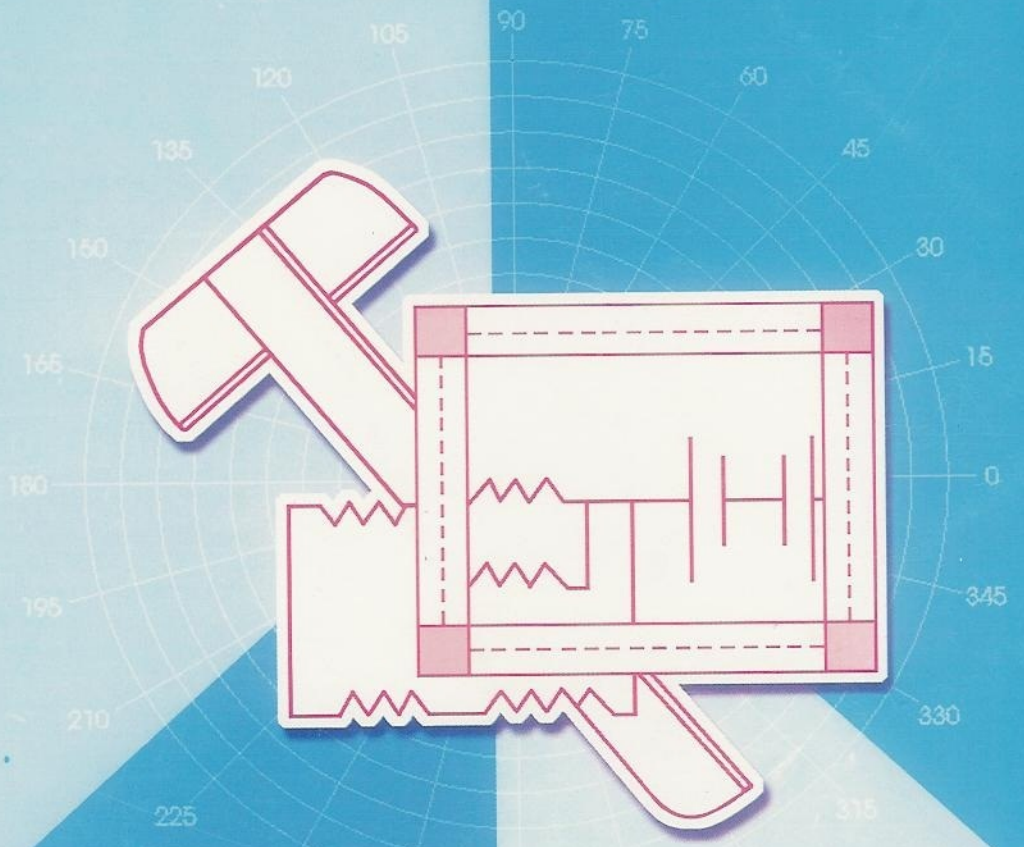
جمهورية السودان

التعليم الثانوي

أساسيات العلوم الهندسية

الصف الأول



بسم الله الرحمن الرحيم

iuiyuiui

جمهورية السودان

وزارة التربية والتعليم العام

المركز القومي للمناهج والبحث التربوي

بخت الرضا .

أساسيات العلوم الهندسية

الصف الأول الثانوي

تأليف :

١- الاستاذ : ابو القاسم عبد القادر صالح – نائب وكيل التعليم الفني سابقا

٢- الاستاذ : عبد الرحيم سعيد – المركز القومي للمناهج والبحث التربوي

٣- دكتور : محمد عثمان محمود – كلية الهندسة جامعة الزعيم الازهري

٤- الاستاذ : قرشى ادم ماهل – تعليم ولاية الخرطوم

مراجعة :

١- برفسور : على محمد على – عميد كلية الهندسة جامعة الازهري

٢- برفسور : عصام محمد عبد الماجد – كلية الهندسة جامعة السودان

الاخراج الفني والتصميم :

الاستاذ : ابراهيم الفاضل الطاهر – مختص مناهج.

الجمع بالكمبيوتر :

ابتهاج مصطفى على

تهانى بابكر سليمان

ISBN 978-99942-53-52-4 ردمك

المحتويات

الموضـــوع	الصفحـــة
• المقدمة	أ ـ د
الباب الأول	
أساسيات الرسم الهندسي	
• المقدمة	١٠
• معدات الرسم الهندسي	١٢
• المثلثات	٣٤
• المتوازيات	٤٨
• الدائرة	٥٤
• المماسات	٦٧
• القطع الناقص	٧٨
• المضلعات المنتظمة	٨٥
• المكعب ـ المنشور	٩٢
• المخروط	٩٤
• الأجسام الأسطوانية	٩٥
الباب الثاني	
أساسيات الهندسة الميكانيكية	
• أدوات القياس والمقارنة	١٠٠
• معدات القطع	١١٣
• المبارد وعملية البرد	١٢١
• الثقب والمثاقب	١٢٦
• البرغلة والبراغل	١٢٩

• قطع اللولب(القلووظ)	١٣١
• أساليب وصل المعادن	١٣٥
الباب الثالث	
اساسيات الهندسة الكهربائية	
• مقدمة	١٤٦
• أصل الكهرباء الكهربائية	١٤٧
• مصادر القوة الدافعة الكهربائية	١٥٣
• المولد البسيط	١٥٦
• تأثيرات التيار الكهربائي	١٥٨
• الدائرة الكهربائية	١٦٧
• تطبيقات قانون أوم	١٨٢
الباب الرابع	
الهندسة المدنية والعمارة	١٩٩
• مقدمة الهندسة المدنية والعمارة	٢٠٠
• مواد البناء اللاصقة	٢٠٣
• الأساسات	٢١١
• المقاييسات والتثمين	٢١٤

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة :

لقد اقتضت سنة التطور أن تراجع مناهج التعليم العام وفقاً لمتطلبات العصر وتفجر المعرفة التي جعلت العالم قرية صغيرة يستطيع الإنسان التجوال فيها من خلال وسائل الإعلام المسموعة والمرئية في لحظات معدودة .

أفضت مراجعة المناهج إلى تغيير جذري في تركيبة مؤسسات التعليم العام. فقد تغير شكل السلم التعليمي في سنوات التعليم العام وأصبح مرحلتان فقط . هما مرحلة الأساس ذات الثماني سنوات ومرحلة الثانوي ذات الثلاث سنوات . واكتملت مرحلة الأساس بحمد الله وطبقت منذ أمد .

كان لابد من الالتفات إلى المرحلة الثانوية لإعادة صياغة مناهجها لتلبي متطلبات الحياة وحاجيات الدارسين على السواء .

فكان مقترح توحيد المرحلة الثانوية بحيث تختفي مظاهر الانقسام المؤسسي من أكاديمي وديني وفني ، وتبرز إلى الوجود مدرسة ثانوية واحدة تبسط المعارف المختلفة للدارسين ، تشبع حاجاتهم الدينية وتلبي طموحاتهم المعرفية الأخرى كلها.

وتقوم على نظام خاص لتقدم المعرفة المتدرجة التي تقود الطالب في يسر وتغرس فيه فيضاً من المعارف تجعله قادراً على حسن الاختيار للدراسة الجامعية إن وفق لدخول مؤسسات التعليم العالي أو قابلاً للتدريب إن أراد الخروج للحياة العملية .

واحد من هذه المناهج التي عكف علماء مختصون على تصميمها بعد عدد من ورش العمل واللقاءات العلمية والمناقشات المستفيضة هو منهج العلوم الهندسية .

منهج العلوم الهندسية للصف الأول في المدرسة الثانوية هو عبارة عن أساسيات من الهندسة المدنية ، وعلوم الكهرباء ، والميكانيكا والرسم الهندسي .

وقد اشتمل قسم الرسم الهندسي من الكتاب على معدات الرَّسم الهندسي ، وأنواع الخطوط ، والمستقيمات ، والزوايا ، والأقواس ، والمثلثات ، والدائرة ، والمماسات ، والقطع الناقص ، والشكل البيضي ، والمضلعات ، والمتوازيات ،

والهرم والأجسام الأسطوانية بالقدر الذي يكون أساساً سليماً يضع الطالب مباشرة أمام الإسقاط ليدخل في أغوار الرسم الهندسي في الصف الثاني إن شاء الله .

أما أساسيات الميكانيكا ، فقد بدأت بأدوات القياس والمقارنة ثم معدات قطع وقص المعادن وعملية الثقب والمثاقب ، ثم الدشكلة والمخاوش والبراغل وينتهي هذا القسم بأساسيات طرق وصل المعادن .

القسم الثالث من الكتاب يقدم أساسيات في الهندسة الكهربائية في أربعة محاور .

يجد الطالب في المحور الأول أصل الكهرباء ، فالمواد الموصلة والمواد العازلة ثم أشباه الموصلات .

وفي المحور الثاني يجد الطالب أساسيات مصادر القوة الكهربائية الدافعة ، المولد البسيط ثم تأثيرات التيار الكهربائي الحراري ، المغناطيسي ، الكيميائي والميكانيكي .

أما المحور الثالث فيجد فيه الطالب الدائرة الكهربائية وتعريف المصطلحات المستخدمة في الهندسة الكهربائية .

ويختتم هذا القسم بالمحور الرابع الذي يقدم تطبيقات عملية على قانون أوم وأمثلة وتدريبات عملية .

يتعرض الجزء الأخير من الكتاب إلى أساسيات الهندسة المدنية مبتدئاً بمواد البناء ، الأسمنت وأنواعه ، الجير وأنواعه والجبص ، ثم يعرض نماذج من (مونة) الأسمنت ومواصفاتها وحساباتها والمونة الخرسانية وأنواعها ثم يدلف هذا القسم إلى طرق حسابات المواد اللازمة للبناء ومقاييساتها وينتهي هذا القسم عند عملية التكعيب.

مركز تطوير المناهج والبحث العلمي مدين للعلماء الأجلاء الذين شاركوا بجهودهم وأفكارهم في اللقاءات العلمية ولجان إعداد المفردات والصفوة الخيرة التي شاركت في تأليف هذا الكتاب .

مقدمة العلوم الهندسية :

ورد في تاج العروس من جواهر القاموس للزبيدي ، ويقال : رجل هندوس هذا الأمر ، بالضم ، أي العالم به . هَنَادِسةَ هذا الأمر ، أي العلماء به. والمهندس مقدّر مجاري الماء القنى[1] واحتفارها حيث تُحفر ، والأسم الهندسة ، وهو مشتق من الهنْداز (أو أنداز) ، فارسية معرب آب أنداز ، فأبدلت الزاي سيناً ، لانه ليس لهم دال بعده زاي وهو حاصل كلام كتاب الجوهري ، وأنداز : التقدير ، وآب : هو الماء " . أسمى الفارسيون مبدع الفن الهندسي أنداز ، ولقبه الفراعنة بالنجار الملكي (البناء الملكي) ، وأسماه اليونانيون أرشيتكتون Architktons أي سيد البناءين ، وعرفه الرومان بالأنجيناري Ingenari لصنعه الأجهزة العسكرية ومنشآتها ، ثم التصق لفظ مهندس في القرن السابع عشر بالمنشأت المدنية .

ثم تطورت مهنة الهندسة بعد احترافها وإنبثاق التخصصات الدقيقة الخاصة بها ، فشملت العلوم وتطبيقها في محاور التصميم ، والإنشاء الخاصة بالعمارة ، والآلات والأجهزة وكافة وسائل الإنتاج الصناعية ، والزراعية ، والطبية ، والفنية ، والعسكرية ، والاقتصادية ؛ وكل ما يكفل أساليب الراحة وتيسير إيقاع الحياة . ويعرف بعضهم الهندسة على أنها فن الإفادة من المبادئ والأصول العلمية في بناء الأشياء وتنظيمها .

وارتبطت الهندسة ارتباطاً وثيقاً بكافة العلوم ، فأفادت منها في استخدام المواد ، وقوى الطبيعة لبلوغ التقدم ، وطلب التطور ، وابتغاء الازدهار في إطار إقتصادي مستدام دون ضرر بالبيئة المحيطة ، أو الصحة العمومية ما أمكن . فكان الإبداع الهندسي المبين ، والفن الجمالي المدرك والمَحسوس ، والتفاعل مع البيئة والجمهور للبعد عن النشاز والإبغاء بالنغم الرصين . بدأت الهندسة المدنية ثم انبثقت التخصصات المختلفة فشملت العمارة ، وتخطيط المدن ، والإنشاءات ، والطيران ، والطرق ، والجسور ، والأنفاق ، والبيئة ، والرّي والهيدروليك ، والكهرباء والإلكترونات ، والاتصالات ، والميكانيكا ،

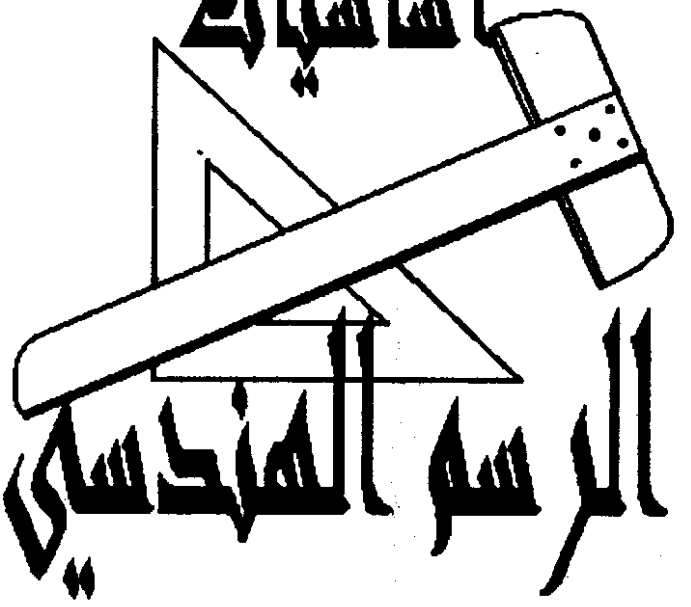
---

[1] القنى : جمع قناة وهي الآبار التي تحفر في الارض متتابعة ليستخرج ماؤها ويسمح على وجه الأرض ، وتجمع قَناً ، وجمع القنا قُني فيكون جمع الجمع (أنظر لسان العرب لابن منظور) .

والبحرية ، والتدفئة والتكيف ، والسيارات ، والكيمياء ، والنفط ، والتعدين ، والطب ، والأمن الصناعي ، والكفاية الإنتاجية والزراعية ، والحاسوب .

وللتفرد والإبداع الهندسي ينبغي اكتساب المهارة الهندسية ، وتطوير الملكات الفكرية ، ونمو القدارت العقلية ، وترويض الخيال العلمى المبتكر ، والمقدرة على التذوق الفنى السليم ، وقوة الملاحظة ، والتمتع بالحس المرهف لكافة ضروب الجمال . ومن هنا ينبغي على المعلم نقل المعلومة الهندسية في أمانة وإخلاص وتجرد – للمتلقي وطالب الهندسة الذى من الواجب أن يتحلى بالصبر، والانتباه والتركيز، والتفاعل ، لتلقى التدريب الكفيل بتطوير المهنة ، ورفعة الأمة ونهضتها ؛ خاصة في زماننا هذا حيث كاد أن يسود اقتصاد السوق ، وعولمة الفنون ، وتدويل المعرفة ، وكوكبية المعلومات والثقافة . وهذا يظهر كبر التحدى الملقى على عاتق جحافل المهندسين السودانيين ، والعبء الكبير على كاهل أئمة الهندسة السودانية وعلمائها ، ممثلين في مؤسسات التعليم العالي والبحث العلمي التى نيط بها حمل الأمانة ، وتبليغ الرسالة الهندسية ، ثم لنا أن نسعد بتحقيق آمال واقعية مثل إنشاء مترو أنفاق حلفا والخرطوم وبورتسودان وجوبا والفاشر وما بينهما ؛ ومد شبكة الطرق التى تقود جميعاً للخرطوم ؛ وبناء الجسور والقناطر التى تضمن انسياباً منتظماً للنيل وتعمل على صد الفيضان ، ومنافسة الطيران السوداني لارتياد الفضاء ؛ وتحقيق أحلام مثل إمتلاك القوة العسكرية العلمية السودانية النافذة عبر المجرات لرفع راية لا إله إلا الله محمد رسول الله في الآفاق ؛ وتحريك الأشياء دون معينات ؛ والمشي على سطح الماء ؛ وإبتكار التلفاز ثلاثي الأبعاد ... الخ وتكون خير أمتداد لنفر سوداني كريم كان رائد هندسة الحديد والصلب في العالم أجمع في القرن السادس الميلادي وإمتداد طبيعي لثلة من الأولين حققت الطفرة الهندسية براً ، وبحراً في الدولة الإسلامية وليس ذلك على الله ببعيد .

الباب الأول



الرســـم الهندســـي

مقدمة :

الرسم الهندسي هو لغة المهندس ، أو المصمم ، لوضع الأفكار – والاختراع والخيال العلمي – موضع التنفيذ وعندما تدعو الحاجة لتحقيق الفكرة الهندسية لآلة جديدة ، أو مبنى ، أو منشأة أو نظام ، أو تطور لمنظومة هندسية يضع المهندس الفكرة على الورق ، أو في إطار صورة image أو طيف في انبوبة أشعة المهبط cathode ray tube بغية التواصل والاتصال مع الاخرين ومن ثمّ ينتج الرسم الهندسي في صورة مخطط كروكي للفكرة . ثُم يتم تواصل المخطط بمخططات ورسومات أخرى للحساب والتقدير ، وتطوير الفكرة بصورة أكبر وأدق وإيجاد القوى العاملة ، والجهد ، وتحليل الحركة ، ومقاسات الأجزاء ، وأنواع المواد وطرق الإنتاج ، والصيانة ولتوصيل هذه الأفكار للأخرين نبعت لغة الرسم الهندسي منذ أمد بعيد مثل ما وجد في الرسوم وأشكال الحضارات القديمة ومنها الحضارة البابلية (حضارة ما بين النهرين) ، والمصرية القديمة ، واليونانية ، والرومانية ، ثم تم تبسيط هذه الأشكال والاستعاضة عنها برموز لكتابة لغة الرسم الهندسي .

وعليه يمكن تعريف الرسم الهندسي على أنه تمثيل لواقع مقترح أو تصميم لإنتاج أو تنفيذ فكرة يحتاج إليها . وقد وجدت مدرستان لهذا الفن تعنى إحدهما بالفن artstic لتوضيح الأفكار والتعبير عن الفلسفة المجردة عبر وسائل الصور والنحت التجريدى ، والأخرى بالتقانة technical لتوضيح تصميم الأشياء المراد بناؤها أو إنشاؤها . وتطور الرسم الهندسي عبر نظرية الاسقاطات للأشياء كمخططات خيالية للحصول على المناظر المختلفة في مطلع القرن الخامس عشر في ايطاليا بوساطة المعماري البرني برونلشي Albern Brunelleschi وآخرين ومعلوم أن ليوناردو دافنشي استخدم الرسم لتسجيل وتوصيل أفكاره وتصميم لآلات الإنشاء والتشييد . ومن أوائل من استخدم أدوات الرسم الهندسي المهندس المدني جورج واشنطن في منتصف القرن السابع عشر. ويعد جسبارد مونج Gaspord Monge الفرنسي مبتدع الهندسة الوصفية لأصول الاسقاطات المستخدمة حالياً لدواعي التحصينات والإنشاءات

العسكرية. ومن ثم تطورت الهندسة الوصفية والرسم الهندسي لتأخذ منحى اللغة العالمية القياسية . وقد كان للمعهد القومي للمواصفات الأمريكية American National Standard Institute (ANSI) دور بارز مع الجمعية الأمريكية لتعليم الهندسة ، وجمعية مهندسي السيارات ، والجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين لوضع دليل الرسم الهندسي القومي القياسي والذى يعمل به بوصفه دليلا لتوحيد ممارسة الرسم الهندسي اليدوي ، أو باستخدام الحاسوب كما في التصميم بمساعدة الحاسوب Computer Design CAD . . أو الرسم بمساعدة الحاسوب Computer Aided Drafting . CAD .

ويعد من يجهل هذه اللغة من المهندسين أو العلماء أو الفنيين جاهلا مهنياً وهذا الحال يستوجب التدريب والتأهيل في هذا الفن الهام لمعرفة المنتج وتشغيله وصيانته . كما يعلم الرسم الهندسي مهارات مساعدة أخرى مثل التنسيق ، والسرعة ، والتنظيم ، والدقة ، وتنشيط الخيال لبناء الأشياء في الفراغ ، مما يصقل المواهب وينمي الإبداع العلمي ويشحذ ملكة الإبتكار .

ولاكتساب المهارة في هذا الفن ينبغي معرفة الأدوات المستخدمة والمعينه على الرسم الهندسي ، وكيفية استخدامها ، وحدود كفاءتها ، ثم التعرف على ثورة الحاسوب في الرسم الهندسي الذي ساعد كثيراً في الإبداع وتنمية المواهب بتسهيل التواصل للتصميم الجيد .

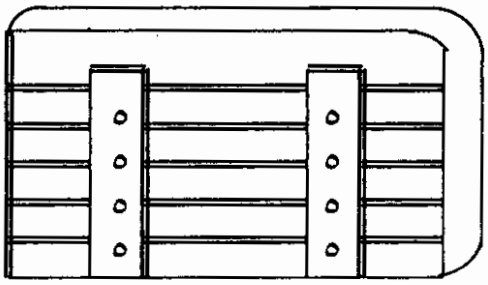
معدات الرَّسم الهندسي

تستخدم في الرسم الهندسي معدات كثيرة إلا أننا كمبتدئين نقف في هذا الباب على بعض المعدات الرئيسية الآتية :-

لوحة الرَّسم :

تصنع لوحة الرسم من خشب متوسط الصلادة مقاوم لتقلبات الطقس كالخشب الأبيض أوالموسكي يسمح باستخدام دبابيس الرسم وخلعها بسهولة . ويجب أن يكون سطح لوحة الرسم مستو تماماً وأن تكون زواياها قائمة خاصة حافة اللوحة اليسرى التي تنزلق عليها المسطرة . يثبت على حافة لوحة الرسم من الناحية اليسرى حافة مستقيمة من الحديد أو اللدائن (البلاستيك) لتنزلق عليها مسطرة الرسم حرف T إلى أعلى وأسفل .

تصنع لوحة الرسم بمقاسات مختلفة حسب الأغراض التي تستخدم فيها . أبعاد لوحة الرسم شائعة الإستعمال في المدارس تتراوح بيـــن ٧٢٥ × ٤٠٠ مم و ٨٠٨ × ٤٨٠ مم .

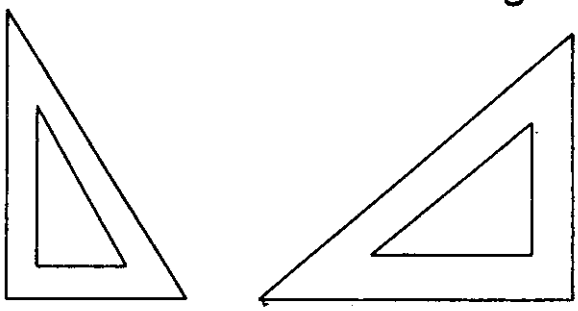


الشكل رقم (١) يبين لوحة الرسم من الناحية الخلفية .

تقوى لوحة الرسم من الناحية الخلفية بعارضتين مثبتتين بمسامير قلاووظ لتقيها من الانحناء والإعوجاج . كما يفتح على امتداد سطح لوحة الرسم الخلفي مجاري أفقية بالمنشار لامتصاص التمدد والإنكماش أثناء تقلبات الطقس .

المثلثات : -

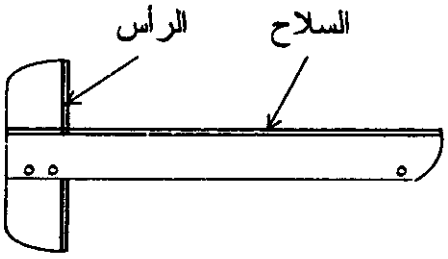
يستخدم في الرسم الهندسي مثلثان أحدهما يسمى٤٥°والآخر٣٠/٦٠° ويصنعان من اللدائن .



مثلث ٤٥°　　مثلث ٦٠°

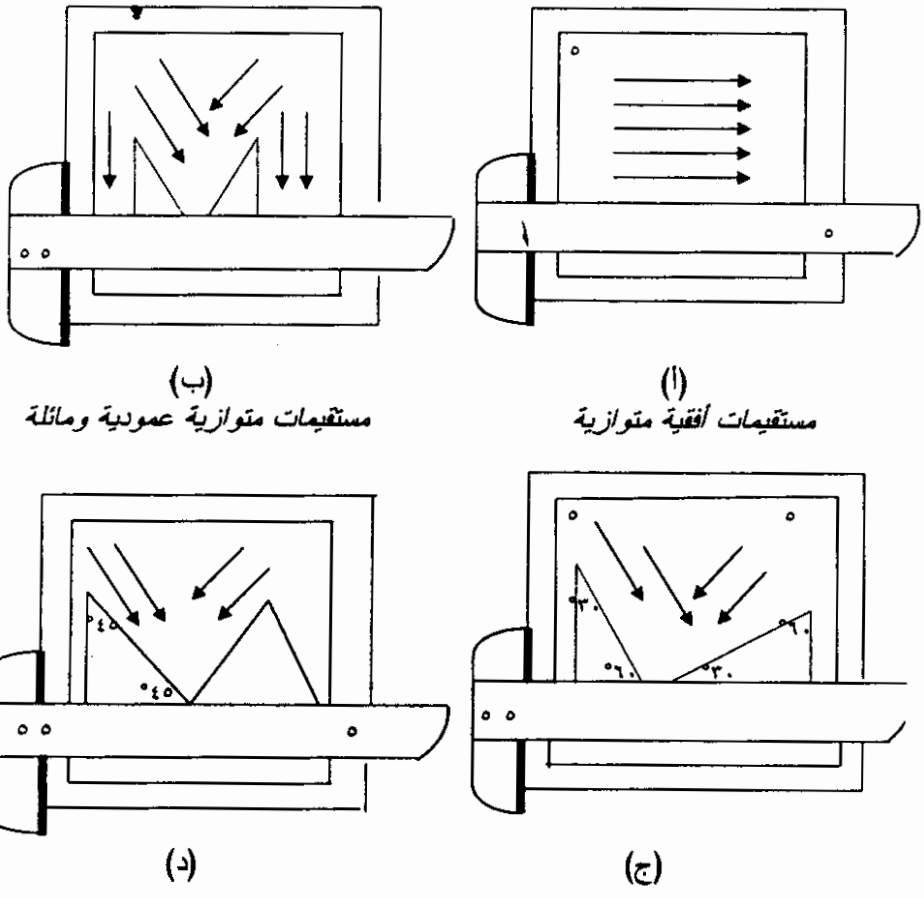
المسطرة حرف T :

تتكون المسطرة حرف T من جزءين . الجزء الأول عبارة عن مسطرة طويلة أو سلاح والجزء الآخر رأس أو قائم يثبت متعامداً عند نهاية الجزء الأول بواسطة مسامير .



مسطرة حرف T

يجب العناية بالمسطرة حرف T وحفظها حتى لا تتعرض للانحناء . تستخدم المسطرة حرف T بانزلاقها على اللوحة لرسم الخطوط الأفقية والمستقيمات المتوازية الأفقية . كما يمكن بمساعدة المثلثات رسم الخطوط العمودية والمستقيمات العمودية المتوازية ، والخطوط المائلة على الزوايا ٤٥ °، ٣٠ ° ، ٦٠ ° والخطوط المتوازية المائلة على نفس الزوايا المذكورة .



(أ) مستقيمات أفقية متوازية

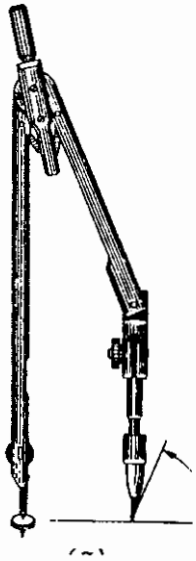
(ب) مستقيمات متوازية عمودية ومائلة

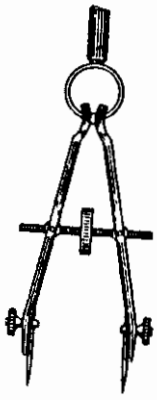
(ج) مستقيمات متوازية ٦٠ ، ٣٠ درجة

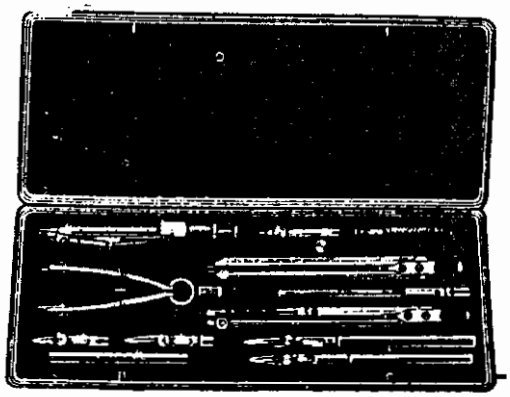
(د) مستقيمات متوازية مائلة ٤٥ درجة

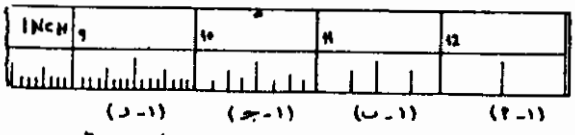
علبة الرسم :

تحتوي على عدد من البراجل التي ترسم بها الدوائر والأقواس وبراجل التقسيم التي تستخدم في نقل المقاسات أو لتقسيم الخطوط إلى عدد من الأقسام المتساوية . (وأقلام الرصاص والإستيكة ومسطرة القياس أحياناً) .



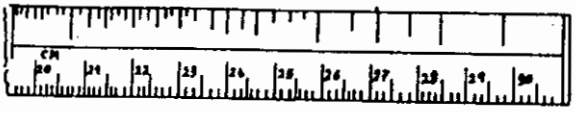






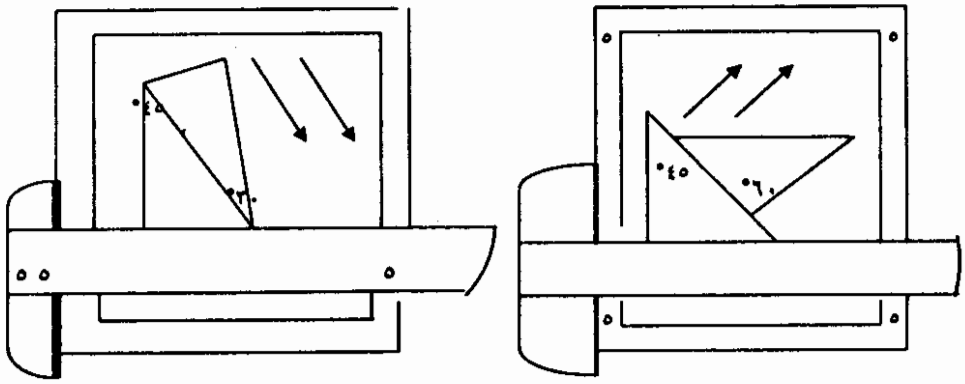
شكل (١)

مسطرة القياس التقسيم إلى بوصة وجزء من البوصة



شكل (٢)

مسطرة القياس التقسيم إلى سنتمترات وجزء من السنتمترات



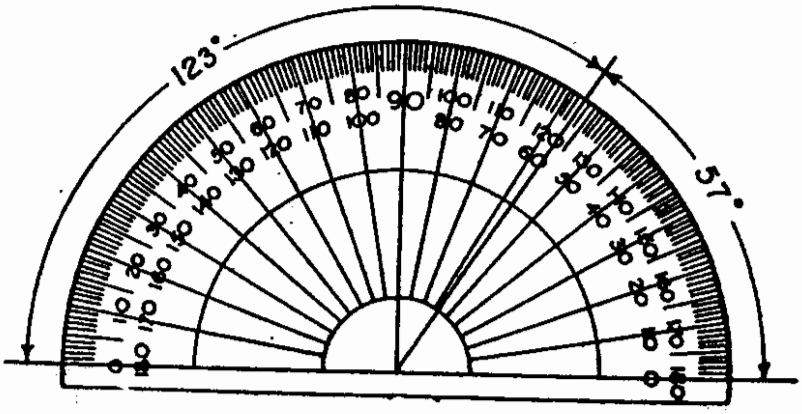
(هـ) مستقيمات متوازية مائلة ١٥ درجة

(و) مستقيمات متوازية مائلة ٧٥ درجة

طريقة استعمال المسطرة حرف T والمثلثات

المنقلة :

وهي عبارة عن أداة نصف دائرية ، تصنع من البلاستيك مدرّجة إلى ١٨٠° ، تستخدم لقياس الزوايا أو انشائها .



أقلام الرصاص

تستخدم في الرسم الهندسي أقلام رصاص صلدة " 3H " كما تستخدم الأقلام " HB " لكتابة المقاسات على الرسم .

يفضل في رسم الخطوط الأفقية أن تكون حركة القلم من اليسار إلى اليمين وفي الخطوط الرأسية من أسفل إلى أعلى .

ورق الرسم

يستخدم للرسم الهندسي ورق خاص سميك ناصع البياض لا يتلفه المسح بالإستيكة ولا يتشرب الحبر . يوجد ورق الرسم عادة في خمسة مقاسات قياسية على النحو التالي :

١) ٨٤٠ × ١١٨٨ مم
٢) ٥٩٤ × ٨٤٠ مم
٣) ٤٢٠ × ٥٩٤ مم
٤) ٢٩٧ × ٤٢٠ مم
٥) ٢١٠ × ٢٩٧ مم

ويستخدم في المدارس عادة النوعين الأول والثاني .

طريقة تثبيت ورقة الرسم على اللوحة

تثبت ورقة الرسم على اللوحة المستوية بمساعدة المسطرة حرف T بدبابيس ضغط أو لزاق أو مشابك تثبيت .

إذا كانت ورقة الرسم صغيرة تثبت على الجزء الأعلى من يسار اللوحة.

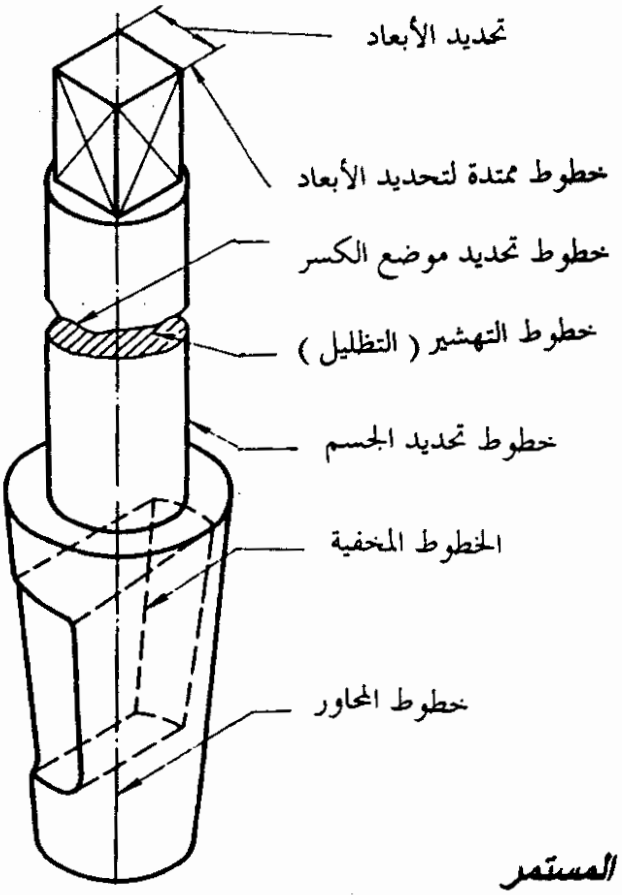
أنواع خطوط الرسم وأماكن استخدامها

تستخدم في الرسم الهندسي أنواع مختلفة من الخطوط . يتوقف سمك الخط على نوع وعرض الرسم وحجمه ومدى تعقيده .

هناك أربعة أنواع رئيسة من الخطوط تستخدم في الرسم الهندسي :

١. الخط المستمر (سميك ، رفيع ، متقطع)
٢. خط متقطع قصير
٣. خط سميك ونقطة ويعرف بالسلسلي (سميك أو خفيف) .
٤. خط سميك متقطع .

اسم الخط	مظهر الخط	الاستعمال
١- مستمر سميك THICK LINE	———	للحدود الظاهرة أمام العين للإنسان
٢- مستمر رفيع THIN LINE	———	للإنشاء والتكوين
٣- التهشير (التظليل) SHADING LINE	———	للأجزاء المقطوعة بالجسم والمساقط
٤- الخطوط المختفية HIDDEN LINE	- - - - - -	للأجزاء غير الظاهرة من الجسم أمام العين
٥- المحاور (التصنيف) CENTER LINE	— · — · —	لتحديد مراكز الدوائر والأقواس وخط التماثل
٦- المستوى القاطع SECTION LINE	س ↑ - - - - - - ↑ س	الخطوط الممثلة لمستويات القطع
٧- خطوط الأبعاد DIMENTION LINE	←——→	للدلالة على المقاسات والأبعاد
٨- خطوط تحديد مواضع الكسر للأجزاء الطويلة BROKEN LINE	~~~ ~~~	لتجزئة الأجزاء الطويلة والتي لا تفي ورقة الرسم لرسمها كاملة



الخط السميك المستمر

يستخدم لرسم أجزاء الجسم الرئيسية المرئية ويتراوح سمكه بين ٠,٦ إلى ١,٥مم . يجب أن تكون خطوط الجسم في الرسم متساوية السمك .

الخط الرفيع المستمر

يستخدم في الدلالة على المقاسات والابعاد ، ويجب ألا يزيد سمكه عن ثلث سمك الخط السميك . ويستخدم هذا النوع من الخطوط كذلك في تهشير الأجسام المقطوعة أو تظليلها . يتراوح البعد بين خطوط التظليل أو التهشير عن بعضها بمقدار اثنين إلى عشرة ملليمترات وفقاً للمساحة التي تهشر متقاطعة .

أما خطوط موضع الكسر في الأجزاء الطويلة فلا يزيد سمكها عن ١/٢ سمك الخط السميك المستمر .

الخط المتقطع

يستخدم لرسم الأجزاء غير المرئية من الجسم ويتراوح طول القطعة منه بين اثنين إلى ثمانية ملليمترات . كما يتراوح سمك الخط المتقطع من ١/٣ إلى ١/٢ من سمك الخط السميك المستمر ، أما الفراغ بين كل قطعة وأخرى من الخط فيتراوح بين ١/٤ و ١/٢ مم .

الخطوط الرفيعة المتقطعة المصحوبة بنقطة أو نقطتين

تستخدم للمحاور و المراكز ولا يزيد سمكها عادة عن ١/٣ سمك الخط السميك المستمر . ويكون طول القطعة الواحدة منه عشرين ملليمترا ، ويكون الفاصل بين كل قطعة وأخرى حوالي ثلاثة ملليمترات تقريبا .

توضح مراكز الدوائر التي لا يقل قطرها عن ١٢ ملليمترا بخطين متقاطعين من هذا النوع . أما الدوائر التي يقل قطرها عن ذلك فتوضح مراكزها عادة بخطين متقاطعين مستمرين فقط .

الخط الرفيع المتقطع ذو النقطتين

يبين تداخل سطح بنعومة في سطح أخر أو يبين خط الانحناء للجسم المراد تثنيه .

الخط السميك المتقطع

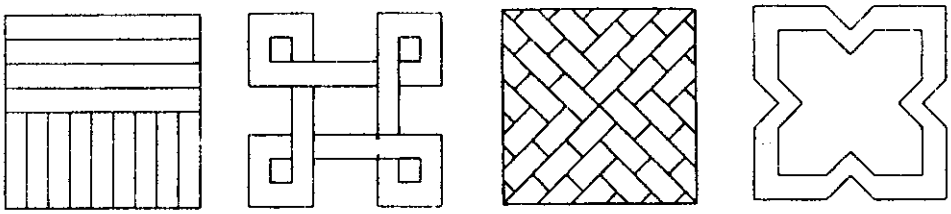
يستخدم لتوضيح مواضع قطع الأجسام .

تطبيقات عملية على الخطوط

تمارين على استخدام مسطرة القياس والمسطرة حرف T والمثلثات على رسم خطوط على ورقة الرسم .

١. أرسم الشكل رقم (١) الذي طول ضلعه ٤ بوصات . أرسم في النصف العلوي منه خطوطا أفقية بالمسطرة حرف T فقط تبعد ١/٢ بوصة عن بعضها. ثم ارسم في النصف الأسفل منه خطوطا رأسية مستعملاً المسطرة حرف T والمثلث . تبعد هذه الخطوط ١/٢ بوصة عن بعضها .

٢. مستخدما المسطرة حرف T والمثلث وبرجل التقسيم أرسم مربعا طول ضلعه ٤ بوصات قسّم كلا من الضلع الأيسر والضلع الأسفل ببرجل التقسيم فقط إلى ٧ أجزاء متساوية . صل هذه النقاط بخطوط رأسية وخطوط أفقية مستخدما المسطرة حرف T والمثلث فقط . ثم امسح الخطوط الزائدة لتحصل على الشكل رقم (٢) .



١ ٢ ٣ ٤

٣. أرسم مربعا طول ضلعه ١٠سم ، صل أركانه بخطين مستقيمين متقاطعين من نقطة تقاطع الخطين علّم بمسطرة القياس نقاطا تبعد عن بعضها ٢سم في كل ربع . مستعينا بالمثلث ٤٥° أكمل الرسم بحيث أنك تكمل ربعا واحد كل مرة لتتحصل على الشكل رقم (٣)

٤. أرسم مربعا طول ضلعه ٤ بوصات مستعينا بالمسطرة والمثلث ٤٥° وبرجل التقسيم فقط. ثم قسم كل ضلع إلى ثلاثة أجزاء متساوية . بالمثلث ٤٥° صل هذه النقاط ببعضها . قس $\frac{3}{8}$ من البوصة على كل جنب من هذه الخطوط ثم اكمل الرسم لتحصل على الشكل رقم (٤) .

تقسيم المستقيم بواسطة البرجل

مثال :

نصِّف المستقيم أب بواسطة البرجل .

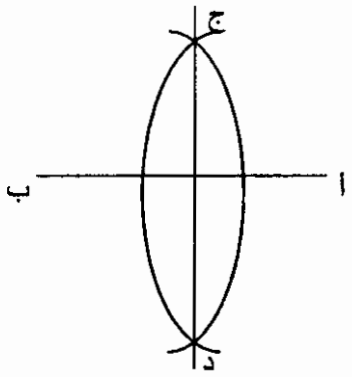
الطريقة :

١. ارسم المستقيم أب .

٢. أركز البرجل في النقطة أ وبفتحة تزيد عن النصف أرسم قوساً أعلى المستقيم أب وقوساً تحته .

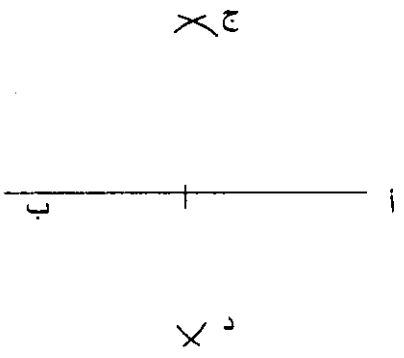
٣. أركز البرجل في النقطة ب وبنفس الفتحة أرسم قوسين يتقاطعا مع القوسين الأولين في نقطتين ج ، د .

٤. صل ج د وهو المنصف للمستقيم أ ب كما مبين في الشكل أدناه .



ملحوظة :

يمكن الاستغناء عن المستقيم ج د في حالة التقسيم فقط ووضع علامة على الخط أ ب كمنصف من تقاطع القوسين كما موضح في الشكل التالي . إلا أن الطريقة الأولى مفيدة لرسم الزاوية القائمة على الخط أ ب .



طريقة رسم عمود على المستقيم أ ب من النقطة ج

مثال :

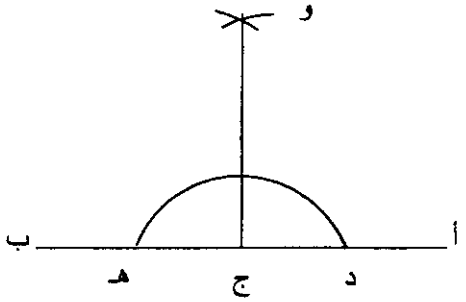
أقم عموداً على المستقيم أ ب من النقطة ج .

الطريقة :

١. أركز البرجل في النقطة ج وبفتحة مناسبة ارسم نصف دائرة تقطع المستقيم أ ب في نقطتين د ، هـ

٢. أركز البرجل في كل من د ، هـ وبنفس الفتحة ارسم قوسين يتقاطعان في النقطة و .

٣. صل و ج وهو العمود المطلوب كما موضح في الشكل أدناه .



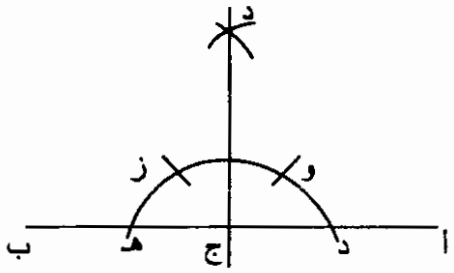
طريقة أخرى :

١ أركز البرجل في النقطة ج وارسم نصف الدائرة التي تقطع المستقيم أ ب في النقطتين د ، هـ .

٢. وبنفس الفتحة أركز البرجل في كل من د، هـ وارسم قوسين يقطعان نصف الدائرة في النقطتين و ، ز .

٣. أركز البرجل في كل من و ،ز وبنفس الفتحة ارسم قوسين يتقاطعان في النقطة د .

٤. صل د ج وهو العمود المطلوب كما موضح في الشكل أدناه .



طريقة رسم عمود على طرف المستقيم أ ب

مثال :-

أقم عموداً من النقطة هـ على النقطة أ من المستقيم أ ب .

الطريقة : -

١. أرسم المستقيم أ ب.

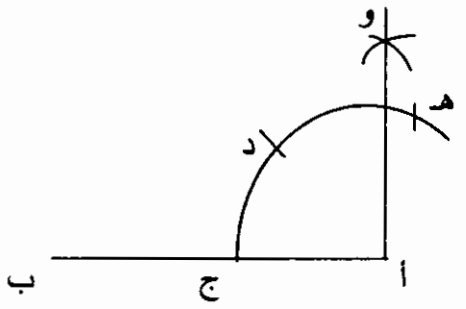
٢. أركز البرجل في أ وبفتحة مناسبة أرسم قوساً يقطع المستقيم أ ب في النقطة ج .

٣. بنفس الفتحة أركز البرجل في النقطة ج وارسم قوساً يقطع القوس الأول في النقطة د .

٤. وبنفس الفتحة أركز البرجل على النقطة د وأرسم قوساً يقطع القوس الأول في هـ .

٥. متخذاً هـ ، د كمركزين وبنفس الفتحة ارسم قوسين يتقاطعان في النقطة و .

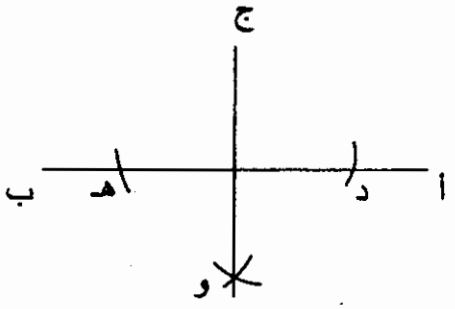
٦. صل و أ وهو العمود المطلوب كما موضح في الشكل أدناه .



رسم عمود على خط مستقيم من أي نقطة مخارجة عنه

مثال :

أقم عموداً على المستقيم أ ب من النقطة ج الواقعة خارج المستقيم كما مبين في الشكل أدناه :



الطريقة :

١. من النقطة المعلومة ج وبفتحة مناسبة أرسم قوسين يقطعان المستقيم أ ب في النقطتين د ، هـ .

٢. أركز البرجل في كل من النقطتين د ، هـ وبفتحة أكبر من نصف المستقيم د هـ أرسم قوسين يتقاطعان أسفل المستقيم د هـ في النقطة و .

٣. صل و ج لتتحصل على العمود المطلوب .

تقسيم الخط المستقيم إلى أي عدد متساوي الأجزاء

مثال :

قسِّمْ الخط المستقيم أ ب الذي طوله ٩ سنتمترات إلى خمسة أجزاء متساويةٍ.

الطريقة :

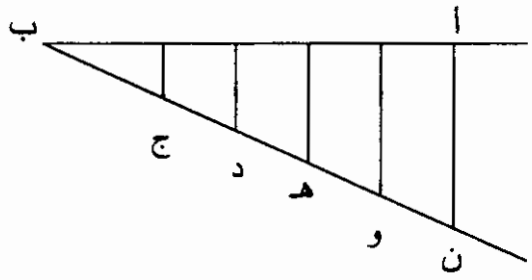
١. أرسم الخط المستقيم أ ب الذي طوله ٩سم .

٢. من ب أرسم خطاً مائلاً بأي زاوية حادة تحت المستقيم أ ب.

٣. أفتح البرجل بمقدار معلوم ثم قسم الخط المائل إلى خمسة أجزاء متساوية .

٤. صل النقطة ن مع أ .

٥. وبخطوط موازية للخط ن أ صل بقية النقاط الباقية مع المستقيم أ ب وبذلك تحصل على التقسيم المطلوب كما مبين في الشكل أدناه .

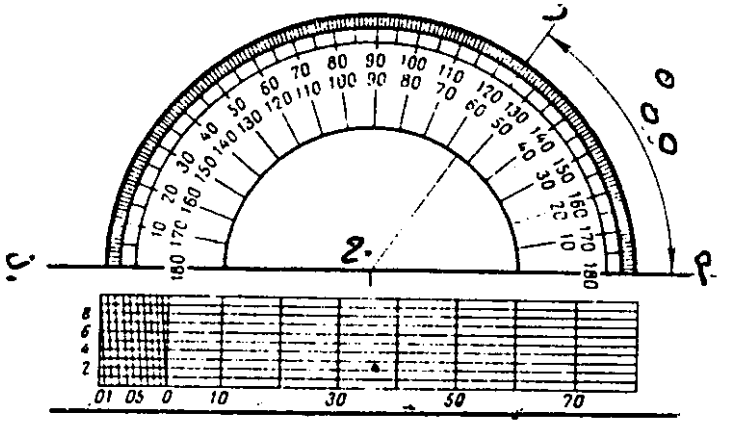


طريقة انشاء زاوية وتقسيمها إلى أي أجزاء متساوية

طريقة رسم الزاوية :

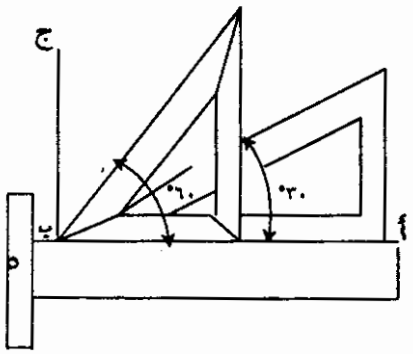
ترسم الزاوية بواحدة من طرق ثلاث :

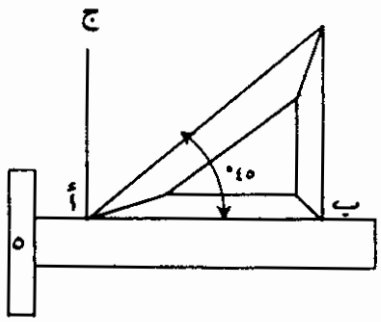
١. يمكن رسم الزاوية باستخدام المنقلة .وفي هذه الطريقة توضع المنقلة على الخط المستقيم أ ب بحيث تتطابق نقطة منتصف حافة المنقلة مع النقطة ج المراد رسم الزاوية عليها . ثم توضع النقطة د فوق تدرج المنقلة بمقدار الزاوية المطلوبة " ٥٥° " مثلاً .



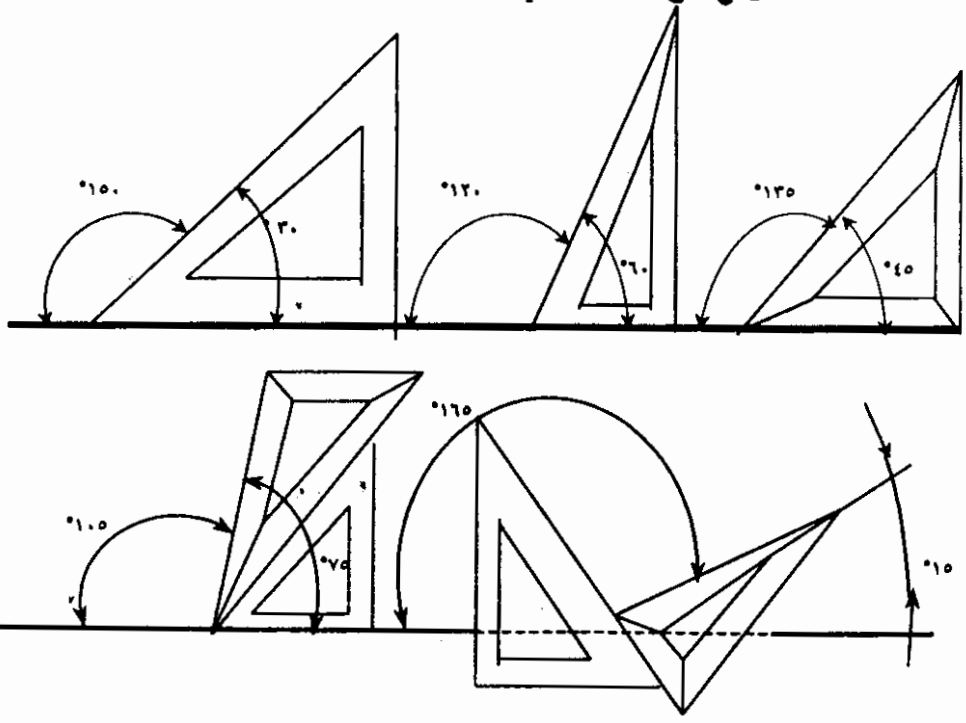
بعد المنقلة ثم صل النقطة د مع ج لتحصل على الزاوية أ ج د " ٥٥° " المطلوبة كما في الشكل أعلاه .

٢. يمكن رسم الزاوية باستخدام واحد من المثلثين ٤٥° أو ٣٠°/٦٠° المسطرة حرف T . وفي هذه الحالة تثبت المسطرة حرف T ويوضع عليها المثلث ٤٥ لرسم الزاوية ٤٥° أو ٩٠° أو يوضع عليها مثلث ٣٠°/٦٠ لرسم الزوايا ٣٠° ، ٦٠° ، ٩٠° ، كما في الشكل التالي



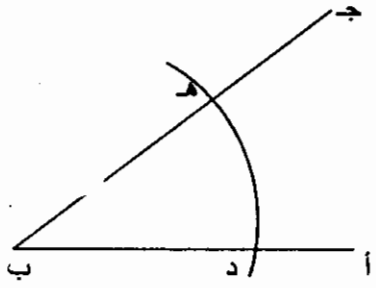


٣. ويمكن كذلك رسم الزاوية بمساعدة المثلثين ٦٠/٣٠ و ٤٥° سوياً لرسم الزوايا ٣٠°، ٤٥°، ٦٠°، ٩٠°، ١٥°(٦٠° – ٤٥°) ، ٧٥° (٤٥° + ٣٠°)، ١٠٥°(٦٠° + ٤٥°) ، ١٢٠° (١٨٠° – ٦٠°) أنظر الى وضع المثلثات في الشكل أدناه :

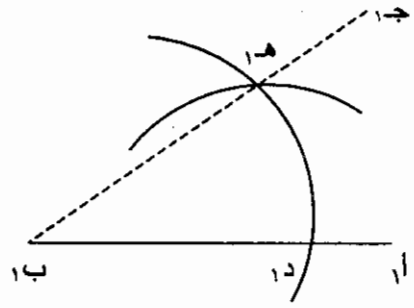


طريقة رسم زاوية مساوية لزاوية أخرى
أو طريقة نقل الزاوية

١. أرسم المستقيم أ١ ب١ كواحد من ضلعي الزاوية المطلوبة .
٢. أركز البرجل في النقطة "ب" في الزاوية الأصلية وبفتحة مناسبة أرسم قوساً يقطع ضلعي الزاوية أ ب ، ب ج في النقطتين د ، هـ .
٣. بنفس الفتحة أركز البرجل في النقطة ب١ وأرسم قوساً يقطع المستقيم أ١ ب١ في النقطة د١ .



الزاوية الأصلية

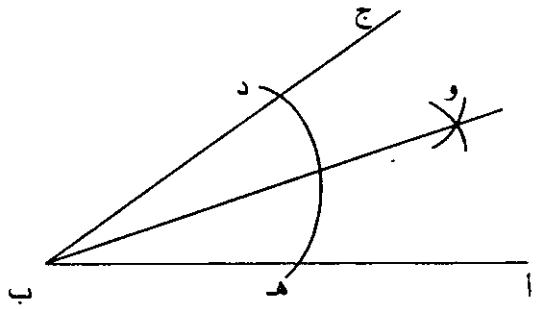


الزاوية المنقولة

٤. بواسطة البرجل قس المسافة د هـ في الزاوية الأصلية ثم اركز البرجل في النقطة د١ كمركز وارسم قوساً يقطع القوس الأول في النقطة هـ١.
٥. ارسم مستقيماً من ب ١ ماراً بالنقطة هـ١ حتى ج١ وبذلك تكون < أ١ ب١ ج١ هي الزاوية المطلوبة حسب الشكل أعلاه.

طريقة تنصيف أي زاوية

مثال : قسم الزاوية أ ب ج إلى جزءين متساويين



الطريقة :-

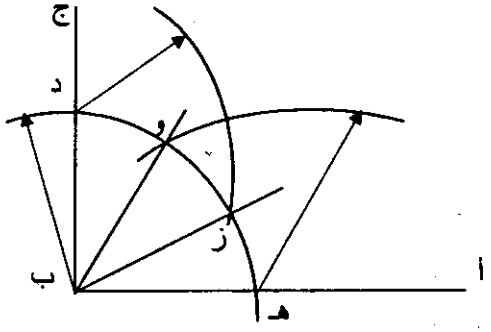
١. أركز البرجل في ب وبفتحة معقولة أرسم قوساً يقطع ضلعي الزاوية في كل من د ، هـ .

٢. أركز البرجل في كل من د ، هـ وبفتحة أكبر من نصف القوس د هـ أرسم قوسين يتقاطعان في النقطة و .

٣. صل و ب بخط مستقيم وهو المنصف لزاوية أ ب ج .

كما يمكن تنصيف الزاوية القائمة بالمثلث ٤٥° .

طريقة تقسيم الزاوية القائمة أ ب ج إلى ثلاثة أجزاء متساوية



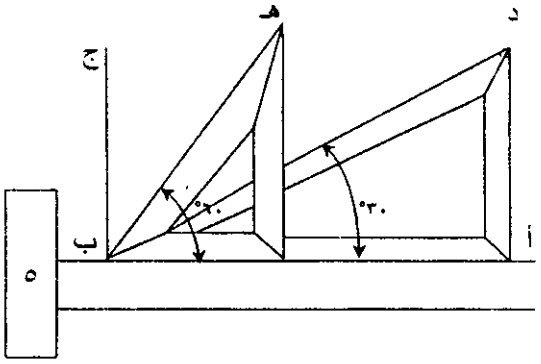
الطريقة :

١. أركز البرجل في النقطة ب وبفتحة مناسبة أرسم قوسا يقطع ضلعي الزاوية في كل من د ، هـ .

٢. وبنفس الفتحة أركز البرجل في كل من د ، هـ وارسم قوسين يتقاطعان مع القوس د هـ في كل من و ز .

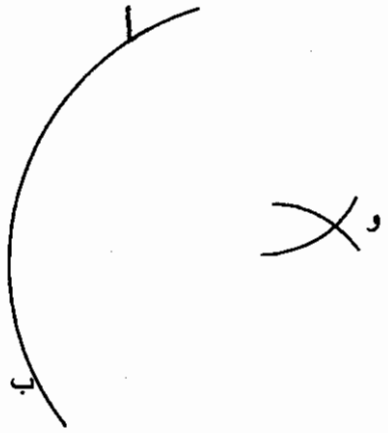
٣. صل و ب،ز ب وهما المستقيمان اللذان يقسمان الزاوية القائمة أ ب ج إلى ثلاثة أجزاء متساوية . ومن الواضح أن زاوية و ب هـ = ٦٠° (المثلث و ب هـ متساوي الأضلاع) وزاوية د ب ز تساوي ٦٠° كذلك (المثلث د ب ز متساوي الأضلاع) .

ويمكن كذلك تقسيم هذه الزاوية إلى ثلاثة أجزاء متساوية بواسطة المثلث ٣٠° /٦٠° والمسطرة حرف T كما مبين في الشكل أدناه بالطريقة التالية :



ثبت المثلث ٣٠° /٦٠° على حافة المسطرة حرف T وارسم أولاً الزاوية ٣٠° "أ ب د". ثم ثبت المثلث على الوضع القائم لرسم الزاوية ٦٠° "أ ب هـ" وبهذه الطريقة تكون الزاوية أ ب ج قد قسمت إلى ثلاثة أجزاء متساوية وهي < أ ب د ، < د ب هـ ، < هـ ب ج كل منها ثلاثون درجة وذلك بواسطة المثلث ٣٠° /٦٠° .

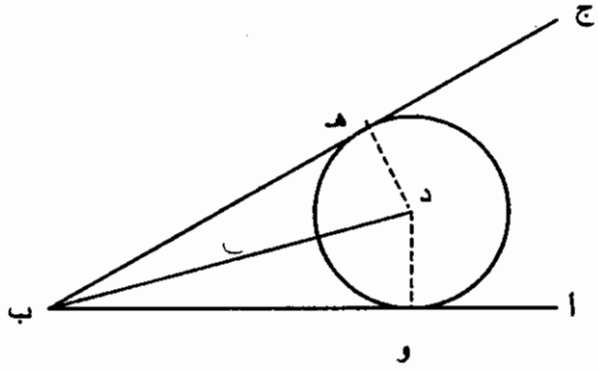
طريقة تحديد مركز قوس معلوماً نصف قطره



الطريقة :

١. أركز البرجل في النقطة أ على القوس وبفتحة تساوي نصف القطر أرسم قوساً .
٢. كرر ذلك في النقطة ب أو أي نقطة أخرى على القوس .
٣. النقطة و تمثل تقاطع القوسين وهي مركز القوس المطلوب .

طريقة إنشاء قوس يمس ضلعي زاوية حادة ويبعد عن رأس الزاوية بمقدار معلوم



الطريقة :

١) أرسم الزاوية أ ب ج .
٢) نصف < أ ب ج .
٣) حدد النقطة د على منصفي الزاوية بحيث تبعد عن ب بالمقدار المعلوم ثم أقـــم عمودين من د على ب ج ، أ ب ليقطعاهمـــا في هـ ، و على التوالي .
٤) أركز البرجل على د وبفتحة تساوي د هـ أرسم قوساً يمس ضلعي الزاوية في هـ ، و وهو القوس المطلوب .

المثلثـــات

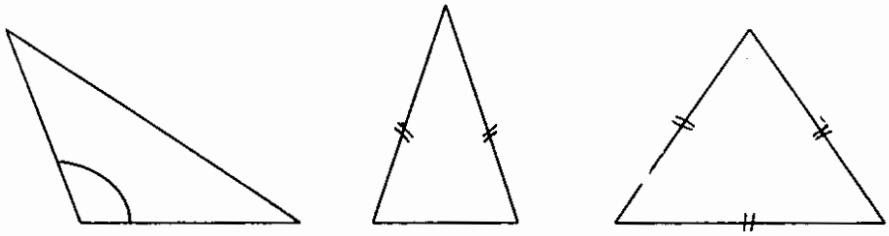
المثلث عبارة عن شكل مغلق له ثلاثة أضلاع .

ويسمى المثلث وفقاً لشكله إما باضلاعه على النحو التالي : -

١. مثلث متساوي الأضلاع وتكون أضلاعه الثلاثة متساوية وفي هذه الحالة تكون كذلك زواياه متساوية .

٢. مثلث متساوي الساقين . ويكون فيه ضلعان متساويان .

٣. مثلث مختلف الأضلاع وذلك عندما تكون أضلاعه الثلاثة مختلفة عن بعضها في الطول .



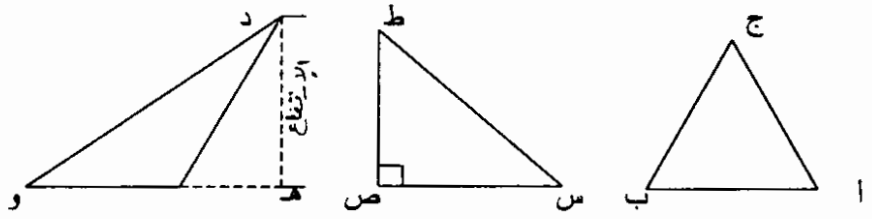
مثلث متساوي الأضلاع　　مثلث متساوي الساقين　　مثلث مختلف الأضلاع

أو يسمى بزواياه على النحو التالي : -

١. مثلث حاد الزوايا . وذلك عندما تكون كل زاوية فيه أقل من ٩٠° .

٢. مثلث قائم الزاوية وذلك عندما تكون إحدى زواياه ٩٠° .

٣. مثلث منفرج الزاوية وذلك عندما تكون إحدى زواياه أكثر من ٩٠° .



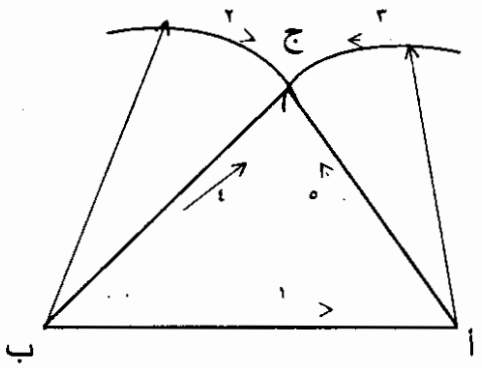
مثلث حاد الزوايا　　مثلث قائم الزاوية　　مثلث منفرج الزاوية

نقاط هامة يجب تذكرها :

١. أى ضلع من أضلاع المثلث يمكن أن يكون قاعدة له .
٢. ارتفاع المثلث عبارة عن العمود القائم على القاعدة أو امتدادها حتى قمة المثلث .
٣. مجموع زوايا المثلث ١٨٠° .
٤. مجموع أطوال أضلاع المثلث يسمى محيط المثلث .

١)طريقة رسم مثلث بمعلومية أضلاعه الثلاثة

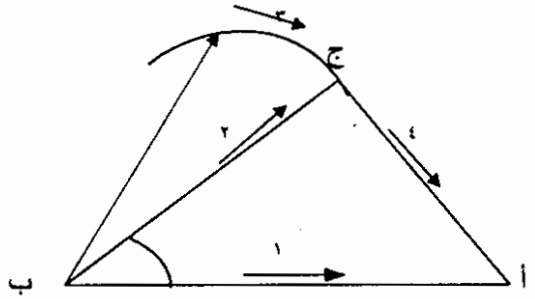
١. أرسم المستقيم أ ب يمثل أحد أضلاع المثلث .
٢. أركز البرجل في النقطة أ وبفتحة تساوي أحد الضلعين الآخرين أرسم قوساً .
٣. أركز البرجل في النقطة ب وبفتحة تساوي طول الضلع الآخر أرسم قوساً يتقاطع مع القوس الأول في النقطة ج .



صل "ج أ " و "ج ب" لتتحصل على الشكل المطلوب .

٢) طريقة رسم المثلث بمعرفة ضلعين والزاوية المحصورة بينهما :

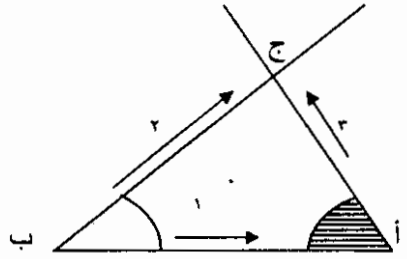
١. أرسم القاعدة أ ب .
٢. بواسطة المنقلة حدد الزاوية المحصورة من ب وارسم خطاً ممتداً وبواسطة البرجل حدد طول الضلع عند ج .
٣. صل ج أ لتحصل على الشكل المطلوب .



٣) طريقة رسم المثلث بمعرفة طول القاعدة وزاويتيها

الطريقة :

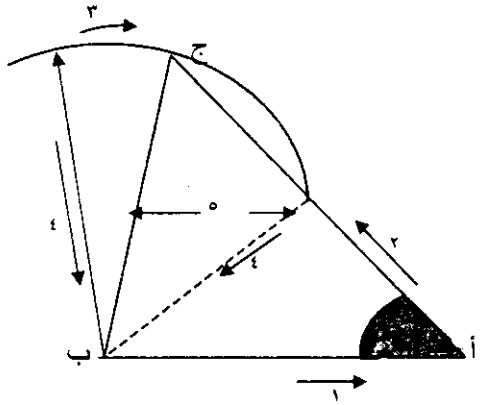
١. ارسم القاعدة أ ب .
٢. حدد الزوية أ بالمنقلة وارسم خطاً ممتداً .
٣. حدد زاوية ب بالمنقلة وارسم خطـاً ممتداً يتقاطع مع الخـط الأول في ج.
٤. صل ج أ ، ج ب لتتحصل على الشكل المطلوب .



٤) طريقة رسم المثلث بمعرفة طول القاعدة وإحدى زاويتيها وطول ضلع آخر

الطريقة :

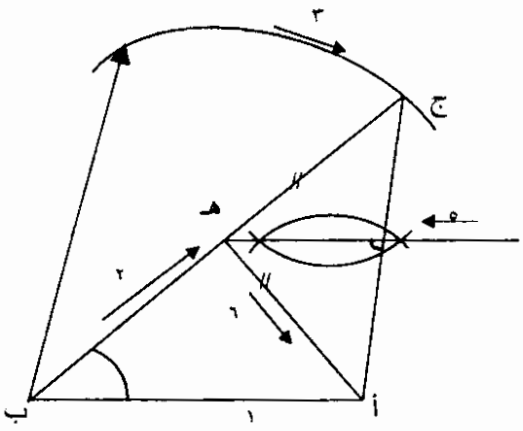
١. ارسم القاعدة أ ب .
٢. حدد الزوية أ بالمنقلة وارسم خطاً ممتداً عليها .
٣. أركز البرجل في ب وبفتحة تساوي طول الضلع المعلوم ارسم قوساً يتقاطع مع ضلع الزاوية الممتد في ج .
٤. صل ج ب لتحصل على المثلث المطلوب .



٥) طريقة رسم مثلث بمعرفة طول القاعــدة وإحدى زاويتيها ومجموع طولي الضلعين الآخرين

الطريقة :

١. أرسم القاعدة أ ب .
٢. من ب حدد الزاوية وارسم خطاً ممتداً .
٣. أركز في ب وبفتحة تساوي مجموع الضلعين أرسم قوساً يتقاطع مع ضلع الزاوية الممتد عند ج .
٤. صل ج أ ثم نصفه بخط عمودي يتقاطع مع ج ب في هـ .

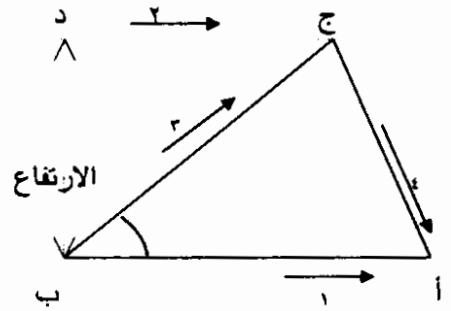


أ ب هـ هو المثلث المطلوب ←

٦) طريقة رسم مثلث بمعرفة طول القاعدة وإحدى زاويتيها ومقدار الارتفاع

الطريقة :

١. أرسم القاعدة أ ب .
٢. أسقط عموداً على ب وحدد عليه مقدار الارتفاع في د .
٣. أرسم د هـ موازياً أ ب .
٤. حدد زاوية ب بالمنقلة وارسم مستقيماً ليتقاطع مع د هـ في النقطة ج .
٥. صل ج أ لتحصل على المثلث المطلوب أ ب ج .



٧) طريقة رسم المثلث بمعرفة الارتفاع وزاويتي القاعدة

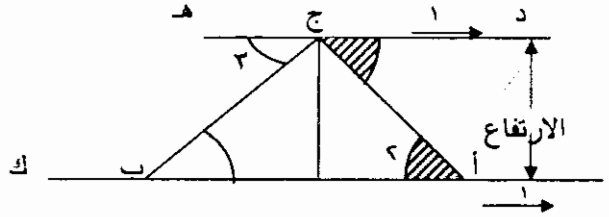
الطريقة :

١. أرسم المستقيم أ ك . على امتداد النقطة أ أقم عموداً حدد عليه مقدار الارتفاع وارسم د هـ موازياً للخط أ ك .

٢. بواسطة المنقلة حدد زاوية أ مساوية لإحدى زاويتي القاعدة ومد ضلعها ليلاقي د هـ في ج .

٣. حدد زاوية هـ ج و بالمنقلة لتكون مساوية للزاوية الأخرى ومد ضلعها ليلاقي أ ك في ب .

٤. أ ب ج هو المثلث المطلوب .



٨) طريقة رسم المثلث بمعلومية مقدار الارتفاع وطول الضلعين

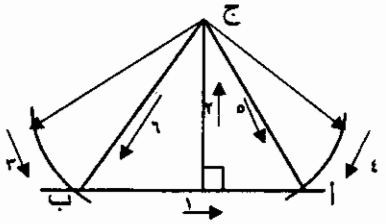
١. بواسطة المسطرة حرف T أرسم خطاً أفقياً .

٢. أقم على الخط الأفقي عموداً ثم حدد عليه مقدار الارتفاع وسمه ج.

٣. أركز البرجل في ج وبفتحة تساوي طول أحد الضلعين أرسم قوساً يقطع الخط الآخر في نقطة سمها أ مثلا .

٤. أركز البرجل في ج كذلك وبفتحة تساوي طول الضلع الآخر أرسم قوساً يقطع الخط الأفقي في نقطة سمها ب .

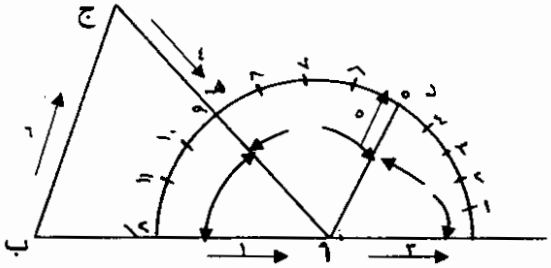
٥. صل أ ج ، ب ج لتحصل على المثلث المطلوب .



٩) طريقة رسم المثلث بمعلومية طول القاعدة ونسب الزوايا مثلاً ٣ : ٤ : ٥

الطريقة :

١. أرسم القاعدة أ ب .
٢. أركز البرجل في أ وبفتحة مناسبة أرسم قوساً .
٣. قسم القوس إلى ١٢ جزءاً متساوياً ((مجموع النسب)) .
٤. صل النقطة د (عند الجزء الخامس من القوس) مـــع أ .



٥. أحسب أربعة أجزاء بعد النقطة د وستكون عند النقطة هـ (عند الجزء التاسع من القوس). ثم صل أ هـ ومده على استقامته .
٦. من النقطة ب ارسم خطاً موازياً للخط أ د ليتقاطع مع امتداد الخط أ هـ في نقطة ج.
٧. أ ب ج هو المثلث المطلوب .

١٠) طريقة رسم المثلث بمعرفة طول القاعدة وأحد الأضلاع وزاوية القمة

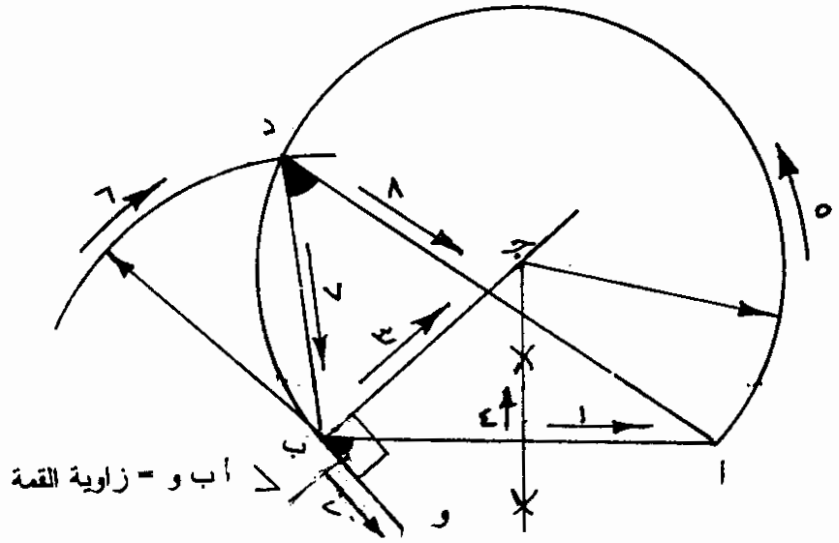
الطريقة :

١. ارسم القاعدة أ ب .
٢. من ب حدد زاوية أ ب و تساوي زاوية القمة كما في الشكل .
٣. من ب كذلك أرسم مستقيماً يكمل هذه الزاوية إلى ٩٠° ومده على استقامته.
٤. نصّف القاعدة أ ب بخط عمودي يتقاطع مع المستقيم السابق في النقطة ج .

٥. أركز البرجل في النقطة ج وبفتحة تساوي ج أ أرسم دائرة تتقاطع مع طرفي القاعدة أ ب

٦. أركز البرجل في ب وبفتحة تساوي الضلع المعلوم أرسم قوساً يتقاطع مع الدائرة عند د. ٧. صل د ب .

٨ . صل د أ لتحصل على المثلث المطلوب (أ ب د) .



١١) طريقة رسم المثلث بمعلومية طول القاعدة و مقدار الارتفاع وزاوية القمة

الطريقة

١. ارسم القاعدة أ ب .

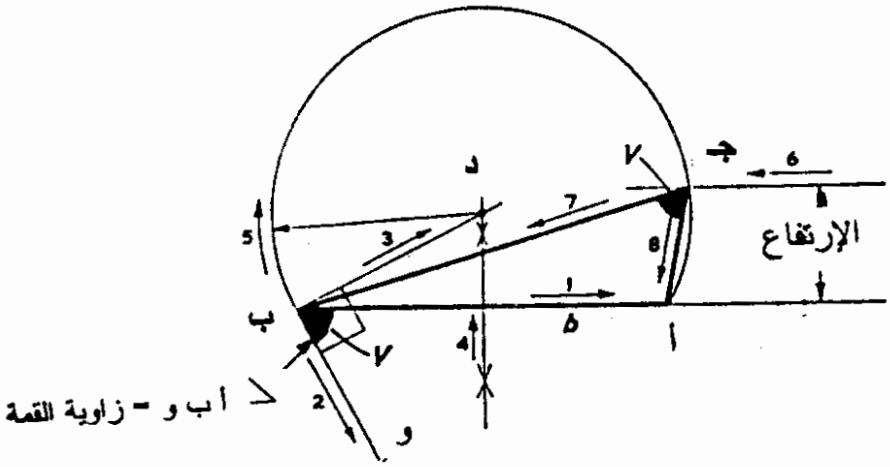
٢. حدد من ب زاوية مساوية لزاوية القمة كما في الشكل .

٣. أكمل هذه الزاوية إلى ٩٠° وارسم خطاً على امتدادها .

٤. نصف القاعدة بمستقيم يتقاطع مع ضلع الزاوية القائمة عند د .

٥. أركز البرجل في د وبفتحة تساوي ب د أرسم دائرة .

٦. على امتداد القاعدة ب أ أنشئ عموداً حدد عليه الارتفاع ثـم ارسم خطاً أفقياً عند نهايته موازياً للقاعدة أ ب ليتقاطع مع الدائرة عند نقطة ج.

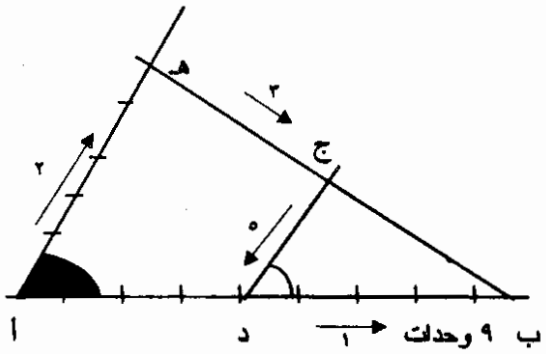


٧. صل ج ب لتحصل على المثلث أ ب ج المطلوب .

١٢) طريقة رسم المثلث بمعلومية طول ضلع والزاوية المقابلة له ونسبة الضلعين الآخرين ٥ : ٩ مثلاً

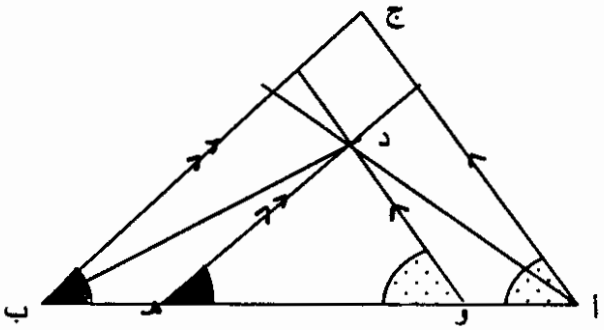
الطريقة

١. أرسم خطاً أفقياً أ ب طوله ٩ وحدات .
٢. من النقطة أ وبواسطة المنقلة أرسم الزاوية المقابلة بطول ضلـــع يساوي ٥ وحدات (أ هـ) .
٣. صل ب هـ وحدد عليه النقطة ج بحيث تكون ب ج تساوي طول الضلع المعلوم .
٤. من النقطة ج أرسم خطاً موازياً للمستقيم أ هـ ليلاقي ب أ في د.
٥. المثلث ب د ج هو المثلث المطلوب .



١٣) طريقة رسم المثلث بمعلومية محيطه وزاويتي القاعدة

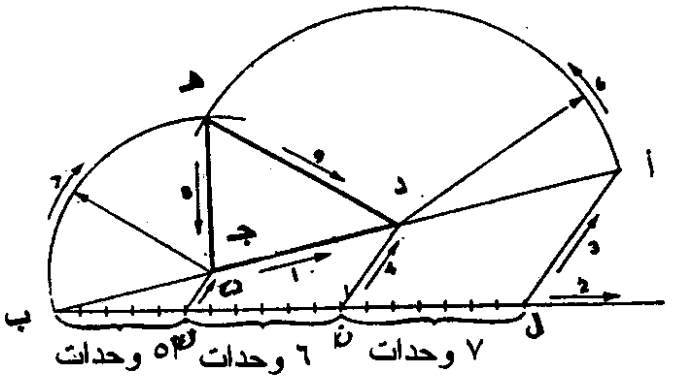
١. أرسم المستقيم أ ب يمثل محيط المثلث .
٢. من أ حدد إحدى الزوايا المعلومة .
٣. وكذلك من ب حدد الزاوية المعلومة الأخرى ليتقاطع خطا امتداد الزاويتين عند ج .
٤. نصف زاوية أ .
٥. ثم نصف زاوية ب ليتقاطع المنصفان عند د . من د أرسم مستقيما موازيا للخط ج ب ليقطع المستقيم أ ب في هـ .
٦. أرسم الخط د و موازيا للخط أ ج ويقطع أ ب في و لتحصل على المثلث المطلـــوب د هـ و .



١٤) طريقة رسم المثلث بمعلومية محيطه ونسبة أطوال الأضلاع ٥ : ٦ : ٧ مثلاً

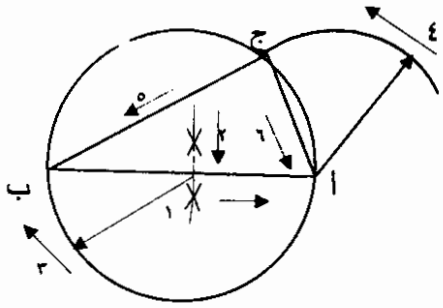
الطريقة :

١. أرسم المستقيم أ ب يساوي محيط المثلث .
٢. أرسم مستقيماً آخر ب ل ليلاقي أ ب في زاوية حادة وقسمه إلى ثمانية عشر قسماً متساوياً "مجموع ونسب الأضلاع" .
٣. حدد النقاط ك ، ن على ب ل بحيث يكون ب ك = ٥ وحدات ، ك ن = ٦ وحدات .
٤. صل أ ل .



٥. من النقطتين ك ، ن أرسم خطين موازيين للمستقيم أ ل ليلاقيا أ ب في ج ، د على التوالي .
٦. أركز البرجل في النقطة د وبفتحة تساوي د أ ارسم قوساً ثم اركز البرجل على النقطة ج وبفتحة تساوي ج ب أرسم قوساً آخر ليتقاطع القوسان عند النقطة هـ .
٧. صل هـ د ، هـ ج لتحصل على المثلث المطلوب ج د هـ .

١٥) طريقـــة رسم المثلث قائم الزاويـــة بمعلومية الوتر وضلع واحد



الطريقـــة :

١. أرسم الوتر أ ب .
٢. نصف الوتر .
٣. أركز البرجل في منتصف الوتر وبفتحة تساوي نصف الوتر أرسم دائرة .
٤. أركز البرجل في أ وبفتحة تساوي الضلع المعلوم أرسم قوساً يقطع الدائرة في ج .
٥. صل ج ب .
٦. صل ج أ لتحصل على المثلث المطلوب أ ب ج .

تمارين

١. أرسم المثلث أ ب ج إذا علمت أن طول قاعدته أ ب ٣ بوصة وارتفاعه ٢ ١/٢ بوصة و < أ ب ج ٥٧° .

٢. أرسم أرسم المثلث أ ب ج بالمعطيات الآتية : -

أ ب = ٤سم < أ ب ج = ٦٠° ارتفاع المثلث ٣ ١/٢سم .

٣. أرسم المثلث أ ب ج إذا علمت أن أطوال أضلاعه ٤ ١/٢ ، ٤ ، ٢ ١/٢ سم على التوالي .

٤. أرسم المثلث أ ب ج إذا علمت أن محيطه ٨ بوصات وأضلاعه على النسب ١,٥ : ٢ : ٣ .

٥. أرسم المثلث أ ب ج الذي محيطه ١٠ سم وزاويتا القاعدة ٦٠° ، ٤٥°

٦. أرسم المثلث أ ب ج الذي طول قاعدته أ ب ٦سم و < ب ٥٥° ونسبة الضلعين الآخرين ٣ : ٥ .

٧. أرسم المثلث الذي نسبة طول أضلاعه ٥ : ٧ : ٩ ومحيطه ١٢ سم

٨. طول قاعدة المثلث أ ب ج ٤ بوصات ، < ب ج = ٩٠° .

المطلوب رسم المثلث في الحالات التالية : - .

أ) عندما يكون الضلع ب ج = ٢ بوصة .

ب) عندما يكون ارتفاعه = ١ ١/٢ بوصة .

ج) عندما يكون طول الضلعين ب ج ، أ ج بنسبة ٢ : ٣ .

وفي كل حالة قس أ ج إلى أقرب $\frac{1}{16}$ من البوصة .

٩. أرسم المثلث أ ب ج الذي يبلغ ارتفاعه ٢ ١/٤ بوصة وقاعدتـــه أ ب وزاويتي القاعدة أ ب ج و ب أ ج ٥٢° ، ٦٧° على التوالي .

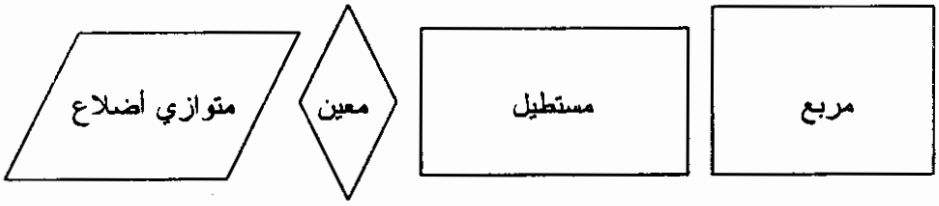
١٠. أرسم الخط الأفقي أ ب الذي طوله ١٢ سم ، ثم ارسم عليه المثلث الذي أضلاعه على النسب ٢ : ٣ : ٤ .

١١. أرسم المثلث أ ب ج الذي قاعدته أ ب ٢ ١/٢ بوصة ، ∠ ب ٤٣° ومجموع طولي الضلعين ب ج ، ج أ = ٥ ١/٢ بوصة .

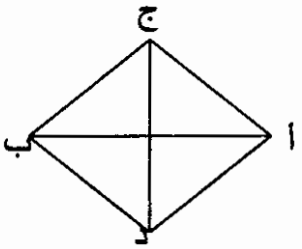
المتوازيات

متوازي الأضلاع هو عبارة عن شكل مغلق له أربعة أضلاع ، كل ضلعين متقابلين فيه متوازيين ومتساويين .

الأشكال المتوازية أدناه تبين المربع ، المستطيل ، المعين ومتوازي الأضلاع على التوالي . ولهذه الأشكال الخصائص التالية : -

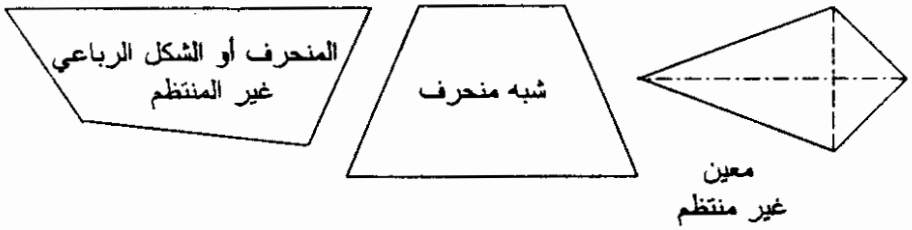


- الزوايا المتقابلة متساوية .
- الخطوط القطرية تنصف بعضها .
- كل خط أو مستقيم قطري يقسم الشكل إلى مثلثين متساويين ومتطابقين والمثلثات الأربعة في الشكل أدناه متساوية المساحة .



الأشكال الرباعية غير المنتظمة :

هي أشكال لها أربعة أضلاع غير متساوية . الأشكال التالية تبين الأشكال الرباعية غير المنتظمة .

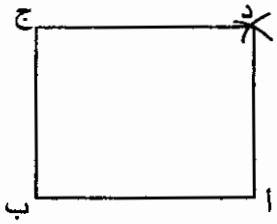


المعين غير المنتظم شبيه بالمعين المنتظم ، أحد قطريه أكبر من الآخر ، ينصف القطر الكبير القطر الصغير ويتساوى فيه كل زوجين من أضلاعه .

طريقة رسم مربع معلوم طول ضلعه بالمسطرة حرف T والمثلث والبرجل

خطوات العمل :

١. أرسم مستقيماً أفقياً بالمسطرة حرف T وحدد عليه طول الضلع أ ب .
٢. من نقطة ب أقم عموداً وحدد عليه طول الضلع ب ج .
٣. أركز البرجل في أ وبفتحة تساوي طول الضلع أرسم قوساً في الإتجاه الرأسي .
٤. أركز الرجل في ج وبفتحة تساوي طول الضلع أرسم قوساً في الإتجاه الأفقي ليقطع القوس الأول في النقطة د .

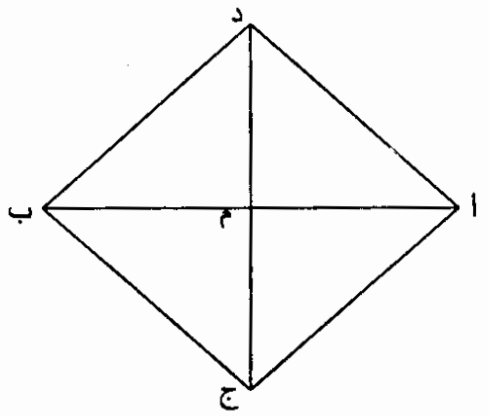


٥. صل د أ ، د ج لتحصل على الشكل المطلوب . نفس الطريقة تتبع لرسم المستطيل .

طريقة رسم مربع بمعلومية قطره أ ب : -

خطوات العمل : -

١. أرسم المستقيم أ ب معلوم الطول .
٢. نصف أ ب بمستقيم عمودي في نقطة م .
٣. أركز البرجل في م وبفتحة مقدارها م أ ، أرسم قوسين يتقاطعان مع المنصف في النقطتين ج ، د .
٤. صل ج أ ، أ د ، د ب ، ب ج لتحصل على الشكل المطلوب .



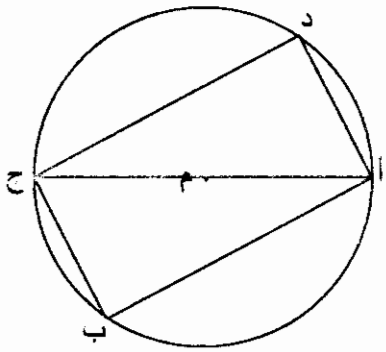
طريقة رسم مستطيل بمعلومية طول قطره وأحد أضلاعه

مثال :

أرسم المستطيل أ ب ج د الذي طول قطره أ ج ٦ سم وطول الضلع أ ب ٣ سم .

خطوات العمل :

١. أرسم المستقيم أ ج ثم نصفه في نقطة م .
٢. أركز البرجل في م وبفتحة تساوي م أ أرسم دائرة .



٣. أركز البرجل في كل من أ ، ج وبفتحة تساوي الضلع المعلوم أرسم قوسين يقطعان محيط الدائرة في كل من د ، ب .

٤. صل د أ ، أ ب ، ب ج ، ج د لتحصل على المستطيل ا ب ج د .

طريقة رسم المعين المنتظم بمعلومية طول ضلعه وواحدة من زواياه :-

مثال :

أرسم المعين المنتظم أ ب ج د إذا علمت أن طول الضلع أ ب = ٤ سم وزاوية أ ب ج = ٥٥° .

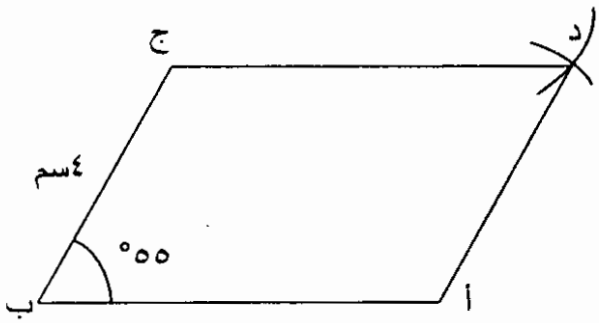
الحل :

١. أرسم المستقيم أ ب = ٤ سم .

٢. حدد بالمنقلة من ب الزاوية ٥٥° ليرسم على ضلعها ، الضلع ب ج = ٤ سم كذلك .

٣. أركز البرجل في ج وبفتحة تساوي طول الضلع ٤ سم أرسم قوساً في الاتجاه الأفقي .

٤. أركز البرجل في أ وبفتحة تساوي طول الضلع ٤ سم أرسم قوساً في الإتجاه الرأسي ليتقاطع مع القوس الأول في النقطة د .



٥. صل د أ .

٦. صل د ج لتحصل على المعين المطلوب أ ب ج د .

طريقة رسم متوازي الأضلاع بمعلومية ضلعيه وواحدة من زواياه

مثال :

أرسم متوازي الأضلاع أ ب ج د إذا علمت أن طول أ ب = ٦ سم وطول ب ج = ٤ سم وزاوية أ ب ج = ٤٠° .

الحل :

١. أرسم المستقيم أ ب بطول ٦ سم .

٢. من ب أرسم الزاوية أ ب ج ٤٠° .

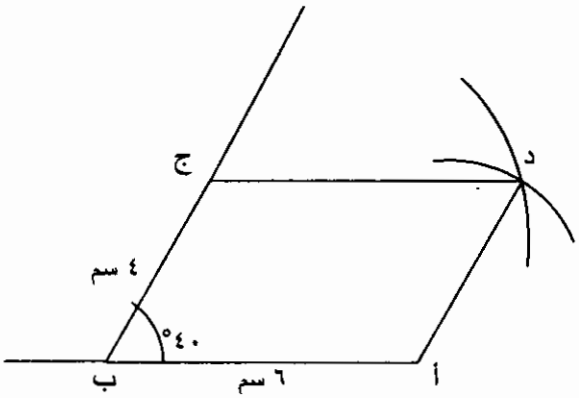
٣. قس على ضلع الزاوية أ ب ج طول الضلع ب ج .

٤. أركز البرجل في ج وبفتحة تساوي أ ب أرسم قوساً في الاتجاه الأفقي .

٥. أركز البرجل في النقطة أ وبفتحة تساوي ب ج أرسم قوساً في الاتجاه الرأسي يتقاطع مع القوس الاول في نقطة د .

٦. صل د أ .

٧. صل د ج لتحصل على متوازي الأضلاع المطلوب أ ب ج د .



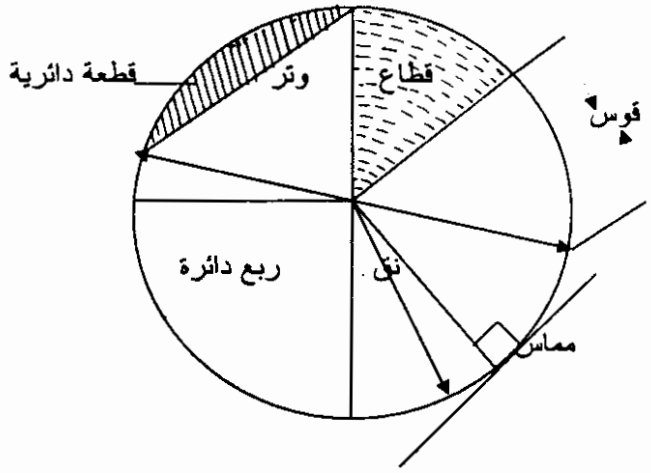
الدائـــرة

تعريف الدائرة :

١. **الدائرة** : عبارة عن سطح مستو محدود بخط منحن مقفل ○ جميع نقاطه على أبعاد متساوية من نقطة ثابتة تسمى مركز الدائـــرة (م) ويسمى الخط المنحني المقفل محيط الدائرة .
الخط المستقيم الواصل من مركز الدائرة إلى أي نقطة في المحيط يسمى نصف قطر الدائرة (نق) .

٢. **القوس** : هو جزء من محيط الدائرة .

٣. **الوتر** : هو الخط الواصل بين نهايتي قوس ولايمر بمركز الدائرة .



٤. **القطاع الدائري** : هو جزء من محيط الدائرة محصور بين قوس ونصفي قطر .

٥. **القطعة الدائرية** : هي جزء من سطح الدائرة محصورة بين قوس ووتره

٦. **المماس** : هو الخط المستقيم الذي يمس محيط الدائرة في نقطة واحدة ويكون عمودياً على نصف القطر .

طريقة رسم الدائرة

ترسم الدائرة إذا عرف نصف قطرها وذلك بفتح البرجل بمقدار (نق) الدائرة ثم يركز البرجل في (م) وترسم الدائرة .

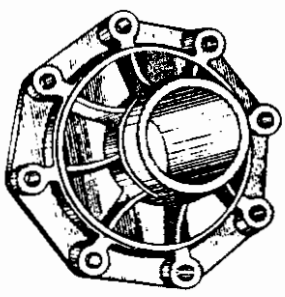
طريقة تقسيم الدائرة إلى أربعة أجزاء أو ثمانية أجزاء متساوية

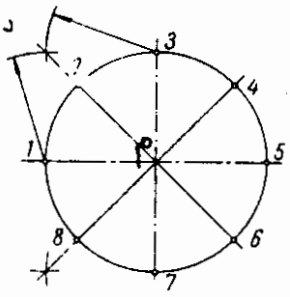
مثال :

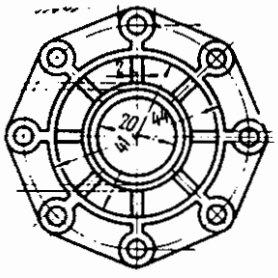
حدد مراكز ثمانية ثقوب على محيط فلنشة دائرية قطرها ٦ سم على مسافات متساوية .

الحل : -

١. أرسم مستقيمين (أفقي ورأسي) طول كل منهما ٦ سم متقاطعين عمودياً في النقطة م .
٢. أركز البرجل في النقطة م وأرسم الدائرة معلومة القطر .
٣. محيط الدائرة يقطع المستقيمين المتقاطعين في النقاط (١ ، ٣ ، ٥ ، ٧) وهي تقسم الدائرة إلى أربعة أجزاء متساوية . يمكن الحصول على النقاط الباقية (٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨) وذلك :







٤. لايجاد المركزين ٢ ، ٦ . أركز البرجل في النقطة ١ وبفتحة تزيد عن نصف القوس ٣/١ أرسم قوساً .

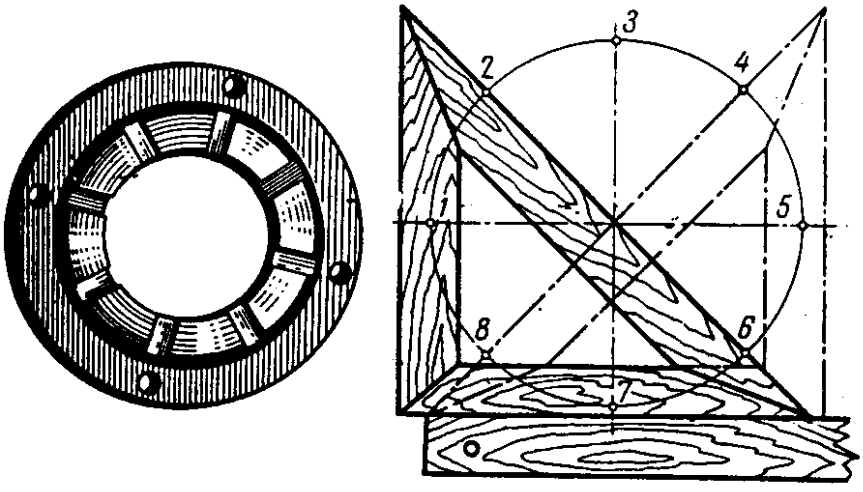
٥. أركز البرجل في النقطة ٣ وبنفس الفتحة أرسم قوساً ليتقاطع مع القوس الأول في نقطة د .

٦. صل هذه النقطة بمركز الدائرة ومده على استقامته ليقطع محيط الدائرة في النقطتين ٢ ، ٦ .

٧. وبنفس الطريقة بارتكاز البرجل في كل من النقطتين ٥ / ٣ وبفتحة تزيد عن نصف القوس ٣/٥ نحصل على تقاطع قوسين في نقطة هـ نمد من هذه النقطة مستقيماً ماراً بمركز الدائرة ويقطع محيط الدائرة في النقطتين ٤ ، ٨.

النقاط ١، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ هي مراكز الثقوب المطلوبة وهي التي تقسم الدائرة إلى ثمانية أجزاء متساوية .

كذلك يمكن تقسيم الدائرة إلى أربعة أجزاء متساوية بواسطة المثلث كما مبين في الشكل التالي .



(a) (b)

طريقة تقسيم الدائرة إلى ٣ ، ٦ ، ١٢ جزءاً متساويا

مثال :

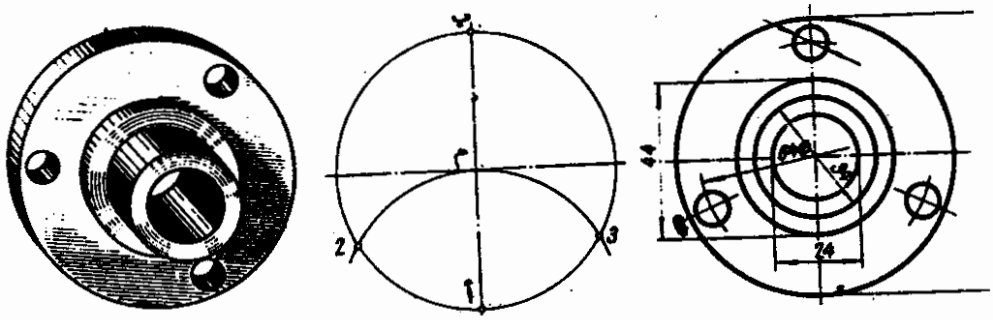
أوجد مراكز ثلاثة ثقوب على أبعاد متساوية على محيط دائرة قطرها ٧ سم.

الطريقة :

١. أرسم قطر الدائرة أ ب = ٧ سم ثم نصفه في م بمستقيم عمودي .

٢. أركز البرجل في م وارسم الدائرة ليتقاطع محيطها مع القطر في نقطتي أ ، ب .

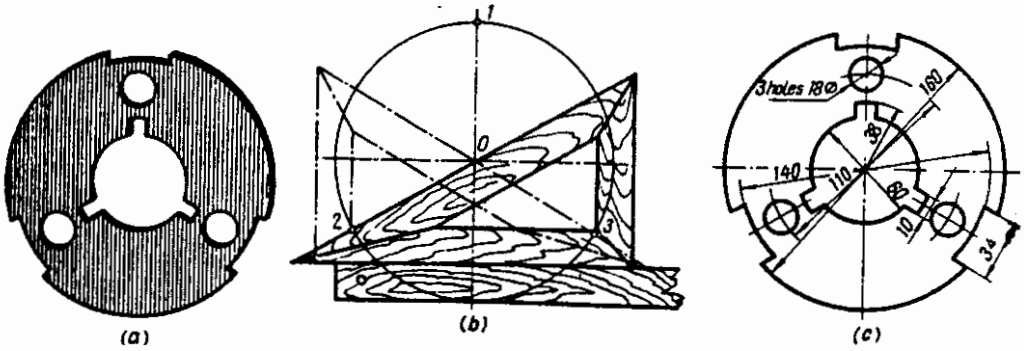
٣. أركز البرجل في أ وبفتحة تساوي أ م أرسم قوساً يقطع محيط الدائرة في النقطتين ٢ ، ٣ .



(أ) (ب) (ج)

النقاط ب ، ٢ ، ٣ هي مراكز الثقوب المطلوبة وهي التي تقسم الدائرة التي محيطها ٧ سم إلى ثلاثة أجزاء متساوية .

كذلك يمكن إيجاد مراكز هذه الثقوب أو تقسيم الدائرة إلى ثلاثة أقسام متساوية بواسطة المثلث ٣٠° / ٦٠° كما مبين في الشكل التالي .



مثال :

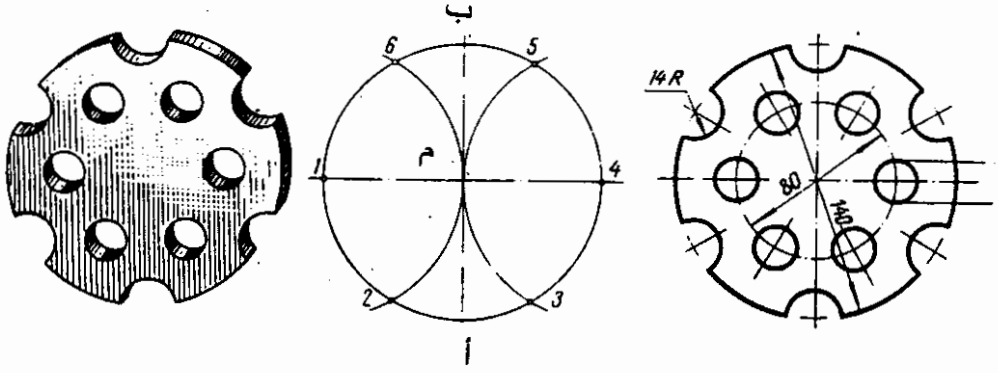
أوجد مراكز ٦ ثقوب متساوية الأبعاد على سطح دائرة قطرها ٦ سم .

الطريقة :

١. أرسم قطر الدائرة ٦ سم ورقمّ طرفيه ١ ، ٤ ثم نصفه في م بمستقيم أ ب.

٢. أركز البرجل في النقطة ٤ وبفتحة تساوي نصف قطر الدائرة أرسم قوساً يقطع محيط الدائرة في النقطتين ٣ ، ٥ .

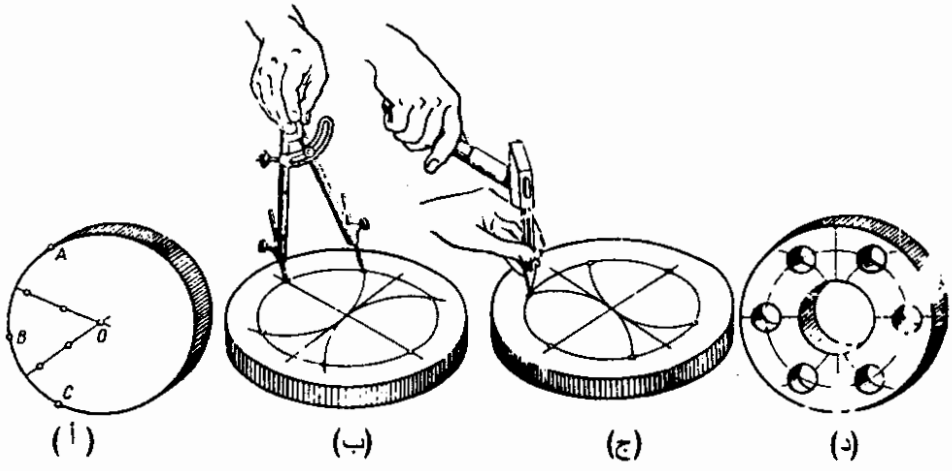
٣. أركز البرجل في النقطة ١ وبفتحة تساوي نصف قطر الدائرة أرسم قوساً آخر يقطع محيط الدائرة في النقطتين ٢ ، ٦ . النقاط ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ هي مراكز الثقوب المطلوبة وهي التي تقسم الدائرة إلى ٦ أجزاء متساوية كما مبين في الشكل التالي .



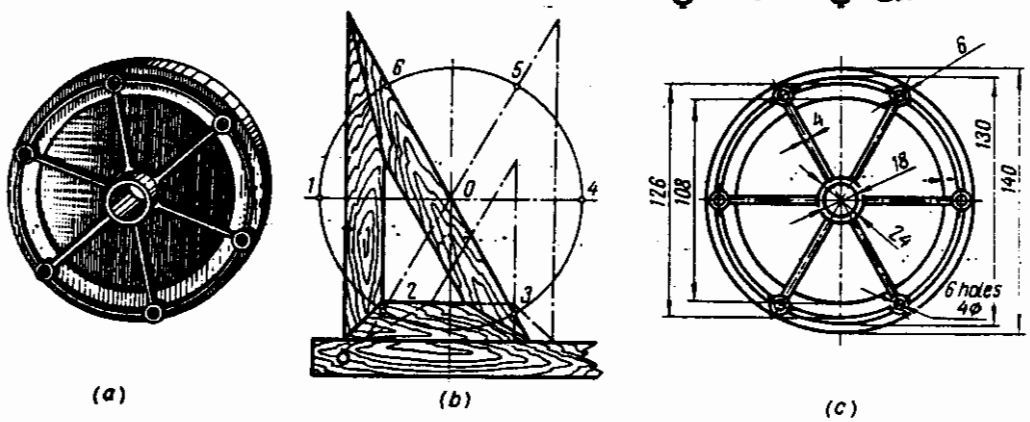
إن تقسيم الدائرة إلى عدة أجزاء مهم جداً في الرسم الهندسي ، وذلك لأن كثيراً من الفلنشات تتخذ الشكل الدائري ، كما أن الطالب يجد أن أكثر الأشـــكال التي يتعامل معها تكون دائرية الشكل (تروس الماكينات ، العجلات .. وغيرها).

لذلك فمن المهم على الطالب أن يتعود على تقسيم الدائرة إلى عدة أجزاء ثم التعامل مع هذه الأجزاء بالصورة السليمة التي يتطلبها الموقف .

والشكل التالي يوضح طريقة تقسيم شكل دائري إلى ٦ أجزاء بطريقـــة عملية باستخدام البرجل ثم باستخدام الأجنة والشاكوش .
(على الطالب أن يحاول ذلك عملياً) .



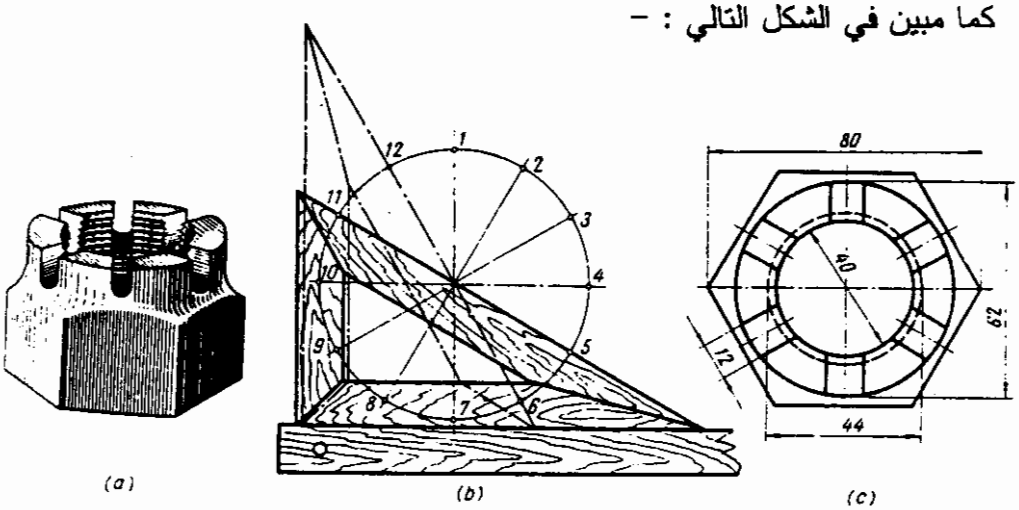
كما يمكن تقسيم الدائرة إلى ستة أجزاء متساوية باستخدام المثلث ٣٠°/٦٠°
كما مبين في الشكل التالي .



(a) (b) (c)

كما يمكن أن تقسم الدائرة إلى اثني عشر جزءاً باستخدام البرجل كما في طريقة تقسيم الدائرة إلى ٦ أجزاء . الفرق الوحيد هو اتخاذ نقطتي أ ، ب كمركزين وإنشاء قوسين يقطعان محيط الدائرة في أربعة نقاط ثم إضافة نقطتي أ ، ب ليكتمل التقسيم إلى ١٢ جزءاً متساوياً.

ويمكن كذلك بتقسيم الدائرة إلى ١٢ جزءاً متساوياً باستخدام المثلث ٣٠°/٦٠°
كما مبين في الشكل التالي : -



(a) (b) (c)

طريقة تقسيم الدائرة إلى خمسة أجزاء متساوية

مثال : أوجد مراكز خمسة ثقوب متساوية الأبعاد على محيط دائرة قطرها ٦ سم

الحل :

١. أرسم قطر الدائرة أ ب بطول ٦سم ثم نصفه في النقطة م بمستقيم عمودي ج د.

٢. أركز البرجل في م وبفتحة تساوي م أ ارسم الدائرة .

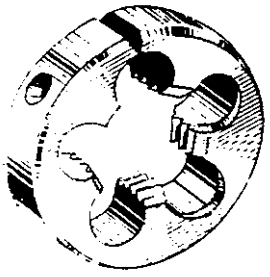
٣. أركز البرجل في النقطة أ وبفتحة تساوي أ م أرسم قوساً يقطع محيط الدائرة في النقطة هـ .

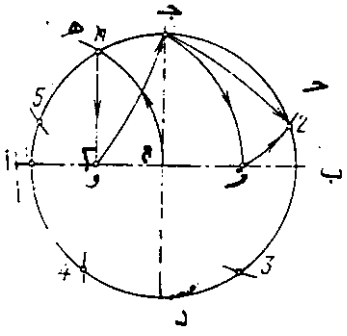
٤. من نقطة هـ اسقط عموداً يقطع المستقيم أ ب في نقطة و .

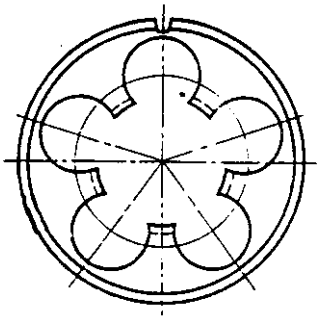
٥. أركز البرجل في النقطة و وبفتحة تساوي وج أرسم قوساً يقطع المستقيم أ ب في نقطة ز .

٦. أركز البرجل في نقطة ج وبفتحة تساوي ز ج أرسم قوساً يقطع محيط الدائرة في النقطة ح .

٧. الآن المسافة ج ح هي البعد الذي يمكن نقله على محيط الدائرة لإيجاد مراكز الثقوب المطلوبة ، أو بمعنى آخر إن البعد ج ح بنقله على محيط الدائرة يقسمها إلى خمسة أقسام متساوية كما في الشكل أدناه .







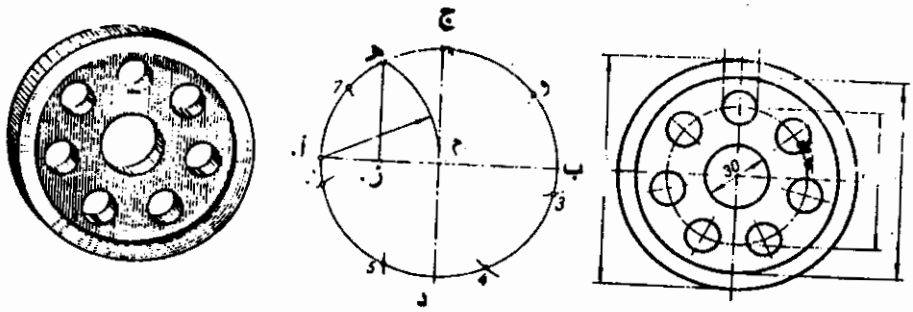
طريقة تقسيم الدائرة إلى ٧ أجزاء متساوية

مثال :

أوجد مراكز ٧ ثقوب على أبعاد متساوية على محيط دائرة قطرها ٦ سم

الطريقة :

١. أرسم قطر الدائرة أ ب ٦ سم ثم نصفه في م بالعمود ج د .
٢. أرسم الدائرة في م .
٣. أركز البرجل في أ وبفتحة تساوي م أ أرسم قوساً يقطع محيط الدائرة في هـ .
٤. أسقط عموداً من هـ يقطع قطر الدائرة في النقطة ز .
٥. أركز البرجل في ز وبفتحة تساوي هـ ز علم على محيط الدائرة من ج النقطة و (هـ ز = المستقيم ج و) .

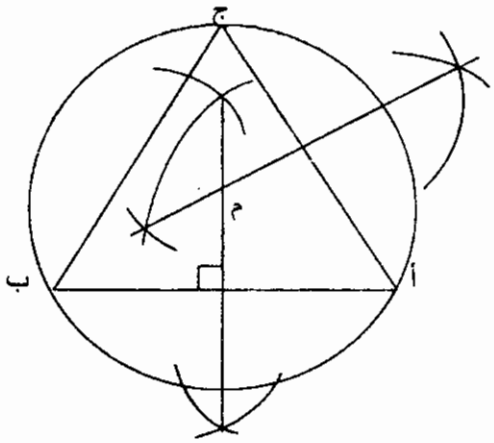


٦. أنقل البعد ج و علي محيط الدائرة على التوالي لتحصل على مراكز الثقوب المطلوبة .وبالتالي فإن هذه الطريقة تقسم الدائرة إلى ٧ أجزاء متساوية ، إلا أن هذه الطريقة تعتبر طريقة تقريبية فقط .

طريقة رسم دائرة تمر برؤوس مثلث معلوم الزوايا والأضلاع

مثال :

أرسم الدائرة التي تمر برؤوس أضلاع المثلث أ ب ج المتساوي الأضلاع الذي طول ضلعه ٤ سم .



خطوات العمل : -

١. أرسم المثلث أ ب ج متساوي الأضلاع .
٢. نصّف أي ضلعين بالمنصف العمودي .
٣. تقاطع منصفي الضلعين هو مركز الدائرة م .
٤. أركز البرجل في م وبفتحة تساوي م أ أو م ب أو م ج أرسم الدائرة التي تمر برؤوس أضلاع المثلث أ ب ج .

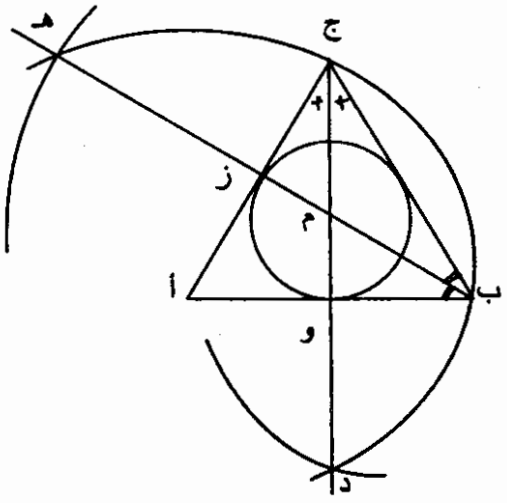
طريقة رسم دائرة داخل مثلث معلوم الزوايا والأضلاع

مثال :

أرسم دائرة داخل المثلث أ ب ج متساوي الأضلاع الذي طول ضلعه ٥ سم.

خطوات العمل :

١. أرسم قاعدة المثلث أ ب الذي طول ضلعه ٥ سم ثم ارسم المثلث أ ب ج
٢. نصف أي زاويتين من زوايا المثلث بمستقيمين يقطعان ضلعي المثلث في كل من ز ، و . ويتقاطعان في النقطة م .
٣. أركز البرجل في النقطة م وبفتحة تساوي م و وهي تساوي كذلك م ز أرسم الدائرة المطلوبة التي تمس أضلاع المثلث أ ب ج من الداخل .



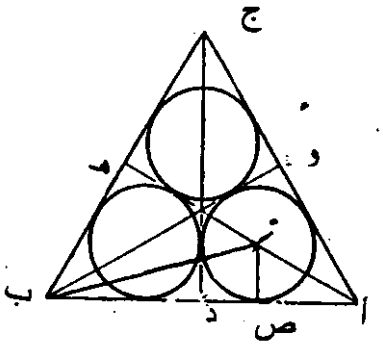
طريقة رسم ثلاثة دوائر متماسة داخل مثلث متساوي الأضلاع وكل دائرة تمس ضلعين من المثلث

مثال :

أرسم ثلاثة دوائر داخل المثلث أ ب ج متساوي الأضلاع والذي طول ضلعه ٤ سم .

الطريقة :

١. أرسم المثلث أ ب ج المتساوي الأضلاع .
٢. نصّف زواياه لتتقاطع خطوط التنصيف مع أضلاع المثلث في النقاط د ، هـ ، و .
٣. نصّف زاوية أ ب و لتتقاطع مع المنصف أ هـ في ز .
٤. أسقط من ز عموداً ليقطع أ د في ص . ز ص هو مقدار نصف قطر الدائرة التي تمس الضلعين أ ج ، أ ب .
٥. وبنفس الطريقة يمكن رسم الدائرتين الأخريين .



طريقة رسم دائرة داخل مربع معلوم الضلع

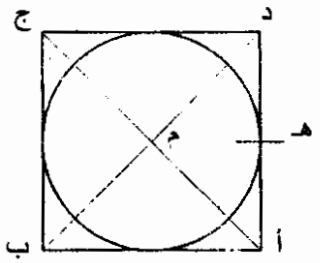
مثال :

أرسم دائرة داخل المربع أ ب ج د الذي طول ضلعه ٤ سم .

الحل :

١. أرسم المربع أ ب ج د الذي طول ضلعه ٤ سم .

٢. صل أ ج ، د ب بمستقيمين .
٣. تقاطع المستقيمين في م هو مركز الدائرة .
٤. أركز البرجل في م وبفتحة تساوي م هـ (٢ سم) ارسم الدائرة .



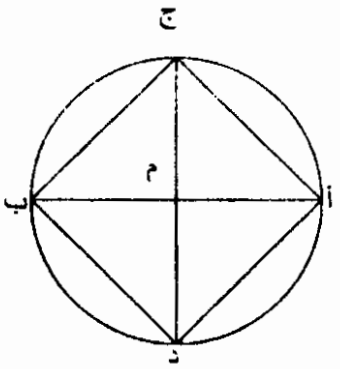
طريقة رسم مربع داخل دائرة .

مثال :

المطلوب رسم مربع أ ب ج د داخل دائرة قطرها ٤ سم .

الطريقة :

١. أرسم المستقيم أ ب الذي طوله ٤ سم ثم نصفه في م بالمستقيم العمودي ج د .
٢. أركز البرجل في م وبفتحة تساوي م أ ارسم دائرة .
٣. صل أ ج ، أ د ، د ب ، ب ج لتتحصل على المربع المطلوب كما مبين في الشكل التالي .



المماسات

كثير من أشكال أجزاء الماكينات والآلات والمعدات تحتوي على خطوط مستقيمة أو منحنية تتداخل تدريجياً مع بعضها . وعند رسم هذه الأشكال قد تحتاج إلى رسم خط مستقيم يمس منحنى أو دائرة أو دائرتين متماستين . والنقطة التي يمس فيها المستقيم الدائرة تسمى بنقطة التماس .

ويلاحظ في كل أحوال المماسات أن موضع نقطة التماس يقوم على إحدى الحقيقتين التاليتين : -

- أن نقطة تماس الخط المستقيم والدائرة تقع في تقاطع العمود مع الخط المستقيم الذي يمر بمركز الدائرة .
- نقطة تماس دائرتين تقع في محيطي كل من الدائرتين والخط المستقيم الذي يصل مركزي الدائرتين .

فيما يلي طريقة رسم بعض المماسات :

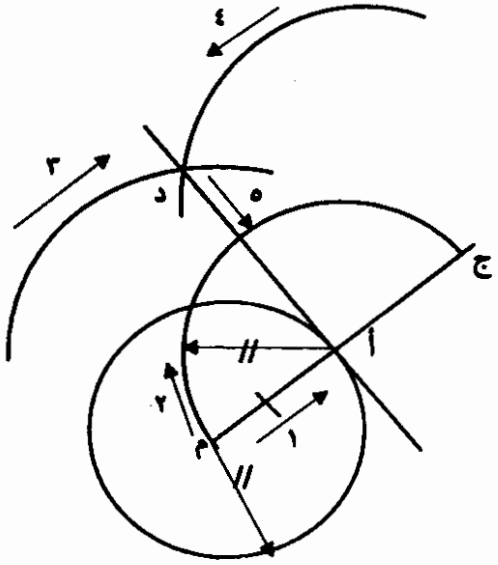
طريقة رسم مماس لدائرة معلومة القطر من نقطة معلومة على محيط الدائرة

مثال :

أرسم المماس للدائرة التي مركزها م من النقطة أ على محيط الدائرة .

الطريقة :

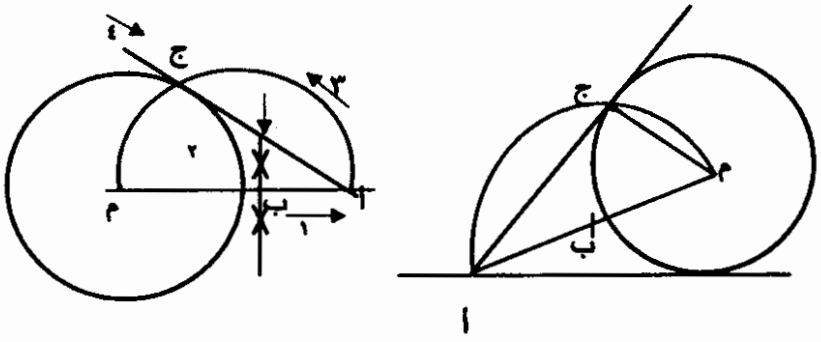
١. أرسم الدائرة التي مركزها م وحدد على محيطها النقطة أ .
٢. صل م أ ومده على استقامته حتى ج بحيث يكون ج أ = أ م .
٣. أركز البرجل في كل من م ، ج وبفتحة مناسبة أرسم قوسين يتقاطعان في النقطة د صل د أ لتتحصل على المماس المطلوب كما مبين في الشكل التالي .



طريقة رسم مماس من نقطة معلومة خارج محيط الدائرة

مثال :

أرسم المستقيم المماس للدائرة التي مركزها م من النقطة أ .



الطريقة :

١. أرسم الدائرة التي مركزها " م " وحدد النقطة أ خارج الدائرة .
٢. صل م أ ثم نصفه في ب .
٣. أركز البرجل في النقطة ب وبفتحة تساوي أ ب أرسم قوساً يقطع محيط الدائرة في النقطة ج .
٤. صل أ ج وهو المماس المطلوب .

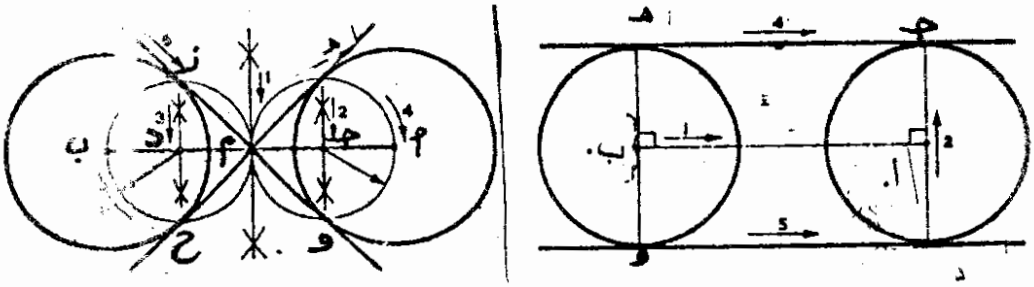
طريقة رسم مماس لدائرتين متساويتي القطرين على خط مستقيم

مثال :

مطلوب رسم مماس لدائرتين متساويتين يبعد مركزاهما عن بعضهما بمسافة معلومة في خط مستقيم .

الطريقة :

١. أرسم المستقيم أ ب معلوم الطول (البعد بين المركزين) .
٢. متخذاً أ ، ب كمركزين أرسم الدائرتين .
٣. من كل من أ ، ب أرسم عمودين يقطعان محيطي الدائرتين في كل من ج ، هـ ، د ، و
٤. صل ج هـ
٥. صل د و لتحصل على المستقيمين المماسين للدائرتين . وفي هذه الحالة يسمى المماس الخارجي .



المماس الخارجي

المماس الداخلى

طريقة رسم المماس الداخلي لنفس المثال السابق

١. أرسم المستقيم أ ب (البعد بين المركزين) ونصفه في م .
٢. نصف م أ في ج .
٣. نصف م ب في د .
٤. متخذاً ج ، د كمركزين وبفتحة تساوي ج م ، د م. أرسم دائرتين .

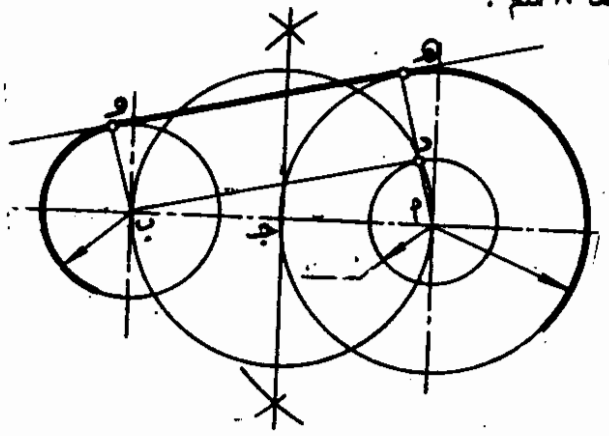
٥. أركز البرجل في أ وبفتحة تساوي نصف قطر الدائرة المعلومة أرسم الدائرة التي تقطع الدائرة التي مركزها ج في النقطتين هـ ، و .
٦. أركز البرجل في النقطة ب وبنفس الفتحة أرسم دائرة تقطع الدائرة التي مركزها د في النقطتين ز ، ح .
٧. صل و ز ماراً بالنقطة م .
٨. صل هـ ح ماراً بالنقطة م لتحصل على على المماس المتقاطع للدائرتين المتساويتين كما مبين في الشكل السابق .

طريقة رسم مماس خارجي لدائرتين مختلفتي القطرين ويبعدان عن بعضهما بخط مستقيم معلوم

مثال :

أرسم المماس الخارجي لدائرتين قطر إحداهما ٦ سم وقطر الأخـــرى ٤ سم والبعد بين مركزيهما ٨ سم .

الطريقة :-



١. أرسم المستقيم أ ب = البعد بين مركزي الدائرتين ٨ سم .
٢. أرسم الدائرتين حسب مقاس قطريهما .
٣. نصف المستقيم أ ب في ج .
٤. أركز البرجل في أ وبفتحة تساوي نصف قطر الدائرة الكبيرة – نصف قطر الدائرة الصغيرة (٣ سم–٢سم) أرسم دائرة مساعدة .

٥. أركز البرجل في ج وبفتحة تساوي ج أ (٤ سم) أرسم نصف دائرة على المستقيم أ ب يقطع الدائرة المساعدة في النقطة د .

٦. صل د أ بمستقيم ومده على استقامته ليقطع الدائرة الكبيرة في النقطـــة هـ .

٧. من ب أرسم مستقيماً موازياً للمستقيم أ هـ ليقطع الدائرة الصغيرة في النقطة و .

٨. صل هـ و بخط مستقيم وهو المماس المطلوب .

طريقة رسم المماس المتقاطع للمثال السابق :

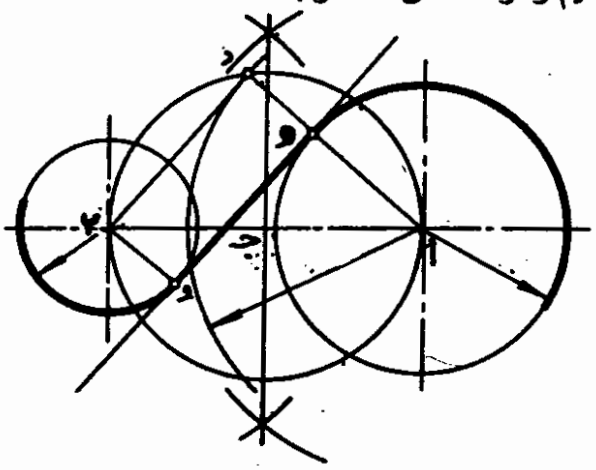
طريقة رسم المماس المتقاطع تشابه طريقة رسم المماس الخارجي ما عدا في رسم الدائرة المساعدة فان نصف قطرها يساوي (٣ + ٢) بمعنى نصف قطر الدائرة الكبيرة + نصف قطر الدائرة الصغيرة .

١. أركز البرجل في النقطة ج وبفتحة تساوي أ ج أرسم قوساً يقطع الدائرة المساعدة في النقطة د.

٢. صل د أ ليقطع الدائرة الكبيرة في هـ .

٣. من النقطة ب أرسم خطاً مستقيماً موازياً للمستقيم أ هـ ليقطع الدائرة الصغيرة في النقطة و .

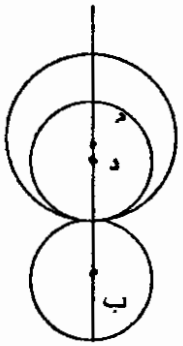
٤. صل هـ و بمستقيم وهو المماس المطلوب .



طريقة رسم دائرة بنصف قطر معلوم تمسها دائرة أخرى معلومة القطر من الخارج ودائرة ثانية معلومة القطر من الداخل

مثال :

أرسم دائرة قطرها ٤ سم تمسها دائرة قطرها ٣ سم من الداخل عند النقطة ج ودائرة أخرى قطرها ٣ سم في مماس مع الدائرة الأولى عند نفس النقطة من الخارج .



الطريقة :

١. أرسم الدائرة م نصف قطرها ٢ سم .
٢. صل مركز الدائرة " م " بالنقطة ج بمستقيم ومده على استقامته .
٣. حدد البعد ب ج = ١ ١/٢ سم ، ج د = ١ ١/٢ سم على المستقيم م ج وامتداده .
٤. أركز البرجل في ب وبفتحة مقدارها ب ج أرسم دائرة ب وهي المماس للدائرة م من الخارج .
٥. أركز البرجل في د وبفتحة تساوي ج د أرسم دائرة د لتمس دائرة م في النقطة ج من الداخل .

طريقة رسم قوس يمس قوسين آخرين

توجد ثلاثة إحتمالات لهذه الحالة على النحو التالي :

١) *الحالة الأولى* : يمس القوس القوسين الآخرين بحيث تكون دائرتي القوسين الآخرين داخل دائرة القوس الذي يمسهما .

٢) *الحالة الثانية* : تكون دائرتي القوسين الآخرين خارج دائرة القوس الذي يمسهما .

٣) *الحالة الثالثة* : تكون دائرة أحد القوسين داخل دائرة القوس الذي يمسهما ودائرة القوس الآخر خارجه .

مثال أ :

أرسم القوس الذي يمس قوسين آخرين (كما في الحالة الأولى) بالمعطيات التالية :-

١) قوسين نصفي قطريهما = نق١ ، نق٢ (نق١ > نق٢) ومركزيهما م١ ، م٢ .

٢) المسافة بين م١ ، م٢ = ل > نق ١ + نق ٢ .

٣) نصف قطر قوس المماس يساوي نق .(نق > نق١ + نق٢)

المطلوب :

١) تحديد موضع مركز قوس المماس

٢) إيجاد نقطتي التماس .

الطريقة :

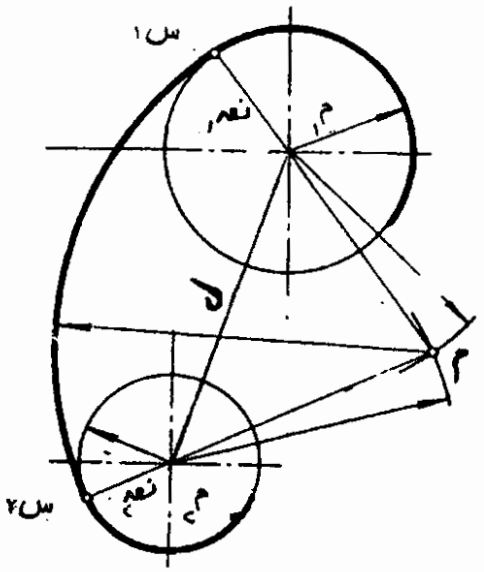
١) أرسم دائرتين نصفي قطريهما نق ١ ، نق ٢ ومركزيهما م١،م٢ بحيث يكون م١ م٢ = ل (ل > نق١ + نق٢) .

٢) أركز البرجل في م ١ وبفتحة بمقدارها نق – نق ١ أرسم قوساً .

٣) أركز البرجل في م ٢ وبفتحة بمقدارها نق – نق ٢ أرسم قوساً آخر ليلاقي القوس الأول في م .

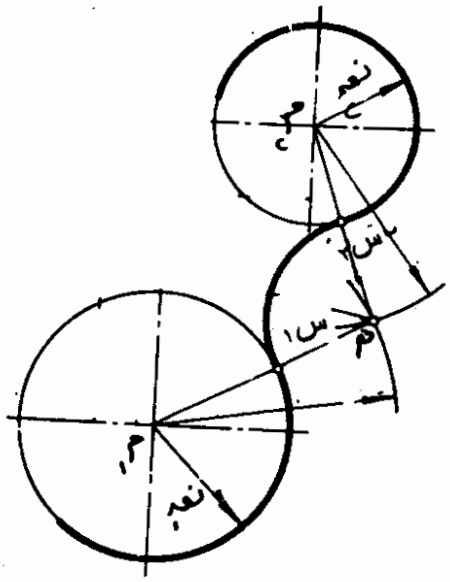
٤) من النقطة م وبفتحة تساوي نق أرسم قوساً يمس الدائرتين في س١ ، س٢ وهو المماس المطلوب .

٥) س١ ، س٢ هما نقطتي التماس .



الحالة الثانية :

أرسم القوس الذي يمس قوسين آخرين كما في الحالة الثانية .



الطريقة :

١. بعد رسم الدائرتين كما في المثـــال السابق أركز البر.جـــل في م١ وبفتحة تساوي نق١ + نق أرسم قوساً .

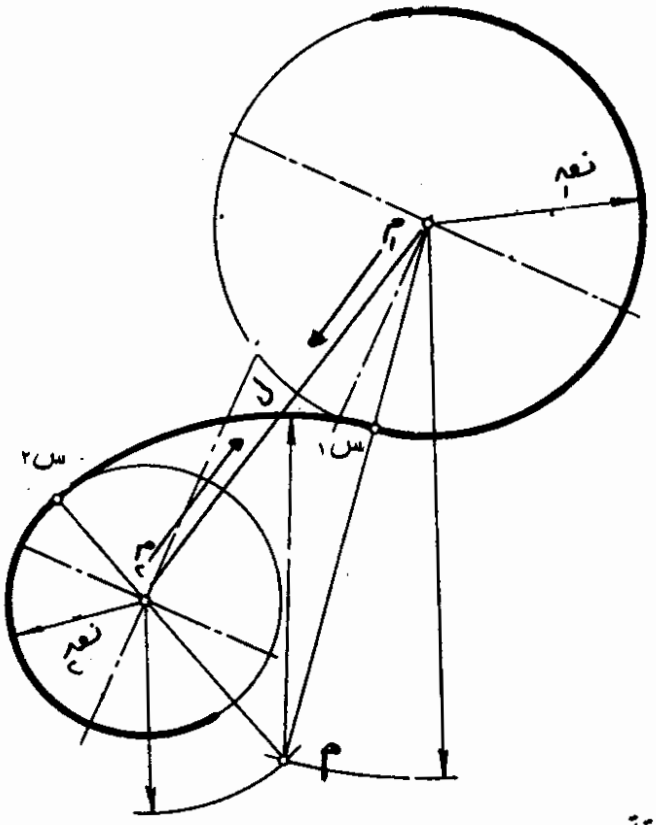
٢. أركز البرجل في م٢ وبفتحة تساوي نق٢ + نق أرسم قوســاً آخر ليقطع القوس الأول في م .

٣. أركز البرجل في م وبفتحة تساوي نق أرسم قوساً يمس الدائرتين في س١ ، س٢ وهو المماس المطلوب .

(ملحوظة : في هذه الحالة ليس بالضرورة أن يكون نق > نق١ + نق٢ كما في الحالة الأولى)

الحالة الثالثة :

أرسم القوس الذي يمس قوسين آخرين كما في الحالة الثالثة



الطريقة :

١. بعد رسم الدائرتين كما في الحالة الأولى ، أركز البرجل في م١ وبفتحة تساوي نق – نق١ أرسم قوساً (نق > نق١ ، نق > نق٢) .

٢. أركز البرجل في م٢ وبفتحة تساوي (نق + نق٢) أرسم قوساً ليقطع القوس الأول في م .

٣. أركز البرجل في م وبفتحة تساوي نق أرسم قوساً يمس الدائرتين في س١ ، س٢ وهو المماس المطلوب .

القطع الناقص

القطع الناقص عبارة عن شكل له محوران متعامدان مختلفي الطول مغلقان بأقواس مماسة مع بعضها .

يمكن رسم القطع الناقص بعدة طرق بمعلومية محوريه وسنكتفي هنا بطريقتين فقط .

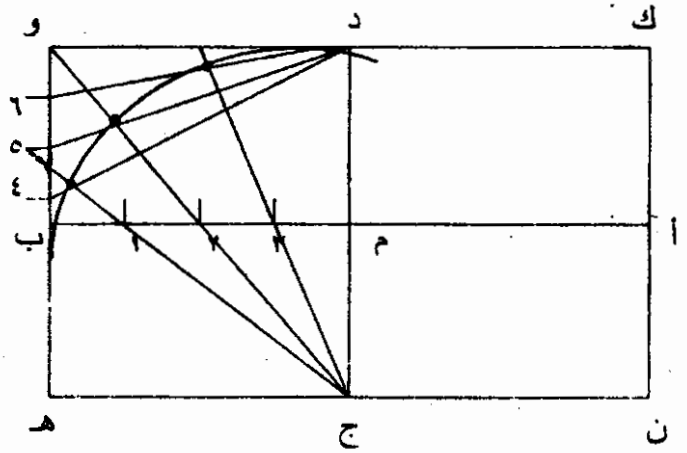
الطريقة الأولى :

مثال :

أرسم القطع الناقص الذي طول محوريه ١٠ ، ٦ سم على التوالي .

خطوات العمل :

١. أرسم المحور الأفقي أ ب = ١٠ سم، والمحور الرأسي ج د = ٦ سم ينصف المحور الأفقي ويقطعه في النقطة م .
٢. أرسم المستطيل هـ و ك ن كما في الشكل .
٣. قسم م ب إلى أي عدد من الأجزاء المتساوية .(مثلاً ٤ أجزاء في النقاط ١ ، ٢ ، ٣) .
٤. قسم ب و إلى نفس العدد من الأجزاء المتساوية في النقاط ٤ ، ٥ ، ٦
٥. أرسم خطوط مستقيمة من ج تمر بالنقاط ١ ، ٢ ، ٣ وخطوط مستقيمة من د تمر بالنقاط ٤ ، ٥ ، ٦ كما في الشكل .
٦. تقاطع هذه الخطوط يمثل نقاط على القطع الناقص .
٧. صل هذه النقاط وكرر ذلك في الأجزاء الثلاثة الأخرى من المستطيل لتتحصل على الشكل المطلوب .



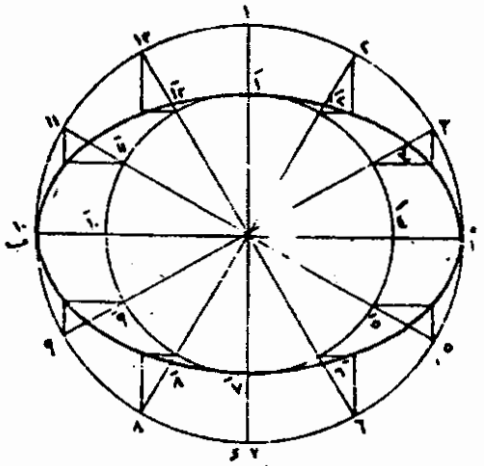
الطريقة الثانية :

طريقة الدوائر المساعدة وهي طريقة الإسقاط

مثال :

أرسم القطع الناقص الذي طول محوريه ١٠ ، ٦ سم على التوالي بطريقة الاسقاط .

الطريقة :



طريقة الدوائر المساعدة

١. أرسم المحورين أ ب ، ج د متعامدين متناصفين ومتقاطعين في م .
٢. أركز البرجل في م وبفتحة تساوي م أ أرسم دائرة . ثم أركز البرجل في م وبفتحة تساوي م ج أرسم دائرة أخرى . (تسمى هاتان الدائرتان بالدائرتين المساعدتين الكبرى والصغرى) .
٣. قسم محيط الدائرة الكبرى إلى أي عدد من الأقسام المتساوية .
٤. صل هذه النقاط بمستقيمات مع محيط الدائرة م .
٥. رقم النقاط على محيطي الدائرتين .
٦. أرسم من نقاط الدائرة خطوطاً موازية للمحور العمودي ج د .
٧. أرسم من الدائرة الصغرى خطوطاً موازية للمحور الأفقي أ ب .
٨. صل تقاطع هذه النقاط بأقواس لتحصل على القطع الناقص .

طريقة رسم الشكل البيضي

يختلف الشكل البيضي عن القطع الناقص في شكله إذ أنه على شكل البيضة . يرسم الشكل البيضي بمعرفة محوره فقط .

مثال :

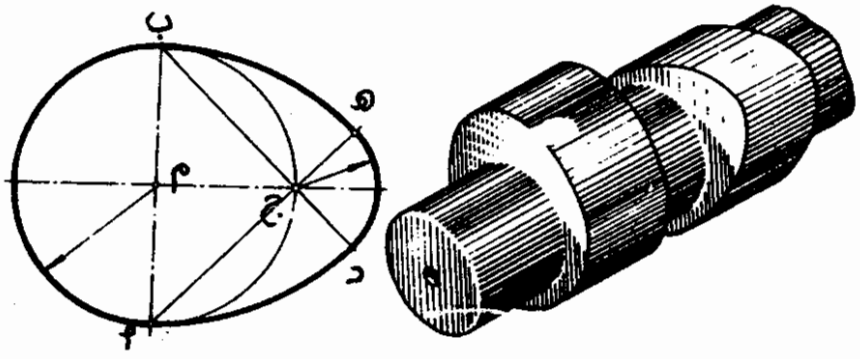
أرسم الشكل البيضي الذي محوره ٨ سم .

الطريقة :

١. أرسم مستقيماً أفقياً وأقم عليه عموداً يتقاطع معه عند النقطة م .
٢. أركز البرجل في النقطة م وبفتحة تساوي نصف القطر (٤ سم) أرسم دائرة محورها العمودي أ ب ويقطع محيطها المستقيم الأفقي في النقطة ج .
٣. صل أ ج ومده على استقامته
٤. صل ب ج ومده على استقامته .
٥. أركز البرجل في النقطة أ وبفتحة تساوي أ ب أرسم قوساً يتقاطع مع امتداد المستقيم أ ج في هـ .

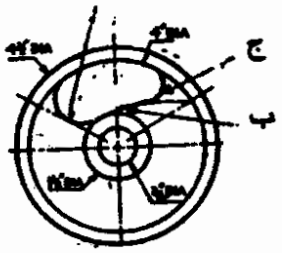
٦. أركز البرجل في النقطة ب وبنفس الفتحة أرسم قوساً يتقاطع مع امتداد المستقيم ب ج في د .

٧. أركز البرجل في ج وبفتحة تساوي ج هـ أرسم قوساً مماساً للقوس الأول ليكمل الشكل .

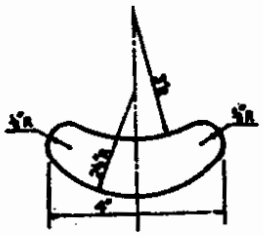


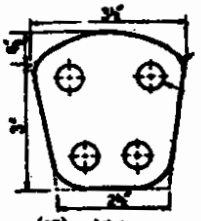
تمارين :

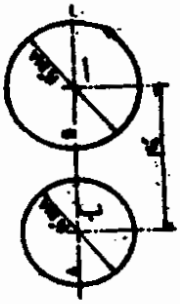
الشكل (١) يبين تفاصيل طارة لها ثلاثة أذرع تكونت من ثلاثة مماسات موزعة بالتساوي وتتكون الأقواس من أ ب ج كما مبين في الشكل . أ عبارة عن شبه دائـرة . القوس ب نصف قطره ٤ بوصات ، القوس ج نصف قطره $\frac{3}{8}$ من البوصة . كل هذه المنحنيات تلتقي متماسة .



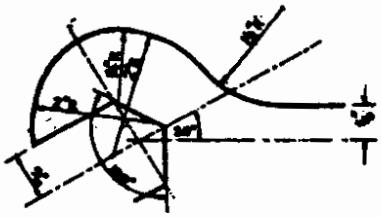
شكل (١)

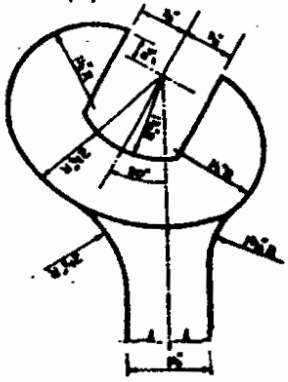

شكل (٢)


شكل (٣)



شكل (٤)


شكل (٥)


شكل (٦)

١. أرسم الشكل (١) كما مبين أعلاه . مبينا بالرسم بوضوح خطوط الإنشاء التي استخدمت لإيجاد مراكز الأقواس أ ، ب ، ج .

٢. أرسم الشكل رقم (٢) علماً بأن كل المنحنيات مماسة لبعضها .

٣. أرسم بمقياس رسم كامل القطعة الموضحة في الشكل (٣) مبينا حدودها بوضوح مع ترك خطوط الإنشاء ظاهرة .

٤. أرسم دائرة نصف قطرها ٢ بوصة تمس الدائرتين أ ، ب وتحتويهما انظر الشكل رقم (٤) .

٥. ارسم بمقياس رسم كامل حدود جزء نهاية المفتاح البلدي في الشكل (٥) ، بين الإنشاء لتحديد مراكز الأقواس .

٦. الشكل (٦) يبين فكي مفتاح بلدي وجزء من جسمه أرسم هذا الشكل وبين بوضوح خطوط الإنشاء لايجاد :

أ) مراكز أقواس المماسات

ب) نقاط مماسات الأقواس

٧. أرسم القطع الناقص إذا علمت أن محوريه ٩٠مم و ٦٠ مم على التوالي. اختر الطريقة المناسبة .

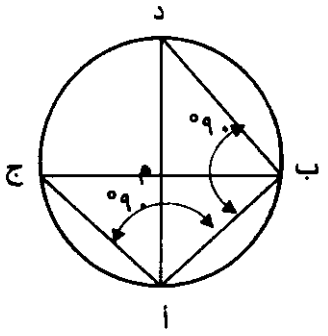
٨. أرسم الشكل البيضي الذي قطره ٦ سم .

إيجاد مركز الدائرة

يمكن إيجاد مركز الدائرة بالطريقة الآتية :

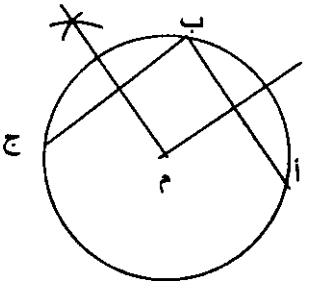
١. اختر أي نقطتين على محيط الدائرة مثلاً أ ، ب وصلهما بمستقيم .
٢. أرسم الوتر العمودي أ ج على المستقيم أ ب .
٣. ثم أرسم من ب الوتر العمودي ب د .
٤. صل د أ ، ب ج وهما قطري الدائرة .

عند تقاطع القطرين تقع النقطة م وهي مركز الدائرة .



طريقة أخرى : -

١. اختر أي ثلاث نقاط على محيط الدائرة مثلاً النقاط أ ، ب ، ج
٢. صل أ ب .
٣. صل ب ج .
٤. نصف كلاً من المستقيمين أ ب ، ب ج .
٥. تقاطع المنصفين هو مركز الدائرة م .



المضلعات المنتظمة

المضلع المنتظم هو شكل مغلق يتكون من أكثر من أربع أضلاع متساوية الطول وتتساوى فيه الزوايا .

ويسمى المضلع المنتظم بعدد أضلاعه ، مثلا خماسي ، سداسي ، سباعي ، ثماني ، تساعي أو عشاري ... الخ .

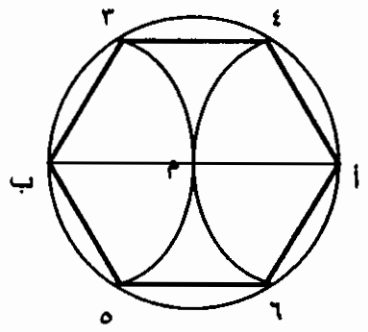
طريقة رسم المضلع السداسي بمعرفة البعد بين الأركان

مثال :

أرسم المضلع السداسي الذي تبلغ المسافة بين أركانه ٤ سم .

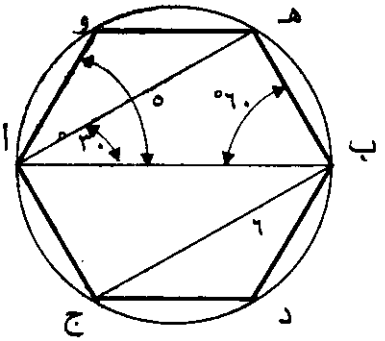
الطريقة :

١. أرسم المستقيم أ ب = ٤ سم وهي المسافة بين الأركان .
٢. نصف هذا المستقيم في م .
٣. أركز البرجل في م وبفتحة تساوي ٢ سم أرسم دائرة ،
٤. أركز البرجل في أ وبفتحة تساوي أ م أرسم قوساً يقطع محيط الدائرة في النقطتين ٤ ، ٦ .
٥. أركز البرجل في النقطة ب وبفتحة تساوي ب م أرسم قوساً آخر يقطع محيط الدائرة في النقطتين ٣ ، ٥ .
٦. صل كل النقاط بمستقيمات مع بعضها لتحصل على الشكل المطلوب .



طريقة أخرى :

١. أرسم المستقيم أ ب بطول المسافة بين الأركان .
٢. أرسم الدائرة التي نصف قطرها يساوي نصف المستقيم أ ب .
٣. بواسطة المثلث ٣٠° / ٦٠° أرسم وترا يقطع محيط الدائـــرة في النقطة ج .
٤. أ ج هو طول الضلع ، يمكن تكملة الشكل بالمثلث ٣٠° / ٦٠° كما مبين في الشكل أو بنقل المسافة أ ج طول الضلع على محيط الدائرة ثم توصيل النقاط لتحصل على المضلع السداسي المطلوب .



طريقة رسم السداسي بمعلومية المسافة بين الضلعين المسطحين

مثال :

أرسم المضلع السداسي المنتظم إذا علمت إن البعد بين الضلعين المسطحين ٤ سم .

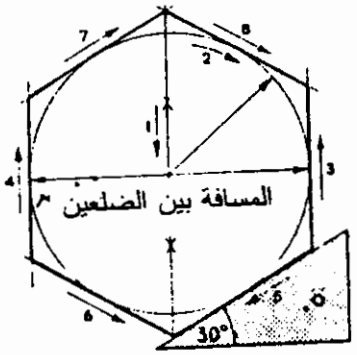
(يقصد بالضلعين المسطحين كل ضلعين متوازيين) .

الطريقة :

أولاً : المسافة بين الضلعين المسطحين هي قطر الدائرة .

١. أفتح البرجل بمقدار ٢ سم (وهي نصف المسافة بين الضلعين وهي تساوي "نق" الدائرة) وأرسم دائرة .

٢. بواسطة المثلث ٣٠° / ٦٠° أرسم مماسات لهذه الدائرة لتحصل على الشكل المطلوب كما مبين في الشكل أدناه .



طريقة رسم مضلع سداسي بمعلومية طول الضلع

مثال :

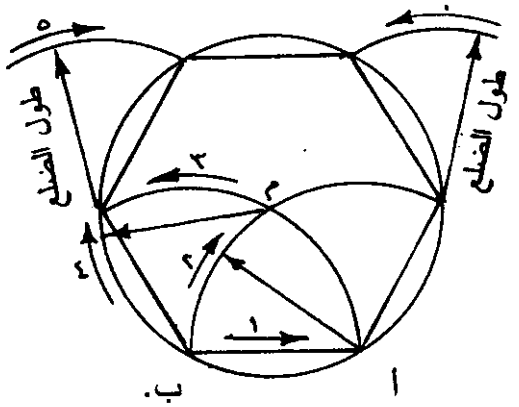
أرسم المضلع السداسي المنتظم الذي طول ضلعه ٢ سم

الطريقة :

١. أرسم المستقيم أ ب بطول الضلع المعلوم (٢ سم) .

٢. أركز البرجل في أ وبفتحة تساوي طول الضلع أرسم قوساً ينتهي في النقطة ب .

٣. أركز البرجل في النقطة ب وبنفس الفتحة أرسم قوساً ينتهي في النقطة أ ويتقاطع مع القوس الأول في النقطة م .



٤. أركز البرجل في النقطة م وبنفس الفتحة أرسم دائرة .
٥. أركز البرجل في النقطة أ وبنفس الفتحة أنقل البعد على محيط الدائرة .
٦. صل هذه النقاط مع بعضها لتتحصل على الشكل السداسي معلوم الضلع

طريقة رسم شكل خماسي

مثال :

أرسم المضلع الخماسي المنتظم الذي يحتوي دائرة نصف قطرها ٢ سم .

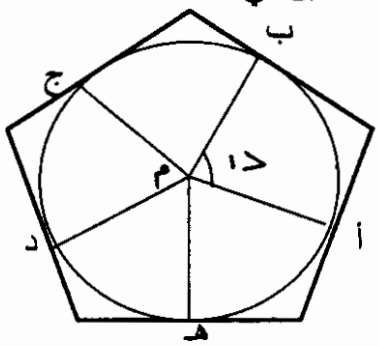
الطريقة :

١. أرسم الدائرة معلومة نصف القطر ٢سم والتي مركزها م .
٢. من م أرسم زاوية مقدارها $\frac{٣٦٠^\circ}{\text{عدد الأضلاع}} = \frac{٣٦٠^\circ}{٥} = ٧٢^\circ = < ١$

(وهذه قاعدة لمعرفة زاوية المضلع المنتظم) يقطع ضلعها الآخر محيط الدائرة في النقطة أ

٣. أرسم بقية الزوايا < ٢ ، < ٣ ، < ٤ ، < ٥ . وبنفس قيمة < ١ ، يتقاطع أضلاعها مع محيط الدائرة في النقاط ب ، ج ، د ، هـ .
٤. أرسم مماسات تتقاطع من هذه النقاط مع محيط الدائرة .

٥. نجد أن هذه النقاط تتقاطع مع بعضها مشكلة المضلع الخماسي المنتظم المطلوب كما مبين في الشكل أدناه .



طريقة رسم مضلع خماسي داخل دائرة

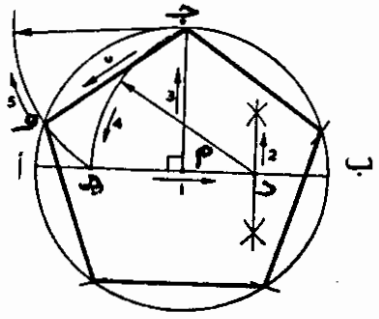
مثال :

أرسم المضلع الخماسي المنتظم داخل الدائرة التي قطرها ٤ سم .

الطريقة :

١. أرسم قطر الدائرة أ ب الذي طوله ٤ سم ثم ارسم نصف القطر ج م متعامداً مع القطر أ ب في م وهي مركز الدائرة . ثم ارسم الدائرة

٢. نصف المستقيم م ب في النقطة د .



٣. أركز البرجل في النقطة د وبفتحة مقدارها د ج أرسم قوساً يقطع المستقيم أ ب في النقطة هـ .

٤. أركز البرجل في النقطة ج وبفتحة مقدارها ج هـ أرسم قوساً يقطع محيط الدائرة في النقطة و .

٥. ج و هو طول ضلع المضلع الخماسي .

٦. أنقل طول ج و على محيط الدائرة بالبرجل ثم صل هذ النقاط لتحصل على الشكل المطلوب .

طريقة رسم المضلع الخماسي المنتظم بمعلومية طول الضلع

مثال :

أرسم المضلع الخماسي المنتظم الذي طول ضلعه ٣ سم .

الطريقة :

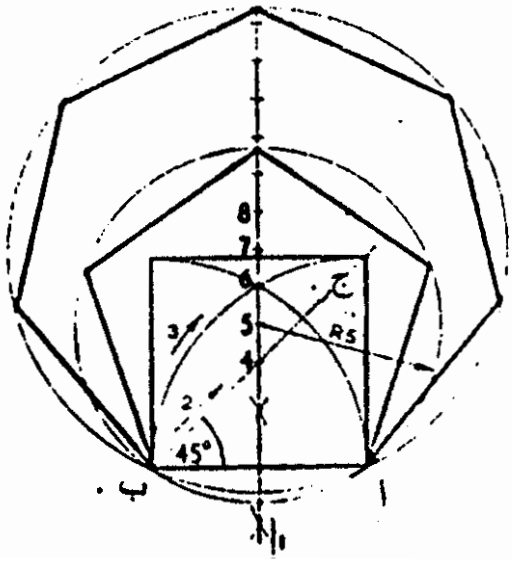
١. أرسم الضلع المعلوم أ ب ٣ سم .

٢. من النقطة أ أقم العمود أ ج مساوياً للضلع أ ب .

٣. صل ج ب .

٤. أركز البرجل في النقطة أ وبفتحة تساوي أ ج أرسم قوساً من ج حتـــى ب.

٥. نصف الضلع أ ب بالمنصف العمودي ومده ليُقطع المستقيم ج ب في النقطة ٤ والقوس ج ب في النقطة ٦ .



. نصف المسافة بين ٤ و ٦ في النقطة ٥ . النقطة ٥ هي مركز الدائرة التي تحتوي الشكل الخماسي الذي طول ضلعه أ ب ، يمكن أن ينقل طول الضلـــع أ ب على محيط الدائرة لتكملة المضلع .

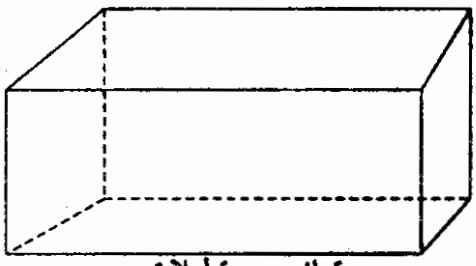
يمكن بهذه الطريقة الحصول على قطر أي دائرة تحتوي على أي مضلع معلوم طول ضلعه وذلك بنقل البعد من ٥ إلى ٦ على العمـــود المنصف للضلـــع أ ب في صورة تصاعدية . ١/٢ قطر أي دائرة تحتوي على أي مضلع يساوي طول الخط الواصل بين رقم عدد أضلاع المضلع على المنصف العمودي لـــ أ ب والنقطة أ .

فمثلاً لرسم مضلع سباعي منتظم طول ضلعه ٣ سم ، أركز البرجل على النقطة ٧ في العمود وبنصف قطر طوله من ٧ إلى أ أرسم دائرة . وذلك حسب الشكل السابق .

متوازي المستطيلات

متوازي المستطيلات هو شكل ثلاثي الأبعاد مكون من ستة مستطيلات تسمى أوجه . كل وجه من هذه الوجوه أو أي ضلع من أضلاع متوازي المستطيلات يسمى حرفاً .

يمكن اعتبار أي وجه قاعدة لمتوازي المستطيلات ويكون ارتفاعه هو الـ ـف العمودي على الوجه .

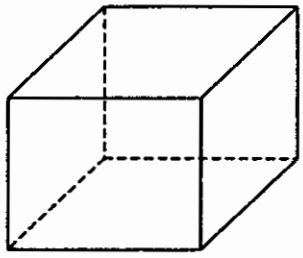


متوازي مستطيلات

ويسمى الشكل أعلاه المنظور الهندسي لمتوازي المستطيلات كما يسمى منشوراً .

المكعب

وهو شكل ثلاثي الأبعاد مكون من ستة أوجه مربعة ومتساوية . ويسمى كذلك المنشور الهندسي للمكعب كما مبين في الشكل أدناه .

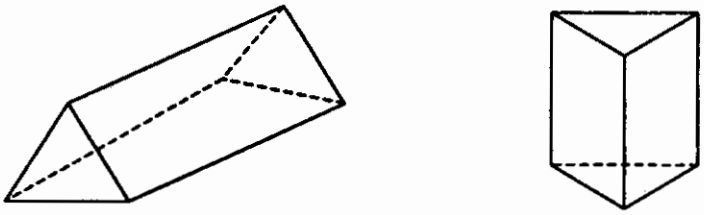


مكعب

المنشور

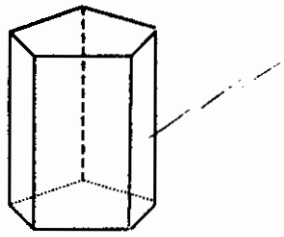
المنشور عبارة عن شكل ثلاثي الأبعاد مكون من عدة سطوح يكون فيه سطحان متوازيان ومتطابقان تسميان قاعدتا المنشور وتسمى بقية المستطيلات الأوجه الجانبية . وخطوط تقاطع هذه الأوجه تسمى " الأحرف الجانبية " . كل واحد من هذه الأحرف هو إرتفاع المنشور .

يسمى المنشور وفقاً لقاعدته ، منشوراً ثلاثياً ، منشوراً رباعياً ، منشوراً خماسياً ، منشوراً سداسياً ... إلخ .

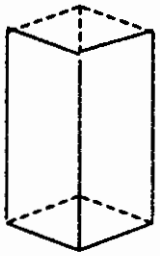


(ب) (ا)

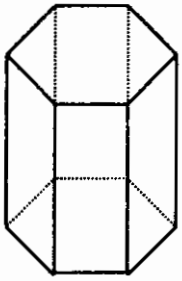
منشور ثلاثي



منشور خماسي



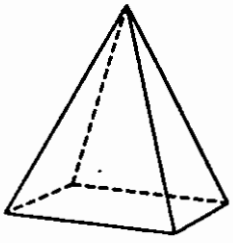
منشور رباعي



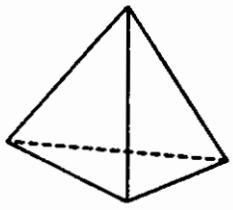
منشور سداسي

ويسمى المنشور هرماً إذا كانت قاعدته مضلعة وأوجهه مكونة من مثلثات وترتفع أضلاعه في شكل مائل لتلتقي في نقطة واحدة تسمى رأس الهرم. ويسمى الخط الواصل من رأس الهرم إلى القاعدة " محور الهرم " . ويسمى الهرم بعدد أضلاعه ، ثلاثي ، رباعي ، خماسي ، سداسي ... الخ .

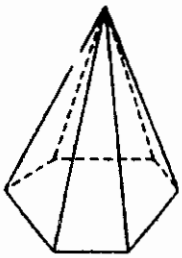
كما يسمى الهرم إذا ما قطعت قمته هرماً ناقصاً . كما مبين في الأشكال التالية :-



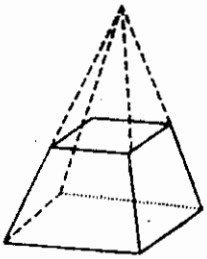
هرم رباعي



هرم ثلاثي



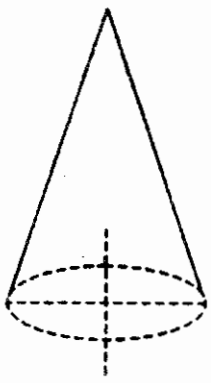
هرم سداسي



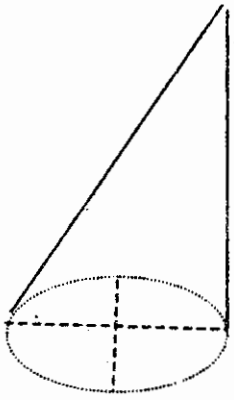
هرم رباعي ناقص

المخروط

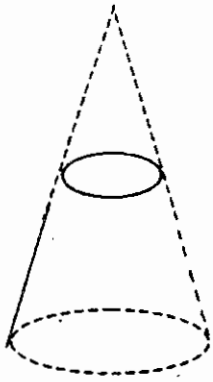
يسمى المنشور مخروطاً إذا كانت قاعدته دائرية . ويكون المخروط قائماً أو مائلاً . كما يسمى المخروط ناقصاً إذا قطعت قمة الهرم . كما مبين في الشكل أدناه .



مخروط قائم



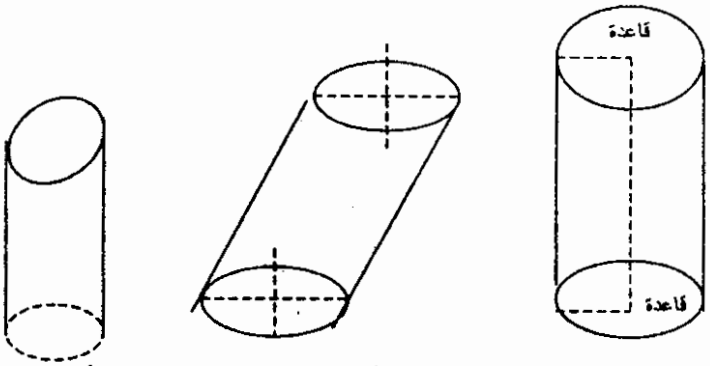
مخروط مائل



مخروط ناقص

الأجسام الاسطوانية

وهي أنواع من الأجسام المنشورة تكون قاعدتها دائرية . ويسمى المنشور الأسطواني منشوراً كاملاً إذا كانت قاعدتيه متوازيتين . أما إذا لم تتواز القاعدتان ، سمي المنشور منشوراً اسطوانياً ناقصاً . كما تسمى الأسطوانة قائمة إذا كانت الخطوط الرأسية للاسطوانة عمودية على كلتا القاعدتين ، وإلا سميت الاسطوانة مائلة . ويسمى المستقيم الواصل بين مركزى القاعدتين للأسطوانة القائمة بمحور الأسطوانة . الشكل أدناه يبين الاسطوانة القائمة والاسطوانة المائلة والاسطوانة الناقصة .

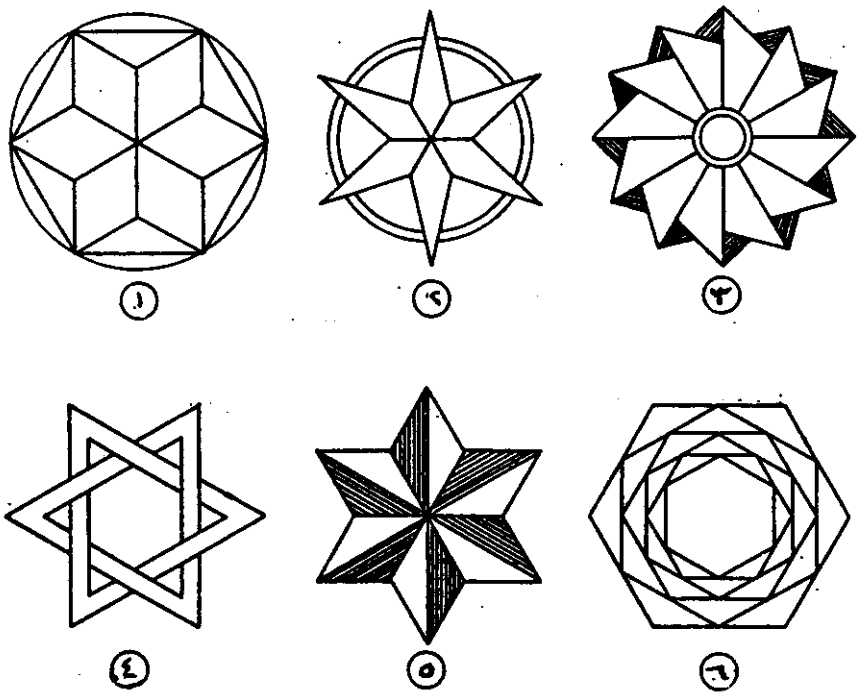


أسطوانة قائمة　　أسطوانة مائلة　　أسطوانة ناقصة

تمارين

١. أرسم سداسي منتظم داخل دائرة قطرها ٦ سم .
   أ. مستخدماً البرجل فقط
   ب. مستخدماً المثلث ٣٠° / ٦٠° فقط .

٢. أرسم الأشكال أدناه إذا علمت الآتي :



- يقوم الشكل رقم (١) على سداسي منتظم طول ضلعه ١ ١/٢ بوصة .
- الشكل رقم (٢) عبارة عن نجمة ذات شكل سداسي المسافة بين الأركان ٢ ١/٢ بوصة .
- الشكل رقم (٣) يقوم على سداسي ولكن له ١٢ نقطة .المسافة بين الأركـــان ٢ ١/٢ بوصة . أكمل التظليل باليد فقط .

- الشكل رقم (٤) عبارة عن مثلثين متداخلين يكونان مضلعاً سداسياً منتظماً، إذا علمت أن البعد بين الرأسين ٢ ١/٢ بوصة وتخانة فراغ المثلث ٣/١٦ من البوصة .
- أرسم النجمة المبينة في الشكل رقم (٥) إذا علمت أن المسافة بين الرأسين ٢ ١/٢ بوصة ثم ظلل النجمة في الأماكن المبينة بالمثلث .
- أرسم الشكل رقم (٦) وهو مكون من ستة مضلعات سداسية منتظمة الخطوط القطرية من رؤوس المضلعين السداسيين المنتظمين الكبيرين التي تمر بالمركز تتقاطع مع رؤوس المضلعات السداسية المنتظمة . المستقيم القطري بين رؤوس المضلع السداسي المنتظم الكبير يساوي ٢ ١/٢ بوصة .

الباب الثاني

أدوات القياس والمقارنة

إن الخطوة الأولى في التصنيع عندما يستقر الرأي على تصميم منتج معين ليؤدي وظيفة معينة ، هي تحديد مواصفاته وتحديد المواصفات يعني بصورة عامة ، تحديد شكل المنتج وتحديد أبعاده المختلفة والمادة أو المواد التي يصنع منها .

يعنينا في هذا المجال ونحن في بداية الطريق لدراسة مادة العلوم الهندسية معرفة أدوات القياس والمقارنة التي تستخدم في الصناعة .

المقصود بأدوات القياس تلك الأدوات التي تعطي قراءة مباشرة للأبعاد أو الزوايا أو الذبذبات الكهربائية أو الإلكترونية أو قياسات التيار الكهربائي أو قوته ... الخ .

أما أدوات المقارنة فهي أدوات ثابتة يعاير عليها المنتج لمعرفة مطابقته لما هو مطلوب أو مسموح به .

تختلف أدوات القياس والمقارنة باختلاف مجالات الاستخدام (ميكانيكية ، مدنية ، كهربائية أو الكترونية .) وفيما يلي بعض أدوات القياس والمقارنة :

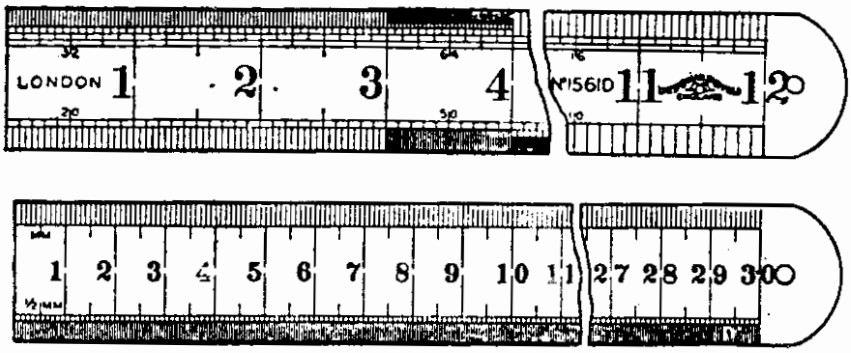
القدم أو المسطرة :

يصنع القدم من الحديد الصلب ويبلغ طول القدم ثلاثمائة (٣٠٠) ملليمترا . وهو من أكثر أدوات القياس استعمالاً نظراً لسهولة تناوله وسرعة قراءته . ويقسم سطح القدم إلى (٣٠) سم ثم يقسم كل قسم إلى عشرة (١٠) جزاء متساوية ليكون طول القسم الواحد مليمتراً واحداً . وفي بعض الأقدام الدقيقة يقسم المليمتر إلى جزءين فتبلغ دقة قراءة هذا النوع من الأقدام إلى نصف مليمتر (٠,٥ مم) .

يصنع كذلك نوع من الأقدام من الحديد الصلب على شكل شريط يحفظ داخل إطار قد يبلغ طول ذلك قدمان أو ثلاثة في الغالب الأعم إلا أن التقسيمات المحفورة عليه تتبع نفس النمط السابق .

اما المسطرة فتصنع من الخشب أو البلاستيك ولا تختلف طريقة تقسيمها عن طريقة تقسيم القدم .

شكل (١) شكل (٢)



المتر :

يصنع المتر من الخشب أو الصلب ويبلغ طوله مائة سنتمترا ويتبع التقسيم فيه نفس الطريقة التي أوضحناها في تقسيم القدم .

المتر الشريط :

وسمي ذلك تجاوزا كما في القدم الشريط فهو يصنع عادة من القماش الذي يحفظ في إطار دائري بأطوال مختلفة ، نظام التقسيمات الموجودة عليه توضح الأمتار والسنتمترات فقط إذ أنه يستخدم في قياس الأبعاد الطويلة ويغلب استخدامه في أعمال الهندسة المدنية والمساحة.

البراجل :

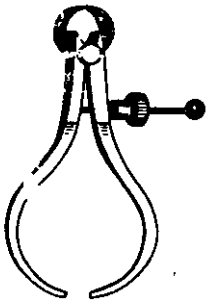
لقياس أقطار الأشكال الدائرية ، فإن القدم الصلب وحده لا يمكن أن يكون الأداة الملائمة لمثل هذه القياسات فهنالك أدوات خصصت لمثل هذه القياسات تستخدم مع القدم الصلب تسمى البراجل .

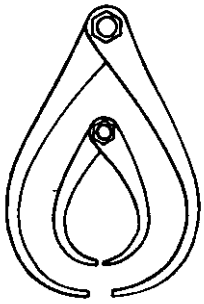
وعليه فإن البراجل تعتبر أدوات مقارنة وتقسم هذه البراجل لعدة أنواع تختلف حسب استعمالاتها :

(أ)البرجل الخارجي :

وهو يستخدم لأخذ المقاسات الخارجية للأشكال الدائرية والمستطيلة .

شكل (٣)

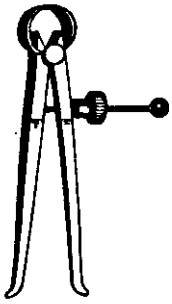


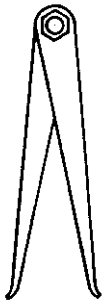


(ب) البرجل الداخلي :

يستخدم لأخذ مقاسات الأقطار الداخلية للأجزاء الأسطوانية وخلافها .

شكل (٤)

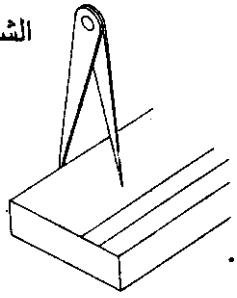




البرجل ذو الجناح :

يسمى هذا البرجل بهذا الاسم نظراً لان أحد فكيه شبيه بفك البرجل الخارجي والآخر عدل . ويستخدم هذا البرجل لعمل الخطوط المستقيمة الموازية لحافة الشغلة وخطوط تحديد المركز .

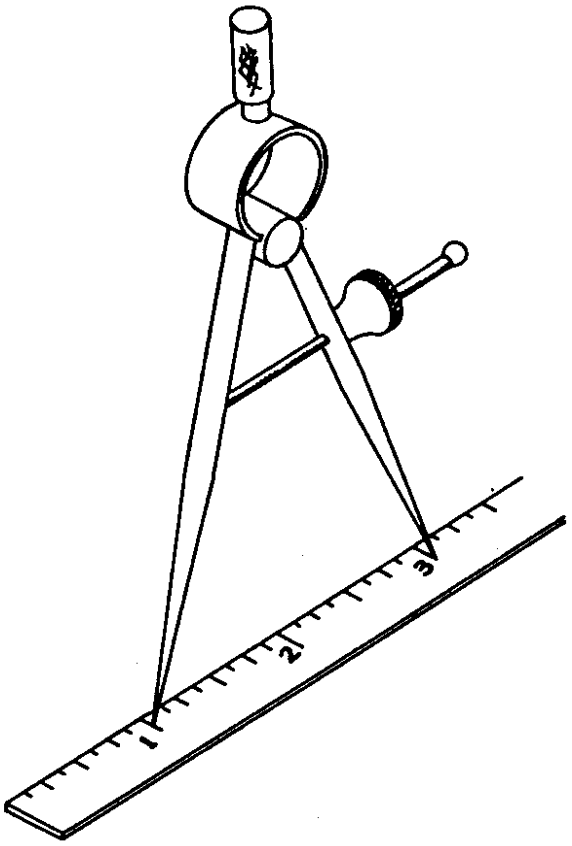
الشكل (٥)



برجل التقسيم :

يستخدم لعمل خطوط الأقواس والدوائر ونقل المقاسات المختلفة .

شكل (٦)

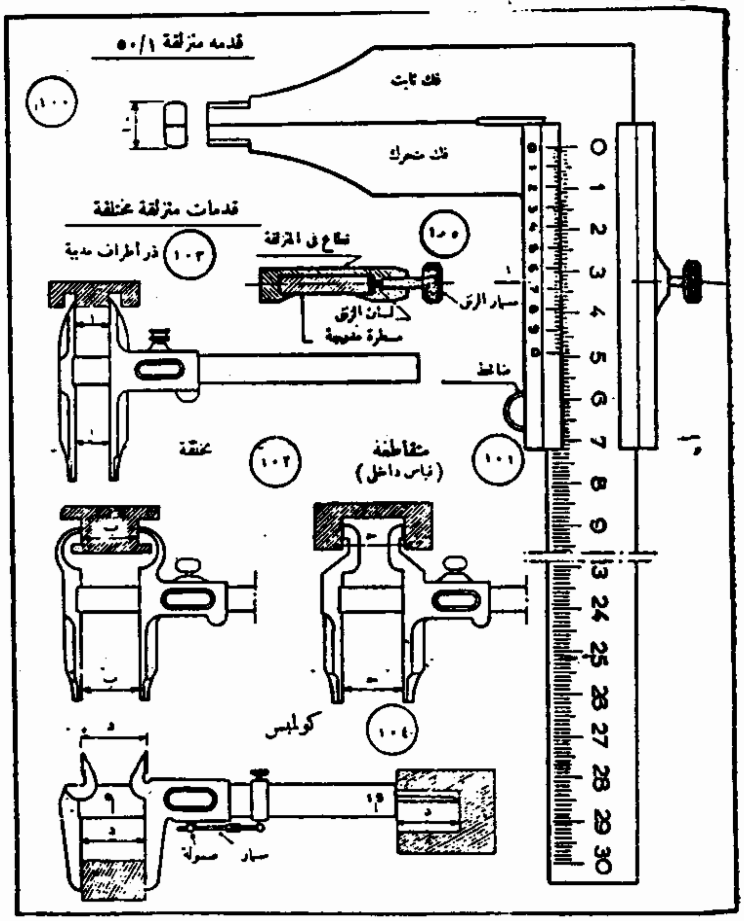


أدوات القياس الدقيقة :

(١) القدمة (الورنية):

تتكون القدمة الورنية من ساق به فك ثابت تنزلق عليه الورنية وفك يعرف بالفك المتحرك وللقدمة مسمار تحريك ومسمار تثبيت ومحبس قياسات أعماق كما موضح في الشكل .

شكل (٧)



• – شكل الفك عادى(الشكل رقم١٠٠)، متقاطع (الشكل رقم ١٠١) ، بخنقة (الشكل رقم١٠٢)،ذو أطراف حدبة (الشكل رقم١٠٣)، "كولومبس"(الشكل رقم ١٠٤) ويبين(الشكل رقم ١٠٠) قدمة متزلقة من النوع العادى($\frac{1}{50}$) مصنوعة من الصلب عديم الصدأ .

وتستخدم القدمة الورنية للقياسات الدقيقة سواء كـــانت مـــن الخـــارج أو الثقوب أو الأعماق وتختلف دقة قياس الورنية حسب نوعها .

نظرية الورنية :

١/ يقسم السّاق على الدوام إلى مليمترات ، فوحدة القياس فيه واحد ملليمتر وقد يقسم الملليمتر إلى جزءين فتصبح دقة القياس (٠,٥ مم) .

١- يقسم طول الورنية إلى عدد من الأقسام المتساوية حســب دقـــة قـــراءة الورنية المطلوبة وفي العادة تكون الدقـــة $\frac{١}{١٠}$ مم أو $\frac{١}{٢٠}$ مـــم أو $\frac{١}{٥٠}$ ودقة القراءة هي التي تحدد طول الورنية ففي الحالة الأولـــى (دقـــــة القراءة $\frac{١}{١٠}$ مم) يكون طول الورنية ٩ ملليمترات وتقسـم إلى عشرة أجزاء متساويه . وفي الحالة الثانية (درجة الدقة $\frac{١}{٢٠}$ مم) يكون طول الورنية ١٩ ملليمتراً تقسم إلى عشرين جزءاً متساوياً ، أمـــا في الحالة الثالثة (درجة الدقة $\frac{١}{٥٠}$ مم) فيكون طـــول الورنيـــة ٤٩ ملليمتراً تقسم إلى ٥٠ جزءاً متساوياً وعليه تكون القاعدة لمعرفـــة دقـــة قراءة الورنية (د) كالآتي:-

$$د = \frac{١}{س\ (ل + ١)}$$ حيث أن :

د = دقة القراءة

س = وحدة القياس على ساق الورنية بالملليمتر .

ل = طول الورنية بالملليمترات .

وعليه فإن دقة قياس قراءةالورنية في الحالة الأولى .

$$د = \frac{١}{١\ (٩ + ١)} = \frac{١}{١٠}$$ مم

وفي الحالة الثانية :

$$\text{د} = \frac{١}{(١ + ١٩)١} = \frac{١}{٢٠} \text{ مم}$$

وفي الحالة الثالثة :

$$\text{د} = \frac{١}{(١ + ٤٩)١} = \frac{١}{٥٠} \text{ مم}$$

طريقة قراءة الورنية :

عند قياس أي منتج ينزلق الفك المتحرك على الساق بواسطة مسمار التحريك حتى نهاية الجزء المراد قياسه ثم ينظر إلى الأعداد الصحيحة من المليمترات على ساق الورنية فيكتب ويضاف إليه عدد الوحدات عند تطابق أقسام الورنية على قسم من أقسام الساق فتضاف عدد الأقسام في الورنية عند التطابق مضروباً في دقة الورنية إلى الأعداد الصحيحة على الساق ويعطي ذلك القراءة المطلوبة .

المايكرومتر :

هو جهاز قياس دقيق يتكون من :

(١) إطار على شكل حدوة الحصان يثبت عليه من الجهة اليسرى عمود صغير يعرف بالسندان أو الفك الثابت .

(٢) ويثبت على الإطار من الجهة اليمنى اسطوانة مجوفة ومقلوظة من الداخل .

(٣) وعليها تقسيمات على طول جسمها الخارجي تعرف بذراع الإطار (يلاحظ أن كلاً من السندان وذراع الإطار ثابت لا يتحرك) .

يركب في ذراع الإطار عمود نهايته مقلوظة يعرف بالمسمار اللولبي.

(٤) يتحرك داخل الذراع عند عملية القياس فتبرز نهاية المسمار اللولبي داخل الاطار في إتجاه السندان .

(٥) فيتحدد البعد المراد قياسه بين السندان وعمود المسمار اللولبي .

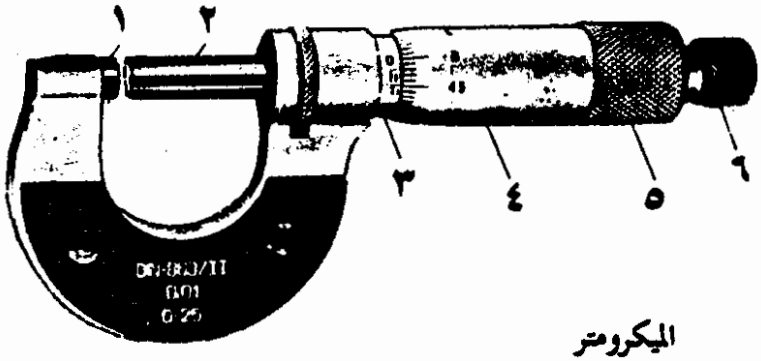
ويحمل هذا المسمار اللولبي كذلك اسطوانة عليها تقسيمات عند نهايتها اليسرى على محيطها .

(٦) وتنتهي هذه الاسطوانة من الناحية اليمنى بجزء مترتر .

(٧) تستخدم السقاطة كمقبض يدار به المسمار اللولبي ، وعند النهاية تبرز سقاطة مصدية .

(٨) تستخدم السقاطة لضبط دقة وحساسية القياس .

شكل (٨)



الميكرومتر

١) فك ثابت ٢) فك متحرك ٣) ساق مدرجة

٤) اسطوانة مدرجة متحركة ٥) جز مترتر

٦) سقاطة مصدية

نظرية المايكرومتر :

تعتمد نظرية المايكرومتر على استخدام عمود مقلوظ (العمود اللولبي) يدور داخل أسطوانة مجوفة فيبرز بذلك جزء من العمود عند نهاية الاسطوانة

بمسافة تساوي حركة إدارة العمود ، فإذا أدير العمود دورة كاملة فإن طرفه يبرز بمقدار خطوة القلاووظ (وهي المسافة بين سن القلاووظ وسنة أخرى) فإذا كانت خطوة القلاووظ ٠,٥ مم مثلاً وكانت الأسطوانة التي يحملها المسمار اللولبي مقسم محيطها بعناية إلى ٥٠ قسماً فإن كل قسم من هذه الأقسام يعادل ٠,٥ × $\frac{١}{٥٠}$ أو $\frac{٥}{١٠}$ × $\frac{١}{٥٠}$ = $\frac{١}{١٠٠}$

تساوي ٠,٠١ مم وهي دقة قياس المايكرومتر المتري

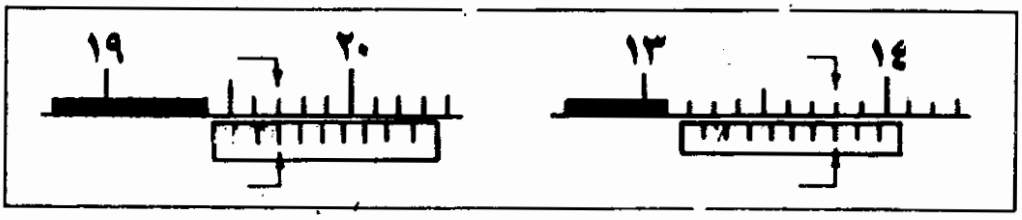
طريقة قراءة المايكرومتر :

تقرأ الأرقام على ذراع الإطار بالملليمترات يضاف إليها الأرقام الكسرية من تقسيمات محيط الاسطوانة بقراءة الخط الذي يتطابق مع خط محور تقسيم ذراع الإطار .

- **أمثلة على قراءة المايكرومتر المتري :**

شكل (٩)

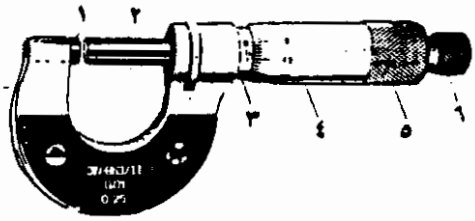
(أ) (ب)



يصنف نوع المايكرومتر بمدى قراءته (٠ ـ ٢٥ مم) أو (٢٥ ـ ٥٠ مم) أو(٥٠ ـ٧٥ مم) ، كما يصنف بنوعه مايكرومتر أبعاد أو مايكرومتر داخلي أو مايكرومتر لقياس الأعماق .

أنواع المايكرومتر :

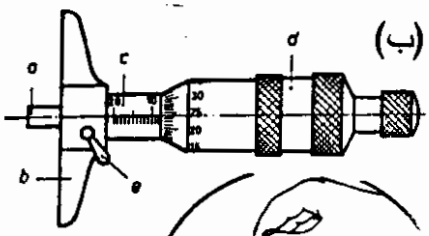
شكل (١٠) (أ)



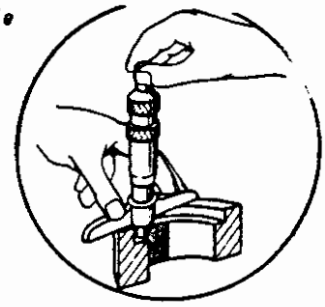
المايكرومتر

١) فك ثابت ٢) فك متحرك ٣) ساق مدرجة
٤) اسطوانة مدرجة متحركة ٥) جز مترتر
٦) سقاطة مصذبة

(ب)

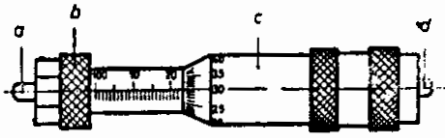


(جـ)



١ معيار الاعماق اللولبى . a) محور القياس ، b) القشرة الداخلية ، c) القشرة الخارجية ، d) رافعة التثبيت

(هـ)



٢ المعيار الداخلى اللولبى .
a) بروز ، b) صامولة الشد ، c) قشر خارجية ، d) قلم لمس .

(د)

المسموح بها فقد مكنت من صناعة بعض الأجزاء في مصانع مختلفة ، وحتى في بلاد مختلفة مع التأكد من أن هذه الأجزاء سوف تجمع وتركب مع بعضها في دقة عالية دون أي اختلافات في المقاسات .

إن جميع الضبعات تحتوي على محددات قياس ويقصد بذلك أنه يوجد فيها مقاس (مقبول) يكتب على طرف من محور القياس ومقاس (مرفوض) يكتب على الطرف الآخر وتصل مدى دقة.ضبعات القياس إلى ٠,٠١ من المليمتر وأحياناً تكون الدقة أكثر من ذلك .

تصنع ضبعات القياس من الصلب الخاص وتجهز بدقة عالية جداً ، لذلك يجب الاعتناء بها عند الاستعمال .

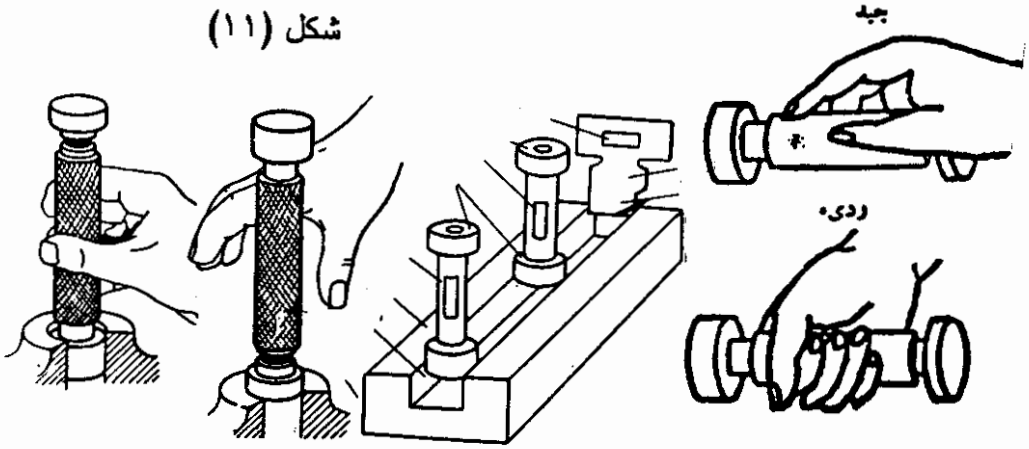
وبعد الاستعمال يجب تزيتها بطبقة خفيفة من الزيت أو الفازلين (الشحم) لمنع الصدأ .

فيما يلي بعض أنواع ضبعات القياس الشائعة الاستعمال وأماكن استخدامها :

أ / ضبعة القياس السدادي للثقوب:

الشكل رقم (١١) يبين ضبعة قياس سدادي وهي تستخدم لفحص الثقوب الاسطوانية المستديرة القطاع ولفحص الثقوب غير النافذة ، يجب اتخاذ الاحتياطات الكفيلة بطرد الهواء الذي يجوز أن يضغط تحت تأثير جانب السداد المقفول ولذلك يجب عمل ثقب صغير في قرص محدد اللمقياس نفسه لاستخراج الهواء المضغوط .

شكل (١١)



ب/ ضبعات قياس أطباقي للأعمدة أو محدد قياس الأعمدة :

وقد تكون في شكل حدوة الحصان المزدوجة أو المنفردة حسب الشكل رقم(١٢)

طريقة الإمساك

وتستخدم لفحص الأقطار الخارجية للأشكال الأسطوانية والعمدان .

ج/ضبعات القياس للسلك (المجسمات):

تستخدم لقياس أقطار السلك وسمك الصاج .

أدوات اختبار الزوايا :

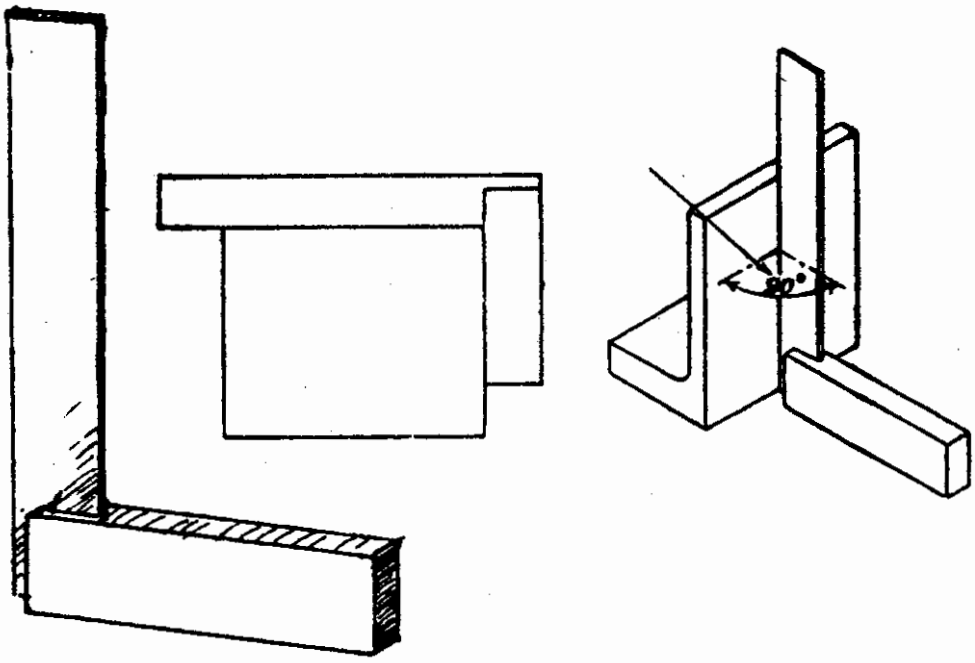
تدخل أدوات اختبار الزوايا ضمن مجموعة الأدوات التي تعرف بـــأدوات المراجعة أو الاختبار ، وأنواع أدوات اختبار الزوايا عديدة وأكثرها استعمالاً :

الزاوية القائمة :

وهي تتكون من جناحين متعامدين مختلفين فـــي الشـــكل والطـــول ، وتصنع من الحديد الصلب الكربوني المتوسط . وتعتبر الزاويا القائمة مـــن أحسن وأسرع الأدوات التي تستخدم لاختبار التربيع.الشـــكل رقـــم (١٣) يوضح طريقة واستعمال الزاوية القائمة وهي :

يجب التأكد من أن حافة الزاوية تكون عمودية على الســـطح المـــراد اختباره وإلا فسوف تكون معرضة للخطأ في القياس .

شكل (١٣)



الزاوية الجيّدة تعتبر من الأدوات القيمة ولذلك يجب العناية الفائقة بها كما يجب مراعاة تجنب اصطدام الزاوية بأي جسم صلد ، ولو كان هذا التصادم ضئيلاً ، وكذلك يجب تجنب احتكاكها مع العُدد الأخرى .

الزاوية المركبة :

تحتوي على سلاح يمكن استخدامه في أي واحد من الزوايا الآتية :

ا / الزاوية المزدوجة :

تستخدم لاختبار زاوية ٩٠° و٤٥° .

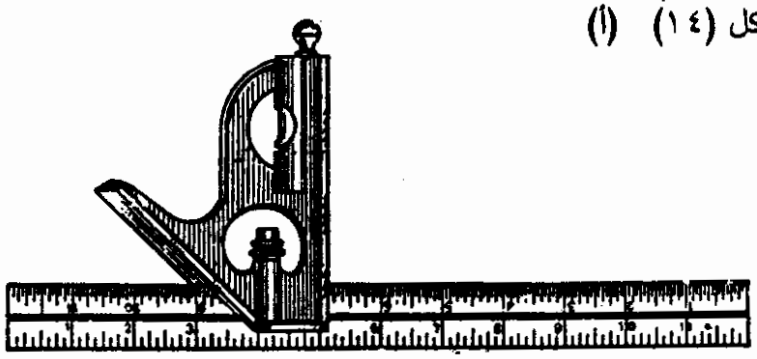
ب/ الزاوية العامة :

تستخدم لاختبار أي زاوية تقع في حدود من صفر إلى ١٨٠° درجة .

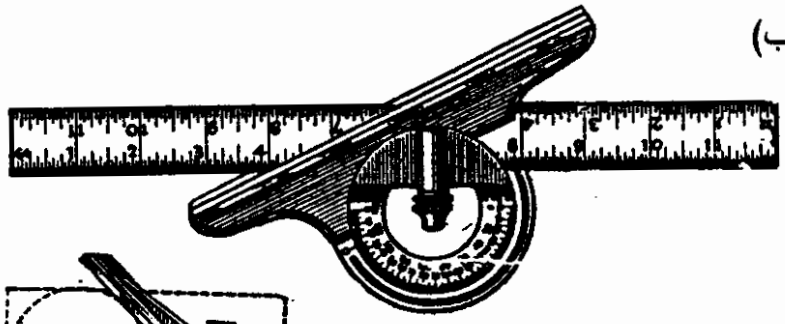
جـ/ زاوية المراكز(محددة المراكز):

تستخدم لتحديد المراكز للأجزاء الأسطوانية .

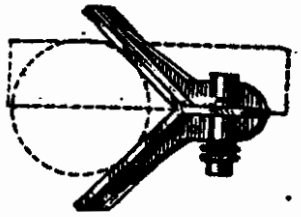
شكل (١٤) (أ)



(ب)



(ج)



معدات القطع :

المعدات المستعملة في قطع وقص المعادن .

١/ منشار المعادن اليدوي :

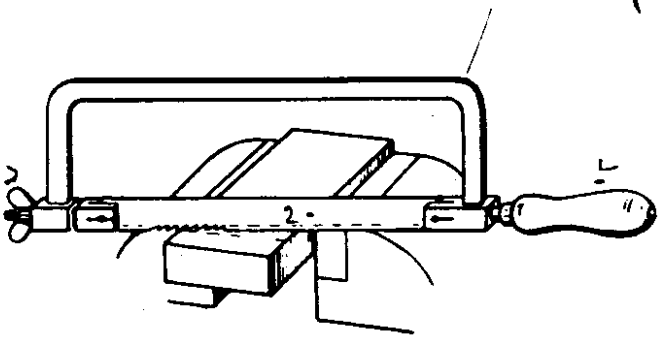
واحد من معدات القطع اليدوية يستعمل لقطع المعادن ، ويتكون المنشار كما هو في الشكل (١٥) من :

(أ) إطار مستطيل من الحديد يسمى الحامل ، وقد يكون قطعة واحدة ثابت الطول أو قطعتين قابل للضبط يمكن ضبطه ليلائم أطوال أسلحة المنشار المختلفة .

(ب) مقبض من المعدن أو اللدائن أو الخشب .

(ج) سلاح مسنن .

(د) صامولة لتثبيت السلاح .
شكل (١٥)



أنواع أسلحة منشار المعادن:

تنقسم الأسلحة إلى عدة أنواع حسب عدد الأسنان في البوصة الواحـــدة (البوصة وحدة قياس تساوي ٢٥ مللم تقريبا) ومن أهم أنواع الأسلحة ما يلي :

أ / السلاح ذات الثماني عشرة (١٨) سناً في البوصة الواحدة ويســـتعمل لقطع الالمونيوم والحديد المطاوع والنحاس .

ب/ السلاح ذات الأربع والعشـــرين (٢٤) ســـناً فـــي البوصـــة الواحـــدة ويستعمل لقطع الأنابيب (المواسير) المعدنيـــة الســـميكة والدعامـــات (الكمر) الحديدية المستعملة في المباني .

ج / السلاح ذات الاثنين والثلاثين (٣٢) ســـناً فـــي البوصـــة الواحـــدة وتستعمل لقطع الأنابيب (المواسير) المعدنية ذات السمك الرفيع .

الطريقة الصحيحة لاستعمال منشار المعادن :

عند استعمال منشار المعادن تتبع الخطوات التالية :-

أ) تثبيت السلاح جيداً على أن يكون ميل أســـنانه متجـــه نحـــو مقدمـــة المنشار .

ب)التأكد من أن المشغولة المراد قطعها مثبتة جيّداً في المنجلة (الملزمة).

ج) البدء في عمل مجرى على سطح الشغلة مع الاستعانة بقطعة صغـــيرة من الخشب أو بإصبع الإبهام لتحديد خط القطع .

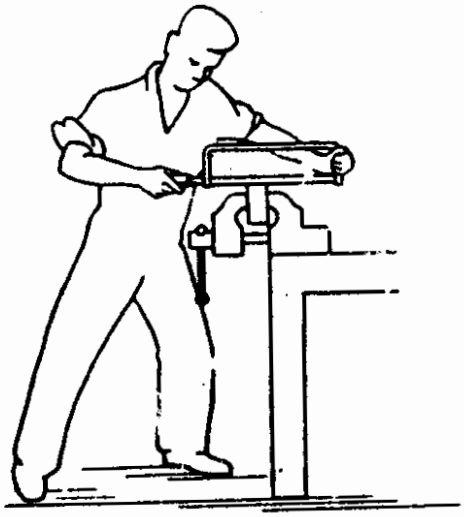
د) إمساك المنشار بكلتا اليدين ، اليد اليسرى في مقدمة الإطار ، اليد اليمنى في المقبض من الخلف مع الضغط عليه عند دفعه إلى الأمام ويتوقف مقدار الضغط على نوع معدن الشغلة المراد قطعها .

هـ) قبل استكمال القطع يجب تخفيف الضغط على المنشار حتى لا ينكسر السلاح مع إمساك طرف المشغولة بإحدى اليدين حتى لا تسقط.

سلاح المنشار :

تصنع أسلحة المنشار من الصلب الكربوني أو صلب السرعات العالية وفي بعض الأحيان من صلب السبائك بأطوال مختلفة تتراوح بين ٢٠٠ إلى ٣٠٠ مم ، ويقاس سلاح المنشار من خارج طرفي ثقبي السلاح الذين يثبت بهما في الإطار ويفضل في بعض الأحيان أن يقاس طول السلاح من مركز هذين الثقبين. عرض سلاح المنشار **١٢,٥ ملليمترا** تقريبا أما سمك السلاح **فيكون** بين ٦ إلى ٧ **ملليمترات** تقريبا .

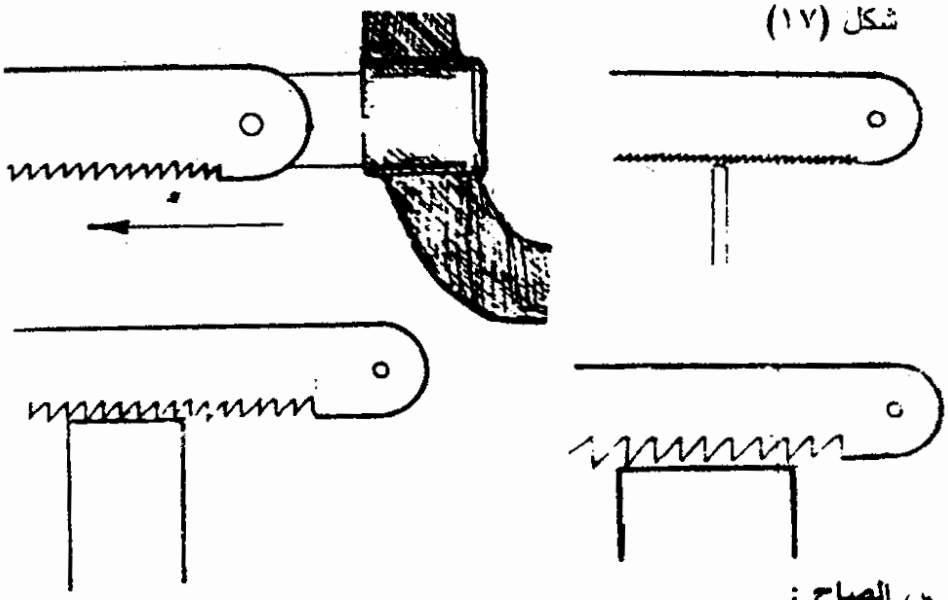
شكل (١٦)



يختار سلاح المنشار وفقا لنوع المعدن المراد قطعه حسب الجدول التالي :

نوع المعدن المراد قطعه	نوع سلاح المنشار	عدد الأسنان في كل ٢٥ مم
المعادن الطرية كالزهر والبرنز والألمونيوم	خشن	١٤ - ١٦
صلب المنشآت والزهر الرمادى الطري المعادن متوسطة الصلابة	متوسط	١٨ - ٢٢
العواسير والصاج والمعادن الصلبة	دقيق ناعم	٣٢

شكل (١٧)



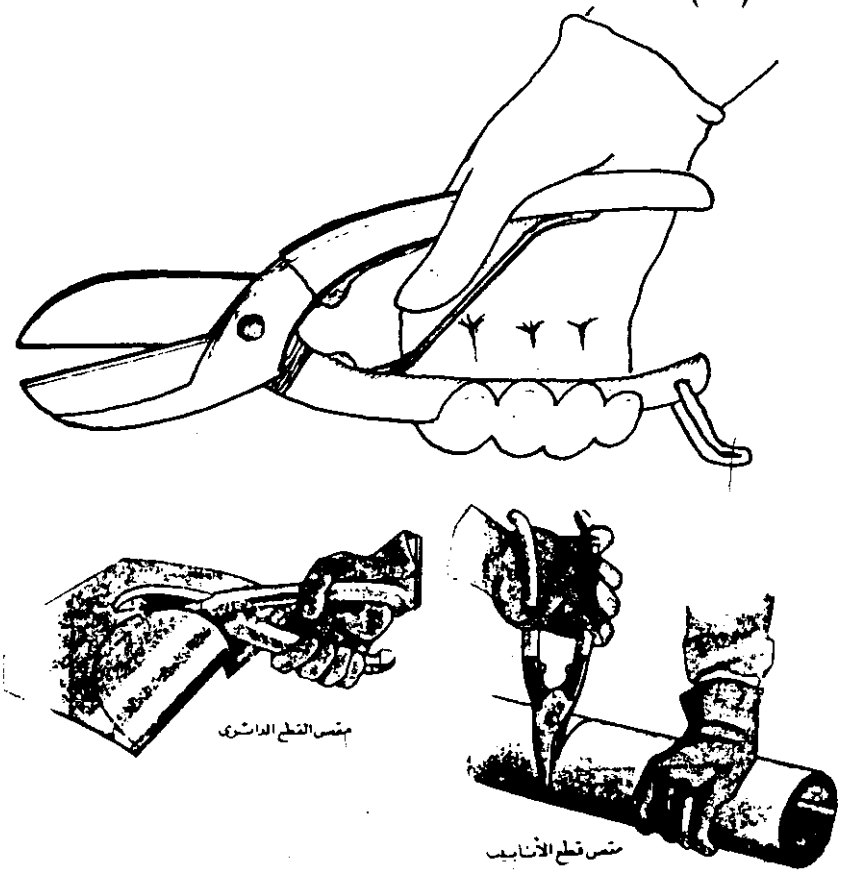
س الصاج :

يتكون مقص الصاج كما في الشكل من ساقين طرفيهما الأماميين حادين ، يثبتان مع بعضهما بمسمار برشام يسمح بحركتهما . تكون مؤخرتا الساقين مقبض المقص . ويمقبض المقص ذراع مرنة (أو نابض) يساعد على فتح المقبض ومشبك لإغلاق المقبض بعد الانتهاء من استخدامه .

يستعمل مقص الصاج في قطع رقائق المعادن ، ولمقص الصاج عدة واع منها :

أ / مقص القطع المستقيم .

ب/ مقص القطع الدائري .
ج/ مقص الأنابيب (المواسير) المعدنية ذات السمك الرفيع .
شكل (١٨)



الطريقة الصحيحة عند استعمال المقص كما يلي :

١/ تحديد مكان القطع .
٢/ اختيار المقص المناسب لنوعية العمل .
٣/ إمساك المقص بالطريقة الصحيحة كما في الشكل .
٤/ الضغط على المقص باليد فقط واتباع خط القص بدقة .

الاجـــنة :

الأجنة واحدة من عدد القطع اليدوي وتستخدم في التشغيل لقطع المعـــادن بالطرق اليدوي على رأس الأجنة فيتغلغل حدها القاطع فـــي معـــدن الشـــغلة . تنحصر عمليات التأجين في ثلاثة أنواع من العمل :

أ / التأجين بقصد القطع الانفصالي للمعدن ، حيث يتكون شق في معـــدن الشغلة نتيجة لإزاحة المعدن وانضغاطه ثم يعمق هذا الشق باســتمرار حتى يحدث الانفصال .

ب/ تأجين لإزالة الرايش ، وذلك لإزالة الرايش وتسوية سطح أجـــزاء المشغولات المسبوكة أو المصنعة بواسطة الطـــرق أو المشـــغولات التي أجريت عليها عمليات وصل باللحام .

ج / وتستخدم الأجنة كذلك لفتح مشقبيات الخوابير ، وقنوات الزيـــوت . ويتراوح طول الأجنة بين ١٠٠ مم إلى ٢٠٠ مم تصنع مـــن صلـــب العدة الكربوني وتعالج مقدمة الأجنة التي يتراوح طولـــها بيـــن ٢٥-٣١ مليمترا معالجة حرارية لتناسب قطع المعادن . يسن هذا الجـانب على شكل زاوية تسمى زاوية السن ويختلف مقـــدار هـــذه الزاويـــة باختلاف نوع المعدن المراد قطعه على النحو التالي:

نوع معدن الشغلة المراد قطعه	زاوية السن بالدرجات
معادن صلبة مثل الصلب الكربوني ، الصلب السبائكي	٦٠ - ٧٠
معادن متوسطة الصلابة كالبرنز ، والنحاس الأصفر	٥٠ - ٦٠
معادن لدنة كالرصاص والألمونيوم والنحاس	٢٠ - ٤٠

أما رأس الأجنة فيجلخ على شكل مسلوب بحيث لا يؤثر الطـــرق عليـــه فيسبب فلطحته مما ينتج عنه تطاير رايش يسبب أضرارا جسيمة .

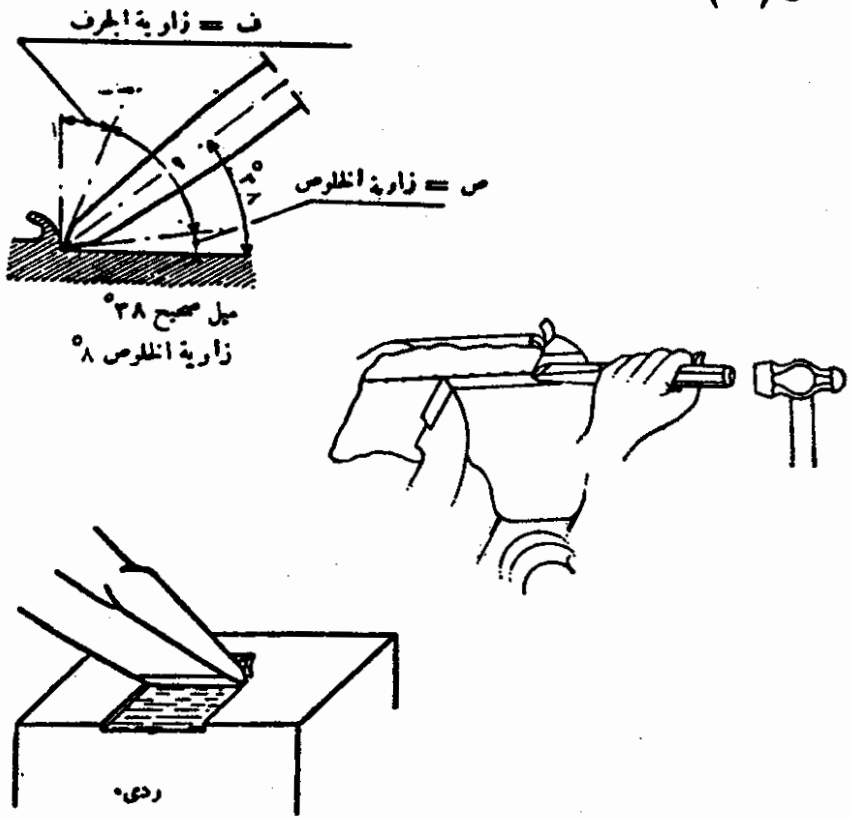
تمسك الأجنة على سطح القطعة المراد تشغيلها بزاوية معينة فينشـــأ مـــن ذلك ثلاثة زوايا :

١/ الزاوية الخلوص: وهي الزاوية بين الشغلة وطرف الأجنـــة المـــائل على الشغلة .

٢/ زاوية القطع: وهي تتكون من زاوية الخلوص وزاوية السن .

٣/ زاوية الرايش: وهي التي تنشأ من أعلى وضع الأجنة المائل على الشغلة .

شكل (١٩)



أنواع الأجنات :

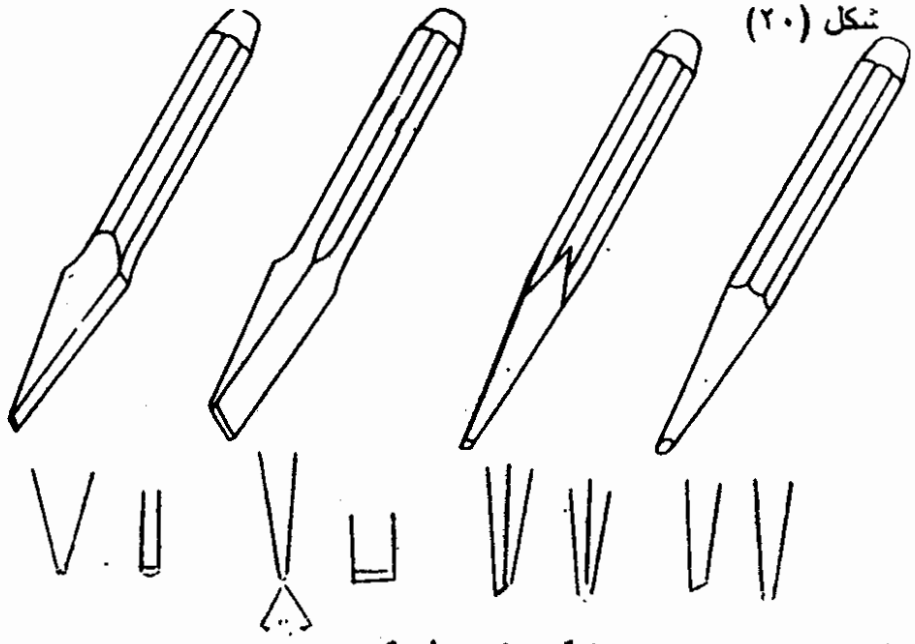
هناك ثلاثة أنواع من الاجنات شائعة الاستعمال :

أ / الأجنة المبططة: وتستخدم في تسوية السطوح وقطع الحافات .

ب/ قلم التأجين الضفرة: ويستخدم لفتح المجاري .

ج/ قلم التاجين : ويستخدم لفتح المشقبيات وقنوات التزيت ولقطع رؤوس مسامير البرشام ، كما يستخدم في القطع المبدئي قبل استخدام الأجنة المبططة .

شكل (٢٠)



ما يجب مراعاته عند عملية القطع بالأجنة :

١- يجب ربط الشغلة على المنجلة جيّدا مع التأكد من أن تكون خطوط التعليم (الشنكر) موازية لفكي المنجلة ، ومرتفعة عنها بمقدار ثلاثة سنتيمترات تقريبا .

٢- يجب مراعاة الوقفة الصحيحة عند القيام بعملية التأجين ، وذلك بوضع القدم اليسرى متقدمة على القدم اليمنى بحوالي قدم تقريبا ويجب أن تكون الأرجل بوضع مائل على بعضها بحوالي ٧٠° تقريبا

٣- يجب فحص الشاكوش بحيث يكون مثبتا جيّدا وخال من الشظايا ونظيفا من المواد التي تسبب الانزلاق كالزيت والشحم ... الخ .

٤- يجب فحص الأجنة والتأكد من أن حدها القاطع يكون جيّدا ورأسها خاليا من الشظايا والمواد المسببة للانزلاق .

٥- يجب أن تقبض الأجنة باليد اليسرى على بعد ٢٥ سنتيمتر من رأسها وتقبض الشاكوش باليد اليمنى .

٦- وضع الأجنة على سطح الشغلة بزاوية لا تقل عن ٣٠° ولا تزيد عن ٣٥° تقريبا ، ذلك لأن وضع الأجنة على سطح الشغلة بميل أكثر

من اللازم يجعل الأجنة تنغرز في الشغلة بوضع يصعب معه القطع، أما وضع الأجنة بميل أقل من اللازم يجعل الأجنة تنزلق بحيث يتسبب ذلك في إيذاء الشخص العامل .

٧- يجب أن يتم التأجين على مرحلتين الأول مبدئي بحيث لا يزيد الجزء المزال عن ٢ مم والثاني تشطيبي (ناعما) ولا يزيد فيه الجزء المزال عن واحد ملليمتر .

٨- عند تأجين الأسطح العريضة يجب عمل مجاري بقلم التأجين أولاً ثم إزالة ما بين المجاري بواسطة الأجنة المبططة .

٩- عند تأجين معدن هش ، الظهرة مثلاً يجب أن يتم القطع بكيفية تكفل عدم تفتت الأطراف وذلك بشطف جميع حواف السطح المراد تأجينه أولاً إلى ٤-٥ مليمتر أو أن يتم التأجين بالطرق الخفيف من الحافة متجهاً إلى وسط الشغلة مع الانتباه الكامل .

١٠- عند تأجين المعادن الطرية كالنحاس مثلاً يجب عدم السماح بسخانة حد الأجنة القاطع وتبريده بماء الصابون ثم تنظيفه حتى لا ينزلق .

١١- لا يستخدم التبريد في حالة تأجين المواد الهشة بل تؤجن على الناشف .

١٢- عند قطع المواد قليلة السمك بالأجنة يجب ربط القطعة على المنجلة بقوة وأن يكون خط الشنكرة موازياً لفكي المنجلة ومرتفع عنها بما لا يزيد عن ثلاثة مليمترات على الأكثر لأن ارتفاع خط الشنكرة أكثر من ذلك يتسبب في ثني القطعة المراد تأجينها .

المبارد وعملية البرد :

المقصود من عملية البرد إزالة أجزاء من معدن الشغلة على شكل رايش (برادة) بواسطة أسنان المبرد التي هي بمثابة عدد قاطعة ، ويستخدم المبرد لأغراض التسوية والتشطيب .

يصنع المبرد عادة من صلب العدة الكربوني الخاص الذي لا تزيد نسبة الكربون فيه عن ١,٢٥% ويشكل شكل المبرد بالحدادة ثم يعالج حرارياً ثم تقوم القطعة بالضغط لتكون مستوية ، ثم تشكل الأسنان بالتغزيز أم التخريخ .

أنواع المبارد :

تنقسم المبارد من حيث الأسنان إلى :

١- مفرد القطع ، ويحتوي على أسنان في اتجاه واحد .

٢- مزدوج القطع ، ويحتوي على أسنان تتقاطع مع بعضها .

٣- المبرد الخشابي (سن النشر) .

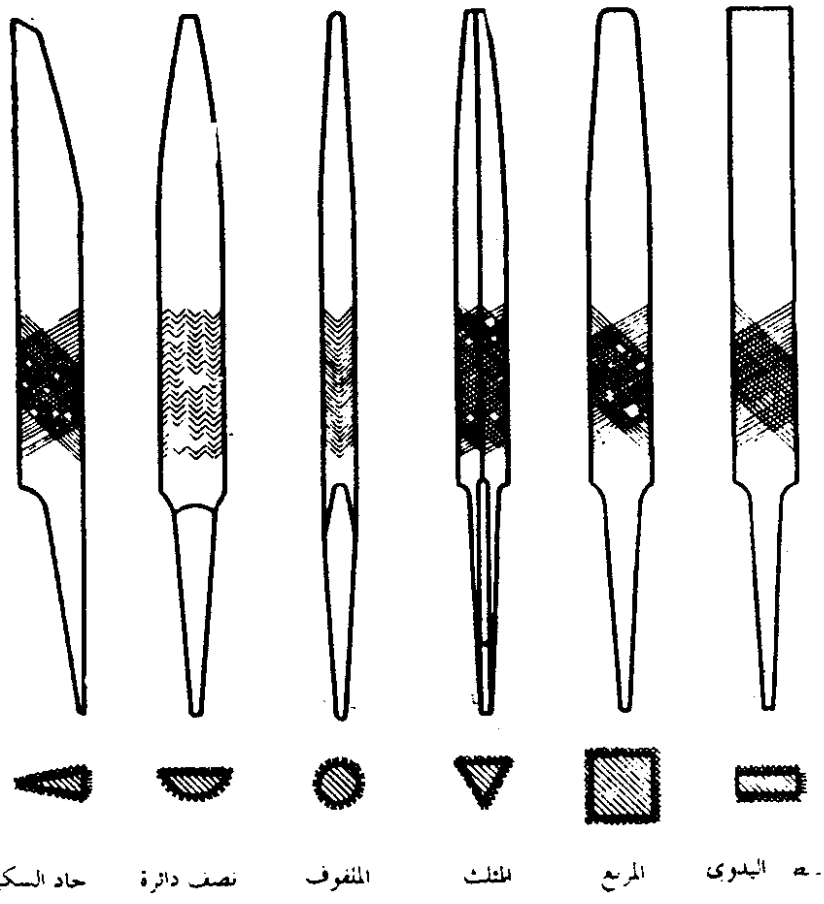
وقد تكون أسنان المبارد مستوية أو مائلة أو مقوسة . ويستخدم المبرد ذو الأسنان المقوسة بصفة خاصة في برادة المواد اللينة والورق المقوى .

تبين عدد أسنان المبرد في السنتمتر الواحد درجة نعومة المبرد (خشن جداً ، خشن ، متوسط الخشونة ، ناعم ، ناعم جداً) .

رقمت منظمة القياس الدولية (I.S.O) المبارد وأنواعها وأطوالها وعدد أسنانها على النحو التالي :

رقم المبرد	طول المبرد بالمليمترات	نوع المبرد	عدد الأسنان في السنتمتر الواحد
١.	١٠٠ - ٤٥٠	خشن جداً	٤،٥ - ١٠
٢.	٨٠ - ٤٥٠	خشن	٥،٣ - ١٦
٣.	٨٠ - ٤٥٠	متوسط الخشونة	١٠ - ٢٥
٤.	٨٠ - ٤٥٥	ناعم	١٤ - ٣٥
٥.	٨٠ - ٢١٠	ناعم جداً	٢٥ - ٥٠
٦.	٨٠ - ٢٥٠	شديد النعومة	٤٠ - ٧١

شكل (٢١)



أما من ناحية الشكل فتختلف أشكال المبارد تبعا لاختلاف الأعمال التي تستخدم فيه ، على النحو التالي :

١/ المبرد المبطط :

هو مبرد مبطط القطع متوازي الحواف حتى ثلثي طوله مسلوب بعد ذلك في كل من عرضه وسمكه ، يحتوي المبرد المبطط على أسنان

مزدوجة القطع في سطحيه ومفردة القطع في كلتا حافتيه ، ويستخدم لتسوية الأسطح .

٢/ المبرد المسطح اليدوي :

وهو مبرد مسطح متوازي العرض إلا أن سمكه مسلوب كالمبرد المبطط ، والأسنان في سطحيه مزدوجة القطع ، تحتوي إحدى حافتيه على أسنان مفردة القطع ، وتترك الحافة الأخرى سليمة دون أسنان ، ولذلك سميت بالحافة السليمة ، ويستخدم هذا النوع من المبارد في تسوية أركان المربعات والمستطيلات الداخلية والبرادة المدرجة التي يتطلب فيها الاستقامة والتربيع ، كما يستخدم في أغراض التسوية العامة .

٣/ المبرد المربع :

وهو مبرد مربع المقطع متوازي الأجناب حتى ثلثيه ثم مسلوب بعد ذلك. ويحتوي على أسنان مزدوجة القطع في كل أضلاعه ، ويستخدم في تسوية الأركان والمشقبيات .

٤/ المبرد الملفوف :

ويسمى كذلك (ذيل الفأر)

وهو مبرد دائري المقطع ومسلوب في الثلث الأمامي يستخدم في توسيع الثقوب وتسوية الأقواس الداخلية والمنحنيات ، والمشقبيات الدائرية ، وأسنان المبرد الملفوف مزدوجة القطع في النوع الخشن والناعم عندما يكون طول المبرد أكثر من ١٥ سم بينما تكون الأسنان مفردة القطع عندما يكون طول المبرد أقل من ذلك في حالتي المبارد متوسطة الخشونة .

٥/ المبرد نصف دائرة :

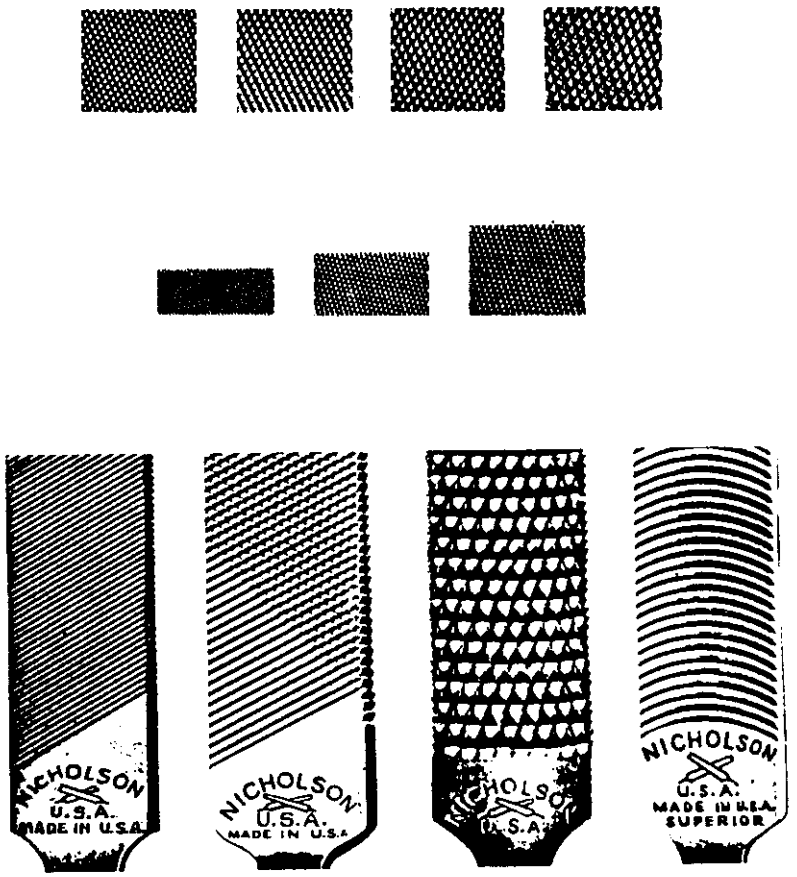
ويكون أحد سطحيه مبطط عدل الأسنان فيه دائما مزدوجة القطع . ويكون السطح الآخر على شكل قوس والأسنان فيه مفردة القطع . وتكون دائما متوسطة الخشونة أو ناعمة ويستخدم السطح المقوس من المبرد في تسوية الأجزاء نصف الدائرية من الداخل أو الخارج .

٦/ المبرد المثلث :

وهو مبرد مثلث القطع ، الأسنان فيه مزدوجة القطع ويستخدم في تسوية الأركان التى تقل عن ٩٠° درجة .

توجد أنواع أخرى من المبارد الخاصة كالمبرد معين المقطع ، المبرد شبه منحرف المقطع ، المبرد الساعات ، المبرد الإبرة والمبرد السكينة.

شكل (٢٢)



الثقب والمثاقب

هناك عدة طرق لعمل الثقوب في المشغولات أهمها :

١- عمل الثقوب في الشغلة أثناء سبكها ثم يشغل سطحها إلى درجة الجودة المطلوبة .

٢- عمل الثقوب بواسطة الحدادة على الساخن أما بواسطة السمبك الآلي آلياً أو يدوياً بواسطة السمبك اليدوي .

٣- عمل الثقوب بواسطة المثاقب (البنطة) إما يدوياً بواسطة المثقاب اليدوي أو آلياً بواسطة ماكينة المثاقب .

المثاقيب أو (البنط) :

البنطة واحدة من العدد القاطعة تستخدم لفتح ثقوب في أجزاء المشغولات المصنوعة من الخشب أو المعادن أو اللدائن أو الورق المقوى ، سواء أكانت هذه الثقوب نافذة أو غير نافذة .

نصنع البنط من صلب العدة الكربوني أو الصلب السبائكي أو صلب السرعات العالية .

الشروط الواجب توافرها في البنطة :

١- يشترط في البنطة أن تكون قابلة للسن .

٢- أن يكون لها القدرة على القطع بسهولة .

٣- أن يكون لها دليل أثناء عملية القطع حتى لا تنزلق أو تحدث ثقبا غير منتظم .

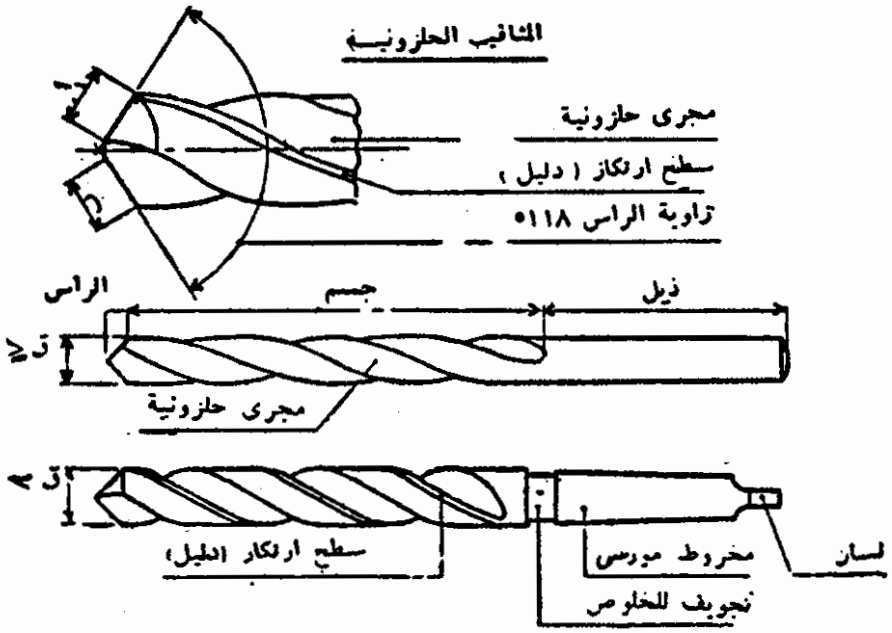
٤- أن تتخلص من رايش المعدن المزال بسهولة .

٥- أن يتساوى فيها طول إحدى القطع وأن يحصرا مع المحور الطولي زاويتين متساويتين .

البنطة الحلزونية :

وهي من أحدث أنواع البنط وأكثرها استعمالاً وهي تتكون من ذيل (المنصاب) وجسم (الشكل الحلزوني) ورأس (الدليل وحدي القطع) .

شكل (٢٣)



الذيل أو المنصاب :

وهو إما أن يكون أسطوانيا أو مسلوبا وتعرف سلبة الذيل بسلبة مورس . وترقم سلبة مورس من ١ -٦ وهي تلائم ظروف مورس التي تركب عليها حتى يمكن تثبيتها في ظرف ماكينة المثقاب ومن هنا يتضح أن البنط المسلوبة لا تستخدم إلا عند عمل ثقوب بواسطة المثقاب الكهربائي الثابت أوعلى المخرطة .

الجســـــم :

يتكون من ساق أسطوانية المقطع فتحت فيها قناتان حلزونيتـــان طويلتـا الخطوة جداً ، ويشغل على الساق بواسطة التجليخ شريطان ضيقان أســطوانيان أملسان ، يتكون منهما سطح الارتكاز الدليل . ويقل قطر الرأس بالتدريج مـــن الرأس إلى المنصاب محدثاً سلباً بسيطة ٠.٠١% لحدوث خلوص يمنع تصلـــب البنطة داخل الثقب .

الـــرأس :

مخروطي الشكل وتتراوح زاوية رأسه نظرياً بين ١١٦°- ١٢٠° وتبلـــغ في المتوسط من الناحية العملية ١١٨° وتتكون الشفتان (أ) و (ب) بتقاطع القناتين مع سطح مخروط الرأس العرضي .

التخويش أو الدشكلة :

وهي عملية توسيع وتسوية مداخل الثقوب إما على شـــكل أســطواني أو مخروطي . ومن أهم أنواع التخويش ما يلي :

أ / التخويش الأسطواني :

وهو عملية توسيع وتسوية مداخل الثقوب أسطوانيا لتستقر فيـها رؤوس مسامير أسطوانية الشكل ويستخدم لهذا الغرض مخواشا أسطوانيا له دليـل كما في الشكل.

ب/ التخويش المخروطي :

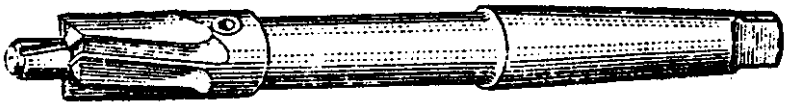
وهو عملية توسيع أحد مداخل الثقوب على شـــكل مخروطـــي وذلـــك لواحد من الأسباب الآتية :

١- إيجاد موضع لتستقر فيه رؤوس المسامير الغاطسة المخروطية سـواء أكانت ٦٠ ، ٩٠ ، ١٢٠ درجة .

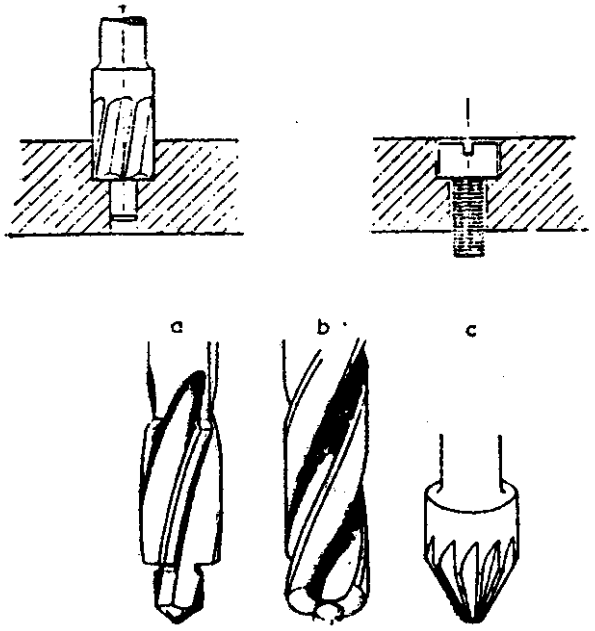
٢- إيجاد موضع لرؤوس مسامير البرشام .

٣- التخلص من الرايش والزوائد على حواف الثقوب .

شكل (٢٤)



(a) Counterboring Cutter.



البرغلة والبراغل :

عملية البرغلة :

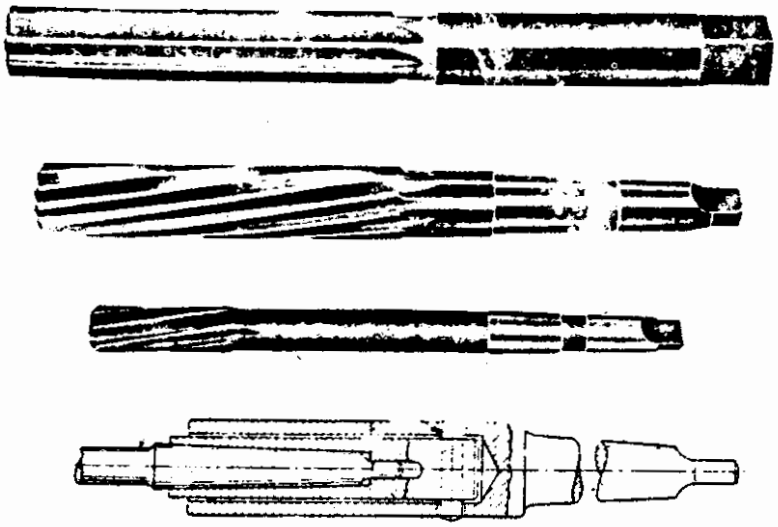
هي عملية تشطيب (مرحلة نهائية) للثقوب التي فتحت بواسطة البنط سابقا لتفاوت سبق تحديده أو للحصول على سطح أملس للثقب أو في الحالتين معا ، ذلك لأنه لا يمكن الاعتماد على البنطة للحصول على ثقب ذو درجة عالية من التشطيب والدقة لأسباب كثيرة .

ويستخدم في هذه العملية واحدة من العدد اليدوية القاطعة يسمى البرغل . وهو لا يقوم بنفس العمل الذي تقوم به البنطة . بمعنى أنه لا ينشىء ثقبا ، ولكنه يتبع الثقب المثقوب قبلاً بالبنطة ،وهذا غالباً ما يكون أقل بقليل من المقاس

المطلوب فيضبط إلى المقاس المطلوب بواسطة البرغل وإذا كان الثقب به خطأ في الوضع أو الاتجاه ، فإن البرغل يتبع نفس مجرى الثقب ولا يزيل الخطأ .

البراغل لا تزيل أثناء عملية البرغلة كمية كبيرة من المعدن وليس ذلك من طبيعتها ، والكمية التي تترك لعملية البرغلة من قطر الثقب يجب ألا تتعدى (٠,١٣ مم) ويتوقف ذلك في الواقع على قطر الثقب ونوع المعدن ، ولا تزال كل هذه الكمية في مرحلة واحدة بل تزال في مرحلتين أو أكثر ويكون ذلك ببرغل واحد مسلوب أو براغل متعددة ثابتة المقدار .

شكل (٢٥)



أنواع البراغل الشائعة الاستعمال :

هناك نوعان رئيسان شائعا الاستعمال هما :

البراغل اليدوية والبراغل التي تدار بواسطة الماكينات .

البراغل اليدوية ذات قصبة مستقيمة وتكون ثابتة المقدار أي ذات قطر ثابت أو إنضباطية متعددة المقدار (متحركة القواطع) وهي ذات نهايات مربعة تسمح بتركيب وضبط فتحة البوجي (المقبض) عليها .

أما البراغل التي تستخدم بواسطة الماكينات فهي ذات قصبة مسلوبة تسمح بتركيبها في الماكينات مباشرة أو بواسطة جلب مورس المخروطية والأشكال (٢٥) توضح بعض أنواع البراغل اليدوية والبراغل التي تستخدم بواسطة الماكينات .

قطع اللولب (القلاووظ):

القلاووظ عبارة عن قنوات حلزونية تفتح على السطح الخارجي أو الداخلي لجسم أسطواني أو مخروطي يدوياً بواسطة عدد قطع خاصة أو على الماكينات .

إن عملية قطع القلاووظ واحدة من أهم عمليات القطع التي تجري في الورش الميكانيكية والتي تحتاج إلى خبرة عملية .

ويسمى الجزء الواحد من الشكل الملولب (المقلوظ) بالسن . وتختلف الأسنان عن بعضها البعض باختلاف نوع اللولب ، وتتميز أسنان اللولب عن بعضها باختلاف أشكالها العامة وخطوة لولبها ومقدار الأقطار التي تقطع عليها. ويمكن أن نحصر نواحي الاختلاف في الآتي :

١/ شكل مقطع السن :

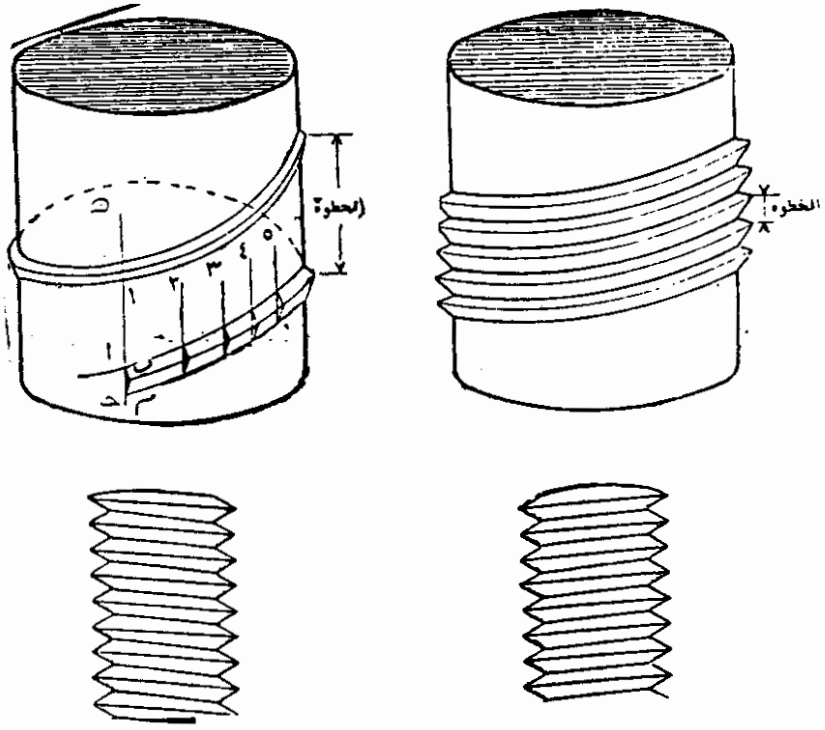
وهو الشكل الناتج عن قطع حلزوني اللولب . ويختلف هذا المقطع في شكله العام وزاوية ميله ، فمنه الشكل المثلث وهو الأكثر شيوعاً ومنه المربع ، وشبه المنحرف والنصف دائري ولكل شكل من هذه الأشكال اسم خاص يعرف به ويميزه عن غيره .

٢/ خطوة اللولب :

الخطوة هي المسافة الطولية التي تتحركها الصامولة عند إدارتها دورة كاملة . وتمثل في القلووظ ذي الباب الواحد ، المسافة المحصورة بين كل رأسين أو قاعين متتاليين في القلووظ وتحسب في القياس المتري بالمليمترات .

٣/ أقطار اللولب :

شكل (٢٦)



للقلووظ قطران ، القطر الخارجي الكبير ويعرف باسم البعد الاســـمى أو الحقيقي للقلوظ والقطر الصغير الداخلي والشكل (٢٦) يبين النقاط سالفة الذكـــر ويستخدم القلاووظ في المجالات الآتية :

١- توصيل الحركة أو زيادة تأثيرها كما هو الحال في عفريتة العربـــة أو الزرجينة مثلاً .
٢- تنظيم وضبط والتحكم في الحركة كما في المايكرومترات مثلاً .
٣- ربط الأجزاء مع بعضها في حالتي التجميع والتركيب كربط أجـــزاء الماكينات مع بعضها وخلافه .

وتوجد أنواع كثيرة من اللوالب لكل منها استعمالات خاصة لأغراض خاصة . ولكل لولب عدة أبعاد تميزه عن غيره تخضع لنظم توحيد القياس ، وتوضع لها جداول خاصة ، وسنتحدث فيما يلي عن نوعين من أنواع القلووظ بالنسبة للسن هما :

القلاووظ الخشن والقلاووظ الناعم اللذان يقطعان بعدد القطع اليدوية الخاصة . ونقصد بعدد القطع اليدوية الخاصة ذكور القلاووظ ولقم القلاووظ .

- **ذكور القلاووظ :**

ذكر القلاووظ هو عبارة عن مسمار مصنوع من صلب العدة الكربوني أو صلب السرعات العالية قطع على جزء منه لولب بعناية فائقة ثم قطعت فيه مجاري طولية وجلخت بدقة لإحداث الأسنان القاطعة . وقسي ذكر القلاووظ بعد ذلك بحيث أنه عندما يلف في داخل ثقب يحدث به لولباً على محيطه الداخلي . يمكن أن يربط مسمار بنفس المقاس ويعلو الجزء الذي عليه الأسنان القاطعة في ذكر القلاووظ ساق أسطوانية يقل قطرها قليلاً عن قطر الجزء القاطع وينتهي الساق بجزء مربع يسمح بتركيب وضبط فتحة مقبض خاص يعرف باسم البوجي .

وتكون ذكور القلاووظ عادة في شكل طقم به ثلاث قطع هي :

١/ الذكر المسلوب :

ويعرف باسم ذكر التقريب ويكون مسلوباً بحوالي ٨ إلى ٩ أسنان في مقدمته كدليل لسهولة قطع اللولب في البداية .

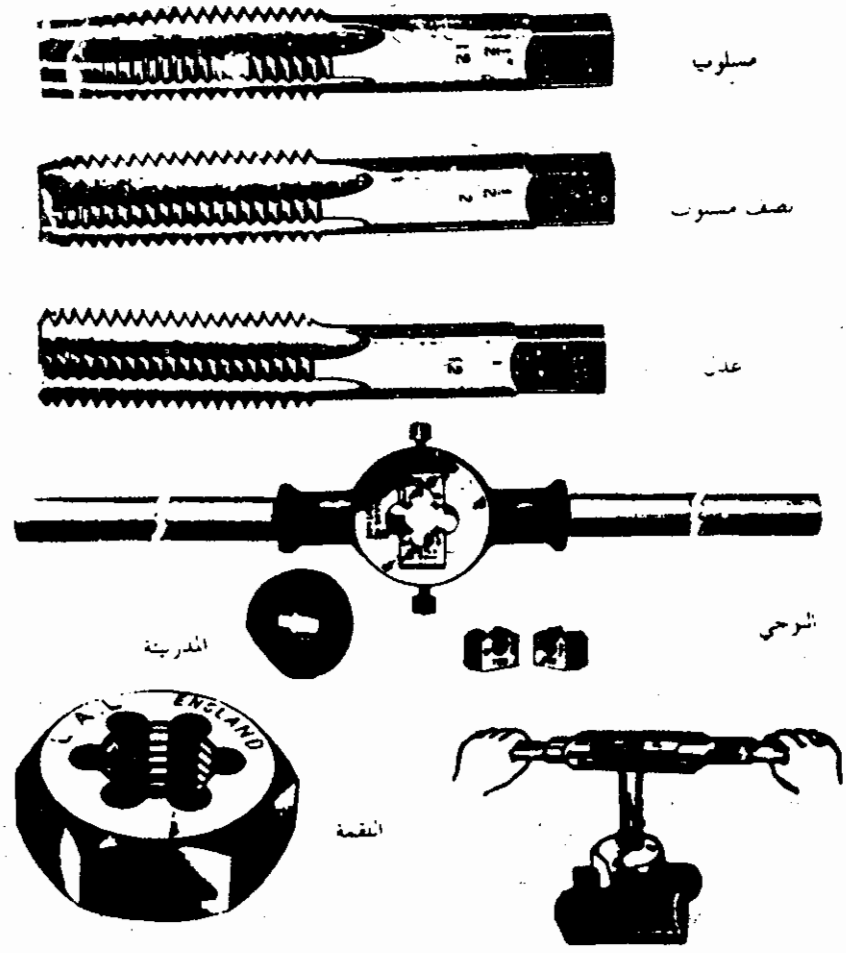
٢/ ذكر نصف سلبه :

ويعرف باسم ذكر القطع المتوسط وتسلب من مقدمته سنتان أو ثلاثة أسنان فقط وهو يتبع الذكر المسلوب في الاستعمال . فإذا كان الثقب نافذاً يمكن أن يكون هذا الذكر ملائماً لتشطيب هذا اللولب نهائياً . أما إذا كان الثقب غير نافذ فيشطب قطع القلاووظ بالذكر العدل .

٣/ ***ذكر قلاووظ عدل (مستقيم) :***

ويعرف باسم ذكر القلاووظ التشطيبي ويكون مستقيماً على طول الجزء الذي به الأسنان القاطعة ، ويستخدم للتشطيب خاصة في لولبة الثقوب الغير نافذة والشكل رقم (٢٧) يبين طقم ذكر القلاووظ .

شكل (٢٧)

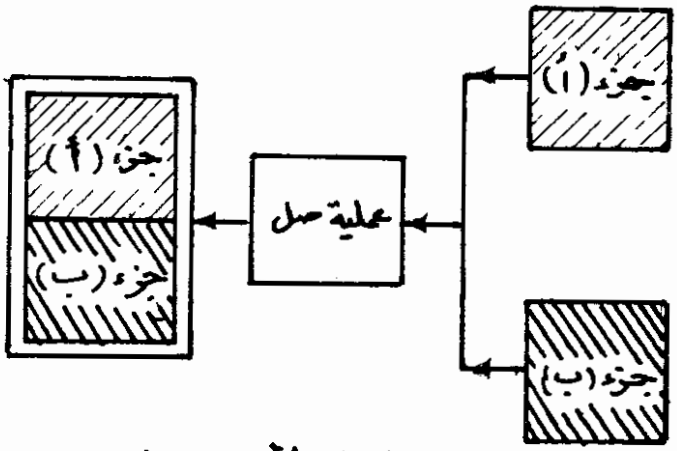


أساليب وصل المعادن

تعريف عملية وصل المشغولات :

عملية وصل المشغولات يقصد به الأسلوب الفني الذي نستطيع من خلاله وصل عدة أجزاء مع بعضها البعض لتكون منتجاً مفيداً مركباً من تلك الأجزاء . ونعبر عن ذلك بمعادلة بسيطة كما هو مبين بالشكل .

شكل (٢٨)

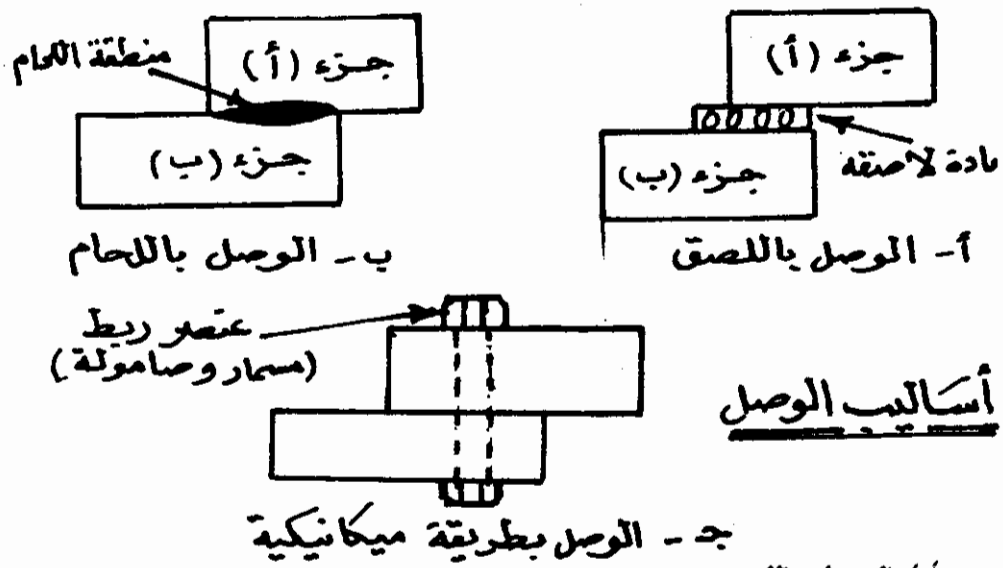


عملية الوصل

جزء (أ) + جزء (ب) ← عملية وصل ← منتج (مركب من أ ، ب)

وبالطبع يمكن تكرار عمليات الوصل للحصول على منتج نهائي يتكون من أجزاء متعددة وقد تكون الأجزاء الداخلة في عملية الوصل من نفس المادة وقد لا تكون . وهناك بعض الأساليب للوصل كما هو مبين في الشكل (٢٩)

شكل (٢٩)



أساليب الوصل

أ) الوصل باللصق :

وفيها يتم وصل جزئين مختلفين بواسطة مادة لاصقة مناسبة .

ب) الوصل باللحام:

وفيها يتم وصل جزئين مختلفين عن طريق إلتحام فعلي بين جزئيات مادتيهما في منطقة الوصل .

ج) الوصل بطرق ميكانيكية :

وفيها يتم وصل جزئين مختلفين عن طريق ربطهما معاً باستخدام عنصر ثالث مثل المسامير الملولبة (قلاووظ) والبرشام وغير ذلك .

نتعرض فيما يلي إلى مقترح طرق وصل المعادن بالطرق الميكانيكية ولصق المعادن كما سنقدم استعراضاً لأهم طرق لحام المعادن .

عمليات الوصل في حياتنا اليومية :

تستخدم في حياتنا اليومية العديد من المنتجات الصناعية التي تم الحصول عليها بعمليات وصل مختلفة ففي المنزل نجد كثيراً من المنتجات الموصلة بطريقة أو بأخرى مثل الكراسي والمناضد والأسرة . أيضاً إذا نظرنا إلى أدوات

المطبخ نلاحظ كيف تستخدم أساليب مختلفة لوصل أيادي أواني المطبخ سواء باللحام أو الوصل الميكانيكي عن طريق مسامير القلاووظ ، وفي مختلف الأجهزة والمعدات تستخدم عمليات الوصل بكثرة مثلاً يتكون جسم السيارة من عدة ألواح صاج مشكلة وملحومة مع بعضها البعض بإتقان . وتستخدم عمليات اللحام بكثرة في بناء هياكل المنشآت مثل هياكل الصلب المستخدمة في المباني العالية الحديثة وأبراج الكهرباء المصنوعة من قطع الصلب المختلفة .

كذلك يتزايد الاعتماد على مختلف المواد اللاصقة والتي حققت تقدماً عظيماً وخصوصاً لوصل منتجات البلاستيك والدائن الأخرى .

وصل المعادن بالطرق الميكانيكية :

الربط المؤقت :

يتم ذلك باستخدام عنصر ثالث وتعتبر المسامير المقلوظة والصواميل أهم وسيلة للربط المؤقت (أي الذي يمكن فكه عند الحاجة) ويمكن استعمال مسمار ملولب (قلاووظ) فقط إذا كان هناك ثقب ملولب (مقلوظ) يمكن الربط فيه.

الربط بالبرشمة (البرشام) :

يتم ذلك عن طريق استعمال مسامير خاصة تسمى مسامير البرشام والتي تصنع من معدن طري غالباً ما يكون من نفس نوع المعدن المطلوب وصله . ويتم إدخال مسامير البرشام في ثقوب خاصة في الأجزاء المطلوب وصلها ثم الطرق عليها بحيث يتم تفلطح رؤوسها لاحكام الوصل بين الطرفين ومنع انفصالهما كما في الشكل(٣٠).

شكل (٣٠)

والوصلات الناتجة بالبرشمة غير قابلة للفك ولا يمكن فصل الأجزاء الموصلة بالبرشمة عن بعضها البعض إلا بتحطيم عنصر الاتصال وهوالبرشام.

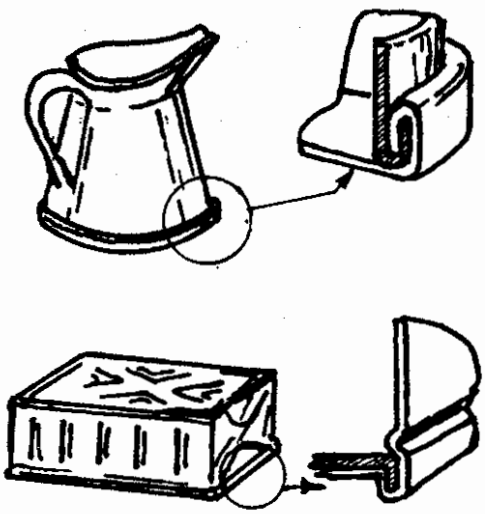
وتستخدم عمليات البرشمة المثبتة في صناعة الهياكل الفولاذية والكباري والمركبات(الشاحنات) كما تستخدم عمليات البرشمة مانعة التسرب في أوعية الغازات والضغط ورغم الاستعاضة عن البرشام حالياً باللحام في كثير من الأحيان ، إلا أن الوصل بالبرشمة ما زال مستخدماً في تطبيقات متعددة كما سبق ذكره .

وصلات السمكرة بالطرق (الدسرة) :

وتستخدم طرق الوصل بالسمكرة بكثرة في أشغال الصاج (الألواح الرقيقة) وذلك باستخدام التشكيل والطرق .

وهناك أنواع متعددة لتلك الوصلات تستخدم عند صنع الأسقف بالصاج وفي قاع خزانات الوقود كقفل خارجي بخزان أسطواني .

شكل رقم (٣١)



وتنتج تلك الوصلات بين طرفي الألـــواح المعدنيـــة أو شـــغلة الصـــاج المطلوب وصلها ثم الضغط عليها بالطرق باستخدام مطارق خاصة .

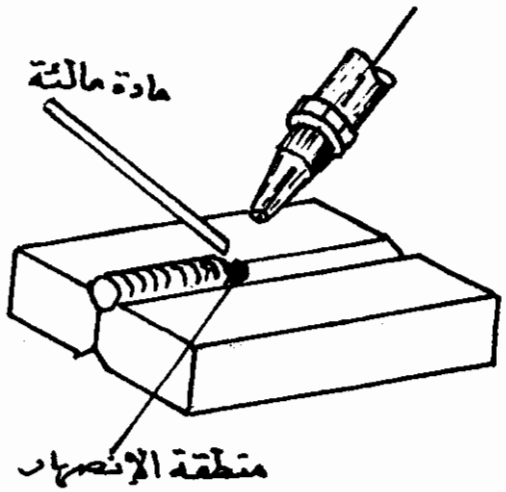
اللحام بالغاز (خليط غازي الأكسجين والأستلين) :

تتولد الحرارة في هذا النوع من اللحام عن طريق اللـــهب الصـــادر مـــن مشعل (بوري) لحرق خليط من غازي الاستلين والأكسجين النقي شـــكل (٣٢) ويمكن اللحام بهذه الطريقة حتى بدون استخدام مادة ثالثة وذلك بصـــهر طرفـــي وصلة اللحام وتجمدهما معاً في منطقة اللحام . وبعد التجمد تكون منطقة الوصـــلى متجانسة من حيث التركيب الكيميائي والخصائص الميكانيكية . ويجري اللحـــام عادة بتسخين طرفي وصلة اللحام بعد تنظيفها ثم تضاف سبيكة اللحام المصنوعة على هيئة سيخ لحام (مادة مالئة) والذي ينصهر طرفه بفعل اللهب ويخلـــط مـــع مصهور المعدن في منطقة الانصهار .

وبإبعاد اللهب تتجمد الوصلة الملحومة لتتصل الأجزاء ببعضـــها اتصـــالا دائماً .

الشكل (٣٢)

حراق (بوري)



ويمكن التحكم في نوع اللهب الأكس استلين عن طريق تحديد نسب خلط الاستلين بالأكسجين وهناك ثلاثة أنواع من اللهب :

١- لهب متعادل : وفيه تتساوى نسبة خلط الأكسجين والاستلين . ويستخدم للحام الصلب الطري والنحاس والالمونيوم .

٢- لهب مكربن : وفيه تزيد نسبة خلط الاستلين إلى الأكسجين ويستخدم للحام الصلب الذي يقاوم الصدأ وكذلك عند تصليد الأسطح .

٣- لهب مؤكسد : وفيه تزداد نسبة خلط الأكسجين إلى الاستلين ، ويستخدم للحام النحاس الأصفر والبرونز ويبين الشكل (٣٣) أنواع لهب الاكس استيلين المختلفة .

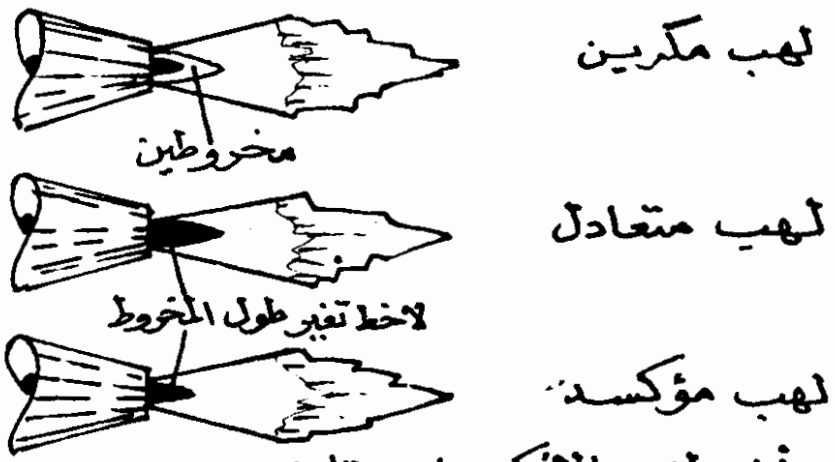
ويتميز اللحام بالاكس استيلين بعدد من المزايا أهما ما يأتي :

١- انخفاض تكلفة المعدات المستخدمة وسهولة صيانتها .

٢- وحدات اللحام بالاكس استيلين سهلة النقل من مكان لمكان مما يسهل استخدامها داخل وخارج الورش بسهولة في عمليات الصيانة والتصنيع .

٣- يمكن لحام معظم أنواع المعادن بهذا الأسلوب .

شكل (٣٣)

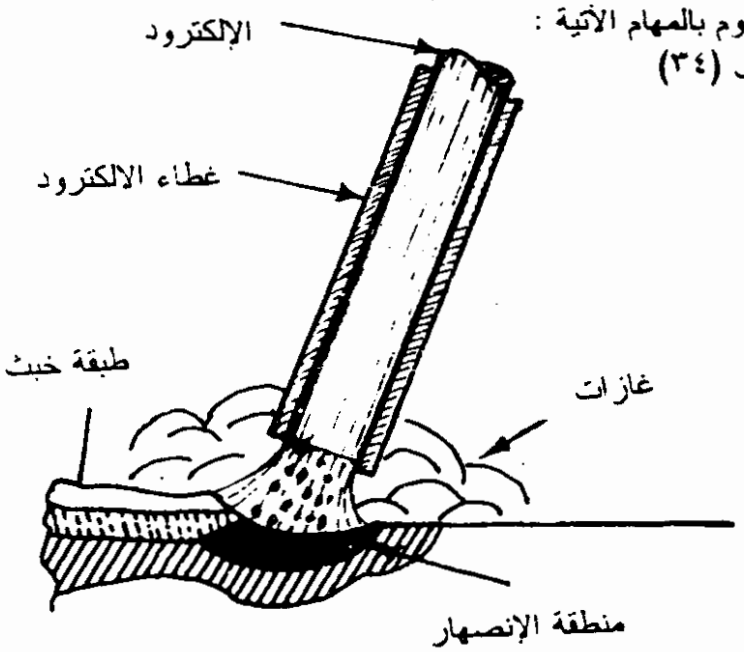


اللحام بالقوس الكهربائي :

يعتبر اللحام بالقوس الكهربائي من الطرق الشائعة لوصـــل المشـغولات وفيه يستفاد من درجة الحرارة العالية للغاية للقوس الكهربائي والتي تصل إلـــى ٥٥٠٠°م في صهر المعادن . ويلزم لإحداث ذلك القوس الكهربائي جهد منخفض يبلغ من ١٥ إلى ٥٠ فولتاً بينما تبلغ قوة التيار من ٦٠ إلى ٣٠٠ أمبير وقد يبلـغ في بعض الحالات الخاصة إلى ١٠٠٠ أمبير . وقد يستخدم في هذا السبيل تيـار مستمر ولكن الشائع هو استعمال تيار متردد حيث يمكن الحصـول علـى ذلـك التيار بمحولات الجهد من ٢٢٠ فولتاً إلى ٣٨٠٠ فولتاً (وهو جهد شبكة الكـهرباء) إلى أقل من ٥٠ فولتاً مما يسبب ارتفاع قوة التيار بالقدر اللازم للحـام بـالقوس الكهربائي . ويتولد القوس الكهربائي في الفجوة بين قطب كهربي يسمى إلكـترود وبين الشغلة . تبلغ تلك الفجوة حوالي ٣ - ٨ مم في غالبية الأحيان كما في شكل رقـــم (٣٤) .

ورغم وجود عدة أنواع مـــن الإلكـترودات وأسـاليب اللحـام بـالقوس الكهربائي إلا أنه يشيع استخدام الكترود معدني (مستهلك) مغطى بغلاف ينصـهر أثناء اللحام كما هو مبين الشكل (٣٤) وهذا الغلاف مكوّن مـن عـدة مركبـات كيميائية تقوم بالمهام الآتية :

شكل (٣٤)



اللحام بالقوس الكهربائي

١- توليد كمية من الغازات (حجاب غازي) يوفر بيئة تحمي عملية اللحام من الأكسدة .
٢- تثبيت واستقرار القوس الكهربائي .
٣- إضافة مواد تسابكية تحسن من خصائص الوصلة الملحومة .
٤- الاتحاد بالشوائب وتكوين طبقة بحيث تغطي الوصلة الملحومة (وهذه الطبقة تزال بعد ذلك) مما يؤدي إلى إبطاء تجمد المعدن المنصهر وتحسين الخصائص الميكانيكية لوصلة اللحام .

مشاعل القطع باللهب (غاز الاكس إستلين) :

نبذة عامة :

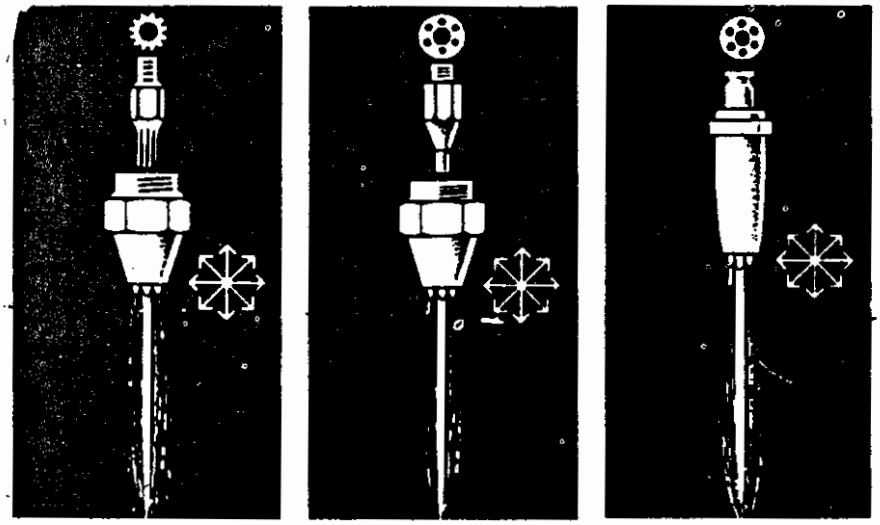
يمكن قطع المعادن بطرق مختلفة كما سبق كالنشر والتأجين (القطع بالأجنة) والثقب ، والقص بالمقصات اليدوية (للألواح المعدنية الرقيقة) أو المقصات الزراعية . كذلك يمكن قطع المعادن باستخدام لهب مؤكسد .

من الممكن استخدام مشاعل ومعدات القطع باللهب فهناك عدة غازات وقود تستخدم مع غاز الأكسجين مثل غاز الأيدروجين (معبأ في اسطوانات) أو بروبين أو بنزين أو زيت معدني .

ونتحدث هنا عن غازالاكس استلين (يتكون من تفاعل الأكسجين مع الاستلين) حيث يوجد كل غاز في أنبوبة (اسطوانة) منفصلة ويتم خلطهما عند مشعل القطع (البوري) .

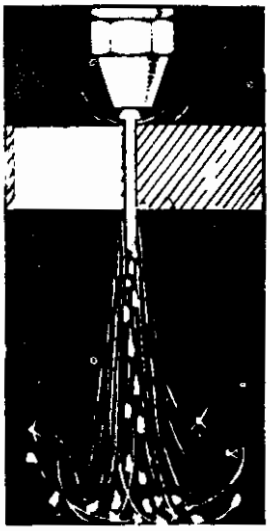
شكل مشعل القطع اليدوي شبيه بمشعل اللحام إلا أن مشعل القطع اليدوي يصمم بطريقة تمكن من تمرير أكسجين نقي غير مخلوط بالاستلين وذلك لدفع مصهور المعدن بعد تأكسده نتيجة لتعرضه للأكسجين النقي . ولمشعل القطع ممر خاص لتمرير الأكسجين بضغط عالي إلى المعدن المنصهر . وممرين آخرين ، واحد للأكسجين والآخر للاستلين يمكنا من خلطهما . وبعد اختلاط الأكسجين والاستلين يمر الخليط إلى رأس المشعل (الفوقية) والذي يحتوي على عدة فتحات صغيرة بالإضافة إلى فتحة الأكسجين النقي والتي تكون عادة في مركز رأس الفوقية ويتراوح عدد هذه الفتحات بين ٣ و ٨ فتحات وهي التي تعطي اللهبة الضرورية لعملية التسخين لصهر المعدن ثم انفصاله . شكل (٣٥).

شكل (٣٥)

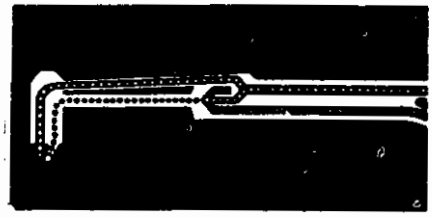


(ا) (ب) (ج)

رأس قاطعة بفوهات متعددة الفتحات

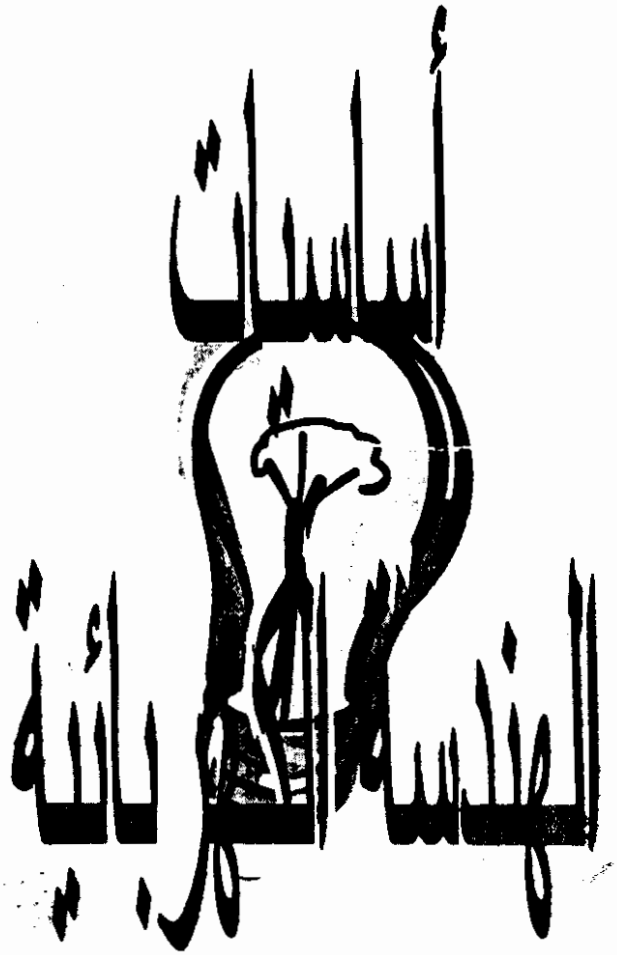


عملية شق



خليط غازى فى رأس قاطع

الباب الثالث



مقدمـــة

قامت الثورة الصناعيـــة الأولى عندما اكتشف الإنسان طاقـــة البخار، فدارت عجلة المصانع بطاقة لم تكن متوافرة من قبل ، فاستطاع الإنسان أن ينتج ما يعينه على توفير حياة أفضل . ثم جاء اكتشاف الطاقة الكهربائية فكانت البديل الأفضل لطاقة البخار حيث امتازت هذه الطاقة الجديدة بإمكانات هائلة وأتاحت تطبيقات متنوعة على جميع أوجه الحياة وكان لاكتشاف الكهرباء أثر عميق في تغيير وتطوير نظم وإمكانات الحياة البشرية . ومنذ ظهور ذلك الاكتشاف العظيم بدأ تطوير التقنيات المتطورة في جميع أوجه الحياة . وأتاحت فرصة للعلماء والمخترعين أن يحققوا ما لم يكن يخطر على بال الإنسان منذ زمن بعيد. وسار ركب التقدم في مجال توفير الطاقة الكهربائية بقدرات هائلة لدفع عجلة الصناعات الثقيلة والخفيفة. كما تستمد منها الطاقة لتحريك وسائل النقل والانتقال المختلفة . ووفرت الطاقة الكهربائية للإستعمالات المنزلية ، فأتاحت قدراً كبيراً من الرفاهية داخل المنزل، حيث التدفئة وتكييف الهواء، بالإضافة إلى الآلات الكهربائية الصغيرة المتعددة ، التي تقوم بأداء كل ما كان يؤديه الإنسان يدوياً في الماضي البعيد . كما أنها استخدمت في وسائل الطب والفحص والعلاج إلى جانب أعداد لامجال لحصرها.

ثم جاءت ثورة الإلكترونيات والحواسيب الآلية، والتي نقلت العالم إلى مرتبة متقدمة من التقانة الحديثة . حيث أتاحت للعلماء قدرة هائلة في التصميم والتطوير التي نشهدها الآن . ووفرت للإنسان كل المعلومات المطلوبة من جميع أنحاء العالم بالقدر الذي يمكن أن يسمى بثورة المعلومات . وربطت العالم بأسره بشبكة واحدة للمعلومات تتيح لأي فرد على وجه الأرض أن يحصل على ما يريد من العلوم ، أو المعلومات المهنية ، أو التجارية ، أو الأدبية ، أو كل ما يحتاجه الإنسان في أي بقعة أخرى من العالم .

وبما ان امتلاك التقانة المتطورة قد أصبح من ضروريات القوة والبقاء بين الأمم المتنافسة ، فمن الواجب علينا أن نبدأ في دراسة أساسيات العلوم الكهربائية منذ وقت مبكر في مناهجنا التعليمية .

أصل الكهرباء

الكهرباء خاصية طبيعية للأجسام المكونة للذرة . هذه الخاصية كامنة تبدو مظاهرها عندما تتأثر تلك المكونـات بقوات تزعزع مواقعها الطبيعيـة في الذرة .

فإن تفسير الظواهر الكهربائية في مجال الهندسة الكهربائية يتطلب معرفة التركيب الذري للمواد المستخدمة هندسياً ، والمؤثرات على مكوناتها والتغييرات التي تحدث لتنجم عنها تلك الظواهر . فخواص المواد التي يتم اختيارها لتوصيل الكهرباء ترجع أساساً كاستجابة للتأثيرات على مكوناتها الذرية والتي لا تستجيب لها المواد رديئة التوصيل للكهرباء .

من مكونات الذرة النواة التي تقع ككتلة واحدة في وسطها. تتكون النواة من أجسام تسمى البروتونـات وأخرى تسمى النيوترونات. تـدور حول النواة

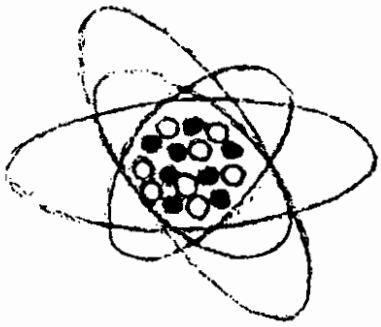
أجسام تسمى الإلكترونـات. كتلة الإلكترون تساوي بالتقريـب $\frac{1}{1840}$ كتلـة

البروتون . مدارات الإلكترونات متعددة وبمسافات متفاوتة من النواة . تتميز المواد عن بعضها بعدد إلكتـروناتها والتي تساوي عدد البروتونات وتتميز أيضاً بعدد الإلكترونات التي تدور في بعض مداراتها . توصف المدارات بأنها تمثل طبقات متفاوتة من الطاقة ، حيث ان الإلكترون في مدار معين يمكن إنتقاله إلى مدار آخر باضافة أو فقدان طاقة حسب إرتحاله بعيداً أو قريباً عن النواة. هناك قوة جاذبـة تجذب الإلكتـرون إلى النواة . هذه القوة كبيرة للإلكترونـات ذات المدارات القريبة من النواة وتضعف تدريجياً مع بعد المدار من النواة.

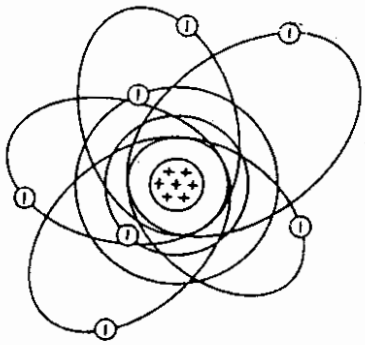
الإلكترون بطبيعته جسم بشحنة كهربائية سالبة بمقدار $١,٦٠٢ \times ١٠^{-١٩}$ وحدة كهربائية. وتعادل شحنته شحنة البروتون الموجبة .

النيوترون جسم متعادل كهربيا ، أي ليست له خاصية شحنة موجبة أو سالبة .

الذرة كوحدة متعادلة كهربائيا أي تتساوي شحنات الالكترونات السالبة مع شحنات البروتونات الموجبة فيها .



نواة الأكسجين لها ثمانية بروتونات وثمانية نيوترونات



ذرة النايتروجين لها سبعة الكترونات وسبعة بروتونات

شكل (١)

تحدث الظواهر الكهربائية عندما يختل هذا التعادل . في الهندسة الكهربائية تستغل هذه الظواهر الخارجية التي تحدث في الأصل داخل مكونات الذرة . تأثيرات هذا الحدث الداخلي يؤثر في المقام الأول على الإلكترونات فقط. قد ينتج عن ذلك ما يأتي :

١- أن تحول الإلكترونات مساراتها بالنسبة لبعدها عن النواة وذلك بدون أن تترك الدوران في مجال ذراتها .

٢- أو قد يحدث أن تنتقل الإلكترونات إلى ذرات مجاورة في نفس المادة أو مادة ملتصقة معها .

٣- أو قد يحدث إنطلاق الإلكترونات كلية من مادتها الأصلية وسريانها في مواد أوساط أخرى وقد ترتبط بذراتها أو لا ترتبط بها وتمر حرة بإنتشار خلال المادة أو الوسط الجديد .

في كثير من الحالات يحدث ما يعرف بالتأين (تحول المادة إلى أيونات) . الأيون هو جزء من الذرة أو الجزئ غير متعادل كهربياً نتيجة لتفكك أجزاء الذرة أو الجزئ .انفصال الإلكترون يكون أيون سالب الشحنة متمثلاً في الإلكترون وأيون موجب الشحنة متمثلاً في بقية الذرة أو الجزئ بفقدانها الإلكترون . التحام الإلكترون الحر بذرة أو جزئ من مادة أخرى يؤدي إلى عدم تعادل شحنتها وتصبح الذرة أو الجزئ أيون سالب لزيادة عدد الكتروناتها . حدوث إزاحة الأيونات الموجبة إلى ناحية والسالبة إلى ناحية أخرى في المواد المنحلة إلى أيونات ، هو ما يعرف بالاستقطاب الذي تنتج منه الظاهرة الكهربائية .

المواد الموصلة والعازلة

الالكترونات التي تؤثر عليها قوى دافعة ، أو تثار وتنشط حركياً، هي التي تدور في المدارات البعيدة نسبياً من النواة . تعرف هذه بالالكترونات الخارجية وهذه هي التي تربطها قوة ضعيفة نسبياً مع النواة . قابلية هده الالكترونات للإنتقال تسبب توصيل الكهرباء .تتميز أحسن أنواع المواد الموصلة للكهرباء بكثرة عدد الكتروناتها الذرية وهي في الغالب مواد معدنية.

المواد التي لا تستجيب لتأثيرات القوة الدافعة وتثار وتنشط تعرف بالمواد العازلة . في هذه المواد الالكترونات تربطها بالنواة قوة جذب كبيرة نسبياً بحيث لا تتأثر إذا سلطت عليها أضعاف تلك القوة التي تستجيب لها المواد الموصلة بالتوصيل الكهربائي.

أحسن مواد موصلة للكهرباء توجد بين المواد المعدنية وبعض محاليل أملاح وحوامض معدنية . نذكر بعض هذه المواد في الجدول التالي :

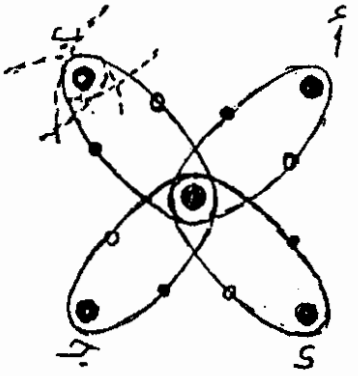
المعادن :

الفضة ، النحاس ، الخارصين ، الحديد ، الرصاص ، الألمنيوم

المحاليل	أيونات موجبة	أيونات سالبه
حامض الكبريتيك	هايدروجين	كبريتات
كبريتات النحاس	نحاس	كبريتات
كبريتات الخارصين	خارصين	كبريتات
نترات الفضة	فضة	نترات

أشباه الموصلات

هناك نوع ثالث من المواد تعرف باسم أشباه الموصلات . تقع خواص هذه المواد ، في توصيل الكهرباء ، بين خواص الموصلات الجيدة وخواص المواد العازلة . تتميز هذه المواد بأن لها قابلية للارتباط الذري مع مواد معينة أخرى ، يكون تجمعها أيونات موجبة أو سالبة ، حسب نوع المادة التي ترتبط معها. أشهر هذه المواد وأكثرها انتشاراً هما السيلكون والجيرمانيوم. المواد التي تختلط بأشباه الموصلات بترابط ذري ليكون تجمعها ما يعرف بأشباه الموصلات الموجبة أو أشباه الموصلات السالبة تعرف بالشوائب . يحدث الترابط الذري عن طريق الالكترونات الخارجية وتعرف هذه أيضاً بالالكترونات التكافئية . من هذه الشوائب ما هي ثلاثية التكافؤ ومنها ما هي خماسية التكافؤ . عند ترابط النوع الأول مع أشباه الموصلات تتكون مواد أشباه الموصلات الموجبة . وعند ترابط النوع الثاني مع أشباه الموصلات تتكون مواد أشباه الموصلات سالبة .



شكل (٢)
الترابط التكافؤي الزوجي لذرات شبه الموصل
o الكترونات الذرة الوسطى • الكترونات الذرات المجاورة

من مواد الأشابه ثلاثية التكافؤ الإنديوم وقاليوم وبورون ومن الشوائب خماسية التكافؤ الفسفور وأنتموني والأرسين . عند انتشار الشوائب ثلاثية التكافؤ خلال أشباه الموصلات لا تستطيع ذرات مواد الأشابة استكمال الترابط الزوجي للنقص في الكتروناتها الخارجية عن الأربعة وبذلك يتولد ما يسمى بالثقب الذي يجذب إلكتروناً من ذرة مجاورة لإكمال الترابط . تعرف هذه الشوائب بالمتقبلات لتقبلها الالكترونات وتعرف المادة الناتجة بشبه الموصل الموجب. أما عند انتشار الشوائب خماسية التكافؤ هناك الكترون فائض عن ما يحتاجه الترابط المذكور أعلاه . تتجول هذه الالكترونات الزائدة وتدخل في مدارات الذرات المجاورة. تسمى هذه الشوائب بالمانحات والمادة الناتجة بشبه الموصل السالب.

عند التصاق أشباه موصلات موجبة بأشباه موصلات سالبة تتكون ما تسمى بالوصلة. على جانبى الوصلة مواد مستقطبة تعطي الوصلة خصائص كهربائية مميزة.يستخدم في عالم الهندسة الإلكترونية اليوم نبائط كثيرة باستخدام أعداد متفاوتة من الوصلات.بتسليط فوارق قوات دافعة كهربائية (فوارق جهد) عبر مختلف الوصلات يمكن الحصول على أجهزة متنوعة الخصائص الكهربائية .

تمارين (١)

١) لماذا يمكن اعتبار وزن الذرة هو وزن النواة ؟

٢) ما هي مميزات التركيب الذري للمواد الموصلة من المواد العازلة ؟

٣) ماذا تعني بمستوى الطاقة للإلكترون ؟

٤) لماذا تسمى بعض المواد أشباه الموصلات ؟ أوجد أي بيانات لخواص تلك المواد تؤيد تلك التسمية . عين خاصية لهذه المواد تشذ فيها عن المواد الموصلة المعدنية .

٥) تعرف مدارات الالكترونات الخمسة الأوائل حسب ترتيب قربها من النواة بالترميز K ثم L ثم M ثم N ثم O . في أي هذه المدارات تتواجد الالكترونات الخارجية ((التكافؤية)) ؟ وفي أي منها نجد الالكترونات ذات أكبر طاقة طبقية ؟

٦) وزن ذرة الأكسجين ١٦ وعدد إلكتروناتها ثمانية.ما هو عدد البروتونات والنيوترونات في ذرة الأكسجين ؟

٧) ماذا يقصد بتعادل الذرة كهربياً ؟ وكيف يمكن لذرة الأكسجين أن تصبح أيون موجب بمقدار تعادل شحنة $٢ \times ١,٦٠٢ \times ١٠^{-١٩}$ وحدة كهرباء ؟

٨) عدد النيوترونات في ذرة النايتروجين سبعة ، ما هو الوزن الذري للنايتروجين ؟

٩) كيف تصنع أشباه الموصلات الموجبة ؟ وما الفرق بينها وبين أشباه الموصلات السالبة ؟

١٠) ماذا يقصد بالوصلة في عالم الهندسة الالكترونية ؟ .

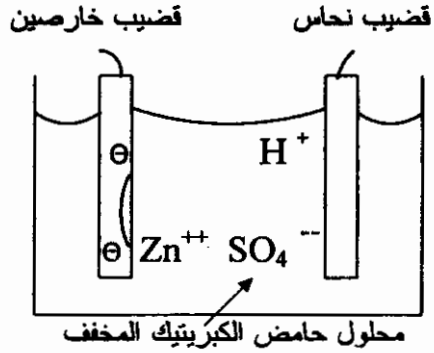
مصادر القوة الدافعة الكهربائية

المصادر الكيميائية

يمكن الحصول على قوة دافعة كهربائية عن طريق الاستقطاب لبعض المحاليل المعدنية في الماء والتي تعرف بالمحاليل الإلكتروليتية .

من هذه المصادر ما تعرف بالأولية مثل الخلية الكهربائية وما تعرف بالثانوية مثل المراكم والبطاريات . في هذه المصادر يتم تحويل طاقة كيميائية إلى طاقة كهربائية . الخلايا الأولية تصير غير قابلة للاستعمال عندما تنفذ طاقتها الكيميائية أما الثانوية فيمكن شحنها ثانية وتصير صالحة للاستعمال عدة مرات وهي خزانات للطاقة الكهربائية .

كيفية توليد القوة الدافعة بواسطة هذه المحاليل تحكمها ظاهرة طبيعية في تأثير الأجسام حاملات الشحنات على بعضها . الأجسام ذات الشحنات المتماثلة تنشأ بينها قوة طاردة وذات الشحنات المختلفة تجذب بعضها البعض(أمثلة الشحن بالدلك والكاشف الكهربائي). في خلية حوض حامض الكبريتيك المخفف بقضيب خارصين وآخر نحاس يوجـد المحلول مفكك إلى أيونات كبريتات سالبة وأيونات هايدروجين موجبة . بتفاعل كيميائي يذوب الخارصين مطلقاً أيونات خارصين موجبة في المحلول وتبعاً لذلك يترك الكترونات في قضيب الخارصين.



شكل (٣)

H^+ أيونات هيدروجين موجبة ، SO_4^{--} أيونات كبريتات سالبة

Zn^{++} أيونات خارصين موجبة ، Θ الكترونات

ينتج تجاذب بين أيونات الكبريتات السالبة وأيونات الخارصين الموجبة وكذلك بين أيونات الهايدروجين الموجبة والالكترونات في قضيب الخارصين . عند توصيل القضيبين خارجياً بموصل كهرباء تنتقل الالكترونات عبر الموصل الخارجي إلى قضيب النحاس لتعادل الشحنة الموجبة لأيونات الهايدروجين الموجـــودفي المحلول بجانب قضيب النحاس . تتكون من ذلك ذرات هايدروجين يمكن رؤية فقاعات منها خارجة من المحلول . هناك إذن انتقال أيونات سالبـــة (الكترونات) خارجياً من قضيب الخارصين إلى النحاس وانتقال أيونات الخارصين الموجبة عبر المحلول في الاتجاه المعاكس ، والانتقالين بفاعلية قوة دفع كهربائية . قد تختلف الخلايا في مكوناتها من محاليل وقضبان ولكن ظاهرة التحلل إلى أيونات تنتج عنها قوة دافعة كهربائية لا تنتج طاقة كهربائية كبيرة تصلح للصناعات مثلاً .

المصادر الميكانيكية للقوة الدافعة الكهربائية

هذه هي المصادر المستخدمة لتوليد الكهرباء في الحياة اليومية. يتم فيها تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية. تعمل هذه المصادر اعتماداً على ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي. من قواعدها أنه إذا قطعت مادة موصلة للكهرباء خطوط فيض مغناطيسي تتولد فيها قوة دافعة كهربائية ،يمكن الكشف عنها بتوصيل جهاز قياس للتيار الكهربائي وذلك بربط هذا الجهاز بين طرفي المادة الموصلة وملاحظة سريان تيار كهربائي أثناء قطع الموصل للفيض . قطع الموصل للفيض قد يحدث اما بمرور الفيض والموصل ثابت أو بحركة الموصل في فيض ثابت .

قاعدة قطع الفيض هذه هي إحدى طرق الحث كما نستنتج من قانون الفيض الذي وضعه فراداي . مقدار القوة الدافعة الكهربائية يعتمد على طول الموصل الفعال القاطع للفيض وسرعة الموصل وكثافة الفيض المغناطيسي .

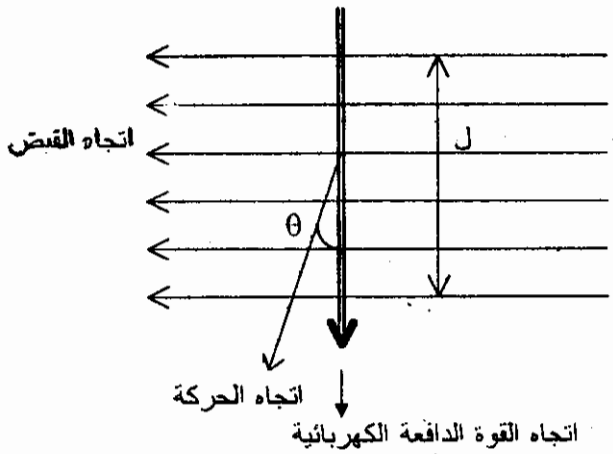
جـ = ث × ل × ع جا θ فولت

ث كثافة المجال المغناطيسي

ل طول الموصل الواقع في منطقة الفيض

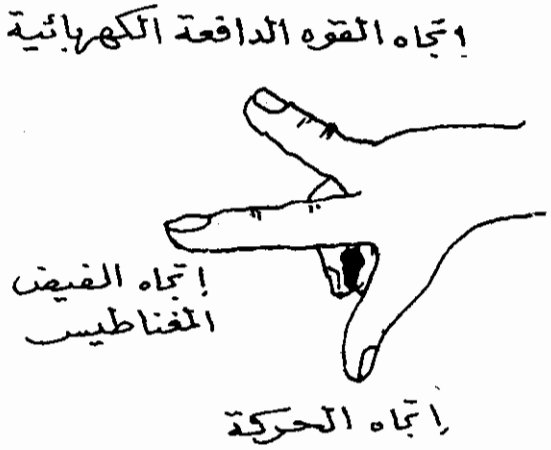
ع سرعة الموصل

θ الزاوية بين إتجاه خطوط الفيض وإتجاه استقامة الموصل.



شكل (٤)

يعني إتجاه القوة الدافعة الكهربائية باستخدام قاعدة فلمنج لليد اليمنى الموضحة التالية :



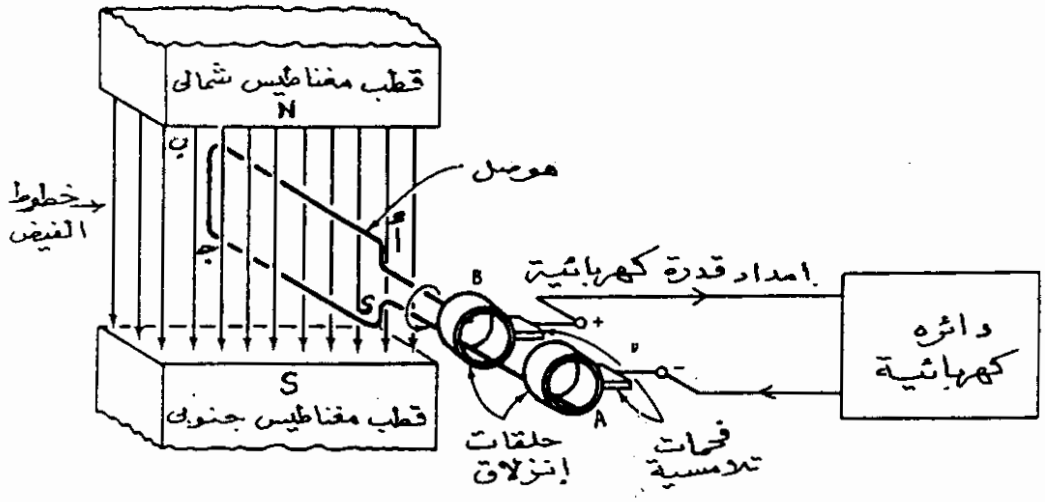
قاعدة فلمنج لليد اليمنى

شكل (٥)

تعرف هذه المصادر بالمولدات الكهربائية .وفيها يتم تحريك الموصـــلات (أو الأجسام حاملات الفيض المغناطيسي) من مصادر قوة ميكانيكية دافعة لتتم عملية قطع الفيض .

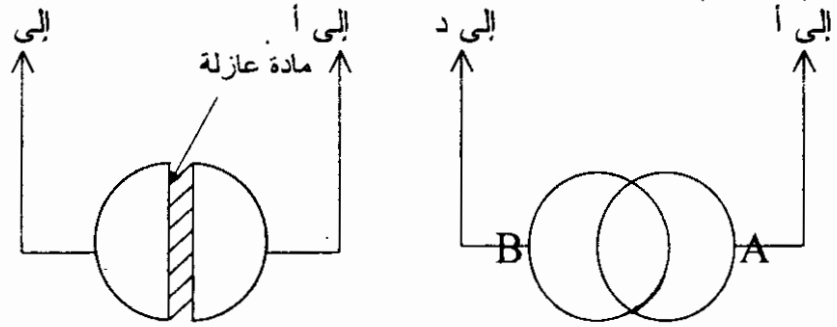
المولد البسيط :

في الشكل أدناه N و S قطبا مغناطيس دائم ينتشر بينهما الفيض المغناطيسي اتجاهه من N إلى S. الموصل في شكل مستطيل بلفة واحدة ويدور بسرعـــة دوران ثابتـــة حول محـــور يمر بمنتصف ضلعيـــن متقابليـــن (ب جـ و أ د) وعمودي على اتجاه الفيض.عند توصيل لمبة كهربائية بين طرفي الموصل أ د يلاحظ توهج اللمبة باعثة ضوءاً نتيجة لسريان تيار كهربائي فيها .



المولد البسيط للتيار المتردد
شكل (٦)

شكل (٦ – أ)

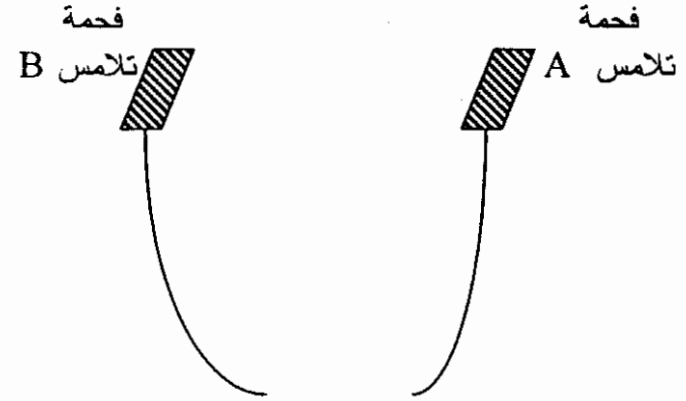


في حالة التيار المتردد في حالة التيار المستمر

أعلاه ترتيب توصيل طرفي المولد أو المحرك البسيط

أدناه ترتيب توصيل (الحلقتين في حالة التيار المتردد ونصفي حلقة واحدة في حالة التيار المستمر) إلى دائرة خارجية بواسطة فحمتين ثابتتين إنزلاقيتين بالتلامس مع A و B .

شكل (٦ – ب) .



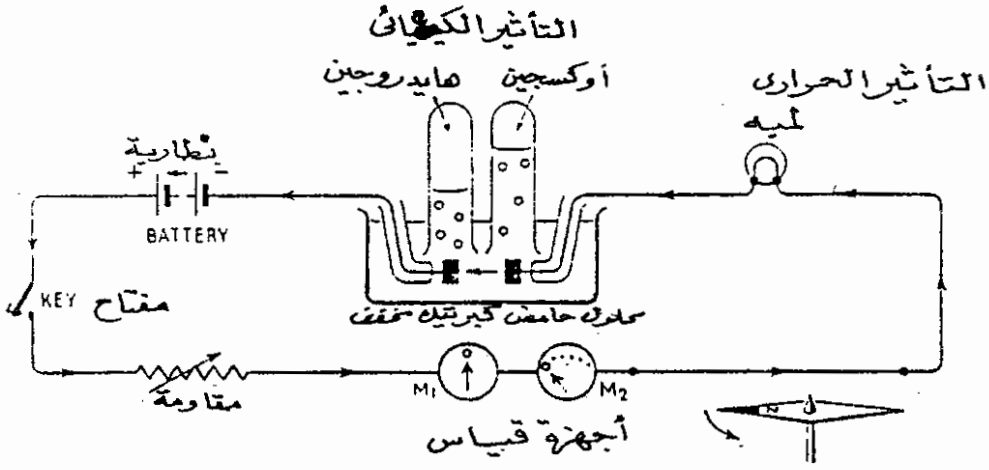
إلى دائرة في حالة مولد إلى دائرة في حالة محرك

باستخدام قاعدة فلمنج لليد اليمنى نجد أن القوة الدافعة الكهربائية المولدة في جانب الموصل أ ب تساعد تلك المولدة في الجانب جـ د وبذلك تكون هذه القوة عند طرفي الموصل أ د هي ضعف ما هي مولدة في أي من الجانبين المذكورين . لا يحدث توليد قوة دافعة كهربائية في الجانبين ب جـ و د أ لأنهما يدوران متوازيين للفيض ولا يقطعانه . بتوصيل الطرفين أ د إلى آلات وأجهزة كهربائية بواسطة أسلاك موصلة نستطيع مد هذه بالطاقة الكهربائية المحمولة إليها بالتيار الكهربائي . تمتاز الطاقة الكهربائية على أنواع الطاقات الأخرى في سهولة نقلها وفي تحويلها إلى أنواع أخرى من الطاقة وذلك بفضل التأثيرات الفيزيائية للتيار الكهربائي . سنرى لاحقاً أنه بتوصيل طرفي الموصل كل الحلقة يكون الخرج تياراً متردداً . وبتوصيلهما كل لنصف لحلقة مشطورة لنصفين معزولين عن بعضهما يكون الخرج تياراً مستمراً .

تأثيرات التيار الكهربائي

المصادر المذكورة أعلاه تمد أماكن قد تبعد كثيراً عن مواقعها للاستفادة منها . هذه الطاقة تنتقل في شكل تيار كهربائي . من مزايا الطاقة الكهربائية أنها قابلة للتحول إلى أشكال أخرى من الطاقة اعتماداً على تأثيرات التيار الكهربائي التي منها :

١. التأثير الحراري.
٢. التأثير المغناطيسي.
٣. التأثير الكيميائي .
٤. التأثير الميكانيكي .



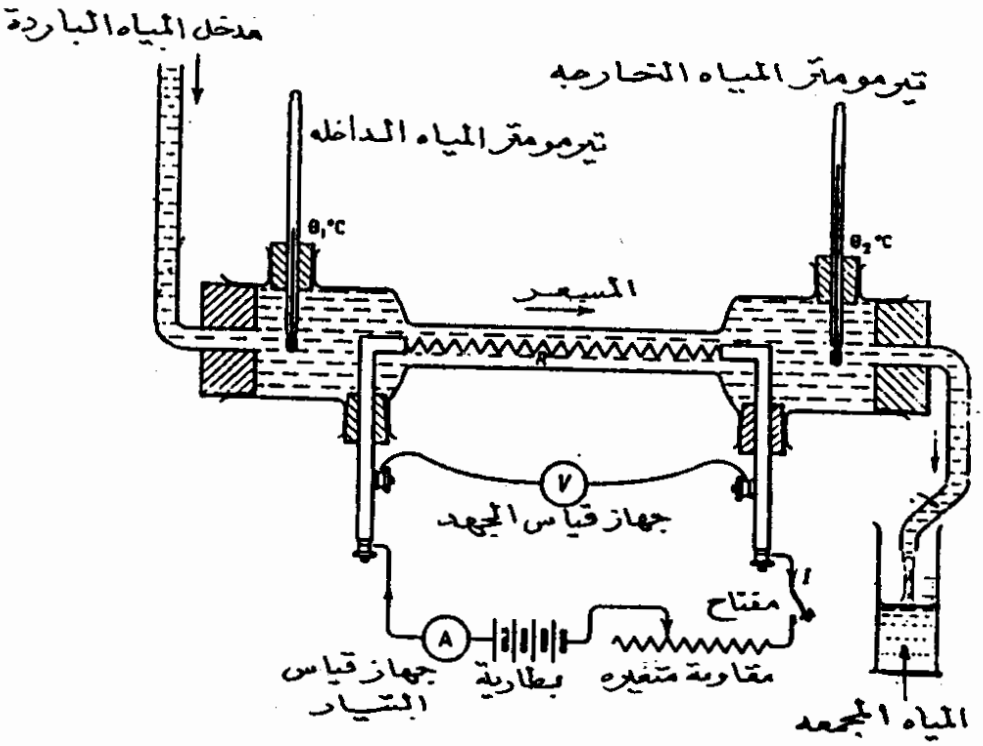
شكل (٧)

التأثير الحراري

تستخدم أسلاك معدنية موصلة في نقل الطاقة الكهربائية في شكلها التياري . تلاقي الإلكترونات المرتحلة مقاومة إحتكاك مع مكونات الذرة مما يتولد منها حرارة. باختيار مواد موصلة معينة بخواص ومواصفات معلومة يستفاد من التأثير الحراري للتيار الكهربائي في الإضاءة والأفران الكهربائية والتدفئة وغيرها .

وحدة كمية الطاقة الحرارية هي (الكالوري) . ووحدة الطاقة الكهربائية هي (الجول) . لتقويم الطاقة الحرارية سواءاً المستفاد منها أو الفاقد منها كما هو الحال في الآلات الكهربائية ، يستخدم معامل تحويل الطاقة الحرارية إلى وحدات الشغل (الجول) .يعرف هذا المعامل بالمكافئ الميكانيكي للحرارة والذي تحسب قيمته بتجربة (الكالوريمتر) .

في الشكل التالي T_1 وT_2 هما جهازا تيرمومتر لقياس درجة حرارة المياه الداخلة والخارجة بالدرجات المئوية ، V جهاز قياس الجهد الكهربائي بوحدة الفولت (وحدة القوة الدافعة الكهربائية) ، A جهاز قياس التيار الكهربائي (بوحدة الأمبير) ، R سلك سخان.



المسعر (الكالوريميتر)
شكل (٨)

تجري العملية باتباع الخطوات الآتية :

يتم تدفق المياه عبر الجهاز بسرعة ثابتة من خزان المياه. يغلق المفتاح الكهربائي ليسري تيار في R الذي ترتفع درجة حرارته ويمد المياه المتدفقة عبره بطاقة حرارية . يترك الحال هكذا لمدة من الزمن حتى يتم التأكد من أن قراءة كل من T_1 و T_2 قد استقرت ثابتة تماما . كذلك يراعى أن قراءة كل من V و A أيضا ثابتة . وعند التأكد من ذلك تجمع كمية من المياه الخارجة لفترة زمنية مقاسة بالثواني .

يتم أخذ قراءات T_1 و T_2 و V و A -وينها . يتم وزن المياه التي جمعت بالجرامات ، بعدها يتم فتح المفتاح الكهربائي .

يحسب المكافئ الميكانيكي للحرارة من قسم الطاقة الكهربائية على الطاقة الحرارية للفترة الزمنية التي جمعت فيها المياه الخارجة .

الطاقة الكهربائية هي حاصل ضرب قراءة V وقراءة A والزمن بالثواني.

الطاقة الحرارية هي حاصل ضرب وزن المياه التي جمعت والفرق في قراءتي T_1 و T_2 .

$$\text{المكافئ الميكانيكي للحرارة} = \frac{\text{الطاقة الكهربائية}}{\text{الطاقة الحرارية}}$$

ووحدته هي الجول للكالوري الواحد .

قيمة المكافئ بعد إجراء عدة تجارب بالجهاز أعلاه تقارب ٤,١٨٦ جول للكالوري الواحد.

التأثير المغناطيسي

ينتج عن مرور تيار كهربائي في موصل . المنطقة حول الموصل تتاثر فيها الأجسام المغناطيسية والأجسام القابلة للتمغنط (الحديدية) بقوة ميكانيكية دافعة ، يمكن الكشف عنها ومعرفة إتجاهها بواسطة بوصلة . توصف هذه المناطق بالمجالات المغناطيسية وبخطوط الفيض المغناطيسي . وتتكون في

شكل دائرة مركزها عند الموصل . تتخذ تلك المجالات أشكالاً تتنوع تبعاً لأشكال الموصل وتبعاً لخاصية خطوط الفيض التي لا تقاطع بعضها البعض .

كثافة خطوط الفيض تعبر عن شدة المجال المغناطيسي . فالكثافة الكبيرة تمثل مجالاً أكثر شدةً . كذلك تعتمد شدته على قيمة التيار في الموصل وعدد الموصلات واتجاهات التيارات السارية فيها . تُستغل هذه الظاهرة في تصميم نبيطة الكهرومغناطيس التي تستخدم كثيراً لخلق فيضاً مغناطيسياً . فالفيض الذي يدور فيه المولد البسيط والفيض الذي تعمل به المحولات الكهربائية والفيض لتوليد القوة الجاذبة للقارع في الجرس الكهربائي أمثلة استخدامات هذا التأثير .

يتم اختيار المواد الحديدية الطيعة مغناطيسياً في تصميم الكهرومغناطيس للحصول على نسبة عالية من الفيض المغناطيسي مقارنة بالهواء وغيره من الأوساط غير القابلة للتمغنط . فالحديد له خاصية نفاذية عالية .

يستطيع المهندس أن يتحكم في شدة المجال المغناطيسي بالتحكم في :

١- قيمة التيار المتمغنط في المقام الأول .
٢- إختيار مادة الوسط للفيض .
٣- إختيار نظام التحكم في القوة الدافعة المغناطيسية بالتحكم في التيار .
٤- التحكم في عدد لفات الملف .

على المهندس تفادي العوامل المعوقة لسريان الفيض مثل المسار الطويل للفيض في فجوات هوائية أو وجود أجسام ممغنطة بجانب موقع الكهرومغناطيس يعاكس فيضها الفيض المطلوب في منطقة معينة .

(أنظر شكل (٩)) .

التأثير الكيميائي

عند مد الخلية الالكتروليتية بطاقة كهربائية من مصدر خارجي عبر القضيبين يتسبب مرور التيار الكهربائي في تحول تلك الطاقة إلى طاقة كيميائية نتيجة لتفاعل كيميائي . قد ينتج من ذلك التفاعل ترسب معادن على القضيب المهبط (−) . والمواد غير المعدنية عند القضيب المصعد (+) . أو قد ينتج عنه الحصول على مواد جديدة ، نتيجة لتحلل المواد المكونة للخلية . مثلاً في محلول كبريتات النحاس وقضيب المصعد من النحاس يترسب النحاس على قضيب المهبط (−) . ومن محلول حامض الكبريتيك المخفف وقضبان من البلاتنيوم يتم تحلل الماء إلى أكسجين وهايدروجين .

لاحظ العالم فراداي أن كميات المواد المترسبة تعتمد على

١- كمية الكهرباء

٢- وعلى فترة التفاعـــل.

٣- وعلى خاصية تعرف بالمكافئ الكهروكيميائي للمـــادة المتحصل عليها .

يستخدم هذا التأثير في طلاء المواد بمعدن القضيب المصعد (+) وأيضا للحصول على مادة بنقاوة عالية وذلك بترسيبها خالية من الشوائب أو مكوناتها الأخرى في حالة أنها مادة مركبة .

التأثير الميكانيكي

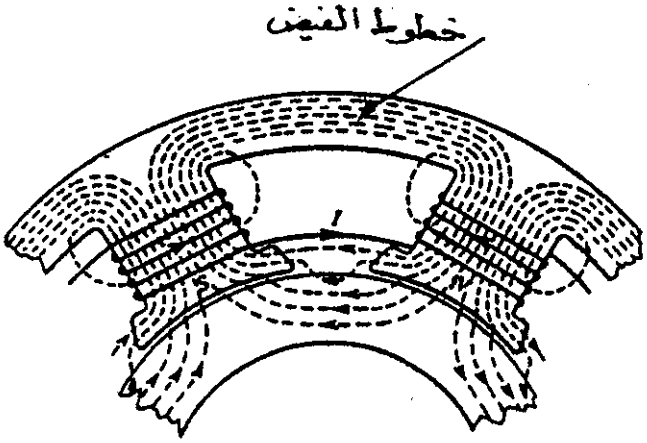
يمكن أن نصف هذا التأثير بأنه انعكاس للظاهرة العكسية لمبدأ عمل المولد البسيط الذي سبق شرحه . في المولد البسيط يقوم مصدر خارجي بمد طاقة ميكانيكية ليتم دوران الموصل في الفيض المغناطيسي ونتحصل على طاقة كهربائية

هناك حقيقة مفادها أن موصل حامل لتيار كهربائي يقع في مجال مغناطيسي تتولد فيه قوة دافعة ميكانيكية .تعتمد هذه القوة في مقدارها على

١- قيمـــة التيار.

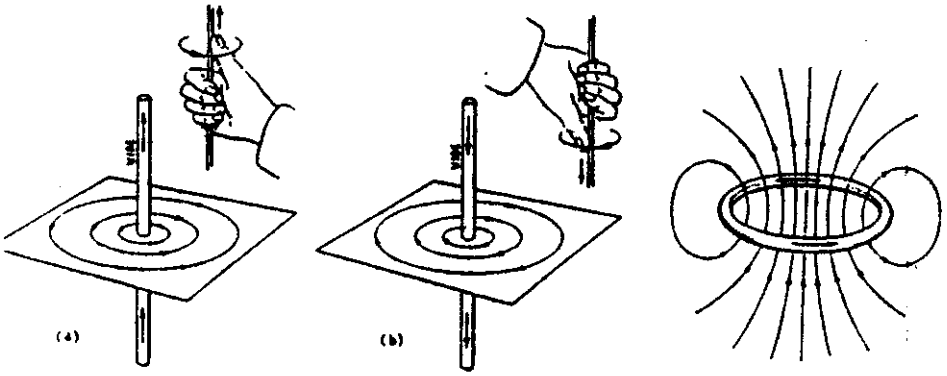
٢- طـــول الموصل الفعال الواقع في الفيض المغناطيسي .

٣- وعلى كثافة ذلـــك الفيض .



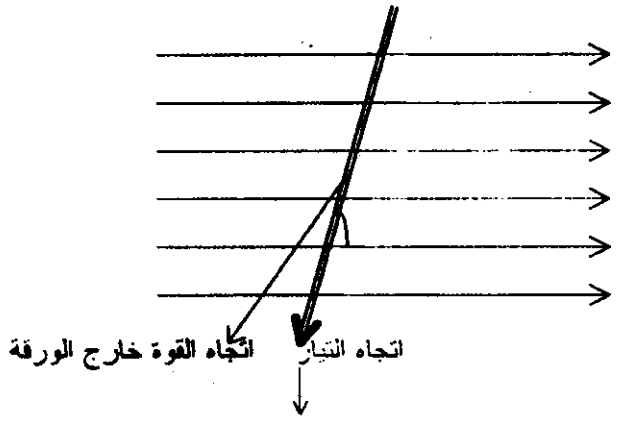
شكل (٩) شكل مسار الفيض المغناطيسي لكهرومغناطيس

الجرس الكهربائي مثال لاستخدامات هذا التأثير .
شكل (٩ – أ)

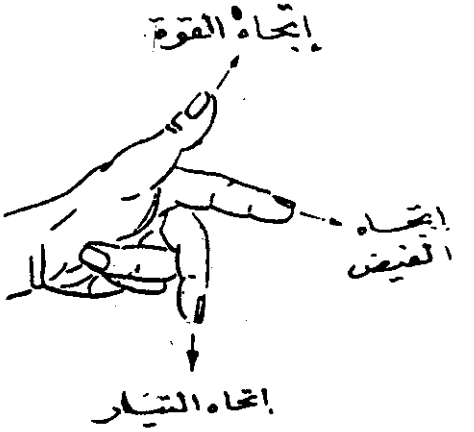


شكل خطوط الفيض لموصل دائري (أ) شكل خطوط الفيض لموصل مستقيم (ب)

تتم معرفة اتجاه تلك القوة باستخدام قاعدة فلمنج لليد اليسرى (الرجوع الى الشكل أدناه).



شكل (١٠)



قاعدة فلمنج لليد اليسرى
شكل (١١)

تمارين (٢)

١. في تحضير لمحلول حامض الكبريتيك المخفف يتم تذويب ملح الحامض في كثير من الماء . ولصنع خلية يغمس قضيب نحاس وقضيب خارصين في المحلول . عيّن في كل من المرحلتين قبل وبعد وضع القضيبين الأيونات الموجبة والسالبة في المحلول .

٢. أشرح ماذا يحدث للأيونات المختلفة للخلية المذكورة في السؤال (١) أعلاه عندما يوصل القضيبان خارجياً بموصل كهرباء .

٣. ذرة مادة ما فقدت أربعة من إلكتروناتها الخارجية . ما هي شحنة أيونها ؟

٤. للطاقة الكهربائية ميزة كبرى على أنواع الطاقة الأخرى عيّن تلك الميزة وأي مزايا أخرى تعرفها.

٥. عرّف المكافئ الميكانيكي للحراره وأذكر أهميته .

٦. للحصول على نتائج مضبوطة من تجربة الكالوريمتر أذكر الجوانب الجديرة بالإهتمام في إجراء التجربة . كيف يمكن لتغير درجة الحرارة للهواء المحيط بالجهاز أن يؤثر على الإنضباطة .

٧. في تجربة المسعر (الكالورميتر) كان جهد البطارية ٢٤ فولت والتيار ٣ أمبير .كمية المياه التي جمعت في ٨٥ ثانية كانت ٥٦ جراماً وكانت قراءة تيرموميتر المياه الخارجة ٣٢ درجة مئوية . كم كانت قراءة تيرموميتر المياه الداخلة ؟ (المكافئ الميكانيكي للحرارة ٤,١٨٥٨ جول للكالوري) .

٨. أذكر فائدة واحدة لكل من التأثيرات الفيزيائية للتيار الكهربائي .

٩. أذكر جميع التغييرات في ترتيبات مولد التيار المتردد البسيط إذا أريد تحويله إلى محرك تيار مستمر .

الدائرة الكهربائية

تعريف التيار الكهربائي ووحدته (الأمبير) :

التيار الكهربائي هو مرور كمية الكهرباء التي تعبر نقطة في مسارها في فترة زمنية محددة . وحدة كمية الكهرباء هي (الكولوم) وهذه ما تعادل شحنته شحنة $١٠\times١,٦٢^{١٨}$ من الإلكترونات. أخذت وحدة التيار بمرور واحد كولوم في الثانية الواحدة ، وسميد الأمبير .

الأمبير هو واحدة من الوحدات الأساسية عالمياً في نظام M K S للوحدات . لم يكن عملياً حصر عدد الإلكترونات لمعرفة كمية الكهرباء العابرة في الثانية الواحدة . لذلك تم اتخاذ تعريفين مبنيين على إثنين من تأثيرات التيار الكهربائي لتحديد قيمة الأمبير .

في التأثير الكيميائي اعتبر الأمبير التيار الثابت الذي يمر في محلول نايتروجينات الفضة وينتج من ذلك ترسب ٠,٠٠١١٨ جراماً من الفضة في الثانية الواحدة تحت ظروف معينة .

وفي التأثير الميكانيكي أعتبر بأنه التيار الثابت الذي تنتج عن سريانه (في موصلين مستقيمين متناهيي الطول ومتناهيي الصغر في مساحة مقطعهما. ويقعان متوازيين في فراغ على بعد متر واحد من بعضهما) قوة ميكانيكية دافعة مقدارها ٢×١٠^{-٧} نيوتـــن للمتر الواحد لأي من الموصلين. التعريف من هذا التأثير لم يكن من الممكن تحقيقـــه عملياً ولكـــن تولدت على ضوئه فكرة الميزان التياري .

من عيوب التعريف في التأثير الكيميائي كوحدة قياس أنه يتأثر بدرجة الحرارة . وأخذ القياس يحتاج إلى زمن طويل ودقة في وزن الكمية المترسبة في كل مرة لقياس التيار .

رغم هذا أمكن أخذ الترتيبات من تحقيق التعريفين المبنيين على التأثير الكيميائي والتأثير الميكانيكي لمعايرة أجهزة قياس سهلة الصنع وسريعة الإستعمال مستخدمين بعض التأثيرات المختلفة للتيار الكهربائي

طريقة الميزان التياري :

في هذه الطريقة استبدل الموصلان المتناهيان في الطول بملفات بمواصفات يمكن تصميمها عملياً ومعرفة القوة الميكانيكية الدافعة فيها بمقارنتها بوزن الجسم .

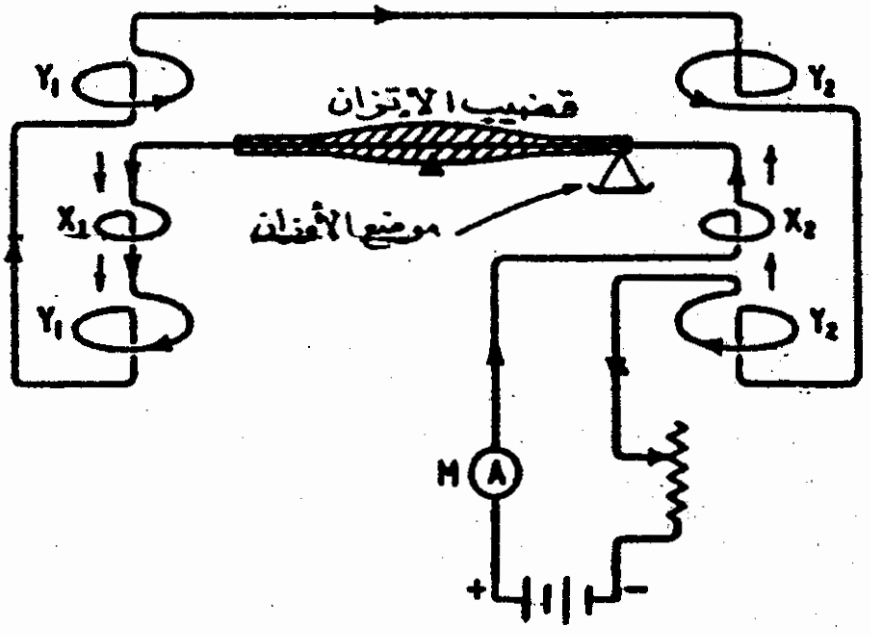
في ترتيب هذا الميزان تولد هذه القوة بنفس القاعدة التي يعمل بها المحرك البسيط المشروح سابقاً. وهي توليد قوة في موصل يحمل تياراً ويقع في فيض مغناطيسي .. هذا الفيض ناتج من التأثير المغناطيسي لنفس التيار .

في الشكل أدناه كل الملفات تحمل نفس التيار الذي يراد معرفة قيمته . الملفات Y ثابتة و X_1 و X_2 قابلة للحركة . تلف الملفات بحيث أن القوة في X_1 تدفع إلى أعلى وفي X_2 إلى أسفل . يمكن استعادة توازن الميزان بوضع أجسام على حاملة الأوزان الموضحة .

بتوصيل جهاز قياس يراد معايرته يمرر تيار ويتم موازنة القوة الناتجة من سريانه بوزن جسم . يحدد بذلك موضعه في التدرج . تكرر هذه العملية لقيم أخرى للتيار وبذلك يمكن الحصول على تدرج كامل للجهاز .

بجانب وحدة التيار الكهربائي تستخدم الوحدات الميكانيكية الآتية في الهندسة الكهربائية :

وحدة الطـــول	المتر
وحدة الكتلـــة	الكيلو جرام
وحدة الزمـــن	الثانية
وحدة القـــوة	النيوتـــن
وحدة الطاقة	الجول
وحدة القدرة	الجول للثانية الواحدة (الواط)



الميزان التياري
شكل (١٢)

تعريف مصطلَحات

١- الشغل

الشغل في الكهرباء هو ما تقوم به القــوة الدافعة الكهربائية في تحريك شحنة كهربائية من نقطة إلى أخرى .

قد تكــون النقطتان طرفي مصدر تلك القــوة أو نقطتان على الموصلات في دائرة كهربائية .

٢- الجهد

تستخدم عبارة الجهد للتعبير عن طاقة كامنة عند نقطة في دائرة . تستهلك تلك الطاقة عند دفع القوة الكهربائية الشحنات بين نقطتين بسريان تيار بينهما.

التيار الكهربائي يسري من نقطة ذات جهد معين إلى أخرى ذات جهد أقل. هذا الإتجاه هو عكس إتجاه تدفق الإلكترونات في الموصل .

٣- الواط

الواط هو وحدة القدرة في الهندسة الكهربائية وهذه هي نفس وحدة القدرة الميكانيكية ((جول في الثانية)).

الواط = الفولت × التيار (بالأمبير)

$$= \frac{\text{شغل}}{\text{شحنة}} \times \frac{\text{شحنة}}{\text{زمن}} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم}} \times \frac{\text{كولوم}}{\text{ثانية}}$$

$$= \frac{\text{شغل}}{\text{زمن}} = \frac{\text{جول}}{\text{ثانية}}$$

الدائرة الكهربائية المقاومية

هي عبارة عن دائرة مكونة من الآتي :

١- قوة كهربائية دافعة ثابتة الجهد (D.C.)

٢- يمر التيار في موصلات معدنية لها أشكال محدودة وثابتة

٣- درجة الحرارة ثابتة .

وفي هذه الحالة يمكن استعمال قانون أوم الذي ينص على الآتي :

التيار الذي يمر في موصل يتناسب مع فرق الجهد على طرفي الموصل وقد أثبتت التجارب بأن تغير فرق الجهد يتبعه تغير في قيمة التيار ولكن تظل نسبتهما ثابتة (تناسب طردي) . وفيما يلي الصيغة الرياضية لقانون أوم :

جـ = م × ت

جـ فرق الجهد بوحدة الفولت

ت التيار بوحدة الأمبير

م ثابت يعرف بالمقاومة ووحدته الأوم .

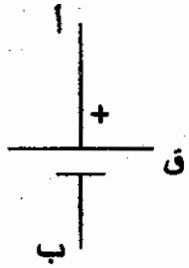
$$\therefore م = \frac{ج}{ت}$$

مقاومة موصل تساوي واحد أوم إذا سرى فيه تيار واحد أمبير عند تسليط فرق جهد واحد فولت على طرفيه .

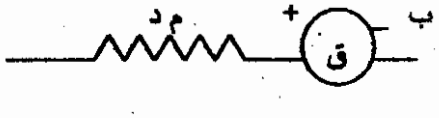
جرت العادة على الاستغناء عن تعريف مكونات الدائرة الكهربائية ووصف طريقة توصيلاتها كتابياً بإعطاء بديل لذلك في شكل رسومات تمثل تلك العناصر وكيفية توصيلها لغرض معين .

أدناه أشكال لبعض عناصر الدائرة :

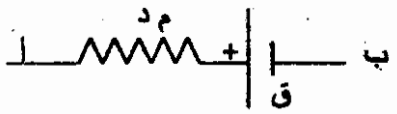
مولد تيار مستمر مثالي



مصدر كيميائي مثالي



مولد d.c. حقيقي



مصدر حقيقي

شكل (١٣ – أ)

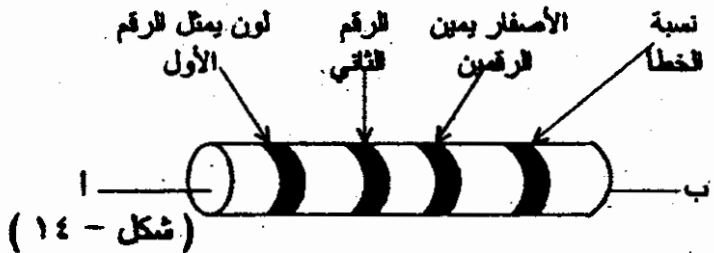
م د هي المقاومة الداخلية وجودها يسبب إنخفاض الجهد على طرفي المصدر عن القيمة عند صدور تيار من المصدر .

مفتاح كهربائي

شكل (١٣ – ب)

مقاومة ثابتة القيمة

شكل (١٣ – ج)

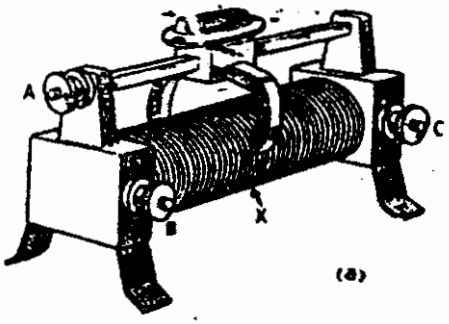


(شكل – ١٤)

مقاومة ثابتة من الكربون أو الخنف لاستعمالات القدرات الصغيرة

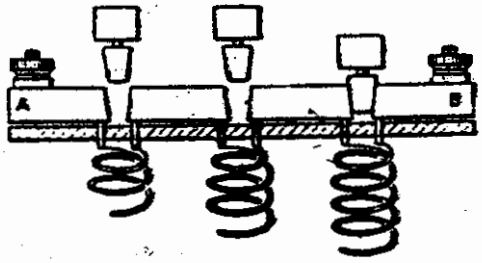
مقاومات متغيرة

ريوستات : ذات ثلاثة أطراف . الطرف A مماس إنزلاقي بتحريك K يدويا للموضع X .بتوصيل الطرفين A و B لدائرة الجزء A X B هي المقاومة الفعالة وهذه متغيرة حسب موضع X .



شكل (١٥)

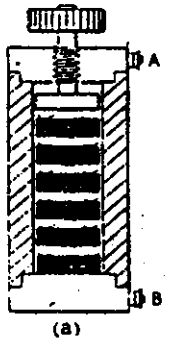
صندوق المقاومات : A و B طرفا التوصيل للدائرة بينهما عدد من المقاومات يمكن إدخالها في الدائرة بحذف الأجزاء من الثقوب وحذفها من الدائرة بإغلاق تلك الثقوب بتلك الأجزاء .



شكل (١٦)

كوم الكربون

هذه مجموعة من قطع الفحم مرصوفة بجانب بعض يمكن يدوياً تقوية تلامسها ببعض أو تخفيف شدة التلامس . شدة التلامس تسبب تناقص في المقاومة .



شكل (١٧)

عند درجـــة حرارة معينة تعتمد قيمـــة المقاومة على طـــول الموصل (ل – بالأمتار) وعلى مساحة مقطعه (س – بالأمتار المربعة) وعلى المقاومة النوعية (من – أوم متر) التي هي خاصية للمادة التي صنع منها الموصل . تناسب المقاومة مع هذه العوامل يبدو من المعادلة :

$$م = \frac{من \times ل}{س}$$

ل = الطول بالأمتار
س = مساحة المقطع بالأمتار المربعة
من = المقاومة النوعية بـــ أوم / متر
م = مقاومة الموصل

في الجدول التالي قيم المقاومة النوعية (من) لبعض المـــواد

المـــــادة	المقاومة النوعية (أوم متر) عند درجة حرارة ٢٠° م	المعامل الحراري للمقاومة عند ٢٠°م للدرجة الواحدة
الفضة	١,٤٦ × ١٠ $^{-٨}$	٠,٠٠٣٨
النحاس	١,٧٢ × ١٠ $^{-٨}$	٠,٠٠٣٩٣
الألمنيوم	٢,٨٣ × ١٠ $^{-٨}$	٠,٠٠٣٩١
الحديد	١٢,٣ × ١٠ $^{-٨}$	٠,٠٠٧
السيلكون (شبه موصل)	٢٥٠٠	
الورق	١٠ ^{١٠}	
المايكا	٥ × ١٠ ^{١١}	

بجانب اعتماد المقاومة على الأبعاد الشكلية فالمقاومة النوعية تعتمد أيضا على درجة الحرارة للموصل . المقاومة ناتجة من إصطدام الإلكترونات عند تدفقها بالذرات وهذا يولد حرارة في المادة الموصلة . عند قيم تيارات عالية تنشط حركة الإلكترونات في إتجاهات مختلفة وتكثر الإصطدامات فتنتج زيادة في درجة الحرارة والمقاومة.جميع المواد جيدة التوصيلية للكهرباء تزداد مقاومتها مع ارتفاع درجة الحرارة.على عكس هذا أشباه الموصلات تتناقص مقاومتها مع ارتفاع درجة الحرارة .

علاقة تغير المقاومة مع ارتفاع درجات الحرارة يعبر عنها بواسطة ما يعرف بالمعامل الحراري للمقاومة (مح) للمادة المعينة . تعريف هذا المعامل هو معدل تغير المقاومة عند درجة حرارة معينة لدرجة واحدة مئوية مقسوما على المقاومة عند درجة الحرارة المعينة .لحساب المقاومة عند درجة حرارة معينة (مثلاً د٢ أدناه) تستخدم المعادلة الآتية :

م٢ = م١ × [١ + مح × (د٢ – د١)]

م٢ هي المقاومة عند درجة الحرارة د٢

م١ هي المقاومة عند درجة الحرارة د١

مح المعامل الحراري للمادة المعينة عند درجة الحرارة د١ .

يعرف د١ بدرجة الحرارة للمقاومة

تعتبر قيم المقاومات محسوبة من المعادلة أعلاه تقريبية لكثير من المواد عند درجات حرارة عالية . فالتناسب الطردي مع فرق درجتي الحرارة (د٢ – د١) لا يعطي قيم مضبوطة عند تلك الدرجات .

أمثلة

مثال (١) :

قطعة من سلك المنيوم طولها ١٠٠٠ متراً وقطرها ١,٦٢٦ ملم أحسب مقاومة القطعة عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية . معلوم أن المقاومة النوعية للألمنيوم عند درجة حرارة ٢٠ مئوية هي ٢,٨٣ × $١٠^{-٨}$ أوم متراً .

الحل :

مساحة مقطع القطعة = $\frac{٢٢}{٧} \times \left(\frac{١,٦٢٦ \times ١٠^{-٣}}{٢}\right)^{٢}$

الطول = ١٠٠٠ متراً

المقاومة = $\frac{٢,٨٣ \times ١٠^{-٨} \times ١٠٠٠}{\frac{٢٢}{٧} \times \left(\frac{١,٦٢٦ \times ١٠^{-٣}}{٢}\right)^{٢}}$ = ١٣,٦ أوم

مثال (٢) :

أوجد مقاومة قضيب من النحاس عند درجة حرارة عشرون درجة مئوية طولها ثلاثة أمتاراً مقطعها مستطيل أبعاده ٣سم × $\frac{١}{٢}$ سم .

الحل :

مساحة المقطع بالأمتار المربعة = (٣ × $١٠^{-٢}$) × ($\frac{١}{٢}$ × $١٠^{-٢}$)

= ١,٥ × $١٠^{-٤}$ متراً مربعاً

من جدول المقاومات النوعية للنحاس عند درجة حرارة عشرون درجة مئوية هي (١,٧٢ × $١٠^{-٨}$) أوم متراً

المقاومة المطلوبة = $\frac{٣ \times ١,٧٢ \times ١٠^{-٨}}{١,٥ \times ١٠^{-٤}}$ = ٣٤٤ × $١٠^{-٦}$ أوم

مثال (٣) :

أوجد المقاومة النوعية (من) لمادة البلاتنيوم إذا كانت مقاومة مكعب ابعاده ١ سم هي ١٠ × ١٠$^{-٦}$ أوم .

الحل : مساحة المقطع = (١×١٠$^{-٢}$)^{٢} = ١٠$^{-٤}$ متراً مربعاً

الطـــول = ١×١٠$^{-٢}$ متراً

إذن : ١٠ ×١٠$^{-٦}$ = من × $\frac{١×١٠^{-٢}}{١٠^{-٤}}$

المقاومة النوعية من = $\frac{١٠^{-٤}×١٠×١٠^{-٦}}{١٠^{-٢}}$ = ١٠$^{-٩}$ أوم متر

مثال (٤) :

سلك نحاس طوله ٠,٤ متراً ونصف قطره ٤ مم . مقاومته ١٣٧,٥×١٠$^{-٥}$ أوم عند درجة حرارة عشرون درجة مئوية . أحسب المقاومة النوعية (من) للنحاس عند عشرين درجة مئوية .

الحل :

مساحة المقطع = $\frac{٤×١٠^{-٣}}{٢}$ ^{٢} × $\frac{٢٢}{٧}$

١٣٧,٥×١٠$^{-٥}$ = $\frac{من × ٠,٤}{\frac{٤×١٠^{-٣}}{٢}\ ^{٢} × \frac{٢٢}{٧}}$

من = $\frac{(١٣٧,٥×١٠^{-٥}) × \frac{٤×١٠^{-٣}}{٢}\ ^{٢} × \frac{٢٢}{٧}}{٠,٤}$

= $\frac{١٣٧,٥ × ١٠^{-٥} × ٤ × ١٠^{-٦} × ٢٢}{٠,٤ × ٧}$

$$= \frac{١٣٧,٥ \times ٤ \times ١٠^{-١١} \times ٢٢}{٧ \times ٤ \times ١٠^{-١}} = \frac{١٣٧,٥ \times ١٠ \times ٢٢^{-١٠}}{٧}$$

المقاومة النوعية = ٤,٣٢ × ١٠$^{-٨}$ أوم.متراً

مثال (٥) :

المعامل الحراري للمقاومة لنوع من النحاس عند درجة صفر مئوية هو ٠,٠٠٤٢٦ للدرجة وعند درجة حرارة عشرون مئوية هو ٠,٠٠٣٩٢ للدرجة. لموصل من هذا النحاس مقاومة ٥,٦ أوم عند درجة حرارة صفر مئوية و٦ أوم عند درجة حرارة عشرون مئوية . أحسب مقاومته عند درجة حرارة خمسة وثلاثون درجة مئوية أخذاً كل من درجتي الحرارة أعلاه لمرجعية الاستنباط للمقاومة .

الحل :

إذا أخذنا الدرجة صفر كدرجة الاستنباط

المقاومة = ٥,٦ × [١ + ٠,٠٠٤٢٦ × (٣٥ − ٠)]

= ٥,٦ + ٥,٦ × ٠,٠٠٤٢٦ × ٣٥ = ٦,٤٣٥ أوم

إذا أخذنا الدرجة عشرون مئوية كدرجة الاستنباط

المقاومة = ٦ × [١ + ٠,٠٠٣٩٢ × (٣٥ − ٢٠)]

= ٦ + ٦ × ٠,٠٠٣٩٢ × ١٥ = ٦,٣٥٣ أوم

مثال : (٦)

سلك نحاس مقاومته ٥٠٠ أوم عند درجة حرارة ١٥ مئوية . المعامل الحراري للمقاومة للنحاس عند درجة حرارة صفر مئوية هو ٠,٠٠٤٣ للدرجة أوجد مقاومته عند درجة حرارة ٥٠ درجة مئوية .

الحل :

درجة الحرارة المرجعيه لاستنباط هي صفر مئوية والمقاومة عندها م

المقاومة عند درجة حرارة ٥٠ = م × [١ + ٠,٠٠٤٣ × (٥٠ − ٠)]

م ٥٠ = م × [١ + ٠,٠٠٤٣ × (٥٠)]

المقاومة عند درجة حرارة ١٥ = م × [١ + ٠,٠٠٤٣ × (١٥ − ٠)]

= ٥٠٠

بالقسمة $\frac{\text{المقاومة عند درجة حرارة ١٥}}{\text{المقاومة عند درجة حرارة ٥٠}} = \frac{\text{م}[1+0,0043\times(15-0)]}{\text{م}[1+0,0043\times(50-0)]}$

إذا كانت المقاومة عند درجة حرارة ٥٠ هي $\text{م}_{٥٠}$.

النسبة أعلاه = $\frac{٥٠٠}{\text{م}_{٥٠}} = \frac{1+0,0043\times 15}{1+0,0043\times 50}$

$\text{م}_{٥٠} = ٥٠٠ \times \frac{(1+0,215)}{1+0,645} = \frac{1,215\times 500}{1,645} = ٥٧٠$ أوم

تمارين (٣)

١. كم عدد البروتونات في شحنة مقدارها ٦,٨ × ١٠$^{-١٢}$ كولوم ؟

٢. أوجد التيار السار في مصباح إضاءة إذا تحركت شحنة :

I. ٦٠ كولوم في ٤ ثواني .

II. ١٥ كولوم في دقيقتين .

III. ١٠^{٢٢} إلكترون في ساعة واحدة .

٣. الشحنة الكوربائية الداخلة لمنزل تسري بمعدل ثابت مقداره ٤٥٠٠ كولوم في الساعة . إذا كان مفتاح التأمين يقطع الكهرباء إذا تجاوز التيار عشرة أمبير هل سينقطع الكهرباء عن المنزل ؟

٤. بافتراض أن سريان التيار بمعدل ثابت عبر مفتاح أحسب الزمن لتتدفق

I. ٢٠ كولوم بتيار ١٥ × ١٠$^{-٤}$ أمبير

II. ١٢ × ١٠$^{-٦}$ كولوم بتيار ٣ × ١٠$^{-١٢}$ أمبير

III. ١٠^{١٥} × ٢,٥٨ إلكترون بتيار ١٠$^{-١٩}$ × ٦٤,٢ أمبير

٥. أوجد مقاومة سلك تنجستان عند درجة حرارة ٢٠ مئوية إذا كان طوله خمسة أمتار وقطره ٠,٣٧٦مم . المقاومة النوعية للمادة هي ٠,٠٠٤٩ أوم – متر عند درجة حرارة ٢٠ مئوية .

٦. من جدول المقاومة النوعية عين مادة جيدة للتوصيل ومادة رديئة التوصيل وثالثة عازلة . أي هذه المواد تصلح كشبكة موصل ؟

٧. أشرح ما المقصود من المعامل الحراري للمقاومة . كيف تفسر العلامة السالبة لهذا المعامل ؟

٨. لملف مقاومة ٢٥٠ أوم عند درجة حرارة ١٥ مئويه . ما هي الزيادة في مقاومته عند درجة حرارة ٤٥ مئوية . معلوم أن المعامل الحراري للمقاومة عند درجة حرارة صفر مئوية هو ٠,٠٠٤٢٨ للدرجة.

تطبيقات قانون أوم

يمكن تطبيق قانون أوم لحسابات التيارات وفوارق الجهد والقدرة في الدوائر التي تحتوي على مقاومات . يمكن إيجاد القدرة في مقاومة (م – أوم) معروفة القيمة من حساب التيار الساري فيها (ت – أمبير) أو حساب فرق الجهد (جـ فولت) على طرفيها . فالقدرة بالواط (قد) اعتمادها على ت أو جـ كما يلي :

قد = جـ × ت (واط)

من قانون أوم $ت = \frac{جـ}{م}$

جـ = م × ت

بتعويض عن ت في معادلة قد أعلاه

$قد = \frac{جـ^{٢}}{م}$

وبتعويض جـ في معادلة قد

قد = $ت^{٢}$ × م (واط)

هذه القدرة مبددة في شكل حرارة في المقاومة

مثال :

آلة لحام تأخذ تيار ٠,٨٣٣٣ أمبير عند توصيلها بمنبع جهده ١٢٠ فولت. أحسب مقاومة الماكينة والقدرة المستهلكة فيها .

الحل :

من قانون أوم جـ = ت × م

جـ = ١٢٠ فولت

ت = ٠,٨٣٣٣ أمبير

$$م = \frac{١٢٠}{٠,٨٣٣٣} = ١٤٤ \text{ أوم}$$

قد = جـ × ت = ١٢٠ × ٠,٨٣٣٣ = ٩٩,٩٩ واط

وباستخدام القانون (قد = م × ت^{٢})

∴ قد = م × ت^{٢} = ١٤٤ × ٠,٨٣٣٣^{٢} = ٩٩,٩٩ واط

مثال :

غلاية بمقاومة ٨,٢٧ أوم تسحب لعملها تيار مقداره ١٣,٩ أمبير.ما قيمة جهد المصدر ؟

الحل :

م = ٨,٢٧ أوم

ت = ١٣,٩ أمبير

من قانون أوم جـ = م × ت

= ٨,٢٧ × ١٣,٩ = ١١٥ فولت (لأقرب عدد صحيح)

مثال:

في الدائرة الموضحة أدناه V جهاز يقيس فرق الجـــهد على المقاومة R (أوم) . A جهاز يقيس التيار.القوة الدافعة الكهربائية للبطارية هي ٢٠,٢ فولت عندما تكون غير موصلة في الدائرة.أحسب قيمة المقاومة R والمقاومة الداخلية (م د) للبطارية إذا كانت قراءة (V) ١٨ فولت وقراءة (A)٣ أمبير

الحل :

بما أن للبطـــارية مقاومة داخلية (م د) فهي غير مثالية ويجب أخذ هذه المقاومة في الاعتبار.

بما أن التيار في المقاومة هو ٣ أمبير وفرق الجهد على طرفيها ١٨ فولت بقانون أوم :

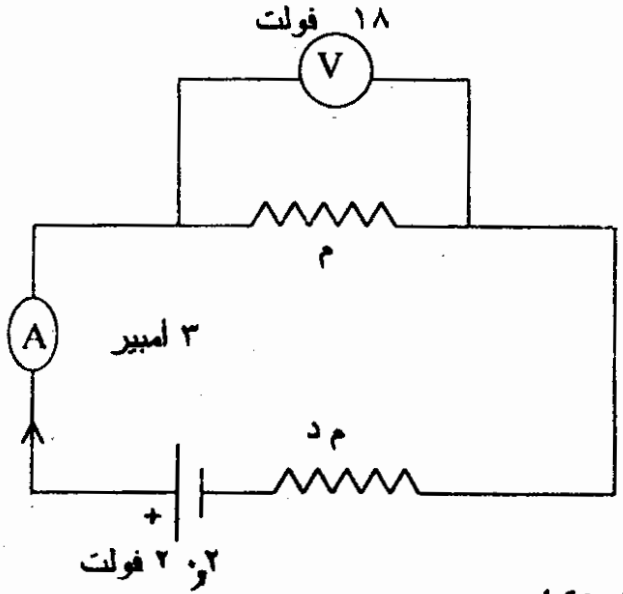
ج = ت × م

١٨ = ٣ م

$$∴ م = \frac{١٨}{٣} = ٦ \text{ أوم}$$

إذن المقاومة الكلية (م ك) ، حيث م ك = ٦ + م د
الجهد المسلط على هذه المقاومة الكلية هو ٢٠,٢ فولت
ج = ت × م ك
من قانون أوم ٢٠,٢ = ٣ × م ك = ٣ × (٦ + م د)
= ١٨ + ٣ م د
إذن ٣ م د = ٢٠,٢ – ١٨ = ٢,٢

م د = $\frac{٢,٢}{٣}$ = ٠,٧٣٣٣ أوم



الحل بطريقة أخرى :

القدرة في المقاومة م :

قد = جـ × ت (١)
قد = ٣ × ١٨ = ٥٤ واط
قد = ت^{٢} × م (٢)
قد = ٣ × ٣ × م

قد = ٩ م = ٥٤ واط

$$\therefore م = \frac{٥٤}{٩} = ٦ \text{ أوم}$$

قد = ج × ت

القدرة الكلية في الدائرة قد = ٢٠,٢ × ٣ = ٦٠,٦ واط

القـــدرة فـــي (م د) = ت^{٢} × م د

= ٣^{٢} × م د = ٦٠,٦ – ٥٤ = ٦,٦ واط

$$\therefore م د = \frac{٦,٦}{٩} = ٠,٧٣٣٣ \text{ أوم}$$

العناصر المكافئة :

قد يوجد عدد من مصادر القوة الدافعة الكهربائية وعدد من المقاومات في الدائرة الكهربائية . لحساب كمية كهربائية في الدوائر متعددة المصادر والمقاومات ، يسهل الحل كثيراً لو أمكن نظرياً استبدال مصادر تقع بين نقطتين أو مقاومات تقع بين نقطتين بمصدر واحد ومقاومة واحدة بالترتيب .

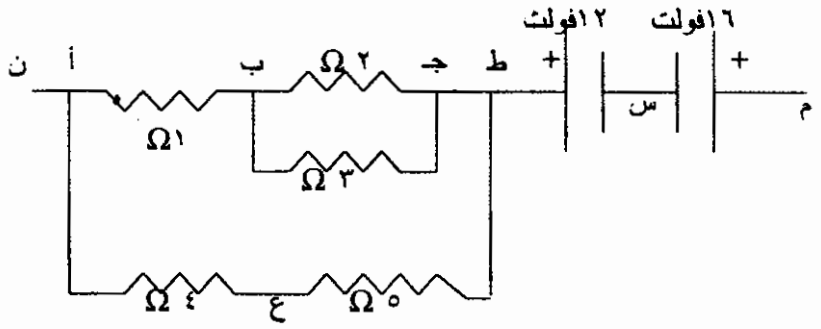
يستوجب هذا الاستبدال أن يكون تأثير وجود المصدر البديل أو المقاومة البديلة بين النقطتين نفس تأثير المجموعة المستبدلة وبذلك لا تتأثر قيم الكميات الكهربائية في الأجزاء الأخرى للدائرة الموصلةمن عند النقطتين .

تسمى هذه العناصر البديلة بالمكافئة . المصدر المكافئ لعدد من المصادر متساوية الجهود موصلة بالتوازي له خرج يساوي خرج المصدر الواحد من المصادر . المصدر المكافئ لعدد من المصادر موصلة بالتوالي خرجه يساوي المجموع الجبري لمخارج

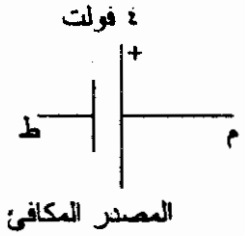
توصف التوصيلة بتوصيلة توازى عندما يكون طرف واحد لكل عنصر موصل إلى نفس النقطة مباشرة والطرف الأخر لكل منهم موصل مباشرة إلى نقطة واحدة ثانية .

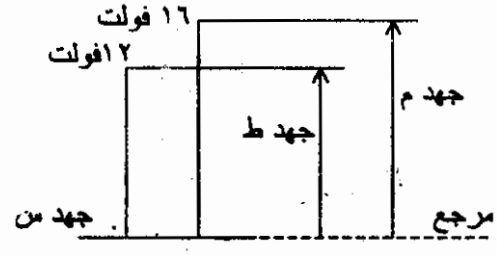
وتسمى التوصيلة بتوصيلة التوالي عندما يوجد عنصران موصلان مع بعضهما من طرف واحد لكل منهما شريطة أن لا يكون هناك عنصر ثالث موصل لنقطة التوصيلة هذه .

في توصيلات العناصر الموضحة في الشكل أدناه يمكن التعرف على الآتي :



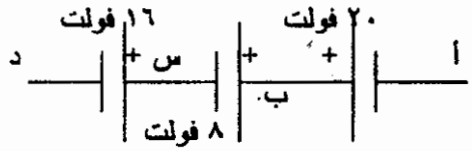
هناك مصدران بجهد ١٦ فولت و ١٢ فولت موصلين بالتوالي عند نقطة التوصيل س بتوصيل قطبيها السالبين ببعض . نقصد بالمصدر المكافئ لهما المصدر الواحد الذي إذا وصل بين النقطتين م و ط يكون له جهد يساوي فرق الجهد بين هاتين النقطتين . معرفة هذا الفرق تستوجب جمع مخارج المصدرين جبرياً . إبتداءً من النقطة م ووصولاً إلى النقطة س هناك هبوط في الجهدمقداره ١٦ فولت (١٦ فولت بالسالب) . ومن الذهاب من س إلى النقطة ط هناك صعود في الجهد مقداره ١٢ فولت (١٢ فولت بالموجب) .يمكن استنتاج فرق الجهد بين النقطتين م و ط من رسم شكل نتخذ فيه جهد النقطة المشتركة س كمرجع كما موضح أدناه . بالنسبة لجهد النقطة س جهد النقطة م أعلى بمقدار ١٦ فولت . كذلك جهد النقطة ط أعلى بمقدار ١٢ فولت . من هنا يتضح بأن الفرق في الجهد ٤ فولت وأن الجهد عند م أعلى منه عند ط . هذا يمكن تمثيله بمصدر قطبه الموجب عند م والسالب عند ط وجهده ٤ فولت .

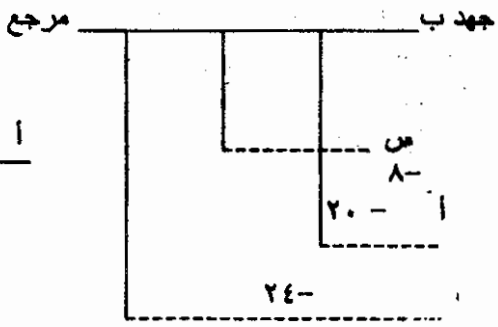


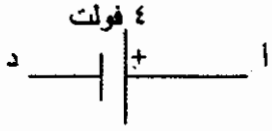


مثال :

ثلاثة مصادر كما موضح في الشكل أدناه يمكن أخذ جهد أي نقطة صفراً (جهد المرجع) وبمقارنة أي نقطتين يمكن استنتاج فرق الجهد والقطبية.







المصدر المكافئ بين أ د

يمكن استنتاج أنه إذا أخذنا جهد النقطة س مرجعاً (صفراً) في هذه الحالة يكون جهد ب موجب وجهد أ وجهد د سالبين . طريقة حسابية بديلة : نفترض أن جهد النقطة أ هو (جـ أ) وجهد النقطة د هو (جـ د)

جـ د = (جـ أ) + ٢٠ – ٨ – ١٦

طرح (جـ د) من (جـ أ) يعطي المتبقي من جهد أ وهو

(– ٢٠ + ٨ + ١٦) = ٤ فولت

وإذا طرحنا جهد أ من جهد د نجد الباقي

٢٠ – ٨ – ١٦ = – ٤ فولت . في الحالتين نلاحظ أن جهد النقطة أ أكبر بمقدار ٤ فولت من جهد النقطة د .وهذا هو نفس الناتج أعلاه .

بالرجوع إلى توصيلات العناصر ثانية نجد حسب تعريفنا لتوصيلة التوالي والتوازي بأن :

١. المقاومتين ٤ و ٥ موصلتين بالتوالي
٢. المقاومتين ٢ و ٣ موصلتين بالتوازي
٣. المقاومه ١ ليست لها توصيلة توالي أو توازي مع أي من المقاومات .

أيضاً من المظاهر الموضحة لحالتي توصيلة التوالي و توازي للمقاومات أنه في حالة توصيلة التوالي إذا سرى تيار في واحدة من المقاومات الموصلة بالتوالي لا بد أن يسري نفس التيار في بقية المقاومات . وفي حالة التوازي كل المقاومات الموصلة بالتوازي لها نفس فرق الجهد بين أطرافها .

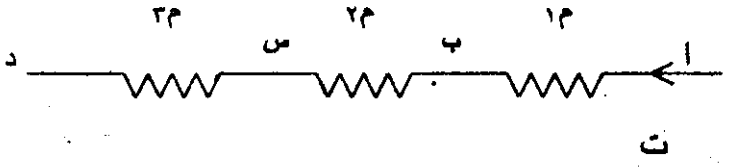
حساب المقاومة المكافئة :

المقاومات الموصلة بالتوالي

إذا أخذنا مقاومات ثلاث قيمها بالأوم $م_1$ و $م_2$ و $م_3$ والتيار الساري فيهم نتيجة لوجودها في دائرة كهربائية هو ت أمبير وفروق الجهد على طرفي كل منها بالترتيب هو (ت × $م_1$) و (ت × $م_2$) و (ت × $م_3$) فولت .

فرق الجهد الكلي جـ فولت هو

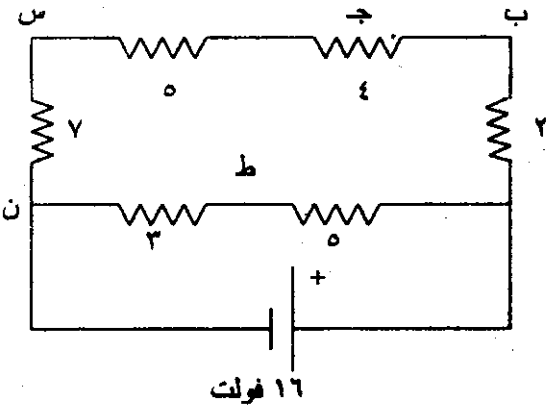
$$جـ = ت \times (م_1 + م_2 + م_3) \text{ أوم}$$



إذا كتبنا مج م = (م١ + م٢ + م٣) أوم
إذن جـ = (ت × مج م) فولت

في الشكل أعلاه نستطيع أن نقول أنه إذا استبدلنا المقاومات الثلاث بمقاومة واحدة قيمتها مج م تساوي (م١ + م٢ + م٣) يسري فيها التيار ت سيكون فرق الجهد هو جـ . بهذا الاستبدال لن تتأثر الكميات الكهربائية في أجزاء الدائرة الأخرى . تسمى هذه المقاومة البديلة حسب استيفائها العلاقة بين فرق الجهد بين النقطتين عند سريان نفس التيار تسمى بالمقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث . تصبح النتيجة لأي عدد من المقاومات موصلة بالتوالي . مج م هي قيمة المقاومة المكافئة .

مثال :



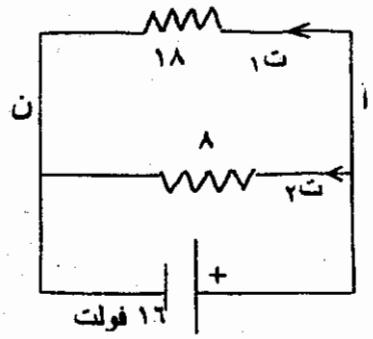
أوجد المقاومة المكافئة للمقاومات الموصلة على التوالي في الدائرة أعلاه ومن ثم أحسب التيار الساري في كل مقاومة .

الحل :

المقاومات في الفرع أ ب جـ س ن هي بالتوالي . المكافئة لهم قيمتها (٢ + ٤ + ٥ + ٧) = ١٨ أوم

المقاومتان في الفرع أ ط ن موصلتان أيضاً بالتوالي والمكافئة لهما قيمتها (٣ + ٥) = ٨ أوم

إذن الدائرة المكافئة للدائرة أعلاه هي كالتالية :



إذا كان التيار في الفرع الأول هو ت١ وفي الفرع الثاني هو ت٢

$$ت_{١} = \frac{١٦}{١٨} = ٠,٨٨٨٩ \text{ أمبير}$$

$$ت_{٢} = \frac{١٦}{٨} = ٢ \text{ أمبير}$$

بما أن المقاومات الموصلة بالتوالي يسري فيها نفس التيار فالتيار الساري في جميع المقاومات في الفرع أ ب جـ س ن هو ٠,٨٨٨٩ أمبير والساري في المقاومتين في الفرع أ ط ن هو ٢ أمبير .

المقاومة المكافئة لمقاومات موصلة بالتوازي

توصيلة أي عدد من المقاومات بالتوازي بين نقطتين تحتم أن يكون فرق الجهد بين طرفي كل منها هو فرق الجهد بين النقطتين . في توصيلة التوازي الموضحة في الشكل أدناه إذا كان فرق الجهد بين أ و ب هو جـ بالفولت ، والتيارات في المقاومات هي ت١ و ت٢ وت٣ من القانون جـ = م × ت .

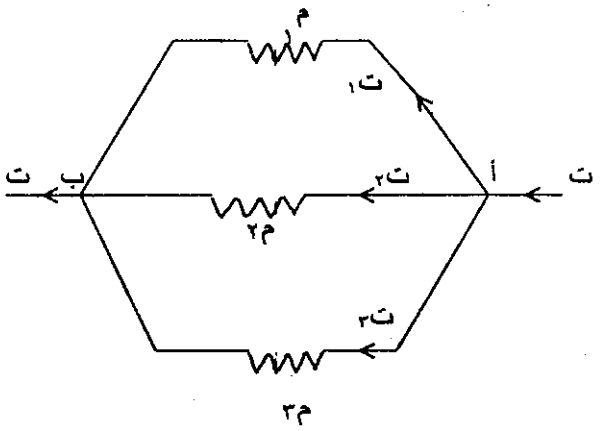
جـ = م١ × ت١ = م٢ × ت٢ = م٣ × ت٣

من هذا :

ت١ = $\frac{\text{جـ}}{\text{م}_1}$

ت٢ = $\frac{\text{جـ}}{\text{م}_2}$

ت٣ = $\frac{\text{جـ}}{\text{م}_3}$



التيار الكلي ت = ت١ + ت٢ + ت٣

بالتعويض عن التيارات الثلاثة

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

$$\text{ت} = \text{جـ} \times \left(\frac{1}{\text{م}_1} + \frac{1}{\text{م}_2} + \frac{1}{\text{م}_3} \right)$$

إذن

$$\frac{\text{ت}}{\text{جـ}} = \left(\frac{1}{\text{م}_1} + \frac{1}{\text{م}_2} + \frac{1}{\text{م}_3} \right)$$

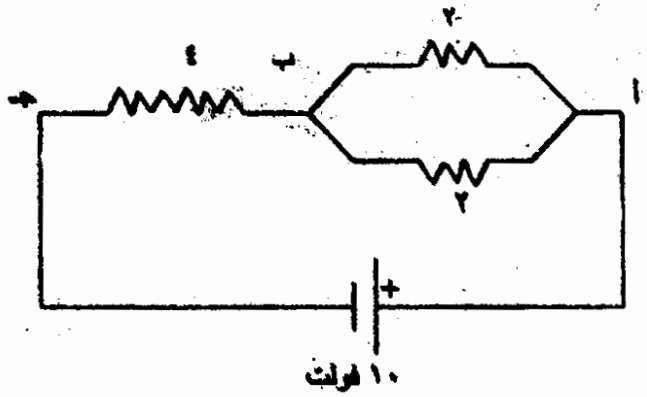
من قانون أوم ($\frac{ت}{م}$) هو معكوس مقاومة . إذن إذا وجدت مقاومة معكوسها يساوي ($\frac{١}{م_١} + \frac{١}{م_٢} + \frac{١}{م_٣}$) فستكون النسبة ($\frac{ت}{م}$) لها نفس القيمة بوجود هذه المقاومة البديلة بين أ ب. ولن تتأثر بقية الدائرة الموصلة بين أ ب.هذه هي المقاومة المكافئة(م م) للمجموعة الموضحة أعلاه . تحسب في هذه الحالة من المعادلة $\frac{١}{م_{م}} = \frac{١}{م_١} + \frac{١}{م_٢} + \frac{١}{م_٣}$

تقع هذه النتيجة على أي عدد من المقاومات موصلة بالتوازي

أمثلة :

مثال (١):

في الدائرة أدناه أوجد المقاومة المكافئة بين النقطتين أ و جـ ومن ثم أحسب التيار الساري فيها وفرق الجهد بين أ ب و ب جـ .



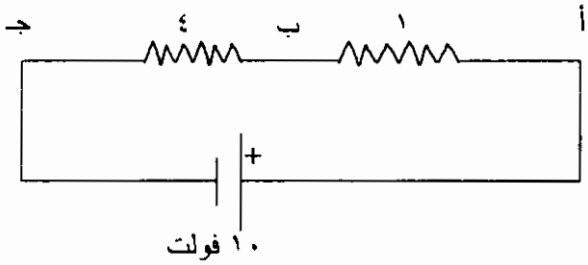
الحل :

إذا رمزنا للمقاومة المكافئة بين أ ب بالرمز م م تحسب م م من المعادلة :

$$\frac{١}{\text{م م}} = \frac{١}{٢} + \frac{١}{٢} = ١ \text{ (أوم)}$$

$$\text{م}_{١} = ١ \text{ أوم .}$$

تصبح الدائرة المكافئة الآن:



المقاومة المكافئة بين أ جـ = ١ + ٤ = ٥ أوم

$$\text{التيار (ت)} = \frac{\text{جـ}}{\text{م م}} = \frac{١٠}{٥} = ٢ \text{ أمبير}$$

من قانون أوم :

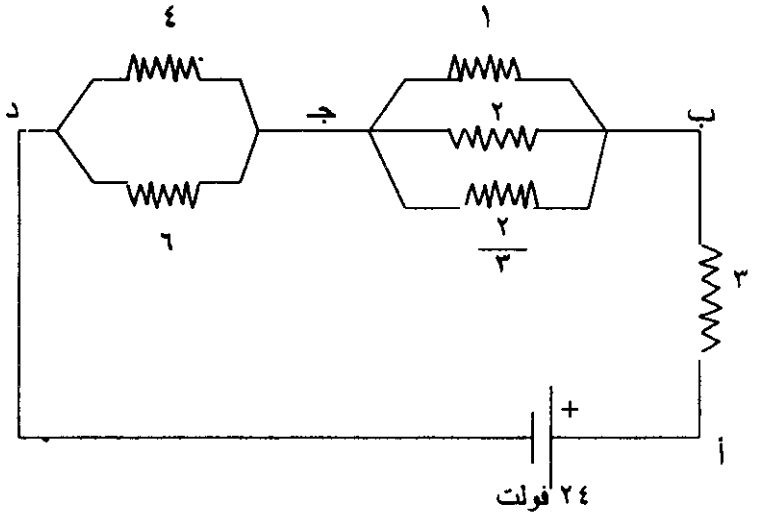
فرق الجهد بين أ ب = ١ × ٢ = ٢ فولت

فرق الجهد بين ب جـ = ٢ × ٤ = ٨ فولت

أو فرق الجهد بين ب جـ = ١٠ – فرق الجهد بين أ ب = ٨ فولت

مثال (٢) :

أوجد التيار في كل مقاومة في الدائرة أعلاه . ثم أحسب القدرات المستهلكة في المقاومات .



الحل :

نرمز للمقاومـــة المكافئة بين ب جـ بالرمز (م م١) وبين جـ د بالرمز (م م٢) .

$$\frac{١}{م م_{١}} = \frac{١}{١} + \frac{١}{٢} + \frac{١}{\frac{٢}{٣}} = ١\frac{١}{٢} + ١\frac{١}{٢} = ٣ \text{ (أوم)}^{-١}$$

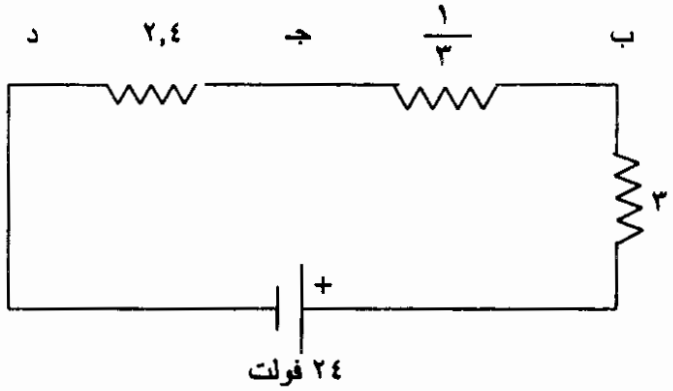
إذن $م م_{١} = \frac{١}{٣}$ أوم

$$\frac{١}{م م_{٢}} = \frac{١}{٤} + \frac{١}{٦} = \frac{١}{٢,٤} \text{ (أوم)}^{-١}$$

إذن $م م_{٢} = ٢,٤$ أوم

المقاومة المكافئة بين أ د = ٣ + $\frac{١}{٣}$ + ٢,٤ = ٥,٧٣٣ أوم

التيـــار فـــي الدائـــــرة = $\frac{٢٤}{٥,٧٣٣}$ = ٤,١٨٦ أمبير



فرق الجهـد بيـن ب جـ = $\frac{١}{٣}$ × ٤,١٨٦ = ١,٣٩٥٣ فولت

التيار في المقاومـــة ١ أوم = ١,٣٩٥٣ أمبير

التيار في المقاومـــة ٢ أوم = $\frac{١,٣٩٥٣}{٣}$ = ١,٦٩٧٧ أمبير

التيار في المقاومة $\frac{٢}{٣}$ أوم = $\frac{١,٣٩٥٣}{\frac{٢}{٣}}$ = ٢,٠٩٣ أمبير

فرق الجهد بين طرفي جـــ د = ٢,٤ × ٤,١٨٦ = ١٠,٠٤٦٤ أمبير

التيار فـــي المقاومـــة ٤ أوم = $\frac{١٠,٠٤٦٤}{٤}$ = ٢,٥١١٦ أمبير

التيار فـــي المقاومـــة ٦ أوم = ٤,١٨٦ – ٢,٥١١٦ = ١,٦٧٤٤ أمبير

التيار فـــي المقاومـــة ٣ أوم = ٤,١٨٦ أمبير

القدرات المستهلكة في المقاومات :

قد = م × ت^{٢}

في المقاومـــة ٣ أوم = ٣ × ٤,١٨٦^{٢} = ٣ × ١٧,٥٢٣ = ٥٢,٥٦٨ واط

في المقاومـــة ١ أوم = ١ × ١,٣٩٥٣^{٢} = ١,٩٤٧ واط

في المقاومـــة ٢ أوم = ٢ × ٠,٦٩٧٧^{٢} = ٠,٩٧٣٦ واط

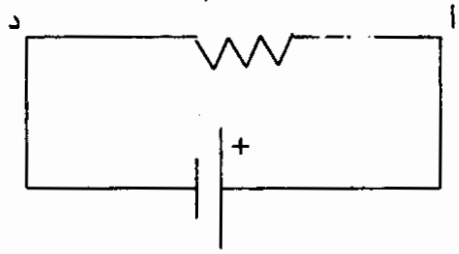
في المقاومة $\frac{٢}{٣}$ أوم = $\frac{٢}{٣}$ × ٢,٠٩٣^{٢} = ٢,٩٢٠٤ واط

في المقاومـــة ٤ أوم = ٤ × ٢,٥١١٦^{٢} = ٢٥,٢٣٣ واط

في المقاومـــة ٦ أوم = ٦ × ١,٦٧٤٤^{٢} = ١٦,٨٢٢ واط

الدائرة المكافئة المبسطة هي كما يلي في الشكل أدناه :

٥,٧٣٣ (المقاومة المكافئة بين أ ، د)



٢٤ فولت

بما أن الدائرة المكافئة تمثل الدائرة الأصلية يمكن الحصول على :

I. القدرة في مجموعة المقاومات بين ب جـ = $\frac{١}{٣}$ × ٤,١٨٦^{٢} = ٥,٨٤ واط

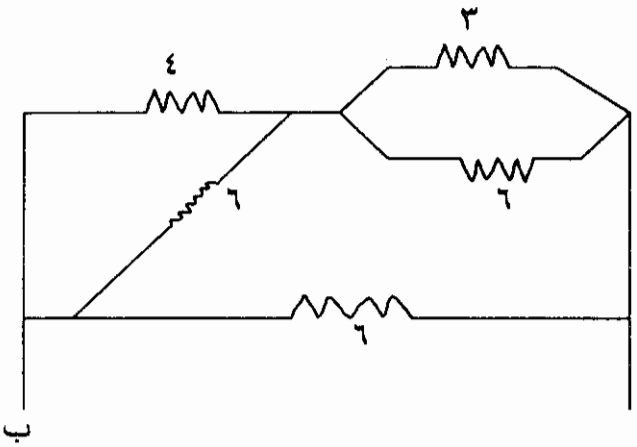
II. القـــدرة فـــي المقاومتيـــن بيـــن جـ د = ٢,٤ × ٤,١٨٦^{٢} = ٤٢,٠٥ واط

III. مجموع القدرات في جميـــع المقاومات = ٢٤ × ٤,١٨٦ = ١٠٠,٤٦٤ واط

كذلك القدرة الكلية = ٤,١٨٦^{٢} × ٥,٧٣٣ = ١٠٠,٤٦ واط

تمارين (٤)

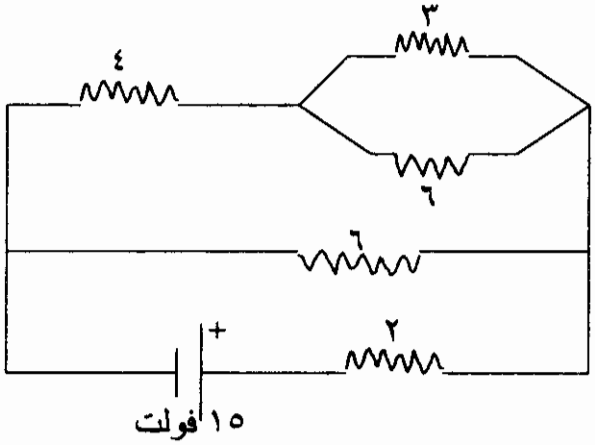
١. أوجد المقاومة المكافئة للمقاومات بين أ ب في الدائرة أدناه .

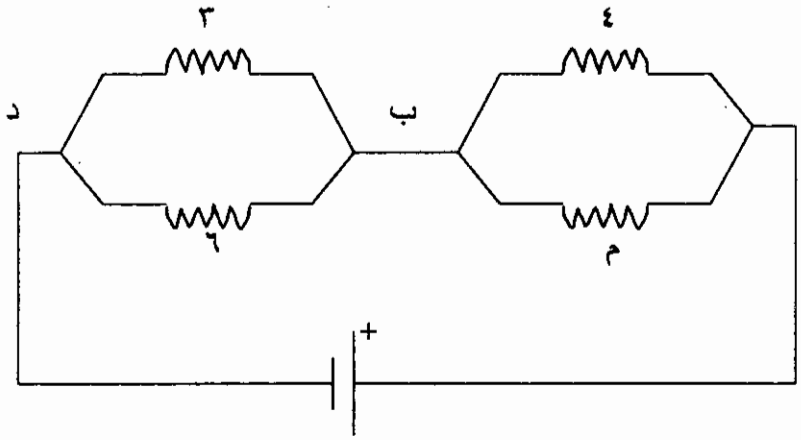


٢. في الدائرة للسؤال (١) أعلاه إذا كان هناك تيار ٦ أمبير في المقاومة ٤ أوم أوجد فرق الجهد بين أ ب .

٣. في الدائرة للسؤال (١) أعلاه إذا كانت القدرة المستهلكة في المقاومة ٣ أوم هي ١٢ واط أوجد كل القدرة المستهلكة في المقاومات جميعها

٤. أحسب التيار في كل مقاومة في الدائرة أدناه .





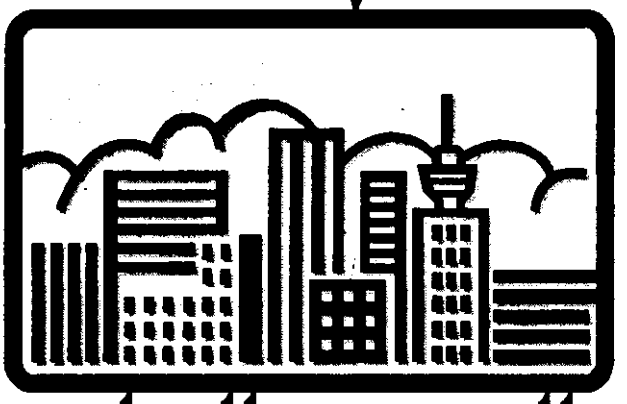
١٢ فولت

٧. في الدائرة للسؤال (٦) أعلاه أحسب المقاومة م إذا كانت نسبة فرق الجهد بين أ ب مقسوماً على فرق الجهد بين ب د هي $\frac{٤}{٧}$.

أحسب التيار الذي سيسري في الدائرة في هذه الحالة .

الباب الرابع

الهندسة المدنية والعمارة



مقدمة الهندسة المدنية والعمارة

تسعي الهندسة المدنية والعمارة لاستخدام المواد للإنشاء والعمارة في البناء وتخطيط المدن ، والطرق والأنفاق وتسهيل النقل والإتصال ، وتحسين البيئة . واستخدمت في العمارة الأخشاب والتبن والحجارة والحجر الرملي والآجر والأسفلت والأسمنت والخرسانة واللدائن والطوب والرخام والمعادن . ومن ثم انبثقت حضارات سادت ثم بادت مثل الحضارة البابلية والآشورية والمصرية القديمة والانكا واليونانية والرومانية والفاطمية والعثمانية وغيرها .

مهدت الهندسة المدنية لأزدهار الزراعة والصناعة والتجارة وكافة المهن عبر تطور ملحوظ من قادة المهنة ومبدعيها . فمثلاً استخدم السابقون الأخشاب مع الطوب النيئ والحجارة للبناء والتشييد بالإضافة للتبن والكلأ ، وشيد الأقدمون الأبنية والقصور ودور العبادة من الحجارة (الأهرامات في مصر والبارثنيون في اليونان والكولوسيوم في روما) ، ثم استخدم الإغريق مونة الجير ، واستنبط الرومان مونة الأسمنت الهيدروليكي لبناء القباب والقصور والمسارح والحمامات والقُنّي المائية لأغراض الري والشرب والصرف ، وطور الفينيقيون صناعة الزجاج بالنفخ ، مما مكن الرومان من صنع الألواح الزجاجية . وطور جون سميتون الأسمنت مما سهّل على جوزيف أسبدن الحصول على الأسمنت البورتلاندي المشابه لصخور منطقة بورتلاند الإنكليزية . وانبثقت نظرية استخدام أسياخ الصلب مع الخرسانة لتتحمل الأولى إجهادات الشد وتتحمل الأخرى إجهادات الضغط لزيادة الكفاءة والتحمل .

وتفردت فنون الهندسة المدنية بالإضافة للإنشاءات في مجالات الهيدروليكا والمنشآت المائية ، وأعمال الهندسة البيئية لإمدادات ماء الشرب وأعمال الصرف الصحي للمخلفات السائلة والتخلص الملائم والمستدام من الفضلات الصلبة ومكافحة تلوث الهواء والضوضاء والضجيج لتحسين البيئة وسعادة الإنسان . وتطورت أساليب النقل من الدولاب إلى السيارة فالقاطرات

فالصواريخ فالمكوك وارتياد الفضاء مما تطلب معه تطور صناعة تعبيد الطرق وشق الأنفاق وعلوم النقل عبر الموائع (السوائل والغازات) الشئ الذي ربط المهندس المدني والمعماري بقضايا التخطيط الشامل والاستراتيجية الاقتصادية والاجتماعية والعسكرية والأمنية ، في إطار المواصفات والمقاييس وضبط الجودة للمواد المستخدمة وللتصميم المجاز .

من أهم أقسام الهندسة المدنية : هندسة الإنشاءات (المتعلقة بالمنشآت والمباني ، والجسور والقناطر والبرابخ ، والأنفاق) وهندسة الهيدروليكا (لفنون الري والصرف والملاحة والسدود والخزانات والموانئ ونقل الموائع) وهندسة النقل والإتصالات (في السكة حديد والطرق والمطارات) والهندسة البيئية (لإمدادات ماء الشرب والري والصرف الصحي ومكافحة التلوث البيئي) .

تحيط علوم العمارة بحيز الفضاء لتطويعه لخدمة أغراض تحسين الحياة والبيئة . واهتمت العمارة بطرق الإنشاء والنسب والزخارف والتصميم الداخلي والديكور للتأثيرات البصرية وتحقيق المنفعة والمتانة والجمال (نظرية العمارة السليمة لفتروفيوس) . وعالجت العمارة الفراغات بزخرفة الأسطح والحوائط بالرسومات والنحت والفسيفساء ، وأدخل عامل الزمن لتطور المفهوم الفراغي في العمارة لإثرائها . وانتبهت العمارة إلى العناية بالعزل الحراري والجوي والصوتي للحوائط في المباني والخدمات من ماء ومجاري وكهرباء وغاز وهاتف وشبكات حاسوب وتهوية وتأثير اللون على الحياة والإنتاج والوقاية . وظهرت الإبداعات الجمالية للعمارة في دور العبادة (معبد أبي سنبل ، وكنيسة أيا صوفيا ، وضريح التاج محل ، والمسجد الأموي بدمشق الذي يعد من الجوامع المستعرضة أي التي يواجه ضلعها الطويل القبلة لشرف الصلاة في الصف الأول) والقصور والقلاع والفنار (مثل فنار فاروس الرخامي اليوناني بالإسكندرية) ودور الحكم (البيت الأبيض بواشنطن ومبنى الكرملين بموسكو) والأبراج (برج إيفل بفرنسا وبيزا بإيطاليا) وناطحات السحاب الكريستالية في الولايات المتحدة الأمريكية . ومن ثم انبثقت أفكار المنشأ الناجح الذي يكامل بين الإنسان والبيئة وتقانة البناء المعاصر لسعادة الإنسان ورخائه باستخدام التحليل

والحساب والخيال وإعمال الفكر والعقل ، والإلهام ، والوجدان والثقافة والبيئة المحلية والقيم والتراث .

ويبدو فن العمارة الإسلامية مختلفاً من عنصر لآخر فالعمارة الأيوبية والمملوكية استخدم فيها الإيوان في المساجد ، واشتهرت العمارة الفاطمية بأروقتها ذات الصفوف من الأعمدة حاملة العقود ، وركزت العمارة العثمانية على استخدام القباب . غير أن العمارة الإسلامية تجتمع في ترسيخ ثوابت التراث والعقيدة والمناخ والجمال ومواد البناء المحلية وطرق الإنشاء التقليدية لتتمسك بالتوحيد وتؤكد البساطة وتتفرد بالوضوح وتنادي بالتواضع وتبشر بالمساواة وتدعو للسلام .

(١) مواد البناء اللاصقة

أ - الأسمنـــت

صناعة الأسمنت :

العملية تتم بطحن الحجر الجيري والطفل بعد خلطهما بنسبة ((١ : ٣)) مع الماء في طواحين اسطوانية ضخمة تطحن المزيج وتحيله إلى شبه عجينة سائلة تجمع وتدفع إلى صهاريج التخزين للتنقية وضبط الجودة . ثم تحرق العجينة في الأفران عن طريق قاذفات اللهب.

وفرن الأسمنت عبارة عن أسطوانة من الصلب طولها حوالى ١٥٠ متر وبقطر يبلغ ٤ أمتار . وتدور هذه الأسطوانة مائلة على محورها ببطء شديد حتى تنساب العجينة من الطرف العلوي للأسطوانة وفي أثناء انسيابها تمر العجينة بدرجات حرارة عالية منبعثة من قاذفة لهب ضخمة مثبتة في الطرف الأسفل للفرن . وبفعل هذه الحرارة تتصهر العجينة وتتفاعل كيميائياً وتتحول إلى حصوات سمراء صغيرة تسمى زبد الفحم والمعدن (Clinker) . ثم تطحن الكلنكر مع نسب ضئيلة من الجبص في طواحين اسطوانية بها ريش لتكسير الكلنكر وسحقها بواسطة كرات من الصلب ويمر المسحوق في منخل بالغ النعومة ثم يعبأ بطريقة آلية محكمة في أكياس يزن الوحد منها ٥٠ كيلو جرام .

أنواع الأسمنـــت

١ - **الأسمنت البورتلاندي** - Ordinary portland cement
هو الأسمنت البورتلاندي العادي والسريع التصلد المستعمل في جميع الأعمال .

٢ - **الأسمنت الأبيض** : يستعمل للزينة وهو من أجود الأصناف ومستوفيا لنفس المواصفات المنصوص عنها للأسمنت الصناعي البورتلاندي وهو ناصع البياض .

٣ – **الأسمنت الحديدي:** يُنتج الأسمنت الحديدي ٣٥ طبقاً لمواصفات خاصة . يصنع هذا الأسمنت بطحن كلنكر البورتلاندي العادي مع صب الحديد بالإضافة إلى الجبص بنسب معينة .

٤ – **أسمنت الخزانات** – Low heat cement –
يستعمل في صب كتل الخرسانة الضخمة كقواعد للآلات الثقيلة . وذلك لأن هذا الأسمنت يمتاز بعدم توليد حرارة مرتفعة أثناء التماسك كما أنه أيضاً يمتاز بمقاومته لتأثير المياه الكبريتية.

٥ – **الأسمنت المقاوم لمياه البحر** – Sea water resistant cement
مشهور بمقاومته العالية لمياه البحر .

٦ – **الأسمنت البورتلاندي سريع التصلد :**
يمتاز بالتصلد السريع ويستعمل في الانشاءات الخرسانية التي تقتضي ظروفها سرعة الإنجاز كتعبيد الطرق بالمدن الكبرى حتى لا تتأثر حركة المرور طويلاً .

٧ – **الأسمنت العالي المقاومة :**
يستعمل في الخزانات والسدود وذلك لمقاومته للضغط العالي .

ب – الجير وأنواعه:

١ – ***الجير الحي (أكسيد الكالسيوم)*** : وهو المادة التي تنتج من حرق الحجر الجيري (كربونات الكالسيوم) حرقاً جيداً . ويجب أن يكون خالياً من الفحم والرماد والأتربة وأن يكون جميعه قابلاً للتفكك عند معالجته بالماء تفككاً تاماً .

٢ – ***الجير المطفأ العادي (هيدروكسيد الكالسيوم)*** : يجب أن يكون ناتجاً عن إطفاء الجير الحي بالماء العذب وأن يكون على هيئة مسحوق أبيض اللون جاف متجانس الحبيبات وخال من الكتل أو المواد الغريبة التي قد تعوق استعماله .

وعلى كل حال يجب أن يطفأ الجير الحي بالماء العذب قبل استعماله بوقت كافٍ لتبريده . وأن تتوافر فيه صفات التجانس والإندماج والليونة وأن ينخل قبل الاستعمال وذلك للتخلص من المواد الصلبة والشوائب .

- ***الجير المطفأ اللازم لأعمال البياض*** :

يؤخذ من ناتج طفي الجير الحي الحديث الحرق الناتج من أحجار صلبة متجانسة اللون . وبعد الطفي يصفى في أحواض خاصة به ويؤخذ من هذه الأحواض على شكل عجينة بالنسب والكميات المطلوبة ويجب ألا تقل نسبة هيدروكسيد الكالسيوم فية عن ٩٥ % منه.

جـ - الجبص والمصيص

الجبص العادي هو نتيجة حرق كبريتات الكالسيوم ((حجارة الجبص)) ليتبخر منها الماء ثم تطحن بعد الحرق للدرجة المطلوبة في أفران مخصوصة.

من خصائص الجبص العادي أن درجة حرارته ترتفع مباشرة بعد مزجه بالماء . وهو سريع التصلد إذ يبدأ تصلده بعد عشر دقائق من مزجه بالماء فلا يمكن تشكيله بعد ذلك. ويتصلد كلية بعد مضي ثلاثين دقيقة من مزجه بالماء .

أما المصيص فهو نوع من الجبص النقي ناتج من حرق كبريتات الكالسيوم الأكثر نقاءً بعناية ثم تطحن لدرجة أكثر نعومة من الجبص العادي وهو ناصع البياض خالٍ من الشوائب يطئ التصلد مقارنة بالجبص العادي . إذ أنه يتصلد بعد مضي إثنتي عشرة ساعة بعد مزجه بالماء .

د - أنواع المونة :

- ***المونة الأسمنتية*** :

وهي عبارة عن عجينة تخلط من الأسمنت والرمل والماء بنسب مختلفة حسب طبيعة العمل . وتستخدم المونة كمادة ربط لمواد البناء والنسبة بين الماء والرمل والأسمنت عامل مهم جداً تتوقف عليه أشياء كثيرة ذات صلة وثيقة بقوة وضعف المونة ولزوجتها وفاعليتها وكفاءتها .

وتتوقف قوة المونة على اكتمال التفاعل الكيميائي بين الأسمنت والماء بالطريقة المثلى . فالماء مطلوب فقط بالقدر الذي يساعد على بداية هذا التفاعل وإيجاد المناخ المناسب لاكتماله . فزيادة نسبة الماء تضعف المونة لأنها تتبخ

الكثير من المسامات بعد تبخر الماء ، وقلة نسبة الماء تضعف إنسياب التفاعل الكيميائي .

كما أن زيادة نسبة الأسمنت مضرّة تماماً كقلته لذلك يجب قياس هذه المواد ((الأسمنت والرمل والماء)) قياساً مبنياً على أسس علمية صحيحة .

ومواد المونة تقاس بالوزن وبالحجم . وفي الأعمال البسيطة التي لا تحتاج لدقة متناهية تقاس نسب خلطة المونة بالصفيحة . فكيس الأسمنت (سعة ٥٠ كيلو جرام) به صفيحتان من الأسمنت ويقدر المتر المكعب من المونة أو الرملة أو الخرسانة بثمانية وأربعين صفيحة مع ملاحظة أن هذه المواد تتكامل مع بعضها لتقفيل الفجوات الناتجة لتتصهر في كتلة واحدة حجمها ٤٨ صفيحة وعندما يتبخر الماء تكون هناك مسامات .

وعليه فان مونة الأسمنت تحسب مكوناتها كالآتي :

أ - مونة الأسمنت ١ : ٢

أي صفيحة أسمنت لكل صفيحتين من الرمل وتسمى هذه الخلطة ((باللباني الثقيل وقد تكون ١ : ٣ بدلاً عن ١ : ٢)) وتستخدم مع الحجارة الصغيرة ((الدبش)) أو الحجارة الكبيرة نسبياً ((الدقشوم)) لتقفيل عيون المياه الجوفية غير المرغوب فيها في المساحات المرشحة لقيام المباني الشاهقة . والمتر المكعب من هذه المونة يحتاج من الأسمنت حسب المعادلة التالية : -

$$\frac{\text{عدد صفائح المتر المكعب}}{\text{عدد صفائح الرمل}} = \text{عدد صفائح الأسمنت}$$

كمية الأسمنت = $\frac{٤٨}{٢}$ = ٢٤ صفيحة أسمنت

أي ١٢ كيس أسمنت

ب - مونة أسمنت ١ : ٣

تستعمل هذه المونة في أحواض التحليل اللاهوائي كمونة بياض .

وكمية الأسمنت في المتر المكعب منها = $\frac{٤٨}{٣}$ = ١٦ صفيحة أسمنت

أي ٨ أكياس أسمنت

جـ - مونة أسمنت ١ : ٤

تستعمل هذه المونة عادةً لتثبيت ((لزق)) أنواع من البلاط كالبلاط الصيني ((القبيشاني)) ولكن أحياناً نستعملها كلباني لخياطة شقوق الصخور القابلة للتأسيس عليها وأحياناً نستعملها في مرمات الحيطان والكتوفة والمعابر والجلس .

وكمية الأسمنت في المتر المكعب من هذه المونة =

$\frac{٤٨}{٤}$ = ١٢ صفيحة أسمنت أي ٦ أكياس أسمنت .

د - مونة أسمنت ١ : ٦

هذه هي مونة البنيان تحت سطح الأرض (الأساسات) في الغالب .

وكمية الأسمنت في المتر المكعب من المونة تحسب كالآتي : -

$\frac{٤٨}{٦}$ = ٨ صفيحة أسمنت أي ٤ أكياس أسمنت

هـ - مونة الأسمنت ١ : ٨ *ومي الأكثر شيوعا* .

هي المونة التي تستخدم في البناء العادي ((الجر)) فوق سطح الأرض.

وكمية الأسمنت في المتر المكعب من هذه المونة تحسب كالآتي : -

$\frac{٤٨}{٨}$ = ٦ صفيحة أسمنت أي ٣ أكياس أسمنت

وكل أنواع هذه المونة يمكن خلطها بالآلة أو باليد . على أن يبدأ خلط المكونات الجافة أولاً بعد التأكد من صلاحيتها ومطابقتها للمواصفات المنصوص عليها.

المكان الذى تخلط فيه المونة ويسمى (الملطم) ملئ بالحركة حيث تصنع المونة الأسمنتية والجيرية والخرسانية وكل أنواع المونة لتغطية السقوف والحيطان (لطليات) أو لزوم المرمات أو كسر حافة الأركان والحواف الحادة المكلفة .

ويمكن تنفيذ الخلطات عن طريق اليد أو آلة الخلطة كما ذكر آنفاً وحجم العمل هو الذي يحدد ذلك . وفساد العمل في العمارة كلها أو صلاحه ينبع من هنا - من الملطم . وأي تلاعب أو تساهل أو إهمال في ملاحظة نسب المواد الخام لبعضها البعض أو المجموع بالحجم أو بالوزن يقود إلى عواقب وخيمة ومسؤوليات جسام يصعب تلافيها أو إصلاحها.

وعليه يجب إبعاد الملطم من مهب الرياح وأن يكون على مكان مرتفع عن سطح الأرض ويجب أن تنظف منطقته جيداً من النفايات والمواد العضوية ومياه الأمطار وطفح المجاري والزيوت وتراكمات برادة الحديد وتجمعات أكاسيد المعادن والفحم والدخان .

والسبب في ذلك هو أن الماء والأسمنت كمواد كيميائية سيتفاعلان كيميائياً مع هذه الأشياء المذكورة مما يقود إلى فساد المونة .

يجب استخدام المونة بعد إضافة الماء إليها خلال ساعة فقط

وعلاقة نسب المونة بوحدات الإنتاج كالمتر المكعب والمتر المربع كبيرة وتساعد في أعمال تقديرات المباني فمثلاً المونة ١ : ٨ المذكورة أخيراً يتكون المتر المكعب منها من ثلاثة أكياس أسمنت و ٤٨ صفيحة رمل وهو يكفي لبناء ثلاثة أمتار مكعبة من البنيان.

وهذا يعني أن المتر المكعب من البنيان يحتاج مونة مكونة من كيس واحد من الأسمنت في الخلطة ١ : ٨

أما حجم البنيان فيساوي طول البنيان × إرتفاعه × سمكه

وعادة يعبر عن سمك البنيان : بطوبة، وطوبة ونصف، وطوبتان . ومقاس الطوبة الواحدة في البنيان يساوي ٢٥ سم أي ١/٤ متر . وطوبة ونصف يساوي ٣/٤ متر وطوبتان يساوي السمك ٢/١ متر .

مثال :

أوجد كمية الأسمنت المطلوبة لبناء حائط طوله ١٨ متر وارتفاعه متران مبني بسمك طوبة ونصف وخلطة مونة ١ : ٨

الحل :

حجم البنيان = الطول × الإرتفاع × السمك

= ١٨ متر × ٢ متر × ٣/٤ متر = ١٢ متر مكعب

والمتر المكعب من البنيان يحتاج إلى كيس واحد من الأسمنت في الخلطة ١ : ٨

∴ كمية الأسمنت المطلوبة = ١٢ × ١ = ١٢ كيس أسمنت

٢ - المونة الخرسانية

يمثل الماء عنصراً مهماً للغاية في هذا النوع من المونة. لأن هذه المونة تستخدم في الإنشاءات الهامة. ويجب أن يكون الماء محسوباً بدقة وأن يكون نقياً وأن يكون مكان خلط المونة بعيداً عن أماكن التلوث كلية وخاصة إفرازات المصانع والحيوان ومخلفات النبات .

وهي عدة أنواع منها :

أ - خرسانة مسلحة ١ : ١ ١/٢ : ٣

(وتعني صفيحة أسمنت + ١ ١/٢ صفيحة رمل + ثلاث صفائح حصى).

تستعمل هذه الخلطة في أعالي الأعمدة ((الخوازيق)) الخرسانية التي يراد ارسالها للطبقة الصالحة للتأسيس والتي تبعد عن سطح الأرض بأكثر من عشرة أمتار لتمثل الدعائم الأساسية للمنشأة.

وللمونة استعمالات أخرى حيث القوة والمتانة مطلوبة كما في الخزانات والكباري ...إلخ

وتحسب كمية المواد في المتر المكعب (٤٨ صفيحة) من هذه الخرسانة حسب النسب الآتية :

مجموع النسب = ٢ : ٣ : ٦ = ١١

∴ كمية الأسمنت = $\frac{٤٨ \times ٢}{١١}$

كمية الرمل = $\frac{٤٨ \times ٣}{١١}$

كمية الظلط = $\frac{٤٨ \times ٦}{١١}$

ب - **خرسانة مسلحة ١ : ٢ : ٤**

وهي مكونة من الأسمنت والرمل والظلط حسب النسب أعلاه على التوالي .

وتستعمل هذه الخلطة لمعظم أعمال الخرسانة المسلحة كالعوارض والأعمدة والسقوفات وأعمدة التثبيت (الكوابيل) وخزانات التحليل .

أحسب كمية الأسمنت في المتر المكعب من هذه الخلطة .

ج - **خرسانة مسلحة ١ : ٢ ½ : ٥**

تستعمل هذه الخلطة كثيراً لتشييد خرسانة الأرضيات في مناطق التربة الطينيـــة السوداء (Cotton soil) - فمـــن الخصال السيئة لهذه التربـــة أنها (تمتص) الرطوبة الموجودة في الهواء - فتنتفخ محدثة ضغطاً تحت وحول الأساسات تقود أحياناً إلى التحرك النسبي للمبنى فيحصل الكسر وربما التصدع.

أحسب كمية المواد في متر مكعب من هذه الخلطة .

د - **خرسانة عادة ١ : ٣ : ٦**

[وحدة أسمنت ، ثلاث وحدات رملة وست وحدات خرسانة]

هذه هي الخرسانة العادة (غير مسلحة) وتستعمل في الأرضيات وقد تسلح بشبك من الحديد في حالات خاصة كتغطية مراحيض الحفرة .

أحسب كمية الأسمنت في المتر المكعب من هذه الخلطة .

هـ - **خرسانة بيضاء ١ : ٤ : ٨**

وتستعمل هذه الخلطة في فتحات الدساتير وما شابه ذلك والمتر المكعب به ثلاثة أكياس أسمنت .

(٢) الأساســات

هذا هو جزء المبنى الملامس للأرض والذى ينقل ثقل المبنى وما عليه من أحمال ثابتة ومتحركة إلى مساحة من الأرض مؤهلة لتقليل شدة الضغط على "الفرشة" تحت الأساس. وكل ذلك في حدود قوة تحمل تلك التربة .

والأساس هو أهم أجزاء المبنى على الإطلاق. وعليه تتوقف سلامة المبنى كله . ولما كانت طبقات التربة في القشرة الأرضية مختلفة الصلابة فيجب أن تختلف لذلك الأساسات. كما تختلف باختلاف أحجام المباني المطلوب إنشاؤها والأغراض التي ستستعمل فيها . وفى الحقيقة فان علاقة الأساس بالتربة هي علاقة لصيقة – أى لا يمكنك أن تذكر الأساس بدون أن يدور بخلدك نوع التربة – حجرية ، رملية ، مخلوطة من الحجرية والرملية أو الطينية – ومدى تعرض التربة للمياه. ولذلك فان الأساس يحدده نوع التربة والحمل الواقع عليها والبيئة المحيطة بها .

وعلى ضوء هذه العوامل الثلاثة (نوع التربة ، الحمل الواقع عليها والبيئة المحيطة بها) يتحدد عمق الأساس اللازم لانشاء المباني . فقد تكون الطبقة الصالحة للتأسيس قريبة من سطح الأرض بعمق لا يقل عن متر ولا يزيد عن المترين. بل قد تكون على سطح الأرض وذلك في حالة الأرض الصخرية. وهذا يعني أن الحفر ليس بهدف في حد ذاته وليس له ضرورة غير الكشف عن التربة الصالحة للتأسيس .

ولذلك فمن المعتاد أن تعمل المجسات وحفر الإختبار لمعرفة العمق الذي توجد فيه التربة المرشحة للتأسيس والتي لها قوة تحمل مناسبة . وقد وجد من الحكمة أن يقام المبنى على طبقة متجانسة حتى ولو كانت قوة تحملها ضعيفة . والأساس عادة يكون بمسطح أكبر من سطح الحائط أو المبنى المرتكز عليه وذلك لتوزيع الضغوط على مساحة أكبر من الأرض تحته .

والأساسات تنقسم إلى نوعين :

١. أساسات طبيعية. ٢. أساسات صناعية.

فكل الأساسات التي لا ترتكز على تربة صخرية تعتبر أساسات صناعية. فالصخر يمكن البناء عليه مباشرة بعد خياطة الشقوق الناتجة عن وهج الشمس باللباني الثقيل ((مونة كمية الأسمنت فيها كبيرة – ١ : ٣)).

أما الأساسات الصناعية فهي كل أنواع الأساسات المصنوعة من المواد البنائية المختلفة وتنحصر في نوعين رئيسيين :

أ – أساسات عادية بوضع فرشة تحت البناء من الخرسانة العادية أو المسلحة .

ب – أساسات عميقة من الخوازيق ((عمدان خرسانية)).

وقد بنيت نظرية الفرشاة على توزيع الحمل الكلي على مسطح من التربة بشرط ألا تزيد شدة الضغط الناتجة على وحدة السطوح تحت الأساسات على ما تتحمله هذه التربة بأمان. وعلى ذلك تكون مساحة الأساس أكبر من مساحة حائط المنشأ نفسه فتبرز الفرشة عنه في جميع الاتجاهات .

وتقوم الخوازيق بنقل الحمل إلى الطبقات التي تدق إليها، إما للانتفاع بصلابتها وكبر قوة تحملها، وإما للانتفاع بمقاومة الاحتكاك بين جوانب الخوازيق وما إليها، وبين التربة الملاصقة لها نظراً لكبر العمق الذي تدق إليه .

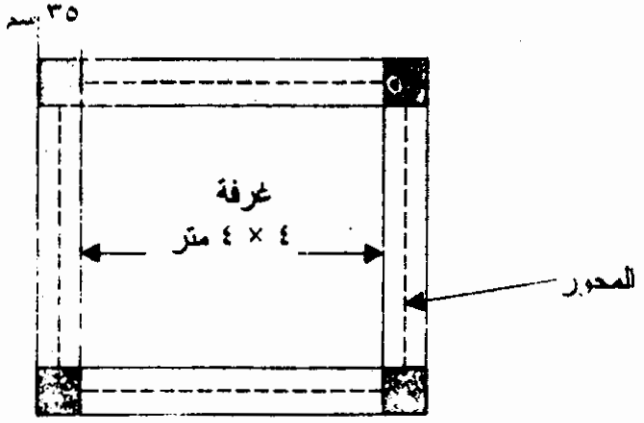
وعموماً هنالك ثلاثة أنواع من الخوازيق وهي :

١. الخوازيق الخرسانية.
٢. الخوازيق المعدنية.
٣. الخوا زيق الخشبية.

وقد استعملت الخوازيق الخرسانية لمباني المجمعات السكنية لكثير من المباني في السودان .

طرق استخراج المحور

١- ***طريقة استخراج المحيط لغرفة ٤ × ٤ متر مبنية بقالب ونصف (١ ½ طوبة). أي سمك ٣٥ سم***



المحور هو (طول الخط الذي يمر بمنتصف الحائط زائدا الأركان الأربعة) وبدونه لا يمكننا أن نقوم بعمليات التكعيب المختلفة – يعنى كمية الحفر بالمتر المكعب للغرفة أعلاه يستوجب معرفة المحور أولا ثم ضربة في عمق وعرض الحفر .

والمحور للغرفة الموضحة = الطولين + العرضين + ٤ أركان

وتكتب هذه المعلومة بأسلوب المقايسات هكذا :

٤ × ٢ × ٢ + ٠,٣٥ × ٤ = ١٦ + ١,٤ = ١٧,٤٠ متر طولي .

٢ – ***طريقة استخراج المحور لغرفة ٤ × ٤ متر مبنية بقالب واحد ((طوبة واحدة)) أي ٢٥سم***

وفي هذه الحالة يكون المحور ٤ × ٢ × ٢ + ٠,٢٥ × ٤ = ١٧,٠٠ متر طولي .

(٣) المقايسات والتثمين

التكعـيب

التكعيب هو أن نتعامل مع العمق الثالث. وهو الوسيلة المفضلة لمعرفة كمية الخام والمصنع من المواد البنائية . فإذا عُرفتْ كمية الأمتار المكعبة لأي مادة بنائية مصنعة فمن السهل تحليلها والحصول على كميات المواد الخام التي اشتركت في تصنيعها .

فمثلاً يمكننا وبسهولة حساب كميات الحديد بأنواعه والأسمنت والرملة والطلط في عشرة أمتار مكعبة من الخرسانة المسلحة بعد الإطلاع على القطاعات والمواصفات .

أ - **طريقة إيجاد كمية الحفر اللازمة لغرفـة ٤,٥ × ٤ متر من قـالب ونصف إذا كان عمق الحفر ١,٢٠ متراً وعرض الأساس ٨٠ سم**

الحفر = [محور الأساس × عمق الحفر × عرض الأساس]

المحور = الطولين + العرضين + ٤ أركان

المحور = ٤ × ٢ + ٤,٥ × ٢ + ٤ × ٠,٣٥ = ١٨,٤ متر

وعليه تكون كمية الحفر = المحور × العمق × عرض الأساس

١٨,٤ متر × ١,٢ متر × ٠,٨ متر = ١٧,٦٦٤ متر مكعب

تحسب تكلفة الحفر وفقاً للقاعدة الآتية :-

كمية الحفر بالمتر المكعب × سعر حفر المتر المكعب

اذا افترضنا أن سعر حفر المتر المكعب ٥٥٠ ديناراً فإن تكلفة حفر الأساس أعلاه تكون

١٧,٦٦٤ × ٥٥٠ = ٩٧١٥٢ ديناراً

ب - **إيجاد كمية الخرسانة المسلحة في بيم الأرض لنفس الغرفة في المثال أعلاه إذا كان عرض ((بيم الأرض)) ٣٠سم وعمقه ٤٠سم**

بنفس الطريقة تكون كمية الخرسانة المسلحة =المحور× عرض البيم× العمق
= ١٨,٤ × ٠,٣٠ × ٠,٤٠ متر = ٢,٢١ متر مكعب.

- فإذا كانت نسبة الظلط في الخرسانة هي ٨٠ % والرملة ٤٠ % أحسب كمية الظلط المطلوبة .

إذا كان هذا البيـــم مسلح بثلاث سيخـــات فوق وأربع تحت من الحديد ١/٢ بوصة حسب العادة المتبعة أو الغالبة فان كمية الحديد تصف بوصة المطلوبة = المحور × عدد السيخات

= ١٨,٤ × ٧ = ١٢٨,٨ أي ١٢٩ متر طولي

وبما أن طول السيخة دائماً ٦ متر فإن الحديد المطلوب هو .

$$\frac{١٢٩}{٦} = ٢٢ \text{ سيخة } ١/٢ \text{ بوصة طول ٦ متر}$$

جـ - التربيـــع

لفظ المتر المربع يستعمل كوحدة إنتاج لكثير من البنود كالبنيان والبلاط والبياض ...إلخ

١ - ***حساب البلاط لغرفة ٤ × ٤ متر بسمك قالب ونصف***

فكمية البلاط = ٤ × ٤ = ١٦ متراً مربعاً بلاط

٢ - ***حساب كمية البياض للمثال السابق لارتفاع ثلاثة أمتار داخلياً وأربعة أمتار من سطح الأرض خارجياً***

مساحة الجدران = المحيط × الإرتفاع

= ٤ × ٤ × ٣ = ٤٨ متراً مربعاً

∴ كمية البياض = ٤٨ متراً

ومن المتبع أن مساحة فراغات الأبواب والشبابيك لا تخصم من المساحة الكلية للبياض الداخلي إلا إذا زادت مساحة الباب أو الشباك عن ٢ متر مربع. لاننا لو خصمنا سوف نضيف مساحة الكتوفة والمعابر والجلس وهي مساوية لمساحة الباب أو الشباك عادة .

والمونة المستعملة للبياض الداخلي هي ١ : ٨ وللبياض الخارجي ١ : ٦ مع ملاحظة أن الرملة المستعملة هنا هي نفس الرملة المستعملة للخرسانة – أي الرملة الخشنة .

والمتر المكعب من المونة يكفى عادة ٣٠ متراً مربعاً بياض . كماويكفي لتثبيت ٥٠ متراً مربعاً بلاط .

٣ - حساب كمية الطوب

حساب كمية الطوب بالألف لحائط بارتفاعه ثلاثة أمتار وطوله ٢٠متر وسمكه ٣٥سم ((قالب ونصف))

فعدد الأمتار المكعبة = ٢٠ × ٣ × ١/٢ = ٢٠ متر مكعب

مع ملاحظة أن القالب ونصف تعتبر ١/٢ متر والقالب الواحد ١/٤ متر والقالبين ١/٢ متر على التوالي .

والمتر المكعب من الطوب به ٥٠٠ طوبة إذا اعتبرنا أن مقاسات الطوب : ٩" × ١/٢ ٤ × ٣" أي ٢٥ × ١٢,٥ × ٧,٥ سم

وعليه فان عدد الطوب في المثال أعلاه

= ٢٠ م٢ × ٥٠٠ = ١٠,٠٠٠ طوبة

رقم الإيداع: 743|2008