أنظر الشكل (٣-١٠)) .



الشكل (٣-١٠) : شبه موصل مشوب بمتقبل (p-type)

هذا النوع من الشوائب ذات التكافؤ الثلاثي يسمي متقبل ، لأنه يتقبل إلكترونات لكي يملأ ثقوب الترابط الناقص . والسيليكون المنشط بذرات متقبل يسمي شبه موصل النوع الموجب لأن غالبية الشحنة عبارة عن فجوات "ثقوب" موجبة .

وينبغي هنا ملاحظة أن تشويب شبه الموصل لا يسفر فقط عن زيادة مقدار الموصلية الخاصة به ، وإنما يؤدي أيضاً إلى جعل سريان التيار المار فيه معتمداً بصورة غالبة على أحد نوعي حاملات الشحنة "الإلكترونات أو الفجوات الحرة" ففي شبه الموصل النوع السالب يعتمد التيار أساساً على الإلكترونات الحرة التي يكون تركيزها أعلى بوضوح من تركيز الفجوات الحرة ، ومن ثم فإنها تسمى بحاملات الشحنة ذات الأكثرية ، بينما تعرف الفجوات الحرة بحاملات الشحنة ذات الأقلية . أما في شبه الموصل من النوع الموجب فينعكس الحال .

تمرين (٣-٤)

١. ما الإلكترونيات ، وما الإلكترونيات الدقيقة ؟
٢. ما نوعا حاملات الشحنة ؟
٣. لماذا تضاف الشوائب عمداً إلى أشباه الموصلات بعد تمام تنقيتها ؟ وما نوعا هذه الشوائب ؟
٤. ما الوظيفة الأساسية للإلكترونيات في الحياة المعاصرة ؟ وما سبب تفوق الإلكترونيات على التقنيات الأخرى ؟
٥. ما الفرق بين الإشارات السكونية والإشارات الحركية ؟
٦. أضرب أمثلة لمحولات طاقة تحول إشارات غير كهربية إلى أخري . كهربية وأضرب أمثلة لمحولات تؤدي المهمة العكسية .
٧. ما القطاعات الرئيسة لعمل النبائط الإلكترونية ؟
٨. أشرح كيف يمكن للإلكترون أن يغير مستوي الطاقة الذي ينتمي إليه .
٩. قارن بين الخصائص المختلفة للموصلات وأشباه الموصلات والعوازل.
١٠. ما وحدة الإلكترون فولت ؟ استنتج الوحدة المقابلة بالوحدات الدولية . ما فائدة استخدام الإلكترون فولت عند دراسة الإلكترونات ؟
١١. ما أنواع الروابط الكيميائية ؟ أي نوع منها يوجد في العناصر التي يحتاج الدارس لأشباه الموصلات إلى معرفتها ؟

١٢. لماذا يعرف شبه الموصل كعازل عند درجة الصفر المطلق ؟
١٣. أشرح كيف تتكون أزواج الإلكترونات والفجوات الحرة في مادة شبه الموصل . كيف تساهم الفجوات الحرة في التوصيل الكهربي ؟
١٤. عرف المصطلحات التالية : حزمة التوصيل ، حزمة التكافؤ ، والرابطة التساهمية ، وإعادة الاتحاد ، والفجوة الحرة ، والتشويب .
١٥. هل تؤدي حركة الإلكترونات والفجوات الحرة داخل مادة شبه الموصل إلى سريان تيار كهربي في هذه المادة ؟ ولماذا ؟
١٦. ما التأثيرات عند تشويب السيليكون الذاتي بذرات مانحة ؟ وما التأثيرات التي تنتج من تشويبه بذرات متقبلة ؟

الباب الرابع

أساسيات الهندسة المدنية

(٤ –١) مقدمة

تعالج فنون الهندسة عدة مجالات متفرعة بغرض الإبداع، والتفرد، والتصميم الواقعي لأي منشأة تفيد الإنسان وتعمل على رخائه ورفاهيته، وتحقق أهداف معينة تم التفكر فيها ودراستها، واستنباط الأنموذج الممثل لواقعها بغية تصنيعها والإفادة منها.

تعنى الهندسة المدنية بعلوم الإنشاءات؛ وعلوم الماء : من الهيدرولوجيا والهيدروليكا وميكانيكا الموائع، والري والصرف؛ والأساسات، والطرق؛ والنقل وحركة السير؛ والجسور، والمطارات؛ والبيئة من : إمداد الماء وتنقيتها، ومعالجة الفضلات، والنفايات، ومكافحة تلوث الهواء والضوضاء والضجيج.

(٤ – ٢) هندسة الإنشاءات

(٤–٢–١) المنشأة Structure :

المنشأة عبارة عن جسم يمكنه مقاومة أحمال عاملة عليه دون أن يحدث تشوّهاً كبيراً لأحد أجزائه بالنسبة للأجزاء الأخرى. وتقوم المنشأة بحصر أو تحديد حيز لنقل الأحمال من نقاط عملها لنقاط الدعم ومنها عبر الأساسات للأرض. ولتتمكن المنشأة من تحقيق أهدافها بصورة مقبولة ينبغي أن يكون لها متانة كافية وصلابة مناسبة. هذا بالإضافة إلى أهداف أخرى مثل اقتصاديات المنشأة والمنظر الجميل لتصميم المنشأة. ومن المتوقع أن يضم التصميم الكامل للمنشأة التالي :

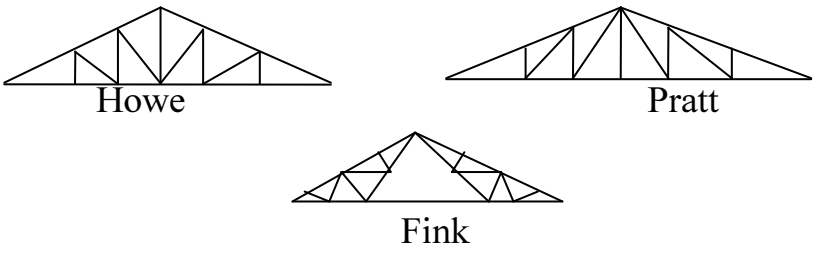
- تحديد مخطط عام لتحقيق المطلوب.
- الأخذ في الحسبان حلول عملية مختلفة.
- التصميم الإنشائي الأولي لعدة حلول عملية.
- اختيار الحل المناسب بمفاضلة النواحي الاقتصادية والأدائية والاستساغية والأخلاقية والثقافية والبيئية.
- التصميم الإنشائي المفصل لأفضل الحلول المناسبة.

يعتمد استخدام نوع معين من المنشآت الهندسية على عدة عوامل منها :

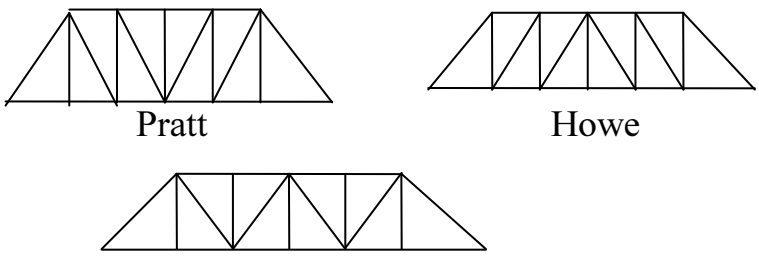
١. أهداف المنشأة، ٢. أسباب إنشائها،

٣. العوامل الأخلاقية والاجتماعية والبيئية، ٤. المواد المستخدمة والتكاليف.

ومن أبسط أنواع المنشآت: العارض ذي الدعامات البسيطة، والعارض الوحيد البحر والمستند على دحروج في أحد أطرافه ورابطة مسمار (pin) في الطرف الآخر. ويقوم هذا العارض بتحمل الأحمال بالإجهاد والعزم فيها، الشيء الذي ينتج عنه عزم مقاوم في العارض يعمل على إنتاج قوى ضغط في أعلى نسيج العارض وقوى شد في الجزء الأسفل من نسيج العارض بالنسبة لحمل مؤثر إلى الأسفل. وبالنسبة للبحر الطويل (long span) يستخدم الجملون حيث يقوم بحمل الأحمال بوساطة القوى المحورية في أعضائه. وتوجد عدة أنواع من الجملونات المستوية المثلثية الأعضاء كما مبين في شكل (٤-١).



شكل (٤-١ أ) جملونات سقف

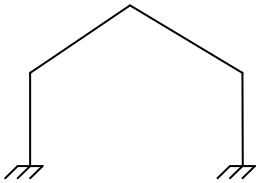


شكل (٤-١ ب) جملونات الجسور

بالنسبة للبحر الطويل كذلك تستخدم الأقواس (Arches) شكل (٤-٢) . ويمتاز القوس بقلة عزم اللي (bending moment) والقوة الضاغطة الكبيرة التي تنتج من مجموع الشكل والدعامات الكفيلة بتنمية مقاومة أفقية.

شكل (٤-٢) القوس

ومن أنواع المنشآت الهيكل الذي يتم تجميعه من أعضاء تقاوم العزم، وتكون المنشأة المتكونة صلبة ومحددة سكونياً. (انظر شكل (٤-٣)) .



شكل (٤-٣) الهيكل

وكما يمكن تكوين منشآت من أعضاء مستقيمة مفردة يمكن أيضاً إنشاؤها من أسطح مستمرة مثل القشريات shells التي تتحصل على متانتها من شكلها. وعليه تهتم مساقات التحليل الإنشائي بتأهيل المهندس وإعداده لتصميم المنشأة وإنشائها لتخدم أغراضها بكفاءة. ولتقوم المنشأة بهذا الدور ينبغي أن تكون: متينة ولا تنهار عند تحميل الأحمال عليها، إضافة إلى صلابتها التي تمنع حدوث تشوهات كبيرة بها.

(٤-٢-٢) الأحمال :

الأحمال هي تلك القوى الخارجية العاملة على المنشأة والتي تولد اجهادات أو قوى داخلية في المنشأة تعمل على مقاومتها.

يمكن تقسيم الأحمال العاملة على الأجسام إلى التالي:

أ . **أحمال مركزة** تعمل ميكانيكياً في جسم وتتوزع على مساحة تلامس محددة، مثل حمل عجل سيارة على الطريق، أو القوة في عضو من جملون.
ب. **أحمال موزعة** تؤثر على جسم على منطقة لها أبعاد مؤثرة ويمكن تقسيم هذه الأحمال إلى :

- توزيع خطي: حيث تتوزع القوة على خط مثل: القوة في كابل (حزمة أسلاك) معلق
- توزيع مساحي: حيث تتوزع القوة في مساحة مثل: الضغط الهيدروليكي على السطح الداخلي لمقطع خزان (سد).

ج. توزيع حجمي (حمل جسمي) حيث يتوزع الحمل عبر حجم الجسم مثل: قوة الجاذبية وفي هذه الحالة تعرف شدة الحمل بالكثافة.

وتقاس شدة القوة (intensity) على أنها عبارة عن القوة على وحدة الطول؛ وبالنسبة للموائع تعرف الشدة بالضغط، وفي المواد الصلبة يطلق عليها الإجهاد.

كما يمكن تقسيم الأحمال حسب أثرها إلى :
أ . أحمال **شد** (tensile) تقوم بإطالة الأعضاء المؤثرة فيها
ب. أحمال **ضغط** (compressive) تقوم بتقصير الأعضاء التي تعمل فيها
ج. أحمال **قص** shear تقوم بانزلاق أعضاء المنشأة عبر أجزاء أخرى.

ويمكن تقسيم القوى إلى :
أ . أحمال **ساكنة** (static) حيث تعمل القوى ببطء وتستمر ثابتة نسبياً ومنها الأحمال الساكنة (Dead loads) لأرضية المنشأة.
ب. أحمال **تحريكية** حيث تتغير مع الزمن ومنها:

- قوى متكررة (repeated) مثل القوى الترددية من آلة متذبذبة
- قوى متحركة (moving) مثل السيارات والقاطرات في الجسور
- حمل الصدمة مثل الأوزان الساقطة على أرضية
- أحمال زلزالية تحدث في المنشأة بحركة سريعة لدعاماتها وركائزها

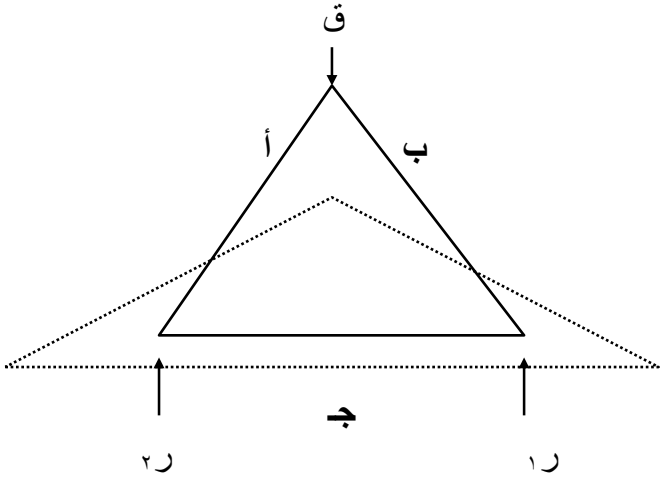
يمكن أيضاً تقسيم الأحمال حسب طبيعة مصدرها إلي:

- أحمال **ساكنة** (Dead) من المتوقع أن تظل دوماً في مكانها
- أحمال **حية** (live) يمكن إزالتها أو تغيير موضعها عبر العمر الافتراضي للمنشأة أو البنية
- أحمال **رياح**
- أحمال **جليدية**
- أحمال **زلزالية** تنتج أعلى إجهادات وتشوهات في أعضاء المنشأة مثلاً عند حدوث الزلازل أو القوى المكافئة لها.
- أحمال **عرضية** (axial) وفيها تمر المحصلة عبر مركز الثقل للقطاع قيد الذكر لتعمل عمودياً على مستوى القطاع .
- أحمال **لا مركزية** eccentric قوى عمودية على مستوى المقطع قيد الذكر ولا تمر عبر مركز ثقله لتقوم بثني العضو الساند
- أحمال **اللي** (torsional) قوى مزاحة من مركز القص في القطاع وتميل على مستواه لتقوم بلي العضو الساند للمنشأة.

لتحليل المنشأة أو البنية يمكن اعتبارها تجميع لعناصر (elements) متصلة مع بعضها عبر عدد من المفاصل (joints) أو العقد (nodes) الحرة، وتستند على عقد أو مفاصل ثابتة.

ومن المنشآت المستخدمة كثيراً: الهيكل، والذي يمثل منشأة مشيدة من ثلاثة عناصر أو أكثر؛ عادة تعتبر متصلة لعدة عقد بمفصلات أو دسر. وتنقل أي أحمال على الهيكل للعقد، مما يجعل أي عنصر من عناصر الهيكل في حالة شد أو ضغط.

يوضح شكل (٤-٤) هيكل مكون من ثلاثة عناصر (أ) و (ب) و (جـ). وتحت تأثير الحمل (ق) على قمة الهيكل يتخذ الشكل الممثل بالخطوط المتقطعة الشيء الذي يحرك العقد السفلي إلى الخارج مما يجعل عنصر (جـ) في حالة شد ، وكل من عنصري الهيكل (أ) و (ب) تحت ضغط. ويطلق على كل من العنصرين (أ) و (ب) عضو انضغاطي (عمود strut) وعلى العنصر (جـ) رابط (tie).

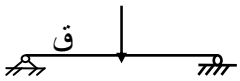
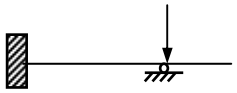
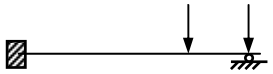
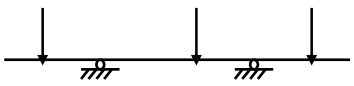


شكل (٤-٤) : هيكل مكون من ثلاثة عناصر

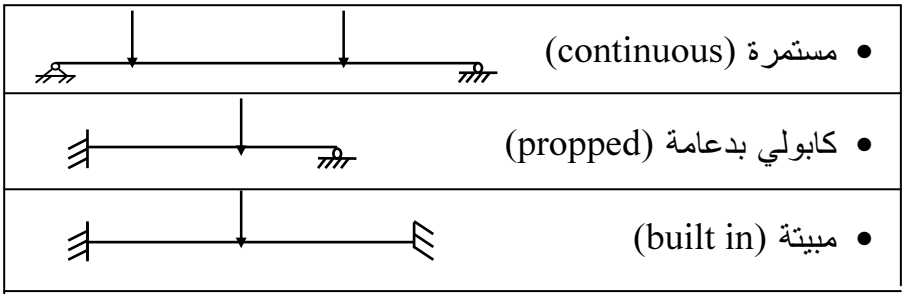
(٤-٢-٣) العوارض (Beams) :

يعرف العارض على أنه عضو له مقاومة للانحناء والثني من قوة مؤثرة عليه. ويمكن تقسيم العوارض حسب نوع الدعامة إلى :

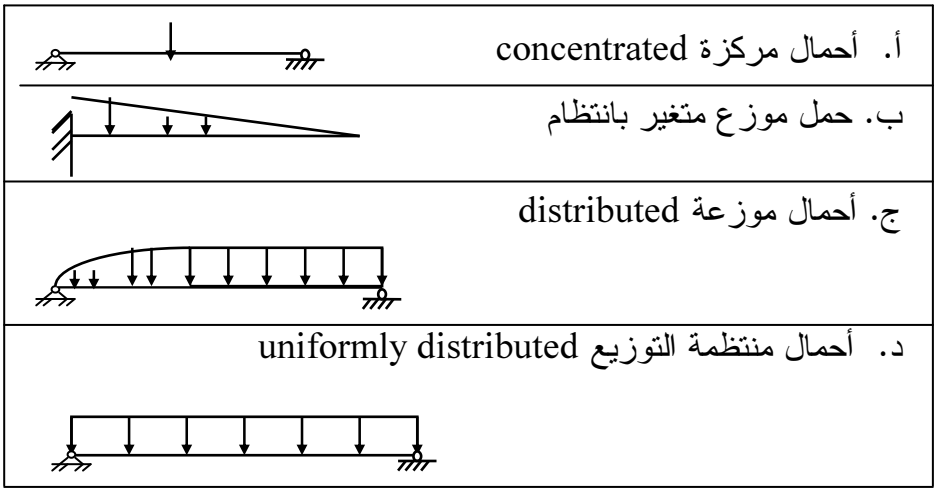
أ. عوارض محددة (مقررة) سكونياً statically determinate ومنها:

العوارض البسيطة simple دعامة دحروج	
• الكابولي مبيتة cantilever دعامة مفصلية (ذات دعامات حرة)	
• متحدة combination	
• معلقة overhanging	

ب. عوارض غير محددة سكونياً (statically indeterminate)

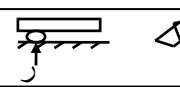
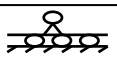
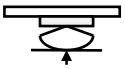
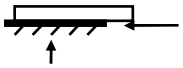
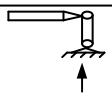


كما يمكن تقسيم العوارض حسب نوع الأحمال الخارجية التي تقوم بحملها إلى :



ومن المعلوم أن العوارض تقوم بمقاومة قوى الشد والضغط والقص والانحناء والالتواء.

يبين شكل (٤-٥) : أنواع الدعامات والقوى التي تؤثر فيها.

النوع	الشكل	الرمز
دعامة دحروج roller		
دعامة مترجحة rocker		–
دعامة مفصلية hinge		
دعامة احتكاكية frictional		–
دعامة ثابتة (أو مبيتة) fixed		
دعامة نواس مرنة elastic spring		–
دعامة رابطة link		

شكل (٤-٥) : أنواع الدعامات والقوى المؤثرة فيها

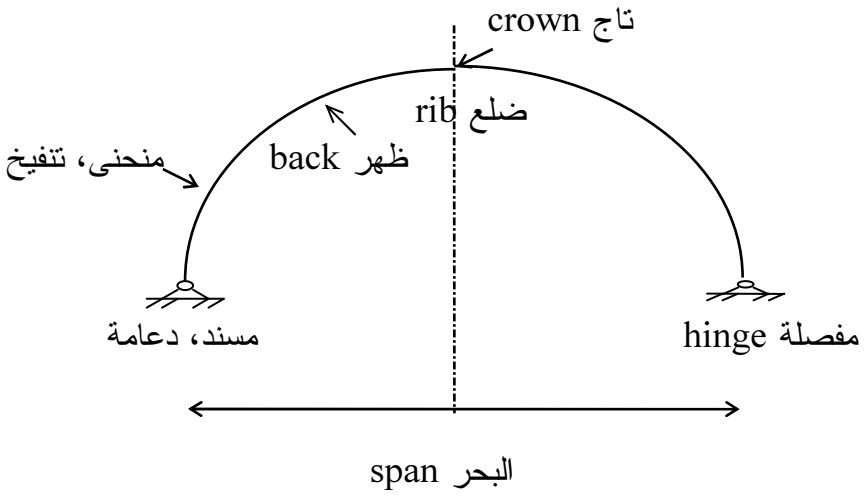
(٤-٢-٤) الأقواس (Arches) :

القوس هو عارض منحني، له نصف قطر انحناء (تقوس) كبير جداً مقارنة بعمق مقطعه. ويختلف القوس عن العارض المعتدل في التالي:

- الأحمال تحث الانحناء وإجهاد الضغط المباشر في القوس.
- ردود فعل القوس لها مركبات أفقية رغم أن الأحمال رأسية.
- الانبعاجات لها مركبات أفقية كما لها مركبات رأسية.

يبين الشكل (٤-٦) أهم أجزاء القوس التي تضم:

تاج القوس: هو أعلى قمة الضلع
التنفيخ: السطح الفوقي للقوس
الظهر: السطح التحتي للقوس



شكل (٤-٦) : أجزاء القوس

من أهم الفوائد الإنشائية للأقواس هو تنمية قوى ردود الفعل الأفقية على الدعامات مما يقلل من عزم الانحناء في المنشأة.

(٤ -٣) هندسة التربة

تقام معظم المنشآت على التربة مباشرة أو بطريقة غير مباشرة الشيء الذي يجب معه تحليل التربة، ومعرفة خواصها، وتصميم أساس المباني لضمان سلامة المنشأة من الهبوط غير المرغوب ومن الانهيار.

تتكون التربة من حبيبات كبيرة وصغيرة من مواد صلبة وغاز وماء، ناتجة من التفتيت الجوي للصخور وتحلل النباتات. وتتماسك بعض من حبيبات التربة تحت وزن المواد فوقها وتصبح صخور متحولة عبر حقب جيولوجية معينة. ويمكن تقسيم أنواع التربة إلى التالي:

١. **تربة غير متماسكة (cohesionless soil):** لا تلتصق حبيبات التربة مع بعضها،
٢. **تربة متماسكة (cohesive soil):** تختص بالحجم الصغير لحبيباتها، حيث تسود المؤثرات الكيميائية وتلتصق الحبيبات مع بعضها، مما يجعل التربة ملتصقة ولدنة. ومن أهم أنواع التربة المتماسكة: الطين الذي حجم حبيباته ٠,٠٠٥ ملم.
٣. **تربة عضوية (organic soil):** عادة تكون مثل هذه التربة اسفنجية وهشة ومنضغطة، الشيء الذي يجعلها غير قادرة لتحمل الأحمال.

من أهم أقسام التربة غير المتماسكة: الحصى (gravel) (حجم الحبيبات أكبر من ٥ ملم) والرمل (حجم الحبيبات يتراوح بين ٠,١ ملم و٥ ملم) والغرين (حجم الحبيبات يتراوح بين ٠,٠٠٥ إلى ٠,١ ملم).

تتعرض المنشآت المبنية فوق التربة للهبوط (settlement) المقبول وغير المقبول حسب نوع المنشأة وما تخدمه من أهداف. ومن أسباب هبوط المباني القوى التحريكية، والتغير في منسوب الماء الجوفي، وأعمال الحفر والتعدين المجاورة للمنشأة. وينتج تشوه ضغط المبني من تقليل الحجم الفراغي لحبيبات التربة مما يعمل على تجميع حبيبات التربة لتضغط على المادة داخل الفراغ. وبالنسبة للتربة الجافة يحوي الفراغ هواء، وبما أن الهواء قابل للانضغاط فعليه يتم إعادة وضع حبيبات التربة بسرعة. أما إذا كانت التربة مشبعة بالماء فان الفراغ (void) يحوي ماء غير قابل للانضغاط، ولابد من

خروج الماء (مثل كتلة التربة) قبل أن تتمكن حبيبات التربة من إعادة تشكيل وضعها. وبالنسبة للتربة ذات النفاذية العالية (مثل التربة الخشنة) تحتاج هذه العملية إلى فترة زمنية قليلة لإتمامها الشيء الذي يعني إتمام هبوط المبنى بنهاية التشييد، غير أنه في حالة التربة قليلة النفاذية (مثل التربة الناعمة) تحتاج العملية إلى فترة زمنية كبيرة لإتمامها.

(٤-٣-١) الأساسات :

يُعنى بالأساس ذلك الذي يحمل المبنى مثل الأعمدة أو الجدران بالإضافة إلى الأحمال بوساطة المنشأة.

ومن أنواع الأساسات:

أ. **الأساس الضحل (shallow foundation) :** يوجد مباشرة تحت أدنى جزء من المنشأة الفوقية التي يقوم بدعمها. عادة يكون الإسناد عبر التالي:

- قاعدة (footing) وهي عبارة عن تكبير لقاعدة العمود أو الجدار المسنود .
- حصيرة (mat) .
- بسطة (raft foundation) لتقوم بلاطة (slab) واحدة بدعم عدة أعمدة.

ب. **الأساس العميق (deep) :** يمتد بعيداً داخل الأرض وطريقة الإسناد عبر التالي:

- دعامة طوب (pier) .
- دعامة علبة (قيسون أو صندوق) (caisson) .
- مجموعة ركائز (خوازيق) (piles) .

ويوضح الشكل (٤-٧) أساس قاعدة فردية مربعة الشكل تعمل عليه قوى مركزة مثل الأعمدة، وقوى موزعة مثل ضغط التربة. إن كبر حجم القاعدة، مقارنة بالعمود الذي تقوم بحمله، يعطي زيادة في مساحة التلامس بين الأساس والتربة. وتعمل هذه الزيادة على تخفيف الضغط على التربة لمدى

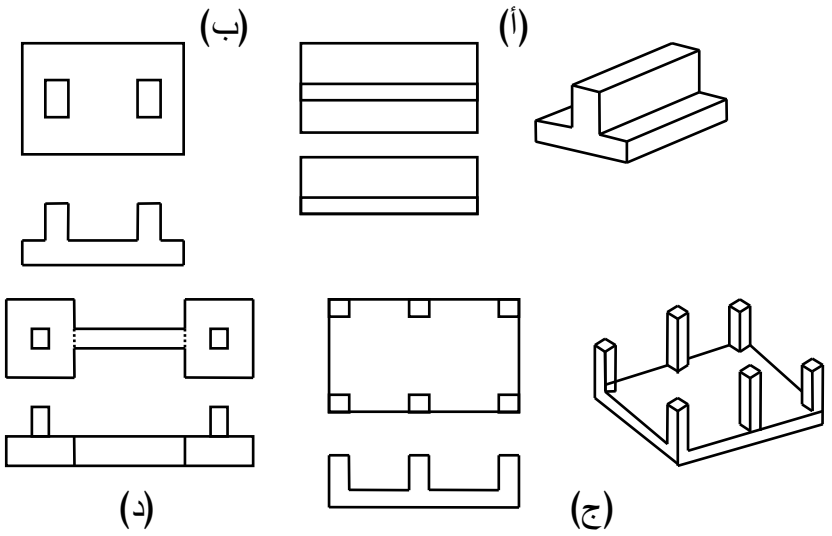
مقبول يعمل على منع هبوط زائد أو انهيار المرتكز (bearing failure) للأساس. ويوضح الشكل (٤-٧) التالي :

أ . أساس مستمر (جداري) (continuous (wall) footing) أساس ممتد في اتجاه واحد لعمل منشأة طويلة مثل الجدران،

ب. أساس مدمج (مشترك) (combined footing) لسند بضعة أعمدة،

ج. أساس حصيرة (mat (raft) footing) يقوم عارض كبير بسند عدد من الأعمدة التي لا توجد كلها في خط مستقيم.

د. أساس حزام (شريط) (strap footing) حيث يتم جمع أساسين أو أكثر بوساطة عارض (يسمى حزام strap).



شكل (٤-٧) : أنواع الأساسات

(أ) أساس جداري (ب) أساس مشترك
(ج) أساس حصيرة (أو بسطة) (د) أساس شريط

(٤ – ٤) هندسة ميكانيكا المواد

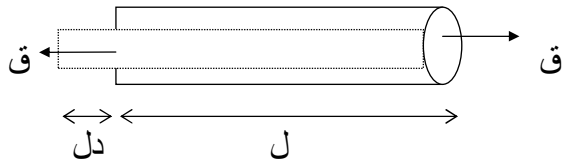
من ضمن المساقات العامة التي ينبغي أن يلم بها المهندس وتعمل على تأهيله وبناء قدراته علوم الميكانيكا والتي تُعنى بالعلوم الطبيعية المتعلقة بحالة الأجسام من سكون أو حركة تحت تأثير قوى معينة. ويمكن تقسيم الميكانيكا إلى فرعين رئيسين يضمان الاستاتيكا والديناميكا. تُعنى الاستاتيكا (علم السكون) باتزان الأجسام تحت تأثير القوى، وتتعلق الديناميكا(علم الحركة) بحركة الأجسام تحت تأثير قوى فاعلة عليها. وتعتبر دراسة الإستاتيكا وصف كمي للقوى المؤثرة على منشأة هندسية في حالة السكون. ويضم حل مثل هذه المسائل العناية بالتسلسل المنطقي للأحداث التي تضم الافتراضية، والأهداف (العامة والخاصة)، والبيانات، والنتائج المتوخاة، والرسومات والمخططات المطلوبة، والحسابات والنتائج، والخلاصة.

في أي منشأة هندسية أو نظام هندسي تتأثر أعضاؤه بفعل الأحمال الخارجية الواقعة عليه بحكم الغرض الذي صنع أو أنشئ من أجله، أو بتأثير البيئة التي يوجد بها العضو. وعند اتزان العضو فإن محصلة الأحمال الواقعة عليه تتلاشى للصفر؛ غير أنها مجتمعة تضع حمل على العضو مما يجعله يتشوه أو يتغير؛ وتقوم ردود الفعل للقوى الداخلية له بعملها داخل العضو. وهذه الأحمال تجعل العضو إما في حالة ضغط أو شد كما موضح في شكل (٤–٨).

شكل (٤–٨) : تأثير الأحمال على عضو المنشأة

مثال للأحمال التي تأتي بالشد حبل السحب (towing rope) أو المرفاع (lifting hoists). ومثال لأحمال الضغط المقعد عند الجلوس عليه، أو أعمدة ارتكاز المباني. وتقاس الأحمال بالنيوتن.

إذا أثرت الأحمال على العضو بانتظام أو بالتساوي عبر مساحة مقطعه (شكل (٤-٩)) فإنها تولد قوى داخلية تتوزع بانتظام مما ينتج إجهاد مباشر أو منتظم داخل العضو. وعليه يقاس إجهاد الضغط أو الشد بوحدة الحمل على وحدة المساحة.



شكل (٤-٩)

$$جـ = ق \div م \quad \ldots\ldots\ldots \quad (٤-١)$$

حيث :

جـ = الإجهاد (ضغط أو شد حسب القوة المؤثرة) نيوتن/م^{٢}

ق = الحمل المؤثر (نيوتن)

م = مساحة مقطع العضو (م^{٢})

يعرف الإجهاد (stress) بأنه مقدار القوة المؤثرة على جسم صلب مقسوماً على وحدة المساحة التي أثرت عليها .

والانفعال (strain) هو التشوه الجزئي الحادث من الإجهاد، ويقاس بالنسبة بين التغير في بعض أبعاد الجسم وبين القيمة الأصلية لهذه الأبعاد التي حدث بها التغيير.

$$عل = دل \div ل \quad \ldots\ldots\ldots \quad (٤-٢)$$

حيث :

عل = الانفعال

دل = التغير في طول العضو (م) (الاستطالة أو القصر)

ل = الطول الأصلي (م)

الحد المرن لجسم ما هو قيمة أقل إجهاد يلزم لإحداث تشويه (انفعال) دائم في الجسم، وعندما يزيد الإجهاد عن هذا الحد المرن فإن الجسم لن يعود تماماً إلى حالته الأصلية بعد زوال الإجهاد.

عندما تعمل قوة مباشرة على عضو يتولد إجهاد فيها ومن ثم يتغير طول العضو بالطول (شد) أو النقصان (ضغط) من الطول الأصلي (ل) إلى الطول (ل + دل) ويعرف معدل التغير في الطول بالانفعال (strain).

أما العلاقة بين الإجهاد والانفعال فيطلق عليها معامل يانج أو معامل المرونة أي:

معامل المرونة = الإجهاد ÷ الانفعال

$$\text{هـ} = \frac{\text{القوة (ق)} \div \text{المساحة (م)}}{\text{التغير في الطول (دل)} \div \text{الطول (ل)}} = \frac{\text{ق} \times \text{ل}}{\text{دل} \times \text{م}} \quad \ldots (٤-٣)$$

حيث :

هـ = حد ثابت (حد هوك، أو معاير أو معامل يانج)

ق = القوة

م = المساحة

دل = الزيادة (النقصان) في الطول

ل = الطول الأصلي

إذا رجع العضو إلى طوله الأصلي عند إبعاد الحمل منه يطلق عليه عضو مرن؛ وهناك عدد كبير من المواد الهندسية لها مرونة لجزء من الأحمال الواقعة عليها وتتشوه بطريقة تتناسب مع القوة المؤثرة.

بما أن الأحمال تتناسب مع الإجهادات التي تنجم في العنصر المؤثر عليه، والتشوهات تتناسب مع الانفعال فعليه يتناسب الإجهاد مع الانفعال.

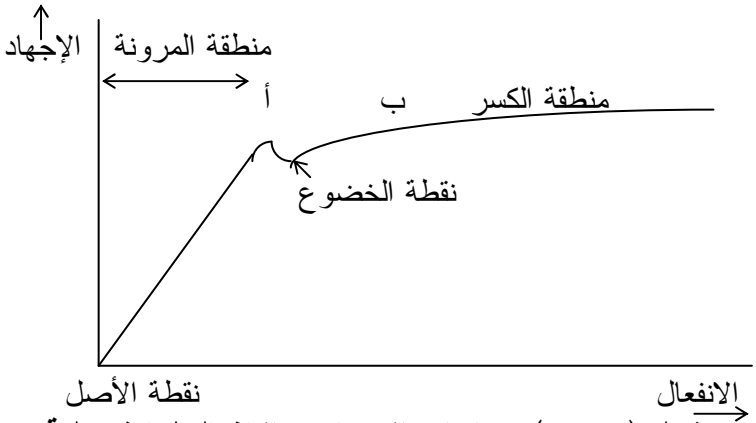
إنَّ كثيراً من الأجسام الصلبة لها خاصية العودة لشكلها الأصلي جزئياً أو كلياً عند إزالة القوة المؤثرة عليها من شد أو ضغط أو اصطدام بجسم آخر. ويطلق على هذه الخاصية المرونة. ومن هذه الأجسام المرنة المطاط والأسلاك المعدنية.

المرونة: هي خاصية عودة الجسم لهيأته الأصلية بعد تعرضه لمؤثر خارجي وزواله.

لاحظ سير روبرت هوك في عام ١٦٧٨م العلاقة الخطية بين الاستطالة والقوة المحورية المسببة لقيم انفعال صغيرة نسبياً. ومن ثم أتى بقانون هوك:

ما لم تتخط القوة المؤثرة حد المرونة فإن الاستطالة الناتجة تتناسب تناسباً طردياً مع مقدار القوة.

يبين الرسم (٤-١٠) منحنى الإجهاد – الانفعال لمادة صلبة، حيث يمثل البعد الرأسي للنقطة (أ) حد التناسب (حد المرونة) أو الإجهاد الأقصى الذي يمكن أن ينتج أثناء اختبار شد بسيط للمادة.



شكل (٤-١٠) : منحنى الإجهاد – الانفعال لمادة صلبة

إنَّ الجزء من المنحنى البياني للإجهاد – الانفعال الممتد من نقطة الأصل إلى حد التناسب يسمى منطقة المرونة (تتناسب فيه الاستطالة الناتجة تناسباً طردياً مع القوة المؤثرة). والجزء من المنحنى الممتد من حد التناسب حتى نقطة الكسر يسمى منطقة اللدونة.

مثال (٤-١) :

قضيب من الصلب طوله نصف متر وله مقطع مستعرض مساحته ٣٠٠ ملم^{٢} حُمِّل بقوة شد مقدارها ٤٠ كيلو نيوتن. احسب الاستطالة الكلية للقضيب الصلب علماً بأن معامل المرونة ٢٠٠ جيجا نيوتن/م^{٢}.

الحل

١. المعطيات :

م = ٣٠٠ ملم^{٢}، ق = ٤٠ × ١٠٠٠ نيوتن

هـ = ٢٠٠ × ١٠^{٩} (نيوتن/م^{٢}) × ١٠$^{-٦}$ نيوتن/ملم^{٢}

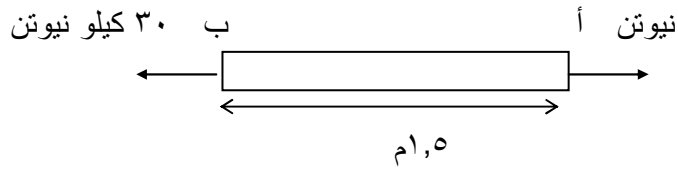
ل = ٠,٥ متر = ٥٠٠ ملم

٢. أوجد الاستطالة الكلية من القانون

$$\text{دل} = \frac{\text{ق . ل}}{\text{م . هـ}} = \frac{٤٠ \times ١٠٠٠ \times ٥٠٠}{٢٠٠ \times ١٠^{٩} \times ١٠^{-٦} \times ٣٠٠} = ٠,٣٣ \text{ ملم}$$

تمارين عامة (٤-١)

١) احسب الاستطالة الكلية للقضيب المبين في الشكل علماً بأن مقطعه المستعرض ٤٠٠ ملم^{٢}، ومعامل يانج ٢٠٠ جيجا نيوتن/م^{٢}.



٢) يستعمل سلك من الصلب قطره ٥ ملم لرفع الأشياء في منطقة تشييد مباني. احسب الاستطالة الكلية للسلك ليحمل ثقل ١,٥ كيلو نيوتن علماً بأن طوله ٨٠ م، ومعامل يانج ٢٠٠ جيجا نيوتن/م^{٢}.

٣) قضيب مستقيم من النحاس طوله ٣٠٠ ملم وقطره ٢٥ ملم معرض لقوة شد محورية قيمتها ٤٠ كيلو نيوتن، علماً بأن هـ = ٩٠ جيجا نيوتن.م$^{-٢}$ أوجد:

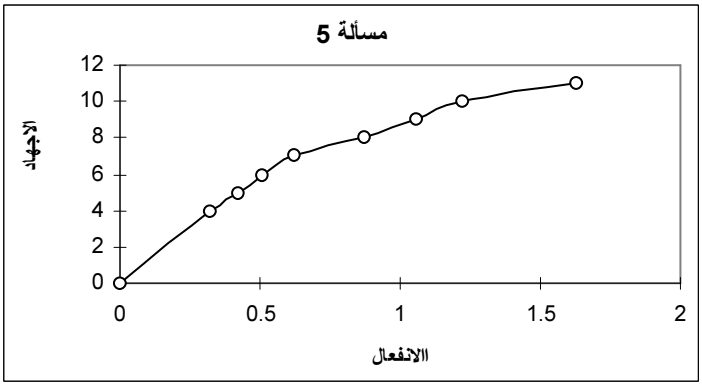
أ . وحدة الانفعال
ب. وحدة الاجهاد
ج. الاستطالة في طول القضيب
د. التغير في حجم القضيب
هـ. التغير في قطر القضيب
و. التغير في مساحة المقطع المستعرض للقضيب.

٤) في تجربة لقانون هوك لإيجاد معامل مرونة نابض مرن تم الحصول على النتائج التالية :

الحمل (نيوتن)	الاستطالة (ملم)
٠,٤	٣,٥
٠,٨	٧,٥
١,٢	١١,٠
١,٦	١٤,٠
٢,٠	١٨,٠
٢,٤	٢١,٠
٢,٨	٢٥,٥
٣,١	٢٨,٥
٣,٤	٣١,٥
٣,٩	٣٥,٠

(أ) ارسم منحنى الإجهاد – الانفعال للنابض.
(ب) أوجد من الرسم معامل مرونة النابض المرن.

٥) يبين الرسم التالي منحنى إجهاد – انفعال لمادة مرنة :



(أ) أوجد معامل مرونة المادة.
(ب) ما مقدار الإجهاد الذي يعمل على المادة مسبباً انفعالاً مقداره ٠,٦٨ ؟

٦) في تجربة وجد أن استطالة سلك معدني تزيد مع قوة الشد وفقاً للجدول التالي :

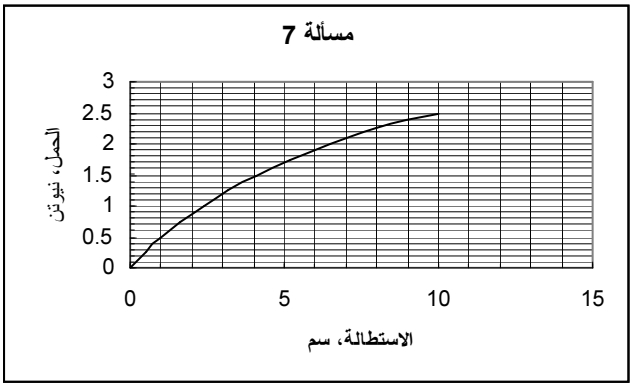
قوة الشد (نيوتن)	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
الاستطالة (سم)	٠	٠,١٦	٠,٣٢	٠,٤٨	٠,٦٤	٠,٨٢	٠,٩١	١,٠٩	١,٣١

أ) ارسم زيادة الاستطالة مع قوة الشد.
ب) استنتج من الرسم حد المرونة لهذا السلك.
ج) احسب ثابت القوة.
د) أوجد من الرسم مقدار الاستطالة عندما تكون قوة الشد ٢,٥ نيوتن.
هـ) أوجد الاستطالة للقوة المذكورة في (د) من قانون هوك وقارنها بما حصلت عليه من الرسم.
و) اجر هذه المقارنة لقوة الشد ٧,٥ نيوتن.

٧) يبين الرسم البياني أدناه تغير الاستطالة لشريط مطاطي عند إضافة حمل وزيادته تدريجياً. باستخدام المحورين في الرسم ارسم :

أ) رسماً بيانياً يمكن الحصول عليه عند إزالة كل الحمل تدريجياً من على الشريط المطاطي.

ب) رسماً بيانياً يمكن الحصول عليه إذا تم تحميل شريط مطاطي آخر له نفس الحجم غير أنه مصنوع من مطاط أقل مرونة باستخدام نفس الأحمال لأقصى حمل ٢,٥ نيوتن بدلاً عن الشريط الأول.



(٤ – ٥) هندسة الموائع

(٤–٥–١) مقدمة :

تتعلق علوم الموائع بسكون وتحريكية (ديناميكية) السوائل والغازات. ويمكن تعريف المائع على أنه عنصر يتشوه باستمرار تحت تأثير قوى قص مهما كانت صغر قيمتها.

أهم الفروق بين السوائل والغازات والمواد الصلبة كما هي موضحة على الجدولين (٤–١) و (٤–٢) .

جدول (٤–١) الفروق الأساسية بين المواد الصلبة والموائع

المادة الصلبة	السوائل
• الجزيئات قريبة من بعضها	• الجزيئات متباعدة من بعضها
• توجد قوى جذب كبيرة بين الجزيئات مما يجعلها تحتفظ بشكلها	• قوى الجذب قليلة
• تحتاج إلى إجهاد معين قبل أن تبدأ السيولة	• تتشوه تحت أقل إجهاد
• ترجع إلى شكلها الأصلي عند إزالة الإجهادات المماسة	• لا ترجع إلى شكلها الأصلي

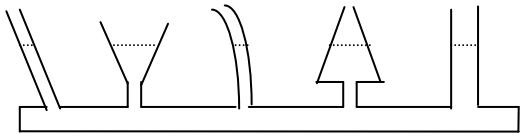
جدول (٤–٢) مقارنة بين السوائل (الموائع) والغازات

الغازات	السوائل
• الجزيئات بعيدة عن بعضها	• الجزيئات قريبة من بعضها نسبياً
• سهولة قابليتها للإنضغاط	• غير قابلة للإنضغاط نسبياً
• تتمدد بلا حدود عند إزالة الضغط الخارجي	• قوى التماسك بين الجزيئات تمسكها مع بعضها مما لا يجعلها تتمدد بلا حدود
• تتأثر الكثافة كثيراً بالتغير في الضغط والحرارة	• تغير طفيف على الكثافة عند تغير الضغط والحرارة

(٤-٥-٢) ضغط السوائل :

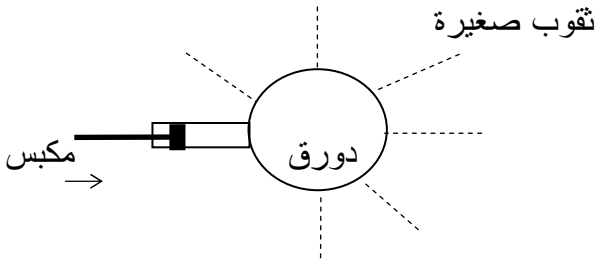
يدل الضغط على قوة عمودية تؤثر على وحدة مساحة في نقطة محددة على مستوى معين في كتلة المائع. والضغط متساوٍ في جميع الاتجاهات على نقطة ما في مائع ساكن. أي أن الضغط على نقطة في مائع ساكن، أو متحرك، لا تتأثر بالاتجاه عند غياب أي اجهادات قص (قانون باسكال). وعندما يتحرك المائع (أي أن طبقة منه تتحرك بالنسبة لطبقة أخرى) تحدث اجهادات قص عليه. ومن أهم العوامل المؤثرة في ضغط السوائل:

١. ضغط السائل عند أي نقطة في داخله يعتمد على عمق هذه النقطة تحت سطح السائل (ض = ث × ر : ض = الضغط، ث = الكثافة، ر = ارتفاع عمود السائل فوق النقطة أو المستوى)
٢. ضغط السائل عند أي نقطة ما في داخله متساوٍ في جميع الاتجاهات، فالضغط على أي نقطة من أعلى إلى أسفل يساوي الضغط عليها من أسفل إلى أعلى، ويساوي أي ضغط جانبي عليها.
٣. يعتمد ضغط السائل على كثافته، فالسائل الأكبر كثافة ضغطه أكبر من السائل الأقل كثافة في نفس العمق.
٤. لا يعتمد ضغط السائل على شكله أو حجمه وإنما يعتمد فقط على ارتفاعه الرأسي وكثافته. (شكل (٤-١١)).



شكل (٤-١١) : ضغط السائل، وشكل الإناء أو حجمه

٥. إذا وقع ضغط على سطح مائع (سائل أو غاز) محصور انتقل هذا الضغط دون نقصان في جميع الاتجاهات إلى جميع أجزاء السائل بالتساوي (قاعدة باسكال). شكل (٤ – ١٢) .

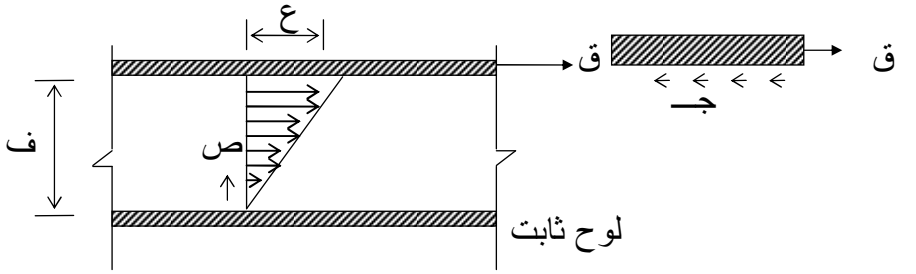


شكل (٤-١٢) : قاعدة باسكال

تفيد تطبيقات الضغط في توزيع المياه داخل المدن، ونوافير الماء، وميزان التسوية لأعمال المساحة، والممص (السيفون)، والمضخات والمكابس المائية.

(٤-٥-٣) اللزوجة (Viscosity) :

مقاومة المائع لقوى القص أو التشوهات الزاوية يطلق عليها اللزوجة. ويعبر عن اللزوجة بنسبتها للقوى المؤثرة ومعدل التشوه في المائع. ويبين شكل (٤-١٣) تشوه مائع وضع بين لوحين متوازيين. وبافتراض وجود لوحين كبيرين متوازيين بينهما مسافة صغيرة (ف) ممتلئة بمائع، ولكي يتحرك اللوح الأعلى بسرعة ثابتة ينبغي أن تعمل على اللوح الأعلى قوة (ق)، بينما اللوح الأسفل مثبتاً وعليه يتولد تداخل لزج بين اللوح والمائع ينتج عنه قوة سحب على اللوح وقوة قص على المائع. ويلتصق المائع الملاصق للوح الأعلى ليتحرك بسرعة (ع) في حين أن المائع الملامس للوح الثابت يظل ساكناً وسرعته صفر. وإذا كانت السرعة (ع) والمسافة (ف) ليست كبيرة فإن شكل السرعة يكون خط مستقيم . ودلت التجارب على أن قوة القص (ق) تتناسب طردياً مع مساحة اللوح (م) والسرعة (ع)، وتتناسب عكسياً مع المسافة (ف). وعليه يمكن استخدام قانون نيوتن لعلاقة القوة ومساحة المقطع والسرعة والمسافة لمائع نيوتوني :



شكل (٤-١٣) : تشوه مائع موضوع بين لوحين متوازيين

ق م.ع ÷ ف

(ق ÷ م = جـ) دع ÷ دف ..... (٤-٤)

حيث :

ق = قوة القص التي تعمل على لوح عريض جداً وحر الحركة (نيوتن)

م = المساحة (م^{٢})

ع = سرعة سطح اللوح الحر (م/ث)

ف = المسافة من اللوح الثابت (م)

وجهد القص يمكن إيجاده من المعادلة:

جـ = ق÷ م = – ز × (دع ÷ دص) ..... (٤-٥)

حيث :

جـ = إجهاد القص (نيوتن/م^{٢})

ز = معامل اللزوجة المطلقة (الديناميكية أو التحريكية) (نيوتن×ث/م^{٢})

دع ÷ دف = ميل السرعة (معدل التشوه الزاوي، معدل القص) (/ث)

ويطلق على الموائع التي تخضع للقانون أعلاه موائع نيوتونية (Newtonian fluids).

وتعرف اللزوجة الحركية (kinematic viscosity) على أنها النسبة بين اللزوجة المطلقة والكثافة، أي :

اللزوجة الحركية = اللزوجة المطلقة ÷ الكثافة

(٤ – ٦) الهندسة البيئية

(٤-٦-١) مقدمة :

تتعلق الهندسة البيئية بمواضيع موارد الماء ومصادره من حيث الخواص وأساليب التنقية والاستخدام والتخزين والتوزيع والإدارة المتكاملة، وجمع الفضلات ومعالجتها والتخلص النهائي منها، ومكافحة تلوث الهواء والحد من الضوضاء والضجيج في البيئة المحيطة.

من أهم الموارد المائية المتاحة للاستخدام العام مياه التساقط، والمياه السطحية، والمياه الجوفية، والماء المستعذب.

يقصد بمياه التساقط تلك المياه الساقطة على الأرض في صورة سائلة (مثل الأمطار والندى) أو صلبة (مثل الجليد والثلج). وتعتمد كمية الماء التي يمكن الحصول عليها من مياه التساقط على كمية التساقط بالمنطقة وفترة الهطلان وكثافته، وعوامل المناخ (من رياح ورطوبة وحرارة وبَخر)، وطبغرافية المنطقة وجيولوجيتها، والغلاف النباتي، وخواص المنطقة الجابية (منطقة الهطول) لهذه الأمطار وطرق تجميع المياه وحفظها، وسبل الاستخدام ومضاربها، ونوع الماء المجمع.

ويقصد بالمياه السطحية تلك المياه الجارية أو المستقرة على سطح الأرض ومنها: المحيطات والبحار والبحيرات والبرك والأنهار والجداول الصغيرة والخيران والأودية الموسمية والدائمة وما ماثلها. وتؤثر عدة عوامل على كمية ونوع الماء بها ومضارب استخدامها منها: شدة وكثافة وفترة هطلان الأمطار بالمنطقة، ومقدار الجريان السطحي، وتضاريس وطبوغرافية الموقع الجغرافي، وعوامل الطقس والمناخ، وخواص المنطقة الجابية، واحتمالات التلوث، وتقانة التنقية المستدامة، والإمكانات المحلية المتاحة، وفعالية التشريعات والمعايير الضابطة للاستغلال المحلى والإقليمي، والاتفاقيات الثنائية أو المشتركة والبروتوكولات الموقعة.

أما المياه الجوفية فهي تلك المياه المتكونة داخل الأرض من جراء تسرب المياه السطحية عبر التربة. وتعتمد كمية المياه في الخزان الجوفي على عدة متغيرات منها: كمية التساقط والنسبة المتسربة منه للتربة وطبوغرافية الموقع وجيولوجيته وجغرافيته.

ويقصد بالماء المستعذب والماء المعاد استعماله ذلك المستخلص من مصادر غير مباشرة مثل: تحلية الماء الملح السطحي أو الجوفي وإعادة استخدام مياه المجارى بعد خضوعها للمعالجة الملائمة.

لخواص الماء أثر كبير في أنماط استخدامه كماً وكيفاً. ويختلف نوع الماء المطلوب باختلاف الغرض من استخدام الماء، فمثلاً تصلح نوع مياه الأنهار لأعمال الري والزراعة، غير أنها لا تصلح للاستخدام المنزلي من غير تنقيتها وخضوعها لنوع معين من أنواع المعالجة. كما وأن المياه قليلة الملوحة تصلح للاستخدام المنزلي بعد تطهيرها، غير أنها لا تصلح للاستخدام الصناعي لوجود مخاطر الإئتكال والتحات، كما وأن مثل هذه المياه القليلة الملوحة ربما أتت بمشاكل نفاذية التربة عند استخدامها للري الزراعي.

(٤-٦-٢) الإدارة المتكاملة لموارد المياه :

الماء عصب الحياة ، يقول الله تبارك وتعالى في محكم التنزيل : ﴿ وجعلنا من الماء كل شئ حي ﴾ [الأنبياء : ٣٠]. وقد تعرضت موارد المياه العذبة إلى ضغط متزايد في السنوات الأخيرة نتيجة للنمو السكاني والزيادة في النشاط الاقتصادي وتحسن مستوى المعيشة مما أدى إلى زيادة المنافسة والصراع حول الموارد المائية العذبة الشحيحة . لذلك كان لا بد من إنشاء كيان يعني بترشيد استهلاك المياه وتوزيعها بصورة عادلة وحسن إدارتها. فتأسست في السويد في عام ١٩٩٦م المشاركة العالمية للماء (Global Water Partnership (GWP)) ، وهي عبارة عن شبكة عالمية متاحة لكافة الدول والمنظمات ومراكز البحوث تعمل على تبني الإدارة المتكاملة لموارد الماء (Integrated Water Resources Management (IWRM)) .

وتهدف الإدارة المتكاملة لموارد الماء إلى تأمين الماء للجميع وتغطية احتياجاتهم وأنشطتهم المختلفة ، وتوفير الماء اللازم للزراعة وإنتاج الغذاء وإحداث وعي عام وفهم عميق بين الأفراد والجماعات والأمم لأهمية تنظيم استهلاك المياه وحسن توظيفها .

لماذا الإدارة لموارد الماء حرجة؟ (لمحدودية الموارد و الطلب المتزايد)

كمية ثابتة من الماء في الدورة

النمو الاقتصادي

النمو السكاني

زيادة طلب على الماء

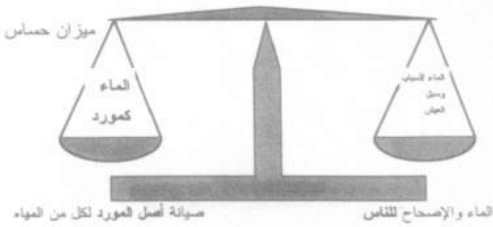
نمو سكاني

زيادة التنافس لمياه شحيحة

الاحتياج للتوزيع وفض النزاع

إدارة موارد الماء هي منع وفض النزاع

ما التحديات الرئيسة المستقبلة؟



الماء والإصحاح للناس

---- في حين ----

الأمطار وماء الري للغذاء

الماء للوظائف الاقتصادية للنظام البيئي

صيانة أصل المورد لكل من المياه السطحية والمياه الجوفية والتنوع الإحيائي

"ثورة زرقاء" لضمان وظائف أكثر ومحصول لكل قطرة

ما الذي جعل الماء خاص جداً حتى تجب إدارته؟

لأهمية الماء في كل مناحي الحياة

تعتمد كل الحياة وكل قطاعات الاقتصاد على الماء. كلنا نعيش في - ومع - دورة الماء الطبيعية: باستمرار تتم تغذية الماء، واستعماله، وإرجاعه، وإعادة استعماله. عليه كلنا نعتمد على بعضنا البعض.

كلنا نعيش أدنى النهر! كلنا نعتمد على بعضنا البعض

تداخل الاعتماد يدعو للتكامل

التكامل في النظام الطبيعي:

- بين الأرض واستعمال الماء
- بين المياه السطحية والمياه الجوفية
- بين كمية الماء ونوعيته
- بين أعلى النهر وأدناه
- بين نظم الماء العذب والمياه الساحلية

التكامل في إدارتنا للنظام الطبيعي

- في النظام البشري:

- إدراج الماء في الاقتصاد الوطني
- ضمان التعاون بين القطاعات
- ضمان المشاركة بين إدارة القطاع العام والقطاع الخاص
- مشاركة كل شخص

الماء قضية كل شخص

مبادئ دبلن تنير الطريق

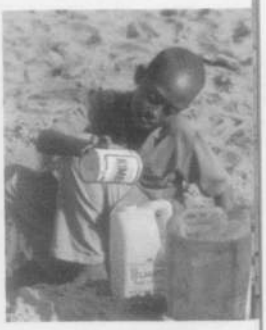
أربع رسائل بسيطة غير أنها فعالة توفرت في دبلن عام ١٩٩٢ م. وقد مثلت هذه المبادئ أساس جدول الأعمال ٢١ بريو ديجانيرو، والرؤيا للعمل في الألفية الثالثة.

المبادئ الأربعة هي:

- الماء العذب مورد محدود وغير حصين، ومهم للمحافظة على الحياة والتنمية والبيئة (أي مورد واحد، يجب إدارته متكاملاً)
- ينبغي إنشاء تنمية الماء والإدارة بطريقة المشاركة، لتضم المستهلكين والمخططين وصناع القرار على كل المستويات (أي إدارة الماء مع الناس – وبقرب الناس)
- النساء يلعبن دوراً مركزياً في توفير الماء وإدارته والحماية السليمة له (أي مشاركة النساء في كل الطريق)
- للماء قيمة اقتصادية في كل الاستعمالات المتنافسة وينبغي الاعتراف به كسلعة اقتصادية (أي بعد ضمان الاحتياجات الأساسية للإنسان، يوزع الماء لأعلى قيمة له، والتحرك نحو التسعيرة للتكلفة الكلية لتشجيع الاستهلاك المنطقي، واسترجاع التكلفة)

الإدارة الفقيرة للماء أكثر ما تؤذي الفقير!
تهدف مبادئ دبلن للإدارة الحكيمة للماء مع التركيز على الفقر

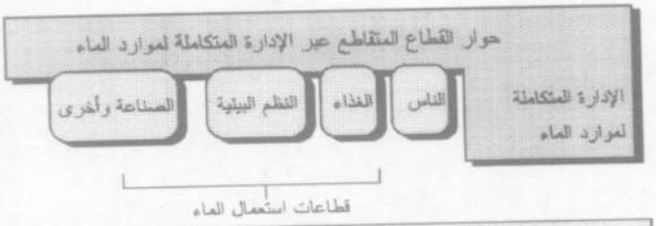
الفانون "السياسي" للهيدروليكا: يجري الماء للأعلى نحو السلطة



نحو أنموذج جديد

- إدارة الماء من قطاع فرعي لقطاع متقاطع

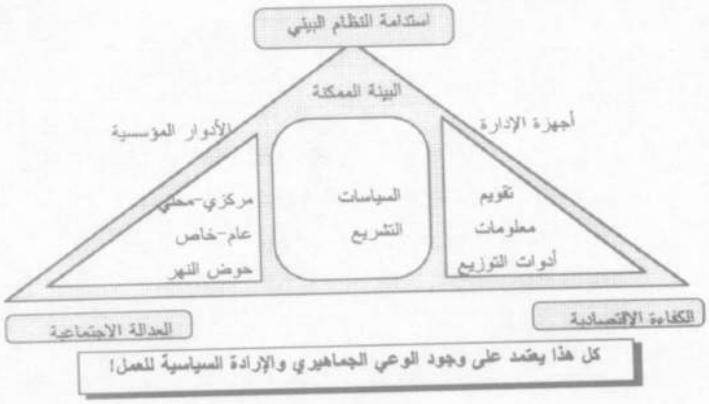
الإدارة المتكاملة لموارد الماء هي "مقبض التكامل" التي تقودنا من القطاع الفرعي للقطاع المتقاطع لإدارة الماء.



الإدارة المتكاملة لموارد الماء هي عملية تُعنى بترفيع التنمية المنسقة وإدارة الماء، والأرض، والموارد ذات الصلة من أجل أعظمية المحصلة الاقتصادية والرفاهية الاجتماعية في إطار العدالة دون تسوية الاستدامة للنظام البيئية الجوهرية (لجنة الاستشارية الفنية للمشاركة العالمية للماء GWP/TAC)

كيف تترجم مبادئ دبلن لأفعال؟

تضع البيئة المُمكنة القوانين، والأدوار المؤسسية ووظائفها تعرف الممثلين الذين يستخدمون أجهزة الإدارة.



كل هذا يعتمد على وجود الوعي الجماهيري والإرادة السياسية للعمل!

ما الذي يكوّن "البيئة الممكنة" لإدارة موارد الماء؟

أولاً وقبل كل شئ الموقف الصحيح: الحكومة كممكن أكثر منـــها إداري أعلـــى – أسفل

الحكومات:

- صياغة السياسات الوطنية للماء
- سن تشريع موارد الماء
- ضمان فصل الوظائف الضابطة وتوفير الخدمات
- تشجيع القطاع الخاص وتنظيمه
- تشجيع الحوار مع الدول المجاورة (٥٠ بالمائة من كل الأرض تقع فـــي أحـــواض الأنهار المشتركة)

ما الأدوار المؤسسية الملائمة؟

أولاً وقبل كل شئ تشارك المنظمات والوحدات على كـــل المســـتويات عـــبر القطاعات وتتحاور مع بعضها البعض.

كيف؟

- تثبيت التعاون في أعلى قمة في مستواه،
- بإيجاد كيانات تعاون على مستوى حوض النهر ،
- بنقل المسئولية لأقل مستوى ممكن، و
- بالتنمية البشرية والقدرات المؤسسية

ما الأدوات العملية للإدارة؟

يحتاج إداريو الماء "لصندوق أدوات" عملي ليعملوا!

تقويم موارد الماء

- شبكات جمع البيانات وفنيات التقويم.
- نقانات تقويم الأثر البيئي
- أدوات إدارة الخطر، على سبيل المثال للفيضانات والجفاف.

الاتصال والمعلومات

- رفع الوعي – "حركة ماء"
- مشاركة المساهمين العارفين

التوزيع وفض النزاع

- التوزيع عبر أجهزة السوق
- التوزيع اعتماداً على تقويم التكلفة والفوائد
- أدوات فض النزاع: أعلى النهر مقابل أدنى النهر، وقطاع مقابل قطاع، وإنسان مقابل طبيعة

أدوات تنظيمية (ثلاثة أنواع):

- تحكمات مباشرة – ضوابط وحقوق، ومواصفات، وضوابط خطط استعمال الأرض، .الخ
- الأدوات الاقتصادية – الأسعار، والتعريفة، والدعم، والحوافز، والرسوم، وتمديد المطاليات، والأسواق، والضرائب . . الخ.

ثلاثة مبادئ أساسية

- مبدأ أن يدفع المستهلك
- مبدأ أن يدفع الملوث
- مبدأ دعم الجيد، والضرائب على الرديء

- تشجيع التنظيم الذاتي – شفافية، تصنيف النائج . . الخ

التقانة

- البحث والتنمية
- الخطوط التوجيهية للتقويم التقني
- الخطوط التوجيهية للاختيار التقني

وأخيراً وليس آخراً التمويل!

الاستثمار في الإدارة المتكاملة لموارد الماء (بالمستهلكين، والحكومات، والقطاعات الخاصة، والمانحين/المصارف) تأتي بمردودات عالية للمجتمع.

(٤-٦-٣) الأمراض المتعلقة بالماء :

يمكن تقسيم الأمراض ذات الصلة بالمياه والإصحاح البيئي إلى: الأمراض المنقولة بالمياه، وأمراض عدم النظافة بالماء، والأمراض التلامسية، والأمراض ذات الصلة بنواقل الجراثيم، والأمراض الناتجة أصلاً من القصور في نظم الإصحاح البيئي.

في **الأمراض المنقولة بالماء (Water-borne diseases)** يتم بلع جرثومة المرض مع الماء الملوث عبر نظام إمداد المياه. ومعظم هذه الجراثيم تصل إلى الماء نتيجة التلوث بالفضلات البشرية والحيوانية بطرق مباشرة أو غير مباشرة. ومن أمثلة هذه الأمراض حمى التيفود والكوليرا (الهيضة) والتهاب الكبد المعدي (اليرقان) والدسنتاريا (الزحار) والقارديا وإصابات الإسهال والحمى الباراتيفودية.

تنتقل **أمراض عدم النظافة (Water-washed diseases)** لشح أو عدم وجود الماء النظيف للاستحمام وغسل الأيدي قبل الطعام وبعده ولعموم النظافة الشخصية وبعد استخدام المُغتسل والمرحاض ولغسيل الملابس والأواني المنزلية، وعدم استخدام كميات الماء المناسبة المطلوبة. وربما انتقلت بطرق مباشرة من إنسان لآخر أو باستخدام طعام ملوث أو بالأيدي المتسخة أو بالذباب. ومن أمثلة هذه الأمراض: الدسنتاريا الباسيلية والدسنتاريا الأميبية، وتسمم الطعام، وداء السَّلْمُونيلات، والإسهالات، والباراتيفويد، وداء الصَفَر (الأسكاريا)، وأمراض الجلد وتقرحاته، والرمد الصديدي والتراكوما.

تنتشر **الأمراض التلامسية (Water-related diseases)** عبر إيصالها بوساطة مضيف مائي لافقاري (عادة يكون حيوان)، حيث يأخذ جزء من حياة الميكروب وناقل المرض مجراه في حيوان مائي لحين ملامسته لجلد الإنسان أو ولوجه من خلال العين والأنف والأذن وفتحات المخارج إلى المصاب. ومن أمثلة هذه الأمراض البلهارسيا (المنشقة) ودودة غينيا.

تنتقل **الأمراض ذات الصلة بنواقل المرض (Water-ralated insect / vector diseases)** بوساطة نواقل للجراثيم مثل بعض الحشرات والحيوانات أو غيرها من النواقل والتي تعتمد في حياتها على نظام مائي أو تعيش بقربه. عادة هذه النواقل متحركة وعدائية بالقرب من نظام مائي غير محمي مفتوح وساكن. وقد تحدث العدوى عندما تقوم الحشرة بحمل جرثومة المرض عند عضها لإنسان مبتلى أو حيوان، ثم تقوم بعض شخص آخر، حيث يتم حقن الجراثيم داخل الجلد أو مجري الدم عند العض، ومن أمثلة هذه الأمراض : داء المِثَقَبِيّات (مرض النوم الأفريقي)، وحمى النهر أو عمى الجور (داء كلاّبِيَّة الذنَب)، وداء الملاريا (البرداء).

تنتقل **الأمراض ذات الصلة بالإصحاح (Sanitation related diseases)** بوساطة من تنعدم عندهم النواحي الصحية للتخلص من الفضلات. ومن أمثلتها الدودة الشِصِّية Hookworm (المَلْقُوة Ankylostoma).

تضم وحدات تنقية الماء وحدات طبيعية وكيميائية وحيوية. وتعتمد الوحدات الطبيعية في أدائها وعملها على القوى الطبيعية لإزالة الملوثات، وتضم هذه الوحدات: المصفاة، والترسيب والطفو، والترشيح. أما الوحدات الكيميائية فتعتمد على التفاعلات الكيميائية لإزالة الملوثات ومنها: الترويب والترسيب الكيميائي، والتطهير. وتعتمد الوحدات الحيوية على الأحياء المجهرية لأكسدة المواد العضوية الملوثة بغية التخلص النهائي، ومنها: الترشيح الحيوي، ولهذه المعالجة دور أكبر في معالجة الفضلات السائلة في وحدات حوض التحليل اللاهوائي (septic tank) ، وبرك الأكسدة.

(٤-٦-٤) تلوث الهواء :

إن الهواء من أهم العناصر الأساسية والضرورية لاستمرار حياة الإنسان والحيوان والحشرات والنبات والأحياء المجهرية وغيرها من خلق الله

سبحانه وتعالى. وقد يعيش الإنسان بدون ماء وغذاء لفترة من الزمن غير أنه لا غنى له عن أوكسجين الهواء. وبما أن رئة الإنسان ذي النشاط العادي تستقبل يومياً حوالي خمسة عشر كيلوجراماً من الهواء فينبغي عدم تعرضه لأي عناصر ملوثة، أو محدثة للتلوث الهوائي.

إنَّ للهواء قدرة كبيرة على نشر الملوثات في حيز كبير ومنطقة واسعة، ربما بعدت كثيراً عن مصدر التلوث ومنبعه، دون أن تتقيد بالحدود الجغرافية أو السياسية أو الطبيعية أو ما على شاكلتها من قيود ومحدات. إن الهواء غاز يغلف الكرة الأرضية ويتكون في طبقتي التروبسفير والاستراتوسفير من النتروجين والأوكسجين وغازات قليلة أخرى إضافة إلى بخار الماء وبعض الأجسام الدقيقة. ويشكل غاز النتروجين (الأزوت) نسبة ٧٨,٠٧ ٪ والأوكسجين ٢٠,٩٥٪ والأرجون ٠,٩٤٪ وثاني أكسيد الكربون ٠,٠٣٪، والهيدروجين ٠,٠١٪، بالإضافة إلى أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت والهليوم والميثان والأوزون والكريبتون والنيون والزينون في الهواء الجاف غير الملوث.

يقصد بتلوث الهواء لغةً: لوَّث الشيء بالشيء: خلطه به، ولوث الماء: كدَّره. ولوث الماء أو الهواء ونحوه: خالطته مواد غريبة ضارة. وكل ما خَلَطْته ومَرَسْتَهُ: فقد لُثته ولوَّثته، كما تلوثُ الطين بالتبن والحِصَّ بالرمل. ويعنى بتلوث الهواء اصطلاحاً "وجود ملوثات له في الغلاف الجوي أو في الهواء الخارجي بتركيز مناسب، وبخواص معينة، ولفترة زمنية كافية، تهدد أو تضر حياة الإنسان وممتلكاته أو تؤثر على مملكتي الحيوان والنبات"، أو تؤدي إلى وقوع أضرار فسيولوجية أو اقتصادية أو كليهما بالإنسان، والحيوان والنبات والآلات والمعدات، أو تؤدي إلى التأثير في طبيعة الأشياء وفي مظهرها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية. وربما أضرت هذه الملوثات وأثرت كثيراً في الاستفادة من أساليب التقانة الحديثة الهامة للتقدم، والأساسية للرقي ونمو ورفاهة

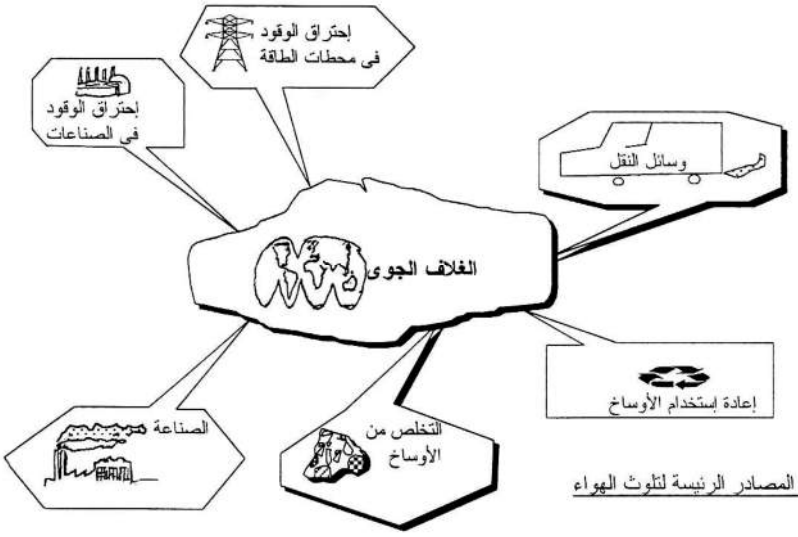
الشعوب. ومن أمثلة الملوثات الهوائية: الأتربة، والغازات، والضباب، والدخان، والأبخرة السامة، وما على شاكلتها من أنواع الملوثات المختلفة والمتعددة والمتجددة تجدد الصناعات والابتكارات البشرية (أنظر شكل (١٤أ) و (١٤ ب)).

(٤-٦-٥) مصادر الملوثات الهوائية :

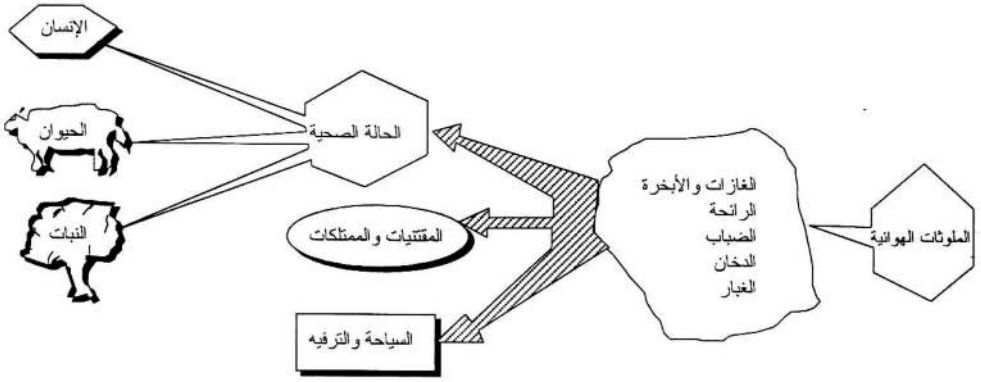
يمكن تقسيم الملوثات الهوائية حسب مصادرها إلى ملوثات طبيعية وأخرى صناعية. أما الملوثات الهوائية النابعة من المصـــادر الطبيعية Natural sources فتضم الهباء، والغبار، والأتربة، والرمل (خاصة في المناطق الجافة أو الصحراوية)، وحبيبات الدخان (الناتجة من الحرائق وثورات البراكين)، والأبخرة، والمتحوصلات الدقيقة جداً (Spore formers)، والغازات الناتجة من التحلل اللاهوائي للمواد العضوية (مثل: أول أكسيد الكربون (CO)، وكبريتيد الهيدروجين (H_2S)، والميثان (CH_4))، والضباب (خاصة في المناطق الرطبة المنخفضة). وتضم الملوثات الهوائية الناتجة من المصادر الاصطناعية (Anthropogenic) أكاسيد الكبريت (SO_x)، وأكاسيد النتروجين (NO_x) ، والهيدروكربونات، وأول أكسيد الكربون، والمواد العالقة.

عادة تنتج هذه الملوثات من وسائل النقل (مثل سيارات الاحتراق الداخلي والطائرات والقطارات والمواخر)، وحرق الوقود من المصادر الثابتة ومحطات توليد الطاقة الكهربائية، والصناعات القائمة (مثل الصناعات الكيميائية، وصناعة الورق، وتكرير النفط، وصناعة الفلزات، وصناعة الأسمنت والأسبستس، والمحاجر، والصناعات البتروكيميائية وغيرها من الصناعات) والتخلص من النفايات والمواد الصلبة (من المصادر المنزلية، والتجارية، والصناعية، والزراعية) والحرائق، .. الخ.

يوضح الشكل (٤-١٤) الملوثات الهوائية وآثارها .



أ) المصادر الرئيسة لتلوث الهواء



ب) العلاقة بين أنواع الملوثات الهوائية وما تحدثه من أضرار

شكل (٤-١٤): الملوثات الهوائية وآثارها .

(٤-٦-٦) الأمطار الحمضية :

تزداد درجة التلوث الهوائي في بعض المناطق الصناعية مما يزيد معه تراكيز الغازات الحامضية مثل ثاني أوكسيد الكبريت SO_2 ، وأكاسيد النتروجين NO_x. وبعد إطلاق هذه الغازات في الغلاف الجوي يتم تحويلها إلى كبريتات ونترات، والتي تتحد مع الماء لتكون أحماض الكبريتيك والهيدروكلوريك والنتريك المخففة . ومن ثم تعود إلى الأرض في شكل ندى أو ضباب أو رذاذ أو ثلج أو أمطار، مكونة الأمطار الحمضية (Acid rains) التي قد يصل رقمها الهيدروجيني إلى ٤ أو ٣ في بعض الأحوال النادرة .

وتتفاوت نسبة الأمطار الحمضية من منطقة لأخرى حسب حجم الملوثات الهوائية وكميتها، وعدد الصناعات وحجمها وكفاءتها، والغطاء النباتي والمائي بالمنطقة، والجيولوجيا والطبغرافيا المحلية، وعوامل الطقس والمناخ (من رياح، وحرارة، ورطوبة، وبخر)، والكثافة السكانية، ونظم مكافحة التلوث الهوائي . ومن الآثار الضارة للأمطار الحمضية تذويبها للمعادن السامة، وتآكل المنشآت والمباني والآثار التاريخية، وتلوث المصادر المائية، وتسبب أضراراً للزراعة والصناعة، وتلف للمحاصيل والنباتات، وهلاك الحيوانات المائية والرخويات والحيوانات ذات الدرع، وتدمير الغابات وانخفاض إنتاجيتها .

تمارين عامة (٤-٢)

١) أي من التالي لا يؤثر على الضغط في قعر بركة ما؟ ولماذا؟
- مساحة البركة
- كثافة الماء بالبركة
- قوة الجاذبية الأرضية
- الضغط الجوي
- عمق البركة

٢) أتمم الجمل التالية:
- الضغط يساوي ..... مقسومة على .....
- وحدة قياس الضغط الجوي هي .....
- مقاومة المائع لقوى القص الواقعة عليه تسمى .....

٣) يبعد لوح ٠,٤ ملليمتر عن لوح آخر ثابت يتحرك بسرعة ٠,٤ متر على الثانية، ويحتاج إلى قوة ٣ نيوتن لوحدة المساحة للحفاظ على سرعته. أوجد لزوجة المائع المحصور بين اللوحين .

٤) اللزوجة الكينامتيكية والكثافة لمائع معين هي ٣ × ١٠ $^{-٤}$ متر مربع على الثانية و ٠,٨ على الترتيب . أوجد اللزوجة المطلقة للمائع.